



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การเพิ่มศักยภาพการผลิตและแปรรูปมะพร้าวตลอดห่วงโซ่อุปทาน
Potential Increasing of Coconuts Production and Processing
Throughout the Supply Chain

ร่วมจิตร นกเขา
ปุณยวีร์ จามจรีกุลกาญจน์
ณัฏฐภัทร จินดา
ธนากร เหมะสถล
ปัญญา แดงวิไลลักษณ์
ธนวรรษมลวรรณ พลมัน
นารี พันธุ์จินดาวรรณ
ศิริศักดิ์ แสนสุขกะโต
สุธีรวัฒน์ พันธุ์มาลัย

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560-2561

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ส่วนที่ 1/3 (บทที่ 1-3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การเพิ่มศักยภาพการผลิตและแปรรูปมะพร้าวตลอดห่วงโซ่อุปทาน
Potential Increasing of Coconuts Production and Processing
Throughout the Supply Chain

ร่วมจิตร นกเขา
ปุณยวีร์ จามจรีกุลกาญจน์
ณกัญญภัทร จินดา
ธนากร เหมะสถล
ปัญญา แดงวิไลลักษณ์
ธนวรรษมลวรรณ พลมัน
นารี พันธุ์จินดาวรรณ
ศิริศักดิ์ แสนสุขกะโต
สุธีรวัฒน์ พันธุ์มาลัย

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560-2561

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ส่วนที่ 1/3 (บทที่ 1-3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) : การเพิ่มศักยภาพการผลิตและแปรรูปมะพร้าวตลอดห่วงโซ่อุปทาน

แหล่งเงิน : งบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2560-2561

ประจำปีงบประมาณ : 2560-2561 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน : 10,660,500 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย : 2 ปี 6 เดือน ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2559 ถึง 31 มีนาคม 2562

ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย: ร่วมจิตร นกเขา

หัวหน้าโครงการวิจัยย่อย : นารี พันธุ์จินดาวรรณ ศิริศักดิ์ แสนสุขกะโต ปุณยวีร์ จามจรีกุลกาญจน์ ณภัฏภัทร จินดา ปัญญา แดงวิไลลักษณ์ ธนรรชมลวรรณ พลมัน ธารกร เหมะสถล และ สุธีรวัฒน์ พันธุ์มาลัย

หน่วยงานต้นสังกัด ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร และภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

บทคัดย่อ

การเพิ่มศักยภาพการผลิตและแปรรูปมะพร้าวตลอดห่วงโซ่อุปทาน มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อรวบรวมข้อมูลตลอดห่วงโซ่ของมะพร้าวในพื้นที่ภาคใต้ตอนบน 2) เพื่อลดต้นทุนการผลิต ทางด้านแรงงานในการจัดการการผลิตแบบครบวงจร 3) เพื่อพัฒนาระบบการผลิต การจัดการธาตุอาหาร การเก็บเกี่ยว กระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวการเก็บรักษาผลมะพร้าว 4) เพื่อสร้างระบบควบคุมและวงจรอิเล็กทรอนิกส์ จัดทำเครือข่ายเซนเซอร์ ติดตั้งและใช้งาน 5) เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์จากมะพร้าวเพื่อเพิ่มทางเลือกให้แก่อุตสาหกรรมและเกษตรกร 6) เพื่อเป็นแหล่งข้อมูลและเป็นศูนย์ต้นแบบขยายผล และถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านมะพร้าวตลอดห่วงโซ่แก่กลุ่มเกษตรกรและผู้สนใจ ทำการทดลองที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร และแปลงของเกษตรกรในจังหวัดชุมพร ประกอบด้วย 12 โครงการ ดังนี้ 1) สำรวจข้อมูลด้านการผลิต และการตลาดของมะพร้าวในพื้นที่ภาคใต้ตอนบน 2) การพัฒนาและการสุกแก่ของผลมะพร้าว 3) การเพิ่มศักยภาพพื้นที่ในสวนมะพร้าวของในรูปแบบเศรษฐกิจ 3 ชั้น 4) เครื่องวัดและแสดงผลความเค็ม ธาตุอาหาร อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเมล็ด และผลมะพร้าว 5) เครื่องบดและอัดวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรพร้อมด้วยแขนกลและเครื่องชั่งน้ำหนัก 6) การสกัดน้ำมันมะพร้าวเพื่อสุขภาพและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤตเปรียบเทียบกับสกัดด้วยการเหวี่ยงแยกรอบต่ำแบบควบคุมอุณหภูมิ 7) การใช้ประโยชน์จากกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวเพื่อผลิตอาหารสัตว์น้ำ 8) การพัฒนากระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์จากมะพร้าวกะทิใช้สำหรับกลุ่มเกษตรกร 9) การศึกษาการใช้ผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวเพื่อเป็นอาหารสัตว์ 10) สมบัติดิน ปริมาณธาตุอาหารในใบ และผลผลิตมะพร้าวจากพื้นที่ต่าง ๆ ในจังหวัดชุมพร 11) การศึกษาสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกลของการนำทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กาบ และถ่านกะลามะพร้าว มาทำเป็นวัสดุปลูกสำเร็จรูป สำหรับต้นหน้าวัว 12) การใช้ทางใบ
มะพร้าวปรับปรุงคุณภาพต่อประสิทธิภาพการผลิตน้ำนมในโคนม

คำสำคัญ : การเพิ่มศักยภาพมะพร้าว การผลิตมะพร้าว การแปรรูปมะพร้าว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) : การสำรวจข้อมูลด้านการผลิตและการตลาดของมะพร้าวในพื้นที่ภาคใต้ตอนบน

แหล่งเงิน : เงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2560-2561

ประจำปีงบประมาณ : 2560 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 377,773 บาท

2561 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 412,900 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 2 ปี 6 เดือน ตั้งแต่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2559 ถึง 31 มีนาคม พ.ศ. 2562

หัวหน้าโครงการวิจัยย่อย : รศ.ดร.ร่วมจิตร นกเขา

ผู้ร่วมโครงการวิจัยย่อย : ธีรยุทธ์ วิจิตรภาพ อภิชาติ ครุฑสุวรรณ โอภาส สืบสาย

นราอร สว่างวงศ์ และกาญจนา ม่วงทองคำ

หน่วยงานต้นสังกัด : ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร

ลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจข้อมูลด้านการผลิต และการตลาดของมะพร้าวในพื้นที่ภาคใต้ตอนบน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร สุราษฎร์ธานี และระนอง โดยรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูล สัมภาษณ์ และใช้แบบสอบถาม ใช้จำนวนประชากร 883 ราย สุ่มตัวอย่างแบบง่าย วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ยร้อยละ ระหว่างเดือนตุลาคม 2559 ถึง มีนาคม 2562 พบว่า เกษตรกรที่ทำสวนมะพร้าวทั้ง 4 จังหวัด อายุเฉลี่ยมากกว่า 51 ปี 78.93 เปอร์เซ็นต์ เป็นเพศชาย 50.62 เปอร์เซ็นต์ ระดับการศึกษาต่ำกว่าประถมศึกษาตอนต้นและระดับประถมศึกษาตอนต้น 59.11 เปอร์เซ็นต์ อาชีพหลักทำสวนมะพร้าว 94.56 เปอร์เซ็นต์ มีประสบการณ์มากกว่า 26 ปีขึ้นไป อายุของต้นมะพร้าวที่ปลูกนาน 40-60 ปี พื้นที่ปลูกมะพร้าวต่อครัวเรือน 1-10 ไร่ 71.35 เปอร์เซ็นต์ ปลูกมะพร้าวแบบผสมผสาน 46.43 เปอร์เซ็นต์ ปลูกแบบดั้งเดิม 94.11 เปอร์เซ็นต์ เกษตรกรที่เหมาะสม (GAP) 3.51 เปอร์เซ็นต์ เกษตรอินทรีย์ 2.37 เปอร์เซ็นต์ ปี พ.ศ. 2560-2561 เกษตรกรปลูกมะพร้าวเพิ่มขึ้น 42.80 เปอร์เซ็นต์ พันธุ์มะพร้าวที่ปลูกเป็นพันธุ์พื้นเมือง 82.67 เปอร์เซ็นต์ เกษตรกรคัดเลือกพันธุ์เอง 91.85 เปอร์เซ็นต์ของเกษตรกรที่ใส่ปุ๋ย โดยใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับเคมี เดือนที่เกษตรกรใส่ปุ๋ยเป็นต้นฤดูฝน ศัตรูมะพร้าวส่วนใหญ่เป็นแมลงดำหนาม ไม่มีการให้น้ำ เกษตรกรเก็บเกี่ยวผลผลิตเดือนละ 1 ครั้ง โดยใช้แรงงานครัวเรือนและพ่อค้าเก็บเอง โดยใช้แรงงานสัตว์ (ลิง) สังกะตจากขนาดผล สีส้ม อายุของผล ใช้เวลาเก็บเกี่ยว 1-2 ชั่วโมงต่อไร่ ผลผลิตต่อต้น 1-20 ผล เกษตรกรใช้แรงงานในครัวเรือนในการจัดการสวนมะพร้าว 83.9 เปอร์เซ็นต์ เกษตรกรจำหน่ายผลผลิตให้พ่อค้าคนกลางในรูปของผลทั้งเปลือก ราคามะพร้าวพ่อค้าเป็นผู้กำหนด การแปรรูปผลผลิตมะพร้าวมีน้อย ผลิตภัณฑ์ที่นำมะพร้าวมาแปรรูป ได้แก่ น้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มะพร้าวปรุงอาหาร น้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น เครื่องสำอางค์ และสมุนไพร ปัญหาและอุปสรรคในการผลิตมะพร้าว ราคาผลผลิตตกต่ำ และสภาพดินฟ้าอากาศแปรปรวนส่งผลให้ผลผลิตน้อย

คำสำคัญ : การสำรวจ การผลิตมะพร้าว การตลาดมะพร้าว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) : การเพิ่มศักยภาพพื้นที่ในสวนมะพร้าวในรูปแบบเศรษฐกิจ 3 ชั้น

แหล่งเงิน : เงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2560-2561

ประจำปีงบประมาณ : 2560 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 666,000 บาท

2561 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 475,800 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 2 ปี 6 เดือน ตั้งแต่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2559 ถึง 31 มีนาคม พ.ศ. 2562

หัวหน้าโครงการวิจัยย่อย : รศ.ดร.ร่วมจิตร นกเขา

ผู้ร่วมโครงการวิจัยย่อย : ธิราชฤทธิ์ วิจิตรภาพ อภิชาติ ครุฑสุวรรณ โอภาส สืบสาย ผศ.เทียมพพ
ก้านเหลือง สมพร นพเกื้อ นารารอร สว่างวงศ์ และกาญญา ม่วงทองคำ

หน่วยงานต้นสังกัด : ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

บทคัดย่อ

การเพิ่มศักยภาพพื้นที่ในสวนมะพร้าวในรูปแบบเศรษฐกิจ 3 ชั้น เพื่อเป็นต้นแบบขยายผล และถ่ายทอดเทคโนโลยี ให้เกษตรกรผู้ปลูกมะพร้าว โดยต้นแบบที่ 1 มะพร้าวอย่างเดียว 1 ไร่ ต้นแบบที่ 2 มะพร้าว 1 ไร่ ร่วมกับพริกไทย 100 ต้น และผักเหลียง 350 ต้น ร่วมกับการเลี้ยงไก่ไข่ ต้นแบบที่ 3 มะพร้าว 1 ไร่ ร่วมกับปลูกรักไทย 100 ต้น และข้าวไร่พื้นที่ 144 ตารางเมตร ร่วมกับการเลี้ยงสุกร ต้นแบบที่ 4 มะพร้าว 1 ไร่ ร่วมกับพริกไทย 100 ต้น และหญ้าเนเปียร์พื้นที่ 144 ตารางเมตร ร่วมกับการเลี้ยงโคขุน ทุกวิธีการใช้สวนมะพร้าวอายุ 28 ปี บันทึกข้อมูล การเจริญเติบโต ผลผลิต ต้นทุน และผลตอบแทน ที่ได้จากการปลูกพืชร่วมในสวนมะพร้าว ระหว่างเดือน เมษายน 2560 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2562 พบว่า ต้นแบบที่ 1 มีมะพร้าวอย่างเดียว 1 ไร่ จำนวนต้นมะพร้าว 20 ต้น เกษตรกรมีรายได้จากมะพร้าวเพียงอย่างเดียว หากมะพร้าวราคาตกต่ำเกษตรกรมีรายได้ต่ำไม่คุ้มกับการลงทุน สำหรับต้นแบบที่ 2 3 และ 4 เกษตรกรสามารถนำต้นแบบไปประยุกต์ใช้ให้โครงการเหมาะสมกับขนาดพื้นที่ ได้ตั้งแต่พื้นที่ 1-20 ไร่ ได้ทั้ง 3 ต้นแบบ เนื่องจากทั้ง 3 ต้นแบบ เป็นระบบการจัดการที่เกื้อกูลซึ่งกันและกัน ที่สามารถช่วยให้เกษตรกรใช้พื้นที่ระหว่างแถวมะพร้าวให้เกิดประโยชน์ และเพิ่มรายได้ลดรายจ่ายในครัวเรือน โดยใช้พริกไทยเป็นพืชรองจากมะพร้าว ปลูกผักเหลียง ปลูกข้าวไร่ ปลูกหญ้าเนเปียร์ เลี้ยงไก่ไข่ สุกร และโคขุน เกษตรกรมีรายได้รายวันได้แก่ ไข่ไก่ รายสัปดาห์ได้แก่ พริกไทย ผักเหลียง รายเดือน ได้แก่ มะพร้าว ราย 4 เดือน ได้แก่ สุกร และมูลสุกร รายปี ได้แก่ โคขุน และมูลโคขุน ส่วนข้าวไร่ไว้บริโภคในครัวเรือน และหากเกษตรกรซื้อเครื่องสี่ข้าวขนาดเล็กไว้สี่ข้าวช่วยให้เกษตรกรมีส่วนของแกลบ รำ และจุกข้าวไว้ใช้ประโยชน์ได้อีกด้วย นอกจากนี้ฟางข้าวไว้คลุมดินหรือทำปุ๋ยไว้ใช้ประโยชน์ได้อย่างไรก็ตามต้นแบบที่ 3 ต้นแบบต้องใช้เวลาในการจัดการ 3 ปี ถึงจะมีรายได้มากที่สุด

คำสำคัญ : ศักยภาพ พืชร่วม สวนมะพร้าว เศรษฐกิจพอเพียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) : เครื่องวัดและแสดงผลความเค็ม ธาตุอาหาร อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเมล็ดและผลมะพร้าว

แหล่งเงิน : งบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ : 2560 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 297,000 บาท

2561 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 195,200 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย : 2 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2559 ถึง 30 กันยายน พ.ศ. 2562

หัวหน้าโครงการวิจัยย่อย : รศ. ดร.ปณยวีร์ จามจรีกุลกาญจน์

หน่วยงานต้นสังกัด : และภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร

ลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้สร้างเครื่องวัดและแสดงผลความเค็ม ธาตุอาหาร อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการปลูกหน่อมะพร้าวและมะพร้าว รวมไปถึงเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตผลมะพร้าวออกสู่ตลาด โดยโครงการวิจัยที่นำเสนอจะจัดทำ 2 ปี (งบประมาณประจำปี พ.ศ. 2560 – 2561) เป้าหมายที่ทำได้สำเร็จในช่วงระยะเวลา 2 ปีนี้คือ ออกแบบและสร้างอุปกรณ์วัดปริมาณแร่ธาตุ NPK อุปกรณ์เพื่อวัดปริมาณน้ำฝน อุปกรณ์วัดความชื้นในดิน และระบบการจ่ายน้ำอัตโนมัติ นอกจากนี้ยังมีการเก็บสถิติปริมาณน้ำฝน ปริมาณการใส่ปุ๋ยและแร่ธาตุต่าง ๆ ชนิดและปริมาณของแมลง การเก็บผลผลิตมะพร้าว และการทดสอบปลูกหน่อมะพร้าว ผลจากการวิจัย พบว่า อุปกรณ์ทั้งหมดที่สร้างขึ้นในโครงการวิจัยนี้สามารถทำงานตามขอบเขตที่กำหนดไว้ได้เป็นอย่างดีและมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม เครื่องวัดปริมาณแร่ธาตุ NPK อาจจะต้องนำมาทดสอบเพื่อเก็บข้อมูลดินเพิ่มเติมเพื่อให้ค่า NPK ที่คำนวณได้มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: ความชื้นสัมพัทธ์, ความเค็ม, ธาตุอาหาร, น้ำฝน, ปุ๋ย, มะพร้าว, หน่อมะพร้าว, อุณหภูมิ, แมลง, แร่ธาตุ.

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย): เครื่องบดและอัดวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรพร้อมด้วยแขนกลและเครื่องชั่งน้ำหนัก

แหล่งเงิน : งบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ : 2560 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 304,200 บาท

2561 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 279,560 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย : 2 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2559 ถึง 30 กันยายน พ.ศ. 2562

หัวหน้าโครงการวิจัยย่อย : รศ. ดร. ปุณยวีร์ จามจรีกุลกาญจน์

หน่วยงานต้นสังกัด : ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร

ลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้สร้างเครื่องบดและอัดวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรพร้อมด้วยแขนกลและเครื่องชั่งน้ำหนัก เพื่อเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรผู้ปลูกมะพร้าว โดยโครงการวิจัยที่นำเสนอจะสร้างเครื่องบดวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร (อาทิเช่น ทางมะพร้าว กะลา ใบไม้ กิ่งไม้ และทางปาล์ม) แขนกล (จับกลุ่มของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรขึ้นมาชั่งน้ำหนักและบด) เครื่องชั่งดิจิทัล (บอกน้ำหนักบนจอ LCD) รวมถึงระบบกลไกในการอัดบล็อกและจัดเก็บบล็อก นอกจากนี้ ระบบควบคุมและวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงาน แสดงสถานะการทำงาน และแสดงผลค่าข้อมูลต่าง ๆ และเทคนิคในการจับตัวกันของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ถูกบดแล้วแต่ละประเภทก็นำเสนอในโครงการวิจัยนี้ด้วย ในที่นี้ บล็อก หมายถึง ก้อนที่ขึ้นรูปของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ถูกบดแล้วเพื่อประหยัดพื้นที่ของรถขนส่ง

คำสำคัญ : การบด, การอัด, วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร, เกษตรกร, เครื่องชั่งน้ำหนัก, แขนกล.

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) : การสกัดน้ำมันมะพร้าวเพื่อสุขภาพและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมดีคาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤตเปรียบเทียบกับวิธีการสกัดด้วยการเหวี่ยงแยกรอบต่ำแบบควบคุมอุณหภูมิ

แหล่งเงิน : งบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ : 2560 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน : 586,900 บาท

2561 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน : 398,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย : 2 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2559 ถึง 30 กันยายน พ.ศ. 2562

หัวหน้าโครงการ : ผศ.ดร. ณัฏฐภัทร จินดา

หน่วยงานต้นสังกัด : สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จ.ชุมพร

บทคัดย่อ

การแยกน้ำมันมะพร้าวออกจากกะทิที่แช่แข็งและกะทิไม่แช่แข็ง พบว่า การแช่แข็งกะทีก่อนช่วยให้ไขมันในกะทิตรวมตัวได้ดีกว่า เมื่อนำไปเหวี่ยงแยกด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงควบคุมอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 7,000 รอบต่อนาที นาน 50 นาที จะให้น้ำมันมะพร้าวมากที่สุดคือ 30.47 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่การแยกน้ำมันจากกะทิไม่แช่แข็ง โดยการปั่นเหวี่ยงที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 7,000 รอบต่อนาที เวลานาน 120 นาที ให้น้ำมันมะพร้าวมากที่สุด 33.96 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณความชื้นในกากมะพร้าวที่เหลือในกากมะพร้าว 55.80 และ 43.77 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

จากการศึกษาสภาวะในการสกัดน้ำมันมะพร้าวด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤต พบว่า สภาวะการสกัดที่เหมาะสมคือที่อุณหภูมิ 353 K และความดัน 34.5 MPa ซึ่ง VCO จะสามารถละลายในคาร์บอนไดออกไซด์ได้สูงที่สุด เท่ากับ 0.0408 กรัม/กรัม

จากการศึกษาผลของสัดส่วนของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ต่อครีมโปรตีนต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมีของสบู่โดยการแปรผันปริมาณน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ต่อครีมโปรตีน (โดยน้ำหนัก) เป็น 5 ระดับได้แก่ S1(100:0) (ชุดควบคุม) S2(75:25) S3(50:50) S4(25:75) และ S5(0:100) พบว่าการเพิ่มสัดส่วนของครีมโปรตีนส่งผลต่อ ลักษณะทางกายภาพของสบู่คือความแข็งตัวของสบู่ลดลง สบู่มีสีน้ำตาลและมีกลิ่นเหม็นหืนเพิ่มขึ้น รวมทั้งปริมาณฟองหลังเขย่าทันทีและความคงทนของฟองเพิ่มขึ้น สบู่สูตร S4(25:75) และ S5(0:100) มีค่าสารที่ไม่ละลายในเอทานอลประมาณ 1.53 และ 1.95 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และสูตร S3(50:50), S4(25:75) และ S5(0:100) มีปริมาณไขมันทั้งหมดประมาณ 65.9, 59.8 และ 52.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งไม่อยู่ในช่วงที่มาตรฐานสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) และมาตรฐานมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์-ธนาครเพื่อการเกษตรและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต ในกรณีที่ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้ จากผลการศึกษาพบว่า สบู่สูตรS2 มีลักษณะทางกายภาพและสมบัติทางเคมี ใกล้เคียงกับสบู่ชุดควบคุมมากที่สุดและอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่สมอ.และมก.-ธ.ก.ส. กำหนด

คำสำคัญ น้ำมันมะพร้าว การสกัด การเหวี่ยงแยก คาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤต



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย): การใช้ประโยชน์จากกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวเพื่อผลิตอาหารสัตว์น้ำ

แหล่งเงิน ; งบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ : 2560 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน : 338,400 บาท

2561 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน : 323,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย : 2 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2559 ถึง 30 กันยายน พ.ศ. 2562

หัวหน้าโครงการวิจัยย่อย : ผศ.ธนากร เหมะสถล

ผู้ร่วมโครงการวิจัยย่อย : ผศ.ดร.ดวงใจ พิสุทธิธาราชชัย ผศ.ดร.สายชล เลิศสุวรรณ ผศ.วรพงษ์ นลิ

นายนนท์ นายอภิชาติ ศรุตสุวรรณ และนายปฏิพัฒน์ ศรีสงคราม

ที่หน่วยงานต้นสังกัด : สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ

ทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จ.ชุมพร

บทคัดย่อ

การใช้ประโยชน์จากกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวเพื่อผลิตอาหารสัตว์น้ำ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลผลิตที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวเพื่อสร้างสูตรอาหารเลี้ยงสัตว์น้ำ การทดลองที่ 1 โดยการใช้กากมะพร้าวสกัดน้ำมันในสูตรอาหารปลาบิล แบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลอง ๆ ละ 4 ซ้ำ ประกอบด้วยอาหารที่ผสมกากมะพร้าวสกัดน้ำมัน 4 ระดับคือ 0 (ชุดควบคุม), 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยเลี้ยงปลานิลน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 4.20 – 4.27 กรัม จำนวน 40 ตัวต่อกระชัง ระยะเวลาการเลี้ยง 120 วัน ผลการทดลองพบว่า ปลานิลมีอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมกากมะพร้าวที่ 10 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 276.88 กรัม และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อดีที่สุด เท่ากับ 1.52 สำหรับอัตราการรอดตาย พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) พบว่าปลานิลที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารผสมกากมะพร้าวสกัดน้ำมันที่ 10 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 90 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปลาที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารผสมกากมะพร้าวสกัดน้ำมันที่ระดับ 5, 0 และ 15 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการรอดตายเฉลี่ย เท่ากับ 89, 89 และ 88 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

การทดลองที่ 2 การศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของการเสริมกากมะพร้าวสกัดน้ำมันในสูตรอาหารเลี้ยงปลาหมอ ต่อการเจริญเติบโต และอัตราการรอด แบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลอง 4 ซ้ำ ประกอบด้วยอาหารที่เสริมกากมะพร้าวสกัดน้ำมัน 4 ระดับคือ 0 (ชุดควบคุม), 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยปลาหมอ มีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 7.07-7.53 กรัม โดยเลี้ยงในกระชัง (ขนาด 2 x 2 x 1.5 เมตร) จำนวน 50 ตัว/กระชัง ระยะเวลาการเลี้ยง 150 วัน ผลการทดลอง พบว่า การเสริมกากมะพร้าวสกัดน้ำมันในสูตรอาหาร ที่ระดับ 15 เปอร์เซ็นต์ มีผลด้านการเจริญเติบโตดีที่สุดในทุกด้าน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับชุดการทดลองที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสริมกากมะพร้าวสกัดน้ำมันที่ระดับ 0, 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งได้แก่ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (101.80±0.46 กรัม), น้ำหนักเพิ่มขึ้นต่อวัน (0.67±0.00 กรัม/ตัว/วัน), อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (4.64±0.00 เปอร์เซ็นต์ /วัน), อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (1.57±0.00) และประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (1.81±0.00) ด้านอัตราการรอด พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยปลาหมอที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารเสริมกากมะพร้าวสกัดน้ำมันที่ 15 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการรอดเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 93.50±1.29 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสรุปได้ว่า การเสริมกากมะพร้าวสกัดน้ำมันในสูตรอาหารที่ 15 เปอร์เซ็นต์ มีผลต่อการเจริญเติบโต และอัตราการรอดของปลาหมอดีที่สุด

คำสำคัญ: กากมะพร้าว อาหาร ปลานิล ปลาหมอ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) : การพัฒนากระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์จากมะพร้าวกะทิใช้สำหรับกลุ่มเกษตรกร

แหล่งเงิน : งบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ : 2560 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน : 1,309,000 บาท

2561 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน : 356,240 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย : 2 ปี 6 เดือน 1 ตุลาคม พ.ศ. 2559 ถึง 31 มีนาคม พ.ศ. 2562

หัวหน้าโครงการวิจัยย่อย : ผศ.ดร.ปัญญา แดงวิไลลักษณ์ วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ฯ

ผู้ร่วมโครงการวิจัยย่อย : อาจารย์ อติเรก สุริยะวงศ์ ดร.ดิษฐพร ตุงโสธานนท์ ผศ.ดร.นฤปดี ศรีสังข์ ผศ.ดร.ชัยวัฒน์ รัตนมีชัยสกุล

ที่หน่วยงานต้นสังกัด : สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จ.ชุมพร

บทคัดย่อ

มะพร้าวเป็นพืชพื้นเมืองที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจพืชหนึ่งของประเทศไทย คนไทยใช้บริโภคโดยตรงในรูปของน้ำมะพร้าว เนื้อมะพร้าว กะทิ น้ำมันมะพร้าว เพื่อใช้ประกอบอาหารและใช้ประโยชน์อื่นๆ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษและออกแบบกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์จากมะพร้าวกะทิ โดยนำเนื้อมะพร้าวมาหีบให้เป็นน้ำกะทิ จากนั้นนำไปเหวี่ยงแยกครีมกะทิออกจากน้ำกะทิด้วยเครื่องเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ยี่ห้อ Alfa - lava รุ่น Mopx 205 ที่ความเร็วรอบ 5,400 รอบต่อนาที ผลการทดลองพบว่าเนื้อมะพร้าว 30 กิโลกรัมจะได้ปริมาณครีมกะทิ 7.62 กิโลกรัม คิดเป็น 25.40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โดยนำครีมกะทิไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 8 ชั่วโมง จากนั้นนำมาละลายที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ได้ปริมาณน้ำมันมะพร้าวเท่ากับ 258.12 มิลลิลิตร คิดเป็น 25.8 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โดยการวิเคราะห์หาค่าความชื้นอยู่ที่ 4.8 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำมาผ่านที่เครื่องเหวี่ยงความเร็วรอบปานกลาง ที่ 4,500 5,000 5,500 รอบต่อนาที จากนั้นนำน้ำมันไปวิเคราะห์พบว่ามีค่าความชื้น 3.7 3.2 และ 2.4 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ จากการทดลองการเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 5,500 รอบต่อนาที เป็นความเร็วรอบที่สามารถแยกน้ำออกจากน้ำมันมะพร้าวได้ดีที่สุด โดยน้ำมันที่ได้มีกรดไขมันต่าง ๆ ที่อยู่ในเกณฑ์ดี โดยสามารถถ่ายทอดองค์ความรู้ทางด้านเทคโนโลยี เครื่องจักรของการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ให้แก่กลุ่มเกษตรกรได้

คำสำคัญ : น้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น, มะพร้าว, กรดไขมัน, น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์, มะพร้าวกะทิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) : การศึกษาการใช้ผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวเพื่อเป็นอาหารสัตว์

แหล่งเงิน : งบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ : 2560 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน : 852,958 บาท

2561 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน : 427,700 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย : 2 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2559 ถึง 30 กันยายน พ.ศ. 2562

หัวหน้าโครงการวิจัยย่อย : ธนรรชมลวรรณ พลมัน

ผู้ร่วมโครงการวิจัยย่อย : ปิยะดา ทวีขศรี อารวมณ์ สุบรรณรัตน์ และ อรสา ชูละเอียด

ที่หน่วยงานต้นสังกัด : สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จ.ชุมพร

บทคัดย่อ

การศึกษาการใช้ผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวเพื่อเป็นอาหารสัตว์ ทำการศึกษาระดับการใช้กากมะพร้าวในสูตรอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและคุณภาพซากของสุกร โดยทำการทดสอบระดับกากมะพร้าวในอาหารสุกร 5 ระดับคือ คือ 0, 10, 20, 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต และคุณภาพซากของสุกร ใช้สุกรลูกผสมสามสายเลือด (ลาร์จไวท์ x แลนด์เรซ x ดุร์อค) น้ำหนักเฉลี่ย 28 กิโลกรัม จำนวน 20 ตัว ก่อนการศึกษาทำการชั่งน้ำหนักสุกร โดยแบ่งสุกรออกเป็น 5 กลุ่มตามน้ำหนักที่ใกล้เคียงกัน แต่ละกลุ่มมีสุกร 4 ตัว ตลอดการทดลองสุกรถูกเลี้ยงแบบขังคอกละ 2 ตัวในคอกพื้นปูนซีเมนต์ สุกรแต่ละกลุ่มได้รับอาหารสูตรอาหาร (โปรตีน 18%) ที่แตกต่างกันตามระดับกากมะพร้าว 5 ระดับ อย่างเต็มที่ (ad libitum) และมีน้ำให้กินตลอดเวลา เลี้ยงเป็นเวลา 4 เดือน สุกรแต่ละกลุ่มจะถูกสุ่มเพื่อทำการศึกษาคูณภาพซาก โดยทำการศึกษาน้ำหนักเนื้อ น้ำหนักเครื่องใน ค่า pH เปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำภายหลังการเก็บรักษา เปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำภายหลังการทำให้สุก ค่าสี และค่าแรงตัดผ่านเนื้อ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ CRD (Completely randomized design) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple rang test (DMRT)

การศึกษาการใช้ผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวเพื่อเป็นอาหารสัตว์ ทำการศึกษาระดับการใช้กากมะพร้าวในสูตรอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและเนื้อ 3 ระดับคือ 0, 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้แพะลูกผสมพื้นเมือง x เบอร์ ก่อนการศึกษาทำการชั่งน้ำหนักแพะ โดยมีน้ำหนักเฉลี่ย 19.3 ± 1.1 กิโลกรัม จำนวน 12 ตัว แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม แต่ละกลุ่มมีแพะ 4 ตัว แพะแต่ละกลุ่มจะได้รับอาหารผสมสำเร็จ (Total Mixed Ration : TMR) มีระดับโปรตีนที่ 12% โดยให้อาหารอย่างเต็มที่ (ad libitum) และมีน้ำให้กินตลอดเวลาเป็นเวลา 2 เดือน โดยแพะทุกกลุ่มจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถูกชั่งน้ำหนักเพื่อวัดการเจริญเติบโตทุกๆ 2 สัปดาห์ และวัดปริมาณอาหารที่กินทุกวัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ CRD (Completely randomized design) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple rang test (DMRT)

ผลการศึกษาด้านสมรรถนะการเจริญเติบโต พบว่า น้ำหนักเริ่มต้น น้ำหนักสุดท้ายและประสิทธิภาพการใช้อาหารของสุกรแต่ละกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่พบว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีกากมะพร้าวที่ระดับ 20 และ 30% มีอัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวต่อวันสูงที่สุด (0.61 กก./ตัว/วัน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ไม่ต่างกับกลุ่มที่ได้รับอาหารกากมะพร้าว 20% ในขณะที่กลุ่มที่ได้รับอาหารกากมะพร้าว 40% มีอัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวต่ำที่สุด ในด้านผลของการใช้กากมะพร้าวในสูตรอาหารที่ระดับต่างๆ ต่อคุณภาพซากพบว่า สุกรในกลุ่มที่มีการใช้กากมะพร้าวในอาหารที่ระดับ 20% มีความยาวซากมากที่สุดแต่ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($P<0.05$) สำหรับน้ำหนักเนื้อสันในของสุกรที่ได้รับอาหารที่มีกากมะพร้าว 20% พบว่ามีน้ำหนักมากที่สุดซึ่งไม่ต่างกับกับสุกรที่มีการใช้กากมะพร้าว 10% และในกลุ่มของสุกรที่มีการใช้กากมะพร้าวในสูตรอาหาร 40% มีน้ำหนักเนื้อสันในน้อยที่สุด

นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้กากมะพร้าวในสูตรอาหารสุกรในระดับที่แตกต่างกันไม่ส่งผลกระทบต่อความหนาไขมันสันหลัง เปอร์เซ็นต์ซากอ่อน ค่า pH เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำภายหลังการเก็บรักษา เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำภายหลังการทำให้อุณหภูมิสูง ค่าสีของเนื้อแดง และค่าแรงตัดผ่านเนื้อ ($P>0.05$)

ในขณะที่ผลการศึกษาพบว่าการใช้กากมะพร้าวในสูตรอาหารแพะที่ระดับ 0% 5% และ 10% ต่อประสิทธิภาพการเติบโตของแพะเนื้อ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยอัตราการเติบโตเฉลี่ยต่อวันของแพะกลุ่มที่ใช้กากมะพร้าวเป็นส่วนประกอบในสูตรอาหารมีแนวโน้มดีกว่าเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่มีกากมะพร้าวในสูตรอาหาร อัตราการเติบโตต่อวันของแพะที่ได้รับอาหารสูตร 10% กากมะพร้าว มีอัตราการเติบโตสูงสุด คือ 112.50 กรัม/วัน โดยแพะที่ได้รับอาหารที่มีระดับกากมะพร้าวแตกต่างกัน มีอัตราการเติบโตต่อวันไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่พบว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีกากมะพร้าวเป็นส่วนประกอบในสูตรอาหารที่ระดับ 5 และ 10% มีประสิทธิภาพการเติบโต และใช้อาหารที่ดีกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ไม่มีกากมะพร้าวเป็นองค์ประกอบในสูตรอาหาร อัตราการเปลี่ยนอาหารชั้นและอาหารหยาบเป็นเนื้อของแพะที่ได้รับอาหารที่กากมะพร้าวที่ระดับ 10% มีค่าต่ำที่สุด คือ 4.15 และ 9.69 ตามลำดับ โดยแพะที่ได้รับอาหารที่มีกากมะพร้าวเป็นองค์ประกอบที่ระดับ 0% มีต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวสูงที่สุด เท่ากับ 72.52 บาทต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม และแพะที่ได้รับอาหารที่มีกากมะพร้าวที่ระดับ 10% มีต้นทุนอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวต่ำที่สุด คือ 52.32 บาทต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม

คำสำคัญ: กากมะพร้าว แพะเนื้อ การเติบโต สุกร คุณภาพซาก

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) : สมบัติดิน ปริมาณธาตุอาหารไนโบ และผลผลิตมะพร้าวจากพื้นที่ต่างๆ
ในจังหวัดชุมพร

แหล่งเงิน งบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ 2560 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 384,600 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย : 1 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2559 ถึง 30 กันยายน พ.ศ. 2560

หัวหน้าโครงการวิจัยย่อย : นารี พันธุ์จันทารวม

ผู้ร่วมโครงการวิจัยย่อย: โอภาส สืบสาย ศศิตารา เจริญศิริ และ ศิริขวัญ สุวัฒน์แก้ว

ที่หน่วยงานต้นสังกัด : สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ

ทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จ.ชุมพร

บทคัดย่อ

ศึกษาสมบัติดิน ปริมาณธาตุอาหารไนโบ และผลผลิตมะพร้าวจากพื้นที่ต่างๆ ในจังหวัดชุมพร โดยสุ่มเก็บตัวอย่างดินและใบมะพร้าวจากบริเวณอำเภอเมือง อำเภอสวี และอำเภอปะทิว แต่ละอำเภอเก็บจากสวนที่มีระยะทางห่างจากชายฝั่งทะเล 1, 2 และ 3 กิโลเมตร ระยะละ 3 สวนๆ ละ 5 ต้น ที่ระดับความลึก 0-20 ซม. เก็บตัวอย่างใบจากแผ่นใบของใบย่อยที่อยู่ประมาณกลางทางใบของใบสมบูรณ์ที่ 14 ± 1 จากยอดลงมา พบว่า ดินมีค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) ในช่วง 5.65-6.82 มีค่าการสะสมของเกลือในดินตั้งแต่ $163-1,169 \mu\text{S cm}^{-1}$ ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน 1.91-2.34% ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในช่วง $31.5-75.5 \text{ mg kg}^{-1}$ ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่สกัดได้ $43.7-51.7, 875-1,505, 88.9-130 \text{ mg kg}^{-1}$ ตามลำดับ ปริมาณเหล็ก แมงกานีส ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้ $68.0-208, 8.94-33.2, 1.83-4.13$ และ $1.50-7.78 \text{ mg kg}^{-1}$ ตามลำดับ ส่วนความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโบมะพร้าวมีความเข้มข้นของไนโตรเจนมีค่า 1.83-1.92% ความเข้มข้นของฟอสฟอรัส 0.15-0.16% ความเข้มข้นของโพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมในช่วง 0.20-0.78%, 0.37-0.57% และ 0.22-0.29% ตามลำดับ ส่วนความเข้มข้นของเหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี มีค่าในช่วง $47.0-187 \text{ mg kg}^{-1}, 81.1-99.6 \text{ mg kg}^{-1}, 2.57-3.42 \text{ mg kg}^{-1}$ และ $10.9-17.6 \text{ mg kg}^{-1}$ ตามลำดับ ด้านราคาผลมะพร้าวเฉลี่ยที่เกษตรกรขายได้ของทั้ง 3 อำเภอ มีความแตกต่างทางสถิติ โดยผลมะพร้าวของบริเวณอำเภอเมืองและอำเภอสวีขายได้ในราคาที่สูงกว่าบริเวณอำเภอปะทิว เมื่อพิจารณาจากระยะห่างจากชายฝั่งทะเลกลับไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ส่วนปริมาณผลมะพร้าวเฉลี่ยที่เก็บในแต่ละต้นต่อรอบของแต่ละอำเภอและแต่ละระยะห่างจากชายฝั่งทะเลไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ระยะห่างจากชายฝั่งทะเลไม่มีผลต่อราคาและปริมาณผลผลิตที่เก็บได้ แต่อาจมีผลกับสมบัติดินที่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกัน แต่ก็ทำให้

ทราบถึงสถานะความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลสำหรับการจัดการปุ๋ยให้เหมาะสมต่อไป

คำสำคัญ : สมบัติดิน ปริมาณธาตุอาหาร มะพร้าว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) : การศึกษาสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกลของการนำทาง กาบ และ ถ่านกะลามะพร้าว มาทำเป็นวัสดุปลูกสำเร็จรูป สำหรับต้นหน้าวัว

แหล่งทุน : งบประมาณแผ่นดิน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ประจำปีงบประมาณ : 2560 จำนวนเงินที่ได้รับการอุดหนุน 536,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย : 1 ปี 6 เดือน ตั้งแต่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2559 ถึง 31 มีนาคม พ.ศ. 2561

หัวหน้าโครงการวิจัยย่อย : ศิริศักดิ์ แสนสุขกะโต

ที่หน่วยงานต้นสังกัด ภาควิชาพื้นฐานทั่วไป สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จ.ชุมพร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกลของการนำทาง กาบ และ ถ่านกะลามะพร้าว มาทำเป็นวัสดุปลูกสำเร็จรูป สำหรับต้นหน้าวัว เริ่มต้นจากการลดขนาดของวัตถุดิบ ด้วยเครื่องสับย่อยและเครื่องตีป่น เพื่อให้วัสดุมีขนาดเล็กและขนาดสม่ำเสมอ แล้วจึงผสมด้วยกาวที่ได้จากแป้งมันสำปะหลัง หลังจากการผสมวัสดุในอัตราส่วนต่างๆ 6 แบบ แล้วกดอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดระบบไฮดรอลิกส์เป็นรูปกระถาง ด้วยความดัน 10.34 MPa และใช้เวลา 10 วินาที ทำการศึกษาเปรียบเทียบเพื่อหาส่วนผสมที่เหมาะสมในการอัดขึ้นรูปกระถาง และการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกล ผลการวิจัย พบว่า วัสดุทั้ง 3 ชนิด มีความหนาแน่น ความพรุน ความชื้นสัมบูรณ์ อัตราการดูดซึมน้ำ และขนาดของวัสดุที่แตกต่างกัน สัดส่วนในการผสมที่เหมาะสมจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการอัดขึ้นรูปกระถาง และการคงสภาพของกระถางหลังจากการอัด ได้แก่ สูตรที่ 2 (ส่วนผสมระหว่างทางมะพร้าว : กาบมะพร้าว : ถ่านกะลามะพร้าว เท่ากับ 1:2:2) มีค่าการนำไฟฟ้า 0.26 mS/cm, pH เท่ากับ 7.11 ทนแรงกดที่ 533.32 นิวตัน มีเวลาเฉลี่ย น้ำหนักกระถาง และจำนวนกระถางที่อัดขึ้นรูปได้ที่ 495.3 วินาที 498.4 กรัม และ 2.6 ใบต่อการอัด 1 รอบ มีความชื้นสัมพัทธ์ มีการดูดซึมน้ำ การพองตัว การย่อยสลาย เฉลี่ยที่ 12.84%, 113%, 9.7%, และ 14.27% ตามลำดับ มีค่ามอดูลัสของความยืดหยุ่นในแนวตั้งของกระถางสูงสุด เท่ากับ 469.0 kPa แต่มีค่ามอดูลัสของความยืดหยุ่นในแนวด้านข้างของกระถาง เท่ากับ 90.65 kPa ค่าความต้านทานแรงกดสูงสุด เท่ากับ 105.22 kPa และมีค่าความต้านทานแรงกดที่จุดแตกหัก เท่ากับ 105.22 kPa

คำสำคัญ: กระถางจากวัสดุชีวภาพผสม, สัดส่วนการผสม, กาบมะพร้าว, ทางมะพร้าว, ถ่านกะลามะพร้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) : การใช้ทางใบมะพร้าวปรับปรุงคุณภาพต่อประสิทธิภาพการผลิตน้ำนมในโคนม

แหล่งเงิน : เงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2560

ประจำปีงบประมาณ 2560 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 810,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย : 1 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2559 ถึง 30 กันยายน พ.ศ. 2560

หัวหน้าโครงการและผู้ร่วมวิจัย : สุธีรวัฒน์ พันธุ์มาลัย และอภิชาติ ครุฑสุวรรณ

ที่หน่วยงานต้นสังกัด : สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จ.ชุมพร

บทคัดย่อ

การใช้ทางใบมะพร้าวปรับปรุงคุณภาพต่อประสิทธิภาพการผลิตน้ำนมในโคนม โดยใช้โคนมพันธุ์Holstein Friesian ระยะให้นม ใช้โคนมทั้งหมด 9 ตัว อายุไม่เกิน 5 ปี มีการให้น้ำนมไม่ต่ำกว่า 15 กิโลกรัม/ตัว/วัน โดยวางแผนการทดลองโดยใช้แผนแบบ 3 × 3 Latin square โดยทำ 3 ซ้ำ โดยแบ่งออกเป็น 3 Treatment คือ การเสริมทางใบมะพร้าวปรับปรุงคุณภาพ 0, 50 และ 100 % พบว่า ปริมาณอาหารทั้งหมดที่กินได้ เท่ากับ 13.52, 13.51 และ 13.35 กิโลกรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$) ปริมาณน้ำนม เท่ากับ 17.56, 17.05 และ 16.49 กิโลกรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$) ปริมาณไขมันนม เท่ากับ 4.84, 4.92 และ 4.83 เปอร์เซ็นต์/ตัว/วัน ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$) ปริมาณโปรตีนนม เท่ากับ 2.88, 2.89 และ 2.86 เปอร์เซ็นต์/ตัว/วัน ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$) ปริมาณของแข็งไม่รวมไขมันนม เท่ากับ 8.53, 8.55 และ 8.50 เปอร์เซ็นต์/ตัว/วัน ตามลำดับซึ่งไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$) ปริมาณของแข็งทั้งหมดในนม เท่ากับ 13.39, 13.47 และ 13.33 เปอร์เซ็นต์/ตัว/วัน ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$) ปริมาณโซมาติกเซลล์ (SCC) เท่ากับ 1,600.88, 272.96 และ 302.13 ($SCC \times 10^3$ เซลล์/ตัว/วัน) ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P<0.05$) ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด เท่ากับ 1,350.83, 560.42 และ 684.58 ($SCP \times 10^3$ เซลล์/ตัว/วัน) ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$) และผลกำไรที่ได้ (INCOM) เท่ากับ 223.98, 227.45 และ 230.41 บาท/ตัว/วัน ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$)

คำสำคัญ: ทางใบมะพร้าวปรับปรุงคุณภาพ, น้ำนม, โคนม

Research Title : Potential Increasing of Coconuts Production and Processing throughout the Supply Chain

Researcher : Raumjit Nokkoul, Naree Phanchindawan, Sirisak Seansukato, Punyawit Jamjareegulgarn, Nakanyapatthara Jinda, Panya Dangvilailux, Thanatsamonwan Phonmun, Tanakorn haemasaton and Suteerawat Punmalai,

Faculty : Agricultural Technology and Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Prince of Chumphon Campus

ABSTRACT

The Potential Increasing of Coconuts Production and Processing throughout the Supply Chain. The objective of this study were to determine: 1) to collect information throughout the chain of coconuts in the Upper South, 2) to reduce costs of coconut production, 3) to develop the production system, nutrient management, harvesting, postharvest processing, preservation of coconut, 4) to create control systems and electronic circuits, make a sensor network Install and use, 5) to develop coconut products to increase the choice for the industry and the farmers, 6) as a source of information and a prototype center to extend and transfer coconut technology throughout the chain to farmers and interested parties. The experimental was performed at the King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang Prince of Chumphon Campus Chumphon Province, Thailand during November 2016 to September 2017. The Potential Increasing of Coconuts Production and Processing throughout the Supply Chain: 1) manufacturing survey and marketing of coconut (*Cocos nucifera* L.) in Upper South area in Thailand, 2) the development and maturation of coconut fruits, 3) potential increasing of the coconut plantation in the style of three sufficiency economy class, 4) salinity, nutrient, temperature and relative humidity measuring and displaying machines for enhancing production efficiency: coconut seeds and fruits, 5) agricultural material grinding and pressing machine with mechanical arm and weighing, 6) coconut oil extraction for healthy and friendly environment by SCC compared to Low speed centrifuge process, 7) using on production copra meal for aquatic feed, 8) process development for production of virgin coconut oil from kopyor coconut used for farmers, 9) study of utilization by-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

product from coconut oil production as animal feedstuff, 10) soil properties, nutrient concentration in leaf and yield of coconut from various areas in chumphon province, 11) study of physicals and mechanicals properties of using of coconut frond, coir and coconuts shell charcoal for an ready-made media for anthurium plant, and 12) Using to Coconut Palm Fronds Treated on Milk Production Efficiency in Dairy Cattle.

Keywords: Potential increasing of coconuts, coconut production, coconut processing



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title : Manufacturing survey and marketing of coconut (*Cocos nucifera* L.) in Upper South area in Thailand

Researcher : Raumjit Nokkoul, Teerayut Wichitparp, Apichart Crutsuwan, Opart Subsay Naraorn Sawangwong and Kanchana Maungthongkum

Department : Agricultural Technology King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Prince of Chumphon Campus

ABSTRACT

This study aimed to survey of production and coconut marketing in upper southern of Thailand include 1) Prachabkhirikhan 2) Chumphon 3) Suratthani and 4) Ranong province. This study was done in the use of interview and questionnaire as the instrument. The survey sample 883 coconut farmers they were simple sampling analyze data using the average percentage during October 2017 and March 2019. The results revealed that the coconut farmers in the 4 provinces: about 50.62% were male with older than 51 years old, whereas. About their education, 59.11% had primary education level 1-6 grade and lower primary level. About their occupation, 94.56% were purely farmers. They all had coconut planting experience more than 26 years, 71.35% of each family owns approximately 1-10 rai of coconut plantation and the plants had a long cultivation period of 40-60 years. Planting characteristics: about 94.11% were traditional planting, 3.51% were good agriculture practices and 2.37% were organic farming. In the year 2017-2018, about 42.80% of farmers were increase grown coconut. 82.67% were local coconut variety; they mostly select the coconut varieties by themselves. The fertilizer: 91.85% of farmers were applied chemical, Compost, manure, organic fertilizer and composted fertilizer at 1-2 times a year; about their fertilizer was applied the rainy season. The insects which destroyed their coconut trees were black-thorned insects. They did not have to supply water to their coconut trees. Coconut was harvested once a month used family labor and monkeys' harvested coconuts for merchants usually came to buy coconuts at their plantation. The harvesting of coconut: farmers observe from size, color, age of fruit. Coconut was harvested 1-2 hours per rai and 1-20 fruit/plant of yield of coconut. 83.90% of mainly used family labor for all plantation activities. They mostly sold their old coconuts at a low selling price indicated by general merchants. The farmers have less processed

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

coconut. The products processed from coconut oil: cooking oil, cosmetics, herbs and medicines. The problems and obstacles in coconut production had the price of the product low and the weather conditions vary, it had lower productivity.

Keywords: Survey, Coconut production, Coconut marketing



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title : The development and maturation of coconut fruits.

Researcher : Raumjit Noukkoul, Teerayut Wichitparp, Kanokpon Bunya-atichart,

Faculty : King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang,
Prince of Chumphon Campus

Department : Agricultural Technology King Mongkut's Institute of Technology
Ladkrabang, Prince of Chumphon Campus

ABSTRACT

Study of the development and maturation of coconut fruits The objective is to study the development of mature maturation and harvesting age in the coconut oil industry. The experimental were conducted using 3 varieties of local coconut: round fruit - green color of their outer fibrous cells (exocarp), oval a convex bottom - light orange color of their outer fibrous cells (exocarp) and oval a convex bottom - green color of their outer fibrous cells (exocarp). The bunch of coconut were tagged at the first date of the flower start blooming to study development and maturation of coconut at 1 to 14 months after flowering. The data were recorded with the percentage of fallen out of the branch, husk thickness, shell thickness, shell weight, coconut water, kernel thickness, kernel dry weight and oil. An experiment between October 2016 to September 2018. The result showed that all 3 varieties of coconut have fallen out of the branch at the age of 2-3 months after flowering. The percentage of round fruit - green color had fallen out of the branch of 52.63-70.00, oval a convex bottom - light orange color of 62.50-80.00 and oval a convex bottom - green color of 47.45-78.57. All 3 varieties of coconut ceased to develop the size of the fruit that was 11 months after flowering. The thickness of the husk decreases at the age 12 months after flowering. The thickness and the weight of the shell had the highest at the age of 11 months after flowering. Coconut water decreases at the age 12 months after flowering. The thickness and dry weight of the kernel reached their maximum values in the coconuts of 14 months after flowering of age. The maximum fat content at the age of 14 months after flowering. Therefore, the development of mature fruits and suitable harvesting times in the coconut oil industry of all 3 coconut varieties should be harvested at the age of 14 months after flowering.

Keywords : maturation coconut harvest

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: Potential increasing of the coconut plantation in the style of three sufficiency economy class.

Researcher : Raumjit Nokkoul, Teerayut Wichitparp, Kanokpon Bunya-atichart,

Department : Agricultural Technology King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Prince of Chumphon Campus

ABSTRACT

The potential increasing of the coconut plantation in the model of three sufficiency economy class. The objective of the study was to center for knowledge transfer agricultural technologies to the farmers. The experiment had 4 models include (1) only coconut plantation in the area of 1 rai, (2) pepper 100 plants and melinjo 350 plants and hen rearing in the area of 1 rai of coconut plantation, (3) pepper 100 plants and upland rice growing and pig rearing in the area of 1 rai of coconut plantation and (4) pepper 100 plants and napier grass and beef cattle raising in the area of 1 rai of coconut plantation. The experiments were study in coconut plantation for 28 years. The data were record the growth, yield, cost, income of intercrop plant and hen, pig and beef cattle rearing, during April 2017 and February 2019.

The result showed that the model one: only coconut plantation in the area of 1 rai.. If coconut prices fall, farmers with low incomes are not worth the investment. For models 2, 3 and 4, the farmers can apply all 3 types to activities suitable for the area of 1-20 rai. Because all 3 models are a complementary management system, that can be help farmers use the area between the rows of coconut were caused benefit, increase income, reduce household expenses. Farmers have income each day from egg, income per week from pepper and melinjo, income per month from coconut, income per 4 month from pig and manure, income per year from beef cattle. As for upland rice, farmer is consumed in the household; there have husk, straw and germ. It has benefit to farmer. However, farmers have continuous income from the potential increasing of the coconut plantation in the model of three sufficiency economy class, there were required 3 years.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Key words: Potential, intercrop, coconut plantation and sufficiency economy.

Research Title: Salinity, Nutrient, Temperature and Relative Humidity Measuring and Displaying Machines for Enhancing Production Efficiency: Coconut Seeds and Fruits

Researcher: Assoc. Prof. Dr. Punyawit Jamjareegulgarn

Faculty: King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Prince of Chumphon Campus

ABSTRACT

This research builds salinity, nutrient, temperature and relative humidity measuring and displaying machines for enhancing production efficiency: coconut seeds and coconut fruits, as well as enhance the efficiency of coconut production for trading. This research has been conducted a whole period for two years (annual budget A.D. 2017 and A.D. 2018). The main objectives during these two years are to design and build several electronic devices, for example, NPK mineral measuring device, rain amount measuring device, soil humidity measuring device, and automatic water supply system. Furthermore, the major studies in this research also are to record the statistics of rain amount, to gather the volume of fertilizer and mineral distribution in coconut garden, to collect types and the number of insects, to gather coconut harvesting, as well as to plant coconut buds. The research results show that all proposed measuring devices can work well and efficiently regarding to the intended objectives. However, the NPK mineral measuring device should be taken to test for recording the soils additionally to get the estimated NPK values more accuracy.

Keywords: relative humidity, salinity, nutrient, rain, fertilizer, coconut, coconut seed, temperature, insect, mineral.

Research Title: Agricultural Material Grinding and Pressing Machine with Mechanical Arm and Weighing .

Researcher: Assoc. Prof. Dr. Punyawit Jamjareegulgarn .

Faculty: King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Prince of Chumphon Campus .

ABSTRACT

This research builds an agricultural material grinding and pressing machine together with a mechanical arm and a weighing apparatus in order to increase the income of coconut farmer. The proposed research constructs the agricultural material grinding machine (for instance, swamp, coconut shell, leaves, branch and palm leaf), the mechanical arm (pick the lumps of agricultural material up to weigh and grind), the digital weighing machine (display weigh on LCD module), and mechanical system for pressing and keeping blocks). Moreover, several control systems and electronic circuits are also presented in this research for controlling the operations, displaying the working status, and showing the data. Combination techniques for each of grinded agricultural materials are also explained in this research. Here, a block represents a formative lump of grinded agricultural materials for saving the placement space on the truck.

Keywords: grinding, pressing, agricultural material, farmer, weighing apparatus, mechanical arm.

Research Title: Coconut oil extraction for healthy and friendly environment by SCC compared to Low speed centrifuge process

Researcher: Asst. Prof. Nakanyapatthara Jinda , Ph.D.

Department: General Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Prince of Chumphon Campus

ABSTRACT

Two processes for separation a virgin coconut oil (VCO) are frozen and unfrozen coconut milk before centrifugation. Frozen coconut milk kept at -20°C with various time and found that at 2 h and centrifugation at 30°C and speed at 7,000 rpm and various time. Found that 50 min was the highest VCO separation by 30.47%. The unfrozen coconut milk separation was further studied at various time for centrifugation. Found that at 30°C 7,000 rpm and various time. At 120 min provided the highest VCO separation by 33.96%. However the percentage of coconut oil by unfrozen was better than frozen separation. Because the percentage of moisture content in coconut wastes powder were 55.80 and 43.77 respectively.

The dynamic method was utilized to investigate the solubility of virgin coconut oil (VCO) in SC-CO₂ at temperatures and pressures ranging from 313 K to 353 K and 20.7 MPa to 34.5 MPa, respectively. The highest solubility, 0.0408 g/g, was obtained at 353 K and 34.5 MPa.

The virgin coconut oil manufacturing process produces two major wastes, coconut whey protein and wastewater, which are generally discarded, causing environmental problems. To add value to such wastes, the present study aimed to develop a soap product using coconut whey protein and wastewater instead of virgin coconut oil (VCO) and water, respectively. The objective of the study was to investigate the influence of the VCO to the coconut whey protein ratio on the quality of the soap. The ratio of virgin coconut oil to coconut whey protein (w/w) was varied at 5 levels: S1(100:0), S2(75:25), S3(50:50), S4(25:75) and S5(0:100). Results revealed that an increase in the proportion of coconut whey protein affected the physical properties of the soap, i.e., a decrease in the soap's hardness, an increase in rancidity, volume of flash foam and foam stability. It was found that as the percentage of coconut whey protein increased, namely $\geq 50\%$, the quality of the

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

soap produced declined: the ethanol-insoluble matters of S4(25:75) and S5(0:100) were 1.53 and 1.95%, respectively, while the total fatty matters of S4(25:75) and S5(0:100) were 59.8 and 52.1%, respectively, which do not conform with the soap standards specified by the Thai Industrial Standards Institute and Kasetsart University-Bank for Agriculture and Agricultural Cooperatives. The pHs of all were in the range of 9.4–9.8, which is considered suitable for use. Both the physical and chemical properties of soap (S2(75:25)) were comparable to those of virgin coconut oil soap (control) and conformed well with the soap standards.

Keywords coconut oil, extraction, centrifuge, super critical carbondioxide



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: Using on Production Coconut oil for Aquatic Feed

Researcher: Asst.Prof.Tanakorn haemasaton, Asst.Prof.Dr.Duangjai Pisuttharachai, Asst.Prof.Dr.Saichon lerdsuwan, Asst.Prof.Warrapong nalinanon, Mr.Apichart krutsuwan , and Mr.Patipat sriongkram

Department : Agricultural Technology King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Prince of Chumphon Campus

Abstract

Using on Production Coconut oil for Aquatic Feed. The purpose was studied to the yield of copra meal for the production of aquatic animal feed. The experiment 1 using of copra meal in diet on Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). The experiment was divided into 4 treatments and 4 replications. Copra meal was supplemented into the diets at 0 (control), 5, 10 and 15 %. Fish (4.20 – 4.27 g body weight) were cultured in cage (40 fish per cages) for 120 days. Result, fish showed significant differences in average body weight and feed conversion ratio ($P < 0.05$). Fish fed with experimental diets contained copra meal at 10% showed the highest of average body weight (276.88 g.) and the greatest of FCR (1.52). Furthermore, there were no significant differences in survival rate ($P > 0.05$). Nile tilapia fed with 10% copra meal had the highest average survival rate of 90 %. Fish fed with 5, 0 and 15 % copra meal diets of average survival rate was 89, 89 and 88 %, respectively.

The experiment 2 objective of this study was to determine the effect of dietary copra meal supplementation on growth performance and survival rate of climbing perch. The experiment was divided into 4 treatments with 4 replications. Copra meal was supplemented into the diets at 0 (control), 5, 10 and 15 %. Fish (7.07-7.53 g body weight) were cultured in net cage (2 x 2 x 1.5 m.) (50 fish per net cages) for 150 days. The result showed that diet containing copra meal at 15 % showed highest growth performance showed significant differences ($P < 0.05$) with of experiments to Copra meal at levels 0, 5, and 10%. in Weight gain (101.80 ± 0.46 g), ADG (0.67 ± 0.00 g/fish/day), SGR ($4.64 \pm 0.00\%$ /day), FCR (1.57 ± 0.00), and PER (1.81 ± 0.00). Furthermore, there were no significant differences in survival rate ($P > 0.05$). Fish fed with 15 % copra meal in diet had the highest average survival rate of $93.50 \pm 1.29\%$. In conclusion, increasing of copra meal at 15% in diet resulted in highest growth performance and survival rate

Keywords: Copra Meal, Diet, Nile tilapia, Climbing perch

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: Process Development for Production of Virgin Coconut Oil from Kopyor Coconut Used for Farmers

Researcher: Asst.Prof.Dr.Panya Daungviluilux, Mr. Adirek Suriyawong, Dr.Dithaporn Thungsotanon, Asst.Prof.Dr.Naruebodee Srisang and Asst.Prof.Dr.Chaiwat Rattanamechaiskul

Department: Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Prince of Chumphon Campus

ABSTRACT

This research was aimed to study and design the production process of virgin coconut oil from coconut milk. The coconut meat was pressed to coconut milk and centrifuge of the separate machine to coconut cream by centrifuge Alfa-lava Mopx 205 centrifugal at 5,400 rpm. The results showed that 30 kilograms of coconut meat produced 7.62 kg of coconut cream by weight. Coconut cream was freeze at a temperature of -20 degrees Celsius for 8 hours. The ice coconut cream was dissolved at 60 degrees Celsius. The amount of coconut oil was 258.12 ml (25.8% by weight). The analysis has a moisture content of 4.8 %. Oil coconut was feeded to the medium speed machine at 4,500, 5,000, 5,500 rpm. Then the oil was analyzed to find moisture 3.7%, 3.2% and 2.4 % respectively. The centrifugation experiment was rotated at 5,500 rpm. It was the best speed that can separate water from coconut oil. The oil had various fatty acids in the standard. This research was able to transfer knowledge in technology and machinery for producing Virgin Coconut oil for farmers.

Keywords : Cold pressed coconut oil , Coconut, fatty acids, Virgin coconut oil and Kopyor Coconut

Research Title: Study of utilization by-product from coconut oil production as animal feedstuff

Researcher: Thanatsamonwan Phonmun, and Thaworn Subanrat

Department: Agriculture Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang Prince of Chumphon Campus

ABSTRACT

The first year, an experiment was conducted to examine using of coconut by-product from coconut oil manufacturing process as animal feed. Firstly, objective of this experiments was to study effect of copra meal (coconut meal) on growth performance and carcass quality in finishing pig. Twenty crossbred pig (Large white x Landrace x Duroc) with an average initial weight of 20 kg. All pigs were assigned in a completely randomized design (CRD) with five dietary treatments and four replications per treatment. Each treatment contains different levels of copra meal (0, 10, 20, 30 and 40%). All pigs were fed with diets containing 18%CP of pig diet to meet nutrient requirements of pig according NRC (1998). Diet and water were offered *ad libitum* and raised for 4 months. Feed intake (FI) was recorded daily and body weights (BW) monthly for estimations of the average daily gain (ADG) and feed conversion ratio (FCR). At the end of the trail, the pig from each treatment was randomly sampled and slaughtered to determine the carcass quality. The results showed that initial weight, last weight and feed efficiency or (FCR) were not significantly different ($P>0.05$). The ADG of pig fed with 20% and 30% copra meal were higher than other treatments ($P<0.05$). The ADG value was 0.61 kg/h/d, respectively. For carcass quality, tenderloin weight and carcass length of pig fed with 20% were higher than other treatments ($P<0.05$). The results concluded that copra meal can be used as animal feed without adverse effect on growth performance and carcass quality.

Moreover, in second year the objective of this study was to evaluate the three level of coconut meal in diet ration on growth meat goats with consisted 3 level at 0%, 5% and 10% of coconut meal in diet ration. Twelve meat goat (Thai native x Boer) average body weight of 19.3 ± 1.1 kg used in study; each group

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

consisted 4 goats that received ad libitum a total mixed ration (TMR) with a protein level of 12%. The experiment was carried out for 2 months and each group of goats will be weighed to measure daily feed intake and growth weight every 2 weeks. The experiment design was completely randomized design (CRD) and compared the means among treatment by Duncan's new multiple rang test (DMRT). The results of the study have shown that the goats received coconut meal at 0% 5% and 10% in diet were not significant different on growth performance ($P>0.05$). The average daily gain and feed conversion ratio of goats feed coconut meal in diet ration trend to better than goats feed without coconut meal in diet ration. The goats group received 10% coconut meal in diet ration had highest average daily gain at 112.50 g/day but was not significant different ($P> 0.05$). The feed conversion ratio of concentrate and roughage of goats received 10% coconut meal in diet ration was lowest value (4.15 and 9.69 respectively) than 0% and 5% groups. The goats that received coconut meal in diet at 0% had highest feed cost per gain at 72.52 baht per 1 kg weight gain and goats feed 10% coconut meal in diet was lowest feed cost per gain at 52.32 baht per 1 kg weight gain.

Key words: coconut meal, meat goat, growth, swine, carcass quality

Research Title : Soil properties, nutrient concentration in leaf and yield of coconut from various areas in Chumphon province

Researcher : Naree Phanchindawan, Opart Suebsay, Sasidara Charoensiri and Sirikwan Sudwatkaew

Faculty: King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Prince of Chumphon Campus

ABSTRACT

Production of coconut requires appropriate fertilizer applications based on soil and plant nutrients. Soils and coconut leaves were sampled from the representative areas, mainly grown on Muang District area, Sawi area and Pathiu area. Each area divides into 3 distances that is 1, 2 and 3 kilometres from the coast. Three orchards were collected from each distance. Each orchard, 5 plants were selected for soil and leaf analysis. The results revealed that the soils were pH (soil: water =1:1) of 5.65-6.82, 163-1,169 $\mu\text{S cm}^{-1}$ electrical conductivity, 1.91-2.34% organic matter. Soil nutrients were 31.5-75.5 mg kg^{-1} P, 43.7-51.7 mg kg^{-1} K, 875-1,505 mg kg^{-1} Ca, 88.9-130 mg kg^{-1} Mg, 68.0-208 mg kg^{-1} Fe, 8.94-33.2 mg kg^{-1} Mn, 1.83-4.13 mg kg^{-1} Cu and 1.50-7.78 mg kg^{-1} Zn, respectively. The nutrient contents of leaf were 1.83-1.92% N, 0.15-0.16% P, 0.20-0.78% K, 0.37-0.57% Ca, 0.22-0.29% Mg, 47.0-187 mg kg^{-1} Fe, 81.1-99.6 mg kg^{-1} Mn, 2.57-3.42 mg kg^{-1} Cu and 10.9-17.6 mg kg^{-1} Zn, respectively. The average price of coconut fruit in Muang District area and Sawi were significantly higher than Pathiu area. In case of distance from the coast, the average price and yield of coconut fruit were not significant. No correlation between the distance from the coast and the average price and yield of coconut fruit. This nutrients contents are necessary information for further appropriate management of fertilizer application in coconut production.

Keywords : soil nutrient, nutrient contents, coconut

Research Title: Study of Physicals and Mechanicals Properties of Using of Coconut Frond, Coir and Coconuts Shell Charcoal for an Ready-Made Media for Anthurium plant.

Researcher: Sirisak Seansukato

Faculty: General Science and Liberal, King Mongkut's Institute of Technology
Ladkrabang, Prince of Chumphon Campus

ABSTRACT

This research focuses the study on physical and mechanical properties of coconut frond, coir and coconut shell charcoal to produce planting material by combination of the three raw materials to form a pot for the Anthurium plantation. Starting the process by reducing the size of the raw material will be small enough to be mixed together. The mixed material then will be added with glue made from cassava flour. After mixing materials in 6 different proportions, then extrusion of the pot by hydraulic system with the pressure 10.34 MPa and 10 seconds pressing time. The comparison of the 6 different proportions of the mixed material is studied in term of the physical and mechanical properties. The results show that the three 3 materials (coconut frond, coir and coconut shell charcoal) have a different value of an average density, porosity, absolute moisture, rate of water absorption and sizes. The proportion the mixed material will affect to the performance of the extrusion press of pots and the stability of the extruded pots. Mixturing ratio among coconut leaf : coir : coconut shell charcoal is (1: 2: 2) has an electric conductivity as 0.26 mS/cm, pH as 7.11, average maximum compressive strength of 533.32 Newton. The average time used, average weight and the number of pots are 495.3 seconds, 498.4 grams and 2.6 pots per a compression period, respectively. A relative humidity, average water absorption rate, average swelled and average decomposition are 12.84%, 113%, 9.7% and 14.27%, respectively. The Modulus of elasticity in the vertical axis is 469.0 kPa, and 90.65 kPa in the lateral axis of the pot. The ultimate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

compression force is 105.22. kPa and fracture strength at the breaking point is equal to 105.22. kPa

Keyword: Bio-composite pot, Mixing ratio, Coconut frond, Coir, Coconut shell charcoal



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title : Using to Coconut Palm Fronds Treated on Milk Production Efficiency
in Dairy Cattle

Researcher : Suteerawat Punmalai and Apichart Krutsuwan

Faculty : Agricultural Technology King Mongkut's Institute of Technology
Ladkrabang, Prince of Chumphon Campus

ABSTRACT

This study was conducted to investigate three levels of coconut palm fronds treated replaced roughages with 0, 50 and 100 % as supplement in animal feed for dairy cows. Nine multiparous dairy cows were assigned in the experiment 3 × 3 latin square design. The results showed that, regarding milk yield, the control group had the lowest milk yield and was different from the groups with 50 and 100% (P<0.05). The supplement group with 50 % gave the highest milk yield and was not different from the group with control and 100 % (P>0.05). In terms of milk compositions, the control group had the lowest fat, protein and solid not fat. However, the total solid was not different from the group with 100 % (P>0.05). The group with 50 % gave the highest fat, protein, solid not fat and total solid that were not different from the group with 100 % (P>0.05). Regarding somatic cell count, the control group gave the highest somatic cell count as 1,600.88 SCC × 10³ Cell/Cow/Day which was different from the groups with 50 and 100 % as 272.96 and 302.13 SCC × 10³ Cell/Cow/Day (P<0.05). For Total feed intake the control group gave the highest level as 13.52 kg/Cow/Day and was different from the groups with 50 and 100 % as 13.51 and 13.35 kg/Cow/Day (P>0.05). Finally, for the incomes of raw milk, the groups with 100 % gave the highest income as 230.41 bath/cow/day that followed by the group and control group gave the lowest income as 223.98 bath/cow/day (P>0.05).

Keywords: Coconut palm fronds treated, milk yield, and dairy cattle.

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัย เรื่อง การเพิ่มศักยภาพการผลิตและแปรรูปมะพร้าวตลอดห่วงโซ่อุปทาน ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร จากแหล่งทุนเงินงบประมาณแผ่นดินประจำปีงบประมาณ 2560 ถึง 2561 และขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ผู้ทรงคุณวุฒิที่ประเมินโครงการวิจัย ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่งานบริหารการวิจัย คณะกรรมการบริหารการวิจัย ศูนย์เกษตร อาหาร และพลังงานทางเลือก และเจ้าหน้าที่ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร และทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการดำเนินงานวิจัยให้สำเร็จในครั้งนี้

คณะวิจัย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	III
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	XXII
กิตติกรรมประกาศ	XL
สารบัญ	XLI
สารบัญตาราง	XLIV
สารบัญภาพ	XLVI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับและหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปประโยชน์	10
บทที่ 2 แนวความคิด เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง/ ทบทวนวรรณกรรม	11
โครงการย่อยที่ 1 การสำรวจข้อมูลด้านการผลิต และการตลาดของมะพร้าวในพื้นที่ภาคใต้ตอนบน	11
โครงการย่อยที่ 2 การพัฒนาและการสุกแก่ของผลมะพร้าว	19
โครงการย่อยที่ 3 การเพิ่มศักยภาพพื้นที่ในสวนมะพร้าวในรูปแบบเศรษฐกิจ 3 ชั้น	28
โครงการย่อยที่ 4 เครื่องวัดและแสดงผลความเค็ม ธาตุอาหาร อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเมล็ดและผลมะพร้าว	40
โครงการย่อยที่ 5 เครื่องบดและอัดวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรพร้อมด้วยแกนกล และเครื่องชั่งน้ำหนัก	92
โครงการย่อยที่ 6 การสกัดน้ำมันมะพร้าวเพื่อสุขภาพและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤตเปรียบเทียบกับ การสกัดด้วยการเหวี่ยงแยกรอบต่ำแบบควบคุมอุณหภูมิ	116

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
โครงการย่อยที่ 7 การใช้ประโยชน์จากกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวเพื่อผลิตอาหารสัตว์น้ำ	134
โครงการย่อยที่ 8 การพัฒนากระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์จากมะพร้าวกะที่ใช้สำหรับกลุ่มเกษตรกร	147
โครงการย่อยที่ 9 การศึกษาการใช้ผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวเพื่อเป็นอาหารสัตว์	162
โครงการย่อยที่ 10 สมบัติดิน ปริมาณธาตุอาหารในใบ และผลผลิตมะพร้าวจากพื้นที่ต่าง ๆ ในจังหวัดชุมพร	181
โครงการย่อยที่ 11 การศึกษาสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกลของกราน้ำทาง กาบ และถ่านกะลามะพร้าว มาทำเป็นวัสดุปลูกสำเร็จรูปสำหรับต้นหน้าวัว	185
โครงการย่อยที่ 12 การใช้ทางใบมะพร้าวปรับปรุงคุณภาพต่อประสิทธิภาพการผลิตน้ำมันในโคนม	214
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	217
โครงการย่อยที่ 1 สำรวจข้อมูลด้านการผลิต และการตลาดของมะพร้าวในพื้นที่ภาคใต้ตอนบน	217
โครงการย่อยที่ 2 การพัฒนาและการสุกแก่ของผลมะพร้าว	218
โครงการย่อยที่ 3 การเพิ่มศักยภาพพื้นที่ในสวนมะพร้าวในรูปแบบเศรษฐกิจ 3 ชั้น	220
โครงการย่อยที่ 4 เครื่องวัดและแสดงผลความเค็ม ธาตุอาหาร อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเมล็ดและผลมะพร้าว	224
โครงการย่อยที่ 5 เครื่องบดและอัดวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรพร้อมด้วยแกนกลและเครื่องชั่งน้ำหนัก	241
โครงการย่อยที่ 6 การสกัดน้ำมันมะพร้าวเพื่อสุขภาพและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤตเปรียบเทียบกับ การสกัดด้วยการเหวี่ยงแยกรอบต่ำแบบควบคุมอุณหภูมิ	259

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

โครงการย่อยที่ 7 การใช้ประโยชน์จากกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวเพื่อผลิต อาหารสัตว์น้ำ	263
โครงการย่อยที่ 8 การพัฒนากระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์จาก มะพร้าวกะที่ใช้สำหรับกลุ่มเกษตรกร	268
โครงการย่อยที่ 9 การศึกษาการใช้ผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำมัน มะพร้าวเพื่อเป็นอาหารสัตว์	281
โครงการย่อยที่ 10 สมบัติดิน ปริมาณธาตุอาหารไนโบ และผลผลิต มะพร้าวจากพื้นที่ต่าง ๆ ในจังหวัดชุมพร	281
โครงการย่อยที่ 11 การศึกษาสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกลของการ นำทาง กาบ และถ่านกะลามะพร้าว มาทำเป็นวัสดุปลูก สำเร็จรูปสำหรับต้นหน้าวัว	289
โครงการย่อยที่ 12 การใช้ทางใบมะพร้าวปรับปรุงคุณภาพต่อประสิทธิภาพ การผลิตน้ำมันในโคนม	290

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ผลผลิตเฉลี่ยน้ำหนักมะพร้าวแห้ง ปริมาณน้ำมันของมะพร้าวพันธุ์ลูกผสม และมะพร้าวพันธุ์ไทย	22
2.2	เนื้อที่ ผลผลิต และมูลค่าของผลผลิตตามราคาที่เกษตรกรขายได้ ปี 2543 - 2552	23
2.3	เนื้อที่ให้ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ ของประเทศผู้ผลิตที่สำคัญ 10 อันดับแรก ปี 2549-2551	24
3.1	ผลผลิตเฉลี่ยน้ำหนักมะพร้าวแห้งปริมาณน้ำมันของมะพร้าวพันธุ์ลูกผสมและมะพร้าวพันธุ์ไทย	33
4.1	การเชื่อมต่อกันระหว่างขาของ Arduino UNO R3 และ ขาของจอ LCD 16*2	50
4.2	คุณสมบัติของเครื่อง Rapitest 1880	73
4.3	ปริมาณของธาตุ NPK ที่วัดได้ของเครื่อง Rapitest รุ่น 1835	76
4.4	ปริมาณค่าความเค็มที่มีผลต่อพืช	77
5.1	รายละเอียดการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 1 เฟส	100
6.1	องค์ประกอบทางเคมีของกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวในน้ำมันมะพร้าว	120
6.2	ลักษณะทางกายภาพของน้ำมันมะพร้าว	123
7.1	เทคนิคการอนุบาลลูกปลาหมอไทย	142
8.1	แสดงกรดไขมันในน้ำมันมะพร้าว	153
9.1	แสดงปริมาณผลผลิตมะพร้าวของโลก ปี 2016	165
9.2	สถานการณ์การปลูกมะพร้าว ปี 2559 เรียงตามเนื้อที่ปลูกจากมากไปหาน้อยรายจังหวัด	166
9.3	แสดงองค์ประกอบทางเคมีของกากมะพร้าวประเภทต่างๆ	171

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.1	ค่าดัชนี GMI ในการแสดงระดับความชื้นดินที่แสดงบนหน้าจอ โทรศัพท์เคลื่อนที่	240
6.1	สัดส่วนของวัตถุดิบหลักในการผลิตสบู่	262
7.1	แสดงส่วนประกอบสูตรอาหารกากมะพร้าวสกัดน้ำมันเลี้ยงปลา ระยะเวลา 120 วัน	264
7.2	ส่วนประกอบของสูตรอาหารเสริมกากมะพร้าวสกัดน้ำมันในการ เลี้ยงปลาหมอ	267
9.1	ส่วนประกอบของอาหารแต่ละสูตรที่ใช้ในสูตรทดลอง (ปริมาณต่อ 100 กิโลกรัม)	282
9.2	แสดงส่วนประกอบวัตถุดิบในสูตรอาหารแพะทดลอง (% วัตถุแห้ง)	287
11.1	อัตราส่วนโดยน้ำหนัก 1 กิโลกรัม (1000 กรัม) : กาวแป้งมัน สำหรับ 1.5 กิโลกรัม (1500 กรัม)	297

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมะพร้าว	12
2.1	ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมะพร้าว	20
2.2	โครงสร้างของกรดไขมันอิ่มตัว	27
3.1	ลำต้นของมะพร้าว	29
3.2	ดอกของมะพร้าว	29
3.3	โครงสร้างของผลมะพร้าว	30
3.4	ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมะพร้าว	31
4.1	บอร์ด Arduino และช่องเชื่อมต่อสายสัญญาณในการใช้งาน	41
4.2	เซนเซอร์ DHT22	43
4.3	ลำดับของข้อมูลบิตในการอ่านค่าจากไอซีทั้งหมด 5 ไบต์	44
4.4	ลำดับของข้อมูลบิตในการอ่านค่าจากไอซี	44
4.5	ลักษณะรีเลย์ที่มีตัวถังเป็นพลาสติกป้องกันฝุ่น	44
4.6	การต่อใช้งานรีเลย์	45
4.7	จอ LCD 16*2 character (I2C)	48
4.8	ขาที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับ Arduino UNO R3	49
4.9	การรับ-ส่งข้อมูล แบบ I2C BUS	50
4.10	เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน	51
4.11	ส่วนประกอบต่าง ๆ ของโซลีนอลยด์วาล์ว	52
4.12	หลักการทํางานเบื้องต้นของโซลาร์เซลล์ (Solar Cell)	54
4.13	Monocrystalline Silicon Solar Cell และ Polycrystalline Silicon Solar Cell	54
4.14	Amorphous Silicon Solar Cell	55
4.15	ตัวอย่างคุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ ชนิดให้แรงดันใช้งาน 12 โวลต์	56
4.16	ตัวอย่างคุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ ชนิดให้แรงดันใช้งาน 24 โวลต์	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.17	อุปกรณ์สำคัญของระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์แบบอิสระ	58
4.18	ภาพตัวอย่างเครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่	59
4.19	ภาพตัวอย่างแบตเตอรี่ชนิด Deep Cycle	59
4.20	ภาพตัวอย่างเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter)	60
4.21	สัญลักษณ์ออฟแอมป์	71
4.22	วงจรขยายออฟแอมป์แบบกลับเฟส	72
4.23	วงจรขยายออฟแอมป์แบบไม่กลับเฟส	72
4.24	ลักษณะของเครื่องวัดธาตุ NPK โดยรวม รุ่น Rapitest 1880	73
4.25	ลักษณะของเครื่องวัดธาตุ NPK โดยรวม รุ่น Rapitest 1835	74
4.26	ลักษณะของมิเตอร์ 3 in 1 รุ่น 836-1	77
5.1	บอร์ด Arduino Uno R3 (Arduino Uno R3, 2559)	93
5.2	รุ่นบอร์ด Arduino ที่ต้องการ upload	94
5.3	หมายเลข Comport ของบอร์ด	94
5.4	การ Compile โค้ดโปรแกรม	95
5.5	พอร์ตต่าง ๆ ของบอร์ด Arduino UNO R3	95
5.6	รูปร่างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง, 2559)	97
5.7	รูปร่างของรีเลย์ 12VDC/10A 125VAC	101
5.8	รูปร่างของรีเลย์ 12VDC/30A 240VAC	101
5.9	โครงสร้างภายในและการต่อรีเลย์	102
5.10	สัญญาณที่ป้อนให้ Servo Motor	105
5.11	การเชื่อมต่อระหว่าง Servo Motor กับบอร์ด Arduino	105
5.12	จอ LCD 16x2 Character (I2C) ด้านหน้าและด้านหลัง	108
6.1	โครงสร้างของกรดลอริก (C12:0)	117
6.2	สูตรโครงสร้างของกรดไขมันไม่อิ่มตัว	118
6.3	ความแตกต่างของโมเลกุลไขมันในการเปลี่ยนเป็นพลังงาน	120
6.4	แผนภาพแสดงความดันและอุณหภูมิของสารบริสุทธิ์ใดๆ	128
7.1	ปลานิล	135

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
7.2	ลักษณะทั่วไปของปลาหมอไทย	138
8.1	โครงสร้างของกรดลอริก	153
8.2	แสดงหลักการเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง	156
9.1	การเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อสุกร	177
11.1	ลำต้นของมะพร้าว	186
11.2	ดอกของมะพร้าว	186
11.3	โครงสร้างของผลมะพร้าว	187
11.4	แสดงภาพของมะพร้าวพันธุ์ต้นเตี้ย	188
11.5	แสดงภาพของมะพร้าวพันธุ์ต้นสูง	188
11.6	สีสันของดอกหน้าวัวสายพันธุ์ต่าง ๆ	192
11.7	สายพันธุ์ดอกหน้าวัวที่มีจานรองดอกสีแดง	193
11.8	สายพันธุ์ดอกหน้าวัวที่มีจานรองดอกสีส้ม	194
11.9	สายพันธุ์ดอกหน้าวัวที่มีจานรองดอกสีชมพู	195
11.10	สายพันธุ์ดอกหน้าวัวที่มีจานรองดอกสีขาว	195
11.11	แสดงวัสดุปลูกที่ใช้ในการปลูกไม้ดอกไม้ประดับ	196
11.12	กระถางพลาสติก	197
11.13	กระถางดินเผา	198
11.14	รอยกดและการทดสอบแบบบริเนลล์	206
11.15	รอยกดและการทดสอบความแข็งแบบร็อคเวลล์	207
11.16	การวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variance (ANOVA)	210
2.1	วิธีการทดสอบความงอกของผลมะพร้าว อายุ 10-13 เดือน	219
4.1	บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องวัดและแสดงผลแร่ธาตุ NPK	224
4.1	วงจรรวมของเครื่องวัดและแสดงผลแร่ธาตุ NPK	225
4.3	ลักษณะของเข็มตัวนำ	225
4.4	เครื่องวัดและแสดงผลแร่ธาตุ NPK ที่นำเสนอ	226
4.5	วงจรของเครื่องวัดความเค็มที่นำเสนอในงานวิจัยนี้	227
4.6	หน้าที่แต่ละขาของไอซีเบอร์ TL074 ที่ใช้เครื่องวัดความเค็ม	228

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.7	เครื่องวัดปริมาณน้ำฝนแบบถ้วยกระดก	228
4.8	หลักการการทำงานของเครื่องวัดปริมาณน้ำฝน	228
4.9	ลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมการวัดค่า NPK	230
4.10	หน้าจอ LCD ที่แสดงผลค่าสภาพภูมิอากาศและระบบการพ่นปุ๋ยน้ำ	231
4.11	การวางเซนเซอร์ กล้องควบคุม และระบบการจ่ายน้ำแบบอัตโนมัติในสวนมะพร้าว	233
4.12	การต่อโซล่าเซลล์แบบผสมผสาน	234
4.13	กล่องควบคุมการทำงานและแผงโซล่าเซลล์	240
5.1	เครื่องบดวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่นำเสนอในโครงการวิจัยนี้	241
5.2	เครื่องยนต์ดีเซลไม่ต่ำกว่า 10 แรงม้าต่อ 1 ลูกสูบ โดยสตาร์ทการทำงานด้วยกุญแจ	242
5.3	ใบมีดเฉือนและใบมีดตี/สับของเครื่องบดวัสดุฯ ที่นำเสนอ	242
5.4	เครื่องอัดวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่นำเสนอในโครงการวิจัยนี้	244
5.5	วัสดุที่บดย่อยมาแล้วนำมาอัดเป็นบล็อกเพื่อนำไปทดสอบใช้งานต่าง ๆ	244
5.6	วงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ	245
5.7	วงจรขับมอเตอร์กระแสตรง	247
5.8	Arduino กับการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ด้วยความถี่	247
5.9	โครงร่างของแขนกลที่ออกแบบ	248
5.10	มุมมองด้านขวาของแขนกลที่ออกแบบ	249
5.11	มุมมองด้านซ้ายของแขนกลที่ออกแบบ	249
5.12	โครงสร้างและขนาดของ MG996R	251
5.13	รูปร่างหน้าตาของ MG996R	251
5.14	ส่วนประกอบต่าง ๆ ในแหล่งจ่ายไฟที่ออกแบบและสร้างขึ้น	252
5.15	วงจรควบคุมแขนกลจับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร	253
5.16	วงจรรีเลย์ควบคุมการเปิด-ปิดแขนกล	254
5.17	รูปร่างหน้าตาของ "Fanuc" Robot รุ่น M-6i	255
5.18	เลย์เอาต์และขนาดของ "Fanuc" Robot รุ่น M-6i	255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
5.19	ตู้ควบคุมแขนกลและตัว "Fanuc" Robot รุ่น M-6i	256
5.20	โมดูล HX711 Amplifier Module และ Load Cell ที่นำมาใช้งาน	258
5.21	การเชื่อมต่อ Load Cell และ HX711 (SparkFun) เข้ากับ Arduino	258
8.1	ชุดผลิตน้ำกะทิ ก.เครื่องตีโย 1 เครื่อง ข.เครื่องกะเทาะกะลา 2 เครื่อง ค.เครื่องชูดเนื้อมะพร้าว 2 เครื่อง และเครื่องคั้นกากมะพร้าว 2 เครื่อง	268
8.2	เครื่องสกัดน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น	269
8.3	อุปกรณ์ต่างๆ ในเครื่องสกัดน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์	269
8.4	เครื่องเหียงหนีศูนย์ Alfa-Laval MOPX 205TGT	270
8.5	เครื่องเหียงหนีศูนย์ความเร็วรอบปานกลางแนวตั้ง	271
8.6	อุปกรณ์ต่างๆ ในเครื่องเหียงหนีศูนย์ความเร็วรอบปานกลางแนวตั้ง	271
8.7	มอเตอร์ Mitsubishi 5 HP	272
8.8	ฝาปิดด้านล่าง สแตนเลส 316	273
8.9	ฝาปิดด้านบน สแตนเลส 316	273
8.10	ใบกวนของเครื่องเหียงหนีศูนย์ความเร็วรอบปานกลางแนวตั้ง	274
8.11	กระบอกเหียงของเครื่องเหียงหนีศูนย์ความเร็วรอบปานกลางแนวตั้ง	274
8.12	ภาคทางออกน้ำเปรี้ยวของเครื่องเหียงหนีศูนย์ความเร็วรอบปานกลาง แนวตั้ง	275
8.13	ภาคทางออกน้ำมันมะพร้าวของเครื่องเหียงหนีศูนย์ความเร็วรอบปาน กลางแนวตั้ง	275
8.14	ปั้มน้ำสแตนเลส	276
8.15	สายพานแบน	276
8.16	พูลเลย์ขนาด 16 นิ้ว	277
8.17	พูลเลย์ขนาด 3 นิ้ว	277
8.18	เครื่องวัดความเร็วรอบ	278
8.19	ภาชนะบรรจุสาร	278
8.20	เครื่องซังดิจิตอลยี่ห้อ UWE รุ่น GW-30K	279
8.21	ตู้อบลมร้อน Binder รุ่น ED115	279
8.22	ขั้นตอนของกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าว	280

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
9.1	แสดงลักษณะคอกภายในโรงเรือนเลี้ยงแพะทดลอง	285
9.2	แสดงลักษณะภายในคอกแพะทดลอง	286
11.1	ก. กาบมะพร้าว และ ข. ทางมะพร้าว ก่อนการเตรียม	291
11.2	ก. การเตรียมกาบมะพร้าว และ ข. ทางมะพร้าว ก่อนเข้าเครื่องสับย่อย	291
11.3	ก. กาบมะพร้าว ทางมะพร้าว ที่ผ่านการลดขนาดจากการสับย่อยและ ข. ถ่านกะลามะพร้าว	292
11.4	เครื่องสับย่อย	292
11.5	กาบมะพร้าว ทางมะพร้าว และถ่านกะลามะพร้าว ที่ผ่านการลดขนาด จากการตีป่น	293
11.6	เครื่องตีป่น	294
11.7	เครื่องขึ้นรูปกระถาง	294
11.8	เครื่องอัดขึ้นรูปกระถางควบคุมการทำงานด้วยระบบไฮดรอลิกส์	295
11.9	แผนภูมิแสดงขั้นตอนในการอัดขึ้นรูปกระถาง	296
11.10	การชั่งวัสดุ	297
11.11	ลักษณะของกาวจากการตั้งไฟเคี่ยวจนใสพร้อมใช้งาน	298
11.12	การผสมวัสดุกับกาวก่อนการอัด	298
11.13	เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง	299
11.14	ตุ้บ ยี่ห้อ memmert รุ่น UN 55	300
11.15	เครื่องทดสอบยี่ห้อ Retsch รุ่น AS 200	301
11.16	เครื่องวิเคราะห์ความชื้น (Moisture Analyzer) ยี่ห้อ sartorius รุ่น MA37	302
11.17	การวัดค่าการนำไฟฟ้า	303
11.18	เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า ยี่ห้อ HANNA รุ่น HI98331	303
11.19	การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง	304
11.20	เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง	304
11.21	การอัดวัสดุผสมในรูปเหรียญทั้ง 6 ส่วนผสม	305

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
11.22	เครื่อง Universal Testing Machine ยี่ห้อ LLOYD รุ่น TA plus	305
11.23	การแช่กระถางในน้ำเป็นเวลา 1 นาที	307
11.24	กระถางที่แช่น้ำแล้ววางบนตะแกรง โดยให้ตะแกรงยกสูงจากพื้น	308
11.25	ชั้นทดสอบขนาด 5x5 เซนติเมตร	308
11.26	กระถางที่ผ่านการอัดขึ้นรูป ในส่วนผสมต่าง ๆ	310



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

มะพร้าวเป็นพืชพื้นเมืองที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจพืชหนึ่งของประเทศไทย เนื่องจากคนไทยใช้บริโภคโดยตรงในรูปแบบของน้ำมะพร้าว เนื้อมะพร้าว กะทิมะพร้าว น้ำมันมะพร้าวและใช้ประกอบอาหารคาวหวานได้หลายรูปแบบ คนไทยนำส่วนอื่น ๆ ใช้ประโยชน์ได้อีกหลายอย่าง จนกล่าวได้ว่ามะพร้าวเป็นพืชสารพัดประโยชน์ที่มีบทบาทในวิถีชีวิตมายาวนาน ประเทศไทยเป็นประเทศที่ผลิตมะพร้าวอันดับที่ 6 ของโลก รองจากประเทศอินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ อินเดีย บราซิล และศรีลังกา สำนักงานสถิติแห่งชาติสำรวจพบว่า ประชากร 1 คน บริโภคเนื้อมะพร้าวประมาณปีละ 8,273.2 กรัม หรือประมาณ 18 ผลต่อคนต่อปี พื้นที่ปลูกมะพร้าวของประเทศไทยเมื่อ 17 ปีที่ผ่านมา มีพื้นที่ปลูกมะพร้าว 2.5 ล้าน ไร่ มีผลผลิต 2,053,488 ตัน แต่ปัจจุบันพื้นที่ปลูกมะพร้าวลดลงมากกว่าครึ่งหนึ่งของพื้นที่เดิม โดยในปี 2557 มีพื้นที่ปลูกรวมทั้งประเทศ 260,966 ไร่ มีผลผลิต 37,847 ตัน สาเหตุหลักมาจากเกษตรกรหันไปปลูกพืชชนิดอื่นที่ได้อัตราดีกว่าแทน เช่น ยางพารา ทุเรียน สับปะรด ปาล์ม น้ำมัน นอกจากนี้ ปี 2553-2554 พบการระบาดของแมลง โดยเฉพาะแมลงค้ำหนามและพบสภาวะแห้งแล้ง ฝนไม่ตกตามฤดูกาล ทำให้มะพร้าวยืนต้นตายจำนวนมาก ทำให้พื้นที่ปลูกลดลง ส่งผลให้มะพร้าวขาดตลาดและราคาสูง มีผลกระทบต่อการผลิตและวิถีชีวิตในอุตสาหกรรมอย่างต่อเนื่อง ทำให้ความต้องการมะพร้าวในประเทศปรับตัวสูงขึ้น และต้องนำเข้าผลผลิตมะพร้าวเข้ามาจากต่างประเทศ

ปัจจุบันความต้องการมะพร้าวทางอุตสาหกรรมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีการขยายตัวด้านอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์มะพร้าว เช่น การผลิตน้ำมันมะพร้าว การผลิตกะทิเข้มข้น มะพร้าวอบแห้ง น้ำตาลมะพร้าว หรือใช้เป็นส่วนประกอบในเครื่องสำอาง หรือใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมผลิตเนยเทียม นมข้นหวาน สบู่ และแชมพู เป็นต้น อย่างไรก็ตามปริมาณความต้องการบริโภคโดยตรง เช่น ใช้ในการปรุงอาหาร การกินผลสดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอัตราการเพิ่มของประชากร เมื่อความต้องการมะพร้าวเพิ่มขึ้น พื้นที่ปลูกลดลง มะพร้าวมีปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการ ประกอบกับงานวิจัยด้านมะพร้าวยังมีน้อย ดังนั้น การสนับสนุนให้มีการวิจัยเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตและการแปรรูปมะพร้าวตลอดห่วงโซ่อุปทานให้เหมาะสมกับความต้องการ เพื่อให้สามารถบริหารจัดการทรัพยากรการผลิตได้อย่างยั่งยืน ส่งผลถึงการพัฒนาและความมั่นคงทางด้านเศรษฐกิจของประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

โครงการย่อยที่ 1 : สำรวจข้อมูลการผลิต และการตลาดของมะพร้าวในพื้นที่ภาคใต้ตอนบน เพื่อรวบรวมข้อมูลด้านการผลิตและการตลาดมะพร้าวในพื้นที่ภาคใต้ตอนบน

โครงการย่อยที่ 2 : การพัฒนาและการสุกแก่ของผลมะพร้าว เพื่อศึกษาการพัฒนาการสุกแก่ของผลมะพร้าวในระยะเวลาเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม

โครงการย่อยที่ 3 : การเพิ่มศักยภาพพื้นที่ในสวนมะพร้าวในรูปแบบเศรษฐกิจ 3 ชั้น

- 3.1 เพื่อเพิ่มศักยภาพของพื้นที่ในสวนมะพร้าวในรูปแบบเศรษฐกิจ 3 ชั้น
- 3.2 เพื่อเป็นศูนย์ต้นแบบขยายผล และถ่ายทอดเทคโนโลยีการเพิ่มศักยภาพของพื้นที่ในสวนมะพร้าวในรูปแบบเศรษฐกิจ 3 ชั้น

โครงการย่อยที่ 4 : เครื่องวัดและแสดงผลความเค็ม ธาตุอาหาร อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเมล็ดและผลมะพร้าว

- 4.1 เพื่อทราบความเค็มและธาตุอาหารที่มีอยู่ในดินของสวนมะพร้าว แล้วนำไปสู่การปรับปรุงดินให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและมีผลผลิตเพิ่มขึ้น
- 4.2 เพื่อทราบสถิติปริมาณน้ำฝน ปริมาณการใส่ปุ๋ยและแร่ธาตุต่าง ๆ ชนิด และปริมาณของแมลงที่ส่งผลกระทบต่อ การปลูกหน่อมะพร้าวและผลมะพร้าว
- 4.3 เพื่อทราบอุณหภูมิและความชื้นในดินของแปลงสวนมะพร้าว แล้วนำไปสู่การปรับปรุงดินให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและมีผลผลิตเพิ่มขึ้น
- 4.4 เพื่อติดตั้งและทดสอบการให้น้ำแบบอัตโนมัติ 1 โชน
- 4.5 เพื่อทดสอบและเก็บข้อมูลการพักตัวของเมล็ดมะพร้าวในการงอก และการสุกแก่มะพร้าว

โครงการย่อยที่ 5 : เครื่องบดและอัดวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรพร้อมด้วยแขนกลและเครื่องชั่งน้ำหนัก

- 5.1 เพื่อออกแบบและติดตั้งเครื่องบดทางมะพร้าว ทางปาล์ม ใบไม้ กะลา กิ่งไม้ เปลือกมะพร้าว
- 5.2 เพื่อออกแบบวงจรปรับระดับความเร็วมอเตอร์และจัดทำโครงสร้างเคลื่อนเครื่องบด
- 5.3 เพื่อออกแบบและสร้างแขนกลในการหยิบและยกวัสดุทางการเกษตรได้
- 5.4 เพื่อออกแบบและสร้างวงจรถอยเล็กทรอนิกส์และระบบควบคุมสำหรับสั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นประโยชน์อันใดในการนำ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแขนงกล

5.5 เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องซึ่งดิจิทัลที่สามารถชั่งและแสดงผลน้ำหนักวัสดุทางการเกษตรได้

โครงการย่อยที่ 6 : การสกัดน้ำมันมะพร้าวเพื่อสุขภาพและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมด้วย

**คาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤตเปรียบเทียบกับคาร์บอนไดออกไซด์
เหนี่ยวยกของเหลวแบบควบคุมอุณหภูมิ**

6.1 เพื่อแยกน้ำมันมะพร้าวจากกะทิด้วยเครื่องปั่นเหนี่ยวยกของเหลวแบบควบคุม

อุณหภูมิ ด้วยสภาวะที่เหมาะสม และยังคงรักษากลิ่นและคุณภาพของ
น้ำมันมะพร้าวให้ใกล้เคียงกับธรรมชาติ

6.2 เพื่อแยกน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์จากเนื้อมะพร้าวแห้งด้วยคาร์บอนไดออกไซด์
เหนือวิกฤต

6.3 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ในด้านคุณสมบัติทาง
เคมี กายภาพ โภชนะการ และต้นทุนการผลิต โดยคำนึงถึงผลประโยชน์
ทางด้านสิ่งแวดล้อมและการต่อยอดงานวิจัย

โครงการย่อยที่ 7 : การใช้ประโยชน์จากกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวเพื่อผลิตอาหาร

สัตว์น้ำ

7.1 เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตอัตราการรอดตายปลาหมอที่เสริมกากมะพร้าว
สกัดน้ำมันในสูตรอาหาร

7.2 เพื่อศึกษาระดับอาหารเสริมกากมะพร้าวสกัดน้ำมันที่เหมาะสมในสูตร
อาหารการเลี้ยงปลาหมอ

โครงการย่อยที่ 8 : การพัฒนากระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์จากมะพร้าวกะทิใช้

สำหรับกลุ่มเกษตรกร

8.1 เพื่อทำการศึกษาและออกแบบกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์
จาก มะพร้าว มะพร้าวกะทิ

8.2 เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพที่มีผลต่อกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าว
บริสุทธิ์จากมะพร้าว มะพร้าวกะทิ

**โครงการย่อยที่ 9 : การศึกษาการใช้ผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวเพื่อ
เป็นอาหารสัตว์**

เพื่อศึกษาผลของการใช้ผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวในสูตร
อาหารที่เหมาะสมต่อประสิทธิภาพการผลิตสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**โครงการย่อยที่ 10 : สมบัติดิน ปริมาณธาตุอาหารในใบ และผลผลิตมะพร้าวจากพื้นที่ต่าง ๆ
ในจังหวัดชุมพร**

- 10.1 เพื่อสำรวจสมบัติดิน ปริมาณธาตุอาหารในใบ และปริมาณผลผลิตมะพร้าวในแหล่งปลูกที่สำคัญของจังหวัดชุมพร
- 10.2 ทดหาความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติดิน ปริมาณธาตุอาหารในใบ และปริมาณผลผลิตมะพร้าว
- 10.3 ถ่ายทอดความรู้เทคโนโลยีด้านการจัดการธาตุอาหารสู่เกษตรกร

โครงการย่อยที่ 11 : การศึกษาสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกลของการนำทาง กาบ และถ่านกะลามะพร้าว มาทำเป็นวัสดุปลูกสำเร็จรูป สำหรับต้นหน้าวัว

- 11.1 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุจาก ทาง กาบ และถ่านกะลามะพร้าว
- 11.2 ศึกษาสัดส่วนการผสมวัสดุที่ปนที่ได้จาก ทาง กาบ และถ่านกะลามะพร้าวที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปกระถาง
- 11.3 ศึกษาวิธีการขึ้นรูปของกระถางและคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติเชิงกลของกระถางจากทาง กาบ และถ่านกะลามะพร้าว

**โครงการย่อยที่ 12 : การใช้ทางใบมะพร้าวปรับปรุงคุณภาพต่อประสิทธิภาพการผลิตน้ำมัน
ในโคนม**

- 12.1 เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและค่าการย่อยได้ของทางใบมะพร้าวปรับปรุงคุณภาพ
- 12.2 เพื่อศึกษาการใช้ทางใบมะพร้าวปรับปรุงคุณภาพต่อประสิทธิภาพการหมักในกระเพาะรูเมนของโคนม
- 12.3 เพื่อศึกษาการใช้ทางใบมะพร้าวปรับปรุงคุณภาพต่อประสิทธิภาพการผลิตน้ำมันในโคนม

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

โครงการที่ย่อย 1 : สำรวจข้อมูลการผลิต และการตลาดของมะพร้าวในพื้นที่ภาคใต้ตอนบน

ทำการศึกษารวบรวมข้อมูลทางภูมิศาสตร์ ข้อมูลเบื้องต้นของพื้นที่ปลูกมะพร้าว ในพื้นที่ 4 จังหวัดภาคใต้ตอนบน ได้แก่ ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร สุราษฎร์ธานี และระนอง จากนั้นสร้างแบบสอบถาม และกำหนดแนวทาง จำนวนพื้นที่ที่ออกไปสำรวจ นำแบบสอบถามไปสัมภาษณ์เกษตรกรที่มีพื้นที่ปลูกโดยใช้แบบสอบถามและสัมภาษณ์ ด้านการผลิตและตลาดของมะพร้าว ประเมินผลการสำรวจการผลิตและการตลาดของมะพร้าว และวิเคราะห์ข้อมูลโดยการคำนวณจากร้อยละจากแบบสอบถามและสัมภาษณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการย่อยที่ 2 : การพัฒนาและการสุกแก่ของผลมะพร้าว

สำรวจแปลงที่จะทำการศึกษาค่าการพัฒนาและการสุกแก่ของผลมะพร้าว ทำการผูกทะลายมะพร้าวที่ดอกเริ่มบาน เพื่อกำหนดการพัฒนาและการสุกแก่ของผลมะพร้าวทุก ๆ เดือนเป็นเวลา 14 เดือน หลังจากนั้น ทำการเก็บข้อมูลการสุกแก่ของผลที่ได้ทำการผูกทะลายเดือนละครั้ง และทำการบันทึกข้อมูลขณะการพัฒนาของสีผล วัดขนาดผล ความหนาของเปลือก ความหนาของเนื้อ ปริมาณน้ำมะพร้าว ความหนากระดาษ น้ำหนักกระดาษ น้ำหนักสดของเนื้อ น้ำหนักแห้งของเนื้อ ปริมาณความชื้น และปริมาณไขมันในเนื้อมะพร้าว

โครงการย่อยที่ 3 : การเพิ่มศักยภาพพื้นที่ในสวนมะพร้าวในรูปแบบเศรษฐกิจ 3 ชั้น

ทำการทดลองที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร เขตอุตสาหกรรม จังหวัดชุมพร วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block design, RCBD) จำนวน 4 วิธีการ 4 ซ้ำ ได้แก่

ต้นแบบที่ 1 มะพร้าวอย่างเดียว จำนวน 1 ไร่

ต้นแบบที่ 2 มะพร้าวจำนวน 1 ไร่ร่วมกับ พริกไทย ผักเหลียง และเลียงไก่ไข่มุข

ต้นแบบที่ 3 มะพร้าวจำนวน 1 ไร่ ร่วมกับ พริกไทย ข้าวไร่ และเลี้ยงสุกรหลุม

ต้นแบบที่ 4 มะพร้าวจำนวน 1 ไร่ ร่วมกับ พริกไทย หญ้าเนเปียร์ และเลี้ยงโคหลุม

โดยการใช้สวนมะพร้าวอายุ 28 ปี ก่อนปลูกวิเคราะห์ธาตุอาหารในดิน กาบใบ ลำต้น ใบ และเมล็ดข้าวไร่ บันทึกข้อมูล การเจริญเติบโต ผลผลิต ต้นทุนและผลตอบแทน ที่ได้จากการปลูกมะพร้าว และการปลูกมะพร้าวร่วมกับพืชแซม เก็บบันทึกข้อมูล ปีที่ 1- ปีที่ 4 วิเคราะห์ผลการทดลอง สรุปผลการทดลอง และรายงานผลการทดลองปีที่ 4 ถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน

โครงการย่อยที่ 4 : เครื่องวัดและแสดงผลความเค็ม ธาตุอาหาร อุณหภูมิและความชื้น

สัมพัทธ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเมล็ดและผลมะพร้าว

4.1 ออกแบบและสร้างวงจรวัดความเค็มและวัดแร่ธาตุในดินของสวนมะพร้าว

4.2 ออกแบบและสร้างวงจรและอุปกรณ์เพื่อวัดปริมาณน้ำฝน

4.3 เก็บสถิติปริมาณน้ำฝน ปริมาณการใส่ปุ๋ยและแร่ธาตุต่าง ๆ ชนิดและปริมาณของแมลง

4.4 ทำการทดสอบและเก็บข้อมูลในการพักตัวของเมล็ดมะพร้าวในการงอก

4.5 ทำการทดสอบและเก็บข้อมูลในการสุกแก่ของมะพร้าว

4.6 ออกแบบและสร้างวงจรวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในดินของสวนมะพร้าว

4.7 ติดตั้งและทดสอบการให้น้ำแบบอัตโนมัติ 1 โซน

โครงการย่อยที่ 5 : เครื่องบดและอัดวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรพร้อมด้วยแขนกลและเครื่อง ชั่งน้ำหนัก

4.1 ออกแบบและติดตั้งเครื่องบดทางมะพร้าว ทางปาล์ม ใบไม้ กะลา กิ่งไม้
เปลือกมะพร้าว

4.2 ออกแบบวงจรปรับระดับความเร็วมอเตอร์

4.3 ออกแบบและสร้างแขนกล

4.4 ออกแบบและสร้างวงจรอิเล็กทรอนิกส์และระบบควบคุมสำหรับสั่งการแขน

กล

4.5 ออกแบบและสร้างเครื่องชั่งดิจิทัล

โครงการย่อยที่ 6 : การสกัดน้ำมันมะพร้าวเพื่อสุขภาพและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมด้วย คาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤตเปรียบเทียบกับ การสกัดด้วยการ เหยียงแยกรอบต่ำแบบควบคุมอุณหภูมิ

ทำการศึกษาสภาวะการสกัดที่เหมาะสมค่าของแต่ละปัจจัยโดยมีการศึกษาวิธีการแยกน้ำมัน
มะพร้าวที่สภาวะที่เหมาะสมโดยใช้เครื่องเหยียงแบบควบคุมอุณหภูมิ ศึกษาสภาวะการสกัดด้วย
คาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤตโดยแปรผันความหนาแน่นอุณหภูมิ ความดันของก๊าซ
คาร์บอนไดออกไซด์ที่ใช้ในการสกัด และ ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ
และปริมาณ *cis*- form และ *trans*- form ของน้ำมันมะพร้าวที่สกัดได้กระบวนการสกัดทั้ง 2 วิธี ซึ่ง
มีขั้นตอนศึกษาการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ได้แก่ การแยกชั้นครีม การแยกน้ำมันมะพร้าว ศึกษา
ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการเหยียงแยกน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ได้แก่ จำนวนรอบ อุณหภูมิ เวลา
เปรียบเทียบ ปริมาณ คุณภาพ พลังงาน ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ด้วย
SCF ได้แก่ อุณหภูมิ ความหนาแน่น และเวลา และศึกษาระดับอุณหภูมิ ความหนาแน่น และเวลาที่
เหมาะสมของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ใช้สกัดน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ และศึกษาเปรียบเทียบสมบัติด้าน
เคมีกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี โครงสร้างทางเคมี ของน้ำมันมะพร้าวที่สกัดได้ทั้ง 2 วิธี

โครงการย่อยที่ 7 : การใช้ประโยชน์จากกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวเพื่อผลิตอาหารสัตว์น้ำ

ศึกษาการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลาหมอในกระชังที่เลี้ยงด้วย
สูตรอาหารเสริมกากมะพร้าวสกัดน้ำมัน โดยทำการศึกษาด้านการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพอาหาร
โดยทำการเลี้ยงปลาหมอสายพันธุ์ ชุมพร1 ในกระชัง ขนาด 2x2x1.5 เมตร จำนวน 16 กระชัง ติดตั้ง
อุปกรณ์โครงกระชัง และท่อน โดยวางกระชังในบ่อดิน และเลี้ยงปลาหมอ อัตราการปล่อย 50 ตัว/
กระชัง เป็นระยะเวลา 150 วัน

โครงการย่อยที่ 8 : การพัฒนากระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์จากมะพร้าวกะทิใช้ สำหรับกลุ่มเกษตรกร

8.1 ใช้มะพร้าวพันธุ์ชุมพรลูกผสม 60 มะพร้าวกะทิที่ใช้สายพันธุ์ มะพร้าวกะทิลูกผสมชุมพร 84-1 กับ มะพร้าวกะทิลูกผสมชุมพร 84-2

8.2 ออกแบบและสร้างเครื่องนํ้ามันมะพร้าวบริสุทธิ์สำหรับกลุ่มเกษตรกรกำลังผลิตที่ 30 กก.ต่อชม.

8.3 ใช้เครื่องเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง Alfa – lava รุ่น Mopx 205 ในการแยกครีมกะทิต่อจากกะทิ

8.4 แบ่งกะทิเป็น 2 ส่วน โดยใช้ความเย็นและความร้อนในการทดลองสกัดแยกน้ำมัน โดยในการให้ความร้อนทดลองด้วยอุณหภูมิที่ 40 50 60 70 องศาเซลเซียส ส่วนความเย็นทดลองด้วยการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสและละลายครีมกะทิที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

8.5 ใช้เครื่องเหวี่ยงความเร็วรอบปานกลางแนวตั้ง ความเร็วรอบ 4,500 5,000 5,500 รอบต่อนาที

โครงการย่อยที่ 9 : การศึกษาการใช้ผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวเพื่อ เป็นอาหารสัตว์

ทำการศึกษาผลของระดับการใช้ผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวที่ระดับต่างๆ ในการประกอบสูตรอาหารสำหรับสุกรในปีที่ 1 และทำการศึกษาผลของระดับการใช้ผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวที่ระดับต่างๆ ในการประกอบสูตรอาหารผสมเสร็จ (Total Mixed Ration : TMR) สำหรับแพะในปีที่ 2 1.4.1.1 จัดเตรียมโรงเรือน และวัตถุดิบในการประกอบสูตรอาหารสุกร

9.1 วิธีดำเนินการวิจัย ปีที่ 1

9.1.1 จัดเตรียมโรงเรือน และวัตถุดิบในการประกอบสูตรอาหารสุกร

9.1.2 การทดสอบการใช้ผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวต่อประสิทธิภาพการผลิตสุกรขุน จำนวน 5 สูตรๆ ละ 4 ตัว เป็นจำนวนสุกรขุน 20 ตัว ใช้เวลาเลี้ยง 4 เดือน

9.1.3 ทำการเก็บข้อมูลด้านประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ชั่งน้ำหนักสัตว์ทดลอง เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตในแต่ละช่วง ชั่งน้ำหนักอาหารที่ใช้ในแต่ละวัน เพื่อศึกษาปริมาณการกินได้ และประสิทธิภาพการใช้อาหาร เก็บตัวอย่างอาหารสัตว์แต่ละสูตรเพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ด้วยวิธี Proximate analysis

9.1.4 ทำการฆ่าและฆ่าเชื้อสัตว์ทดลอง เพื่อทำการศึกษาคุณลักษณะ และคุณภาพซาก คุณลักษณะซาก : ลักษณะน้ำหนักซาก เปอร์เซ็นต์ซาก เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง เปอร์เซ็นต์ไขมัน เปอร์เซ็นต์กระดูก ความยาวซาก ความหนาไขมันสันหลัง พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน คุณภาพเนื้อทางด้านโภชนะ ได้แก่ ปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้น ด้วยวิธี proximate analysis คุณภาพเนื้อทางด้านกายภาพ ได้แก่ การวัดค่า pH, Colour (CIE L*a*b*), Drip loss, Cooking loss, Lipid oxidation และ Muscle texture

9.1.5 นำข้อมูลในการด้านประสิทธิภาพการผลิต การเจริญเติบโต อัตราการอาหาร และคุณภาพเนื้อสัตว์ต่างๆ มาทำการวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (Analysis of Variances: ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ CRD และวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยในแต่ละปัจจัยการทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

9.2 วิธีดำเนินการวิจัยปีที่ 2

9.2.1 จัดเตรียมโรงเรือน และวัสดุอุปกรณ์ในการประกอบสูตรอาหารแพะ การทดสอบการใช้ผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวต่อประสิทธิภาพการผลิตแพะขุน จำนวน 3 สูตรๆ ละ 4 ตัว เป็นจำนวนแพะขุน 12 ตัว ใช้เวลาเลี้ยง 4 เดือน

9.2.2 ทำการเก็บข้อมูลด้านประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ซึ่งน้ำหนักสัตว์ทดลอง เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตในแต่ละช่วง ซึ่งน้ำหนักอาหารที่ใช้ในแต่ละวัน เพื่อศึกษาปริมาณการกินได้ และประสิทธิภาพการใช้อาหาร เก็บตัวอย่างอาหารสัตว์แต่ละสูตรเพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ด้วยวิธี Proximate analysis

9.2.3 นำข้อมูลในการด้านประสิทธิภาพการผลิต การเจริญเติบโต และอัตราการใช้อาหาร มาทำการวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (Analysis of Variances: ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) และวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยในแต่ละปัจจัยการทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

โครงการย่อยที่ 10 : สมบัติดิน ปริมาณธาตุอาหารในใบ และผลผลิตมะพร้าวจากพื้นที่ต่าง ๆ

ในจังหวัดชุมพร

เก็บตัวอย่างดินสวนมะพร้าวจาก 3 อำเภอ ในพื้นที่จังหวัดชุมพร (อำเภอปะทิว อำเภอเมืองและอำเภอสวี) ในแต่ละอำเภอเก็บจากสวนที่มีระยะการปลูกห่างจากชายฝั่งทะเล 3 ระยะ คือ ระยะ 1 กิโลเมตร ระยะ 2 กิโลเมตร และระยะ 3 กิโลเมตร ระยะละ 3 สวนๆ ละ 5 ต้น ที่ระดับความลึก 0-20 ซม. โดยแต่ละต้นจะเก็บรอบทรงพุ่ม จำนวน 4 จุด/ต้น นำตัวอย่างดินจากทุกจุดมารวมกันเป็น 1 ตัวอย่าง รวมมีตัวอย่างสวนทั้งสิ้น 27 สวน 135 ตัวอย่าง การเก็บตัวอย่างใบมะพร้าวจากต้นเดียวกันกับที่เก็บดิน โดยเก็บตัวอย่างใบจากแผ่นใบของใบย่อยที่อยู่ประมาณกลางทางใบของใบสมบูรณ์ที่ 14 ± 1 จากยอดลงมา (Reuter and Robinson, 1997) แต่ละสวนมี 5 ตัวอย่าง รวมมีตัวอย่างใบทั้งสิ้น 135 ตัวอย่าง เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในห้องปฏิบัติการและให้

คำแนะนำในการใส่ปุ๋ยให้แก่เกษตรกร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้ในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการย่อยที่ 11: การศึกษาสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกลของการนำทาง กาบ และถ่าน กะลามะพร้าว มาทำเป็นวัสดุปลูกสำเร็จรูปสำหรับต้นหน้าวัว

การศึกษาศักยภาพของทาง กาบ และกะลามะพร้าว มาทำเป็นวัสดุปลูกสำเร็จรูป โดยศึกษาอัตราส่วนผสมที่ปรับระหว่างทาง กาบ และกะลามะพร้าวที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูป และศึกษาศักยภาพ และสมบัติเชิงกลของวัสดุปลูกสำเร็จรูป เพื่อเพิ่มมูลค่าการสร้างผลิตภัณฑ์ จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร (วัสดุมะพร้าว) และช่วยในการลดการใช้พลาสติกเมื่อมีการย้ายปลูก

โครงการย่อยที่ 12 : การใช้ทางใบมะพร้าวปรับปรุงคุณภาพต่อประสิทธิภาพการผลิตน้ำนมในโคนม การทดลองที่ 1

1.1 ตัวอย่างอาหารหยาบ วิเคราะห์การย่อยได้แบบ *in vitro* โดยวิธี rumen liquor pepsin ซึ่งทำตามวิธีของ Tilley and Terry (1963) โดยหาค่า IVDMD (*in vitro* dry matter digestibility) และ IVDOMD (*in vitro* digestible organic matter digestibility)

1.2 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีได้แก่ วัตถุแห้ง เถ้า โปรตีน ตามวิธีการของ AOAC (1984) ส่วน NDF ADF และ ลิกนิน จะวิเคราะห์ตาม Van Soest *et al.* (1991)

การทดลองที่ 2 ตัวอย่าง Rumen Fluid จะทำการวิเคราะห์ดังนี้

2.1 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) วิเคราะห์ตามวิธีของ คิวพร (2543)

2.2 กรดไขมันระเหยง่าย ได้แก่ Total VFA, Acetic, Propionic, Butyric acid วิเคราะห์โดยวิธี HPLC ตามวิธีของ Callaway and Martin (1997)

2.3 แอมโมเนียไนโตรเจน วิเคราะห์ตามวิธีของ Bremner and Keeney (1965)

2.4 วิเคราะห์จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ได้แก่ Total Viable Count, *Fibrobacter succinogenes*, *Ruminococcus albus*, *Ruminococcus favefaciens*, *Bacillus licheniformis*, *Ruminobacter amylophilus*, *Selenomonas ruminatum* วิเคราะห์ตามวิธีของ Krieg *et al.* (1984), Galyean (1989) แล้วนำผลที่ได้เปรียบเทียบกับตาราง จำแนกจุลินทรีย์ของ Bergey 's Manual of Systematic Bacteriology โดย Atlas (2004)

การทดลองที่ 3

3.1 ตัวอย่างอาหารหยาบและชั้น วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีได้แก่วัตถุแห้ง เถ้า โปรตีน ตามวิธีการของ AOAC (1984) ส่วน NDF ADF และ ลิกนิน วิเคราะห์ ตาม Van Soest *et al.* (1991)

3.2 ตัวอย่างน้ำมันดิบ จะวิเคราะห์องค์ประกอบและคุณภาพน้ำมัน คือ butter fat, protein, solid not fat, total solid และ somatic cell count โดยเครื่อง Milkoscan และ Standard plate count ตามวิธีของ Houghtby *et al.* (1992)

3.3 คำนวณราคาต้นทุนของปริมาณอาหารที่กินต่อปริมาณน้ำนมที่ผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และหน่วยงานที่นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

- 1.4.1 ได้ข้อมูลตลอดห่วงโซ่ของมะพร้าวในพื้นที่ภาคใต้ตอนบน
- 1.4.2 สามารถลดต้นทุนการผลิต ทางด้านแรงงานในการจัดการการผลิตแบบครบวงจร
- 1.4.3 ได้ระบบการผลิต การจัดการธาตุอาหาร การเก็บเกี่ยว กระบวนการหลังการเก็บเกี่ยว การเก็บรักษาผลมะพร้าว
- 1.4.4 ได้เครื่องมือในการควบคุม/วงจรรีเลย์ทรอนิกส์ และเครื่องติดตั้งพร้อมใช้งาน
- 1.4.5 ได้ผลิตภัณฑ์จากมะพร้าวเพื่อเพิ่มทางเลือกให้แก่อุตสาหกรรมและเกษตรกร
- 1.4.6 เป็นแหล่งข้อมูลและเป็นศูนย์ต้นแบบขยายผลและถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านมะพร้าวตลอดห่วงโซ่แก่กลุ่มเกษตรกรและผู้สนใจ

หน่วยงานที่นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ ได้แก่ หน่วยงานภาครัฐและเอกชน สถาบันการศึกษา และเกษตรกร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

แนวความคิด เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง/ ทบทวนวรรณกรรม

โครงการย่อยที่ 1 : สํารวจข้อมูลการผลิต และการตลาดของมะพร้าวในพื้นที่ภาคใต้ตอนบน ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมะพร้าว

มะพร้าว (Coconut) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Cocosnucifera* Linn. เป็นพืชยืนต้นใบเลี้ยงเดี่ยว ชนิดหนึ่งอยู่ในตระกูลปาล์มนอกจากมะพร้าวแล้วอินทผลัมปาล์มน้ำมันตาลโตนดจากหมากสาकुสาน และหวาย ก็เป็นพืชที่จัดอยู่ในตระกูลปาล์มการจำแนกทางอนุกรมวิธานของมะพร้าว (Taxonomic classification) ดังนี้

Class : Angiospermae

Subclass : Monocotyledoneae

Order : Palmales

Family : Palmae

Subfamily : Cocoideae

Tribe : Cocoideae

Genus : *Cocos*

Species : *Nucifera*

มะพร้าวมีระบบรากเป็นรากฝอยแผ่กระจายออกรอบลำต้น มีลำต้นเดี่ยว ไม่แตกแขนง มีรอยแผลจากการหลุดร่วงของใบตลอดลำต้น สามารถคำนวณอายุของต้นมะพร้าวได้จากรอยแผลนี้ คือในหนึ่งปีมะพร้าวจะสร้างใบประมาณ 12-14 ใบ ดังนั้น ในหนึ่งปีจะมีรอยแผลที่ลำต้น 12-14 รอยแผล ใบ เป็นใบประกอบ ออกอยู่ตามส่วนของลำต้น ประกอบด้วยก้านทาง (rachis) มีขนาดใหญ่และ ยาว และมีใบย่อย (leaflet) บนก้านทางประมาณ 200 – 250 ใบ

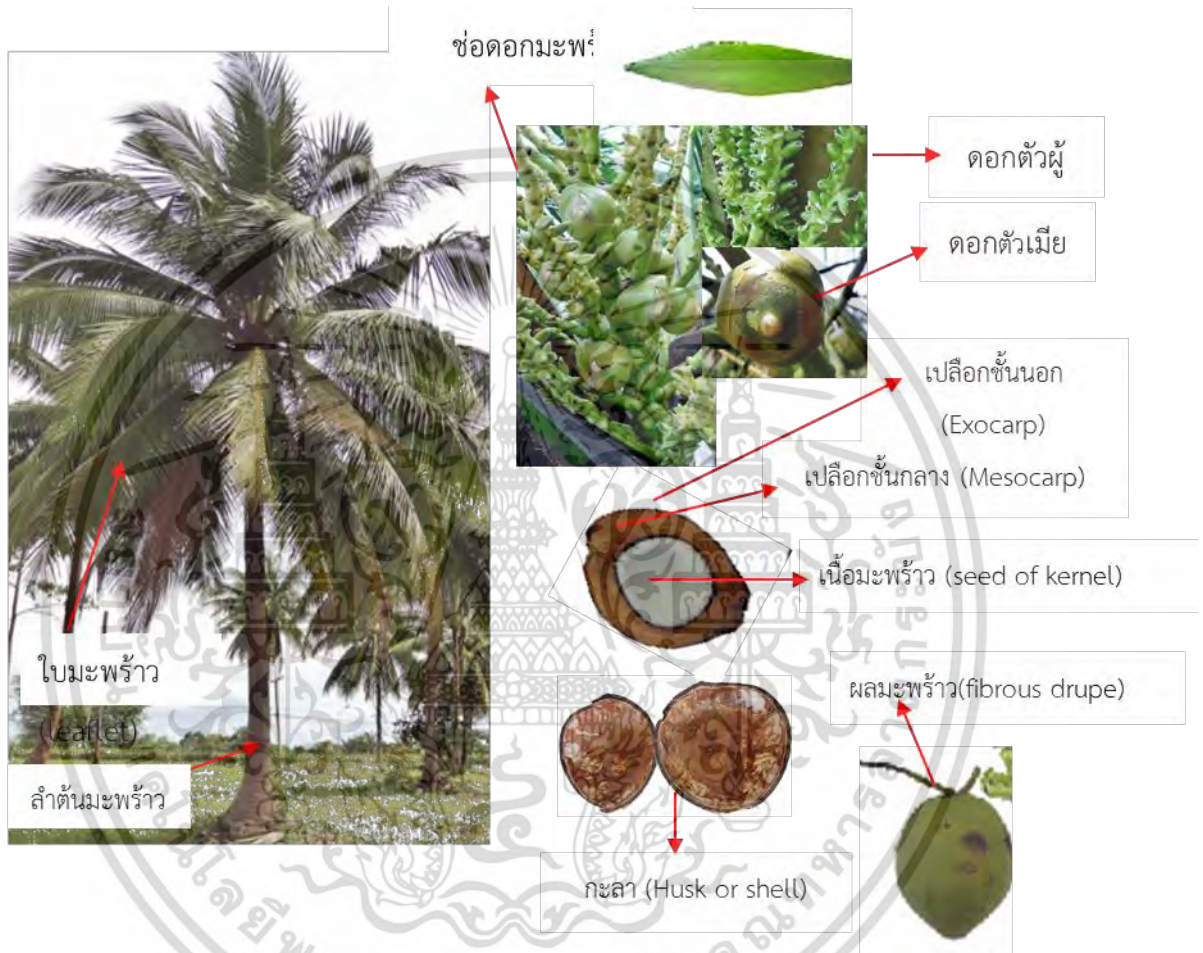
ดอก ออกเป็นช่อชนิดพานิคิล มีทั้งดอกตัวผู้และดอกตัวเมีย อยู่ในช่อเดียวกัน ดอกมีกลีบดอก 6 กลีบ สีครีมหรือสีเหลืองนวล ไม่มีก้านดอกย่อยดอกตัวเมียจะมีกลีบดอกหนาและแข็งกว่ากลีบดอกตัวผู้ (กรม ส่งเสริมการเกษตร, 2547)

ผล มะพร้าวเป็นชนิดไฟบรัสตรูป (fibrous drupe) เรียกว่า นัท (nut) มีเปลือก 3 ชั้นคือ

1. เปลือกชั้นนอก (exocarp) เป็นเส้นใยที่เหนียวและแข็ง เมื่อแก่อาจมีสีเขียว แดง เหลืองหรือน้ำตาล
2. เปลือกชั้นกลาง (mesocarp) มีลักษณะเป็นเส้นใย มีความหนาพอประมาณ
3. เปลือกชั้นใน (endocarp) มีลักษณะแข็งหรือที่เรียกกันว่า กะลา (shell) (ดวงดาว, 2549)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล็ด (seed of kernel) คือ เนื้อมะพร้าว ภายในเมล็ดเป็นช่อกลางขณะผลอ่อนจะมีน้ำอยู่เต็ม ผลแก่น้ำมะพร้าวจะแห้งไปบางส่วน (วาสนา, 2541) (ภาพที่ 1) จาวมะพร้าว จาวมะพร้าวใช้น้ำมาเป็นอาหารได้ ในจาวมะพร้าวมีฮอร์โมนออกซิน และฮอร์โมนอื่นๆ แต่มีฮอร์โมน ออกซิน ปริมาณมากที่สุด ซึ่งเมื่อน้ำไปคั้น และนำน้ำที่ได้จาวมะพร้าว ไปรดต้นพืช จะช่วยกระตุ้นการ เจริญเติบโตของพืชได้



ภาพที่ 1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมะพร้าว

ประเภทของมะพร้าว

มะพร้าวเป็นพืชผสมข้ามพันธุ์ แต่ละต้นจึงไม่เป็นพันธุ์แท้อาศัยหลักทางการผสมพันธุ์ที่เป็นไปโดยธรรมชาติ ในเรื่องของการจำแนกพันธุ์มะพร้าวมีผู้จำแนกไว้หลายแบบซึ่งแตกต่างกันไปหลักที่ใช้ในการจำแนกพันธุ์มักจะเป็นขนาดของต้นอายุตกผลและขนาดผล (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2547) จากหลักเกณฑ์ทั้ง 3 ประการนี้ ทำให้จำแนกพันธุ์มะพร้าวไทยออกเป็น 2 กลุ่มด้วยกัน คือ มะพร้าวพันธุ์ต้นสูงและมะพร้าวต้นเตี้ย

มะพร้าวพันธุ์ต้นสูง ลักษณะสำคัญคือ ต้นสูง ออกผลช้า มีสะโพกที่รอยต้น ส่วนมากมะพร้าวที่ปลูกเป็นการค้าในปัจจุบันนี้มักเป็นพันธุ์ต้นสูง พวกนี้มักมีอายุยืน (60-80 ปี หรือมากกว่านั้น) ขึ้นอยู่กับสภาพดิน มักจะต้านทานต่อโรค และ แมลง ยกเว้นพวกไวรัสที่ทำให้เกิดโรคบางชนิด จะเริ่มติดผล เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่ออายุประมาณ 8-10 ปีหลังปลูก จัดเป็นพืชผสมข้าม โดยดอกตัวผู้จะเริ่มเปิดก่อนดอกตัวเมียในช่อดอกเดียวกันดังนั้นการผสมเกสรจะเกิดขึ้นก็เมื่อได้รับละอองเกสรจากต้นอื่นในกลุ่มนี้จะแยกพันธุ์ตามสถานที่อยู่ หรือลักษณะของผลที่เห็นเด่นชัด เช่น มะพร้าวหัวลิง ทะลายร้อย ปากจก เปลือกหวาน มะพร้าวใหญ่ และ มะพร้าวกะโหลก (สำนักงานเกษตรจังหวัดประจวบคีรีขันธ์, 2556)

มะพร้าวพันธุ์ต้นเตี้ย เป็นพันธุ์ออกผลเร็ว ต้นเตี้ยไม่มีสะโพก ติดดอกออกผลในช่วง 3-4 ปี หลังจากปลูกผลผลิตจะออกเต็มที่ในช่วง 9-10 ปี อายุการให้ผลที่ระดับเศรษฐกิจ อยู่ประมาณ 30-40 ปี พันธุ์ต้นเตี้ยมีหลายพันธุ์เมล็ดที่ได้จะตรงตามพันธุ์เพราะการแตกของละอองเกสรตัวผู้พร้อมกับการเปิดของดอกตัวเมียในช่อดอกเดียวกัน ดังนั้นจึงเกิดการผสมตัวเองของตัวผู้และตัวเมียในช่อดอกเดียวกัน สีของผลจะมีทั้งสีเหลืองทอง สีเหลืองนวล สีเขียว สำหรับผลของพันธุ์ต้นเตี้ยจะมีทั้งขนาดผลเล็ก และผลใหญ่ พันธุ์ผลเล็กที่สุดในกลุ่มนี้ คือ Coco Nino ในฟิลิปปินส์ ซึ่งปัจจุบันมีการนำไปปลูกกระจายทั่วไปทุกส่วนของโลก มะพร้าวพันธุ์ต้นเตี้ยได้แก่ มะพร้าวหมูสี หมูสีเขียว พุงเคล็ด หมูสีเหลือง มะพร้าวไฟ ปะทิว มะพร้าวน้ำหอม และนกคุ้ม (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2547) มะพร้าวพื้นเมืองที่เกษตรกรปลูกกันมาแต่ดั้งเดิม จะมีลักษณะที่หลากหลาย เช่น มีขนาดผลค่อนข้างโต และทนทานต่อสภาพอากาศแล้งได้ดีในวงการอุตสาหกรรมมะพร้าวในปัจจุบันได้พัฒนาทางด้านคุณภาพมะพร้าวมากมาย ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร จังหวัดชุมพร ได้วิจัยและพัฒนามะพร้าวพันธุ์ลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูง ตกผลเร็ว ซึ่งได้ผ่านการรับรองพันธุ์มาแล้ว 3 พันธุ์ ได้แก่

1. มะพร้าวพันธุ์สวีลูกผสม 1 (Sawi hybrid No.1) เป็นมะพร้าวพันธุ์ลูกผสมที่เกิดจากการผสมระหว่างมะพร้าวพันธุ์มลายูสีเหลืองต้นเตี้ยกับเวสต์แอฟริกันต้นสูง(MYDx WAT) ลักษณะเด่นของมะพร้าวพันธุ์นี้ คือ มีอายุการตกผลเร็ว สามารถเก็บผลผลิตได้ในปีที่5หลังการปลูก ให้ผลผลิตสูงเนื่องมะพร้าวหนาปริมาณน้ำมันมากจึงเป็นมะพร้าวที่เหมาะสมสำหรับอุตสาหกรรมน้ำมันมะพร้าว

2. มะพร้าวพันธุ์ลูกผสมชุมพร 60 (Chumphon hybrid No.60) เป็นมะพร้าวลูกผสมที่เกิดจากการผสมระหว่างพันธุ์กับเวสต์แอฟริกันต้นสูงกับไทยต้นสูง (WAT x THT) สามารถเก็บผลผลิตได้ในปีที่ 5 หลังจากปลูก ขนาดผลมีตั้งแต่ขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ เนื่องจากขนาดผลของมะพร้าวพันธุ์นี้ค่อนข้างโตกว่าพันธุ์สวีลูกผสม1จึงสามารถจำหน่ายได้ทั้งผลสดและในรูปมะพร้าวแห้งส่งโรงงานสกัดน้ำมัน

3. มะพร้าวพันธุ์ลูกผสมชุมพร 2 เป็นมะพร้าวลูกผสมที่เกิดจากการผสมระหว่างพันธุ์มลายูสีเหลืองต้นเตี้ยกับไทยต้นสูง (MYD x THT) ขนาดผลมีตั้งแต่ขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ ทำให้สามารถจำหน่ายได้ทั้งในรูปผลสดและแปรรูปในอุตสาหกรรมน้ำมัน มะพร้าวลูกผสมทั้ง 3 พันธุ์ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์พื้นเมือง ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร, (2552)

การเก็บผล

มะพร้าวออกดอกโดยเฉลี่ยปีละ12 จัน ถ้าได้รับการดูแลดีก็จะติดผลทุกจันได้ผลผลิตทุกเดือน เดือนละ1ทะลาย แต่ตามปกติจะเก็บผลมะพร้าวได้ไม่เท่ากันในแต่ละเดือน เดือนที่ให้ผลผลิตน้อย คือ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างเดือนธันวาคมถึงเดือนมีนาคมต่อจากนั้นจะเก็บผลมะพร้าวได้มากขึ้นเรื่อยๆ ช่วงที่เก็บผลผลิตได้มากที่สุดคือ เดือนสิงหาคมถึงกันยายน ผลมะพร้าวจะเริ่มแก่เมื่ออายุประมาณ 11 เดือนจนอายุ 12 เดือน สังเกตได้จากผิวของเปลือก จะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีกำปู หรือ สีน้ำตาล และปริมาณในผลจะน้อยลง ดังนั้นเมื่อเขย่าผลดูจะได้ยินเสียงน้ำคลอน มะพร้าวในทะเลายเดียวกันจะแก่ไม่พร้อมกัน จึงควรเลือกเก็บผลจากมะพร้าวที่ผลมะพร้าวแก่หมดแล้ว กรมวิชาการเกษตร, (2555)

ประโยชน์ของมะพร้าว

มะพร้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญพืชหนึ่งของประเทศไทยโดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคใต้ มะพร้าวสามารถปลูกได้ทั่วทุกภาคของประเทศการใช้ประโยชน์จากมะพร้าวกว้างขวางมาก คือ ใช้ทั้งรับประทานผลสดนำมาประกอบอาหารเป็นวัตถุดิบในโรงงานอุตสาหกรรมส่วนที่เหลือยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์อื่นๆ เช่นการนำเส้นใยของผลไปใช้บุเก้าอี้และขุยมะพร้าวใช้ผสมกับดินสำหรับปลูกพืช เป็นต้น สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, (2552) ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมะพร้าวรวม 1.49 ล้านไร่ และ ให้ผลผลิตรวมประมาณ 1.38 ล้านตัน (ตารางที่ 2)

มะพร้าวผลประมาณ 73 เปอร์เซ็นต์ ของผลผลิตทั้งหมดนำไปใช้บริโภคโดยตรง ส่วนที่เหลือ 27 เปอร์เซ็นต์ ของผลผลิตทั้งหมดนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม ปัจจุบันความต้องการมะพร้าวทางอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีการขยายตัวด้านอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์มะพร้าว เช่น การผลิตกะทิเข้มข้น และมะพร้าวอบแห้ง ปริมาณความต้องการบริโภคโดยตรง เช่น ใช้ในการปรุงอาหาร การกินผลสด เพิ่มขึ้นตามอัตราการเพิ่มของประชากร จากรายงานการประชุมสัมมนาอุตสาหกรรมมะพร้าวนานาชาติที่มาเลเซีย เมื่อปี พ.ศ. 2530 รายงานว่ากลุ่มประเทศสมาชิกขมรมมะพร้าวแห่งเอเชียและแปซิฟิกเป็นกลุ่มประเทศที่ผลิตมะพร้าวมากที่สุดในโลกคือ ประมาณ 85 เปอร์เซ็นต์ ของผลผลิตทั่วโลก ในกลุ่มประเทศสมาชิก 12 ประเทศ ซึ่งรวมทั้งประเทศไทย สถิติการผลิตมะพร้าว 10 อันดับแรกของโลก พบว่า ประเทศอินโดนีเซียมีกำลังการผลิตมะพร้าวมากเป็นอันดับ 1 ประมาณ 19.5 ล้านตัน อันดับ 2 ได้แก่ประเทศฟิลิปปินส์ 15.3 ล้านตันและอินเดียประมาณ 10.9 ล้านตัน สำหรับประเทศไทยอยู่ในอันดับที่ 6 ประมาณ 1.5 ล้านตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2552)

มะพร้าวแกงหรือมะพร้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ ในปี 2539 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมะพร้าวประมาณ 2.5 ล้านไร่ มากเป็นอันดับ 6 ของโลก แต่ในช่วงปี 2545-2555 พื้นที่การปลูกลดลงเนื่องจากภัยแล้ง ต้นมะพร้าวอ่อนแอ แมลงเข้าทำลายง่าย ส่งผลให้มะพร้าวในประเทศไม่เพียงพอจึงต้องพึ่งพาการนำเข้ามะพร้าวจากต่างประเทศ ซึ่งส่งผลกระทบต่อราคามะพร้าวในประเทศจากลูกละ 20 เหลือลูกละ 10 บาท (จารุณี, 2555) จังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกมะพร้าวมากที่สุดได้แก่ ประจวบคีรีขันธ์ 4 แสนไร่ และชุมพรกับสุราษฎร์ธานี อย่างละ 2 แสนไร่ อย่างไรก็ตามพื้นที่สำหรับปลูกมะพร้าวน้ำหอมส่วนใหญ่อยู่ในจังหวัดแถบภาคกลาง เช่น จ.ราชบุรี และสมุทรสาคร ช่วงที่ผลผลิตมะพร้าวน้ำหอมมากอยู่คือเดือน ก.ค.- ต.ค. ราคาขาย ส่งลูกละ 6 บาทหลังจากนั้นเป็นช่วงที่มีผลผลิตน้อยราคาขายส่งลูกละ 11 บาท (<https://www.posttoday.com/aec/news/406522>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นที่ปลูกมะพร้าวทั้งประเทศของไทย มีจำนวน 1,299,799 ไร่ ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ปลูก จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ 419,833 ไร่ จังหวัดชุมพร 205,764 ไร่ จังหวัดสุราษฎร์ธานี 198,714 ไร่ จังหวัดนครศรีธรรมราช 97,137 ไร่ จังหวัดปัตตานี 78,529 ไร่ จังหวัดชลบุรี 62,336 ไร่ จังหวัดนราธิวาส 50,637 ไร่ จังหวัดสมุทรสงคราม 47,639 ไร่ เป็นต้น ช่วงปี 2553-2557 เนื้อที่ให้ผลและผลผลิตมะพร้าวลดลงจาก 1.446 ล้านไร่ และ 1.249 ล้านตัน ในปี 2553 เป็น 1.295 ล้านไร่ และ 1.000 ล้านตัน ในปี 2557 หรือลดลง คิดเป็นร้อยละ 2.53 ต่อปี และ 4.76 ต่อปี ตามลำดับ สำหรับปี 2558 มีเนื้อที่ให้ผลผลิต 1.268 ล้านไร่ ลดลงจากปี 2557 คิดเป็นร้อยละ 2.08 และผลผลิต 1.012 ล้านตัน เพิ่มขึ้นจากปี 2557 คิดเป็นร้อยละ 1.12 สภาพภูมิอากาศมีอิทธิพลสำคัญต่อผลผลิตต่อไร่ โดยเฉพาะสภาพอากาศที่ไม่เอื้ออำนวย เช่น ภาวะฝนทิ้งช่วง รวมทั้งการระบาดของแมลงศัตรูมะพร้าว ส่งผลให้ผลผลิตต่อไร่ลดลง จาก 863 กิโลกรัม ต่อไร่ ในปี 2553 เป็น 773 กิโลกรัม ต่อไร่ ในปี 2557 หรือลดลง คิดเป็นร้อยละ 2.27 ต่อปี อย่างไรก็ตาม คาดการณ์ว่าผลผลิตต่อไร่จะเพิ่มขึ้นเป็น 798 กิโลกรัม ในปี 2558

(https://www.technologychaoban.com/news-slide/article_7894) ปัจจุบันผลผลิตมะพร้าวของไทยไม่เพียงพอกับความต้องการและพื้นที่การผลิตมะพร้าวของไทยลดลงมาก โดยปี 2559 มีพื้นที่ปลูก 1.1 ล้านไร่ ลดลง 200,000 ไร่ จากปี 2555 ที่มีพื้นที่ปลูก 1.3 ล้านไร่ ขณะที่ ผลผลิตต่อไร่ก็ลดลงจากปี 2555 อยู่ 806 กิโลกรัม ลดลงเหลือ 632 กิโลกรัมต่อไร่ ในปี 2559 ประเทศไทยต้องนำเข้ามะพร้าวผลในปี 2559 จำนวน 144,000 ตัน จากปี 2555 นำเข้า 27,000 ตัน (<https://www.thairath.co.th/content/847490>)

ความสำคัญทางเศรษฐกิจของมะพร้าว

มะพร้าวที่เป็นหนึ่งในพืชเศรษฐกิจของประเทศ ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับมะพร้าว เช่น มะพร้าวทั้งลูก น้ำมันมะพร้าว น้ำมันมะพร้าว และใช้มะพร้าวเป็นวัตถุดิบ เช่น กะทิ เครื่องสำอาง ได้รับความนิยมในตลาดโลก รวมทั้งมีการขยายผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับมะพร้าวเข้าสู่ตลาดในประเทศพัฒนาแล้ว เช่น เครื่องดื่มรสต่างๆ ผสมน้ำมันมะพร้าว เครื่องสำอางที่มีส่วนผสมของน้ำมันมะพร้าว เป็นต้น ส่งผลให้ความต้องการมะพร้าวและผลิตภัณฑ์มะพร้าวในตลาดโลกสูงขึ้นอย่างมาก แต่กลับไม่สอดคล้องกับการปลูกมะพร้าวในโลกที่มีปริมาณลดลงเป็นลำดับ และในปี 2560 ประเทศผู้ผลิตหลักมะพร้าวของโลกต่างประสบปัญหาทางด้านผลผลิต โดยคาดว่า ในปี 2560 การส่งออกผลิตภัณฑ์มะพร้าวจะขยายตัวที่คิดเป็นร้อยละ 18.5 คิดเป็นมูลค่า 16.4 พันล้านบาท และการส่งออกกะทิ จะขยายตัวที่คิดเป็นร้อยละ 16.5 คิดเป็นมูลค่า 12.7 พันล้านบาท จากที่มะพร้าวและผลิตภัณฑ์มะพร้าวได้รับความนิยมมากขึ้นในตลาดโลก ส่งผลให้การบริโภคผลิตภัณฑ์มะพร้าวในตลาดโลกเพิ่มสูงขึ้นมาก โดยในปี 2559 มีการบริโภคน้ำมันมะพร้าวถึง 160 ล้านแกลลอน หรือคิดเป็นมูลค่ากว่า 2.06 พันล้านดอลลาร์สหรัฐฯ โดยเพิ่มขึ้นจากปีก่อนหน้าถึงคิดเป็นร้อยละ 19.5 นอกจากนี้ กะทิซึ่งเป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากมะพร้าวก็นับว่ามีการเจริญเติบโตที่สูงเช่นเดียวกัน โดยมีมูลค่าตลาดโลกอยู่ที่ 0.9 พันล้านดอลลาร์สหรัฐฯ ขยายตัวจากปีก่อนหน้าคิดเป็นร้อยละ 14.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ในพิธีการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่อผู้ผู้ใดเห็นนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มะพร้าวเป็นหนึ่งในพืชเศรษฐกิจของไทย ในปี 2558 มีพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 1.2 ล้านไร่ และมีผลผลิตประมาณ 1 ล้านตัน ผลผลิตส่วนหนึ่งจะใช้บริโภคภายในประเทศ เป็นวัตถุดิบสำหรับโรงงานกะทิ และอีกส่วนหนึ่งจะเป็นการส่งออก โดยสัดส่วนการบริโภคในประเทศกับอุตสาหกรรมและการส่งออกเฉลี่ยในช่วง 5 ปีที่ผ่านมาอยู่ที่ประมาณคิดเป็นร้อยละ 60: 40 พื้นที่เพาะปลูกสำคัญส่วนใหญ่จะอยู่ในภาคใต้ โดยจังหวัดที่มีผลผลิตมะพร้าวมากที่สุด ได้แก่ ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร และสุราษฎร์ธานี จากความนิยมในสินค้ามะพร้าว ส่งผลให้ความต้องการวัตถุดิบมะพร้าวไปผลิตเพื่อการส่งออกยังคงไม่เพียงพอ ภาครัฐจึงได้อนุญาตให้มีการนำเข้ามะพร้าวจากประเทศเพื่อนบ้าน เช่น อินโดนีเซีย และมาเลเซีย เป็นต้น ซึ่งปัจจุบันมะพร้าวยังถูกจัดอยู่ในหมวดสินค้าควบคุม ยังไม่สามารถนำเข้าได้อย่างเสรี (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2560) มะพร้าวเป็นพืชที่มีศักยภาพทางด้านการตลาดใช้บริโภคทั้งในครัวเรือนและภาคอุตสาหกรรม ปี 2559 ประเทศไทยต้องนำเข้ามะพร้าวจากประเทศอินโดนีเซียคิดเป็นร้อยละ 97.2 และเวียดนาม คิดเป็นร้อยละ 2.6 เนื่องจากปริมาณผลผลิตไม่เพียงพอต่อการบริโภค และการบริโภคภายในประเทศแบ่งเป็นใช้วัตถุดิบอ่อนเข้าสู่โรงงานกะทิแปรรูป โรงงานแปรรูปเนื้อมะพร้าวแห้ง และการบริโภคในครัวเรือน (สถาบันอาหาร, 2558) จากสถิติพบว่าปี 2558 ประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์มะพร้าวเป็นอันดับ 3 ของโลก หรือคิดเป็นร้อยละ 9.6 ของมูลค่าการส่งออกผลิตภัณฑ์มะพร้าวรวมของโลก ผลิตภัณฑ์มะพร้าวที่ส่งออก 3 อันดับแรก ได้แก่ กะทิสำเร็จรูป คิดเป็นร้อยละ 74.5 ลูกมะพร้าวอ่อน คิดเป็นร้อยละ 15.4 และน้ำมันมะพร้าว คิดเป็นร้อยละ 6.8 ดังนั้นความต้องการการบริโภคข้างต้น มะพร้าวจึงถือเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีศักยภาพทางด้านการตลาดทั้งในประเทศและการส่งออกต่างประเทศ สำนักงานสถิติแห่งชาติได้เคยสำรวจพบว่า ประชากรไทย 1 คน จะบริโภคเนื้อมะพร้าวประมาณปีละ 8,273.2 กรัม หรือประมาณ 18 ผล/คน/ปี ซึ่งปัจจุบันประเทศไทยมีพลเมืองประมาณ 55 ล้านคน จะใช้ผลมะพร้าวประมาณ 990 ล้านผล หรือประมาณ 65 เปอร์เซ็นต์ ของผลผลิตทั้งหมด ส่วนที่เหลือประมาณ 35% ของผลผลิตทั้งหมด หรือ 489 ล้านผล ใช้ในรูปแบบของอุตสาหกรรมหรือส่งออกต่อไป

ปัจจุบันความต้องการการใช้มะพร้าวเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอุตสาหกรรมผลิตกะทิสำเร็จรูปที่ส่งออกไปทั่วโลกจากปี 2555 ส่งออกปีละ 110,000 ตัน เพิ่มเป็น 180,000 ตัน มูลค่า 1,500 ล้านบาท ขณะที่ตลาดในประเทศก็มีความต้องการเพิ่มขึ้นเช่นกัน จากจำนวนนักท่องเที่ยวที่เข้ามาเที่ยวในประเทศไทย มีความต้องการบริโภคอาหารไทยเพิ่มขึ้น และนิยมซื้อสินค้าที่ผลิตจากมะพร้าว เช่น น้ำมันมะพร้าว (<https://www.thairath.co.th/content/847490>)

การนำเข้า มะพร้าวผลแห้ง ในปี 2557 มีปริมาณ 89,270 ตัน มูลค่า 656.26 ล้านบาท เพิ่มขึ้นจาก ปี 2556 ซึ่งมีปริมาณ 37,555 ตัน หรือเพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 137.70 สาเหตุที่การนำเข้ามะพร้าวผลเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากปริมาณผลผลิตมะพร้าวภายในประเทศลดลง ทำให้ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ โดยส่วนใหญ่ หรือ คิดเป็นร้อยละ 97.84 นำเข้าจากประเทศอินโดนีเซีย ซึ่งมีราคาถูกกว่าไทย โดยนำเข้ามาผลิตกะทิสำเร็จรูปเพื่อส่งออก ปี 2558 (มกราคม-มีนาคม) มีปริมาณ 26,127 ตัน มูลค่า 199.33 ล้านบาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การนำเข้ามะพร้าวฝอย ในปี 2557 มีปริมาณ 2,783 ตัน มูลค่า 211.84 ล้านบาท เพิ่มขึ้น จากปี 2556 ซึ่งมีปริมาณ 2,614 ตัน หรือเพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 5.32 สาเหตุที่การนำเข้ามะพร้าว ฝอยเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากปริมาณความต้องการใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมอาหารเพิ่มสูงขึ้น โดยนำเข้า จากประเทศอินโดนีเซีย คิดเป็นร้อยละ 47.18 เวียดนาม คิดเป็นร้อยละ 34.00 และฟิลิปปินส์ คิดเป็น ร้อยละ 18.05 ปี 2558 (มกราคม-มีนาคม) มีปริมาณ 353 ตัน มูลค่า 30.17 ล้านบาท

การนำเข้าน้ำมันมะพร้าว ในปี 2557 มีปริมาณ 6,873 ตัน มูลค่า 298.14 ล้านบาท เพิ่มขึ้น จากปี 2556 ที่มีปริมาณ 2,785 ตัน มูลค่า 98.45 ล้านบาท หรือเพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 146.79 และ 193.69 ตามลำดับ สาเหตุที่การนำเข้าน้ำมันมะพร้าวเพิ่มขึ้นเนื่องจากปริมาณความต้องการใช้ มะพร้าวเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าปริมาณที่ผลิตได้ภายในประเทศ ปี 2558 (มกราคม-มีนาคม) มีปริมาณ 3,303 ตันมูลค่า 128.24 ล้านบาท (https://www.technologychaoban.com/news-slide/article_7894)

อุตสาหกรรมมะพร้าวสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ 1) ผลิตภัณฑ์แปรรูปเพื่อการบริโภค เช่น อุตสาหกรรมมะพร้าวแห้งอุตสาหกรรมน้ำมันมะพร้าว อุตสาหกรรมกะทิเข้มข้น อุตสาหกรรมมะพร้าว ชูดแห้ง อุตสาหกรรมน้ำตาลมะพร้าว 2) ผลิตภัณฑ์เพื่ออุตสาหกรรมและอุปโภค เช่น อุตสาหกรรม เส้นใยมะพร้าว อุตสาหกรรมแท่งเพาะชำ อุตสาหกรรมเผาถ่านจากกะลามะพร้าว อุตสาหกรรม แปรรูปมะพร้าว

ด้านการแปรรูปมะพร้าว

ผลิตภัณฑ์อาหารจากมะพร้าวส่วนใหญ่ได้จากเนื้อมะพร้าวซึ่งมีอยู่ 29-30 เปอร์เซ็นต์ต่อ น้ำหนักผลและจากน้ำมันมะพร้าวซึ่งมีอยู่ 21-26 เปอร์เซ็นต์ ต่อน้ำหนักผล ผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้แก่ กะทิ กะทิเข้มข้น กะทิผง น้ำมันมะพร้าวแป้งมะพร้าว ส่วนผลิตภัณฑ์จากน้ำมะพร้าว ได้แก่ น้ำส้มสายชู น้ำมะพร้าวอ่อน น้ำตาลมะพร้าว ฯลฯ

1. อุตสาหกรรมเนื้อมะพร้าว นอกจากเราใช้มะพร้าวสดและแห้งในการประกอบอาหารใน ชีวิตประจำวันแล้ว มะพร้าวยังเป็นพืชที่มีบทบาทสำคัญยิ่งในภาคอุตสาหกรรมอีกด้วย การแปรรูป ผลผลิตมะพร้าวในทางอุตสาหกรรมอาจแบ่งได้เป็น 4 กลุ่มใหญ่ คือ

1.1 อุตสาหกรรมมะพร้าวแห้ง โดยนำเนื้อมะพร้าวมาตากแดดหรืออย่างไฟแบบ รมควัน อาจทำในรูปของอุตสาหกรรมในครอบครัว การทำมะพร้าวแห้งส่วนใหญ่จะทำเมื่อราคาของ มะพร้าวตกต่ำ ซึ่งราคาของมะพร้าวก็ขึ้นอยู่กับผลผลิตตามฤดูกาลคือในช่วงระหว่างกรกฎาคม- ตุลาคมของทุกปี ผลผลิตมะพร้าวเข้าสู่ตลาดมาก ราคาจะตกต่ำ

1.2 อุตสาหกรรมน้ำมันมะพร้าว เป็นอุตสาหกรรมการเกษตรที่รับช่วงการผลิตมา จากอุตสาหกรรมมะพร้าวแห้ง มีความสัมพันธ์อย่างต่อเนื่องกับอุตสาหกรรมอื่น ๆ อีกมากมาย เช่น อุตสาหกรรมทำนม ทำสบู่ เนยเทียม เป็นต้น สาเหตุที่น้ำมันมะพร้าวเป็นที่ยอมรับของทั่วไปเพราะมี กลิ่นและรสเฉพาะตัว ซึ่งเป็นที่ยอมรับของตลาด และปริมาณหาได้ค่อนข้างสม่ำเสมอตลอดทั้งปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 อุตสาหกรรมกะทิเข้มข้น เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำน้ำกะทิมาพรวรรวม ระบาย เอน้ำออกบางส่วน แล้วนำไปบรรจุในภาชนะปลอดอากาศ ทำให้สามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน และสะดวกต่อการใช้เพราะเมื่อนำกะทิดังกล่าวมาผสมเข้ากับน้ำก็จะคืนรูปเป็นกะทิธรรมดา การทำ กะทิเข้มข้นทำอยู่ในวงจำกัด ปัจจุบันมีโรงงานด้านนี้ 2 โรง เนื่องจากในประเทศเรายังพอร่ามพราว สดชื่นกะทิได้ง่าย

1.4 อุตสาหกรรมมะพร้าวชูดแห้ง วิธีการคือนำเนื้อในมะพร้าวมาชูดลักษณะเดียวกับเนื้อมะพร้าวสดชูดที่มีขายอยู่ตามท้องตลาดทั่วไป หลังจากนั้นนำไปผ่านกรรมวิธีอบแห้งด้วยความ ร้อนประมาณ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 35 นาที จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นผงขาวนวล แต่ ยังคงสภาพกลิ่น รส ของมะพร้าวแห้งทุกประการ

2. ผลิตภัณฑ์เพื่ออุตสาหกรรมอุปโภค

2.1 อุตสาหกรรมผลิตเส้นใยมะพร้าว เฉลี่ยแล้วกบมะพร้าว 13 ผล สามารถผลิต เส้นใยมะพร้าวแห้งได้ 1 กิโลกรัม เส้นใยเหล่านี้ผ่านเครื่องตี แยกขุยมะพร้าวออกและตากแห้งแล้วถูก ส่งออกจำหน่ายในรูปของเส้นใยอัดหรือคั้วนเกลียวอุตสาหกรรมที่ใช้เส้นใยมะพร้าวมากได้แก่ อุตสาหกรรมผลิตที่นอน เบาะรถยนต์ เบาะนั่งโซฟา พรมเช็ดเท้า แผ่นฉนวนป้องกันความร้อน เชือก

2.2 อุตสาหกรรมแท่งเพาะชำ นำเอาฟองใยมะพร้าวมาเป็นเศษวัสดุเหลือใช้จาก โรงงานเส้นใยโดยนำมาอัดเป็นแท่ง และผ่านกรรมวิธีอบแห้ง แล้วบรรจุกล่องส่งขายได้ ส่วนที่เหลือ จากการอบแห้งก็นำมามบ่น และบรรจุลงขายเป็นดินผสมเพื่อใช้ปลูกไม้กระถางใช้ในรูปของ อุตสาหกรรมหรือส่งออกต่อไป ซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มอุตสาหกรรมมะพร้าวใหญ่ ๆ ได้ 2 กลุ่ม คือ

1. ผลิตภัณฑ์แปรรูปเพื่อการบริโภค เช่น อุตสาหกรรมมะพร้าวแห้งอุตสาหกรรมน้ำมัน มะพร้าว อุตสาหกรรมกะทิเข้มข้น อุตสาหกรรมมะพร้าวชูดแห้ง อุตสาหกรรมน้ำตาลมะพร้าว

2. ผลิตภัณฑ์เพื่ออุตสาหกรรมและอุปโภค เช่น อุตสาหกรรมเส้นใยมะพร้าว อุตสาหกรรม แท่งเพาะชำ อุตสาหกรรมเผาถ่านจากกะลามะพร้าว อุตสาหกรรมแปรรูปมะพร้าว

3. การเพิ่มรายได้สวนมะพร้าว เนื่องจากมะพร้าวจะเริ่มให้ผลหลังจากปลูกประมาณ 5-6 ปี ดังนั้นในขณะที่ต้นยังเล็กอยู่ จึงควรปลูกพืชแซมระหว่างแถวมะพร้าว เป็นประเภทพืชที่มีอายุสั้น อาจเป็นพืชไร่ เช่น สับปะรด ถั่วต่าง ๆ หรือพืชผัก เช่น พริกทอง แตงกวา แตงโม ข้าวโพดหวาน ฯลฯ เมื่อมะพร้าวโตขึ้น มีอายุได้ 4-5 ปี จะมีทรงพุ่มใหญ่ บังแสงแดดจึงไม่ควรปลูกพืชแซม เพราะจะได้ผล ไม่คุ้มค่า และทำให้ต้นมะพร้าวโตช้า แต่เมื่อมะพร้าวมีอายุได้ 12-15 ปี ทาง (ใบ) จะเริ่มสั้นลง เปิดให้ แสงแดดส่องถึงพื้นดินได้มากขึ้น จึงควรปลูกพืชยืนต้นที่เจริญเติบโตได้ดี ในที่มีร่มเงาแซมลงในสวน มะพร้าว เช่น กาแฟ โกโก้ พริกไทย ตีปาลี ฯลฯ ในสวนมะพร้าวที่ให้ผลแล้วนอกจากจะเพิ่มรายได้ โดยการปลูกพืชแซมแล้ว ยังอาจเลี้ยงผึ้งหรือเลี้ยงวัวในสวนมะพร้าวได้ซึ่งเป็นวิธีการเพิ่มผลผลิตของ มะพร้าวอีกทางหนึ่งด้วย (<https://sakuntra.wordpress.com/>)

โครงการย่อยที่ 2 : การพัฒนาและการสุกแก่ของผลมะพร้าว

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมะพร้าว

มะพร้าว (Coconut) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Cocos nucifera* Linn. เป็นพืชยืนต้นใบเลี้ยงเดี่ยว ชนิดหนึ่งอยู่ในตระกูลปาล์ม นอกจากมะพร้าวแล้ว อินทผลัม ปาล์มน้ำมัน ตาลโตนด จาก หมาก สาकु ลาน และ หวาย ก็เป็นพืชที่จัดอยู่ในตระกูลปาล์ม การจำแนกทางอนุกรมวิธานของมะพร้าว (Taxonomic classification) ดังนี้

Class : Angiospermae

Subclass : Monocotyledoneae

Order : Palmales

Family : Palmae

Subfamily : Cocoideae

Tribe : Cocoideae

Genus : *Cocos*

Species : *Nucifera*

มะพร้าวมีระบบรากเป็นรากฝอยแผ่กระจายออกรอบลำต้น มีลำต้นเดี่ยว ไม่แตกแขนง มีรอยแผลจากการหลุดร่วงของใบตลอดลำต้น (สามารถคำนวณอายุของต้นมะพร้าวได้จากรอยแผลนี้ คือในหนึ่งปีมะพร้าวจะสร้างใบประมาณ 12-14 ใบ ดังนั้น ในหนึ่งปีจะมีรอยแผลที่ลำต้น 12-14 รอย แผล)

ใบ เป็นใบประกอบ ออกอยู่ตามส่วนของลำต้น ประกอบด้วยก้านทาง (rachis) มีขนาดใหญ่ และยาว มีใบย่อย (leaflet) บนก้านทางประมาณ 200-250 ใบ

ดอก ออกเป็นช่อชนิดพานิคิล มีทั้งดอกตัวผู้และดอกตัวเมีย อยู่ในช่อเดียวกัน ดอกมีกลีบ ดอก 6 กลีบ สีครีมหรือสีเหลืองนวล ไม่มีก้านดอกย่อยดอกตัวเมียจะมีกลีบดอกหนาและแข็งกว่ากลีบ ดอกตัวผู้ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2547)

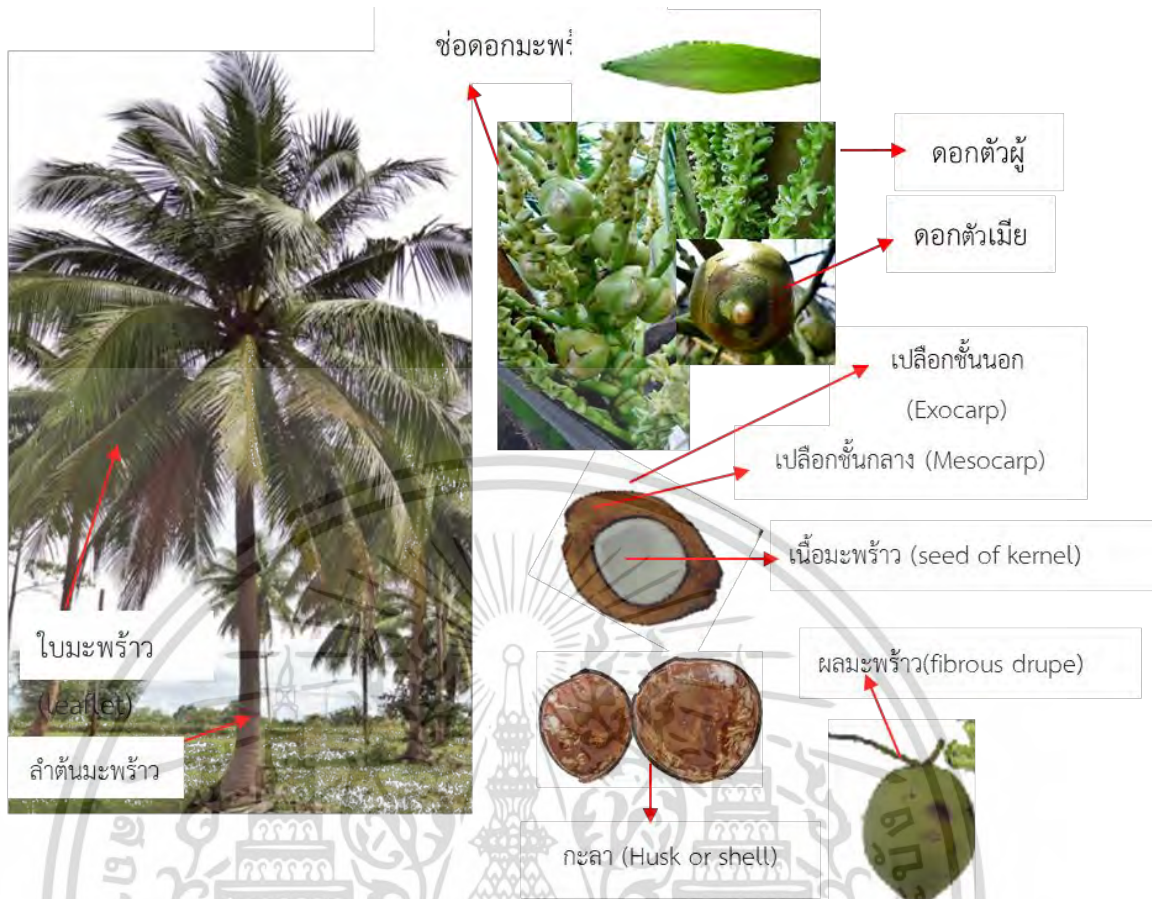
ผล มะพร้าวเป็นชนิดไฟบรัสตรูป (fibrous drupe) เรียกว่า นัท (nut) มีเปลือก 3 ชั้นคือ

1. เปลือกชั้นนอก (exocarp) เป็นเส้นใยที่เหนียวและแข็ง เมื่อแก่อาจมีสีเขียว แดง เหลืองหรือน้ำตาล
2. เปลือกชั้นกลาง (mesocarp) มีลักษณะเป็นเส้นใย มีความหนาพอประมาณ
3. เปลือกชั้นใน (endocarp) มีลักษณะแข็งหรือที่เรียกกันว่า กะลา (shell) (ดวงดาว, 2549)

เมล็ด (seed of kernel) คือ เนื้อมะพร้าว ภายในเมล็ดเป็นช่อกลวงขณะผลอ่อนจะมีน้ำอยู่ เต็ม ผลแก่น้ำมะพร้าวจะแห้งไปบางส่วน (วาสนา, 2541) (ภาพที่ 2.1)

จาวมะพร้าว จาวมะพร้าวใช้น้ำมาเป็นอาหารได้ ในจาวมะพร้าวมีฮอร์โมนออกซิน และ ฮอร์โมนอื่น ๆ แต่มีฮอร์โมน ออกซิน ปริมาณมากที่สุด ซึ่งเมื่อน้ำไปคั้น และนำน้ำที่ได้จาวมะพร้าว ไปรดต้นพืชจะช่วยกระตุ้นการ เจริญเติบโตของพืชได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมะพร้าว

ประเภทของมะพร้าว

มะพร้าวเป็นพืชผสมข้ามพันธุ์ แต่ละต้นจึงไม่เป็นพันธุ์แท้ อาศัยหลักทางการผสมพันธุ์ ที่เป็นไปโดยธรรมชาติ ในเรื่องของการจำแนกพันธุ์มะพร้าวมีผู้จำแนกไว้หลายแบบซึ่งแตกต่างกันไป หลักที่ใช้ในการจำแนกพันธุ์มักจะเป็นขนาดของต้น อายุตกผล และขนาดผล (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2547) จากหลักเกณฑ์ทั้ง 3 ประการนี้ ทำให้จำแนกพันธุ์มะพร้าวไทยออกเป็น 2 กลุ่มด้วยกันคือ มะพร้าวพันธุ์ต้นสูง และมะพร้าวต้นเตี้ย

มะพร้าวพันธุ์ต้นสูง ลักษณะสำคัญคือ ต้นสูง ออกผลช้า มีสะโพกที่โคนต้น ส่วนมากมะพร้าวที่ปลูกเป็นการค้าในปัจจุบันนี้มักเป็นพันธุ์ต้นสูง พวกนี้มักมีอายุยืน (60-80 ปี หรือมากกว่านั้น) ขึ้นอยู่กับสภาพดิน มักจะต้านทานต่อโรค และ แมลง ยกเว้นพวกไวรัสที่ทำให้เกิดโรคบางชนิดจะเริ่มติดผล เมื่ออายุประมาณ 8-10 ปีหลังปลูก จัดเป็นพืชผสมข้าม โดยดอกตัวผู้จะเริ่มเปิดก่อนดอกตัวเมียในช่อดอกเดียวกัน ดังนั้นการผสมเกสรจะเกิดขึ้นก็เมื่อได้รับละอองเกสรจากต้นอื่น ในกลุ่มนี้จะแยกพันธุ์ตามสถานที่อยู่ หรือลักษณะของผลที่เห็นเด่นชัด เช่น มะพร้าวหัวลิง ทะลายร้อย ปากจก เปลือกหวาน มะพร้าวใหญ่ และ มะพร้าวกะโหลก (สำนักงานเกษตรจังหวัดประจวบคีรีขันธ์, 2556)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มะพร้าวพันธุ์ต้นเตี้ย เป็นพันธุ์ออกผลเร็ว ต้นเตี้ยไม่มีสะโพก ติดดอกออกผลในช่วง 3-4 ปี หลังจากปลูก ผลผลิตจะออกเต็มที่ในช่วง 9-10 ปี อายุการให้ผลที่ระดับเศรษฐกิจ อยู่ประมาณ 30-40 ปี พันธุ์ต้นเตี้ยมีหลายพันธุ์ เมล็ดที่ได้จะตรงตามพันธุ์ เพราะการแตกของละอองเกสรตัวผู้พร้อมกัน การเปิดของดอกตัวเมียในช่อดอกเดียวกัน ดังนั้นจึงเกิดการผสมตัวเองของตัวผู้ และ ตัวเมียในช่อดอกเดียวกัน สีของผลจะมีทั้งสีเหลืองทอง สีเหลืองงาช้าง สีเขียว สำหรับผลของพันธุ์ต้นเตี้ยจะมีทั้งขนาดผลเล็ก และ ผลใหญ่ พันธุ์ผลเล็กที่สุดในกลุ่มนี้ คือ Coco Nino ในฟิลิปปินส์ ซึ่งปัจจุบันมีการนำไปปลูกกระจายทั่วไปทุกส่วนของโลก มะพร้าวพันธุ์ต้นเตี้ยได้แก่ มะพร้าวหมูสี หมูสีเขียว หุ่นเคล็ด หมูสีเหลือง มะพร้าวไฟ ปะทิว มะพร้าวน้ำหอม และนกคุ้ม (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2547) มะพร้าวพื้นเมืองที่เกษตรกรปลูกกันมาแต่ดั้งเดิม จะมีลักษณะดีหลายอย่าง เช่น มีขนาดผลค่อนข้างโต และทนทานต่อสภาพอากาศแล้งได้ดี ในวงการอุตสาหกรรมมะพร้าวในปัจจุบันได้พัฒนาทางด้านคุณภาพมะพร้าวมากมาย ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร จังหวัดชุมพร ได้วิจัยและพัฒนามะพร้าวพันธุ์ลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูง ตกผลเร็ว ซึ่งได้ผ่านการรับรองพันธุ์มาแล้ว 3 พันธุ์ ได้แก่

1. มะพร้าวพันธุ์สวีลูกผสม 1 (Sawi hybrid No.1) เป็นมะพร้าวพันธุ์ลูกผสมที่เกิดจากการผสมระหว่างมะพร้าวพันธุ์มลายูสีเหลืองต้นเตี้ยกับเวสต์แอฟริกันต้นสูง (MYD x WAT) ลักษณะเด่นของมะพร้าวพันธุ์นี้ คือ มีอายุการตกผลเร็ว สามารถเก็บผลผลิตได้ในปีที่ 5 หลังการปลูก ให้ผลผลิตสูง เนื้อมะพร้าวหนา ปริมาณน้ำมันมาก จึงเป็นมะพร้าวที่เหมาะสมสำหรับอุตสาหกรรมน้ำมันมะพร้าว
2. มะพร้าวพันธุ์ลูกผสมชุมพร 60 (Chumphon hybrid No.60) เป็นมะพร้าวลูกผสมที่เกิดจากการผสมระหว่างพันธุ์กับเวสต์แอฟริกันต้นสูงกับไทยต้นสูง (WAT x THT) สามารถเก็บผลผลิตได้ในปีที่ 5 หลังจากปลูก ขนาดผลมีตั้งแต่ขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ เนื่องจากขนาดผลของมะพร้าวพันธุ์นี้ค่อนข้างโตกว่าพันธุ์สวีลูกผสม 1 จึงสามารถจำหน่ายได้ทั้งผลสดและในรูปมะพร้าวแห้งส่งโรงงานสกัดน้ำมัน
3. มะพร้าวพันธุ์ลูกผสมชุมพร 2 เป็นมะพร้าวลูกผสมที่เกิดจากการผสมระหว่างพันธุ์มลายูสีเหลืองต้นเตี้ยกับไทยต้นสูง (MYD x THT) ขนาดผลมีตั้งแต่ขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ ทำให้สามารถจำหน่ายได้ทั้งในรูปผลสดและแปรรูปในอุตสาหกรรมน้ำมัน มะพร้าวลูกผสมทั้ง 3 พันธุ์ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์พื้นเมืองศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร, (2552)

ตารางที่ 2.1 ผลผลิตเฉลี่ยน้ำหนักมะพร้าวแห้ง ปริมาณน้ำมันของมะพร้าวพันธุ์ลูกผสม และมะพร้าวพันธุ์ไทย

พันธุ์	ผลผลิตเฉลี่ย (ผล/ไร่)	น้ำมันมะพร้าวแห้ง (กิโลกรัม/ไร่)	ปริมาณน้ำมัน (เปอร์เซ็นต์W/W)
พันธุ์สวีลูกผสม 1	2,300	572	68
พันธุ์ลูกผสมชุมพร 60	2,204	628	64 - 67
พันธุ์ลูกผสมชุมพร 2	1,800	500	66
พันธุ์ไทย	1,084	374	959 - 60

ที่มา: ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร, (2552)

ประโยชน์ของมะพร้าว

มะพร้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญพืชหนึ่งของประเทศไทยโดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคใต้ มะพร้าวสามารถปลูกได้ทั่วทุกภาคของประเทศ การใช้ประโยชน์จากมะพร้าวกว้างขวางมาก คือ ใช้ทั้งรับประทานผลสด นำมาประกอบอาหาร เป็นวัตถุดิบในโรงงานอุตสาหกรรม ส่วนที่เหลือยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์อื่นๆ เช่น การนำเส้นใยของผลไปใช้บุเก้าอี้ ขุยมะพร้าวใช้ผสมกับดินสำหรับปลูกพืช เป็นต้น สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, (2552) ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมะพร้าวรวม 1.49 ล้านไร่ และให้ผลผลิตรวมประมาณ 1.38 ล้านตัน (ตารางที่ 2.2)

ตารางที่ 2.2 เนื้อที่ ผลผลิต และมูลค่าของผลผลิตตามราคาที่เกษตรกรขายได้ ปี 2543 - 2552

ปี พ.ศ.	เนื้อที่ ยี่ตัน (1,000 ไร่)	เนื้อที่ ให้ผล (1,000 ไร่)	ผลผลิต (1,000 ตัน)	ผลผลิต ต่อไร่ (กิโลกรัม)	ราคา ที่ เกษตรกร ขายได้ (บาท/ตัน)	ลค่าผลผลิตตาม ราคา ที่เกษตรกร ขายได้ (ล้านบาท)
2543	2,049	1,970	1,795	911	2,008	3,605
2544	1,956	1,897	1,935	1,020	1,984	3,838
2545	1,887	1,833	2,037	1,111	2,608	5,313
2546	1,792	1,740	2,117	1,217	2,688	5,691
2547	1,724	1,690	2,126	1,258	3,456	7,347
2548	1,687	1,659	1,940	1,170	3,488	6,768
2549	1,632	1,614	1,815	1,125	4,640	8,423
2550	1,611	1,598	1,722	1,077	3,312	5,702
2551	1,543	1,538	1,484	966	4,792	7,111
2552	1,493	1,487	1,381	929	4,624	6,386

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, (2552)

มะพร้าวผลประมาณ 73 เปอร์เซ็นต์ ของผลผลิตทั้งหมดนำไปใช้บริโภคโดยตรง ส่วนที่เหลือ 27 เปอร์เซ็นต์ ของผลผลิตทั้งหมดนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม ปัจจุบันความต้องการมะพร้าวทางอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีการขยายตัวด้านอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์มะพร้าว เช่น การผลิตกะทิเข้มข้น และมะพร้าวอบแห้ง ปริมาณความต้องการบริโภคโดยตรง เช่น ใช้ในการปรุงอาหาร การกินผลสด เพิ่มขึ้นตามอัตราการเพิ่มของประชากร จากรายงานการประชุมสัมมนาอุตสาหกรรมมะพร้าวนานาชาติที่มาเลเซีย เมื่อปี พ.ศ. 2530 รายงานว่ากลุ่มประเทศสมาชิกชมรมมะพร้าวแห่งเอเชียและแปซิฟิกเป็นกลุ่มประเทศที่ผลิตมะพร้าวมากที่สุดในโลกคือ ประมาณ 85 เปอร์เซ็นต์ ของผลผลิตทั่วโลก ในกลุ่มประเทศสมาชิก 12 ประเทศ ซึ่งรวมทั้งประเทศไทย สถิติการผลิตมะพร้าว 10 อันดับแรกของโลก พบว่า ประเทศอินโดนีเซียมีกำลังการผลิตมะพร้าวมากเป็นอันดับ 1 ประมาณ 19.5 ล้านตัน อันดับ 2 ได้แก่ประเทศฟิลิปปินส์ 15.3 ล้านตันและอินเดียประมาณ 10.9 ล้านตัน สำหรับประเทศไทยอยู่ในอันดับที่ 6 ประมาณ 1.5 ล้านตัน (ตารางที่ 2.3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 เนื้อที่ให้ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ ของประเทศผู้ผลิตที่สำคัญ 10 อันดับแรก
ปี 2549-2551

ประเทศ	เนื้อที่ให้ผล (1,000ไร่)			ผลผลิต (1,000 ตัน)			ผลผลิตต่อไร่ (กิโลกรัม)		
	2549	2550	2551	2549	2550	2551	2549	2550	2551
รวมทั้งโลก	67,789	69,619	69,988	57,535	60,618	60,857	849	871	870
อินโดนีเซีย	16,563	18,125	18,438	17,125	19,625	19,500	1,034	1,083	1,058
ฟิลิปปินส์	20,859	20,999	21,123	14,958	14,853	15,320	717	707	725
อินเดีย	12,168	12,125	12,125	10,190	10,894	10,894	837	898	898
บราซิล	1,811	1,770	1,672	2,978	2,831	2,759	1,644	1,599	1,651
ศรีลังกา	2,468	2,468	2,468	2,116	2,181	2,200	858	884	892
ไทย	1,614	1,598	1,536	1,815	1,722	1,484	1,125	1,077	966
เม็กซิโก	1,026	1,069	1,116	1,132	1,167	1,246	1,104	1,092	1,117
เวียดนาม	837	846	864	1,001	1,035	1,086	1,196	1,224	1,256
ปาปัวนิวกินี	1,238	1,269	1,269	660	677	677	533	534	534
มาเลเซีย	1,081	1,075	1,088	513	530	555	474	493	510
อื่นๆ	8,127	8,277	8,291	5,046	5,103	5,136	621	617	619

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, (2552)

การเก็บผล

มะพร้าวออกดอกโดยเฉลี่ยปีละ 12 จัน ถ้าได้รับการดูแลดีติดผลทุกจัน ได้ผลผลิตทุกเดือน เดือนละ 1 ทะลาย แต่ตามปกติเก็บผลมะพร้าวได้ไม่เท่ากันในแต่ละเดือน เดือนที่ให้ผลผลิตน้อย คือ ระหว่างเดือนธันวาคม ถึง เดือนมีนาคม ต่อจากนั้นเก็บผลมะพร้าวได้มากขึ้นเรื่อยๆ ช่วงที่เก็บผลผลิต ได้มากที่สุดคือ เดือนสิงหาคม ถึงกันยายน ผลมะพร้าวเริ่มแก่เมื่ออายุประมาณ 11 เดือน จนอายุ 12 เดือน สังเกตได้จากผิวของเปลือกเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาล หรือ สีน้ำตาล และปริมาณในผล น้อยลง ดังนั้นเมื่อเขย่าผลดูได้ยินเสียงน้ำกลอน มะพร้าวในทะลายเดียวกันแก่ไม่พร้อมกัน จึงควร เลือกลงเก็บผลจากมะพร้าวที่ผลมะพร้าวแก่หมดแล้ว กรมวิชาการเกษตร, (2555)

ระยะการพัฒนาของคัพภะ (embryo development)

1. หลังการปฏิสนธิคัพภะมีการแบ่งเซลล์เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วจนกระทั่งคัพภะมีรูปร่างเกือบ สมบูรณ์ เมื่อสิ้นสุดระยะนี้เมล็ดมีความชื้นประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ (จวงจันท์, 2529) ระยะนี้ใช้เวลา แตกต่างตามชนิดพืช (วันชัย, 2542)

2. ระยะสะสมอาหาร (accumulation of food reserves)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อสิ้นสุดระยะแบ่งเซลล์เมล็ดเข้าสู่ระยะสะสมอาหาร มีการเคลื่อนย้ายอาหารที่เป็นแหล่งคาร์บอนเข้าสู่เมล็ด ในรูปของน้ำตาลซูโครส (sucrose) ไปสะสมไว้ในเอนโดสเปิร์ม น้ำตาลซูโครสเป็นต้นกำเนิดของคาร์โบไฮเดรตและไขมันที่สะสมในเมล็ดสำหรับกรดอะมิโน ที่เป็นแหล่งไนโตรเจนถูกลำเลียงเข้าสู่เมล็ดในรูปแอสพาจีน (asparagine) และกลูตามีน (glutamine) เมล็ดใช้กรดอะมิโนนี้สังเคราะห์กรดอะมิโนอื่น ๆ ที่เป็นต้นกำเนิดในการสร้างและสะสมเอนไซม์และโปรตีนในเมล็ด (วันชัย, 2542) ระยะนี้เมล็ดมีขนาดใหญ่ขึ้น มีน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้น 3 เท่าหรือมากกว่า และคัพภะมีขนาดใหญ่ขึ้น เมื่อสิ้นสุดระยะนี้เมล็ดมีโครงสร้างที่สมบูรณ์ และมีความชื้นลดลงเหลือประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์

3. ระยะสุกแก่ (maturation)

ระยะเมล็ดแก่เป็นระยะที่เมล็ดสิ้นสุดการสะสมอาหารแล้วมีการคายความชื้นอย่างรวดเร็ว (desiccation) จนเมล็ดพันธุ์เหลือความชื้นเพียง 15-25 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักแห้งมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเนื่องจากระบบลำเลียงที่ขั้วเมล็ดถูกตัดขาดจากต้นแม่ทำให้อาหารไม่สามารถลำเลียงเข้าสู่เมล็ดได้ หรือน้ำหนักแห้งของเมล็ดอาจลดลงในระยะนี้ เมื่อมีการเก็บเกี่ยวที่ล่าช้าและเมล็ดมีความชื้นสูงกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป เป็นสาเหตุมาจากเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการหายใจและย่อยสลายสารมีผลให้อาหารที่สะสมอยู่ในเมล็ดถูกย่อยสลาย และมีอัตราการหายใจสูงจนทำให้น้ำหนักแห้งของเมล็ดลดลงได้ (วันชัย, 2542)

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดพันธุ์ระหว่างการพัฒนา

ในระหว่างการเจริญเติบโตและการพัฒนา เมล็ดมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (morphology) และสรีรวิทยา (physiology) แตกต่างไปตามชนิดของพืช และสภาพแวดล้อม เมล็ดที่สุกแก่ทางสรีรวิทยานั้นเป็นเมล็ดที่มีความงอกและความแข็งแรงสูงสุด ซึ่งระหว่างการพัฒนาเปลี่ยนแปลงของเมล็ดมีการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ดังนี้ (จวงจันท์, 2529; วัลลภ, 2540)

1. ความชื้นของเมล็ด (seed moisture content)

ในขณะที่โช่อ่อนยังไม่ได้รับการปฏิสนธิ ไข่มีความชื้นประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ หลังการปฏิสนธิ 2-3 วัน เมล็ดมีความชื้นเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และลดลงอย่างรวดเร็ว หลังจากนั้นความชื้นเริ่มลดลง และลดลงอย่างรวดเร็วจนกระทั่งเข้าสู่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา ซึ่งเมล็ดมีความชื้นประมาณ 30-50 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นกับชนิดและพันธุ์พืช จากนั้นความชื้นลดลงเหลือ 14-20 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างตามชนิดและพันธุ์พืช รวมถึงสภาพแวดล้อมในการปลูก

2. ขนาดของเมล็ด (seed size)

ภายหลังการปฏิสนธิเมล็ดมีขนาดใหญ่ขึ้น เนื่องจากมีการเคลื่อนย้ายสารอาหารจากส่วนต่าง ๆ จากต้นแม่มาสะสมยังเมล็ด จนกระทั่งเมล็ดมีขนาดใหญ่สุดก่อนระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา เนื่องจากเมล็ดมีความชื้นสูง และมีขนาดเล็กลงเล็กน้อยเมื่อเมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา เนื่องจากเมล็ดมีความชื้นลดลง หลังจากนั้นเมล็ดมีการเปลี่ยนแปลงขนาดน้อยมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้ในเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. น้ำหนักแห้งของเมล็ด (seed dry weight)

ภายหลังการปฏิสนธิเมล็ดมีขนาดใหญ่ขึ้น เมล็ดมีน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ และเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะสะสมอาหาร หรือหลังจากมีการพัฒนาโครงสร้างของต้นอ่อนที่สมบูรณ์ และมีน้ำหนักแห้งสูงสุดเมื่อเมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา หลังจากนั้นน้ำหนักแห้งของเมล็ดลดลง เนื่องจากไม่มีการเคลื่อนย้ายอาหารมาสะสมในขณะเดียวกันเมล็ดมีการนำอาหารสะสมไปใช้ในกระบวนการทางชีวเคมีภายในเมล็ด

4. ความงอก (seed germination)

หลังจากปฏิสนธิไขยังไม่สามารถงอกได้ เมล็ดเริ่มงอกได้และมีความงอกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วภายหลังต้นอ่อนมีการพัฒนาที่สมบูรณ์แล้ว เมล็ดมีความงอกสูงสุดก่อนระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา และยังคงความงอกสูงสุดจนกระทั่งเมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา หลังจากนั้นความงอกค่อย ๆ ลดลง เนื่องจากเมล็ดเริ่มมีการเสื่อมสภาพ

5. ความแข็งแรงของเมล็ด (seed vigor)

เมล็ดเริ่มมีความแข็งแรงพร้อมกับความงอก แต่ความแข็งแรง เพิ่มขึ้นช้ากว่าความงอก และมีความแข็งแรงสูงสุดในระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา หลังจากนั้นความแข็งแรงลดลงอย่างรวดเร็วกว่าความงอก

6. สีของเมล็ดพันธุ์ (seed color)

ในขณะที่เมล็ดอยู่ในระยะกำลังพัฒนาหรือยังไม่สุกแก่เมล็ดพันธุ์พืชส่วนใหญ่มีสีเขียวหรือเขียวอ่อน มีสีสันสดใสและตรงตามพันธุ์เมื่อเมล็ดพันธุ์สุกแก่เต็มที่ ดังนั้น สีของเมล็ดพันธุ์จึงสามารถบ่งบอกถึงการสุกแก่ทางสรีรวิทยาได้

7. รูปร่างของเมล็ดพันธุ์ (seed shape)

ในระยะเริ่มต้นของการพัฒนา เมล็ดพันธุ์มักมีรูปร่างกลม และมีรูปร่างตรงตามชนิดและพันธุ์พืชนั้น ๆ เมื่อมีการพัฒนามากขึ้น นอกจากพันธุ์พืชแล้วรูปร่างของเมล็ดพันธุ์ยังขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและความสมบูรณ์ของปัจจัยการผลิตด้วย

8. การพักตัวของเมล็ดพันธุ์ (seed dormancy)

การพักตัวของเมล็ดพันธุ์เป็นลักษณะหนึ่งที่มีการพัฒนาระหว่างการพัฒนาของเมล็ดพันธุ์ ซึ่งเป็นกลไกป้องกันไม่ให้เกิดเมล็ดพันธุ์งอกคาค้นหรืองอกก่อนฤดูกาลที่เหมาะสม การพักตัวของเมล็ดแสดงให้เห็นเมื่อเมล็ดเริ่มงอก โดยทั่วไปพืชที่เมล็ดพันธุ์มีการพักตัวมักมีการพักตัวเพิ่มขึ้นเมื่อต้นแม่เจริญเติบโตภายใต้สภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม

9. การเสื่อมสภาพของเมล็ดพันธุ์ (seed deterioration)

เมล็ดพันธุ์เริ่มมีการเสื่อมคุณภาพภายหลังการสุกแก่ทางสรีรวิทยา เนื่องจากไม่มีการเคลื่อนย้ายอาหารจากต้นแม่มาสะสมยังเมล็ด ในขณะเดียวกันมีการนำอาหารสะสมไปใช้ในการหายใจ ดังนั้น หากเมล็ดพันธุ์สุกแก่ทางสรีรวิทยาแล้วยังไม่ได้เก็บเกี่ยวหรือเก็บเกี่ยวช้าลงเท่าใด ทำให้เมล็ดมีการเสื่อมสภาพมากขึ้น

น้ำมันมะพร้าว

1. กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acids) น้ำมันมะพร้าว ประกอบด้วยกรดไขมันที่อิ่มตัวกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ อะตอมของธาตุคาร์บอนของกรดไขมันที่อิ่มตัวจะต่อกันเป็นเส้น (chain) โดยมีพันธะเดี่ยว (single bond) จับกันเองเป็นเส้นยาวตามจำนวนของคาร์บอน แต่ละอะตอมของคาร์บอนจะมีไฮโดรเจนติดอยู่ 2 ตัว เนื่องจากแต่ละอะตอมของคาร์บอนไม่สามารถรับไฮโดรเจนได้อีก เพราะไม่มีพันธะว่าง จึงเรียกน้ำมันที่มีกรดไขมันประเภทนี้ว่า “น้ำมันอิ่มตัว” กรดไขมันอิ่มตัวในน้ำมันมะพร้าวส่วนใหญ่ มีจำนวนอะตอมของคาร์บอน 8–14 ตัว กรดไขมันที่สำคัญได้แก่ กรด คาปริก (capric acid–C10) กรดลอริก (Lauric acid–C12) และ กรดไมริสติก (myristic acid–C14) ทำให้โมเลกุลมีความยาวของเส้น (chain) ขนาดปานกลาง (ภาพที่ 2.2)



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างของกรดไขมันอิ่มตัว

นอกจากนี้ น้ำมันมะพร้าวยังประกอบไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) แต่มีเพียง 9 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

- กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (monounsaturated fatty acid) คือ กรดไขมันที่มีอะตอมของคาร์บอน 1 ตัว ไม่มีไฮโดรเจน 2 ตัวมาจับ จึงต้องจับคู่กันเองด้วยพันธะคู่ (double bond) จึงเป็น กรดไขมันที่มีพันธะคู่เพียงหนึ่งคู่

- กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (polyunsaturated fatty acid) คือ กรดไขมันที่มีพันธะคู่มากกว่า 1 คู่ ส่วนใหญ่กรดไขมันไม่อิ่มตัวจะมีจำนวนอะตอมของคาร์บอนมาก จึงทำให้โมเลกุลมีความยาวมาก เช่น กรดลิโนเลอิก (linoleic acid – C18)

ชนิดและปริมาณของกรดไขมัน

การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของกรดไขมันในน้ำมันมะพร้าว พบว่า น้ำมันมะพร้าว มีปริมาณของกรดไขมันอิ่มตัวร้อยละ 90 ของกรดไขมันทั้งหมดโดยกรดไขมันอิ่มตัวที่พบ ได้แก่ กรดคาโปรอิก (Caproic acid, C6) กรดคาปริลิก (Caprylic acid, C8) กรดคาปริก (Capric acid, C10) กรดลอริก (Lauric acid, C12) กรดไมริสติก (Myristic acid, C14) กรดปาล์มมิติก (Palmitic acid, C16) และกรดสเตียริก (Stearic acid, C18) นอกจากนี้มีกรดไขมันไม่อิ่มตัว ได้แก่ กรดโอเลอิก (Oleic acid, C18:1) และ กรดไลโนลิก (Linoleic acid, C18:2) จากการศึกษาชนิด และ ปริมาณของกรดไขมัน ในน้ำมันมะพร้าว 6 สายพันธุ์ ที่ผลิตด้วยการหมัก และการที่บเย็น มีผลต่อปริมาณของกรดไลโนลิก (วาสนา, 2541)

(สมชาย และคณะ 2552) รายงานว่า กระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่แตกต่างกันไม่ทำให้องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ แตกต่างกันแต่ความแปรปรวนในองค์ประกอบของกรดไขมัน ส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับพันธุ์ ที่ควบคุมผ่านทางลักษณะทางพันธุกรรม

โครงการย่อยที่ 3 : การเพิ่มศักยภาพพื้นที่ในสวนมะพร้าวในรูปแบบเศรษฐกิจ 3 ชั้น

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมะพร้าว

มะพร้าว (Coconut) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Cocosnucifera* Linn. เป็นพืชยืนต้นใบเลี้ยงเดี่ยวชนิดหนึ่งอยู่ในตระกูลปาล์มนอกจากมะพร้าวแล้วอินทผลัมปาล์มน้ำมันตาลโตนดจากหมากสาकुลาน และหวาย ก็เป็นพืชที่จัดอยู่ในตระกูลปาล์มการจำแนกทางอนุกรมวิธานของมะพร้าว (Taxonomic classification) ดังนี้

Class : Angiospermae

Subclass : Monocotyledoneae

Order : Palmales

Family : Palmae

Subfamily : Cocoideae

Tribe : Cocoideae

Genus : Cocos

Species : Nucifera

มะพร้าวเป็นพืชในตระกูลปาล์มชนิดหนึ่ง ลักษณะของลำต้นสูง ชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Cocosnucifera* Linn. และชื่อสามัญ คือ Coconut ถิ่นกำเนิดของมะพร้าวอยู่ในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ตั้งแต่แหลมมลายูจนถึงปาปัวนิวกินี มะพร้าวเป็นพืชอีกชนิดหนึ่งที่มีการปลูกอย่างแพร่หลาย ประเทศไทยปลูกมะพร้าวเกือบทุกภาคแต่บริเวณที่ปลูกมากที่สุดคือ ภาคใต้ (เกษตร , 2541) เพราะปลูกง่ายในภูมิประเทศที่มีอากาศอบอุ่นและมีแสงแดดมาก สามารถปลูกได้ในสภาพดินร่วนหรือปนทรายที่มีความเป็นกลางหรือเป็นกรดเล็กน้อย หรือมี pH ระหว่าง 6 -7 มะพร้าวเป็นไม้ยืนต้น มีลำต้นสูง 20.30 - 30.0 เมตร จัดเป็นไม้ลำต้นเดี่ยวระบบรากเหมือนพืชใบเลี้ยงเดี่ยวทั่วไปคือไม่มีระบบรากแก้ว แต่มีรากฝอย ซึ่งมีขนาดเท่า ๆ กัน ส่วนใบของมะพร้าวเป็นใบประกอบขนนก มีสีเขียว เรียงติดกันเป็นแผงทั้งสองข้างและเมล็ดหรือเอนโดสเปิร์ม คือส่วนที่กะลาหุ้มไว้ทั้งหมด นับตั้งแต่แผ่นเนื้อเยื่อบาง ๆ จนถึง เนื้อมะพร้าว เมื่อมะพร้าวแก่เนื้อจะมีลักษณะแข็งหนาและมีน้ำมันสะสมปริมาณมาก (อภิญาญ, 2554)

มะพร้าวมีระบบรากเป็นรากฝอยแผ่กระจายออกรอบลำต้นมีลำต้นเดี่ยวไม่แตกแขนงมีรอย

แผลจากการหลุดร่วงของใบตลอดลำต้นสามารถคำนวณอายุของต้นมะพร้าวได้จากรอยแผลนี้คือในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนึ่งปีมะพร้าวจะสร้างใบประมาณ 12 -14 ใบ ดังนั้น ในหนึ่งปีจะมีรอยแผลที่ลำต้น 12-14 รอยแผล ดังภาพที่ 3.1 (ก)



(ก)

(ข)

ภาพที่ 3.1 ลำต้นของมะพร้าว

ใบ เป็นใบประกอบ ออกอยู่ตามส่วนของลำต้น ประกอบด้วยก้านทาง (rachis) มีขนาดใหญ่ และยาว และมีใบย่อย (leaflet) บนก้านทางประมาณ 200 – 250 ใบ ดังภาพที่ 3.1 (ข)

ดอก ออกเป็นช่อชนิดพานิกิล มีทั้งดอกตัวผู้และดอกตัวเมีย อยู่ในช่อเดียวกัน ดอกมีกลีบดอก 6 กลีบ สี ครีมนหรือสีเหลืองนวล ไม่มีก้านดอกย่อยดอกตัวเมียจะมีกลีบดอกหนาและแข็งกว่ากลีบดอกตัวผู้ (ณรงค์, 2530) ดังภาพที่ 3.2 (ก) และ (ข)



(ก)

(ข)

ภาพที่ 3.2 ดอกของมะพร้าว

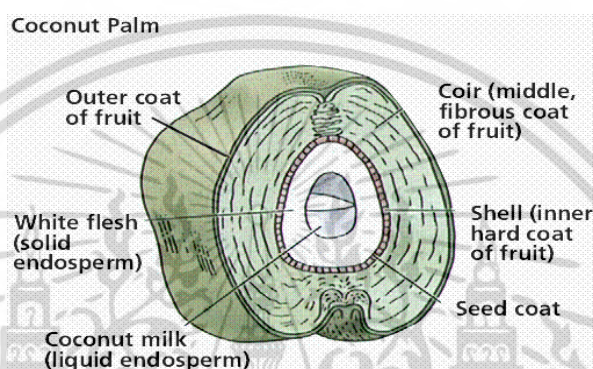
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผล มะพร้าวเป็นชนิดไฟบรัสดรูพ (fibrous drupe) เรียกว่า นัท (nut) มีเปลือก 3 ชั้นคือ

3.1 เปลือกชั้นนอก (exocarp) เป็นเส้นใยที่เหนียวและแข็ง เมื่อแก่อาจมีสีเขียว แตงเหลืองหรือน้ำตาลดังภาพที่ 3.3 หรือเรียกว่า Outer Coat of fruit

3.2 เปลือกชั้นกลาง (mesocarp) มีลักษณะเป็นเส้นใย มีความหนาพอประมาณหรือเรียกว่า Coir ดังภาพที่ 3.3

3.3 เปลือกชั้นใน (endocarp) มีลักษณะแข็งหรือที่เรียกกันว่า กะลา (shell) (ดวงดาว, 2549) หรือเรียกว่า Coir ดังภาพที่ 3.3

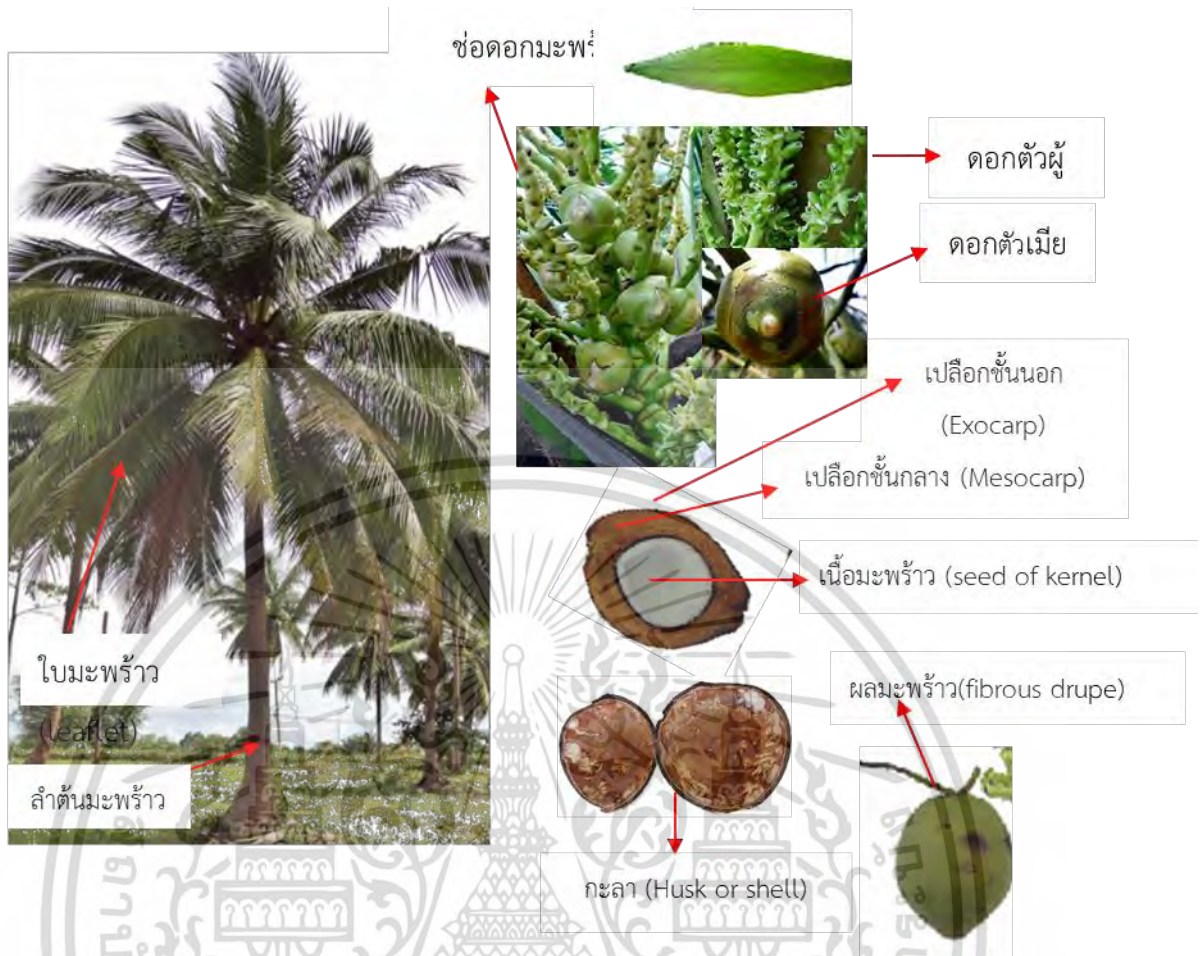


ภาพที่ 3.3 โครงสร้างของผลมะพร้าว

ที่มา : Nwankwojike, et al., (2012)

เมล็ด (seed of kernel) คือ เนื้อมะพร้าว ภายในเมล็ดเป็นช่อกลาง ขณะผลอ่อนจะมีน้ำอยู่เต็มผลแก่ น้ำมะพร้าวจะแห้งไปบางส่วน (วาสนา, 2541)

จาวมะพร้าวจาวมะพร้าวใช้น้ำมาเป็นอาหารได้ ในจาวมะพร้าวมีฮอร์โมนออกซิน และฮอร์โมนอื่น ๆ แต่มีฮอร์โมนออกซินปริมาณมากที่สุด ซึ่งเมื่อนำไปคั้นและนำน้ำที่ได้จาวมะพร้าวไปรดต้นพืช จะช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชได้



ภาพที่ 3.4 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมะพร้าว

ประเภทของมะพร้าว

มะพร้าวเป็นพืชผสมข้ามพันธุ์ แต่ละต้นจึงไม่เป็นพันธุ์แท้อาศัยหลักทางการผสมพันธุ์ที่เป็นไปโดยธรรมชาติ ในเรื่องของการจำแนกพันธุ์มะพร้าวมีผู้จำแนกไว้หลายแบบซึ่งแตกต่างกันไปหลักที่ใช้ในการจำแนกพันธุ์มักจะเป็นขนาดของต้นอายุตกผลและขนาดผล (ณรงค์, 2530) จากหลักเกณฑ์ทั้ง 3 ประการนี้ ทำให้จำแนกพันธุ์มะพร้าวไทยออกเป็น 2 กลุ่มด้วยกัน คือมะพร้าวพันธุ์ต้นสูงและมะพร้าวต้นเตี้ย

มะพร้าวพันธุ์ต้นสูงลักษณะสำคัญคือ ต้นสูง ออกผลช้า มีสะเกที่ปลายต้น ส่วนมากมะพร้าวที่ปลูกเป็นการค้าในปัจจุบันนี้ มักเป็นพันธุ์ต้นสูงพวกนี้มักมีอายุยืน (60-80 ปีหรือมากกว่านั้น) ขึ้นอยู่กับสภาพดินมักจะต้านทานต่อโรคและแมลง ยกเว้นพวกไวรัสที่ทำให้เกิดโรคบางชนิดจะเริ่มติดผลเมื่ออายุประมาณ 8-10 ปีหลังปลูกจัดเป็นพืชผสมข้าม โดยดอกตัวผู้จะเริ่มเปิดก่อนดอกตัวเมียในช่อดอกเดียวกัน ดังนั้นการผสมเกสรจะเกิดขึ้นก็เมื่อได้รับละอองเกสรจากต้นอื่น ในกลุ่มนี้จะแยกพันธุ์ตามสถานที่อยู่หรือลักษณะของผลที่เห็นเด่นชัด เช่น มะพร้าวหัวลิงทะเลราย่อยปากจากเปลือกหวานมะพร้าวใหญ่และมะพร้าวกะโหลก (สำนักงานเกษตรจังหวัดประจวบคีรีขันธ์, 2556)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 3.4 ตามปกติมะพร้าวต้นสูงจะผสมข้ามพันธุ์ คือ ในแต่ละช่อดอก (จั่น) หนึ่ง ๆ ดอกตัวผู้จะค่อย ๆ ทอยบาน และร่วงหล่นไปหมดก่อนที่ดอกตัวเมียในจั่นนั้นจะเริ่มบาน จึงไม่มีโอกาสผสมตัวเอง มะพร้าวประเภทนี้เป็นมะพร้าวเศรษฐกิจส่วนใหญ่ปลูกเป็นสวนอาชีพ เพื่อใช้เนื้อจากผลแก่ไปประกอบอาหาร หรือเพื่อทำมะพร้าวแห้งใช้ในอุตสาหกรรมน้ำมันพืช

มะพร้าวพันธุ์ต้นเตี้ยเป็นพันธุ์ออกผลเร็ว ต้นเตี้ย ไม่มีสะเก็ดติดดอกออกผลในช่วง 3-4 ปี หลังจากปลูกผลผลิตจะออกเต็มที่ในช่วง 9-10 ปีอายุการให้ผลที่ระดับเศรษฐกิจอยู่ประมาณ 30-40 ปี พันธุ์ต้นเตี้ยมีหลายพันธุ์ เมล็ดที่ได้จะตรงตามพันธุ์เพราะการแตกของละอองเกสรตัวผู้พร้อมกับการเปิดของดอกตัวเมียในช่อดอกเดียวกัน ดังนั้นจึงเกิดการผสมตัวเองของตัวผู้และตัวเมียในช่อดอกเดียวกัน สีของผลจะมีทั้งสีเหลืองทอง สีเหลืองงาช้าง สีเขียวสำหรับผลของพันธุ์ต้นเตี้ยจะมีทั้งขนาดผลเล็กและผลใหญ่ พันธุ์ผลเล็กที่สุดในกลุ่มนี้คือ Coco Nino ในฟิลิปปินส์ ซึ่งปัจจุบันมีการนำไปปลูกกระจายทั่วไปทุกส่วนของโลก มะพร้าวพันธุ์ต้นเตี้ย ได้แก่ มะพร้าวหมูสีหมูสีเขียวทุ่งเคล็ด หมูสีเหลืองมะพร้าวไพปะทิว มะพร้าวน้ำหอม และนกคุ้ม มะพร้าวพื้นเมืองที่เกษตรกรปลูกกันมาแต่ดั้งเดิมจะมีลักษณะดีหลายอย่าง เช่น มีขนาดผลค่อนข้างโตและทนทานต่อสภาพอากาศแล้งได้ดีในวงการอุตสาหกรรม มะพร้าวในปัจจุบันได้พัฒนาทางด้านคุณภาพมะพร้าวมากมาย ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพรจังหวัดชุมพรได้วิจัยและพัฒนามะพร้าวพันธุ์ลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูงตกผลเร็ว (ตารางที่ 3.1) ซึ่งได้ผ่านการรับรองพันธุ์มาแล้ว 3 พันธุ์ ได้แก่

1 มะพร้าวพันธุ์ลูกผสม 1 (Sawi hybrid No.1) เป็นมะพร้าวพันธุ์ลูกผสมที่เกิดจากการผสมระหว่างมะพร้าวพันธุ์มลายูสีเหลืองต้นเตี้ยกับเวสต์แอฟริกันต้นสูง (MYD x WAT) ลักษณะเด่นของมะพร้าวพันธุ์นี้คือ มีอายุการตกผลเร็วสามารถเก็บผลผลิตได้ในปีที่ 5 หลังการปลูกให้ผลผลิตสูงเมื่อมะพร้าวหนาปริมาณน้ำมันมาก จึงเป็นมะพร้าวที่เหมาะสมสำหรับอุตสาหกรรมน้ำมันมะพร้าว

2 มะพร้าวพันธุ์ลูกผสมชุมพร 60 (Chumphon hybrid No.60) เป็นมะพร้าวลูกผสมที่เกิดจากการผสมระหว่างพันธุ์กับเวสต์แอฟริกันต้นสูงกับไทยต้นสูง (WAT x THT) สามารถเก็บผลผลิตได้ในปีที่ 5 หลังจากปลูกขนาดผลมีตั้งแต่ขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ เนื่องจากขนาดผลของมะพร้าวพันธุ์นี้ค่อนข้างโตกว่าพันธุ์สวีลูกผสม 1 จึงสามารถจำหน่ายได้ทั้งผลสดและในรูปมะพร้าวแห้งส่งโรงงานสกัดน้ำมัน

3 มะพร้าวพันธุ์ลูกผสมชุมพร 2 เป็นมะพร้าวลูกผสมที่เกิดจากการผสมระหว่างพันธุ์มลายูสีเหลืองต้นเตี้ยกับไทยต้นสูง (MYD x THT) ขนาดผลมีตั้งแต่ขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ ทำให้สามารถจำหน่ายได้ทั้งในรูปผลสดและแปรรูปในอุตสาหกรรมน้ำมัน มะพร้าวลูกผสมทั้ง 3 พันธุ์ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์พื้นเมือง (ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร, (2552))

ตารางที่ 3.1 ผลผลิตเฉลี่ยน้ำหนักมะพร้าวแห้งปริมาณน้ำมันของมะพร้าวพันธุ์ลูกผสมและมะพร้าวพันธุ์ไทย

พันธุ์	ผลผลิตเฉลี่ย (ผล/ไร่)	น้ำมันมะพร้าวแห้ง (กิโลกรัม/ไร่)	ปริมาณน้ำมัน (%W/W)
พันธุ์สวีลูกผสม 1	2,300	572	68
พันธุ์ลูกผสมชุมพร 60	2,204	628	64 - 67
พันธุ์ลูกผสมชุมพร 60	1,800	500	66
พันธุ์ไทย	1,084	374	959 - 60

ที่มา : ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร, (2552)

การเก็บผลมะพร้าว

มะพร้าวออกดอกโดยเฉลี่ยปีละ 12 จัน ถ้าได้รับการดูแลดีก็จะติดผลทุกจัน ได้ผลผลิตทุกเดือน เดือนละ 1 ทะลาย แต่ตามปกติจะเก็บผลมะพร้าวได้ไม่เท่ากันในแต่ละเดือน เดือนที่ให้ผลผลิตน้อย คือ ระหว่างเดือนธันวาคม ถึงเดือนมีนาคม ต่อจากนั้นจะเก็บผลมะพร้าวได้มากขึ้นเรื่อย ๆ ช่วงที่เก็บผลผลิตได้มากที่สุดคือ เดือนสิงหาคมถึงกันยายน ผลมะพร้าวจะเริ่มแก่เมื่ออายุประมาณ 11 เดือนจนอายุ 12 เดือน สังเกตได้จากผิวของเปลือก จะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีกำมพู หรือ สีสน้ำตาล และปริมาณในผลจะน้อยลง ดังนั้นเมื่อเขย่าผลดูจะได้ยินเสียงน้ำโคลน มะพร้าวในทะลายเดียวกันจะแก่ไม่พร้อมกัน จึงควรเลือกเก็บผลจากมะพร้าวที่ผลมะพร้าวแก่หมดแล้ว (กรมวิชาการเกษตร, 2555)

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการปลูกมะพร้าว

การปลูกมะพร้าวให้ได้ผลดี ต้องประกอบด้วยองค์ประกอบดังนี้ คือ เลือกที่ปลูกดี ใช้พันธุ์ดี ปลูกถูกวิธีดูแลรักษามะพร้าวให้สมบูรณ์ ปราศจากโรคและศัตรูที่มารบกวนและแก้ไขอุปสรรคที่เป็นตัวการทำให้มะพร้าวออกผลน้อยโดยหลักในการพิจารณา (กรมวิชาการเกษตร, 2555)

ประเทศไทยตั้งอยู่บนบริเวณที่มีลมฟ้าอากาศเหมาะสมสำหรับการปลูกมะพร้าว โดยทั่วไปจะเห็นว่า มะพร้าวปลูกอยู่ตั้งแต่ภาคเหนือจรดภาคใต้ หลักทั่วไปในการเลือกที่ปลูกมะพร้าวควรคำนึงถึงต่อไปนี้

1 ฝนมีปริมาณน้ำฝนตกไม่น้อยกว่า 1,500 มิลลิเมตรต่อปี และมีฝนตกสม่ำเสมอทุกเดือน ถ้ามีฝนตกน้อยกว่า 50 มิลลิเมตรต่อเดือน ติดต่อกันเกินกว่า 3 เดือน มะพร้าวจะออกผลให้น้อยลง

2 อุณหภูมิบริเวณที่อากาศหนาวจัดเป็นเวลานาน ๆ คือ มีอุณหภูมิต่ำกว่า 15 °C ติดต่อกันหลาย ๆ วัน จะมีผลให้มะพร้าวออกผลน้อยลง เพราะอากาศหนาวไปเปลี่ยนระบบการปรุงอาหารและโครงการอื่น ๆ แต่ถ้าเป็นที่ซึ่งหนาวเป็นครั้งคราวก็ไม่มีปัญหามากนัก ที่ซึ่งมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 20-27 °C เช่น ภาคใต้ ภาคกลาง และตะวันออก สามารถปลูกมะพร้าวได้ผลดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 แสงแดดเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งสำหรับการปลูกมะพร้าว บริเวณซึ่งแสงแดดส่องไม่ค่อยถึงมะพร้าวจะไม่ค่อยออกดอกออกผล หรือมีเนื้องาง ดังนั้นจึงไม่ควรปลูกมะพร้าวในร่ม หรือที่ซึ่งมีเมฆหนาที่บออยู่ตลอดปี ประมาณแสงแดดที่เหมาะสมวันละ 7.1 ชั่วโมง

4 ความสูงของพื้นที่ ระดับความสูงของพื้นที่จะเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิความสูงทุก ๆ 100 เมตร อุณหภูมิจะลดต่ำลง 0.6 °C ดังนั้นการทำสวนมะพร้าวเพื่อการค้าควรเลือกที่ไม่สูงเกิน 500 เมตร เหนือระดับน้ำทะเล ผลผลิตที่ได้ไม่ต่างจากการทำสวนมะพร้าวใกล้ทะเล

5 ดินมะพร้าวเป็นพืชที่ไม่ค่อยเลือกชนิดดินที่ปลูกมากนักแต่ต้องคำนึงถึงลักษณะพื้นที่ ดังนี้

5.1 ที่ลุ่ม ที่ดอน : มะพร้าวปลูกเจริญงอกงามบนที่ดอนมากกว่าที่ลุ่ม การที่จะปลูกมะพร้าวให้เจริญงอกงามในที่ลุ่ม ต้องยกเป็นคันร่องให้สูงพ้นระดับน้ำที่ขังอยู่ให้หลังคันดินที่ยกขึ้นมาสูงกว่าระดับน้ำในฤดูน้ำสูงสุดประมาณ 60 เซนติเมตร เป็นคันยาวไปตามรูปเนื้อที่ที่มีอยู่ จึงจะพอใช้ปลูกมะพร้าวให้ได้ผลดี

5.2 ดินดาน : ดินที่มีชั้นหินแข็งหรือหินดานอยู่ลึกจากผิวดินน้อยกว่า 1 เมตร ไม่ควรใช้ปลูกมะพร้าวเพราะจะไม่ค่อยได้รับผลดี

5.3 ดินดี ไม่ตีหมายถึง ดินที่ความอุดมสมบูรณ์มากน้อยเพียงใด สังเกตได้จากต้นไม้หรือต้นมะพร้าวที่ขึ้นอยู่ในบริเวณใกล้เคียง ถ้าต้นไม้เหล่านั้นมีใบเขียวเข้มออกดอกออกผลงามก็แสดงว่าดินดี แต่ถ้าต้นมะพร้าวหรือต้นไม้อื่นที่อยู่ใกล้เคียงนั้น ไม่เจริญงอกงามควรจะทดสอบดูให้แน่ชัดโดยการเก็บตัวอย่างดินส่งไปวิเคราะห์

ประโยชน์ของมะพร้าว

มะพร้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญพืชหนึ่งของประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคใต้ มะพร้าวสามารถปลูกได้ทั่วทุกภาคของประเทศ การใช้ประโยชน์จากมะพร้าวกว้างขวางมากคือ ใช้ทั้งรับประทานผลสดนำมาประกอบอาหารเป็นวัตถุดิบในโรงงานอุตสาหกรรม ส่วนที่เหลือยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์อื่น ๆ เช่น การนำเส้นใยของผลไปใช้บุเก้าอี้ ชูมะพร้าวใช้ผสมกับดินสำหรับปลูกพืช เป็นต้น (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2552) ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมะพร้าวรวม 1.49 ล้านไร่ และให้ผลผลิตรวมประมาณ 1.38 ล้านตัน

มะพร้าวผลประมาณ 73 เปอร์เซ็นต์ของผลผลิตทั้งหมด นำไปใช้บริโภคโดยตรงส่วนที่เหลือ 27 เปอร์เซ็นต์ของผลผลิตทั้งหมด นำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม ปัจจุบันความต้องการมะพร้าวทางอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้น เนื่องจากการขยายตัวด้านอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์มะพร้าว เช่น การผลิตกะทิเข้มข้นและมะพร้าวอบแห้ง ปริมาณความต้องการบริโภคโดยตรง เช่น ใช้ในการปรุงอาหารการกินผลสดเพิ่มขึ้นตามอัตราการเพิ่มของประชากร จากรายงานการประชุมสัมมนาอุตสาหกรรมมะพร้าวนานาชาติที่มาเลเซียเมื่อปี พ.ศ. 2530 รายงานว่า กลุ่มประเทศสมาชิกขมรมมะพร้าวแห่งเอเชียและแปซิฟิกเป็นกลุ่มประเทศที่ผลิตมะพร้าวมากที่สุดในโลกคือประมาณ 85 เปอร์เซ็นต์ของผลผลิตทั่วโลก

ในกลุ่มประเทศสมาชิก 12 ประเทศ ซึ่งรวมทั้งประเทศไทย สถิติการผลิตมะพร้าว 10 อันดับแรกของ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โลกพบว่า ประเทศอินโดนีเซียมีกำลังการผลิตมะพร้าวมากเป็นอันดับ 1 ประมาณ 19.5 ล้านตัน อันดับ 2 ได้แก่ ประเทศฟิลิปปินส์ 15.3 ล้านตัน และอินเดียประมาณ 10.9 ล้านตัน สำหรับประเทศไทยอยู่ในอันดับที่ 6 ประมาณ 1.5 ล้านตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2552)

มะพร้าวแกงหรือมะพร้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ ในปี 2539 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมะพร้าวประมาณ 2.5 ล้านไร่ มากเป็นอันดับ 6 ของโลก แต่ในช่วงปี 2545 - 2555 พื้นที่การปลูกลดลงเนื่องจากภัยแล้ง ต้นมะพร้าวอ่อนแอ แมลงเข้าทำลายง่าย ส่งผลให้มะพร้าวในประเทศไม่เพียงพอ จึงต้องพึ่งพาการนำเข้ามะพร้าวจากต่างประเทศ ซึ่งส่งผลกระทบต่อราคามะพร้าวในประเทศไทย จากลูกละ 20 เหลือลูกละ 10 บาท (จารุณี, 2555)

พื้นที่ปลูกมะพร้าวทั้งประเทศของประเทศไทยมีจำนวน 1,299,799 ไร่ ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ปลูกจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ 419,833 ไร่ จังหวัดชุมพร 205,764 ไร่ จังหวัดสุราษฎร์ธานี 198,714 ไร่ จังหวัดนครศรีธรรมราช 97,137 ไร่ จังหวัดปัตตานี 78,529 ไร่ จังหวัดชลบุรี 62,336 ไร่ จังหวัดนราธิวาส 50,637 ไร่ จังหวัดสมุทรสงคราม 47,639 ไร่ เป็นต้น ช่วงปี 2553-2557 เนื้อที่ให้ผลและผลผลิตมะพร้าวลดลงจาก 1.446 ล้านไร่ และ 1.249 ล้านตัน ในปี 2553 เป็น 1.295 ล้านไร่ และ 1.000 ล้านตัน ในปี 2557 หรือลดลงร้อยละ 2.53 ต่อปี และ 4.76 ต่อปี ตามลำดับ สำหรับ ปี 2558 มีเนื้อที่ให้ผลผลิต 1.268 ล้านไร่ ลดลงจากปี 2557 ร้อยละ 2.08 และผลผลิต 1.012 ล้านตัน เพิ่มขึ้นจากปี 2557 ร้อยละ 1.12 สภาพภูมิอากาศมีอิทธิพลสำคัญต่อผลผลิตต่อไร่ โดยเฉพาะสภาพอากาศที่ไม่เอื้ออำนวย เช่น ภาวะฝนทิ้งช่วง รวมทั้งการระบาดของแมลงศัตรูมะพร้าว ส่งผลให้ผลผลิตต่อไร่ลดลงจาก 863 กิโลกรัม ต่อไร่ ในปี 2553 เป็น 773 กิโลกรัม ต่อไร่ ในปี 2557 หรือลดลง ร้อยละ 2.27 ต่อปี อย่างไรก็ตาม คาดการณ์ว่าผลผลิตต่อไร่จะเพิ่มขึ้น เป็น 798 กิโลกรัม ในปี 2558 (สมชาย , 2561)

ปัจจุบันผลผลิตมะพร้าวของไทยไม่เพียงพอกับความต้องการและพื้นที่การผลิตมะพร้าวของไทยลดลงมาก โดยปี 2559 มีพื้นที่ปลูก 1.1 ล้านไร่ ลดลง 200,000 ไร่ จากปี 2555 ที่มีพื้นที่ปลูก 1.3 ล้านไร่ ขณะที่ผลผลิตต่อไร่ก็ลดลงจากปี 2555 อยู่ 806 กิโลกรัม ลดลงเหลือ 632 กิโลกรัมต่อไร่ ในปี 2559 ประเทศไทยต้องนำเข้ามะพร้าวผลในปี 2559 จำนวน 144,000 ตัน จากปี 2555 นำเข้า 27,000 ตัน (ไทยรัฐ, 2560) เนื่องจากพื้นที่ปลูกมะพร้าวลดลงมากกว่าครึ่งหนึ่งของพื้นที่ปลูกเดิม สาเหตุหลักมาจากเกษตรกรหันไปปลูกพืชชนิดอื่นที่ได้ราคาดีกว่าแทน เช่น ยางพารา ทูเรียน สับปะรด ปาล์มน้ำมัน ปัจจุบันแม้ว่าราคามะพร้าวสูงแต่ราคามะพร้าวไม่แน่นอน มีรายได้ต่อไร่ต่ำ เกษตรกรตัดแต่งทางใบมะพร้าวออกประมาณ 3-4 ทาง นำไปทิ้งหรือเผาทำลายในสวนมะพร้าว สามารถปลูกพืชเสริม หรือเลี้ยงสัตว์ได้ เนื่องจากมีพื้นที่ว่างระหว่างแถวมะพร้าว พืชที่สามารถใช้ปลูกในสวนมะพร้าวมีหลายชนิด ได้แก่ พริกไทย ผักเหลียง ข้าวไร่ สับปะรด หรืออาจใช้เลี้ยง โค กระบือ แพะ แกะ ไก่ และสุกรได้ ที่สามารถเพิ่มรายได้ให้เกษตรกร หากได้เพิ่มศักยภาพของพื้นที่ในสวนมะพร้าวในรูปแบบเศรษฐกิจ 3 ชั้นเพื่อการใช้ประโยชน์ของพื้นที่ว่างระหว่างแถวมะพร้าวให้เกิดประโยชน์และเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรผู้ปลูกมะพร้าวต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ในเชิงวิชาการเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พืชที่ปลูกร่วมในสวนมะพร้าว อายุ 20 ปีขึ้นไป ได้แก่

1. พริกไทย

พริกไทย (*Piper nigrum* Linn) เป็นพืชสมุนไพรและเครื่องเทศที่มีความสำคัญ เนื่องจากมี สารสำคัญอยู่ 2 กลุ่ม คือ peper oleoresins และ peper volatile oils (น้ำมันหอมระเหย) สำหรับในกลุ่ม peper oleoresine มีสาร alkaloids ได้แก่ piperine เป็นสารที่ทำให้ความรู้สึกเผ็ด ช่วยเพิ่มรสชาติให้กับอาหาร นอกจากนี้ยังมีสารกลุ่ม piperidine และ piperitine (สารนิตย และ แสงมณี, 2551) ส่วนสารในกลุ่มของ peper valatial oils ใช้เป็นส่วนผสมในยาแก้หวัด ยาแก้ปวด ท้อง ช่วยกระตุ้นการหลั่งน้ำย่อยในกระเพาะ นอกจากนี้ยังมีการนำพริกไทยไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเสริมเพื่อสุขภาพ ดังนั้นพริกไทยเป็นพืชที่มีความสำคัญในพืชกลุ่มสมุนไพรและ เครื่องเทศ และเป็นที่ยอมรับของผูบริโภคทั้งในและต่างประเทศ ในปี พ.ศ.2551 ประเทศไทยมีการส่งออกพริกไทย 1,745 ตัน มีมูลค่าการส่งออก 87.93 ล้านบาท ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ.2550 โดยส่งออกในรูปของ พริกไทยเม็ดและพริกไทยป่น แหล่งปลูกพริกไทยในประเทศไทยที่ใหญ่ที่สุดของประเทศ คือที่จังหวัด จันทบุรี ระยอง ตราด และหลายจังหวัดในภาคใต้ เช่น กระบี่ ตรัง นราธิวาส พังงา ฯลฯ และมีการนำ พริกไทยไปปลูกในภาคอื่น ๆ เช่น จังหวัดเพชรบูรณ์ พิษณุโลก สุโขทัย เชียงใหม่ และตาก (สำนักงาน เศรษฐกิจการเกษตร, 2552) การปลูกพืชหลักและพืชแซม โดยอาศัยการปลูกพืชที่ขอบกินและกินสิ่ง ที่ปลูก ซึ่งช่วยลดรายจ่าย และเพิ่มรายได้เป็นอย่างดีซึ่งสอดคล้องกับพระราชดำรัสของ พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง คือ รู้จักประมาณตน รู้จักตนเอง มี เหตุผล มี ภูมิคุ้มกันที่ดีโดยยึดมั่นอยู่บนพื้นฐานของความพอเพียงและความพอดีซึ่งปัจจุบันมีการ ปลูกพืชผสมผสานระบบคอนโตเป็นการปลูกพืช 5 ชั้น ทำการปลูกพืชให้แต่ละชนิดอยู่เป็นชั้นๆ ตาม ลักษณะและสายพันธุ์โดยพืชชั้นบนสุดเป็นพืชหลักคือไม้ผลและไม้ยืนต้นที่มีต้นสูง ยกตัวอย่างเช่น ทุเรียน 5 ไร่ อายุทุเรียนประมาณ 5 ปีบริเวณโคนต้นจะเกิดที่ว่าง ซึ่งชั้นรองลงมาปลูกพริกไทยแซม ตามโคนต้นพืชหลักโดยให้ต้นพริกไทย เลื้อยขึ้นไปบนต้นทุเรียน (ธนชิต และนิภาพร, 2552)

2. ผักเหลียง

ผักเหลียง (*Gnetum gnemon*) ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Gnetumgnemon* Linn. var. *tenerum* Markgr. อยู่ในวงศ์ : GNETACEAE (ภาณุพงศ์, 2546)

ผักเหลียงอุดมไปด้วยเบต้าแคโรทีน ถือว่าเป็นสารต้านออกซิเดชั่นที่สำคัญ เป็นสารตั้งต้นสร้างวิตามินเอ อีกหลากหลายด้วย มีข้อมูลออกมาจากภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ พบว่า ผักเหลียง 100 กรัม ไม่รวมก้านให้เบต้าแคโรทีน สูงถึง 1,089 ไมโครกรัมหน่วยเรตินัล สูงกว่า ผักบุงจีนสามเท่ามากกว่าผักบุงไทย 5-10 เท่า เป็นสุดยอดของแหล่ง เบต้าแคโรทีนคือแครอท ก็ไม่ได้มีเบต้าแคโรทีนมากไปกว่าผักเหลียงเลย เบต้าแคโรทีน เป็นสารสีส้ม แต่กลับมองไม่เห็นสีส้มในผักเหลียงก็เพราะมันถูกสีเขียว ของใบผักปกปิดไว้จนหมด กินผักเหลียง จึงให้ทั้งคุณค่าของเบต้าแคโรทีน และสารพฤกษเคมีจากผักใบ และผักเหลียงยังให้คุณค่าของแคลเซียม

และ ฟอสฟอรัส ช่วยบำรุงกระดูก ผักเหลียง เป็นพืชผักชนิดหนึ่ง เป็นไม้พุ่มไม้ป่าที่เจริญเติบโตได้ดี เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ซึ่งในเพื่อการศึกษาก็ได้นั้น เมื่อผู้ใดเห็นใบเขียวนี้ในเอกสารนี้ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายใต้ร่มเงาต้นไม้อื่นๆ เช่น ไม้ผล ไม้ยืนต้นจำพวกยางพารา จึงเป็นพืชที่เหมาะสมจะนำมาปลูกเป็นพืชร่วมยาง มีด้วยกัน 3 ชนิด คือ ชนิดใบกว้าง หรือใบใหญ่ มีขนาดใบกว้างประมาณ 9 เซนติเมตร ปลายใบแหลม แต่ไม่เรียว เป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกกันมาก ชนิดใบแคบหรือใบยาว ใบมีขนาดประมาณ 5.5 เซนติเมตร ยาวประมาณ 18 เซนติเมตร ชนิดใบเล็ก ใบกว้างประมาณ 10 เซนติเมตร ปลายใบค่อนข้างเรียวแหลม (กรมวิชาการเกษตร, 2559) ตัวอย่างการปลูกผักเหมียงร่วมยาง: นายสมนึก ชูแก้ว เลขที่ 6 หมู่ที่ 11 ตำบลตะโหนด อำเภอตะโหนด จังหวัดพัทลุง ปลูกยางพันธุ์ BPM 24 ระยะปลูกยาง 3x7 เมตร ปัจจุบันยางอายุ 10 ปี เมื่อยางอายุ 3 ปีปลูกผักเหมียงเป็นพืชร่วมระหว่างแถว ยางระยะ 3x7 เมตร ในพื้นที่ 7 ไร่ ไม่มีระบบการให้น้ำ โดยการอาศัยน้ำฝน ใส่ปุ๋ยมูลค่างควา 50 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปีและปุ๋ยเคมี 50 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ในปี 2548 ได้ผลผลิตน้ำยางเฉลี่ย 800 กิโลกรัมต่อไร่ มีรายได้จากการขายน้ำยางเฉลี่ย 56,000 บาทต่อไร่ (เฉลี่ยกิโลกรัมละ 70 บาท) รายได้จากผักเหมียงเฉลี่ย 18,514 บาทต่อไร่ ผลผลิตหน้าสวนกิโลกรัมละ 40 บาท นอกจากนั้นจำหน่ายกิ่งชำถุงในปี 2548 ได้ 15,075 บาท เฉลี่ยไร่ละ 2,154 บาท ราคาต้นละ 15 บาท ต้นทุนปลูกผักเหมียงปีแรก 2,500 บาทต่อไร่ เป็นค่าต้นพันธุ์ ค่าปุ๋ย ค่าอุปกรณ์ (วสันต์, 2562)

3 ชาวไร่ 4 สายพันธุ์ ที่เลือกปลูกเป็นพืชร่วมกับมะพร้าวอายุ 20 ปีขึ้นไป ได้แก่

3.1 พันธุ์สามเดือน (Samduen)

เป็นข้าวไร่ไวด่ช่วงแสง อายุถึงวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ 78 วันหลังงอก อายุเก็บเกี่ยว 108 วันหลังงอก ทรงกอตั้งตรง ต้นสูง 88.48 เซนติเมตร ปล้องสีเหลืองอ่อน กาบใบสีเขียว ลิ่นใบสีขาว มี 2 ยอด หูใบสีเหลืองค่อนข้างน้ำตาลอ่อน ข้อต่อใบสีเหลือง มุมใบตรงตั้งตรง รวงยาว 25.75 เซนติเมตร รวงแน่น จำนวนรวงต่อกอ 9-11 รวง ยอดเกสรตัวเมียสีเขียวอ่อน ปลายยอดดอกสีม่วง เมล็ดมีหาง ยอดเมล็ดสีเหลือง มีขนบนเปลือกเมล็ด ระยะพักตัว 4-5 สัปดาห์ เปลือกเมล็ดสีเหลือง ข้าวกล้องสีขาว น้ำหนักข้าวเปลือก 1,000 เมล็ด 24.82 กรัม ปริมาณอมิโลส 19.50 เปอร์เซ็นต์ คุณภาพข้าวสุก ร่วน นุ่ม ผลผลิตประมาณ 405 กิโลกรัมต่อไร่ ลักษณะเด่น เป็นข้าวไร่ไม่ไผ่แสงปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี ทนแล้ง มีปริมาณธาตุเหล็ก 2.72 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ปริมาณโปรตีน 7.11 เปอร์เซ็นต์ มีกลิ่นหอม

3.2 พันธุ์เล็บนกไร่ (Lebnok rai)

เป็นข้าวไร่ไวด่ช่วงแสงปานกลาง อายุถึงวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ 95 วันหลังงอก อายุเก็บเกี่ยว 124 วันหลังงอก ทรงกอตั้งตรง ต้นสูง 100.70 เซนติเมตร ปล้องสีเหลืองอ่อน กาบใบสีเขียวอ่อน ลิ่นใบสีน้ำตาลอ่อน มี 2 ยอด หูใบสีน้ำตาล ข้อต่อใบสีเหลือง มุมใบตรงแบนอน รวงยาว 27.03 เซนติเมตร รวงแน่น จำนวนรวงต่อกอ 9-10 รวง ยอดเกสรตัวเมียสีเหลืองอ่อน ปลายยอดดอกสีเหลืองอ่อน ยอดเมล็ดสีน้ำตาล มีขนบนเปลือกเมล็ด ระยะพักตัว 7 สัปดาห์ เปลือกเมล็ดสีเหลืองฟางข้าว ข้าวกล้องสีขาว น้ำหนักเปลือก 1,000 เมล็ด 24.83 กรัม ปริมาณอมิโลส 19 เปอร์เซ็นต์ คุณภาพข้าวสุก ร่วน นุ่ม ผลผลิตประมาณ 504 กิโลกรัมต่อไร่ มีกลิ่นหอม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 พันธุ์ดอกขาม (Dokkam)

เป็นข้าวไวต่อช่วงแสงปานกลาง อายุถึงวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ 92 วันหลังงอก อายุเก็บเกี่ยว 124 วันหลังงอก ทรงกอตั้งตรง ต้นสูง 110.50 เซนติเมตร ปล้องสีเขียวอ่อน กาบใบสีเขียวอ่อน ลิ้นใบสีน้ำตาลอ่อน มี 2 ยอด หูใบสีน้ำตาลอ่อน ข้อต่อใบสีน้ำตาลอ่อน มุมใบตรงตั้ง รวง 32.50 เซนติเมตร รวงไม่แน่น จำนวนรวงต่อกอ 9-12 รวง ยอดเกสรตัวเมียสีม่วง ปลายยอดดอกสีม่วง เมล็ดไม่มีหาง ยอดเมล็ดสีน้ำตาลเข้ม มีขนบนเปลือกเมล็ด ระยะพักตัว 7-8 สัปดาห์ เปลือกเมล็ดสีเหลืองปนลายสีน้ำตาล ข้าวกล้องสีน้ำตาล น้ำหนักข้าวเปลือก 1,000 เมล็ด 22.86 กรัม ปริมาณอมิโลส 20.8 เปอร์เซ็นต์ คุณภาพข้าวสุก ร่วน นุ่ม ผลผลิตประมาณ 481 กิโลกรัมต่อไร่ ลักษณะเด่นปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้ดี ทนแล้ง มีปริมาณธาตุเหล็ก 2.32 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ปริมาณโปรตีนสูง 7.76 เปอร์เซ็นต์ มีกลิ่นหอม

3.4 พันธุ์ภูเขาทอง (Pukaotong)

เป็นข้าวไวต่อช่วงแสงปานกลาง มีอายุถึงออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ 89 วันหลังงอก อายุเก็บเกี่ยว 119 วันหลังงอก มีทรงกอตั้งตรง ต้นสูง 104 เซนติเมตร ปล้องสีเหลือง กาบใบสีเขียว ลิ้นใบสีน้ำตาลอ่อน มี 2 ยอด หูใบสีน้ำตาลอ่อน ข้อต่อใบสีเหลือง มุมใบตรงเป็นแนวนอน รวงมีความยาว 31 เซนติเมตร รวงแน่น ระบายถี่ จำนวนรวงต่อกอ 9-11 รวง ยอดเกสรตัวเมีย สีเขียวอ่อน ปลายยอดดอกสีเหลือง เมล็ดมีหาง ยอดเมล็ดสีน้ำตาลเข้ม มีขนบนเปลือกเมล็ด ระยะพักตัว 7 สัปดาห์ เปลือกเมล็ดสีเหลืองทอง ข้าวกล้องสีขาว น้ำหนักข้าวเปลือก 1,000 เมล็ด 22.67 กรัม ปริมาณอมิโลส 19.4 เปอร์เซ็นต์ คุณภาพข้าวสุก ร่วน นุ่ม ผลผลิตประมาณ 652 กิโลกรัมต่อไร่ ลักษณะเด่นปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี ทนแล้ง ค่อนข้างต้านทานต่อโรคไหม้ มีปริมาณธาตุเหล็กสูง 2.17 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ปริมาณโปรตีนสูง 9.20 เปอร์เซ็นต์ มีกลิ่นหอม (ร่วมจิตร์, 2560)

4. หญ้าเนเปียร์ ชื่อวิทยาศาสตร์ *Pennisetum purpureum* cv. Pakchong 1

เป็นหญ้าที่ได้รับการปรับปรุงและคัดเลือกพันธุ์โดยศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์นครราชสีมา กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เป็นหญ้าลูกผสมระหว่างหญ้าเนเปียร์ (*Pennisetum purpureum*) กับ หญ้าไข่มุก (*Pennisetum americanum*) มีอายุหลายปี (perennial) เติบโตเร็วให้ผลผลิตต่อไร่สูง โปรตีนสูง มีความน่ากินสูง สัตว์ชอบกินตอบสนองต่อการให้น้ำ และปุ๋ยดีแตกกอดี แก่ช้า ทนแล้ง ในฤดูหนาวยังเติบโตได้ดีไม่ชะงักไม่มีระยะพักตัว ใบแลล้าต้นอ่อนนุ่ม ชอบใบไม่คมไม่มีขน ที่ทำให้เกิดอาการระคาย ระยะดอกสั้นไม่ติดเมล็ด ให้ผลผลิตทั้งปี มีปริมาณโปรตีนในใบและลำต้นสูงทำเป็นหญ้าหมักโดยไม่จำเป็นต้องเสริมสารใด ๆ ปรับตัวได้ดีในดินหลายสภาพไม่มีโรค และแมลงรบกวนเก็บเกี่ยวง่าย ปลูกครั้งเดียวสามารถเก็บเกี่ยวได้นาน 6-7 ปี เหมาะกับเกษตรกรที่มีพื้นที่จำกัด (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน, 2559)

สัตว์เลี้ยงที่ใช้ในการเลี้ยงร่วมในสวนมะพร้าว อายุ 20 ปีขึ้นไป ได้แก่

1. ไก่ไข่

ในปัจจุบันไก่ไข่ถือว่าเป็นสัตว์เศรษฐกิจของประเทศไทย ซึ่งการเลี้ยงไก่ไข่ต้องคำนึงถึงผลผลิต และคุณภาพของไข่มากขึ้น เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค ปัจจุบันประเทศไทยมีการเลี้ยงไก่ไข้อย่างแพร่หลาย ทั้งเลี้ยงแบบธรรมชาติและแบบเป็นอุตสาหกรรม (กานดา และชลิต, 2560) พันธุ์ไก่ เป็นปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งของธุรกิจการเลี้ยงไก่ให้ประสบผลสำเร็จ ดังนั้นผู้เลี้ยง จะต้องเลือกพันธุ์ไก่ให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ของการเลี้ยง เช่น เลือกไก่สายพันธุ์ไข่เพื่อการผลิตไข่ เป็นต้น (สุชล, 2550) ซึ่งในอดีตนั้นนิยมเลี้ยงไก่พันธุ์แท้แต่พันธุ์ไก่ที่นิยมเลี้ยงในเมืองไทยในปัจจุบันส่วนมากแล้วเป็นไก่สายพันธุ์ ลูกผสมเกือบทั้งสิ้น ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ได้มีการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์มาเป็นอย่างดีเช่น ให้ไข่โต ไข่ฟองโต ให้ไข่ ทนและกินอาหารน้อย เป็นต้น (กานดา และชลิต, 2560) การเลี้ยงไก่ไข่มาก นอกจากได้ไข่รับประทานและจำหน่ายไข่ไก่แล้ว เมื่อไก่หมดไข่ก็จะได้ปุ๋ยหมักจากไก่อีก 100-200 กิโลกรัมต่อคอกต่อรุ่น ไก่ไข่มีสุขภาพที่ดี ไม่มี ความเครียด เมื่อบริโภคไข่ไก่แล้วจะมีอารมณ์แจ่มใส (สุชล, 2550)

2. สุกร

สุกรจัดเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่สำคัญและอยู่คู่กับประเทศไทยมาเป็นเวลาช้านาน ปัจจุบันการเลี้ยงสุกรส่วนใหญ่ใช้เพื่อการบริโภคและจำหน่ายภายในประเทศ โดยการจำหน่ายเป็นสุกรสดหรือนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น หมูยอ แหนม เบคอน เป็นต้น (ธีระวัฒน์ และคณะ 2554) ที่ผ่านมามีการเลี้ยงสุกร พบปัญหาหลัก คือ ปริมาณสุกรที่เกษตรกรเลี้ยงที่ออกสู่ตลาดเพิ่มขึ้นมากจนเกิดปัญหาสุกรล้นตลาด ส่งผลให้ราคาที่เกษตรกรขายตกต่ำ ซึ่งส่งผลกระทบต่อโดยตรงกับเกษตรกรที่เลี้ยงสุกรที่มีความเสี่ยงต่อภาวะการขาดทุนสูงขึ้น จากสถานการณ์ความไม่เสถียรภาพทางเศรษฐกิจ (กรมปศุสัตว์. 2559) สุกรเป็นสัตว์ที่น่าเลี้ยงชนิดหนึ่ง เพราะมีคุณสมบัติที่ดีเด่นหลายประการ เช่น ใช้เวลาในการเลี้ยงสั้น เพียง 5-6 เดือน ก็จะได้น้ำหนัก 90-100 กิโลกรัม สามารถขายส่งตลาดได้ การเลี้ยงสุกรใช้เวลาและแรงงานไม่มากนัก สามารถเลี้ยงแบบ สวนครัวหลังบ้านตั้งแต่ 2-3 ตัว ไปจนถึงเลี้ยงเป็นอาชีพ 100-200 ตัว (ศิริสุข. มปป) โดยใช้เฉพาะแรงงานในครอบครัวเท่านั้น ในแง่ของการลงทุนและการใช้เวลานับว่ามีปัญหาบ้างเล็กน้อยเพราะเกษตรกรต้องลงทุนค่อนข้างสูง เป็นค่าโรงเรือนสำหรับเลี้ยงสุกร ค่าลูกสุกรจะมีราคาตัวละประมาณ 500 - 600 บาท สุกรตัวหนึ่งกินอาหารหมดประมาณ 250 -300 กิโลกรัม จึงจะทำน้ำหนักได้ถึง 100 กิโลกรัม (กรมปศุสัตว์. 2559) เกษตรกรจะต้องใช้เวลาอย่างน้อยวันละ 2 ชั่วโมง คือ เช้า 1 ชั่วโมง เย็นอีกวันละ 1 ชั่วโมง เพื่อให้ อาหารและดูแลสุกร หรือในสภาวะที่เกษตรกรทำสวน ไร่ นา สามารถใช้วัสดุต่างๆ เช่น มันสำปะหลัง รำข้าว ข้าว และข้าวโพด เป็นต้น มาเลี้ยงสุกรได้เพื่อลดต้นทุนค่าอาหารของสุกรลงได้ (ธีระวัฒน์ และคณะ 2554) ในปัจจุบันการเลี้ยงสุกรมีการพัฒนาขึ้น โดยเกษตรกรปรับเปลี่ยนการเลี้ยงแบบดั้งเดิมมาเป็นเทคนิคสมัยใหม่ ตลอดจนเกษตรกรบางกลุ่มมีการปรับการเลี้ยงในรูปแบบฟาร์ม (กรมปศุสัตว์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2559) อย่างไรก็ตามการเลี้ยงสุกรหลุม นอกจากได้ น้ำหนัก และเนื้อของสุกรจำหน่ายแล้ว ยังสามารถจำหน่ายปุ๋ยที่ได้จากมูลสุกรอีกด้วย

3. โคขุน

หลักสำคัญในการเลี้ยงสัตว์โดยทั่วไปนั้น คือ การเลี้ยงเพื่อให้ได้กำไรสูงสุด หมายถึงการผลิตที่มีส่วนต่างของต้นทุน และราคาจำหน่ายสูงสุด ดังนั้นในการเลี้ยงสัตว์ต่าง ๆ เพื่อให้บรรลุถึงวัตถุประสงค์ที่วางไว้ ผู้เลี้ยงสัตว์ จำเป็นต้องเรียนรู้และศึกษาถึงข้อดีข้อเสีย รวมทั้งปัจจัยต่าง ๆ ที่จะส่งผลกระทบต่อการผลิตสัตว์ และการตลาด (ธีระ, 2528) สภาพแวดล้อมมีบทบาทและมีความสำคัญต่อการเลี้ยงสัตว์มาก การเลี้ยงโคแบบมีโรงเรือนคุ้มกันแดดและฝน อากาศไม่ร้อนจัด หนาวจัด มีอาหารอุดมสมบูรณ์ (ชาญวิทย์, 2555) อย่างไรก็ตาม ลักษณะการเลี้ยงโคหลุมเป็นการผสมผสานการเลี้ยงแบบยืนโรงและปล่อยลาน ไม่จำเป็นต้องผูกโคอยู่ในช่อง โคสามารถเดินเล่นไปในบริเวณคอกได้ มีหลังคาป้องกันแดด และฝน ทำให้โคไม่เครียด ลดปัญหาเรื่องก๊ีบและข้อบวมได้ (สุทัศน์ และคณะ มปป.) โคที่นำมาเลี้ยงนั้นมีการเจริญเติบโตที่ดี สุขภาพแข็งแรง ไม่ต้องตากแดด ตากฝน ผู้เลี้ยงไม่ต้องทำความสะอาดพื้นคอก ทำให้ประหยัดแรงงาน ลดมลภาวะทางกลิ่นและแมลงรบกวน สะดวกในการจัดการต่อตัวโคได้ง่ายขึ้น (ธีระ, 2528) เป็นการผสมผสานรูปแบบการเลี้ยงระหว่างแบบยืนโรงกับการเลี้ยงแบบปล่อยลานเข้าด้วยกัน และยังช่วยลดปัญหาเรื่องก๊ีบและข้อขา ปัญหาความเครียด รวมถึงเทคนิค วิธีการจัดการเรื่องพื้นคอกเพื่อลดปัญหาเรื่องมลภาวะทางกลิ่นและแมลงวันโดยการใช้ น้ำหมักชีวภาพฉีดพ่นพื้นคอก และยังช่วยย่อยสลายวัสดุรองพื้นของมูลและฉีโคให้เข้าด้วยกัน แล้วกลายเป็นปุ๋ยหมักคุณภาพสูง (สุทัศน์ และคณะ มปป.)

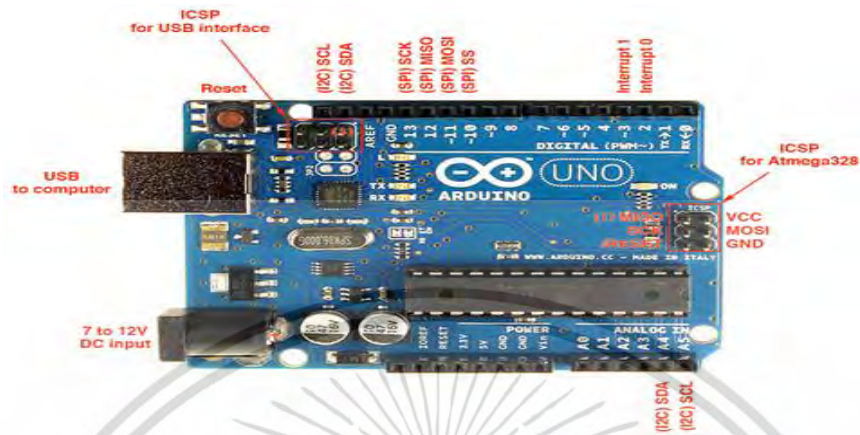
โครงการย่อยที่ 4 : เครื่องวัดและแสดงผลความเค็ม ธาตุอาหาร อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเมล็ดและผลมะพร้าว

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีต่าง ๆ ที่นำไปใช้ในการสร้างหัวข้องานต่าง ๆ ในปีที่ 2 ของโครงการวิจัย “เครื่องวัดและแสดงผลความเค็ม ธาตุอาหาร อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์” อาทิเช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์ เซนเซอร์ DHT22 เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน จอ LCD รีเลย์ โซลินอยด์วาล์ว แผงโซล่าเซลล์ ระบบการให้น้ำแบบอัตโนมัติ ออปแอมป์ เครื่องวัดแร่ธาตุและพีเอช (Rapitest ทั้งแบบเข็มและแบบดิจิทัล) โดยรายละเอียดของหัวข้องานต่าง ๆ มีดังนี้

1. ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino)

Arduino เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ใช้งานได้ง่ายเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการเขียนโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชิ้นอื่น ๆ ให้ทำงานเป็นระบบตามที่ได้เขียนโปรแกรมไว้โดยการจ่ายและรับไฟอุปกรณ์นั้น ๆ เช่น จ่ายไฟให้เซนเซอร์

และหัวหน้าหมอกทำงานเมื่อปัจจัยเป็นไปตามที่ตั้งโปรแกรมไว้ ให้ทำงานและรับค่าที่ส่งกลับมาจาก เซนเซอร์เพื่อประมวลผล



ภาพที่ 4.1 บอร์ด Arduino และช่องเชื่อมต่อสายสัญญาณในการใช้งาน

โครงสร้างและช่องต่อของบอร์ด Arduino (บอร์ดที่ใช้: Arduino UNO R3) มีดังนี้

1. USB Port: ใช้สำหรับต่อกับ Computer เพื่ออัปเดตโปรแกรมเข้า MCU และจ่ายไฟให้กับบอร์ด
2. Reset Button: เป็นปุ่ม Reset ใช้กดเมื่อต้องการให้ MCU เริ่มการทำงานใหม่
3. ICSP ของ Atmega16U2 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Visual Com port บน Atmega16U2
4. I/O Port: Digital I/O ตั้งแต่ขา D0 ถึง D13 นอกจากนี้ บาง Pin จะทำหน้าที่อื่น ๆ เพิ่มเติมด้วย เช่น Pin0,1 เป็นขา Tx, Rx Serial และ Pin3, 5, 6, 9, 10 และ 11 เป็นขา PWM
5. ICSP Port: Atmega328 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Bootloader
6. MCU: Atmega328 เป็น MCU ที่ใช้บนบอร์ด Arduino
7. I/O Port เป็น Digital I/O และสามารถเปลี่ยนเป็นช่องรับสัญญาณอนาล็อก ตั้งแต่ขา A0-A5
8. Power Port: ไฟเลี้ยงของบอร์ดเมื่อต้องการจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอก ประกอบด้วยขาไฟเลี้ยง +3.3 V, +5V, GND, Vin
9. Power Jack: รับไฟจาก Adapter โดยที่แรงดันอยู่ระหว่าง 7-12 V
10. MCU ของ Atmega16U2 เป็น MCU ที่ทำหน้าที่เป็น USB to Serial โดย Atmega328 จะติดต่อกับ Computer ผ่าน Atmega16U2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เซนเซอร์ DHT22

เซนเซอร์ DHT22 ทำหน้าที่ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในตู้เพาะให้ค่าเป็นแบบดิจิทัล ใช้ขาสัญญาณดิจิทัลเพียงเส้นเดียวในการเชื่อมต่อแบบบิตอนุกรมสองทิศทาง (Serial Data, Bi-directional) โดยนำมาเชื่อมต่อกับ Arduino เพื่อให้บอร์ดสามารถสั่งงาน Relay ตัด-ต่อไฟเพื่อรักษาอุณหภูมิภายในตู้ตามที่เขียนโปรแกรมไว้

DHT22 Temperature-Humidity Sensor

- 3.3 to 6V power and I/O
- 1.5mA max current use during conversion
- 0-100% humidity readings with 2-5% accuracy
- -40 to 80°C temperature readings $\pm 0.5^\circ\text{C}$ accuracy
- Up to 0.5 Hz sampling rate (once every 2 seconds)
- 4 pins, 0.1" spacing

- 1) VCC
- 2) DATA (digital I/O)
- 3) Not-Connected (N.C.)
- 4) GND

- 1- Vcc
- 2- Data
- 3- n.c.
- 4- GND

Note: Connect a 1.7k or 10k resistor between VCC and the DATA pin

Embedded System Lab (ESL) @ KMUTNB, Thailand

2013-08-17

ภาพที่ 4.2 เซนเซอร์ DHT22

ข้อมูลเชิงเทคนิค (Technical details) คือ

1. ใช้แรงดันไฟเลี้ยงได้ในช่วง: 3.3V ถึง 5.5V DC (ดังนั้นจึงใช้ได้กับ 3.3V และ 5V)
2. วัดอุณหภูมิได้ในช่วง: -40 to 80°C ($\pm 0.5^\circ\text{C}$ accuracy)
3. วัดความชื้นสัมพัทธ์ได้ในช่วง: 0 - 100 RH% (2 - 5% accuracy)
4. อัตราการวัดสูงสุด: 0.5Hz
5. คอนเนคเตอร์แบบ 4 ขา (0.1" / 2.54mm spacing)

Pin 1 = VCC

Pin 2 = SDA (Serial data, bidirectional)

Pin 3 = N.C. (Not Connect)

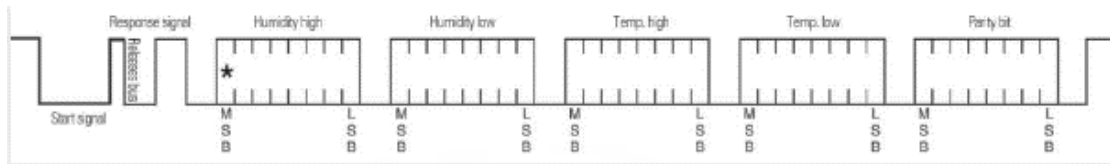
Pin 4 = GND

ในการอ่านข้อมูลจากไอซีนั้น จะใช้ขาสัญญาณเพียงเส้นเดียวคือ DATA (หรือ SDA) แบบสองทิศทาง และในสถานะปรกติสัญญาณ DATA จะเป็น HIGH ในการอ่านข้อมูลแต่ละครั้ง ไมโครคอนโทรลเลอร์จะต้องกำหนดให้ขา DATA เป็นเอาต์พุต และสร้างบิต START ซึ่งจะต้องเป็น LOW อย่างน้อย 800 μsec จากนั้นจึงให้เป็น HIGH อย่างน้อย 20 μsec หลังจากนั้นเป็นการรอการตอบกลับ (response) และจากไอซี ขา DATA จะถูกต้องเปลี่ยนเป็นอินพุต

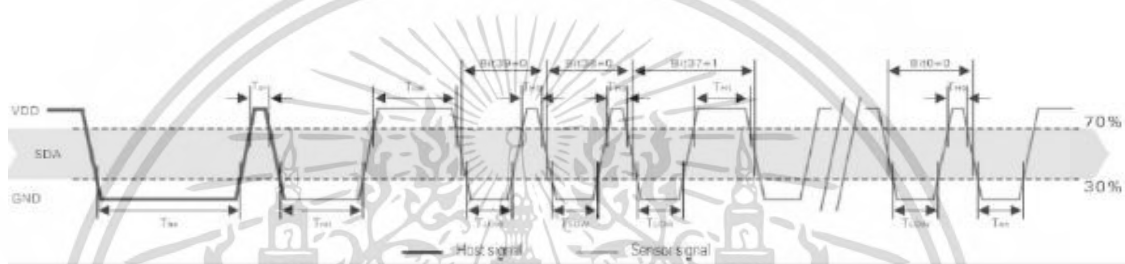
เริ่มต้นของการตอบกลับไอซี จะดึงสัญญาณลงเป็น LOW และปล่อยให้เป็น HIGH ช่วงละ 80 μsec โดยประมาณ (เรียกว่า Response Bit) จากนั้นจึงจะเป็นการส่งข้อมูลที่ละบิต รวม 40 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ช่วง LOW ตามด้วยช่วง HIGH) ช่วง LOW ของแต่ละบิตจะกว้างเท่ากัน แต่จะต่างกันในช่วง HIGH สำหรับบิตที่มีค่าเป็น 0 หรือ 1 (ใช้ความกว้างช่วง HIGH ในการจำแนกค่าของบิต)



ภาพที่ 4.3 ลำดับของข้อมูลบิตในการอ่านค่าจากไอซีทั้งหมด 5 ไบต์



ภาพที่ 4.4 ลำดับของข้อมูลบิตในการอ่านค่าจากไอซี

3. รีเลย์

รีเลย์ (Relay) เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็กดังแสดงในภาพที่ 2.5 เพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสของหน้าสัมผัสให้เปลี่ยนสถานะโดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดเพื่อทำการปิดหรือเปิดหน้าสัมผัสคล้ายกับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเราสามารถนำรีเลย์ไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมวงจรต่าง ๆ ในงานช่างอิเล็กทรอนิกส์มากมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.5 ลักษณะรีเลย์ที่มีตัวถังเป็นพลาสติกป้องกันฝุ่น

ส่วนประกอบหลักของรีเลย์ ได้แก่

1. ส่วนของขดลวด (Coil) เหนี่ยวนำกระแสต่ำ ทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้แก่โลหะไปกระตุ้นให้หน้าสัมผัสต่อกัน ทำงานโดยการรับแรงดันจากภายนอกต่อคร่อมที่ขดลวดเหนี่ยวนำนี้ เมื่อขดลวดได้รับแรงดัน (ค่าของแรงดันที่รีเลย์ต้องการขึ้นกับชนิดและรุ่นตามที่คุณผลิตกำหนด) จะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้แกนโลหะด้านในไปกระตุ้นให้แผ่นหน้าสัมผัสต่อกัน

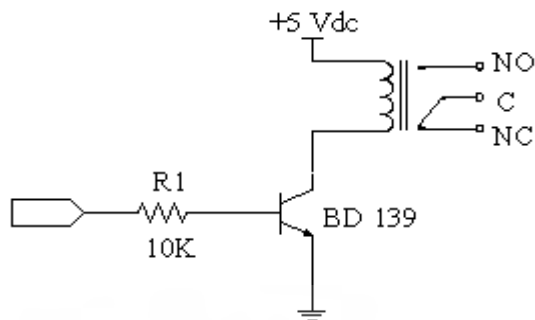
2. ส่วนของหน้าสัมผัส (Contact) ทำหน้าที่เหมือนสวิตช์จ่ายกระแสไฟให้กับอุปกรณ์ที่ต้องการ

จุดต่อใช้งานมาตรฐาน มีดังนี้

1. จุดต่อเอ็นซี (NC) ย่อมาจาก (Normal Close) หมายความว่าปกติปิดหรือหากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะติดกัน โดยทั่วไป เรามักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการให้ทำงานตลอดเวลา

2. จุดต่อเอ็นโอ (NO) ย่อมาจาก (Normal Open) หมายความว่าปกติเปิด หรือหากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะไม่ติดกัน โดยทั่วไป เรามักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการควบคุมการเปิดปิด เช่น โคมไฟสนามหน้าบ้าน

3. จุดต่อซี (C) ย่อมาจาก (Common) คือ จุดรวมที่ต่อมาจากแหล่งจ่ายไฟ



ภาพที่ 4.6 การต่อใช้งานรีเลย์

รีเลย์เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์มีหลักการการทำงานคล้ายกับขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าหรือโซลินอยด์ (Solenoid) รีเลย์ใช้ในการควบคุมวงจรไฟฟ้าได้อย่างหลากหลาย รีเลย์เป็นสวิตช์ควบคุมที่ทำงานด้วยไฟฟ้า ดังนั้น เราจึงจำแนกรีเลย์แบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. รีเลย์กำลัง (Power Relay) หรือที่เรามักจะเรียกกันในชื่อว่าคอนแทคเตอร์ (Contactor or Magnetic contactor) ใช้ในการควบคุมไฟฟ้ากำลัง มีขนาดใหญ่กว่ารีเลย์ธรรมดา
2. รีเลย์ควบคุม (Control Relay) มีขนาดเล็กกำลังไฟฟ้าต่ำ ใช้ในวงจรควบคุมทั่วไปที่มีกำลังไฟฟ้าไม่มากนัก หรือเพื่อการควบคุมรีเลย์หรือคอนแทคเตอร์ขนาดใหญ่ รีเลย์ควบคุมบางที่เรียกกันง่าย ๆ ว่า "รีเลย์"

ข้อคำนึงในการใช้งานรีเลย์ทั่วไป มีดังนี้

1. แรงดันใช้งานหรือแรงดันที่ทำให้รีเลย์ทำงานได้หากเราดูที่ตัวรีเลย์จะระบุค่าแรงดันใช้งานไว้ (หากใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนมากจะใช้แรงดันกระแสตรงในการใช้งาน) เช่น 12 โวลต์ คือต้องใช้แรงดันที่ 12 โวลต์ เท่านั้นหากใช้มากกว่านี้ขดลวดภายในตัวรีเลย์อาจจะขาดได้ หรือ หากใช้แรงดันต่ำกว่ามาก รีเลย์จะไม่ทำงาน ส่วนในการต่อวงจรนั้นสามารถต่อขั้วใดก็ได้ เพราะตัวรีเลย์จะไม่ระบุขั้วต่อไว้ (นอกจาก รีเลย์ชนิดพิเศษ)

2. การใช้งานกระแสผ่านหน้าสัมผัส ซึ่งที่ตัวรีเลย์จะระบุไว้ เช่น 10 แอมแปร์ 220 โวลต์ คือหน้าสัมผัสของรีเลย์นั้นสามารถทนกระแสได้ 10 แอมแปร์ ที่ 220 โวลต์ แต่การใช้ก็ควรจะใช้งานที่ระดับกระแสต่ำกว่านี้จะเป็นการดีกว่า เพราะถ้ากระแสมาก หน้าสัมผัสของรีเลย์จะละลายและเสียหายได้

3. จำนวนหน้าสัมผัส ควรดูว่ารีเลย์นั้นมีหน้าสัมผัสให้ใช้งานกี่อันและมีขั้วคอมมอนด้วยหรือไม่

คุณสมบัติที่ดีของรีเลย์ มีดังนี้

1. ต้องมีความไว (Sensitivity) คือ มีความสามารถในการตรวจพบสิ่งที่ผิดปกติเพียงเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. มีความเร็วในการทำงาน (Speed) คือ ความสามารถที่จะทำงานได้รวดเร็วทันใจ ไม่ทำให้เกิดความเสียหายแก่อุปกรณ์และไม่กระทบกระเทือนต่อระบบ โดยทั่วไป เวลาที่ใช้ในการตัดวงจรจะขึ้นอยู่กับระดับของแรงดันของระบบด้วย เช่น

ระบบ 6-10 เควี จะต้องตัดวงจรภายในเวลา 1.5-3.0 วินาที

ระบบ 100-220 เควี จะต้องตัดวงจรภายในเวลา 0.15-0.3 วินาที

ระบบ 300-500 เควี จะต้องตัดวงจรภายในเวลา 0.1-0.12 วินาที

4. จอ LCD (Liquid Crystal Display)

LCD (LCD กับ Arduino, 2559) เป็นจอที่ทำมาจากผลึกคริสตัลเหลว หลักการ คือ ด้านหลังจอจะมีไฟส่องสว่างหรือที่เรียกว่า backlight อยู่และเมื่อมีการปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าไป กระตุ้นที่ผลึกก็จะทำให้ผลึกโปร่งแสงและทำให้แสงที่มาจากไฟ backlight แสดงขึ้นมาบนหน้าจอ ส่วนอื่นที่โดนผลึกปิดกั้นไว้ก็จะไม่สว่าง ผลึกจะมีสีที่แตกต่างกันตามสีของผลึกคริสตัล เช่น สีเขียวหรือสีฟ้า ฯลฯ ทำให้เมื่อมองไปที่จอก็จะพบกับตัวหนังสือ แล้วพบกับพื้นหลังสีต่าง ๆ กัน จอ LCD เป็นจอแสดงผลภาพแบบหนึ่งที่นิยมนำมาใช้งานกับระบบสมองกลฝังตัวอย่างแพร่หลาย จอ LCD มีทั้งแบบแสดงผลเป็นตัวอักษรเรียกว่า Character LCD ซึ่งมีการกำหนดตัวอักษรหรืออักขระที่สามารถแสดงผลไว้ได้อยู่แล้วและแบบที่สามารถแสดงผลเป็นภาพภาพหรือสัญลักษณ์ได้ตามความต้องการของผู้ใช้งานเรียกว่า Graphic LCD นอกจากนี้บางชนิดเป็นจอที่มีการผลิตขึ้นมาใช้เฉพาะงาน ทำให้มีภาพแบบและภาพร่างเฉพาะเจาะจงในการแสดงผล เช่น นาฬิกาดิจิตอล เครื่องคิดเลขหรือหน้าปัดวิทยุ เป็นต้น จอ LCD แบ่งเป็น 2 แบบหลัก ๆ ตามลักษณะการแสดงผลดังนี้

1. Character LCD เป็นจอที่แสดงผลเป็นตัวอักษรตามช่องแบบตายตัว เช่น จอ LCD ขนาด 16*2 หมายถึง ใน 1 แถวมีตัวอักษรใส่ได้ 16 ตัว และมีทั้งหมด 2 บรรทัดให้ใช้งาน และส่วน 20*4 จะหมายถึง ใน 1 แถวมีตัวอักษรใส่ได้ 20 ตัว และมีทั้งหมด 2 บรรทัด

2. Graphic LCD เป็นจอที่สามารถกำหนดได้ว่าจะให้แต่ละจุดบนหน้าจอขึ้นแสงหรือปล่อยแสงออกไป ทำให้จอนี้สามารถสร้างภาพขึ้นมาบนหน้าจอได้ การระบุขนาดจะระบุในลักษณะของจำนวนจุด (pixels) ในแต่ละแนว เช่น 128*64 คือจอที่มีจุดตามแนวนอน 128 จุด และมีจุดตามแนวตั้ง 64 จุด

หลักการทำงานอาศัยของเหลวพิเศษที่มีคุณสมบัติการบิดแกนโพลาไรซ์ของแสง ถ้าจ่ายแรงดันไฟฟ้าเข้าไประหว่างสารเหลวนี้โมเลกุลจะบิดตัวและทำให้แสงไม่สามารถผ่านกระจกออกมาได้ ถ้าไม่มีการจ่ายแรงดันไฟฟ้าแสงจะทะลุผ่านออกมาได้ดังแสดงในภาพที่ 2.7 อธิบายการทำงานเกิดจากกระจกโพลาไรซ์ 2 แผ่น ที่มีแกนตั้งฉากกันแสงจะไม่สามารถลอดผ่านออกมาได้เปรียบเหมือนเอาแว่นตาโพลาไรซ์สองอันมาบิดทำมุมตั้งฉากกันแสงจะไม่ลอดผ่านและมีการค้นพบว่าเมื่อของเหลวชนิดหนึ่งที่ปกติแล้วจะสามารถ "บิดแกนโพลาไรซ์ของแสง" ได้ จึงเกิดความคิดเอามาทำจอ LCD โครงสร้างของ LCD ทั่วไปจะประกอบขึ้นด้วยแผ่นแก้ว 2 แผ่นประกบกันอยู่ โดยเว้นช่องว่างตรงกลาง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไว้ 6-10 ไมโครเมตร ผิวด้านในของแผ่นแก้วจะเคลือบด้วยตัวนำไฟฟ้าแบบใส เพื่อใช้แสดงตัวอักษรตรงกลางระหว่างตัวนำไฟฟ้าแบบใสกับผลึกเหลว มีชั้นของสารที่ทำให้โมเลกุลของผลึกรวมตัวกันในทิศทางที่แสงส่องมากระทบ เรียกว่า Alignment Layer และผลึกเหลวที่ใช้โดยทั่วไปจะเป็นแบบ Magnetic โดย LCD สามารถแสดงผลให้เรามองเห็นได้ทั้งหมด 3 แบบด้วยกัน ดังนี้

1. แบบใช้การสะท้อนแสง (Reflective Mode) โดย LCD แบบนี้ใช้สารประเภทโลหะเคลือบอยู่ที่แผ่นหลังของ LCD ซึ่ง LCD ประเภทนี้เหมาะกับการนำมาใช้งานในที่ที่มีแสงสว่างเพียงพอ
2. แบบใช้การส่องผ่าน (Transitive Mode) โดย LCD แบบนี้วางหลอดไฟไว้ด้านหลังจอเพื่อทำให้การอ่านค่าที่แสดงผลทำได้ชัดเจน
3. แบบส่องผ่านและสะท้อน (Transflective Mode) โดย LCD แบบนี้เป็นการนำเอาข้อดีของจอแสดงผล LCD ทั้ง 2 แบบมารวมกัน

ในบทนี้จะกล่าวถึงจอ LCD ที่แสดงผลเป็นอักขระหรือตัวอักษร ตามท้องตลาดทั่วไปจะมีหลายแบบด้วยกัน มีทั้ง 16 ตัวอักษร 20 ตัวอักษรหรือมากกว่าและจำนวนบรรทัดจะมีตั้งแต่ 1 บรรทัด 2 บรรทัด 4 บรรทัดหรือมากกว่า ตามแต่ความต้องการและลักษณะของงานที่ใช้หรืออาจจะมีแบบสั่งทำเฉพาะงานก็เป็นได้ โดยจะยกตัวอย่างจอ LCD ขนาด 16*2 character (16 ตัวอักษร 2 บรรทัด) สามารถหาซื้อได้ง่ายและมีราคาไม่สูง เหมาะสมกับการใช้งานแสดงผลไม่มากในหน้าจอดีเดียว จอ LCD 16*2 character ที่นิยมวางจำหน่ายจะมีอยู่ 2 แบบด้วยกัน คือ LCD แบบปกติที่เชื่อมต่อแบบขนาน (Parallel) และ LCD แบบที่เชื่อมต่ออนุกรม (Serial) แบบ I2C โดยทั้ง 2 แบบ ตัวจอมีลักษณะเดียวกันเพียงแต่แบบ I2C จะมีบอร์ดเสริมทำให้สื่อสารแบบ I2C ได้เชื่อมต่อได้สะดวกขึ้น ดังแสดงใน (ภาพที่ 4.7)



ภาพที่ 4.7 จอ LCD 16*2 character (I2C)

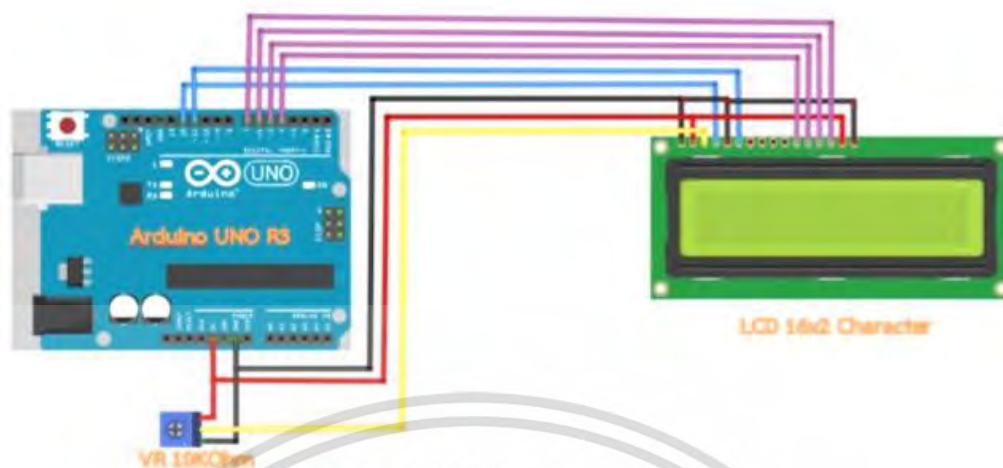
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการควบคุมหรือสั่งงาน โดยทั่วไปจอ LCD จะมีส่วนควบคุม (controller) ที่อยู่ในตัวแล้ว ผู้ใช้สามารถส่งรหัสคำสั่งสำหรับควบคุมการทำงานของจอ LCD (I2C) เช่นเดียวกันกับจอ LCD แบบธรรมดา พุดง่าย ๆ คือ รหัสคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมนั้นเหมือนกัน แต่ต่างกันตรงที่ภาพแบบในการรับส่งข้อมูล โดยจอ LCD 16*2 ที่มีการส่งข้อมูลภาพแบบ I2C ที่ใช้ขาเพียง 4 ขาที่ใช้ในการเชื่อมต่อเท่านั้น ในการควบคุมหรือสั่งงานจอ LCD Controller ของจอนี้เป็น Hitachi เบอร์ HD44780 และขาในการเชื่อมต่อระหว่าง LCD กับ Arduino มีดังนี้

1. GND เป็นกราวด์ใช้ต่อระหว่าง Ground ของ Arduino กับ LCD
2. V_{CC} เป็นไฟเลี้ยงวงจรที่ป้อนให้กับ LCD ขนาด +5V DC
3. V_O ใช้ปรับความสว่างของหน้าจอ LCD
4. RS ใช้บอกให้ LCD Controller ทราบว่า Code ที่ส่งมาจากขา Data เป็นคำสั่งหรือข้อมูล
5. R/W ใช้กำหนดว่าจะอ่านหรือเขียนข้อมูลกับ LCD Controller
6. E เป็นขา Enable หรือ Chips Select เพื่อกำหนดการทำงานให้กับ LCD Controller
7. DB0-DB7 เป็นขาสัญญาณ Data ใช้สำหรับเขียนหรืออ่านข้อมูลหรือคำสั่งกับ LCD Controller

วิธีการสั่งงานจะแตกต่างกันไปโดย LCD Controller สามารถรับรหัสคำสั่งจาก Arduino ได้จากสัญญาณ RS, R/W และ DB0-DB7 ในขณะที่สัญญาณ E มีค่า Logic เป็น “1” ซึ่งสัญญาณเหล่านี้จะใช้ร่วมกันเพื่อกำหนดเป็นรหัสคำสั่งสำหรับสั่งงาน LCD โดยหน้าที่ของแต่ละสัญญาณสรุปได้ดังนี้

1. E เป็นสัญญาณ Enable เมื่อมีค่าเป็น “1” เป็นการบอกให้ LCD ทราบว่าอุปกรณ์ภายนอกต้องการติดต่ออ่านหรือเขียนข้อมูล “0” ให้ LCD ไม่สนใจสัญญาณ RS R/W และ DB7-DB0
2. RS เป็นสัญญาณสำหรับกำหนดให้ LCD ทราบว่าอุปกรณ์ภายนอกต้องการติดต่อกับ LCD ในขณะนั้นเป็นรหัสคำสั่งหรือข้อมูล
3. R/W เป็นสัญญาณสำหรับบอกให้ LCD ทราบว่าอุปกรณ์ภายนอกต้องการอ่านหรือเขียนกับ LCD โดย R/W = “0” หมายถึง เขียน และ R/W = “1” หมายถึง อ่าน
4. DB0-DB7 เป็นสัญญาณแบบ 2 ทิศทาง โดยจะสัมพันธ์กับสัญญาณ R/W ใช้สำหรับรับคำสั่งและข้อมูลระหว่าง LCD กับอุปกรณ์ภายนอก โดยถ้า R/W = “0” สัญญาณ DB7-DB0 จะส่งจากอุปกรณ์ภายนอกมาที่ LCD แต่ถ้า R/W = “1” สัญญาณ DB7-DB0 จะส่งจาก LCD ไปยังอุปกรณ์ภายนอก

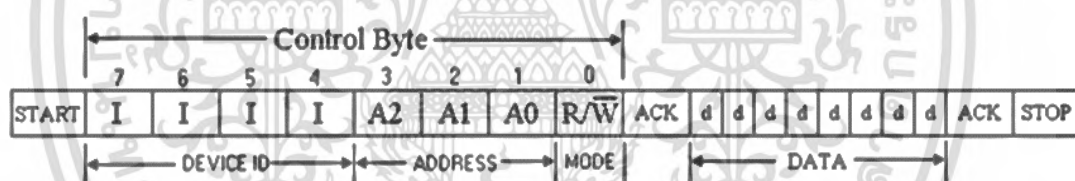


ภาพที่ 4.8 ขาที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับ Arduino UNO R3

การเชื่อมต่อสัญญาณขาข้อมูลระหว่าง Arduino กับ LCD Controller สามารถทำได้ 2 ลักษณะ คือ การเชื่อมต่อแบบ 8 บิต (DB0-DB7) และการเชื่อมต่อแบบ 4 บิต (DB4-DB7) ทั้งสองแบบแตกต่างกันเพียงจำนวนขาที่ใช้คือ 8 หรือ 4 ขา และยังสามารถทำงานได้เหมือนกัน อย่างที่แน่นอนในการส่งข้อมูลแบบ 4 ขา ผลย่อมทำได้ช้ากว่า 8 ขา แต่ไม่ได้ช้ามากจนสังเกตได้ด้วยสายตา ในการต่อกับ Arduino นั้นจึงนิยมต่อเพียง 4 ขาหรือ 4 บิตเท่านั้น เพื่อเป็นการประหยัดขาในการต่อใช้งานไปไว้ต่อกับอุปกรณ์อื่น ตัวอย่างเช่น Arduino UNO R3 นั้นมีขาให้ใช้งานค่อนข้างน้อยดังแสดงในภาพที่ 4.8 ซึ่งการเชื่อมต่อกันระหว่างขาของ Arduino UNO R3 และขาของจอ LCD 16*2 ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การเชื่อมต่อกันระหว่างขาของ Arduino UNO R3 และ ขาของจอ LCD 16*2

VR 10 k Ω	LCD	Arduino
GND	VSS/GND	Ground
VCC	VDD	5 VDC
signal	VO/VEE	-
-	RS	Digital Pin 12
-	RW	Ground (เพราะเราต้องการเขียน)
-	E/EN	Digital Pin 11
-	DB4	Digital Pin 4
-	DB5	Digital Pin 5
-	DB6	Digital Pin 6
-	DB7	Digital Pin 7
-	A	5 VDC
-	K	Ground



ภาพที่ 4.9 การรับ-ส่งข้อมูล แบบ I2C BUS

ลำดับขั้นตอนการการรับ-ส่งข้อมูลแบบ I2C BUS ดังแสดงในภาพที่ 4.9 มีดังนี้

1. MCU จะทำการส่งสถานะเริ่มต้น (START) เพื่อแสดงการขอใช้บัส
2. แล้วตามด้วยรหัสควบคุม (Control Byte) ซึ่งประกอบด้วยรหัสประจำตัวอุปกรณ์ Device ID, Device Address และ Mode ในการเขียนหรืออ่านข้อมูล
3. เมื่ออุปกรณ์รับทราบว่า MCU ต้องการจะติดต่อกับ ก็จะต้องส่งสถานะแสดงว่ารับรู้ (acknowledge) หรือแจ้งให้ MCU รับรู้ว่าข้อมูลที่ได้ส่งมามีความถูกต้อง
4. เมื่อสิ้นสุดการส่งข้อมูล MCU จะต้องส่งสถานะสิ้นสุด (STOP) เพื่อแจ้งสิ้นสุดการใช้บัสแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน

เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน (Soil Moisture Sensor) ใช้วัดความชื้นในดินหรือใช้เป็นเซนเซอร์น้ำ สามารถต่อใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้อนาล็อกอินพุตอ่านค่าความชื้น หรือเลือกใช้สัญญาณดิจิทัลที่ส่งมาจากโมดูล สามารถปรับความไวได้ด้วยการปรับ Trimpot โดยเซนเซอร์ที่ใช้วัดความชื้นในดินในโครงการวิจัยนี้เป็นแบบ Capacitive Soil Moisture Sensor V1.2 Corrosion Resistant With Cable Wire ดังแสดงในภาพที่ 4.10 ซึ่งเป็นเซนเซอร์ที่มีคุณภาพอย่างดีและไม่สึกกร่อนเนื่องจากการเคลือบสารที่ป้องกันการเกิดออกไซด์ของธาตุหรือสารประกอบต่าง ๆ ในดินได้เป็นอย่างดี



ภาพที่ 4.10 เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน

หลักการทำงาน

การใช้งาน จะต้องเสียบแผ่น PCB สำหรับวัดลงดิน เพื่อให้วงจรแบ่งแรงดันทำงานได้ครบวงจร จากนั้นจึงใช้วงจรเปรียบเทียบแรงดันโดยใช้ไอซีออปแอมป์เบอร์ LM393 เพื่อวัดแรงดันเปรียบเทียบกันระหว่างแรงดันที่วัดได้จากความชื้นในดิน กับแรงดันที่วัดได้จากวงจรแบ่งแรงดันปรับค่าโดยใช้ Trimpot หากแรงดันที่วัดได้จากความชื้นของดิน มีมากกว่า ก็จะทำให้วงจรปล่อยลอจิก 1 ไปที่ขา D0 แต่หากความชื้นในดินมีน้อย ลอจิก 0 จะถูกปล่อยไปที่ขา D0 ขา A0 เป็นขาที่ต่อโดยตรงกับวงจรที่ใช้วงความชื้นในดิน ซึ่งให้ค่าแรงดันออกมาตั้งแต่ 0 - 5V (ในทางอุดมคติ) โดยหากความชื้นในดินมีมาก แรงดันที่ปล่อยออกไปก็จะน้อยตามไปด้วย ในลักษณะของการแปรผกผัน

ในการวัดค่าความชื้นในดินนั้น จะต้องนำเอาแท่งอิเล็กโทรดปักลงไปในพื้นที่ที่ต้องการวัดซึ่งก็จะสามารถอ่านค่าความชื้นของดินได้ หลักการ คือ การวัดค่าความต้านทานระหว่างอิเล็กโทรด 2 ข้าง ในภาพที่ 4.10 ในกรณีที่อ่านค่าความต้านทานได้น้อย ก็แปลว่ามีความชื้นในดินมาก หรือดินชุ่มชื้นไม่ต้องรดน้ำ ในกรณีที่อ่านค่าความต้านทานได้มาก ก็แปลว่ามีความชื้นในดินน้อย หรือดินแห้งอาจจะต้องรดน้ำ ในส่วนของ Soil moisture sensor module นี้สามารถให้ค่าได้ 2 แบบ คือ

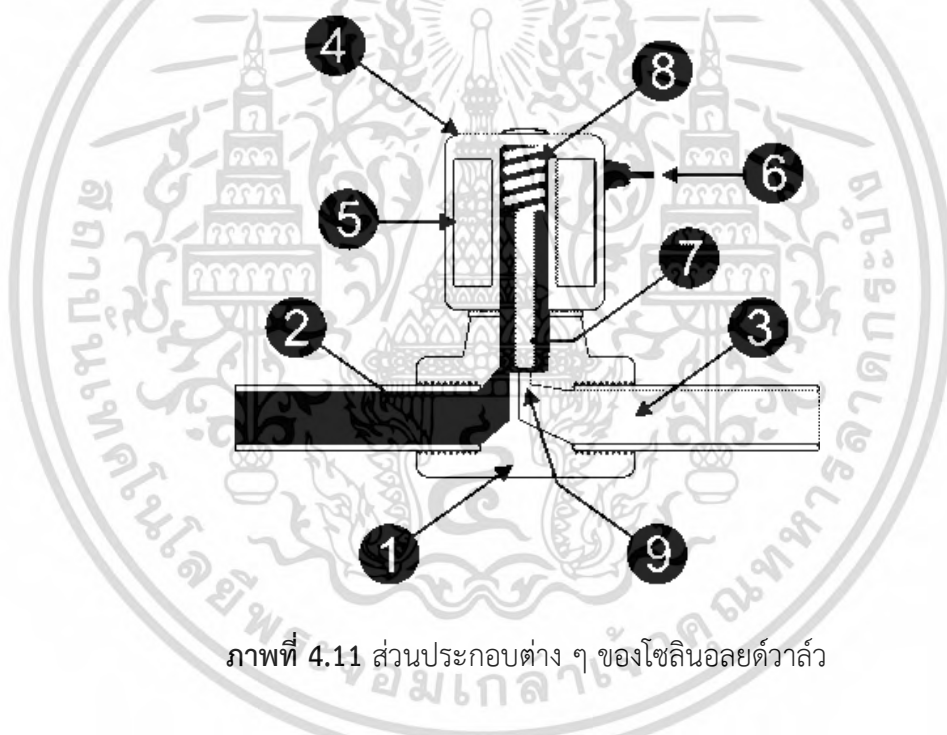
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. อ่านค่าเป็นแบบ Analog หมายถึงอ่านค่าความชื้นและให้ค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1024
2. อ่านค่าเป็นแบบ Digital โดยเปรียบเทียบกับค่าที่ตั้งไว้ ถ้ามากกว่าก็ให้ logic HIGH ถ้าต่ำกว่าก็ LOW

จากนั้นค่าที่อ่านได้ก็จะเอาไปอินให้กับวงจรเปรียบเทียบแรงดัน IC LM393 (dual differential comparators) โดยตั้งค่าได้จาก Variable Resistor ซึ่งเป็นการปรับค่าแรงดันที่ใช้ในการเปรียบเทียบ

6. โซลินอยด์วาล์ว

โซลินอยด์วาล์วประกอบด้วยแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับทำหน้าที่ปิดเปิดวาล์วเมื่อเปิดและปิดสวิทช์ เมื่อกระแสไหลผ่านขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะดูดเต็ยวาล์วเพื่อเปิดวาล์ว และเมื่อปิดสวิทช์ตัดกระแสไฟฟ้าเต็ยวาล์วจะกลับไปสู่ตำแหน่งเดิมโดยน้ำหนักของตัวเองเพื่อปิดวาล์ว



ภาพที่ 4.11 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของโซลินอยด์วาล์ว

ส่วนประกอบต่าง ๆ ของโซลินอยด์วาล์ว มีดังนี้

1. Valve Body (ตัวเลื่อนของวาล์ว)
2. Inlet Port (ท่อทางเข้า)
3. Outlet Port (ท่อทางออก)
4. Coil / Solenoid (ตัวโซลินอยด์)
5. Coil Windings (คอยล์เมื่อจ่ายกระแสเข้าไปแล้วทำหน้าที่เหมือนแม่เหล็ก)
6. Lead Wires (ตัวต่อสายไฟ)
7. Plunger (ลูกสูบปิดเปิดน้ำส่วนหัวจะมียางด้วย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

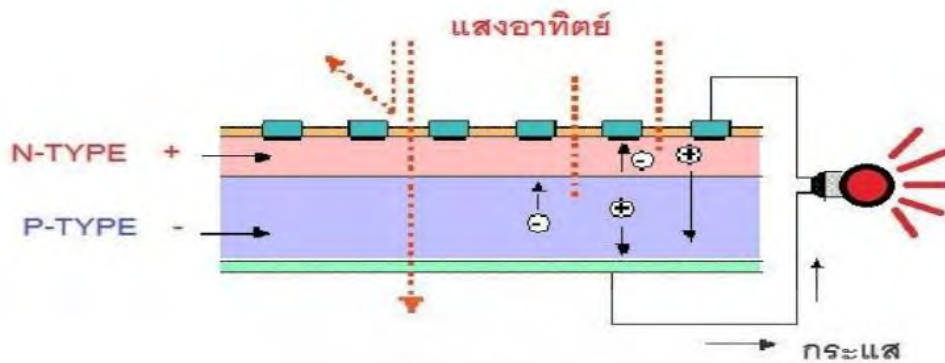
8. Spring (สปริง มีหน้าที่ดันให้ Plunger ลูกสูบปิดอยู่ตลอด)
9. Orifice (ปากทางน้ำออก)

หลักการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว (Solenoid valve) มีดังนี้

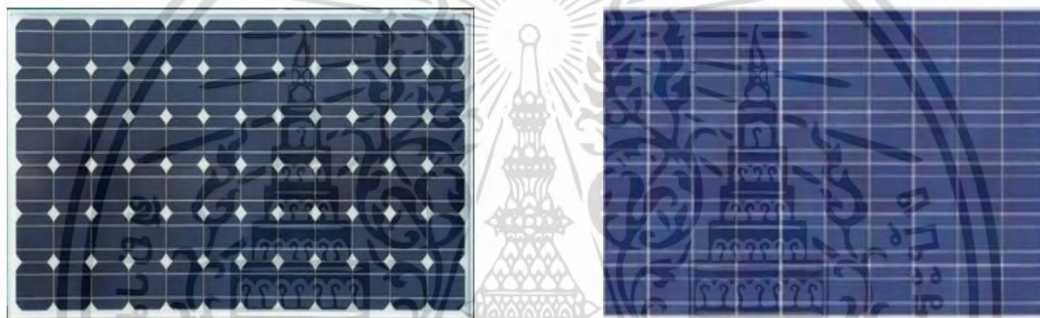
โซลินอยด์ (Solenoid) เป็นอุปกรณ์แม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ที่มีหลักการทำงานคล้ายกับรีเลย์ ภายในโครงสร้างของโซลินอยด์จะประกอบด้วยขดลวดที่พันอยู่รอบแท่งเหล็กที่ภายในประกอบด้วยแม่เหล็กชุดบนกับชุดล่าง เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดที่พันรอบแท่งเหล็ก ทำให้แท่งเหล็กชุดล่างมีอำนาจแม่เหล็กดึงแท่งเหล็กชุดบนลงมาสัมผัสกันทำให้ครบวงจรทำงาน เมื่อวงจรถูกตัดกระแสไฟฟ้าทำให้แท่งเหล็กส่วนล่างหมดอำนาจแม่เหล็ก สปริงก็จะดันแท่งเหล็กส่วนบนกลับสู่ตำแหน่งปกติ จากหลักการดังกล่าวของโซลินอยด์ก็จะนำมาใช้ในการเคลื่อนลิ้นวาล์วของระบบนิวแมติกส์ การปิด-เปิดการจ่ายน้ำหรือของเหลวอื่น ๆ โครงสร้างของ Solenoid โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ เลื่อนวาล์วด้วยโซลินอยด์วาล์วกลับด้วยสปริง (Single Solenoid Valve) และเลื่อนวาล์วด้วยโซลินอยด์วาล์วกลับด้วยโซลินอยด์วาล์ว (Double Solenoid Valve) ในที่นี้ใช้แบบเลื่อนวาล์วด้วยโซลินอยด์วาล์วกลับด้วยสปริง (Single Solenoid Valve)

7. แผงโซลาร์เซลล์

โซลาร์เซลล์ (Solar Cell) หรือ PV (Photovoltaic) หรือโซลาร์เซลล์ เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นอุปกรณ์สำหรับการเปลี่ยนพลังงาน จากแสงอาทิตย์ไปเป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงที่สามารถนำมาใช้งานได้ทันทีเมื่อมีแสงอาทิตย์มาตกกระทบบนหน้าแผงโซลาร์เซลล์ แต่ค่าแรงดันและกระแสที่ได้จะ มากหรือน้อย ขึ้นกับความเข้มของแสงอาทิตย์ที่มาตกกระทบรวมไปถึงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์จากโรงงานผู้ผลิต หัวข้อนี้จะกล่าวถึงชนิดของโซลาร์เซลล์ที่มี การผลิตจำหน่ายในปัจจุบันและการนำแผงโซลาร์เซลล์มาต่อใช้งานร่วมกันหลาย ๆ แผงหรือหลาย ๆ โมดูลเพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ การเลือกจัดหาอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้กับระบบให้เหมาะสมกับการใช้งาน และการจัดหาอุปกรณ์ที่เกี่ยวกับพลังงานทดแทนมีจำหน่ายในปัจจุบัน



ภาพที่ 4.12 หลักการทำงานเบื้องต้นของโซลาร์เซลล์ (Solar Cell)



ภาพที่ 4.13 Monocrystalline Silicon Solar Cell และ Polycrystalline Silicon Solar Cell

ชนิดของโซลาร์เซลล์ แบ่งตามวัสดุที่ใช้ผลิตแบ่งเป็น 3 ชนิดหลัก ๆ คือ

1. โซลาร์เซลล์ที่ทำจากซิลิคอนชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline Silicon Solar Cell) หรือที่รู้จักกันในชื่อ Monocrystalline Silicon Solar Cell มีประสิทธิภาพประมาณ 15-24 % และโซลาร์เซลล์ที่ทำจากซิลิคอนชนิดผลึกรวม (Polycrystalline Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นแผ่นซิลิคอนแข็งและบางมาก โดยมีประสิทธิภาพประมาณ 10-17 %
2. โซลาร์เซลล์ที่ทำจากอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นฟิล์มบาง มีน้ำหนักเบามาก โดยมีประสิทธิภาพประมาณ 5-13 %
3. โซลาร์เซลล์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำประเภทอื่น ๆ ได้แก่ แกลเลียมอาร์เซไนด์, แคดเมียมเทลลูไรด์ และคอปเปอร์อินเดียมไดเซเลไนด์ เป็นต้น ซึ่งจะมีทั้งชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline) และผลึกรวม (Polycrystalline) โซลาร์เซลล์ประเภทนี้จะมีราคาค่อนข้างสูงกว่า 2 ชนิดแรกและมีประสิทธิภาพสูงถึง 20-35 % โดยส่วนใหญ่จะนำไปใช้กับกิจการด้านอวกาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.14 Amorphous Silicon Solar Cell

คุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ (Solar Cell) หรือ PV Module

คุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ ส่วนที่สำคัญที่ต้องนำมาพิจารณาในการออกแบบระบบและการจัดหาอุปกรณ์ เพื่อป้องกันมิให้เกิดการเสียหายกับอุปกรณ์ที่จะนำมาต่อรวมกันเพื่อสร้างระบบการผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ มีส่วนที่สำคัญ ดังนี้

Peak Power (P max) (W)	คือ กำลังไฟฟ้าสูงสุดของโซลาร์เซลล์ มีหน่วยเป็น วัตต์
Operating Voltage (Vmp)	คือ แรงดันไฟฟ้าในขณะที่ต่อกับโหลด มีหน่วยเป็น โวลต์ (V)
Operating Current (Imp) (A)	คือ กระแสไฟฟ้าในขณะที่ต่อโหลด มีหน่วยเป็น แอมป์
Open Circuit Voltage (Voc)	คือ แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด มีหน่วยเป็น โวลต์ (V)
Short Circuit Current (Isc)	คือ กระแสไฟฟ้าลัดวงจร มีหน่วยเป็น แอมป์ (A)

โดยเราสามารถดูได้จากคุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ ตามคุณลักษณะของโรงงานผู้ผลิต ที่เราจะจัดหามาใช้งาน ดังภาพตัวอย่างด้านล่าง เป็นของแผงโซลาร์เซลล์ ยี่ห้อ SUNTECH ที่มีแรงดันใช้งาน 12 โวลต์ และ 24 โวลต์

การต่อโซลาร์เซลล์ (PV Module)

โซลาร์เซลล์ที่มีจำหน่ายโดยทั่วไปจะทำเป็นแผงหรือโมดูล (PV Module) โดยโมดูลประกอบไปด้วยโซลาร์เซลล์หลาย ๆ เซลล์มาประกอบเข้าด้วยกัน แล้วใช้กระจกเป็นแผ่นปิดด้านบน ส่วนด้านล่างจะปิดด้วยวัสดุที่เหมาะสมตามที่โรงงานผลิต ซึ่งจะช่วยป้องกันโซลาร์เซลล์จากความชื้น การขีดข่วน การแตกหักจากการกระแทก ขนาดของแผงโซลาร์เซลล์จะบอกขนาดเป็นวัตต์ เช่น 40 W, 80 W, 150 W, 300 W เป็นต้น ส่วนค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงของแผงโซลาร์เซลล์ จะต้องดูจากคุณสมบัติทางไฟฟ้าของแต่ละผู้ผลิตตามรุ่น/ยี่ห้อ นั้น ๆ โดยทั่วไปที่มีจำหน่ายจะให้แรงดันไฟฟ้าใช้งานอยู่ที่ 12 Volts หรือ 24 Volts (ดังแสดงในภาพที่ 2.15 และ 2.16 ตามลำดับ) ส่วนแรงดันสูงสุดขณะต่อกับโหลดจะมีค่าสูงกว่าแรงดันใช้งาน เช่น แผงโซลาร์เซลล์ ขนาด 80 W แรงดันใช้งานจะเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12 Volts แต่จะให้แรงดันสูงสุดขณะต่อโหลดประมาณ 18 Volts ส่วนแผงโซลาร์เซลล์ ขนาด 280 W แรงดันใช้งานจะเป็น 24 Volts แต่จะให้แรงดันสูงสุดขณะต่อโหลดประมาณ 35 โวลต์

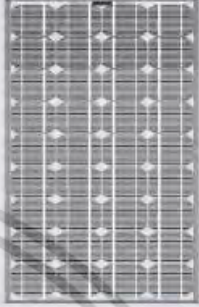
STP085S-12/Bb
STP075S-12/Bb
STP080S-12/Bb

Sunedge's STPEB features total efficiency of 13.1% which delivers the maximum power output at peak hours. Ideal for off-grid and remote power systems. With a 25 year warranty, the module has high efficiency and long-lasting operating time even in a variety of rigorous conditions. Unique textured cell surface and bypass diode design is critical for the module to fully utilize and absorb sunlight and offer maximum usable power per square foot of solar array.

Features and benefits:

- High efficiency
- Nominal 12 V DC for standard output
- Outstanding low-light performance
- High transparent low-iron, tempered glass
- Unique technology gives the panel following benefits: stiffness, appearance, withstands high wind-pressure and snow load, and easy installation
- Unique technology ensures that problems of scale frosting and soiling are well solved
- Designed to meet unique demands of customers
- 25 year module output guarantee

High Efficiency, High Quality
PV Module



MAACE

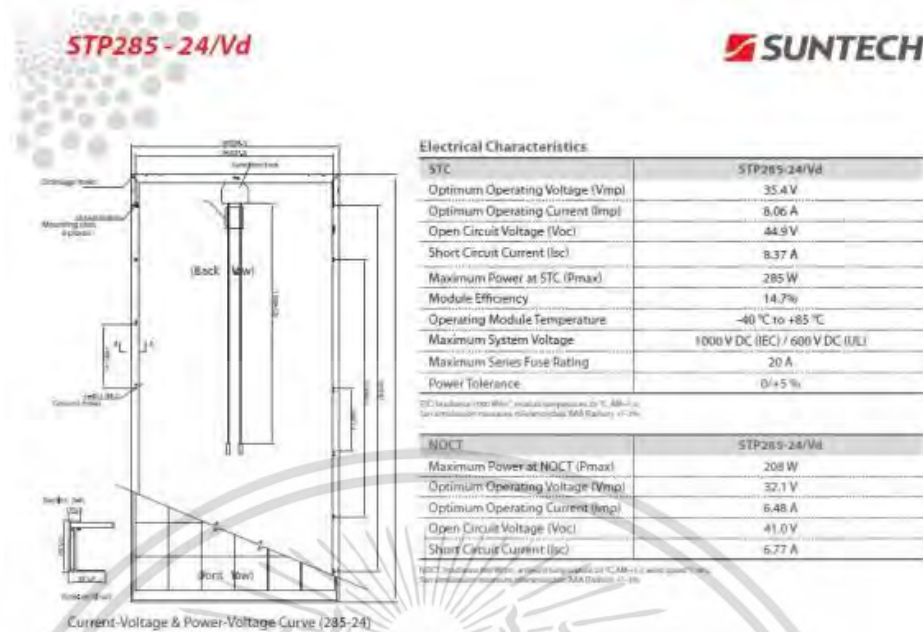
Electrical Characteristics

Model	STP085S-12/Bb	STP080S-12/Bb	STP075S-12/Bb
Open-circuit voltage (Voc)	22.2V	21.9V	21.7V
Optimum operating voltage (Vmp)	17.8V	17.5V	17.3V
Short-circuit current (Isc)	5.15A	4.95A	4.72A
Optimum operating current (Imp)	4.6A	4.58A	4.35A
Maximum power at STC (Pmax)	85Wp	80Wp	75Wp
Operating temperature	-40°C to +85°C	-40°C to +85°C	-40°C to +85°C
Maximum system voltage	715V DC	715V DC	715V DC

STC: irradiance 1000W/m², Module temperature 25°C, AM=1.5

ภาพที่ 4.15 ตัวอย่างคุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ ชนิดให้แรงดันใช้งาน 12 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.16 ตัวอย่างคุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ ชนิดให้แรงดันใช้งาน 24 โวลต์

การผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ เราสามารถนำแผงโซลาร์เซลล์ มาต่อกันแบบอนุกรม แบบขนาน หรือแบบผสมผสานเพื่อให้ได้ขนาดแรงดันและกระแสตามความต้องการ โดยการออกแบบเราต้องพิจารณาค่าแรงดันสูงสุดที่แผงโซลาร์เซลล์สามารถจ่ายออกมาได้ รวมทั้งความสามารถทนแรงดันสูงสุดในระบบของแผงโซลาร์เซลล์ ซึ่งแต่ละรุ่นอาจไม่เท่ากัน จะต้องดูจากคุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ตามรุ่น/ยี่ห้อ นั้น ๆ ที่เราจะจัดหามาใช้งาน

ข้อดีของระบบโซลาร์เซลล์

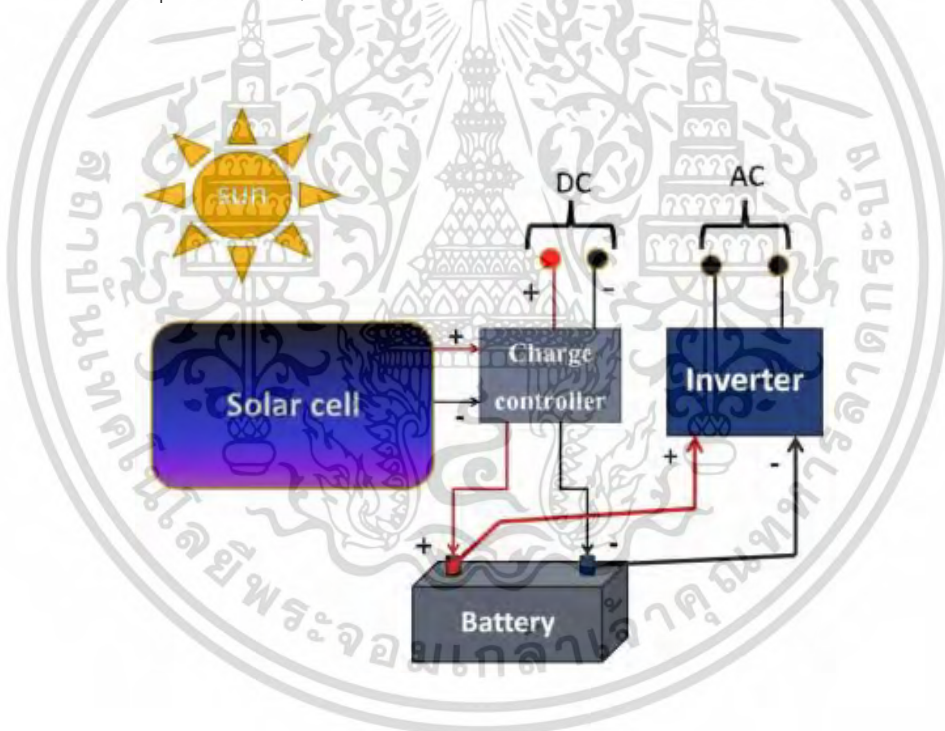
- โซลาร์เซลล์สามารถออกแบบและประยุกต์ใช้ได้หลากหลายรูปแบบการทำงานของระบบ การขยายขนาดระบบ รวมไปถึงการขนส่งทำได้ง่ายและสะดวก
- ใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ซึ่งมีอยู่อย่างมหาศาล เป็นพลังงานได้เปล่า และไม่มีวันหมด การทำงานของระบบโซลาร์เซลล์ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งถือว่าเป็นจุดเด่นของเทคโนโลยีนี้
- ระบบไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์สามารถใช้ผลิตไฟฟ้าได้ทั้งแบบรวมศูนย์ (Centralized) และแบบกระจายศูนย์ (Decentralize)
- ระบบไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ที่ได้รับการออกแบบอย่างถูกต้องและเหมาะสม จะมีค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง ดูแลรักษาที่ต่ำมาก และมีอายุการใช้งานนานกว่า 20 ปี มีความมั่นคงในระบบสูง (ยกเว้น แบตเตอรี่และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ที่นำมาต่อรวม อายุการใช้งานอาจสั้นลงตามแต่คุณภาพการผลิต)

ข้อจำกัดของระบบโซลาร์เซลล์

- เทคโนโลยีโซลาร์เซลล์ยังอยู่ในระหว่างการพัฒนา ราคาเริ่มต้นหรือเงินลงทุนของระบบยังสูง อยู่ซึ่งเป็นผลมาจากการที่ได้ใช้เงินลงทุนในการพัฒนาเทคโนโลยีอย่างมหาศาลในช่วงหลายปีที่ผ่านมา
- เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นประโยชน์ในการนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากผู้จัดทำเอกสารนี้ ผู้ใช้จะมีความผิดตามกฎหมายลิขสิทธิ์

• ปัจจุบันประสิทธิภาพการแปลงภาพพลังงานจากแสงอาทิตย์ให้เป็นไฟฟ้าของโซลาร์เซลล์ยังต่ำอยู่ ปริมาณและคุณภาพของแสงอาทิตย์ที่ขึ้นอยู่กับธรรมชาติ ทำให้ระบบโซลาร์เซลล์ต้องใช้พื้นที่ในการติดตั้งมาก ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วจะใช้พื้นที่ประมาณ 8 – 12 ตารางเมตรต่อการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์หนึ่งกิโลวัตต์สูงสุด

อุปกรณ์สำคัญของระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์แบบอิสระ (PV Stand alone system) นั้นมีแสดงในภาพที่ 4.17 โดยในการผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์นั้น เราสามารถนำแผงโซลาร์เซลล์ มาต่อกันแบบอนุกรม แบบขนาน หรือแบบผสมผสานเพื่อให้ได้ขนาดแรงดันและกระแสตามความต้องการ โดยการออกแบบเราต้องพิจารณาค่าแรงดันสูงสุดที่แผงโซลาร์เซลล์สามารถจ่ายออกมาได้ รวมทั้งความสามารถนแรงดันสูงสุดในระบบของแผงโซลาร์เซลล์ ซึ่งแต่ละรุ่นอาจไม่เท่ากัน จะต้องดูจากคุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ตามรุ่น/ยี่ห้อ นั้น ๆ ที่เราจะจัดหามาใช้งาน และดูรายละเอียดของการใช้งาน Charge controller, Inverter และ Battery ประกอบกับโซลาร์เซลล์ด้วย รายละเอียดของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เลือกใช้งานมีดังนี้



ภาพที่ 4.17 อุปกรณ์สำคัญของระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์แบบอิสระ

ที่มา: นพดล รุ่งสว่าง. การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell).

สำนักส่งเสริมและพัฒนางานเทคนิค กปส.)

1. โซลาร์เซลล์ (Solar Cell) หรือ (PV Module)

โซลาร์เซลล์เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ได้โดยตรง การกำหนดค่าแรงดันและกระแส สามารถออกแบบได้ตั้งข้อมูลที่ได้กล่าวมาข้างต้น

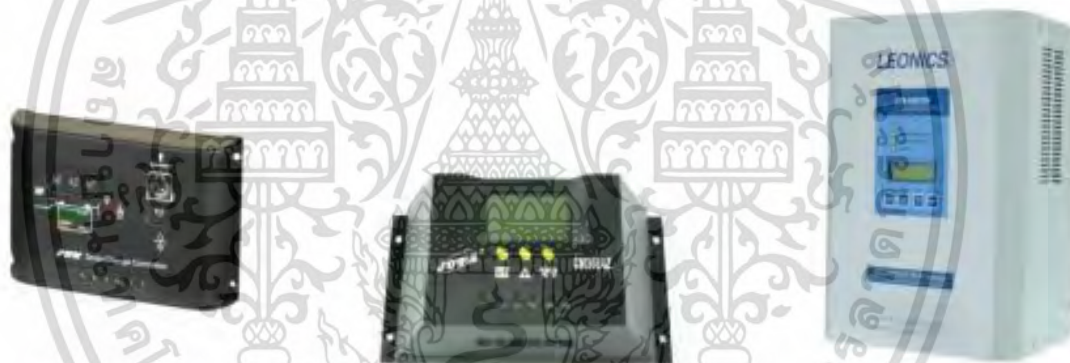
2. เครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ (Charge controller)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์มาเก็บสะสมไว้ในแบตเตอรี่โดยออกแบบวงจรควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าให้เหมาะสมกับขนาดของแบตเตอรี่ เพื่อยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ รวมถึงควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าออกจากแบตเตอรี่ผ่านเครื่องควบคุมด้วย ภาพตัวอย่างมีแสดงไว้ในภาพที่ 4.18

3. แบตเตอรี่ (Battery)

แบตเตอรี่เป็นตัวเก็บสะสมพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงโซลาร์เซลล์ไว้ใช้ ในเวลาที่ต้องการ เช่น เวลาที่ไม่มีแสงอาทิตย์ เวลากลางคืน รวมทั้งทำหน้าที่ในการควบคุมรักษาแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ในระบบไว้ในระดับที่ต้องการ และสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่องไม่ขาดหาย จ่ายกระแสได้ตามขนาดของแบตเตอรี่ แบตเตอรี่มีหลายชนิดและหลายขนาดให้เลือกใช้งานตามความเหมาะสม แต่แบตเตอรี่ที่ควรใช้กับระบบโซลาร์เซลล์ มีราคาที่เหมาะสม และถูกเลือกนำมาใช้งานในโครงการวิจัยนี้คือ แบตเตอรี่ชนิด Deep Cycle เป็นแบตเตอรี่ชนิดที่สามารถประจุไฟฟ้าได้แม้กระแสไหลเข้าน้อย ๆ และสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่อง โดยไม่เกิดการเสียหายของแผ่นเซลล์ภายในตัวแบตเตอรี่ ภาพตัวอย่างมีแสดงไว้ในภาพที่ 4.19



ภาพที่ 4.18 ภาพตัวอย่างเครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่



ภาพที่ 4.19 ภาพตัวอย่างแบตเตอรี่ชนิด Deep Cycle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter)

เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ถือว่ามีความสำคัญมากในระบบ และมีความซับซ้อนมากที่สุดของระบบโซลาร์เซลล์ มีหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรี่หรือแผงโซลาร์เซลล์ ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่ได้มาตรฐานเพื่อนำไปใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าและเครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับทั่วไป โดยการทำงานโดยทั่วไปใช้วงจรสวิชชิงทรานซิสเตอร์ (Switching transistor) ออกแบบให้ เปิด-ปิด วงจรกระแสตรงของทรานซิสเตอร์อย่างรวดเร็วร่วมกับขดลวดหรือหม้อแปลงไฟฟ้า จะทำให้สามารถแปลงไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ได้ โดยมีคุณภาพของแรงดันขาออก ตามการออกแบบและความซับซ้อนของวงจรเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (DC to AC) ซึ่งจะได้สัญญาณขาออก ในลักษณะต่าง ๆ ตามการออกแบบวงจร เช่น Square wave, Modified sine wave, Pure sine wave ดังภาพ เครื่องแปลงกระแสที่มีคุณภาพดีที่สุดจะเป็นแบบ Pure sine wave, Modified sine wave, และ Square wave ตามลำดับ โดยแบบ Pure sine wave สามารถใช้งานได้ดีกับอุปกรณ์ที่ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับทุกประเภท รวมทั้งอุปกรณ์ที่ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าร่วมอยู่ด้วย แต่ก็จะมีราคาที่สูงกว่าแบบอื่นที่กล่าวมาด้วย ภาพตัวอย่างเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) มีแสดงไว้ในภาพที่ 4.20



ภาพที่ 4.20 ภาพตัวอย่างเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter)

ในระบบโซลาร์เซลล์ที่ออกแบบและใช้งานในโครงการวิจัยนี้ อุปกรณ์ที่จะนำมาต่อใช้งานควรพิจารณาตั้งแต่ขนาดของแผงโซลาร์เซลล์ ซึ่งมีผลต่อการเลือกเครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่และเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า DC to AC ให้มีขนาดที่เหมาะสมกัน เช่น ขนาดกระแสไฟฟ้า 10 A, 30 A, 100 A, ขนาดแรงดันไฟฟ้า 12 V, 24 V, 48 V, 120 V, ฯลฯ เป็นต้น ส่วนการเลือกเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า ต้องให้ตรงกับขนาดของแบตเตอรี่ที่ใช้ ในระบบแล้วยังต้องเลือกเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าที่มีขนาดกำลังไฟฟ้า (จำนวนวัตต์) มากกว่าขนาดกำลังไฟฟ้ารวมของอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมดที่ต้องใช้ในแต่ละครั้ง กรณีที่ใช้กับอุปกรณ์ที่มีความเหนียวหนา เช่น มอเตอร์ , ปั้มน้ำ, เครื่องซักผ้าและเตาไมโครเวฟ ฯลฯ ซึ่งจะมีไฟกระชากเมื่อเครื่องเริ่มทำงาน ดังนั้นต้องพิจารณาขนาดไฟกระชาก (Surge) สูงสุดด้วย โดยทั่วไปจะมีค่าประมาณ 5 เท่าของกำลังการใช้ไฟฟ้าปกติของเครื่องใช้ไฟฟ้านั้น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ระบบการให้น้ำพืช

ระบบการให้น้ำพืชที่เกษตรกรนิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ส่วนใหญ่เป็นอุปกรณ์ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศซึ่งมีราคาค่อนข้างสูง ดังนั้นในการเลือกใช้เกษตรกร จะต้องมีความรู้เรื่องหลักการเลือกใช้ ที่ถูกต้อง เหมาะสมกับชนิดของพืช และสภาพพื้นที่ระบบการให้น้ำพืชจึงจะสามารถใช้งานได้ อย่างเต็มประสิทธิภาพ ทั้งนี้เพื่อให้คุ้มค่ากับเงินที่ลงทุนที่เกษตรกรจ่ายไป นอกจากนี้ อุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบให้น้ำพืชยังมีเทคนิควิธีการใช้งานและการดูแลรักษาที่อาจจะไม่ซับซ้อนยุ่งยาก แต่ต้องมีความรู้ และเข้าใจในการใช้และการดูแลรักษาเพื่อให้อุปกรณ์เหล่านี้มีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น อุปกรณ์ให้น้ำพืชแบบหยดและแบบฉีดฝอย ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้

1. อุปกรณ์จ่ายน้ำ ทำหน้าที่ในการจ่ายน้ำหรือกระจายน้ำให้กับพืช มีหลายชนิดขึ้นอยู่กับความต้องการน้ำของพืชและแรงดันที่ใช้งาน โดยทั่วไปจะแบ่งออกเป็นสองประเภทใหญ่ ๆ คือ หัวจ่ายน้ำแบบหยด กับหัวจ่ายน้ำแบบสปริงเกลอร์

2. ท่อ (Piping) ทำหน้าที่ในการส่งน้ำจากแหล่งน้ำไปให้หัวจ่ายน้ำ โดยมีการเชื่อมต่อท่อด้วยข้อต่อชนิดต่าง ๆ ถ้าหากความยาวของท่อไม่เพียงพอ ท่อส่งน้ำมีหลายชนิดคือ

2.1 ท่อพีวีซี (PVC) เป็นท่อพลาสติก ยาวท่อนละ 4 เมตร ไม่ทนต่อแสงอุลตราไวโอเล็ต แตกหักได้ง่ายหากกระทบกระเทือนหรือโดนรถเหยียบ แบ่งตามชนิดการใช้งานได้ 3 ประเภทคือ ท่อพีวีซีสีเทา, ท่อพีวีซีสีเหลืองและท่อพีวีซีสีฟ้า

2.2 ท่อเหล็ก มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางหลายขนาดให้เลือกใช้ ผลิตจากเหล็กอาจจะอบสังกะสีเพื่อป้องกันสนิม นอกจากนี้ยังมีชนิดที่ผลิตจากเหล็กหล่อ ท่อเหล็กจะทนแรงดันได้สูงมาก จึงเหมาะสำหรับเป็นท่อส่งน้ำออกจากเครื่องสูบน้ำ

2.3 ท่อลูมิเนียม ทนแรงดันได้สูง มีน้ำหนักเบาใช้เป็นท่อส่งน้ำสำหรับระบบให้น้ำแบบสปริงเกลอร์ที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ทำให้ประหยัดท่อ

2.4 ท่อซีเมนต์ใยหิน ผลิตจากซีเมนต์ผสมกับใยหิน ทนแรงดันได้สูง มีขนาดใหญ่เหมาะสำหรับเป็นท่อส่งน้ำที่ต้องการปริมาณน้ำมาก ๆ

3. ข้อต่อ (Fitting) ข้อต่อที่ใช้สำหรับระบบประกอบไปด้วย ข้อต่อตรง ข้อต่อฉาก ข้อต่อสามตาฉาก ข้อลด สามตาลด ข้อโค้ง เลือกใช้ตามมุมโค้งที่ต้องการ ซึ่งอาจจะใช้ข้อต่อตามชนิดของวัสดุที่ผลิตท่อก็ได้หรืออาจจะใช้ผสมกันตามความเหมาะสมก็ได้

4. เครื่องสูบน้ำและต้นกำลัง (Pumping) ทำหน้าที่สูบน้ำและเพิ่มแรงดันให้กับระบบ มีหลายประเภทแยกตามหลักการทำงาน เช่น เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง เครื่องสูบน้ำแบบปั๊มชัก เครื่องสูบน้ำแบบเจ็ตปั๊มและเครื่องสูบน้ำแบบโรตารี ต้นกำลังที่ใช้อาจจะเป็นเครื่องยนต์หรือมอเตอร์ไฟฟ้า การเลือกใช้เครื่องสูบน้ำที่ดีจะต้องพิจารณาถึงอัตราการสูบน้ำหรือความสามารถในการสูบน้ำต่อระยะเวลา ซึ่งจะต้องเพียงพอต่อความต้องการน้ำของหัวจ่ายน้ำในการเปิดน้ำแต่ละครั้ง และจะต้องพิจารณาถึงแรงดันสูงสุดหรือแรงดันใช้งานที่เครื่องสูบน้ำสามารถส่งน้ำไปได้ ทั้งนี้เพื่อให้อัตราการจ่ายน้ำของหัวจ่ายน้ำเป็นไปอย่างสม่ำเสมอและมีรัศมีการฉีดตรงตามที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เครื่องกรองน้ำสำหรับการเกษตร (Filters) ทำหน้าที่ในการกรองน้ำหรือขจัดสิ่งสกปรกที่ติดมากับน้ำก่อนที่จะส่งเข้าระบบให้น้ำพืช การเลือกใช้เครื่องกรองน้ำจะต้องพิจารณาถึงวัสดุที่ใช้ในการกรอง อัตราการกรองน้ำสูงสุด ความดันที่ต้องการและความดันที่สูญเสียจากการกรอง ที่สำคัญคือความละเอียดในการกรอง ซึ่งระบบให้น้ำแบบหยดแนะนำให้ใช้ความละเอียดของวัสดุกรอง ตั้งแต่ 120 เมชขึ้นไป ส่วนการให้น้ำแบบสปริงเกอร์ควรใช้วัสดุกรองที่มีความละเอียดตั้งแต่ 80 เมช มีข้อแนะนำว่าขนาดของอนุภาคที่ยอมให้ผ่านเครื่องกรองได้นั้น จะต้องเล็กกว่ารูหรือช่องของหัวปล่อยน้ำไม่น้อยกว่า 10 เท่า เพราะอนุภาคทั่ว ๆ ไป อาจก่อตัวกันเป็นกลุ่มและขวางทางน้ำออกได้ เครื่องกรองน้ำมีหลายประเภทสามารถแยกตามวัสดุที่ใช้ในการกรอง ได้แก่ เครื่องกรองแบบตะแกรงลวด, เครื่องกรองแบบแผ่นพลาสติก, เครื่องกรองแบบถายและเครื่องกรองแบบถังโซโคลน

9. การพักตัวของเมล็ด

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงเนื้อหาต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการพักตัวของเมล็ด ก่อนที่จะงอกเป็นตัวอ่อนและเจริญเติบโตอย่างสมบูรณ์กลายเป็นต้นไม้ที่โตและใหญ่ต่อไป เนื้อหาในหัวข้อนี้มาจากวิชาสอนเรื่อง สรีรวิทยาของพืชสวน (दनय बुधय गेय रत, 2546) ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเมล็ดประกอบด้วยคัพภะซึ่งล้อมรอบโดยเปลือกหุ้มเมล็ด ซึ่งเกิดจาก Integument ของไข่ เมล็ดบางชนิดมีอาหารสำรอง (เอนโดสเปิร์ม) ล้อมรอบคัพภะอีกทีหนึ่ง เมล็ดสามารถพักตัวได้ ซึ่งคือการที่เมล็ดไม่สามารถงอกได้ ซึ่งอาจจะเนื่องจากสาเหตุใหญ่ ๆ สองประการคือ สิ่งแวดล้อมภายนอกและสภาพภายในเมล็ดเอง การพักตัวของเมล็ดทำให้การงอกของเมล็ดช้าออกไป จนกว่าจะถึงระยะเวลาที่เหมาะสม ดังนั้นการพักตัวของเมล็ดจึงเป็นบทบาทที่สำคัญของพืชในการที่จะรอดชีวิตอยู่ได้เพราะเมล็ดจะทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมดีกว่าเนื้อเยื่อทั่ว ๆ ไป การพักตัวของเมล็ดมีข้อเสียอยู่บ้าง เช่น ต้องสิ้นเปลืองหาวิธีการกำจัดการพักตัวออกไป และในกรณีที่เมล็ดตกค้างในดินและพักตัวอยู่แต่มางอกในฤดูที่ปลูกพืชชนิดถัดไป ทำให้เกิดปัญหาวัชพืชได้ แม้ว่าการพักตัวของเมล็ดจะมีลักษณะคล้ายคลึงกับการพักตัวของอวัยวะอื่น ๆ แต่การที่เมล็ดมีโครงสร้างที่แปลกไปจากอวัยวะอื่น ๆ เพราะมีเปลือกหุ้มเมล็ดซึ่งก่อให้เกิดความซับซ้อนยิ่งขึ้น การพักตัวของเมล็ดจึงมีหลายชนิดและแตกต่างกันไปจากการพักตัวของอวัยวะอื่น ๆ

1. คัพภะยังไม่เจริญเต็มที่

ในเมล็ดหลายชนิด คัพภะยังไม่เจริญเต็มที่เมื่อเมล็ดร่วงจากต้น ซึ่งการงอกของเมล็ดจะเกิดได้ก็ต่อเมื่อคัพภะเจริญเต็มที่แล้ว พบในพืชพวก Orchidaceae Fraxinus และ Ranunculus การกำจัด การพักตัวของเมล็ดชนิดนี้ ต้องปล่อยให้คัพภะเจริญเต็มที่ ซึ่งจะผันแปรจาก 10 วันจนถึงหลาย ๆ เดือน

2. การปรากฏของสารระงับการงอกในเมล็ด

ในเมล็ดหลายชนิดจะปรากฏสารระงับการงอกภายในเมล็ด ทำให้เมล็ดเกิดการพักตัว สารใดก็ตามที่มีพืชต่อกระบวนการงอกของเมล็ดจะระงับการงอกได้ ในบางกรณีสารเหล่านี้อาจจะทำให้

เมล็ดตายได้ ถ้ามีอยู่ในปริมาณที่สูง สารพิษเหล่านี้จะระงับขั้นตอนการงอกขึ้นตอนใดขึ้นตอนหนึ่ง สารเหล่านี้จะปรากฏอยู่ที่ส่วนใดของเมล็ดก็ได้

3. เปลือกหุ้มเมล็ดแข็งและหนา

เมล็ดเป็นเนื้อเยื่อเจริญขนาดเล็ก ซึ่งจะมีเนื้อเยื่อที่สะสมอาหารอยู่ด้วยและมีเปลือกหุ้มบาง ๆ อีกหลายชั้น เมล็ดบางชนิดอาจจะมีเนื้อเยื่อที่แข็งแรงหุ้มอยู่ภายนอกทำหน้าที่เป็นเปลือกหุ้มเมล็ด ซึ่งเปลือกหุ้มเมล็ดที่หนาหรือแข็งมาก ๆ มักจะมีส่วนร่วมทำให้เกิดการพักตัวของเมล็ด เพราะจะป้องกันไม่ให้น้ำและอากาศผ่านเข้าออก และยังจำกัดการเจริญของคัพภะด้วย เมล็ดหลายชนิดจะงอกได้ดีขึ้นเมื่อกำจัดเปลือกหุ้มเมล็ดออกไป เมล็ดเหล่านี้แม้จะอยู่ในที่ชื้นหรือได้รับน้ำก็อาจจะไม่งอกเพราะบริเวณรอยแผลของเมล็ดจะพองออกเมื่อได้รับความชื้นทำให้รูในบริเวณนี้ปิดสนิท น้ำซึมเข้าไปไม่ได้ ทำให้เกิดความแตกต่างของความชื้นภายในและภายนอก นอกจากนั้นเมล็ดที่มีเปลือกแข็งมักจะไม่นิยมให้ก๊าซผ่านเข้าออกเมล็ดโดยเฉพาะก๊าซออกซิเจน

4. After Ripening ในการเก็บรักษา

เมล็ดของพืชหลายชนิดจะไม่งอกทันทีหลังจากเก็บเกี่ยว แม้ว่าคัพภะจะเจริญเต็มที่แล้วก็ตาม แต่ถ้าหากเก็บรักษาเมล็ดเหล่านี้ไว้ในสภาพแห้งที่อุณหภูมิห้อง เมล็ดเหล่านี้จะค่อย ๆ สูญเสียการพักตัวไปที่ละน้อย และในที่สุดจะงอกได้เมื่อให้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ช่วงระยะเวลาที่เมล็ดใช้ในการกำจัดการพักตัวนี้เรียกว่า "After Ripening" พบมากในธัญพืชหลายชนิด เช่น ข้าวบาร์เลย์ ข้าวสาลี ข้าวโอ๊ตและข้าว

5. ความไวต่อแสง

การงอกของเมล็ดจะตอบสนองต่อแสงต่างกันออกไป เมล็ดบางชนิดต้องการแสงในการงอก เช่น เมล็ดยาสูบ Foxglove และผักสลัดพันธุ์ Grand Rapids เป็นต้น ในทางตรงกันข้ามมีเมล็ดหลายชนิดซึ่งแสงจะระงับการงอก แต่เมล็ดในกลุ่มนี้มีน้อยชนิดกว่ากลุ่มแรกเช่น ฟลอกซ์ (*Phlox drummondii*) เป็นต้น เมล็ดที่ไวต่อแสงนี้ จะตอบสนองต่อแสงหลังจากที่ดูดน้ำจนชุ่มแล้วเท่านั้น ระยะเวลาที่ต้องการแสงในการงอกมักจะสั้นมาก เช่น กรณีของผักสลัดต้องการแสงเพียง 1-2 นาที

6. ความต้องการอุณหภูมิเฉพาะ

เมล็ดหลายชนิดต้องการอุณหภูมิต่ำ ภายใต้อุณหภูมิที่เมล็ดขึ้นก่อนการงอกทั้งในสภาพธรรมชาติ และในสภาพที่มนุษย์จัดการขึ้น หลังจากที่เมล็ดได้รับอุณหภูมิต่ำพอเพียงแล้ว เมล็ดจะสามารถงอกได้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ในสภาพความเป็นจริงนั้นจะหว่านเมล็ดในฤดูใบไม้ร่วง ให้เมล็ดได้รับความเย็นในฤดูหนาวและงอกในฤดูใบไม้ผลิ การตอบสนองของเมล็ดเช่นนี้ ทำให้เกิดกระบวนการให้ความเย็นแก่เมล็ดที่ขึ้น (Stratifying) โดยวางเมล็ดไว้ในกระบะทรายแล้วนำกระบะทรายไปไว้ในนอกบ้านตลอดฤดูหนาว เมล็ดจะงอกได้เมื่ออากาศอบอุ่น ดังนั้นอุณหภูมิต่ำจึงสามารถกำจัดการพักตัวของเมล็ดจำพวกนี้ได้ อุณหภูมิต่ำที่เหมาะสมคือ 0-5 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาพแวดล้อมที่ควบคุมการพักตัวของเมล็ด

1. **แสง** เมล็ดบางชนิดจะมีความไวต่อแสงดังกล่าวไปแล้ว การตอบสนองต่อแสงของเมล็ดจะเป็นไปในทางปริมาณ คือ ยิ่งให้แสงนานก็จะงอกมาก โดยทั่วไปแสงจะลบล้างผลของอุณหภูมิสูงได้ ในกรณีของผักสลัดนั้นเมล็ดจะงอกได้โดยไม่ต้องการแสงหากกำจัดเปลือกหุ้มเมล็ดออกไป ดังนั้นแสดงว่าในกรณีของเมล็ดผักสลัดนี้ ส่วนที่ตอบสนองต่อแสงคือ เปลือกหุ้มเมล็ด แต่ในเมล็ดบางชนิดส่วนที่ตอบสนองต่อแสงอยู่ที่ใบเลี้ยงและ Radicle

2. **ฮอร์โมนพืช** จากการทดลองการให้ฮอร์โมนพืชแก่เมล็ด จะสามารถจัดการพักตัวของเมล็ดได้ ฮอร์โมนกลุ่มนี้คือ จิบเบอเรลลิน (Giberellin) ไซโตไคนิน (Cytokinins) และ เอทิลีน (Ethy-lene) เมล็ดซึ่งตอบสนองต่อจิบเบอเรลลิน ส่วนใหญ่เป็นเมล็ดที่ต้องการระยะ After Ripening ต้องการแสงหรือต้องการอุณหภูมิต่ำ จิบเบอเรลลินที่ให้ผลดีคือ GA_4 และ GA_7 ไซโตไคนินสามารถจัดการพักตัวของเมล็ดบางชนิดได้แต่เป็นกลุ่มที่เล็กกว่าพวกแรก

3. **อุณหภูมิ** เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการพักตัวของเมล็ดมาก โดยเฉพาะการได้รับอุณหภูมิต่ำทำให้เมล็ดงอกได้ ซึ่งเมล็ดบางชนิดอาจจะต้องการอุณหภูมิต่ำในระยะเวลาเพียงสั้น ๆ บางชนิดอาจจะต้องการระยะยาว โดยทั่วไปอุณหภูมิ 0-5 องศาเซลเซียส มักจะมีประสิทธิภาพในการทำให้เมล็ดงอก แต่ที่ 10 องศาเซลเซียสอาจจะต่ำพอสำหรับเมล็ดบางชนิด กระบวนการ Stratification คือ การปฏิบัติทางการเกษตรโดยการให้เมล็ดได้รับอุณหภูมิต่ำ ซึ่งชื่อกระบวนการนี้ไม่มีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการทางสรีรวิทยาเลย การที่อุณหภูมิต่ำทำให้เมล็ดงอกได้นั้น จะเกิดการเคลื่อนย้ายอาหารในระหว่างการได้รับความเย็น โดยอาหารในเมล็ดจะเคลื่อนย้ายออกจากแหล่งอาหารสำรองไปยังคัพภะ

4. **น้ำ** เป็นปัจจัยที่ช่วยทำให้เมล็ดงอกออกจากการพักตัวได้ เช่น กรณีของพืชที่ขึ้นอยู่ในเขตทะเลทรายที่เปลือกจะมีสารที่ควบคุมการไหลเข้าออกของน้ำ ซึ่งเมื่อโดนน้ำฝน สารนี้จะถูกชะล้างไปทำให้น้ำซึมเข้าไปในเมล็ดได้ เมล็ดจึงงอกออกมา ในเมล็ดบางชนิดน้ำจะชะล้างเอาสารระงับการงอกออกไปจากเปลือกหุ้มเมล็ดแล้วจึงทำให้เมล็ดงอกได้ ในทางตรงกันข้ามเมล็ดบางชนิดหากมีความชื้นภายในเมล็ดมากเกินไปจะไม่งอก

การกระตุ้นให้เมล็ดงอก

1. การให้แสง

2. การใช้สารเคมีกระตุ้น เช่น โปแตสเซียมไนเตรท และไฮโดยูเรีย สำหรับไฮโดยูเรียนั้นใช้ทดแทนความต้องการแสงของเมล็ดผักสลัดได้ด้วย

3. การให้อุณหภูมิต่ำ 0-5 องศาเซลเซียส หรือให้อุณหภูมิสูงสลับกับอุณหภูมิต่ำ

4. การทำ Scarification คือ การทำลายเปลือกหุ้มเมล็ด โดยอาจจะใช้มีด ตะไบ หรือกระดาษทรายในสภาพธรรมชาติ อาจเกิดจากการย่อยสลายเปลือกหุ้มเมล็ดโดยจุลินทรีย์ หรือผ่านยังระบบย่อยอาหารของนก ในห้องปฏิบัติการอัลกอฮอลล์หรือตัวทำละลายไขมันซึ่งช่วยละลายแวกซ์ที่เคลือบเมล็ดทำให้น้ำผ่านเข้าเมล็ดได้ หรือการใช้กรดเข้มข้น เช่น กรดซัลฟูริก ไนโตรเจนเหลว อาจจะต้องนำเมล็ดไปแช่ในกรดซัลฟูริก นาน 2-3 นาที จนถึง 1 ชั่วโมง แล้วจึงล้างเอากรดออก จะช่วยทำให้

เมล็ดเหล่านี้งอกดีและมากขึ้น Scarification มีความสำคัญในแง่นิเวศวิทยา เพราะระยะเวลาที่ต้องการสำหรับการเกิด Scarification ของเมล็ดให้เกิดสมดุทธรมชาติ อาจจะเป็นการป้องกันการงอกในสภาพไม่เหมาะสม เช่น ฤดูใบไม้ร่วง เป็นต้น

5. การทำ Impaction มีเมล็ดหลายชนิดซึ่งไม่สามารถงอกได้ เพราะน้ำและก๊าซออกซิเจนไม่สามารถเข้าสู่เมล็ดได้ เนื่องจากถูกปิดกั้นโดยเนื้อเยื่อคล้าย Cork ซึ่งเรียกว่า Strophilar plug โดยปิดกั้นรูเปิดเล็ก ๆ ที่เรียกว่า Strophilar cleft ที่เปลือกหุ้มเมล็ด การเขย่าเมล็ดอย่างรุนแรงบางครั้งทำให้ Plug นั้นหลุดได้ ทำให้เมล็ดงอก วิธีการนี้เรียกว่า Impaction และมักใช้กับเมล็ดพืชหลายชนิด เช่น *Sweet Clover Trigonella arabia* และ *Crotalaria egyptica*

การงอกของเมล็ด

การกระตุ้นให้เมล็ดแทงงอกและเจริญมาเป็นต้นใหม่ จะเกี่ยวข้องกับกระบวนการ 4 กลุ่มคือ

1. การสร้างระบบเอนไซม์ และการใช้ออกซิเจนเพื่อการหายใจ
2. การเจริญและงอกของ Radicle
3. การดูดน้ำ (Imbibition of Water)
4. การเจริญของต้นอ่อน

การดูดน้ำ เมล็ดที่แห้งสามารถดูดน้ำได้มาก ทั้งนี้เกิดกับกรณีของเมล็ดที่ไม่ได้พักตัว เมล็ดที่พักตัวอาจจะดูดน้ำได้ แต่ปริมาณไม่มาก การดูดน้ำทำให้น้ำหนักสดเพิ่มขึ้น ระยะเวลาที่เมล็ดดูดน้ำจะใช้เวลาต่าง ๆ กัน ตั้งแต่ 6 ชั่วโมงจนถึงหลาย ๆ วัน กระบวนการดูดน้ำเป็นกระบวนการทางฟิสิกส์มากกว่าที่จะเป็นกระบวนการทางเมตาบอลิซึม และมี Q10 ต่ำเพียงเท่ากับ 1.5-1.8 เท่านั้น โดยทั่วไปเมล็ดจะดูดน้ำประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง

การสร้างระบบเอนไซม์และการหายใจ การหายใจของเมล็ดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในเมล็ดถั่ว (Pea) อัตราการหายใจจะเพิ่มขึ้นภายใน 2-4 ชั่วโมงหลังจากแช่น้ำ หลังจากนั้นอัตราการหายใจจะคงที่อยู่หลายชั่วโมง เมื่อ Radicle แทะงอกมา การหายใจจะเพิ่มขึ้นอีก ซึ่งให้เห็นว่าการหายใจเพิ่มขึ้นในครั้งที่สองเกิดจากการที่เปลือกหุ้มเมล็ดแตกออกทำให้การแลกเปลี่ยนก๊าซเกิดได้ดีขึ้น แม้ว่าในเมล็ดแห้งจะมีเอนไซม์ปรากฏอยู่หลายชนิด แต่ก็ยังมีเอนไซม์อีกหลายชนิดซึ่งไม่ปรากฏอยู่ในเมล็ดหรือปรากฏอยู่ในสภาพที่ไม่สามารถมีโครงการได้ โครงการของเอนไซม์เหล่านี้จะเกิดขึ้นเมื่อเมล็ดงอกเท่านั้น เอนไซม์พวกนี้ คือ อะไมเลส (Amylase) ลิเพส (Lipases) และ โปรตีเอส (Protease) เป็นต้น

การเจริญของต้นอ่อน ลักษณะของยอดต้นอ่อนที่งอกขึ้นมาแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ

1. Epigeal Germination คือการงอกชนิดที่ส่วนใต้ใบเลี้ยงยึดตัวทำให้เมล็ดอยู่ในระดับสูงกว่าเดิม เช่น ถั่ว มะขาม การงอกของเมล็ดชนิดนี้มักจะทำให้เกิดส่วนที่โค้งงอเป็นตะขอ ของส่วนใต้ใบเลี้ยง สาเหตุที่เกิดการโค้งงอเกิดมาจากเนื้อเยื่อบริเวณนั้นมีฮอร์โมนเอทิลีนสะสมอยู่ ส่วนนี้จะยึดตรงเมื่อได้รับแสงสว่าง เพราะแสงทำให้เนื้อเยื่อบริเวณนี้ไม่ไวต่อการตอบสนองเอทิลีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Hypogeal Germination คือการงอกชนิดที่ส่วนที่อยู่ใต้ใบเลี้ยงไม่ยึดตัว หลังจากต้นอ่อนเจริญขึ้นไปแล้วเมล็ดยังคงอยู่ที่ระดับเดิม เช่น การงอกของเมล็ดข้าวโพด เมล็ดข้าว เมล็ดถั่ว (Pea) และเมล็ดมะเขือเทศ เป็นต้น

10. หลักการปลูกมะพร้าว

เพื่อให้ได้มะพร้าวที่มีลักษณะดี เราจะต้องมีขั้นตอนการปลูกมะพร้าวที่ถูกต้องและชัดเจน รวมทั้งต้องปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด รายละเอียดของขั้นตอนในการปลูกมะพร้าว มีดังนี้

1. เพื่อให้ได้ต้นมะพร้าวที่มีลักษณะดีตามที่ต้องการ จำเป็นจะต้องคัดเลือกที่จะนำไปเพาะ และเมื่อเพาะงอกเป็นหน่อแล้ว ก็จะต้องคัดเลือกหน่อพันธุ์ด้วย ดังนั้น ปัจจัยหลักที่จะต้องคำนึงถึงเพื่อพิจารณาและคัดเลือกเพื่อปลูกมะพร้าวคือ สวนพันธุ์ ต้นพันธุ์ ผลพันธุ์ และหน่อพันธุ์ รายละเอียดของแต่ละปัจจัยมีดังนี้

1.1 การเลือกสวนพันธุ์ - เป็นสวนที่ปลูกมะพร้าวพันธุ์เดียวกัน ขนาดสวนไม่ต่ำกว่า 10 ไร่ อยู่ในแหล่งที่มีการปลูกมะพร้าวเป็นอาชีพ ต้นมะพร้าวมีขนาดอายุใกล้เคียงกัน และควรจะมีอายุไม่ต่ำกว่า 15 ปี เป็นสวนที่มีการดูแลปานกลาง และมีต้นที่มีผลตกอยู่เป็นส่วนมาก ไม่มีโรคหรือแมลงระบาด ในกรณีที่อยู่ไกลแหล่งปลูกมะพร้าวเป็นอาชีพ ไม่มีสวนขนาดใหญ่อาจคัดเลือกเพียงบางหลักการเท่าที่จะทำได้ หรือคัดเลือกเป็นต้น ๆ ก็ได้

1.2 การเลือกต้นพันธุ์ - ควรเป็นต้นที่อยู่ในบริเวณกลาง ๆ สวน ให้ผลตกไม่ต่ำกว่า 60 ผล/ต้น/ปี ควรมีการจดบันทึกการให้ผลของต้นที่คิดว่าจะใช้เป็นต้นพันธุ์ก่อนสัก 3-4 ปี เพื่อให้แน่ใจว่า ให้ผลตกจริง โดยทาสีไว้ที่ต้นเป็นที่สังเกตหรืออาจทำเครื่องหมายอย่างอื่นก็ได้ เป็นต้นที่ไม่อยู่ใกล้บ้าน คอกสัตว์หรือในที่ที่ติดกับต้นอื่น ลำต้นตรง แข็งแรง อวบ ปล้องถี่ พุ่มใบเป็นภาพวงกลม หรือครึ่งวงกลม มีจำนวนทางใบมาก โคนทางสั้นและใหญ่ มีจั่นอย่างต่ำ 10 จั่น กระจายอยู่รอบต้น และทุกจั่นมีผลขนาดต่าง ๆ กันติดอยู่ ทะลายควรนั่งทางก้านทะลายสั้นและใหญ่ เป็นต้นที่มีอายุไม่ต่ำกว่า 15 ปี ให้ผลมีลักษณะกลมขนาดใหญ่ เส้นรอบของกะลาไม่ต่ำกว่า 45 เซนติเมตร เนื้อหนา เปลือกไม่หนาหรือบางเกินไป

1.3 การเลือกผลพันธุ์ - ผลมะพร้าวแม่จะเก็บจากต้นแม่พันธุ์ที่ได้รับการคัดเลือกแล้วก็ตาม อาจมีบางผลที่มีลักษณะ ไม่เหมาะสมนำไปเพาะทำพันธุ์ เช่น ผลแตกระหว่างเก็บเกี่ยว มีโรคแมลงทำลาย จึงควรคัดเลือกผลก่อนนำไปเพาะ ซึ่งมีลักษณะการพิจารณา ดังนี้

- ก. เป็นผลที่ได้รับการกระทบกระเทือนต่ำ จึงควรเก็บโดยใช้เชือกโยงลงมาหรือโยนลงน้ำ
- ข. ผลโตได้ขนาด ภาพผลค่อนข้างกลม หรือมีลักษณะตรงตามพันธุ์
- ค. ผลแก่จัด เปลือกมีสีส้มกำพู หรือสีน้ำตาล มีลักษณะคลอนน้ำ
- ง. ไม่มีโรคแมลงทำลาย

2. การเตรียมผลพันธุ์ก่อนเพาะ - ปาดเปลือกทางด้านหัวออกขนาดเท่าผลส้มเขียวหวาน

เพื่อให้น้ำซึมเข้าได้สะดวกใน ระหว่างเพาะ และช่วยให้หน่องอกแทงออกมาได้ง่าย ถ้าเป็นผลที่ยังไม่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แก่จัด เปลือกมีสีเขียวปนเหลือง ให้นำไปฝังไว้ในที่ร่มโดยวางเรียงให้ รอยปาดอยู่ด้านบน ฝังไว้ 15-30 วัน จนเปลือกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เตรียมผลพันธุ์ไว้ 2 เท่าของจำนวนหน่อที่ต้องการเพราะในขณะ เพาะจะมีพันธุ์ที่ไม่ งอกและเมื่องอกแล้วก็ต้องคัดหน่อที่ไม่แข็งแรงออก

3. การเตรียมแปลงเพาะ - แปลงเพาะควรอยู่กลางแจ้ง ใกล้แหล่งน้ำ และมีการระบายน้ำดี ไม่เป็นแหล่งที่เคยมีโรคและแมลงระบาดมาก่อน พื้นแปลงควรเป็นทรายหยาบ เพื่อสะดวกในการ เพาะและย้ายกล้า ปราบวัชพืชออกให้หมด ถ้าพื้นดินเป็นดินแข็งควรไถดินลึก 15-20 เซนติเมตร ถ้า แปลงกว้างมาก ควรแบ่งเป็นแปลงย่อย ขนาดกว้าง 2.50 เมตร ยาวตามความต้องการ เว้นทางเดิน ระหว่างแปลง 50 เซนติเมตร ในแต่ละแปลงย่อยขุดเป็นร่องลึก 10 เซนติเมตร กว้างเท่าขนาดของผล มะพร้าวยาวตลอดพื้นที่ แต่ละแปลงจะเพาะมะพร้าวได้ 10 แถว

ขั้นตอนในการเพาะมะพร้าว มีดังนี้

ก. วางผลมะพร้าวตามแนวนอนลงในร่องที่เตรียมไว้ หนัสด้านที่ปาดขึ้นข้างบนเรียงไป ตามทิศ ทางเดียวกัน ให้แต่ละผลติดกันหรือห่างกันไม่เกิน 5 เซนติเมตร กลบทรายหรือดินให้ส่วนของ ผลมะพร้าวโผล่พื้นผิวดิน 1/3 ของผล ถ้าฝนไม่ตก รดน้ำให้ชุ่มอยู่เสมอ โดยสังเกตจากความชื้นตรง บริเวณรอยปาด

ข. คอยดูแลกำจัดวัชพืช โรค-แมลงต่าง ๆ หลังจากเพาะแล้ว 2-3 สัปดาห์หน่อจะเริ่ม งอก ในระยะแรก ๆ จะงอกต่ำ เมื่อเลย 4 สัปดาห์ไปแล้วหน่อจะงอกมากขึ้น มะพร้าวที่ไม่งอกภายใน 10 สัปดาห์ หรือ 70 วัน ควรคัดทิ้ง หรือนำไปทำมะพร้าวแห้ง เพราะถ้าปล่อยทิ้งไว้ให้งอกก็จะได้หน่อ ที่ไม่ดี ตามปกติมะพร้าวจะงอกร้อยละ 60 ภายใน 10 สัปดาห์ เมื่อหน่อยาว 1-3 นิ้ว ควรย้ายลงแปลง ขำ แต่ไม่ควรย้ายลงแปลงขำที่ละเอียด แต่ควรรอย้ายพร้อมกันในคราวเดียว

ค. ในกรณีที่ทำการเพาะมะพร้าวเป็นจำนวนไม่มากนักอาจทำการเพาะโดยไม่ต้อง นำลงแปลงขำ ก็ได้ แต่ในการเพาะจะต้องขยายระยะให้กว้างขึ้น โดยวางผลห่างกัน 45-50 เซนติเมตร เพื่อให้หน่อเจริญได้ดี จะได้หน่อที่อ้วนและแข็งแรง เมื่อหน่อมีใบ 4-6 ใบ ก็คัดไปปลูกได้

4. วิธีการเตรียมแปลงขำ - เตรียมแปลงขำเช่นเดียวกับแปลงเพาะ แปลงขำควรอยู่ใกล้กับ แปลงเพาะเพื่อสะดวกในการขนย้ายหน่อ ถ้าดินไม่ดีให้ใส่ปุ๋ยคอกไร่ละ 24 ปีบ (240 กิโลกรัม) หว่าน ให้ทั่วแปลงแล้วไถกลบ ขั้นตอนในการขำมะพร้าว มีดังนี้

ก. ขุดหลุมขนาดเท่าผลมะพร้าว ระยะระหว่างหลุม 60 เซนติเมตร อาจวางผังการ ทำแบบสามเหลี่ยมด้านเท่า หรือแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัสก็ได้

ข. ย้ายหน่อมะพร้าวจากแปลงเพาะลงขำในหลุมให้หน่อตั้งตรง กลบดินหนา 2/3 ส่วนของผล เพื่อไม่ให้ดินทับส่วนคอของหน่อพันธุ์

ค. ใช้ทางมะพร้าวหรือหญ้าแห้งคลุมแปลง (อาจใช้วัสดุอื่นก็ได้) เพื่อรักษาความชุ่ม ชื้น ถ้าฝนไม่ตก รดน้ำให้ชุ่มอยู่เสมอ ป้องกันกำจัดวัชพืช โรค-แมลง เมื่อมะพร้าวมีอายุระหว่าง 6-8 เดือน(อยู่ในแปลงขำ 4-6 เดือน) หรือมีใบ 4-6 ใบ (ทาง) ก็คัดเลือกหน่อที่สมบูรณ์ไปปลูกได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ลักษณะหน่อพันธุ์ที่ดี - หน่อมีอายุ 6-8 เดือน หรือมีใบ 4-6 ใบ หน่อมีลักษณะอวบ โคนหน่อโต ใบกว้างสีเขียวเข้ม ก้านทางสั้นใหญ่ ไม่มีโรคและแมลงทำลาย

ขั้นตอนในการปลูกมะพร้าวสามารถศึกษาจากเว็บไซต์

<https://sakuntra.wordpress.com/โครงการงานเทคโนโลยีสารสนเทศ/ขั้นตอนการปลูกมะพร้าว/> และเว็บไซต์อื่น ๆ ในกูเกิ้ล

นอกจากนี้ ยังมีเคล็ดลับเพิ่มเติม คือ การใส่เกลือแกงในสวนมะพร้าวที่ปลูกนอกพื้นที่ที่ติดทะเล ซึ่งมีประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของมะพร้าวเพื่อให้ได้ผลที่สมบูรณ์ ดังนี้

1. ช่วยให้มะพร้าวเติบโตได้เร็วขึ้น
2. ช่วยให้มะพร้าวเนื้อหนาขึ้น มีน้ำหนักมากขึ้น
3. เพิ่มผลผลิตให้ลูกตกมากขึ้น ทนทานต่อความแห้งแล้งและโรคแมลง
4. ราคาถูกและง่ายต่อการใช้งาน

ปริมาณการใช้เกลือแกง

- เริ่มใส่เกลือแกงเมื่อมะพร้าวอายุได้ 4 เดือนขึ้นไป ในช่วงที่ต้นยังเล็กอยู่ให้ใส่ 1 กำมือ
- เมื่อต้นโตเกือบให้ผลแล้ว ให้ใส่เกลือแกง 1 กิโลกรัม/ต้น/ปี อาจแบ่งใส่หลาย ๆ ครั้งก็ได้
- มะพร้าวจะทนความเค็มได้ไม่เกิน 2,000 ppm หรือคิดเป็น 1 ใน 6 ของความเข้มข้นน้ำทะเล ทั้งนี้ ไม่ควรนำน้ำทะเลมารดมะพร้าวโดยตรง

วิธีการใช้เกลือแกง คือ หากปลูกเฉพาะมะพร้าว สามารถโรยเกลือแกงรอบทรงพุ่มได้เลย ห่างจากโคนต้น 1-2 เมตร หากปลูกพืชชนิดอื่นในสวนแบบระยะชิด ให้ใส่เกลือแกงลงในขุด แล้วปักขุดไว้ห่างจากต้นมะพร้าว 1 เมตร จากนั้นเปิดฝาและตัดปลายขุดออก แล้วขุดหลุมขนาดเท่าขุดน้ำ หลังจากนั้นคว่ำขุดลงไป แล้วเติมเกลือแล้วกลบดิน

11. หลักการพิจารณาสุกแก่ของมะพร้าว

11.1 วิธีดูมะพร้าวอ่อนหรือแก่

1. ดูที่สีบริเวณข้อต่อของลูกมะพร้าว ถ้าหากเป็นมะพร้าวอ่อนรอบวงขั้วผลจะมีสีขาว หากมะพร้าวยิ่งอ่อนจะยิ่งมีสีขาวเห็นชัด ส่วนมะพร้าวแก่จะเป็นสีเขียว
2. ลองตีด หรือเขย่าลูกมะพร้าว ลองฟังเสียงน้ำดู ถ้าเสียงแน่น ๆ ราวกับว่ามีน้ำอยู่เต็มลูก (ไม่ได้ยินเสียงน้ำ) แสดงว่าเป็นมะพร้าวอ่อน หากได้ยินเสียงน้ำสั่นกระเด็นไปมาชัดเจนแสดงว่าเป็นมะพร้าวแก่
3. ดูที่หนวดของมะพร้าว ถ้าเป็นสีน้ำตาลยาวถึงครึ่งของหนวดมะพร้าว แสดงว่าเนื้อในของมะพร้าวเริ่มอ่อนเหมาะเริ่มกินได้ น้ำเริ่มหวานอร่อย
4. กรณีมะพร้าวอยู่ในเครือหรือพวง ลูกที่อยู่บนสุดจะอ่อนสุด เนื้อจะไม่ค่อยมี น้ำมะพร้าวจะมีรสชาติฝาดซ่า ส่วนลูกที่อยู่ด้านล่างถัดมาเรื่อย ๆ จะแก่ไปตามลำดับ ดูที่เปลือก หากเปลือกนวลทั้งลูก แสดงว่าอ่อน หากเปลือกมีผิวที่หยาบทั้งลูกแสดงว่ากำลังพอดี สุดท้ายหากหยาบจนออกเป็นขลุ่ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ๆ และมีน้ำหนักเบา แสดงว่าแก่ สำหรับกรรมมะพร้าวที่ปอกเปลือกแล้ว ดูที่เสี้ยนมะพร้าว หากเสี้ยนเป็นเส้นชัด ๆ เห็นชัดเจน แสดงว่าเป็นมะพร้าวอ่อน ถ้าเสี้ยนมะพร้าวมีลักษณะหยาบในระดับปานกลางทั่วลูกมะพร้าว แสดงว่ามะพร้าวลูกนั้นกำลังพอดี แต่ถ้าเห็นเสี้ยนมะพร้าวละเอียดมีสีเข้ม แสดงว่าเป็นมะพร้าวแก่ เนื้อจะแข็ง

5. วิธีสุดท้าย ลองเอาลูกมะพร้าวแช่น้ำ หากจมแสดงว่าเป็นมะพร้าวอ่อน หากกึ่งจมกึ่งลอย แสดงว่าเป็นมะพร้าวที่กำลังเหมาะพอดี หากลอยตลอดเวลาบริเวณผิวน้ำแสดงว่าเป็นมะพร้าวแก่

11.2 การคุมะพร้าว น้ำหอมอ่อนหรือแก่

มะพร้าว น้ำหอม ใน 1 ทะลายจะมีทั้งลูกที่อ่อนและแก่ ซึ่งบางคนก็ชอบกินมะพร้าวอ่อน แต่บางคนก็ชอบมะพร้าวแก่ ๆ ไม่เหมือนกัน เพราะมะพร้าวอ่อน จะเนื้ออ่อนนิ่ม น้ำมะพร้าวมากมีรสชาติฝาด แต่มะพร้าวแก่เนื้อจะแข็งกรอบ น้ำต่ำ แต่รสชาติจะหวาน วันนี้อยากจะเคล็ดลับนำรู้โลก หุ่นจะมาแนะนำวิธีการเลือกมะพร้าวให้ได้ความอ่อนแก่ตรงใจเรา ระดับชั้นของเนื้อมะพร้าว แบ่งออกได้เป็น 3 ระดับ คือ

1. มะพร้าวอ่อนเนื้อ 1 ชั้น (บางใสเหมือนวุ้น) น้ำไม่ค่อยหวาน (เปรี้ยวและชาลิ้น)
2. มะพร้าวอ่อนเนื้อชั้นครึ่ง (เนื้อกึ่ง) เนื้อมะพร้าวอ่อนนิ่ม ด้านในขาวด้านนอกใสเป็นวุ้น น้ำมะพร้าวหวานหอมกำลังดี

3. มะพร้าวอ่อนเนื้อ 2 ชั้น เนื้อหนา น้ำมะพร้าวหอมหวานมาก นิยมนำไปทำมะพร้าวเผา ทำอาหาร ทำขนมต่าง ๆ ความหวาน 6.6 - 7 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ (brix)

วิธีเลือกคุมะพร้าวว่าอ่อนหรือแก่ มีดังนี้

1. ดูจากสีบริเวณรอยต่อของซีกกับลูกมะพร้าว ถ้ายังอ่อน รอบวงซีกผลจะมีสีขาวยิ่งสีขาวเป็นวงกว้าง มะพร้าวยิ่งอ่อน ถ้าเป็นสีเขียวแสดงว่าเริ่มแก่

2. ดัด หรือเขย่าลูกมะพร้าว ฟังเสียงน้ำ ถ้าเสียงแน่น ๆ รู้สึกว่าเหมือนน้ำจะเต็มลูกอยู่ (ไม่ค่อยได้ยินเสียงน้ำ) แสดงว่าเนื้อมะพร้าวอ่อนอยู่ระยะชั้นครึ่งหรือสองชั้น เนื้อกำลังอร่อย แต่ถ้าดัดแล้วน้ำพร่อง ได้ยินเสียงน้ำอยู่ข้างในชัด ๆ น้ำต่ำ แสดงว่าเริ่มแก่

3. ดูที่หนวดมะพร้าว ถ้าเป็นสีน้ำตาลถึงครึ่งของหนวด แสดงว่าเนื้อมะพร้าวอ่อนใช้ได้ น้ำหวานอร่อย ซึ่งหากมะพร้าวยังอยู่ในทะลาย ลูกบนสุดของทะลายจะอ่อนสุด เนื้อจะไม่ค่อยมี น้ำจะมีรสฝาดซ่า ส่วนลูกล่างลงมาของทะลายก็จะแก่ลงไปเรื่อย ๆ

4. มะพร้าวที่ยังไม่ปอกเปลือก ดูที่เปลือก หากเปลือกนวล ๆ ทั้งลูก แสดงว่าอ่อน หากเปลือกมีผิวดูหยาบทั้งลูก แสดงว่ากำลังพอดี และสุดท้าย หากเปลือกหยาบครึ่ง ด้านล่างๆ หยาบมาจนออกขลุ่ย ๆ น้ำหนักเบา แสดงว่าแก่

5. หากเป็นมะพร้าวปอกเปลือกแล้ว ให้ดูที่เสี้ยนมะพร้าว หากเห็นเสี้ยนเป็นเส้น ๆ ชัดเจน แสดงว่าอ่อน ถ้าเห็นเสี้ยนหยาบลงออกเส้นปานกลางทั่วลูกมะพร้าวแสดงว่ากำลังพอดี สุดท้ายหากเห็นเส้น เสี้ยนมะพร้าวมีขนาดเล็ก ๆ ละเอียดมีสีออกเข้มกว่าแสดงว่าแก่เนื้อจะแข็ง

6. วิธีสุดท้าย วิธีนี้ค่อนข้างยุ่งยาก แต่หาโอกาสทำได้ยาก คือเอาลูกมะพร้าวแช่น้ำ มะพร้าวที่จมน้ำสุดจะเป็นมะพร้าวอ่อน มะพร้าวที่อยู่ในน้ำกึ่งจมน้ำกึ่งลอย แสดงว่ากำลังพอดี ส่วนสุดท้ายแน่นอนครับหากเป็นมะพร้าวลูกที่ลอยตักปอง ๆ อันนี้เป็นมะพร้าวแก่เนื้อแข็งนั่นเอง

วิธีเลือกซื้อมะพร้าวสำหรับคั้นกะทิ กะลาจะต้องมีสีดำ เขียวดูแล้วมีเสียง มะพร้าวแก่จะมีน้ำ ต่ำ ถ้าเป็นมะพร้าวที่ชูดแล้ว ให้เลือกซื้อที่เป็นมะพร้าวแก่ เนื้อแข็ง หนา ใหม่ ไม่แช่น้ำ มะพร้าวชูดที่แก่เมื่อจับบีบดูจะมีน้ำกะทิออกมาและหวานมัน ถ้าเป็นมะพร้าวไม่แก่ เนื้อมะพร้าวชูดบีบแล้ว สากมือ มีน้ำกะทิต่ำ ไม่มัน ไม่หวาน ถ้าเป็นเนื้อมะพร้าวแช่น้ำ น้ำกะทิตี่ได้จะมีกลิ่นและจับตัวเป็นก้อน มะพร้าวอ่อน มะพร้าวที่ขึ้นทึก (เกือบแก่) ตัดลงมาจากต้น หากต้องการเก็บไว้กินได้นาน ๆ ควรใส่ตู้เย็นไว้ ถ้าพื้นที่ตู้เย็นไม่พอ ให้เฉาะ เหน้า ชูดเนื้อ ใส่ภาชนะที่มีฝาปิด แล้วจึงเก็บใส่ตู้เย็น รายละเอียดเพิ่มเติมสามารถศึกษาได้ที่เว็บไซต์

http://www.lokehoon.com/topic.php?q_id=340

11.3 วิธีสังเกตมะพร้าวน้ำหอมที่สุกแก่พร้อมเก็บเกี่ยว

มะพร้าวน้ำหอมจะอร่อยที่สุด หากมีการเก็บเกี่ยวในระยะเวลาเหมาะสม หรือ เก็บเกี่ยวในขณะที่เนื้อมะพร้าวกำลังอ่อนนุ่มได้ที่และน้ำในผลมีรสชาติหวานหอม ซึ่งเป็นตัวการันตีคุณภาพผลผลิต ทั้งนี้นอกจากจะต้องดูแลรักษาเป็นอย่างดีแล้ว ช่วงเวลาในการเก็บเกี่ยวก็เป็นสิ่งสำคัญ ดังคำแนะนำตามหลักวิชาการที่แนะนำจากรุ่นสู่รุ่น เพื่อให้ชาวสวนมือใหม่และรุ่นเก่าทั้งหลายใช้เป็นตัวชี้วัด ช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมสืบเนื่องกันมา ว่าควรจะเริ่มเก็บเกี่ยวเมื่อใด จึงจะคงคุณภาพผลผลิตไว้ให้เป็นที่ยอมรับในใจของผู้บริโภคได้ตลอดกาล วิธีการที่สามารถใช้สังเกตอายุการเก็บเกี่ยวมะพร้าวน้ำหอมที่เหมาะสมได้ ได้แก่

- นับวันหลังจากจับบาน โดยมะพร้าวน้ำหอมจะเริ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตได้หลังจับบาน 190-200 วัน ในช่วงนี้จะได้มะพร้าวน้ำหอมที่มีเนื้ออ่อนนุ่ม น้ำมะพร้าวจะมีรสชาติหวานหอมกำลังทาน

- นับทะลาย โดยจะนับทะลายที่เก็บเกี่ยวเป็นทะลายที่หนึ่ง แล้วนับทะลายที่ออกตามมาเป็นทะลายที่สองและสามไปเรื่อย ๆ เมื่อจันที่ 12 แทงออกและกาบหุ้มยังไม่แตกเป็นระยะที่ มะพร้าวทะลายแรกอยู่ในช่วงที่อ่อนกำลังดี

- สังเกตจากทางหนู โดยการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมคือทางหนูแห่งครึ่งหนึ่ง ส่วนอีกครึ่งหนึ่งยังสดอยู่ หรือ ทางหนูในส่วนที่แห้งและสดมีส่วนที่เท่ากัน

- สังเกตจากสีตรงรอยต่อของขั้วผล ถ้ายังเห็นตรงรอยต่อของขั้วผล เป็นวงสีขาวกว้างแสดงว่ามะพร้าวยังอ่อนเกินไป แต่ถ้าสังเกตเห็นรอยต่อของขั้วเป็นสีขาวเพียงเล็กตำหรือสีขาวเลือนหายไป แสดงว่าพร้อมเก็บเกี่ยวจำหน่าย

12. ออปแอมป์ (operating amplifier)

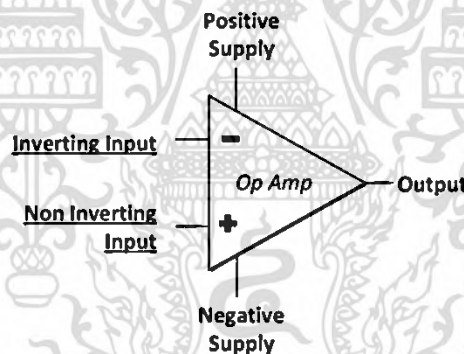
ออปแอมป์ (นภัทร วจนเทพินทร์, 2550) เป็นคำย่อมาจาก operating amplifier (Op-Amp) เป็นวงจรขยายแบบต่อตรง (direct coaled amplifier) ที่มีอัตราการขยายสูงมากใช้การป้อนกลับแบบลบไปควบคุมลักษณะการทำงาน ทำให้ผลการทำงานของวงจรไม่ขึ้นกับพารามิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อคุณผู้ใดเห็นไปใช้ประโยชน์ใด ๆ ไม่ว่ากรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในของออปแอมป์ วงจรภายในประกอบด้วยวงจรขยายที่ต่ออนุกรมกัน คือ วงจรขยายดิฟเฟอเรนเชียลด้านทางเข้า วงจรขยายดิฟเฟอเรนเชียลภาคที่สอง วงจรเลื่อนระดับและวงจรขยายกำลังด้านทางออก สัญลักษณ์ที่ใช้แทนออปแอมป์จะเป็นภาพสามเหลี่ยม เหลี่ยม ไอซีออปแอมป์เป็นไอซีที่แตกต่างไปจากลิเนียร์ไอซีทั่วไป คือ ไอซีออปแอมป์มีขาอินพุต 2 ขา เรียกว่า ขาเข้าไม่กลับเฟส (non-inverting input) หรือขา (+) และขาเข้ากลับเฟส (inverting input) หรือขา (-) ส่วนทางด้านออกมีเพียงขาเดียวดังแสดงในภาพที่ 4.21

คุณสมบัติของออปแอมป์ในทางอุดมคติ

1. อัตราขยายมีค่าสูงมากเป็นอนันต์หรืออินฟินิตี้ ($AV = \infty$)
2. อินพุตอิมพีแดนซ์มีค่าสูงมากเป็นอนันต์ ($Z_i = \infty$)
3. เอาต์พุตอิมพีแดนซ์มีค่าต่ำมากเท่ากับศูนย์ ($Z_o = 0$)
4. ความกว้างของแบนด์วิธ (Bandwidth) ในการขยายสูงมาก ($BW = \infty$)
5. สามารถขยายสัญญาณได้ทั้งสัญญาณ AC และ DC
6. การทำงานไม่ขึ้นกับอุณหภูมิ



ภาพที่ 4.21 สัญลักษณ์ออปแอมป์

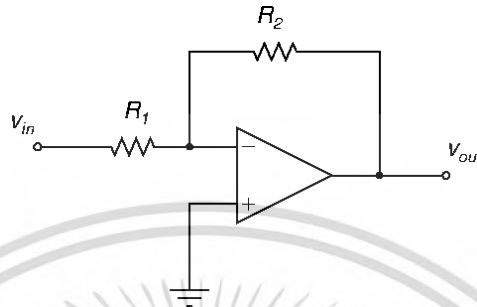
12.1 วงจรขยายแบบกลับเฟส (inverting amplifier)

ในวงจรขยายออปแอมป์นั้นสามารถที่จะกำหนดอัตราการขยายของวงจรได้โดยการใช้วงจรเนกาทีฟฟีดแบ็ค (negative feedback) เมื่อเราป้อนสัญญาณเข้าทางขา inverting (ขาลบ) แรงดันด้านทางออกจะมีมุมเฟสต่างไปจากแรงดันทางเข้า 180 องศา ซึ่งมีลักษณะตรงข้าม โดยสัญญาณตรงกันข้ามนี้จะถูกป้อนกลับผ่าน R_2 เข้ามายังขาอินเวอร์ตอีกครึ่งหนึ่งดังแสดงในภาพที่ 4.22 ตรงจุดนี้จะทำให้สัญญาณเกิดการหักล้างกัน อัตราการขยายก็จะลดลง ถ้าตัวต้านทานที่เป็นตัวป้อนกลับมีค่ามาก จะทำให้สัญญาณป้อนกลับมีขนาดเล็ก อัตราการขยายออกจึงสูง ถ้าตัวต้านทานที่ป้อนกลับมีค่าน้อย สัญญาณป้อนกลับไปได้มาก อัตราการขยายก็จะลดลง ดังนั้น อัตราส่วนของความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้านทาน R_1 และ R_2 จะเป็นตัวกำหนดอัตราขยายของวงจรโดยไม่ขึ้นกับอัตราขยายของออปแอมป์ที่พิจารณาได้ดังสมการที่ 4.1

$$AV = -\frac{R_2}{R_1} \quad (4.1)$$

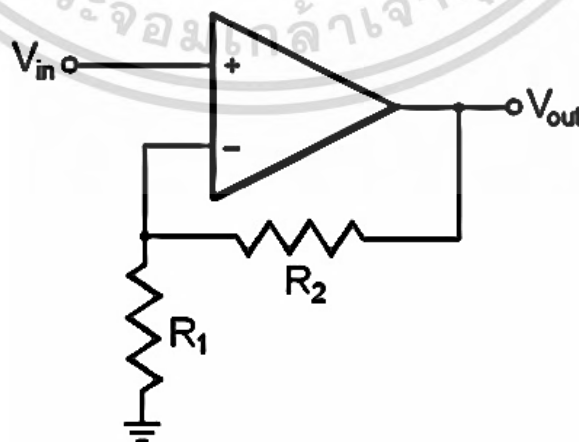


ภาพที่ 4.22 วงจรขยายออปแอมป์แบบกลับเฟส

12.2 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส (Non-Inverting Amplifier)

วงจรขยายนี้เป็นวงจรขยายอีกแบบหนึ่งที่ต้องการเฟสในการขยายเป็นเฟสเดียวกัน ดังนั้นการป้อนสัญญาณอินพุตจึงต้องป้อนเข้าที่ขาอินพุตเวอร์ตติ้ง (ขาบวก) ซึ่งเมื่อขยายออกที่เอาต์พุตแล้วจะได้สัญญาณเอาต์พุตที่มีเฟสเหมือนเดิม ดังแสดงในภาพที่ 4.23 ดังนั้น ในวงจรขยายแบบไม่กลับเฟสนี้การป้อนกลับเพื่อลดอัตราขยายจึงยังคงต้องป้อนไปยังขาอินพุตเวอร์ตติ้ง (ลบ) เพื่อให้เกิดการหักล้างของสัญญาณกันภายในตัวไอซีออปแอมป์ โดยสามารถหาอัตราขยายของวงจรได้จากสมการที่ 4.2

$$AV = \frac{R_2}{R_1} + 1 \quad (4.2)$$



ภาพที่ 4.23 วงจรขยายออปแอมป์แบบไม่กลับเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.24 ลักษณะของเครื่องวัดธาตุ NPK โดยรวม รุ่น Rapitest 1880

12.3 Rapitest รุ่น 1880 (Rapidtest 4 way Soil Tester model 1880)

เครื่องวัดดิน Rapitest 4in1 รุ่น 1880 ดังแสดงในภาพที่ 4.24 ใช้ตรวจดิน โดยวัดจากปริมาณปุ๋ย NPK โดยรวมในดิน สภาพกรดด่างของดิน ความชื้นดิน และปริมาณแสงที่ได้รับ สำหรับการปลูกพืชผักทุกประเภท ไม้ดอก ไม้พุ่ม ใช้ทดสอบเงื่อนไขการเจริญเติบโตของพืชให้เหมาะสมในภาพรวมได้ไม่ยากโดยเปรียบเทียบค่าที่วัดได้กับสภาพที่พืชผักต้องการ ซึ่งคุณสมบัติของเครื่อง Rapitest 1880 มีแสดงไว้ตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 คุณสมบัติของเครื่อง Rapitest 1880

Specifications			
	Too Little (น้อยเกินไป)	Ideal Range (เหมาะสม)	Too Much (มากเกินไป)
ชื่อธาตุ			
ไนโตรเจน	50 ppm	50 ถึง 200 ppm	200 ppm ขึ้นไป
ฟอสฟอรัส	4 ppm	4 ถึง 14 ppm	14 ppm ขึ้นไป
โพแทสเซียม	50 ppm	50 ถึง 200 ppm	200 ppm ขึ้นไป
Range :		pH : 0 to 9 pH	
		Moisture : 1-4	
		Light : 1000-10000 Fc/hr	
Probes :	3 probes 3.8 inch in length		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยความสามารถของเครื่อง Rapitest 1880 สรุปได้ดังนี้

1. สามารถบอกระดับความเข้มแสงที่พืชได้รับ
2. สามารถบอกระดับความชื้นดิน
3. สามารถบอกความสมบูรณ์ของดิน ซึ่งเป็นค่าโดยรวมของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมตามค่ามาตรฐานของ USDS
4. สามารถบอกระดับความเป็นกรดต่าง (pH) ของดิน
5. เพื่อปรับพีชหรือดินให้มีความเหมาะสมกัน
6. มีตารางระดับความชื้นที่เหมาะสมกับพืชกว่า 100 ชนิด (พืชผักของอเมริกาดูเป็นแนวทางได้ แต่อาจต้องปรับให้เหมาะกับบ้านเรา)
7. ไม่ต้องใช้แบตเตอรี่

12.4 Rapitest รุ่น 1835 (Rapitest 3-way digital analyzer รุ่น 1835)



ภาพที่ 4.25 ลักษณะของเครื่องวัดธาตุ NPK โดยรวม รุ่น Rapitest 1835

เครื่องมือสำหรับวัดคุณภาพของดินดังแสดงในภาพที่ 4.25 สามารถใช้วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ผลรวม NPK ในดิน และอุณหภูมิของดิน ใช้ตรวจสอบสถานะของแปลงปลูกทั้งกลางแจ้งหรือในโรงเรือน เพื่อเป็นข้อมูลในการวางแผนเตรียมและปรับสภาพดินก่อนปลูกพืชหรือปรับปรุงสถานะต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับชนิดของพืชที่ปลูกหรือวางแผนจะปลูก เหมาะกับเกษตรกรสมัยใหม่และบุคคลทั่วไปที่รักการปลูกต้นไม้เป็นงานอดิเรก ซึ่งมีวิธีการใช้งานเครื่องวัด ดังนี้

1. ขุดหน้าดินบริเวณที่ต้องการตรวจสอบออก 2 นิ้ว ขุดดินลึกลงไป 5 นิ้ว และกะเทาะให้ดินเป็นชั้นเล็กละเอียดให้มากที่สุดนำเศษหิน เศษใบไม้ กิ่งไม้ที่ทับถมอยู่ออก เพราะมันมีผลต่อการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดสอบ ดวงตัวอย่างดินที่ต้องการทดสอบลงในแก้วหรือภาชนะที่สะอาดแล้วใส่ตัวอย่างดินที่เตรียมไว้ลงไป รดน้ำลงในดินให้ทั่ว คนให้ดินและน้ำเข้ากันจนเป็นโคลนชั้น

2. ใช้แผ่นใยขัดแห่งตรวจค่า ให้สะอาดเป็นเงา ระวังหลีกเลี่ยงส่วนปลายของขามิเตอร์ ขัดคราบ Oxide ที่อาจจะเกาะที่ผิวหน้าของโลหะออก ใช้สำลีก้อนหรือกระดาษทิชชูเช็ดตั้งแต่หัวอ่านจนสุดที่มีมือจับ

3. ปรับปุ่มขึ้นลงด้านข้างเพื่อเลือกค่าที่ต้องการวัด เสียบแห่งตรวจค่าลงไปตรง ๆ ในตัวอย่างดินที่เตรียมไว้ให้ลึก 2.5 ถึง 3 นิ้ว ถ้าเสียบลงไปไม่สิ้นไหล ให้ย้ายตำแหน่งเสียบใหม่ อย่าใช้แรงกดแห่งอ่านค่า หมุนแห่งอ่านค่าตามเข็มนาฬิกาและตรงข้ามเข็มนาฬิกาด้วยปลายนิ้วหลาย ๆ ครั้ง ให้แน่ใจว่าดินเปียกกระจายเกาะที่ผิวหน้าแห่งอ่านค่าจนทั่ว

4. รอประมาณ 60 วินาที สำหรับวัดค่า pH และ 10 วินาที สำหรับค่า Fertility อ่านค่าที่วัดได้ที่หน้าจอ

ถ้าค่าเริ่มต้นของมิเตอร์เท่ากับ 7 pH หรือสูงกว่า : ให้เช็ดดินออกจากแห่งวัดค่าให้หมดและขัดแห่งวัดค่าให้สะอาดจนเป็นเงาและเสียบแห่งวัดค่าลงในดินตรงตำแหน่งใหม่ อย่าเสียบลงในตำแหน่งเดิม หมุนแห่งวัดค่า 2-3 ครั้งด้วยปลายนิ้วและรอประมาณ 30 วินาที ก่อนการอ่านค่าสุดท้าย

ถ้าค่าเริ่มต้นของมิเตอร์ต่ำกว่า 7 pH : ให้เช็ดดินออกจากแห่งวัดค่าให้หมด ไม่ต้องขัดแห่งวัดค่าให้สะอาดจนเป็นเงา เสียบแห่งวัดค่ากลับลงในดินตรงตำแหน่งใหม่ อย่าเสียบลงในตำแหน่งเดิม หมุนแห่งวัดค่า 2-3 ครั้ง ด้วยปลายนิ้วและรอประมาณ 60 วินาที ก่อนการอ่านค่าสุดท้าย โดยปริมาณของธาตุ NPK ในช่วงต่าง ๆ ของเครื่องวัดธาตุ NPK โดยรวม Rapitest รุ่น 1835 ดังตารางที่ 4.3 ซึ่ง ppm คือ จำนวนหนึ่งในล้านส่วน โดยค่ามาตรฐานของ Fertility ที่เครื่องได้คาร์เบรทไว้ คือ

1. ช่วง 0-2 (Too little) หมายถึง มีปริมาณสารอาหารไม่เพียงพอที่พืชจะนำไปใช้ได้และอาจแสดงว่าในดินมีโครงการของจุลินทรีย์ต่ำ
2. ช่วง 3-7 (Ideal) หมายถึง มีปริมาณสารอาหารในดินที่พอเพียง อยู่ในช่วงค่าที่เหมาะสม
3. ช่วง 8-9 (Too much) หมายถึง มีปริมาณสารอาหารในดินสูงมากเกินไป ซึ่งอาจจะหมายถึงมีปริมาณปุ๋ยเคมีที่มากเกินไปหรืออาจมีปัญหาจากดินเค็ม อาจทำให้เกิดปัญหารากไหม้ ใบไหม้และจุลินทรีย์ในดินตายได้

ตารางที่ 4.3 ปริมาณของธาตุ NPK ที่วัดได้ของเครื่อง Rapitest รุ่น 1835

ชื่อธาตุ	Too Little (น้อยเกินไป)	Ideal Range (เหมาะสม)	Too Much (มากเกินไป)
ไนโตรเจน	50 ppm	50 ถึง 200 ppm	200 ppm ขึ้นไป
ฟอสฟอรัส	4 ppm	4 ถึง 14 ppm	14 ppm ขึ้นไป
โพแทสเซียม	50 ppm	50 ถึง 200 ppm	200 ppm ขึ้นไป

วิธีการดูแลรักษาของเครื่อง Rapitest รุ่น 1835 มีดังนี้

1. อย่าทิ้งแ่งวัดค่าในดินนานเกินความจำเป็น เพราะแ่งวัดโลหะอาจเสียได้
2. ให้แน่ใจว่าทำความสะอาดแ่งวัดค่าสะอาดและแห้งดีแล้วก่อนเก็บ เพราะอาจทำให้เกิดคราบ Oxidation ที่ผิวหน้าเหล็กได้
3. เก็บมิเตอร์ให้พ้นจากวัตถุประเภทโลหะ

ข้อผิดพลาดในการวัดการอ่านค่าคลาดเคลื่อน อาจเกิดจากสาเหตุต่าง ๆ ดังนี้

1. ขาอ่านค่าสัมผัสกับหิน หรือวัตถุอินทรีย์ เช่น เศษใบไม้ กิ่งไม้
2. ดินไม่แน่นพอ ทำให้ดินสัมผัสผิวแ่งอ่านค่าไม่ทั่ว
3. เศษดินติดแน่นที่แ่งวัดโลหะ
4. ดินตัวอย่างไม่จับแน่นที่แ่งวัดเพียงพอ
5. เสียบแ่งวัดค่าใกล้ด้านข้างและก้นกระถางมากเกินไป
6. มีแ่งปุ๋ยหรือปุ๋ยเม็ดที่แ่งอ่านค่า
7. เมื่อเปิดเครื่องเพื่อวัดค่า pH ค่าเริ่มต้นควรอยู่ที่ 7 pH ซึ่งเป็นค่ากลาง

ถ้ามิเตอร์ตอบสนองช้าหรือไม่ตอบสนอง ให้ตรวจดังต่อไปนี้

1. แ่งวัดค่าต้องการทำความสะอาด
2. พื้นที่อยู่แ่งวัดค่าแห้งเกินไป
3. แ่งวัดค่าเสียหายหรือเป็นหลุม ทะลุ

ถ้ามิเตอร์อ่านค่าเป็นกรดจัด (เฉพาะไม้กระถาง) มีวิธีแก้ไขดังนี้

1. ใส่อาหารมากเกินไป
2. มีแ่งปุ๋ยหรือปุ๋ยเม็ดใกล้แ่งอ่านค่าอยู่เป็นจำนวนมาก

12.5 เครื่องวัดความเค็มในดิน รุ่น 836-1



ภาพที่ 4.26 ลักษณะของมิเตอร์ 3 in 1 รุ่น 836-1

เครื่องวัดความเค็มในดิน รุ่น 836-1 เป็นเครื่องมือวัดที่สามารถวัดได้ 3 ค่าในเครื่องเดียว ได้แก่ ค่าความเค็มของดิน (ค่า EC) ค่า TDS และค่า Temperature ดังแสดงในภาพที่ 4.26 ใช้วัดความเค็มในดิน คุณภาพน้ำชลประทานและคุณภาพน้ำในการเลี้ยงสัตว์ได้ภายในเครื่องเดียวกัน ค่า EC ในดินจะเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืชผัก พืชไร่และไม้ผลทุกประเภท ความเค็มจะทำให้พืชผักตายได้เนื่องจากพืชจะสามารถดูดน้ำในดินไปใช้ได้น้อยลง พืชจะเหลืองและแห้งตาย นอกจากนี้ ปริมาณของเกลือที่มากเกินไปจะเป็นพิษต่อพืช ทำให้เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหาร ทำให้โตช้า ผลผลิตต่ำ ความเค็มในแต่ละระดับจะเหมาะกับพืชผัก พืชไร่และพืชสวน ในแต่ละประเภท โดยวิธีการวัดความเค็มของดินแบบง่ายกระทำได้นำดินมาทำเป็นสารแขวนลอย โดยเติมน้ำกลั่นลงไปในอัตราส่วนดินต่อน้ำกลั่น เท่ากับ 1 ต่อ 5 หรือโดยการชั่งดิน 10 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร คนดินให้เข้ากัน แล้วตั้งทิ้งไว้เวลานาน 30 นาที แล้วนำไปวัดค่าการนำไฟฟ้าด้วยเครื่อง EC มิเตอร์ ซึ่งปริมาณค่าความเค็มที่มีผลต่อพืช ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ปริมาณค่าความเค็มที่มีผลต่อพืช

ค่า EC (mS/cm)	ระดับความเค็ม	อิทธิพลต่อพืช
< 12	ไม่เค็ม	ไม่มีอิทธิพลต่อพืช
2 to 4	เค็มเล็กน้อย	มีผลต่อพืชไม่ทนเค็ม
4 to 8	เค็มปานกลาง	มีผลต่อพืชหลายชนิด
8 to 16	เค็มมาก	พืชทนเค็มเท่านั้นที่เจริญได้
> 16	เค็มจัดมาก	พืชทนเค็มน้อยชนิดที่เจริญได้

การปรับปรุงดินเค็ม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินที่มีความเค็มในระดับเค็มจัดนั้น จะต้องมีการลงทุนเพื่อดำเนินการสูงมาก วิธีการหนึ่งที่น่าจะได้ผลประหยัด คุ่มค่าและเกษตรกรสามารถจัดการเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานในเพื่อการศึกษาก็ได้เช่นกัน เมื่อผู้ดูแลเห็นว่าเป็นประโยชน์ในการศึกษาไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยตัวเองได้ในพื้นที่ดินเค็ม คือ วิธีเลือกพืชทนเค็มบางชนิดที่เหมาะสม สำหรับปลูกในพื้นที่ดินเค็มที่มีระดับความเค็มต่าง ๆ กัน ดินที่มีระดับความเค็มไม่มากจนเกินไปนั้น ก็สามารถปลูกพืชบางชนิดได้

โครงสร้างของเครื่องวัดความเค็มในดิน รุ่น 836-1 มีดังนี้

1. หน่วยการวัด: uS/cm, mS/cm, ppm, ppt, °C, °F
2. วัดได้ค่าความเค็มดิน (EC) และคุณภาพน้ำชลประทาน (TDS) ภายในเครื่องเดียว
3. ป้องกันน้ำและฝุ่นได้ 100%
4. °C/°F unit switchable
5. วัดค่าและสอบเทียบเครื่องได้อย่างรวดเร็ว อย่างง่ายดายเพียงสัมผัสปุ่มเพียงปุ่มเดียว
6. เปลี่ยนแบตเตอรี่ง่ายตาย ใช้แบตเตอรี่รุ่น LR44 4 อัน
7. ขนาดเท่าปากกา พกพาสะดวก

ลักษณะเฉพาะของเครื่องวัดความเค็มในดิน รุ่น 836-1 มีดังนี้

1. ช่วงค่าการวัดความเค็มในดิน โดยจะอยู่ในช่วง 0~1999 uS/cm หรือ 0~19.99 mS/cm
2. ช่วงค่าการวัดคุณภาพน้ำ อยู่ในช่วง 0~1999 ppm หรือ 0~19.99 ppt
3. ความละเอียด : 1 uS / 1ppm or 0.01mS / 0.01ppt
4. ความแม่นยำ : +/-1% Full Scale + 1 digit
5. Calibration standard range: (0.2~1)* full scale
6. อุณหภูมิภายในการทำงาน : 0~50°C (32°F~122°F)
7. ปรับค่าตามอุณหภูมิอัตโนมัติ (ATC) : 0~50°C
8. TDS Factor: 0.4~1.00
9. Temperature coefficient: 0~4.0% per °C
10. Normalization temperature: 20°C or 25°C
11. แบตเตอรี่ : 4 x 1.5V batteries (Type A76 or LR44)
12. สอบเทียบ : 2 จุด (Calibration range is +/-40% of factory default parameter)
13. ระบบปิดอัตโนมัติ
14. อายุแบตเตอรี่ : มากกว่า 80 ชั่วโมงเมื่อใช้อย่างต่อเนื่อง
15. ขนาด : 165 x 35 x 32 มม.

12.6 การวิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอนและอินทรีย์วัตถุ

ในหัวข้อย่อๆนี้จะกล่าวถึงการวิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอนและอินทรีย์วัตถุ (organic carbon และ organic matter) เพื่อหาปริมาณธาตุ N จากเปอร์เซ็นต์ของ organic matter

คาร์บอนเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของอินทรีย์วัตถุ (ประมาณ 48-58%) ดังนั้น การวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุจึงนิยมใช้วิธีวิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอน (organic carbon) แล้วคูณกับค่า factor

ซึ่งแต่เดิมนั้นนิยมใช้ค่า 1.724 (Van Bemmelen factor) โดยถือหลักที่ว่าอินทรีย์วัตถุประกอบด้วยเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

organic carbon ประมาณ 58% อย่างไรก็ตามจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าสัดส่วนของคาร์บอนในอินทรีย์วัตถุผืนแปรมากในดินแต่ละชนิด ดังนั้นการเลือกค่า constant factor ที่ดีค่าใดค่าหนึ่งจึงทำได้ยาก จากการศึกษาในภายหลังพบว่า ค่า constant factor ที่ใช้สำหรับดินบนควรเป็น 1.9 และดินล่างควรเป็น 2.5 ซึ่งจะแสดงได้ว่าค่า constant factor นี้นอกจากจะผันแปรในดินแต่ละชนิดแล้ว ยังแตกต่างกันระหว่างชั้นของดินด้วย จึงมีการเสนอว่าควรจะรายงานค่าวิเคราะห์ในภาพของอินทรีย์คาร์บอนมากกว่าในภาพของอินทรีย์วัตถุ

การวิเคราะห์หา organic carbon ทำได้ดังนี้

1. วิเคราะห์หา total C ในดิน และ inorganic carbon แล้วหักค่าทั้ง 2 ออกจากกัน
2. วิเคราะห์ total C ภายหลังจากกำจัดหรือทำลาย inorganic carbon ในดิน
3. ใช้ Cr_2O_7 เป็นตัว oxidize คาร์บอนให้เป็น CO_2 แล้วจึงวิเคราะห์ Cr_2O_7 ที่เหลือ โดยวิธี oxidation reduction กับ Fe^{+2} หรือโดยวิธี colorimetric

โดยในดินที่เป็น noncalcareous หรือดินที่ไม่ได้ใส่ปูนมานานค่าวิเคราะห์ total C สามารถใช้แทนค่า organic carbon ได้ สำหรับในดิน calcareous หรือดินที่เพิ่งใส่ปูนไม่นานค่า organic C จะเท่ากับ total C - inorganic C ซึ่งการวิเคราะห์หา total C สามารถทำได้ 2 วิธี คือ

1. Dry combustion : เผาอินทรีย์วัตถุตั้งแต่ 650-1000 °C (แล้วแต่วิธีที่ใช้) จนคาร์บอนเปลี่ยนเป็น CO_2 แล้ววัดปริมาณ CO_2 ที่เกิดขึ้น
2. Wet combustion : ใช้ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ เป็น oxidizing agent

การวิเคราะห์ organic carbon โดยวิธี rapid dichromate oxidation เป็นวิธีที่นิยมใช้กันแพร่หลาย เพราะสะดวกและรวดเร็วและไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษ แต่ค่าที่ได้ไม่ค่อยแม่นยำ ถือเป็นค่าโดยประมาณเท่านั้น อย่างไรก็ตามค่าที่ได้นี้ก็มีประโยชน์และใช้ได้ดีกับงานสำรวจและงานวิเคราะห์ดินเพื่อใช้ในการเกษตรทั่วไป แต่วิธีนี้อาจมีปัญหา interference จาก Cl^- , Fe^{2+} และ MnO_2

Indicator ที่ใช้ในการไตเตรต Cr_2O_7 กับ Fe^{+2} มีหลายชนิดดังนี้

1. Diphenylamine : เป็น indicator ตัวแรกที่ใช้และมีการใช้กันอย่างแพร่หลายการเติม H_3PO_4 , NaF หรือ HF ก่อนการไตเตรตจะทำให้ end point ชัดเจนขึ้น
2. Barium diphenylamine sulfonate : เมื่อใช้ร่วมกับ H_3PO_4 พบว่าทำให้ประสิทธิภาพดีกว่าและ stable กว่า diphenylamine
3. O-phenanthroline : อาจใช้เดี่ยว ๆ หรือร่วมกับ H_3PO_4 จุดที่เปลี่ยนสีของ O-phenanthro-line นี้จะเกิดที่ oxidation-reduction potential สูงกว่า diphenylamine แต่มีปัญหา คือ สีของมันมักถูกดูดซับ (absorb) โดยอนุภาคดินทำให้มองเห็น end point ไม่ชัดเจน ดังนั้น จึงนิยมกรองสารละลายก่อนไตเตรต
4. N-phenylanthranilic acid : ให้ end point ชัดเจนมาก ปัจจุบันมีผู้นิยมใช้กันมากขึ้น

การวิเคราะห์ organic carbon โดยวิธี Walkley and black

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ในเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทคนิคนี้เป็นวิธีที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ โดยสารเคมีที่ใช้ในการทดลองมีดังนี้

1. Potassium dicromate ($K_2Cr_2O_7$) 1 normal: ละลาย $K_2Cr_2O_7$ จำนวน 49.04 กรัม (อบแห้งที่อุณหภูมิ $105^\circ C$) ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร
2. Sulfuric acid (H_2SO_4) เข้มข้น (ไม่ต่ำกว่า 96%): ในกรณีที่ดินมี Cl^- สูงให้เติม Ag_2SO_4 ในอัตราส่วน 15 กรัมต่อลิตร
3. Phosphoric acid (H_3PO_4) เข้มข้น: Option
4. O-phenanthroline – ferrous complex Indicator 0.025 M: ละลาย O-phenanthroline monohydrate 1.48 กรัม และ ferrous sulfate heptahydrate ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) 0.7 กรัม ในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร
5. Ferrous sulfate heptahydrate ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) 0.5 normal: โดยละลายสารนี้จำนวน 140 กรัม ในน้ำ 500 มิลลิลิตร เติม H_2SO_4 เข้มข้น 15 มิลลิลิตร ที่ไว้ให้เย็นปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น (อาจใช้ $Fe(NH_4)(SO_4) \cdot 6H_2O$ จำนวน 196.1 กรัม แทน $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ก็ได้)

วิธีการทดลองมีดังนี้

1. บดดินให้ละเอียด ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มม.
2. ชั่งดินตัวอย่างด้วย analytical balance จำนวน 0.5-2 กรัม (หรือชั่งดินจำนวนเท่ากับที่มีคาร์บอน 10-25 มิลลิกรัม) ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร
3. เติม $K_2Cr_2O_7$ 1 normal จำนวน 5 มิลลิลิตร โดยใช้ pipet แก้ว flask เบา ๆ ให้ดินผสมกับสารละลาย
4. เติมกรด H_2SO_4 เข้มข้นจำนวน 10 มิลลิลิตร โดยเร็วให้กรดผสมกับ soil suspension โดยตรงแก้ว flask ไปรอบๆ เบาๆ จนดินและสารละลายผสมกันดี หลังจากนั้นเขย่าแรงขึ้นเป็นเวลา 1 นาที
5. ตั้ง flask ไว้ให้ทำปฏิกิริยา 30 นาที
6. เติมน้ำ 15-20 มิลลิลิตร และหยด O-phenanthroline indicator 3-5 หยด
7. Titrate soil suspension กับ 0.5 normal $FeSO_4$ เมื่อใกล้ถึง end point สารละลายจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเขียวเข้ม ที่จุดนี้ค่อย ๆ เติม $FeSO_4$ ลงไปช้า ๆ จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวอมน้ำเงินเป็นสีแดง (ควรดูสีในบริเวณที่สว่างและใช้ background สีขาว เพื่อจะได้เห็นสีชัดเจนยิ่งขึ้น) ถ้า end point ที่ได้ไม่ชัดเจนควรกรองสารละลายก่อนการไตเตรต
8. ทำ blank (ไม่ใช่ตัวอย่างดิน) โดยวิธีเดียวกัน เพื่อเป็นตัว standardize $K_2Cr_2O_7$ และเป็นตัวเปรียบเทียบปริมาณ $K_2Cr_2O_7$ ที่ถูก reduced โดยดินตัวอย่าง
9. ในกรณีที่พบว่า สารละลาย $K_2Cr_2O_7$ ที่ถูกใช้ถูก reduced โดยตัวอย่างดินมากกว่า 75%

ให้ทำการวิเคราะห์ใหม่โดยลดปริมาณดินลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรที่ใช้ในการคำนวณหา %organic carbon สามารถพิจารณาได้จากสมการที่ 4.9 จากนั้น นำค่า %organic carbon ที่หาได้เข้าสมการที่ 4.10 เพื่อหาค่า %organic matter

$$\% \text{organic carbon} = \frac{(\text{Blank} - \text{Sample}) \times N(\text{FeSO}_4) \times 0.003 \times 100 \times 1.33}{\text{Weight}(g)} \quad (4.9)$$

โดย 0.003 คือ milliequivalent weight ของ C ที่ถูก oxidized

1.33 คือ ค่าที่ได้จากการคำนวณ โดยคิดค่าเฉลี่ย % recovery ของคาร์บอนในดิน มีค่าประมาณเท่ากับ 75%

Weight คือ น้ำหนักของตัวอย่างดิน (มีหน่วยเป็นกรัม)

Blank คือ ค่าปริมาณของ FeSO₄ ที่ไตเตรตในตัวอย่างที่ไม่ใส่ดิน

Sample คือ ค่าปริมาณของ FeSO₄ ที่ไตเตรตในตัวอย่างที่ทำการทดลอง

$$\% \text{organic matter} = 1.724 \times \% \text{ organic carbon} \quad (4.10)$$

โดย %organic matter ในสมการที่ 4.10 นั้นจะพิจารณาปริมาณไนโตรเจนที่อยู่ในดินประมาณอยู่ 2.5%

12.7 การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (Available phosphorous)

ฟอสฟอรัสในดินส่วนใหญ่จะทำปฏิกิริยากับ divalent และ trivalent cations เช่น Ca, Mg, Fe, Al และตกตะกอนอยู่ในสภาพที่ไม่ละลายน้ำ ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในสารละลายดิน ซึ่งเป็นส่วนที่พืชสามารถดูดไปใช้ได้มีน้อยมาก ฟอสฟอรัสในสารละลายดินนี้จะอยู่ในสภาพสมดุลกับฟอสฟอรัสในสภาพของแข็งและฟอสฟอรัสที่ถูกตรึงในสภาพฟอสเฟต การที่ฟอสฟอรัสจะถูกปลดปล่อยออกมาอยู่ในสารละลายดินมากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นกับชนิดและสภาพฟอสฟอรัสที่ถูกตรึงไว้

การที่ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสถูกควบคุมโดยปัจจัยหลายอย่าง จึงได้มีความพยายามที่จะหาสารเคมีเพื่อนำมาสกัดเอาฟอสฟอรัสส่วนที่พืชจะสามารถดูดไปใช้ออกมา แต่เนื่องจากฟอสฟอรัสที่อยู่ในดินมีหลายภาพ ค่าที่ได้จากการสกัดโดยใช้สารเคมีต่างชนิดกันจึงมีผลต่างกัน และเพื่อให้มั่นใจว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้นี้ พืชสามารถนำไปใช้ได้จริง จึงต้องนำค่าที่ได้นี้ไปหาค่าสหสัมพันธ์กับการเจริญเติบโต การดูดฟอสฟอรัส (uptake) และผลผลิตของพืชเสียก่อน หลังจากนั้น จึงสามารถนำค่าที่ได้ไปใช้เป็นแนวทางในการใส่ปุ๋ยแก่พืช การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินประกอบด้วย 2 ขั้นตอนดังนี้

1. การสกัดเพื่อให้ P ละลายออกมาอยู่ในสารละลายดิน
2. การวิเคราะห์หาปริมาณ P ในสารละลายที่ได้จากการสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสกัดเพื่อให้ P ละลายออกมาอยู่ในสารละลายดินสามารถกระทำดังนี้

1. ภาพของฟอสฟอรัสที่ถูกสกัดด้วยไอออนในน้ำยาสกัด (extractant)

ไอออนที่ใช้ในการสกัดฟอสฟอรัสมีหลายชนิด ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะ H^+ , OH^- , F^- , HCO_3^- และ SO_4 ซึ่งใช้กันค่อนข้างแพร่หลาย

1.1 Hydrogen ions จะทำให้ฟอสฟอรัสในภาพ Ca-P ทั้งหมดรวมทั้ง basic Ca-P เช่น hydroxy-apatite ละลายได้มากขึ้น นอกจากนั้น H^+ ยังสกัด Al-P และ Fe-P ได้ด้วย โดยอัตราการละลายของ Al-P จะช้ากว่า hydroxyapatite ส่วน Fe-P ละลายช้ามาก ในดินที่มี Ca-P, Al-P และ Fe-P ความสามารถของ H^+ ในการสกัด $Ca > Al > Fe$

1.2 Hydroxide ions ละลาย Fe-P และ Al-P ได้ดีแต่สกัด basic Ca-P ได้น้อยมาก นอกจากนั้น OH^- ยังทำปฏิกิริยากับอินทรีย์วัตถุทำให้อินทรีย์ฟอสฟอรัสบางส่วนถูกปลดปล่อยออกมา จึงไม่นิยมใช้ในดินที่มีอินทรีย์วัตถุสูง

1.3 Fluoride ions จะตกตะกอนกับ soluble Ca เป็น CaF_2 ดังนั้น จึงสกัด Ca-P ที่ละลายได้ดี เช่น $CaHPO_4$ ออกจากดินได้มาก นอกจากนั้น fluoride ยังทำปฏิกิริยา complex กับ Al ทำให้ฟอสเฟตที่ทำปฏิกิริยากับ Al ถูกปลดปล่อยออกมา

1.4 Bicarbonate ions จะตกตะกอนกับ Ca เป็น $CaCO_3$ ทำให้มี Ca ในสารละลายดินน้อยลง จึงสกัด Ca-P ออกมาได้มากขึ้น นอกจากนั้น HCO_3^- ยังสกัด Al-bound phosphate โดยเข้าแทนที่ Al และ Al จะตกตะกอนกับ OH^- แต่ HCO_3^- ไม่สามารถสกัด basic Ca-P และ Al-P หรือ Fe-P ที่มี oxide เคลือบอยู่ โดยทั่วไปแล้ว HCO_3^- และ F^- จะสกัดสารประกอบชนิดเดียวกัน แต่ปฏิกิริยาที่เกิดจาก F^- จะรุนแรงกว่าและ F^- สามารถสกัดส่วนประกอบบางชนิดที่ HCO_3^- ไม่สามารถสกัดได้

1.5 Acetate ions สามารถทำปฏิกิริยากับ polyvalent metal cations ในดิน เกิดเป็นสารประกอบ complexes ที่ไม่ค่อยแข็งแรง เมื่อไม่มี H ions ความสามารถในการสกัด P ของ acetate จะน้อย การใช้ acetate มีจุดประสงค์สำคัญในการป้องกันไม่ให้เกิด re-adsorption ของฟอสเฟตที่สกัดโดย ions อื่น

1.6 Sulfate ions ปฏิกิริยาของ SO_4 คล้ายกับ acetate ดังนั้นจึงใช้ในการป้องกันการเกิด re-adsorption เช่นเดียวกับ acetate

2. สารละลายที่ใช้สกัดฟอสฟอรัส มีหลายกลุ่ม ได้แก่

2.1 สารละลายกรดแก่ (strong mineral acids)

2.2 สารละลาย buffer ของกรดอ่อน (buffered solutions of weak acids)

2.3 สารละลาย buffer ของด่าง (buffered solutions of weak bases)

2.4 สารละลายของเกลือที่เป็นกลาง (solution of neutral salts)

2.5 น้ำหรือกรดหรือเกลือเจือจาง (water or other dilute salts or acids)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 สารละลายสกัดที่ใช้กันแพร่หลายในประเทศไทยได้แก่ Bray I, Bray II และ Olsen

3. การสกัดฟอสฟอรัสในดินโดยสารละลาย Bray - เป็นวิธีสกัดฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่นิยมใช้กันแพร่หลาย หลักการสำคัญ คือ ใช้กรด HCl ร่วมกับ NH_4F เป็นตัวสกัดฟอสฟอรัสที่ละลายได้ง่ายในกรดซึ่งได้แก่ แคลเซียมฟอสเฟต และบางส่วนของเหล็กและอะลูมิเนียมฟอสเฟต NH_4F จะละลายเหล็กและอะลูมิเนียมฟอสเฟตโดยทำปฏิกิริยากับ metal ions เกิดเป็น complex ion ในสารละลายที่เป็นกรด วิธีนี้ใช้ได้ดีกับดินกรด Smith et al. (1957) [5] พบว่าในดิน calcareous การใช้ดินต่อสารละลายกรดในอัตรา 1:50 จะดีกว่าอัตราส่วน 1:7 ที่ใช้ในวิธี Bray I มิฉะนั้นค่าที่ได้จากการสกัดโดยสารละลาย Bray I จะต่ำมาก เนื่องจาก CaCO_3 ในดินทำปฏิกิริยา neutralization กับกรดอย่างรวดเร็ว นอกจากนั้นยังมีผลการทดลองอื่น ๆ ที่แสดงให้เห็นว่า Ca จาก calcite อาจทำปฏิกิริยากับ fluoride เกิดเป็น CaF_2 ซึ่งจะทำปฏิกิริยาทำให้เกิด immobilize ของฟอสฟอรัส (Simillie and Syers, 1972) [6] วิธี Bray ที่ใช้กันแพร่หลายมี 2 วิธี คือ

1. Bray I (0.025 normal HCl + 0.03 normal NH_4F) อัตราส่วน 1:7 เวลาที่สกัด 1 นาที
2. Bray II (0.1 normal HCl + 0.03 normal NH_4F) อัตราส่วน 1:10 เวลาที่สกัด 1 นาที

สารเคมีที่ใช้ในการทดลองมีดังนี้

1. Bray I (0.025 normal HCl + 0.03 normal NH_4F) : โดยใช้ NH_4F 1.0 normal 15 มิลลิลิตร ผสมกับ 0.5 normal HCl 25 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้เป็น 500 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น
2. Bray II (0.1 normal HCl + 0.03 normal NH_4F) : โดยใช้ NH_4F 1.0 N 15 มิลลิลิตร ผสมกับ 0.5 normal HCl 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้เป็น 500 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น

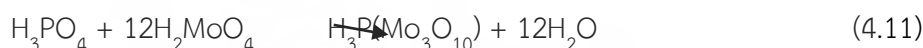
วิธีการสกัดมีดังนี้ ชั่งดิน 2.5 กรัม ใส่ extracting solution (Bray I ใช้ 17.5 มิลลิลิตร Bray II ใช้ 25 มิลลิลิตร) เขย่าทันทีด้วยมือเป็นเวลา 45 วินาที แล้วกรองทันทีด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 เก็บสารละลายที่ได้ (aliquot) ไว้เพื่อวิเคราะห์ต่อไป ซึ่งในกรณีที่เขย่าด้วยเครื่องควรทำครั้งละไม่เกิน 6 flask เพราะการใส่ extracting solution แล้วตั้งทิ้งไว้จะทำให้ค่าที่ได้ผิดไป เนื่องจากมีการ absorption เข้าไปใหม่

หมายเหตุ : สัดส่วนของดิน : extracting solution และเวลาที่ใส่เขย่าอาจต่างกันในแต่ละห้องปฏิบัติการ เช่น 1:7, 1:10 และเวลาเขย่าอาจจะเป็น 45 วินาที 1 นาที หรือ 1-5 นาที เช่นดินกรด ดินทรายบางชนิด ในกรณีที่ดินมี fluoride สูง ให้เติม boric acid ไปลด interference ที่อาจเกิดขึ้นได้ในขบวนการ develop สี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การวิเคราะห์หา P ในสารละลายที่ได้จากการสกัดดิน

การวิเคราะห์หา P ในสารละลายที่ได้จากการสกัดดิน นิยมใช้วิธี molybdenum blue ซึ่ง เป็นวิธีที่ sensitive มาก ทำให้นิยมใช้กันแพร่หลายที่สุด หลักการของวิธี molybdenum blue คือ สารละลาย acid molybdate ทำปฏิกิริยากับ orthophosphate จะเกิดสารประกอบ phosphomolybdate complex และเมื่อ reduce สารประกอบนี้จะเกิดเป็นสีน้ำเงิน ซึ่งสามารถ พิจารณาได้จากสมการที่ 4.11



Yellow color

↓
Reducing agent

Molybdenum blue

สารประกอบที่ใช้เป็น reducing agent มีหลายชนิด แต่ละชนิดมีผลต่อการเกิดสี ความเข้มของสี (intensity) และความคงทน (stability) ของสี การตอบสนองหรือทำปฏิกิริยากับ interfering substances ต่างกัน นอกจากนั้นยังต้องการเวลาในการ develop สีต่างกันด้วย reducing agent ที่นิยมใช้กันแพร่หลายได้แก่

1. Ascorbic acid : sensitivity ตั้งแต่ 0.2-2 ppm โดยต้องการ potassium antimony tritrate ($\text{K}_2\text{Sb}_2\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) เป็น catalyst ใช้เวลาเกิดสี 10 นาที และ stable นาน 24 ชั่วโมง มีปัญหาเรื่อง interference น้อย จึงนิยมใช้กันแพร่หลาย

2. Stannous chloride : เป็น reducing agent ที่ sensitive ที่สุด (วัดความเข้มข้น 0.02 - 0.2 ppm) ใช้เวลา 5 นาที ในการเกิดสี แต่สีที่เกิด stable เพียง 20 นาที interference ได้แก่ $\text{Si} > 200 \text{ ppm}$, $\text{Fe}^{++} > 100 \text{ ppm}$, $\text{Fe}^{+3} > 2 \text{ ppm}$

3. Sulfonic acid : sensitivity 0.1-5 ppm ใช้เวลาในการเกิดสีเพียง 12 นาที แต่ stable เพียง 10 นาที จึงไม่นิยมใช้

ข้อควรระวัง มีดังนี้

ในการ develop สีด้วยวิธี molybdenum blue นี้จะต้องควบคุมปริมาณกรดให้ดี เพราะ ถ้าความเป็นกรดอ่อนเกินไป molybdate เองจะทำให้เกิดสีถึงแม้ว่าจะไม่มีฟอสฟอรัส ซึ่ง Interference ที่สำคัญ ได้แก่ silicate และ arsenate เพราะจะให้สีใกล้เคียงกับฟอสเฟต ในสภาพธรรมชาติ arsenate มักไม่มีปัญหา ส่วน silicate แก้ไขโดยการปรับ pH ให้ต่ำลง ถ้ามี Fe^{+3} มากกว่า 10 ppm. จะทำให้ความเข้มของสีลดลง

การคำนวณหาปริมาณของฟอสฟอรัสที่วิเคราะห์

สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาปริมาณของฟอสฟอรัส (P) ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากสมการที่

4.12

$$\text{ppm P} = \frac{\text{Conc.} \times \text{BrayII} \times \text{final vol}}{\text{Weight} \times \text{Aliquot}} \quad (4.12)$$

โดย Conc. คือ ค่าความเข้มข้น (Conc) ที่อ่านได้จากเครื่อง Spectrophotometer

ppm P คือ ค่าฟอสฟอรัสในล้านส่วน

BrayII คือ ปริมาณสารละลาย BrayII ที่ใช้ในการทดลอง

Weight คือ น้ำหนักของตัวอย่างดิน

Aliquot คือ ปริมาณดินตัวอย่างที่ได้จากการสกัด

Final vol คือ ปริมาณสารละลายที่เตรียมจะวัด

12.8 Exchangeable and Soluble Potassium

โพแทสเซียมในดินที่พืชดูดไปใช้ได้ส่วนใหญ่จะอยู่ในภาพ exchangeable ซึ่งมีอยู่ในปริมาณน้อย คือ ตั้งแต่ <100 จนถึง 2,000 ppm หรือประมาณ 1% ของ total K ในดินส่วน water soluble K นั้น โดยทั่วไปแล้วจะมีปริมาณน้อยมาก ยกเว้นใน saline soil

Exchangeable K หมายถึง โพแทสเซียมที่เป็นอิสระและสามารถแลกเปลี่ยนกับ cation ของเกลือต่าง ๆ ที่ใส่ลงไปในดิน ซึ่งปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินนี้ขึ้นกับธรรมชาติของ cation ที่จะเข้ามาแทนที่ ในทางปฏิบัติ exchangeable K หมายถึง ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ด้วย 1.0 normal NH_4OAc water soluble K ในดินพวก non saline ปริมาณ water soluble K มีน้อยมากจึงอาจถือว่าปริมาณ K ที่สกัดได้ด้วย NH_4OAc 1 normal คือปริมาณ exchangeable K ส่วนในดินพวก saline ควรจะวิเคราะห์ water soluble K ใน saturated extract แล้วนำค่าที่ได้มาหักลบออกจากปริมาณที่สกัดได้ด้วย NH_4OAc

Availability Indices

ค่าวิเคราะห์ K ที่นิยมใช้เป็นเครื่องบ่งชี้ความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมในดิน (availability indices) ส่วนใหญ่นิยมใช้ค่าผลรวมของ exchangeable รวมกับ water soluble K เช่น การสกัดดินด้วย 1.0 normal NH_4OAc pH 7.0

วิธีสกัดดินด้วย 1.0 normal Ammonium acetate

สารเคมีที่ใช้ในการทดลองมีดังนี้

1. Ammonium acetate (NH_4OAc) 1.0 normal pH 7.0 : โดยชั่ง ammonium acetate 77.08 g ละลายในน้ำกลั่น 900 มิลลิลิตร ปรับ pH เป็น 7.0 ด้วย acetic acid หรือ NH_4OH จากนั้นปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร แล้วเก็บสารละลายนี้ในขวดแก้วหรือขวด polypropylene

2. Standard K solution 1000 ug K/ml : ละลาย KCl ที่แห้งจำนวน 0.9533 กรัม ในน้ำ และปรับปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร

3. Working standard K 100 ug K/ml : ละลาย KCl 1000 ug K/ml จำนวน 10 มิลลิลิตร ในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

4. Standard K 0-10 ppm : เตรียม standard K จาก working standard K 100 ppm ในขวดปรับปริมาตร

การสกัดโพแทสเซียม มีดังนี้

1. วิธี Centrifugation และ decantation ชั่งดิน 10 กรัม (ใช้ดิน 5 กรัม ถ้าดินนั้นมี K > 500 ppm.) ใส่ใน centrifuge tube ขนาด 50 มิลลิลิตร เติม NH_4OAc 25 มิลลิลิตร เขย่าเป็นเวลา 10 นาที centrifuge จนได้ supernatant liquid ที่ใส เทส่วนที่ใสใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรของ soil extract ที่ได้เป็น 100 มิลลิลิตรด้วย NH_4OAc เขย่าให้เข้ากัน (ถ้าสารละลายที่ได้มีอนุภาคดินแขวนลอยอยู่ให้กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 soil extract ที่ได้นี้ใช้วิเคราะห์ K ได้ โดยวิธี flame photometer หรือ atomic absorption ดังที่กล่าวไว้ข้างล่าง

2. วิธีเขย่า ชั่งตัวอย่างดิน 2.5 กรัม ใส่ใน Erlenmeyer flask ขนาด 125 มิลลิลิตร เติมน้ำยาสกัด NH_4OAc ลงไป 25 มิลลิลิตร เขย่าติดต่อกันนาน 30 นาที (180 รอบต่อนาที) กรองโดยใช้กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 ลงใน volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร โดยใช้ NH_4OAc เขย่าให้เข้ากัน สารละลายนี้ใช้วัด K โดยวิธี flame photometer หรือ atomic absorption ก็ได้

หมายเหตุ : ห้ามใช้ดินที่อบแห้งในการวิเคราะห์ดินที่ตากให้แห้ง ถ้ามี ex-changeable K สูง ระหว่างการตากจะทำให้เกิด K fixation ส่วนดินที่มี exchangeable K ต่ำมักจะมีการปลดปล่อย K จาก non-exchangeable ระหว่างการตาก หากต้องการวิเคราะห์ค่า K อย่างละเอียดแม่นยำไม่ควรตากดินให้แห้ง แต่ควรใช้ดินอีกชุดหนึ่ง ในการหาปริมาณความชื้น แล้วคำนวณกลับมาเป็น air dried หรือ oven dried

การวิเคราะห์หาโพแทสเซียมใน Soil extract

วิธีวัดหาค่า K โดย flame photometer มักใช้ wavelength เท่ากับ 766.5 nm และใช้ air-acetylene หรือ air-propane เป็น flame ถ้าวิเคราะห์ K ในสารละลายที่มี NH_4OAc ในการเตรียม standard จะต้องเติม NH_4OAc ด้วย ในเครื่อง flame photometer นิยมเตรียม standard

0, 2, 4, 6, 8 และ 10 ug K/มิลลิลิตร สูตรที่ใช้คำนวณหาปริมาณของโพแทสเซียมแสดงไว้ในสมการที่ 4.13

$$\text{ppm K} = \frac{\text{Data read} \times 25}{\text{weight}} \quad (4.13)$$

โดย ppm K คือ ปริมาณโพแทสเซียมในล้านส่วน

Data read คือ ค่าที่อ่านได้จากเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer

weight คือ น้ำหนักของดินตัวอย่าง (กรัม)

12.9 ความสำคัญและการตรวจสอบดิน

ดินเป็นที่อยู่ของรากพืชซึ่งทำหน้าที่ดูดน้ำและอาหารไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของลำต้น ที่อยู่เหนือดิน รากพืชต้องใช้พลังงานซึ่งได้จากการหายใจในการดูดน้ำและอาหารจากดิน ดังนั้น ดินที่เหมาะสมต่อการปลูกพืชจะต้องเป็นดินที่มีการระบายน้ำและถ่ายเทอากาศดี (การแลกเปลี่ยนออกซิเจนระหว่างอากาศในดินและอากาศเหนือดินเกิดขึ้นได้ดี) และมีธาตุอาหารที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช นอกจากนี้ ยังควรมีระดับความเป็นกรด - ด่างที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการละลายได้ของธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการ เจริญเติบโตและให้ผลผลิตของพืช ถ้าพืชมีการเจริญเติบโตไม่ดี ปัจจัยแรกที่ควรพิจารณาคือระบบรากของพืช เกษตรกรควรตรวจสอบว่ารากมีการเจริญเติบโตเป็นอย่างไร มีปัจจัยแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการทำงานของรากหรือไม่ โครงสร้างของดินและความสมบูรณ์ของดินมีผลต่อการเจริญเติบโตและการทำงานของ รากเป็นอย่างมาก การใช้มือจับหรือสัมผัสก่อนดินสำหรับผู้ที่มีความชำนาญแล้วสามารถบอกถึงโครงสร้างหรือความร่วนซุยของดินได้อย่างหายับ ๆ แต่การวิเคราะห์ดินจะบอกได้ว่าดินนี้เหมาะสมต่อการปลูกพืชหรือไม่ เกษตรกรควรต้องมีการปรับปรุงดินอย่างไรให้เหมาะสมกับความต้องการของพืชที่จะ ปลูก นอกจากนี้ การวิเคราะห์ดินยังสามารถบอกถึงปริมาณธาตุอาหารต่าง ๆ ที่มีอยู่ในดิน ทำให้เกษตรกรทราบได้ว่าควรต้องมีการใส่ปุ๋ยเพิ่มแก่พืชหรือไม่ และควรจะใส่ปุ๋ยอะไร

การเก็บตัวอย่างดินเพื่อการวิเคราะห์นั้นเกษตรกรควรเก็บตัวอย่างให้เป็นตัวแทนที่ดีของพื้นที่ที่จะเพาะปลูก การเก็บตัวอย่างผิดหรือไม่เป็นตัวแทนที่ดีจะไม่ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการปรับปรุงดิน ซึ่งเป็นการเสียเวลาและเสียค่าใช้จ่ายโดยเปล่าประโยชน์ ก่อนการเก็บตัวอย่างดินนั้นเกษตรกรควรมีข้อมูลพื้นฐานของพืชที่จะปลูกก่อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งความลึกของระบบราก เพื่อที่จะได้เก็บตัวอย่างดิน ตามความลึกของระบบราก พืชที่จะปลูก เช่น พืชมีระบบรากลึก 30 ซม. แต่รากส่วนใหญ่แผ่กระจายบริเวณใกล้ผิวดิน การเก็บตัวอย่างก็ควรแบ่งเป็น 2 ระดับความลึก คือ 0- 15 ซม. และ 15- 30 ซม. ก่อนเก็บตัวอย่างควรตากหญ้าที่ผิวดินออกก่อนแล้วใช้สว่านเจาะดินระดับ 0-15 และ

15- 30 ซม. ควรเจาะดินจากหลาย ๆ จุดแล้วนำดินที่เจาะที่ระดับความลึกเดียวกันมาผสมรวมกัน

ก่อนแบ่งมาเพียงตัวอย่างละ 0.5 กก. เพื่อส่งวิเคราะห์ ดินที่เก็บมาควรใช้เป็นตัวแทนของดินทั้งสวนได้ ถ้าสวนมีพื้นที่ใหญ่มากก็ควรแบ่งพื้นที่สวนออกเป็นแปลงเล็กก่อน เช่น แบ่งเป็นแปลงละประมาณ 10 ไร่ และในพื้นที่ 10 ไร่นี้ก็ใช้สวนเจาะดินประมาณ 20 จุด แล้วนำดินที่เจาะได้มาผสมรวมกัน แล้วแบ่งส่งวิเคราะห์ประมาณ 0.5 กก. ถ้าไม่มีสวนเจาะดินก็ใช้จอบขุดดินแทนได้โดยใช้จอบขุดดินลึกเป็นภาพสามเหลี่ยมแล้วใช้พลั่วมือค่อย ๆ ชะดินจากผิวดินลึกลงไปตามความลึกของหลุมที่ขุดไว้ทำแบบเดียวกันนี้หลาย ๆ จุด นำดินที่ขุดได้มาผสมรวมกันแล้วแบ่งส่งวิเคราะห์ประมาณ 0.5 กก. เช่นเดียวกัน

การเก็บตัวอย่างดินหลังปลูกนั้น ควรเก็บดินใต้ทรงพุ่มของต้น โดยเก็บดินบริเวณชายพุ่ม เก็บรอบต้นประมาณ 3-4 จุด และเก็บจากหลาย ๆ ต้นมารวมกันแล้วแบ่งส่งวิเคราะห์ประมาณ 0.5 กก. เกษตรกรอาจแบ่งสวนเป็นแปลงเล็กก่อนเก็บดินแบบเดียวกับการเก็บตัวอย่างดิน ก่อนปลูกก็ได้ สำหรับระดับความลึกที่ควรเก็บขึ้นอยู่กับความลึกของระบบราก ถ้าต้นไม้ผลยังเล็กอยู่ก็เก็บดินลึก 15 หรือ 30 ซม. เมื่อต้นไม้โตขึ้นและรากเจริญเติบโตมากขึ้นก็ควรเก็บตัวอย่างดิน 2 ระดับความลึก โดยเก็บที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 หรือ 0-30 และ 30- 60 ซม. แล้วแต่ความลึกของระบบราก เกษตรกรควรเก็บดินวิเคราะห์ทันทีหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตเสร็จแล้วเพื่อตรวจ คุณคุณสมบัติของดิน และระดับธาตุอาหารในดินว่าเป็นอย่างไร เกษตรกรจะต้องมีการจัดการหรือปรับปรุงดินอย่างไรให้เหมาะสมกับความต้องการของพืช

ดินที่ดีที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชควรมีส่วนที่เป็นของแข็ง 50% ซึ่งประกอบด้วย ส่วนที่เป็นอนินทรีย์สาร 45% และอินทรีย์สาร 5% และส่วนที่เป็นน้ำ และอากาศอย่างละ 25% โดยปริมาตร สำหรับสัดส่วนของน้ำและอากาศนั้นจะผันแปรตามสภาพการให้น้ำหรือการตกของฝนและความสามารถในการระบายน้ำหรือดูดยึดน้ำของดิน เช่น หลังการให้น้ำหรือฝนตกใหม่ ๆ ส่วนน้ำจะมามากกว่าส่วนของอากาศ แต่เมื่อดินแห้งส่วนของอากาศจะมากกว่าส่วนที่เป็นน้ำ เป็นต้น องค์ประกอบต่าง ๆ ของดินเหล่านี้มีคุณสมบัติหรือหน้าที่ที่แตกต่างกัน ดังนี้คือ

1. อนินทรีย์สาร เป็นแหล่งกำเนิดของธาตุอาหารของพืชและจุลินทรีย์ดินและเป็นส่วนที่ควบคุมลักษณะเนื้อดิน
2. อินทรีย์สาร เป็นแหล่งพลังงานของจุลินทรีย์ดิน และเป็นส่วนที่ควบคุมโครงสร้างของดิน
3. น้ำ ให้น้ำแก่พืชและเป็นตัวทำละลายธาตุอาหารต่าง ๆ ในดินเพื่อให้รากพืชดูดไปใช้ประโยชน์ได้
4. อากาศ ให้ออกซิเจนแก่รากพืชใช้ในการหายใจและช่วยในขบวนการย่อยสลายของวัสดุอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ดิน ดินที่มีน้ำขัง ดินที่มีปริมาณอนุภาคดินเหนียวที่มีการพองตัวมากจนช่องอากาศเล็กลงเมื่อดิน เปียก และขบวนการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ออกซิเจนในดินลดลง

โครงสร้างดิน เป็นการเกาะตัวกันของอนุภาคดินเป็นเม็ดดินหรือก้อนดิน มีขนาดเล็กขนาดเม็ดทรายหรือขนาดใหญ่หลายเซนติเมตร ซึ่งอาจเกิดขึ้นโดยธรรมชาติ หรือเกิดจากการไถพรวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น มิใช่เพื่อเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่องว่างที่เกิดขึ้นระหว่างก้อนดินจะมีขนาดใหญ่เป็นที่อยู่ของอากาศ แต่ช่องว่างภายในก้อนดินจะมีขนาดเล็กเป็นที่อยู่ของน้ำทำให้ดินมีคุณสมบัติ ในการอุ้มน้ำไว้ได้ อนุภาคดินที่มีการเกาะตัวกันอย่างดี จะมีช่องขนาดใหญ่และมีความต่อเนื่องของ ช่องทำให้รากพืชเจริญเติบโตได้ดี ดินแน่นทึบเกินไปจะมีความการระบายน้ำไม่ดี หรือดินโปร่งเกินไปก็จะไม่อุ้มน้ำ อิวมีสจัดเป็นสารเชื่อมอนุภาคดินให้เกาะตัวกันได้ดี ดังนั้นการเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้แก่ดินเหล่านี้จะช่วยทำให้ดินมีโครงสร้างที่ ดีขึ้น ดินที่แน่นทึบก็จะร่วนซุยขึ้น มีการระบายน้ำดีขึ้น ส่วนดินทรายเนื้อหยาบก็จะมี การเกาะตัวกันมากขึ้น ทำให้มีการอุ้มน้ำได้มากขึ้น ดินดูดซับธาตุอาหารไว้ได้มากขึ้น การเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้แก่ดินทำได้โดยการใส่ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก การปลูกพืชตระกูลถั่วแล้วไถกลบเป็นปุ๋ยพืชสด และวัสดุอินทรีย์อื่น ๆ

พืชมีความต้องการธาตุอาหารในการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต ธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืชมีอยู่ด้วยกัน 16 ธาตุ คือ คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ซึ่งพืชได้มาจากอากาศและน้ำ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน เหล็ก แมงกานีส ทองแดง โบรอน สังกะสี โมลิบดีนัม และ คลอรีนซึ่งพืชได้มาจากดิน อินทรีย์วัตถุในดินเป็นแหล่งสะสมหลักของธาตุอาหารที่มีประจุลบ (nutrient anions) ในปริมาณมาก การสลายตัวของอินทรีย์วัตถุโดยโครงการของแบคทีเรีย รา และแอคติโนมัยซิซจะทำให้ธาตุอาหารเหล่านี้เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ 95% ของไนโตรเจน 50% หรือมากกว่าของฟอสฟอรัส และ 80% ของกำมะถันทั้งหมดในดินเป็นองค์ประกอบอยู่ในอินทรีย์วัตถุ นอกจากนี้ แหล่งสะสมของโบรอน และโมลิบดีนัมในดินก็อยู่ในอินทรีย์วัตถุ และยังดูดซับอยู่กับออกไซด์ของเหล็กและอะลูมิเนียม และสารประกอบไฮดรอกไซด์ เนื่องจากธาตุอาหารในดินที่อยู่ในสภาพ ของสารละลายดินจะถูกดูดไปโดยรากพืช ธาตุอาหารเหล่านี้จะถูกทดแทนได้จากธาตุต่าง ๆ ที่ดูดซับอยู่ที่แร่ดินเหนียวใน ดิน และที่อิวมัสโดยขบวนการแลกเปลี่ยนประจุ (cation exchange) หรือโดยการสลายตัวอย่างช้า ๆ ของแร่ธาตุในดินและโดยการสลายตัวอย่างรวดเร็วของ อินทรีย์วัตถุในดิน อย่างไรก็ตาม อัตราการทดแทนของธาตุอาหารเหล่านี้ช้ากว่าอัตราที่พืชดูดไปจากดินเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิต ดังนั้น เมื่อตรวจพบว่าปริมาณธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของ พืชในดินมีอยู่น้อย เกษตรกรควรต้องเพิ่มธาตุอาหารให้แก่ดินในภาพของปุ๋ย

12.10 ปุ๋ย

ปุ๋ย (Fertilizers) คือ สารอินทรีย์หรืออนินทรีย์ใด ๆ ที่ใส่ในดินแล้วให้ธาตุอาหารพืช แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ ปุ๋ยอินทรีย์ กับ ปุ๋ยอนินทรีย์ รายละเอียดของแต่ละประเภทมีดังนี้

1. ปุ๋ยอินทรีย์ ได้แก่ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยพืชสด

1.1 ปุ๋ยคอก ได้แก่มูลสัตว์ต่าง ๆ เป็นแหล่งสำคัญของอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารพืช

1.2 ปุ๋ยหมัก ได้แก่ การนำเศษพืชต่าง ๆ มาหมัก เศษพืชที่มีค่า C/N ratio กว้างจะย่อยสลายได้ช้าดังนั้น จึงมีการเติมธาตุอาหารไนโตรเจนให้แก่กองปุ๋ยหมัก ในการหมักสัดส่วนของคาร์บอน/ ไนโตรเจนจะต้องแคบเข้าจนกระทั่งมีค่าประมาณ 15/1 จึงจะสามารถนำไปใส่ให้แก่พืชได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ไม่มีการแย่งธาตุอาหารไนโตรเจนในดิน จากพืช นอกจากนี้ในระหว่างการหมักอาจมีการเติมธาตุอาหารอื่น ๆ นอกเหนือจากการเติม ธาตุไนโตรเจน

4. ปุ๋ยพืชสด ได้แก่ พืชตระกูลถั่วต่าง ๆ ที่ถูกไถกลบลงไปในดิน พืชตระกูลถั่วมีแบคทีเรียอาศัยอยู่ที่รากและสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ โดยปกติจะไถกลบเมื่อพืชตระกูลถั่วกำลังออกดอกเพราะเป็นระยะที่พืชตระกูลถั่ว มีธาตุอาหารอยู่ในต้นสูงที่สุด การเพิ่มอินทรีย์วัตถุแก่ดินโดยการใช้ปุ๋ยพืชสดเป็นวิธีการที่นิยมใช้ปรับ ปุ๋ยดินก่อนการปลูกพืชเพราะสามารถทำได้ง่าย ประหยัดค่าใช้จ่าย และเป็นการเพิ่มธาตุอาหารไนโตรเจนแก่ดิน

2. ปุ๋ยอินทรีย์ ได้แก่ปุ๋ยเคมีต่าง ๆ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ตามชนิดของธาตุอาหารที่เป็นองค์ประกอบหลักของปุ๋ยนั้น ๆ

2.1 ปุ๋ยที่ให้ธาตุอาหารหลัก คือ ปุ๋ยไนโตรเจน (46-0-0, 21-0-0, 15-0-0) ปุ๋ยฟอสฟอรัส (0-46-0, 0-20-0, 18-46-0, 0-52-34, 0-3-0) ปุ๋ยโพแทสเซียม (0-0-60, 0-0-50, 13-0-46)

2.2 ปุ๋ยที่ให้ธาตุอาหารรองซึ่งส่วนใหญ่เป็นวัสดุปุ๋ยที่ใช้ในการเกษตร เช่น ปูนขาว ปูนโดโลไมท์ หินปูนบด หินฝุ่น และที่อยู่ในสภาพของปุ๋ยและสารเคมี เช่น แคลเซียมไนเตรท แคลเซียมคลอไรด์ แคลเซียมซัลเฟต (ยิบซั่ม) แมกนีเซียมซัลเฟต (ดีเกลือ กาลีเซอร์โรท์) และผงกำมะถัน

2.3 ปุ๋ยที่ให้จุลธาตุอาหารซึ่งพืชต้องการใช้ในปริมาณน้อย ส่วนใหญ่จะอยู่ในสภาพของปุ๋ยเกล็ดที่มีทุกธาตุรวมกันสำหรับใช้พ่นทางใบ แต่ที่อยู่ในสภาพสารเคมีที่ใช้เป็นปุ๋ยเดี่ยวให้ทางดินและใบได้ คือ ทองแดง (คอปเปอร์ซัลเฟต) โบรอน (บอแรกซ์ กรดบอริก) เหล็ก (เหล็กซัลเฟต) แมงกานีส (แมงกานีสซัลเฟต แมงกานีสคลอไรด์) และสังกะสี (สังกะสีซัลเฟต สังกะสีออกไซด์) และอยู่ในสภาพของสารประกอบคีเลตที่มีราคาแพง เช่น เหล็กคีเลต และแมงกานีส คีเลต เป็นต้น

ในการใส่ปุ๋ยแก่พืชเกษตรกรไม่ควรใส่ชิดโคนต้นแต่ควรใส่ให้ห่างโคนต้นอย่างน้อย 30 ซม. หรือในกรณีที่พืชมีทรงพุ่มขนาดใหญ่ เกษตรกรควรใส่ปุ๋ยโดยการหว่านโดยรอบทรงพุ่มจากบริเวณชายพุ่มเข้ามาถึงประมาณครึ่งหนึ่งของรัศมีทรงพุ่มและเพื่อให้การใส่ปุ๋ยแต่ละครั้งมีการสูญเสียน้อย และพืชได้รับประโยชน์มากที่สุด เกษตรกรควรปฏิบัติดังนี้

1. เลือกชนิดของปุ๋ยที่ใส่ให้ถูกต้อง (right kind)
2. ใส่ปุ๋ยในปริมาณที่พอเหมาะ (right amount)
3. ใส่ปุ๋ยในเวลาที่เหมาะสม (right time)
4. ใส่ปุ๋ยในบริเวณที่พืชเอาไปใช้ได้ง่าย (right place)

ประเด็นที่เกษตรกรต้องเข้าใจเกี่ยวกับหลักการให้ธาตุอาหารแก่พืช มีดังนี้

1. ในบรรดาธาตุอาหารที่พืชต้องการไม่ว่าจะมากหรือน้อย ธาตุที่มีอยู่น้อยจะเป็นตัวจำกัดการเจริญเติบโตของพืช หรืออาจกล่าวได้ว่าพืชจะมีการตอบสนองต่อธาตุอาหารที่ใส่เมื่อดินขาดธาตุนั้น หรือมีธาตุนั้นอยู่ในปริมาณที่ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การใส่ธาตุอาหารเพิ่มแล้วมีการตอบสนองเพียงเล็กน้อยไม่ได้หมายความว่าถ้าใส่ธาตุอาหารให้มากขึ้นพืชจะมีการตอบสนองมากขึ้น หรือมีการเจริญเติบโตมากขึ้น

ลักษณะการขาดธาตุอาหารแต่ละชนิดของพืชเป็นลักษณะที่เฉพาะเจาะจง โดยทั่ว ๆ ไปอาการผิดปกติมักปรากฏที่ใบและถ้าขาดรุนแรงอาการจะปรากฏที่ผล เนื่องจากธาตุอาหารต่าง ๆ มีความสามารถในการเคลื่อนย้ายในต้นพืชได้แตกต่างกัน อาการผิดปกติที่ใบเนื่องจากการขาดธาตุอาหารต่างกันจะปรากฏในตำแหน่งใบที่ต่างกัน แต่เมื่ออาการผิดปกติเหล่านี้ปรากฏให้เห็นย่อมหมายถึงว่าอาการขาดธาตุอาหารนั้น ๆ อยู่ในระยะที่รุนแรง พืชที่เริ่มขาดอาหารมักไม่ปรากฏอาการผิดปกติใด ๆ ให้เห็นแต่จะมีผลกับปริมาณ และคุณภาพของผลผลิต การวิเคราะห์พืช เป็นวิธีการที่บอกให้ทราบว่าพืชที่ปลูกอยู่นั้นเริ่มขาดอาหารหรือยัง แต่การแปลผลค่าวิเคราะห์พืชจะมีความถูกต้องและเกิดประโยชน์ได้นั้นต้องเริ่ม จากการเก็บตัวอย่างที่ถูกต้อง เกษตรกรควรปรึกษานักวิชาการเกษตรเพื่อขอคำแนะนำในการเก็บตัวอย่างที่ถูกต้อง

การวินิจฉัยและการคาดคะเนการขาดธาตุอาหารนั้น เกษตรกรสามารถวินิจฉัยหรือคาดคะเนการขาดธาตุอาหารในพืชได้โดยการสังเกตการเจริญเติบโตหรืออาการผิดปกติของพืชจากการวิเคราะห์ธาตุอาหารในดินและจากการวิเคราะห์ธาตุอาหารในพืช อย่างไรก็ตาม แต่ละวิธีก็มีข้อดีและข้อจำกัดแตกต่างกัน การใช้ทุกวิธีร่วมกันจะเป็นวิธีที่ดีที่สุด

การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดินจะบอกให้ทราบว่าดินมีความอุดมสมบูรณ์เพียงใด โดยปกติเกษตรกรควรเก็บตัวอย่างดินวิเคราะห์เพื่อประเมินความอุดมสมบูรณ์ของ ดินก่อนปลูก และเพื่อปรับปรุงดินให้เหมาะสมกับความต้องการของพืช และควรวิเคราะห์ดินทุก 1-2 ปี โดยเฉพาะอย่างยิ่งหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตในแต่ละปีจะได้ทราบว่าธาตุอาหารใน ดินเหลืออยู่เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตที่มีคุณภาพหรือมีแนว โน้มว่าพืชจะขาดธาตุอาหารถ้าไม่มีการใส่ปุ๋ยเพิ่มเติมให้แก่ดิน จากผลการวิเคราะห์ดินพบว่าบางครั้งแม้ว่าดินจะมีธาตุอาหารอยู่มากพอแต่พืชก็ ยังมีอาการผิดปกติให้เห็นได้ ในกรณีนี้การปรับปรุงคุณสมบัติทางเคมีหรือกายภาพของดินอาจช่วยให้พืชเจริญเติบโตเป็นปกติได้ โดยทั่วไปนักวิชาการเกษตรจะแนะนำให้เกษตรกรปรับปรุงดินให้มี pH 6-6.5 ซึ่งเป็นช่วง pH ที่ธาตุอาหารส่วนใหญ่ในดินมีความเป็นประโยชน์ต่อพืชมากที่สุด

อาการขาดธาตุอาหารส่วนใหญ่เป็นลักษณะค่อนข้างเฉพาะเจาะจงสำหรับแต่ละธาตุ ถ้าเกษตรกรมีความคุ้นเคยกับอาการต่าง ๆ ที่พืชแสดงออกเกษตรกรจะสามารถวินิจฉัย สาเหตุของความผิดปกติของต้นไม้ที่ปลูกได้จากการสังเกตดูอย่างใกล้ชิด แต่ก็มีอาการขาดของบางธาตุที่คล้ายกันมากจนยากที่จะระบุได้อย่างถูกต้องจาก การสังเกต และถ้ามีการขาดมากกว่า 1 ธาตุก็ยิ่งทำให้การวินิจฉัยทำได้ยากขึ้น ต้องอาศัยความชำนาญ หรือมีผลการวิเคราะห์พืชและดินเข้าช่วยด้วย

เนื่องจากพืชอาจมีการขาดธาตุอาหารแอบแฝง โดยที่ยังไม่แสดงอาการให้เห็นถ้าการขาดธาตุอาหารไม่รุนแรง การวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบพืชและนำผลวิเคราะห์มาเทียบกับค่ามาตรฐาน จะบอกให้ทราบว่าพืชนั้น ๆ มีความสมบูรณ์อยู่ในระดับใด ดังนั้น เกษตรกรจึงควรมีการ

ตรวจวัดระดับความสมบูรณ์ของพืชอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต ในแต่ละปีเพื่อการแก้ไข้ปัญหาได้อย่างถูกต้องและทันต่อเวลา

คุณสมบัติดินที่เหมาะสมต่อการปลูกพืชมีดังนี้

คุณสมบัติดิน	ค่าที่เหมาะสม	การแก้ไขปรับปรุง
พีเอช (pH)	6-7	ดินกรดใส่ปูน ดินด่างใส่กำมะถันผงหรือใส่ปุ๋ยที่มีผลค้ำเป็นกรด
อินทรีย์วัตถุ (OM ; %)	2.5-3	ใส่ปุ๋ยอินทรีย์
ฟอสฟอรัส (P; ppm)	26-42	ใส่ปุ๋ย 0-46-0, 18-46-0, 0-52-34, 0-42-56
โพแทสเซียม (K; ppm)	130	ใส่ปุ๋ย 0-0-60, 0-0-50, 13-0-46
แคลเซียม (Ca; ppm)	1,040	ใส่ปูนหรือใส่ปุ๋ย 15-0-0
แมกนีเซียม (Mg; ppm)	135	ใส่ปูนโดโลไมท์ ดีเกลือ กลิเซอร์ไรท์
เหล็ก (Fe; ppm)	11-16	พ่นเหล็กคีเลท เหล็กซัลเฟต
แมงกานีส (Mn; ppm)	9-12	พ่นแมงกานีสคีเลท แมงกานีสซัลเฟต
ทองแดง (Cu; ppm)	0.9-1.2	พ่นจุนสี
โบรอน (B; ppm)	0.6-1.2	พ่นบอแรกซ์ โซลูบอร์
สังกะสี (Zn; ppm)	0.9-3	พ่นสังกะสีคีเลท สังกะสีซัลเฟต

โดยสรุปจะเห็นได้ว่าการวิเคราะห์ดิน เป็นเครื่องมือที่จะช่วยให้เกษตรกรสามารถใช้จัดการดินและธาตุอาหารให้แก่พืช ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และการวิเคราะห์พืชจะช่วยให้เกษตรกรสามารถทราบสาเหตุของอาการผิดปกติของพืช และสามารถจัดการแก้ไขได้อย่างถูกต้อง โดยที่เกษตรกรต้องเก็บตัวอย่างดินและพืชให้เป็นตัวแทนที่ดีที่สุด

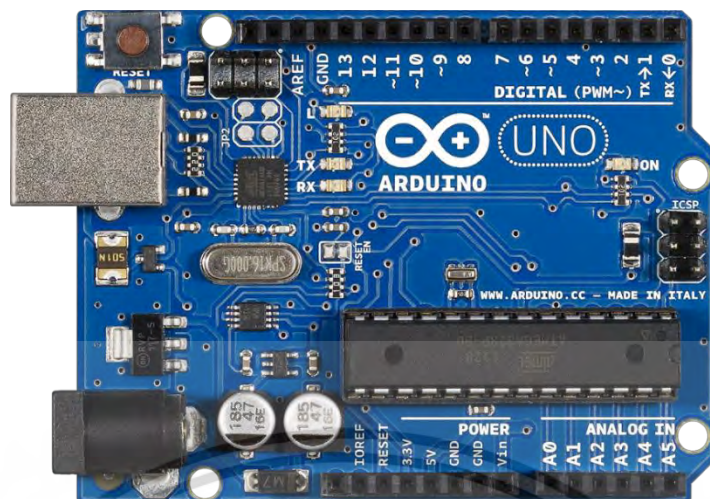
โครงการย่อยที่ 5 : เครื่องบดและอัดวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรพร้อมด้วยแขนกลและเครื่องชั่งน้ำหนัก

ในบทนี้จะกล่าวถึงเนื้อหาต่าง ๆ ในเบื้องต้นที่ถูกนำไปแสดงไว้ในเครื่องบดและอัดวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรพร้อมด้วยแขนกลและเครื่องชั่งน้ำหนัก โดยรายละเอียดของแนวความคิดที่ใช้ทำโครงการวิจัย ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีดังนี้

5.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR

ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นบอร์ดสำเร็จภาพที่รวมเอาพอร์ตอินพุต พอร์ตเอาต์พุต หน่วยความจำ ROM และ RAM รวมถึงอุปกรณ์อื่น ๆ ที่จำเป็นมาไว้ในบอร์ดเดียว พร้อมทั้งมีการเปิดเผยตัวอย่างโปรแกรมที่ใช้งานต่าง ๆ มากมาย จึงทำให้มีผู้นิยมใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์กันเป็นจำนวนมาก โดยในโครงการวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะเลือกใช้ Arduino Uno R3 ในการควบคุมการทำงานระบบทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.1 บอร์ด Arduino Uno R3 (Arduino Uno R3, 2559)

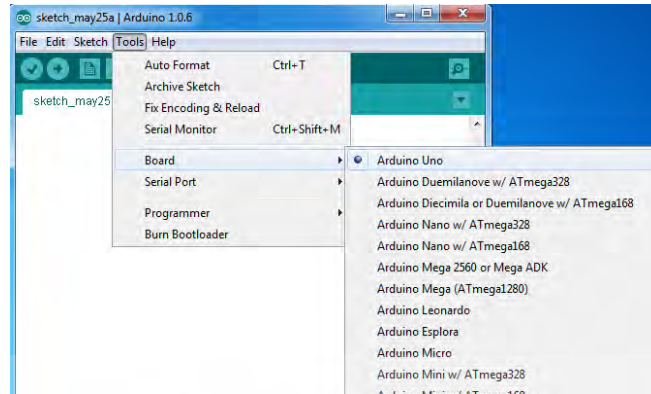
(Arduino Uno R3 (Arduino Uno R3, 2559) เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ Open-source บนแพลตฟอร์ม Arduino ของแท้จากผู้ผลิต arduino.cc ประเทศอิตาลี ออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ใช้ชิพ ATmega328 ทำงานที่ความถี่ 16 MHz หน่วยความจำแฟลช 32 KB และแรม 2 KB ตัวบอร์ดใช้แรงดันไฟเลี้ยง 7-12 V มีระดับแรงดันไฟฟ้าในการทำงานและขาสัญญาณอยู่ที่ 5 V (TTL) มีดิจิตอลเอาต์พุตและอินพุต 14 ขาเป็น PWM ได้จำนวน 6 ขา มีแอนะล็อกอินพุตจำนวน 6 ขา Serial UART จำนวน 1 ชุด และ I2C จำนวน 1 ชุด SPI จำนวน 1 ชุด เขียนโปรแกรมบนซอฟต์แวร์ Arduino IDE และโปรแกรมผ่านพอร์ต USB เหมาะสำหรับผู้ที่สนใจเริ่มต้นเรียนรู้การพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์หรือแม้แต่ผู้ที่ไม่เคยเรียนรู้ด้านอิเล็กทรอนิกส์ก็สามารถนำมาสร้างต้นแบบที่เกี่ยวกับอิเล็กทรอนิกส์ได้

จุดเด่นของบอร์ด Arduino คือง่ายต่อการพัฒนา มีภาพแบบคำสั่งพื้นฐานไม่ซับซ้อนเหมาะสมสำหรับผู้เริ่มต้นและยังมี Arduino Community คือกลุ่มคนที่ร่วมกันพัฒนาให้มีความแข็งแกร่งเป็น Open Hardware ทำให้ผู้ใช้สามารถนำบอร์ดไปต่อยอดใช้งานได้หลายด้าน ราคาไม่แพง และมีคุณสมบัติ Cross Platform สามารถพัฒนาโปรแกรมบน OS ใดก็ได้

การใช้งานโปรแกรมบน Arduino

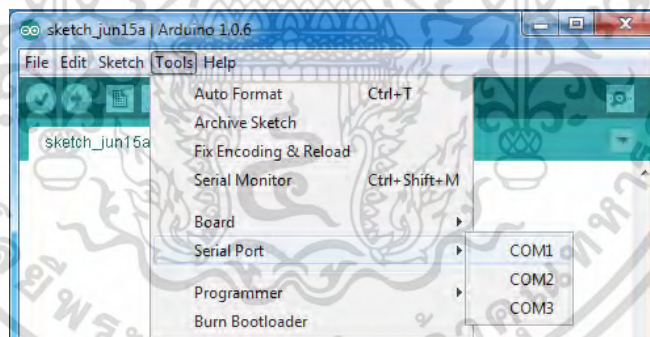
การเริ่มต้นเขียนโปรแกรมในลำดับแรกโดยเข้าไปยังโปรแกรม Arduino 1.0.6 เข้าไปยังเมนูบาร์เลือก Tools เลือก Board จากนั้นทำการเลือกรุ่นให้เหมาะสมกับบอร์ดการใช้งานที่เลือกใช้ ดังแสดงในภาพที่ 5.1 ถ้าหากยังไม่ตั้งค่าในส่วนนี้ เมื่อถึงขั้นตอนการรันโปรแกรมลงในบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ โปรแกรมจะไม่สามารถรันได้ ดังภาพที่ 5.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.2 รุ่นบอร์ด Arduino ที่ต้องการ upload

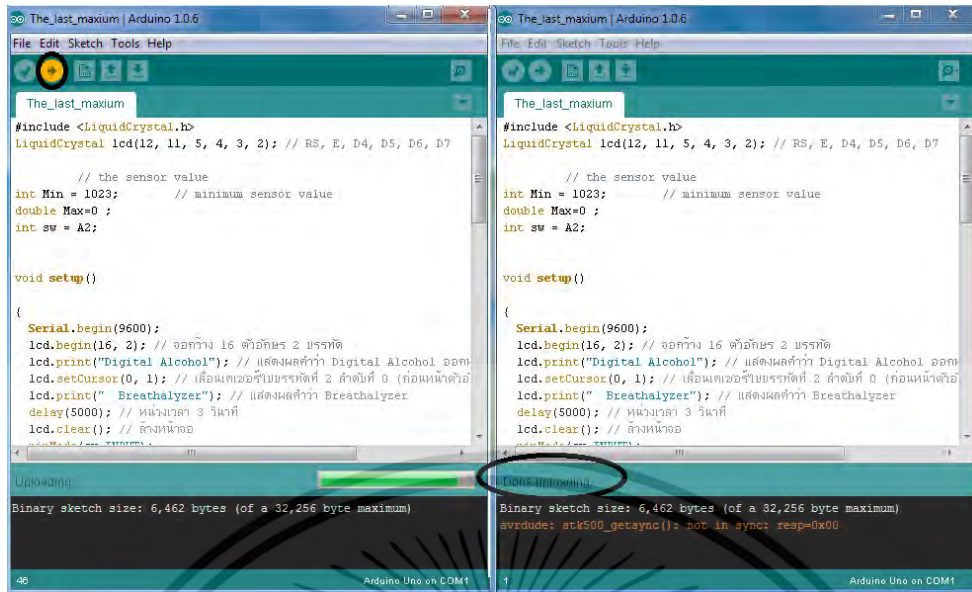
หลังจากตั้งค่าบอร์ดให้ตรงกับรุ่นแล้ว ต่อด้วยการเข้าเมนูบาร์เลือก Tools เลือก Serial port ให้ตรงกับ Port ที่บอร์ดเชื่อมต่อในส่วนนี้จะเป็นการเชื่อมต่อกับ Port COM 3 ดังแสดงในภาพที่ 5.3 หลังจากนั้นก็เริ่มเขียนโปรแกรมได้แล้ว โดยส่วนของโปรแกรมจะประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก ๆ คือ void setup กับ void loop ในส่วนของ void setup จะเป็นการตั้งค่าส่วนของโปรแกรมต่าง ๆ ส่วน void loop จะเป็นส่วนของตัวโปรแกรมต่าง ๆ



ภาพที่ 5.3 หมายเลข Comport ของบอร์ด

กดปุ่ม Verify เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและ Compile โค้ดโปรแกรมดังแสดงในภาพที่ 5.4 (ก) จากนั้นกดปุ่ม Upload โค้ดโปรแกรมไปยังบอร์ด Arduino ผ่านทางสาย USB เมื่ออัปโหลดเรียบร้อยแล้ว จะแสดงข้อความแถบข้างล่าง Done uploading ดังแสดงในภาพที่ 5.4 (ข) และบอร์ดจะเริ่มทำงานตามที่เขียนโปรแกรมไว้ได้ทันที

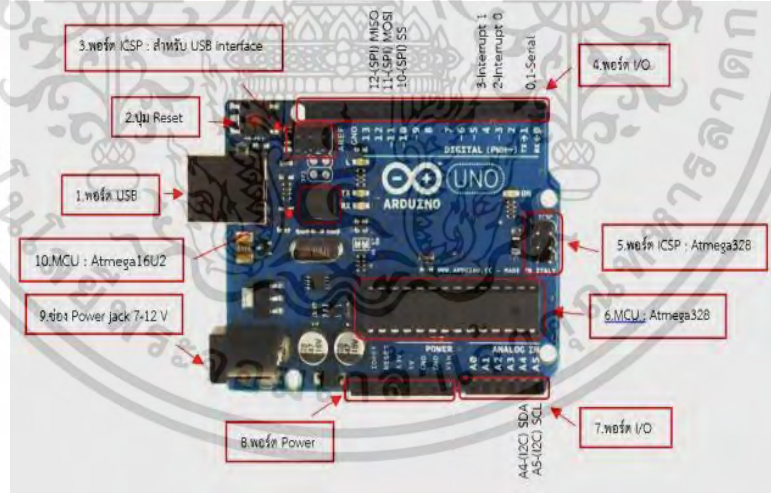
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)

(ข)

ภาพที่ 5.4 การ Compile โค้ดโปรแกรม ตำแหน่งของพอร์ตบนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น Arduino UNO R3



ภาพที่ 5.5 พอร์ตต่าง ๆ ของบอร์ด Arduino UNO R3

ตำแหน่งที่ 1 USBPort ใช้สำหรับต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่ออัปโหลดโปรแกรมเข้า MCU และจ่ายไฟให้กับบอร์ด

ตำแหน่งที่ 2 Reset Button เป็นปุ่ม Reset ใช้กดเมื่อต้องการให้ MCU เริ่มการทำงานใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งที่ 3 ICSP Port ของ Atmega16U2 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Visual Com port บน Atmega16U2

ตำแหน่งที่ 4 I/O Port Digital I/O ตั้งแต่ขา D0 ถึง D13 ทั้งนี้ บางขาจะทำหน้าที่อื่นเพิ่มเติมด้วย เช่น ขา 0 เป็นขา Tx, ขา 1 เป็น Rx, ขา 3, 5, 6, 9, และ 10 เป็น Serial ส่วนขา 11 เป็นขา PWM

ตำแหน่งที่ 5 ICSP Port Atmega328 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Bootloader

ตำแหน่งที่ 6 MCU Atmega328 เป็น MCU ที่ใช้บนบอร์ด Arduino

ตำแหน่งที่ 7 I/O Port นอกจากจะเป็น Digital I/O แล้ว ยังเปลี่ยนเป็นช่องรับสัญญาณแอนะล็อกตั้งแต่ขา A0-A5

ตำแหน่งที่ 8 Power Port ไฟเลี้ยงของบอร์ดเมื่อต้องการจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอกประกอบด้วยขาไฟเลี้ยง +3.3 V, +5V, GND, Vin

ตำแหน่งที่ 9 Power Jack รับไฟจาก Adapter โดยที่แรงดันอยู่ระหว่าง 7-12 V

ตำแหน่งที่ 10 MCU ของ Atmega16U2 เป็น MCU ที่ทำหน้าที่เป็น USB to Serial โดย Atmega328 จะติดต่อกับ Computer ผ่าน Atmega16U2

5.2 มอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้า (*มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง, 2559*) เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่แปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลการทำงานปกติของมอเตอร์ไฟฟ้าส่วนใหญ่เกิดจากการทำงานร่วมกันระหว่างสนามแม่เหล็กของแม่เหล็กในตัวมอเตอร์และสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสในขดลวดทำให้เกิดแรงดูดและแรงผลักของสนามแม่เหล็กทั้งสอง มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นต้นกำลังขับเคลื่อนที่สำคัญอย่างหนึ่งในโรงงานอุตสาหกรรมเพราะมีคุณสมบัติที่โดดเด่นในด้านการปรับความเร็วได้ตั้งแต่ความเร็วต่ำสุดจนถึงสูงสุด นิยมใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานทอผ้า โรงงานเส้นใยโพลีเอสเตอร์ โรงงานกลึงโลหะ หรือให้กำลังในการขับเคลื่อนรถไฟไฟฟ้า เป็นต้น การศึกษาเกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงดังในภาพที่ 5.6 จึงควรรู้จักอุปกรณ์ต่าง ๆ ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและเข้าใจถึงหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ



ภาพที่ 5.6 รูปร่างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง, 2559)

5.2.1 มอเตอร์กระแสตรง (DC Motor)

1. มอเตอร์แบบอนุกรม (Series Motor) คือ มอเตอร์ที่ต่อขดลวดสนามแม่เหล็กอนุกรมกับอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์ชนิดนี้ว่า ซีรีส์ฟิลด์ (Series Field) มีคุณลักษณะที่ดีคือให้แรงบิดสูง นิยมใช้เป็นตัวกำลังของรถไฟฟ้า รถยกของ เครื่องไฟฟ้า ความเร็วรอบของมอเตอร์อนุกรมเมื่อไม่มีโหลดความเร็วจะสูงมาก แต่ถ้ามีโหลดมาต่อความเร็วก็จะลดลงตามโหลด โหลดมากหรือทำงานหนักความเร็วจะลดลง แต่ขดลวดของมอเตอร์ไม่เป็นอันตราย จากคุณสมบัตินี้จึงนิยมนำมาใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน เช่น เครื่องดูดฝุ่น เครื่องผสมอาหาร สว่านไฟฟ้า จักรเย็บผ้า เครื่องเป่าผม มอเตอร์กระแสตรงแบบอนุกรมใช้งานหนักได้ดี เมื่อใช้งานหนัก กระแสไฟฟ้าจะมาก ความเร็วรอบจะลดลง เมื่อไม่มีโหลดมาต่อ ความเร็วจะสูงมาก อาจเกิดอันตรายได้ ดังนั้นเมื่อเริ่มสตาร์ทมอเตอร์แบบอนุกรมจึงต้องมีโหลดมาต่อเสมอ

2. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน (Shunt Motor) หรือเรียกว่าชันทมอเตอร์ มอเตอร์แบบขนานนี้ ขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field Coil) จะต่อขนานกับขดลวดชุดอาร์เมเจอร์ มีคุณลักษณะที่สำคัญคือ มีความเร็วคงที่ แรงบิดเริ่มหมุนต่ำ แต่ความเร็วรอบคงที่ ชันทมอเตอร์ส่วนมากเหมาะกับงานพัดลม เพราะพัดลมต้องการความเร็วคงที่และต้องการเปลี่ยนความเร็วได้ง่าย

3. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม (Compound Motor) หรือเรียกว่าคอมเปาว์ดมอเตอร์ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมเป็นการนำคุณลักษณะที่ดีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนานและแบบอนุกรมมารวมกัน ซึ่งมีคุณลักษณะพิเศษคือมีแรงบิดสูง (High starting torque) แต่ความเร็วรอบคงที่ ตั้งแต่ยังไม่มีโหลด จนกระทั่งมีโหลดเต็มที่ และมีวิธีการต่อขดลวดชันท (ขนาน) อยู่ 2 วิธี คือ

วิธีที่หนึ่งคือ ต่อขดลวดชันทขนานกับอาร์เมเจอร์ เรียกว่า ชอทชันทคอมเปาว์ดมอเตอร์ (Short Shunt Compound Motor)

วิธีสองคือ ต่อขดลวดชันทขนานกับขดลวดอนุกรมและขดลวดอาร์เมเจอร์ เรียกว่า ลองชันทคอมเปาว์ดมอเตอร์ (Long shunt motor)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการการทำงานของมอเตอร์

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นจะทำงานโดยป้อนแรงดันกระแสไฟฟ้าตรงเข้าไปในมอเตอร์ ส่วนหนึ่งจะแปรผ่านผ่านคอมมิวเตเตอร์เข้าไปในขดลวดอาร์มาเจอร์สร้างสนามแม่เหล็กขึ้นและกระแสไฟฟ้าอีกส่วนหนึ่งจะไหลเข้าไปในขดลวดสนามแม่เหล็กสร้างขั้วเหนือ-ใต้ขึ้น จะเกิดสนามแม่เหล็ก 2 สนาม ในขณะเดียวกัน ตามคุณสมบัติของเส้นแรงแม่เหล็กจะไม่ตัดกันทิศทางตรงข้ามจะหักล้างกันและทิศทางเดียวจะเสริมแรงกันทำให้เกิดแรงบิดในตัวอาร์มาเจอร์ ซึ่งวางแกนเพลลาและแกนเพลลานี้ สวมอยู่กับขั้วลบลูกปืนของมอเตอร์ ทำให้อาร์มาเจอร์นี้หมุนได้ ขณะที่ตัวอาร์มาเจอร์ทำหน้าที่หมุนได้นี้เรียกว่า โรเตอร์ ซึ่งหมายถึง ความว่าตัวหมุนการที่อำนาจเส้นแรงแม่เหล็กทั้งสองมีปฏิริยาต่อกันทำให้ขดลวดอาร์มาเจอร์หรือโรเตอร์หมุนไปนั้นเป็นไปตามกฎมือซ้ายของเฟลมมิง

เมื่อมีกระแสไหลในขดลวดตัวนำที่พันอยู่บนแกนอาร์เมเจอร์ จะเกิดเส้นแรงแม่เหล็กรอบ ๆ ตัวนำและทำปฏิกิริยากับเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจากขั้วแม่เหล็กของมอเตอร์ ทำให้เกิดแรงผลักขึ้นบนตัวนำ ทำให้อาร์เมเจอร์หมุนไปได้ขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้าไหลและวางอยู่บนแกนของอาร์เมเจอร์ โดยวางห่างจากจุดศูนย์กลางเป็นระยะ (r) กำหนดให้กระแสไฟฟ้าไหลเข้าขดลวดที่ปลาย (A) และไหลออกที่ปลาย (B) จากคุณสมบัติของเส้นแรงแม่เหล็กจะไม่ตัดผ่านซึ่งกันและกัน ดังนั้น ปริมาณของเส้นแรงแม่เหล็กจะมีจำนวนมากที่ด้านบนของปลาย (A) จึงทำให้เกิดแรง F_1 กดตัวนำ (A) ลงด้านล่างและขณะเดียวกันที่ปลาย (B) นั้น เส้นแรงแม่เหล็กจะมีปริมาณมากที่ด้านหน้าทำให้เกิดแรง F_2 ดันให้ตัวนำ B เคลื่อนที่ด้านบนของแรง F_1 และ F_2 ทำให้อาร์เมเจอร์ของมอเตอร์เกิดการเคลื่อนที่ไปได้ ดังนั้นการทำงานของมอเตอร์จึงขึ้นอยู่กับหลักการที่ว่า เมื่อเอาตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปวางในสนามแม่เหล็ก มันจึงพยายามทำให้ตัวนำเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก

คุณสมบัติทั่วไปของมอเตอร์

คุณสมบัติประจำตัวของมอเตอร์ไฟฟ้าแต่ละประเภทจะมีลักษณะโครงสร้าง ลักษณะงาน และลักษณะของวงจรแตกต่างกัน ยกตัวอย่างเช่น คุณสมบัติของมอเตอร์อนุกรม คือ ลักษณะโครงสร้าง ประกอบด้วยลวดหนามแม่เหล็กที่มีความต้านทานต่ำมาก (พันด้วยลวดทองแดงเส้นใหญ่น้อยรอบแกนขั้วแม่เหล็ก) ต่อเป็นอนุกรมกับอาร์เมเจอร์และต่อโดยตรงกับแรงดันเมน ลักษณะวงจร (A1 - A2) เป็นอาร์เมเจอร์ต่อเป็นอนุกรมกับขดลวดสนามแม่เหล็กชุดอนุกรม (D1 - D2) และต่อโดยตรงกับสายเมน (L+, L-) จึงทำให้มีความเร็วสูง เมื่อโหลดมีค่าลดลง จึงเป็นมอเตอร์ที่หมุนไม่คงที่ ความเร็วเปลี่ยนแปลงไปตามโหลด จะเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะใช้เป็นมอเตอร์สตาร์ทเครื่องพ่นน้ำ คุณสมบัติทางเทคนิคเป็นคุณสมบัติประจำเครื่องกลไฟฟ้าแต่ละประเภท ซึ่งถ้าเจาะลึกเข้าไปในเชิงวิชาการ สามารถทดสอบและวัดด้วยเครื่องมือวัดได้ด้วยวิธีทดลองในห้องปฏิบัติการทดลอง ส่วนใหญ่จะแสดงด้วยกราฟเพื่อแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างค่าหนึ่งกับอีกค่าหนึ่ง เช่น สมรรถนะในการกำเนิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแสดงด้วย “กราฟแม่เหล็กอ้อมตัว” สมรรถนะในการจ่ายโหลดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแสดงด้วย External Characteristic ส่วนคุณสมบัติทางเทคนิคของ

มอเตอร์จะแสดงด้วย Performance Curve ซึ่งได้แก่ สมรรถนะในการหมุนขับโหลดแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกระแสมอเตอร์ (n = ความเร็วรอบให้อยู่บนแกน Y และ I_a = กระแสอาร์เมเจอร์ให้อยู่บนแกน X) หรืออาจให้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบ (n เป็นแกน Y) กับกำลังที่หมุนขับงาน (T = ทอร์ก, P =กำลังวัตต์หรือกิโลวัตต์ ให้อยู่บนแกน x) จุดประสงค์เพื่อต้องการให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของความเร็วรอบของมอเตอร์ที่หมุนขับโหลดว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร เมื่อโหลดมีการเปลี่ยนแปลง

5.2.2 มอเตอร์กระแสสลับ (AC Motor)

ในงานวิจัยนี้เลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 1 เฟสหรือซิงเกิลเฟสมอเตอร์ (AC Single Phase) ซึ่งแบ่งออกได้หลายชนิด ได้แก่ สปลิตเฟสมอเตอร์ (Split-Phase motor), คาปาซิเตอร์มอเตอร์ (Capacitor motor), รีพัลชันมอเตอร์ (Repulsion-type motor), ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์ (Universal motor) และเซดเดดโพลมอเตอร์ (Shaded-pole motor) ฯลฯ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับจำเป็นต้องมีการใช้งานที่เสถียรทั้งนี้เพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายและเลือกใช้ให้เหมาะสมกับงาน โดยเทียบได้ดังตารางที่ 5.1

ในการคำนวณค่ากำลังของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 1 เฟสให้เหมาะสมต่อการใช้งาน สามารถคำนวณได้โดยอาศัยสมการ $kW = H.P * 0.75$ เช่น เราเลือกใช้มอเตอร์ที่มีขนาด 3 H.P. เราจะได้กำลังของมอเตอร์เท่ากับ $3 * 0.75 = 2.25 kW$ เป็นต้น

5.3 รีเลย์

รีเลย์ หรือ Relay (รีเลย์, 2560) เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็กเพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสของคอนแทคให้เปลี่ยนสถานะโดยการบ่อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดเพื่อทำการปิดหรือเปิดหน้าสัมผัสคล้ายกับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งสามารถนำรีเลย์ไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมวงจรต่าง ๆ ในงานช่างอิเล็กทรอนิกส์มากมาย ตัวอย่างรูปร่างของรีเลย์ 12VDC/10A 125VAC และ 12VDC/30A 240VAC ดังแสดงในภาพที่ 5.7 และ 5.8

ตารางที่ 5.1 รายละเอียดการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 1 เฟส

ขนาดมอเตอร์		กระแสของมอเตอร์ (แอมป์)	มอเตอร์เอซี	มอเตอร์ดีซี
POWER		Three Phase 50-60 Hz	Single Phase	DC
kW	แรงม้า (H.P.)	380 Volt	220 Volt	220 Volt
0.37	0.5	1.03	3.12	2.26
0.55	0.75	1.6	4.76	3.31
0.75	1	2	6.01	4.29
1.1	1.5	2.6	7.6	6.35
1.5	2	3.5	10.4	8.25
2.2	3	5	15.1	12.3
3	4	6.6	20	16.2
4	5.5	8.5	25.1	21.6
0.5	7.5	11.5	34.6	29.2
7.5	10	15.5	46.8	38.4
10	13.5	20	60	52
11	15	22	68	57
15	20	30	90	76
18.5	25	37	111	94
22	30	44	130	113
30	40	60	178	150
37	50	72.5	218	186
45	60	85	254	221
55	75	105	315	276
75	100	138	414	364
90	125	170	511	450
110	175	245	710	630
160	220	300	900	791
200	270	370	1108	971
220	300	408	1230	1079
250	350	475	1426	1259
315	430	584	1728	1547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.7 รูปร่างของรีเลย์ 12VDC/10A 125VAC



ภาพที่ 5.8 รูปร่างของรีเลย์ 12VDC/30A 240VAC

ส่วนประกอบสำคัญของรีเลย์

ส่วนของขดลวด (Coil) เหนียวนำกระแสต่ำ ทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้แก่โลหะไปกระทบให้หน้าสัมผัสต่อกัน ทำงานโดยการรับแรงดันจากภายนอกต่อคร่อมที่ขดลวดเหนียวนำนี้ เมื่อขดลวดได้รับแรงดัน (ค่าแรงดันที่รีเลย์ต้องการขึ้นกับชนิดและรุ่นตามที่คุณผลิตกำหนด) จะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ทำให้แกนโลหะด้านในไปกระทบให้แผ่นหน้าสัมผัสต่อกัน

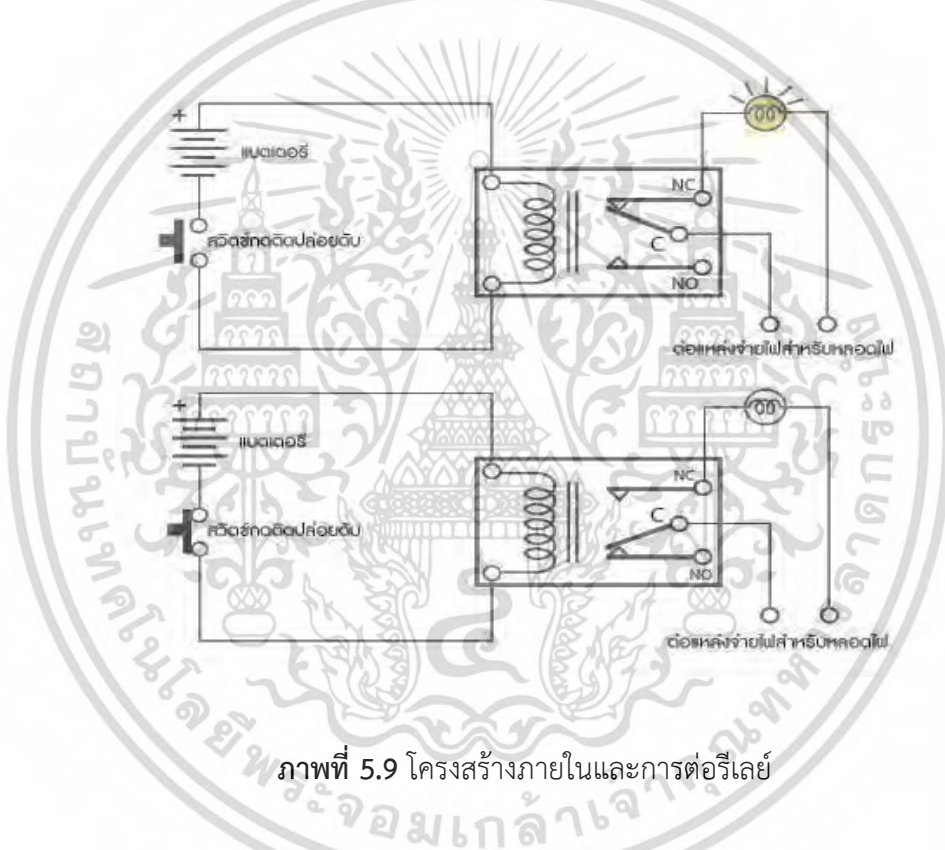
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของหน้าสัมผัส (Contact) ทำหน้าที่เหมือนสวิตช์จ่ายกระแสไฟให้กับอุปกรณ์ที่ต้องการ จุดต่อ NC ย่อมาจาก Normal Close หมายความว่า ปกติปิดหรือหากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะติดกัน โดยทั่วไปมักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการให้ทำงานตลอดเวลา

จุดต่อ NO ย่อมาจาก Normal Open หมายความว่า ปกติเปิดหรือหากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะไม่ติดกัน โดยทั่วไปเรามักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการควบคุมการเปิด/ปิด เช่น โคมไฟสนามหน้าบ้าน

จุดต่อ C ย่อมาจาก Common คือจุดร่วมที่ต่อมาจากแหล่งจ่ายไฟ

โดยโครงสร้างภายในและตัวอย่างการต่อรีเลย์เพื่อใช้งานมีแสดงไว้ในภาพที่ 5.9



ภาพที่ 5.9 โครงสร้างภายในและการต่อรีเลย์

ข้อคำนึงในการใช้งานรีเลย์

แรงดันใช้งานหรือแรงดันที่ทำให้รีเลย์ทำงานได้ ตัวรีเลย์จะระบุค่าแรงดันใช้งานไว้ (หากใช้งานอิเล็กทรอนิกส์ส่วนมากจะใช้แรงดันกระแสตรงในการใช้งาน) เช่น 12VDC คือ ต้องใช้แรงดันที่ 12VDC เท่านั้น หากใช้มากกว่านี้ขดลวดภายในตัวรีเลย์อาจจะขาดได้หรือหากใช้แรงดันต่ำกว่ามาก รีเลย์จะไม่ทำงาน ส่วนในการต่อวงจรนั้นสามารถต่อขั้วใดก็ได้ เพราะตัวรีเลย์ไม่ระบุขั้ว การใช้งานกระแสไฟฟ้าผ่านหน้าสัมผัส ซึ่งที่ตัวรีเลย์จะระบุไว้ เช่น 10A 220AC คือ หน้าสัมผัสของรีเลย์นั้นสามารถทนกระแสได้ 10 แอมแปร์ที่ 220VAC แต่การใช้ก็ควรจะใช้งานที่ระดับกระแสไฟฟ้าต่ำจะเป็นการดีกว่า เพราะถ้ากระแสผ่านหน้าสัมผัสของรีเลย์จะละลายเสียหายได้ โดยรีเลย์ที่นิยมใช้งานและ

รู้จักกันแพร่หลายมีอยู่ 4 ชนิด คือ เอกสารนี้ขึ้นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. อาร์เมเจอร์รีเลย์ (Armature Relay)
2. รี๊ดรีเลย์ (Reed Relay)
3. รี๊ดสวิตช์ (Reed Switch)
4. โซลิดสเตตรีเลย์ (Solid-State Relay)

หลักการทํางานคล้ายขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าหรือโซลินอยด์ รีเลย์ใช้ในการควบคุมวงจรไฟฟ้าได้อย่างหลากหลาย รีเลย์เป็นสวิตช์ควบคุมที่ทํางานด้วยไฟฟ้า แบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 ประเภทคือ

1. รีเลย์กำลัง (Power Relay) หรือมักเรียกกันว่าคอนแทกเตอร์ (Contactor) ใช้ในการควบคุมไฟฟ้ากำลังมีขนาดใหญ่กว่ารีเลย์ธรรมดา

2. รีเลย์ควบคุม (Control Relay) มีขนาดเล็กและใช้กำลังไฟฟ้าต่ำ โดยทั่วไป เราจะใช้วงจรควบคุมที่มีกำลังไฟฟ้าไม่มากนักหรือเพื่อการควบคุมรีเลย์หรือคอนแทกเตอร์ขนาดใหญ่

ชนิดของรีเลย์

การแบ่งชนิดของรีเลย์ (ชนิดของรีเลย์, 2560) สามารถแบ่งได้ 11 แบบ คือ ชนิดของรีเลย์แบ่งตามลักษณะของขดลวด (Coil) หรือ แบ่งตามลักษณะการใช้งาน (Application) ได้แก่

1. รีเลย์กระแส (Current relay) คือ รีเลย์ที่ทํางานโดยใช้กระแสมีทั้งชนิดกระแสขาด (Under current) และกระแสเกิน (Over current)

2. รีเลย์แรงดัน (Voltage relay) คือ รีเลย์ที่ทํางานโดยใช้แรงดันมีทั้งชนิดแรงดันขาด (Under voltage) และ แรงดันเกิน (Over voltage)

3. รีเลย์ช่วย (Auxiliary relay) คือ รีเลย์ที่เวลาใช้งานจะต้องประกอบเข้ากับรีเลย์ชนิดอื่นจึงจะทํางานได้

4. รีเลย์กำลัง (Power relay) คือ รีเลย์ที่รวมเอาคุณสมบัติของรีเลย์กระแส และรีเลย์แรงดันเข้าด้วยกัน

5. รีเลย์เวลา (Time relay) คือ รีเลย์ที่ทํางานโดยมีเวลาเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย มี 4 แบบ ได้แก่

- รีเลย์กระแสเกินชนิดเวลาผกผันกับกระแส (Inverse time over current relay)

คือ รีเลย์ที่มีเวลาทํางานเป็นส่วนกลับกับกระแส

- รีเลย์กระแสเกินชนิดทํางานทันที (Instantaneous over current relay) คือ รีเลย์ที่ทํางานทันทีทันใด เมื่อมีกระแสไหลผ่านเกินกว่าที่กำหนดที่ตั้งไว้

- รีเลย์แบบดีฟิไนต์ไทม์เล็ก (Definite time lag relay) คือ รีเลย์ที่มีเวลาการทํางานไม่ขึ้นอยู่กับความมากมายของกระแสหรือค่าไฟฟ้าอื่น ๆ ที่ทำให้เกิดงานขึ้น

- รีเลย์แบบอินเวอสดิฟิไนต์ไทม์เล็ก (Inverse definite time lag relay) คือ รีเลย์ที่ทํางานโดยรวมเอาคุณสมบัติของเวลาผกผันกับกระแส (Inverse time) และแบบดีฟิไนต์ไทม์เล็ก (Definite time lag relay) เข้าด้วยกัน

6. รีเลย์กระแสต่าง (Differential relay) คือ รีเลย์ที่ทํางานโดยอาศัยผลต่างของกระแส

7. รีเลย์มีทิศทาง (Directional relay) คือรีเลย์ที่ทำงานเมื่อมีกระแสไหลผิดทิศทาง
8. รีเลย์ระยะทาง (Distance relay) คือ รีเลย์ระยะทางมีแบบต่าง ๆ
 - รีแอคแตนซ์รีเลย์ (Reactance relay)
 - อิมพีแดนซ์รีเลย์ (Impedance relay)
 - โมห์รีเลย์ (Mho relay)
 - โอห์มรีเลย์ (Ohm relay)
 - โพลาริซซ์โมห์รีเลย์ (Polarized mho relay)
 - ออฟเซตโมห์รีเลย์ (Off set mho relay)
9. รีเลย์อุณหภูมิ (Temperature relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานตามอุณหภูมิที่ตั้งไว้
10. รีเลย์ความถี่ (Frequency relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานเมื่อความถี่ต่ำกว่าหรือมากกว่าที่ตั้งไว้
11. บุคโฮลซ์รีเลย์ (Buchholz's relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานด้วยก๊าซ ใช้กับหม้อแปลงที่แช่อยู่ในน้ำมันเมื่อเกิดฟอลต์ขึ้นภายในหม้อแปลง จะทำให้น้ำมันแตกตัวและเกิดก๊าซขึ้นภายในไปดันหน้าสัมผัสให้รีเลย์ทำงาน

ประโยชน์ของรีเลย์

1. ทำให้ระบบส่งกำลังมีเสถียรภาพสูง โดยรีเลย์จะตัดวงจรเฉพาะส่วนที่เกิดความผิดปกติออกเท่านั้น ซึ่งจะเป็นการลดความเสียหายให้แก่ระบบน้อยที่สุด
2. ลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมส่วนที่เกิดความผิดปกติ
3. ลดความเสียหายไม่ลุกลามไปยังอุปกรณ์อื่น ๆ
4. ทำให้ระบบไฟฟ้าไม่ดับทั้งระบบเมื่อเกิดฟอลต์ขึ้นในระบบ

คุณสมบัติที่ดีของรีเลย์

1. ต้องมีความไว คือ มีความสามารถในการตรวจพบสิ่งผิดปกติเพียงเล็กน้อยได้
2. มีความเร็วในการทำงาน คือ ความสามารถทำงานได้รวดเร็วทันใจไม่ทำให้เกิดความเสียหายแก่อุปกรณ์และไม่กระทบต่อระบบ โดยเวลาที่ใช้ในการตัดวงจรขึ้นอยู่กับระดับของแรงดันของระบบด้วย
 - ระบบ 6-10 เควี จะต้องตัดวงจรภายในเวลา 1.5 - 3.0 วินาที
 - ระบบ 100-220 เควี จะต้องตัดวงจรภายในเวลา 0.15 - 0.3 วินาที
 - ระบบ 300-500 เควี จะต้องตัดวงจรภายในเวลา 0.1 - 0.12 วินาที

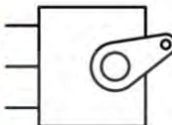
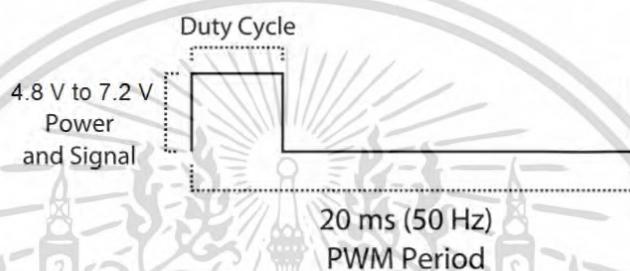
5.4 Servo Motor

Servo Motor คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง DC Motor ภายใน Servo Motor ก็จะมีส่วนของเฟืองเกียร์และบอร์ดควบคุม มีสายสัญญาณในการควบคุมการหมุนของ Servo Motor 1 เส้น และอีก 2 เส้นเป็น Vcc กับ ground โดยตัวของ Servo Motor จะสามารถหมุนได้ 180 องศา แต่จะมีบางรุ่นที่สามารถหมุนได้ถึง 210 องศา โดยสามารถที่จะหมุนไปทางซ้าย 90 องศา ทางขวาอีก 90 องศา

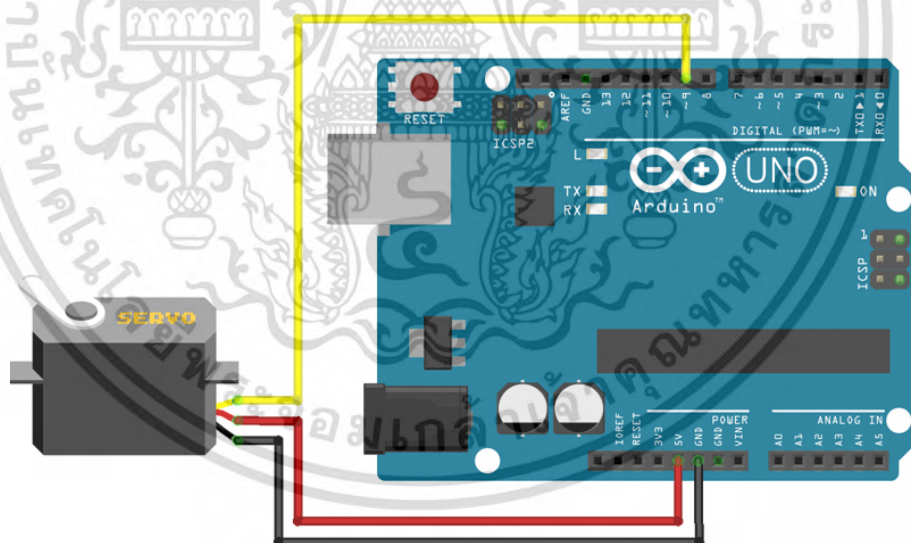
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องศา เราสามารถควบคุมการทำงานของ Servo Motor ได้โดยป้อนสัญญาณความกว้าง pulse ให้กับ Servo Motor ซึ่งความกว้างของสัญญาณพัลส์นี้จะไปกำหนดตำแหน่งของ Servo Motor จะหมุนไปอยู่ตำแหน่งใด ซึ่งเราสามารถป้อนความกว้าง pulse ได้ตั้งแต่ 1.0 - 2.0 ms โดยที่คาบเวลาในการส่งสัญญาณความกว้าง pulse เท่ากับ 20 ms ดังแสดงในภาพที่ 5.10

PWM=Orange (PWM)
Vcc = Red (+)
Ground=Brown (-)

ภาพที่ 5.10 สัญญาณที่ป้อนให้ Servo Motor



ภาพที่ 5.11 การเชื่อมต่อระหว่าง Servo Motor กับบอร์ด Arduino

การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์หรือควบคุมองศาในการหมุนของมันด้วย Arduino จะใช้ Library Servo.h (มีให้ในโปรแกรมแล้ว) ในการทำงาน ซึ่ง Library นี้ ตอบโจทย์การใช้ Servo ได้เป็นอย่างดี สามารถใช้ Servo ได้สูงสุดถึง 12 ตัว และนิยมใช้กับ Servo ที่หมุนได้ 180 องศา สายของ Servo มี 3 เส้น ดังแสดงในภาพที่ 5.11 ได้แก่

- สาย Ground มักเป็นสีน้ำตาล หรือสีดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สายไฟเลี้ยง สีแดง ส่วนมากจะใช้ไฟเลี้ยง 4.8 - 5 V หรือ 4.8 - 6.6 V

- สาย Signal สีเหลือง หรือ ขาว เป็นสายที่ใช้คอนโทรลการหมุนเป็นองศาของ Servo

Sweep คือตัวอย่างวงจร Servo เคลื่อนที่ไปกลับ 0-180 องศา เหมาะสำหรับใช้ทดสอบ Servo เริ่มแรกการต่อวงจร คือ สาย GND ของ Servo --> GND ของ Arduino, สายไฟเลี้ยงของ Servo --> 5V ของ Arduino และ สาย Signal --> Digital Pin 9 (Pin นี้สามารถใช้งาน PWM Signal ได้) ในที่นี้ ตัวอย่างโปรแกรม Arduino พื้นฐานที่ใช้ควบคุมการทำงานของ Servo Motor

```
#include <Servo.h>
```

```
Servo myservo; // เรียกใช้งานคำสั่งจาก Library
```

```
int pos = 0; // ประกาศตัวแปรสำหรับเก็บค่าองศา Servo กำหนดให้เริ่มที่ 0 องศา
```

```
void setup() {myservo.attach(9); // ต่อ Servo กับ Digital Pin 9}
```

```
void loop() {for (pos = 0; pos <= 180; pos += 1) // ค่อย ๆ เพิ่มองศาการหมุน จาก 0 ถึง 180
```

```
// เพิ่มขึ้นทีละ 1 องศาในเวลา 0.015 วินาที
```

```
{myservo.write(pos); // คำสั่งองศาการหมุน delay(5); }
```

```
for (pos = 180; pos >= 0; pos -= 1) // ถ้าองศาถึง 180 ให้ลด 1 องศาจนถึง 0 แล้ววนไปเรื่อยๆ
```

```
{myservo.write(pos); delay(5);}}
```

นอกจากนี้ เรายังสามารถควบคุมการหมุนด้วยการ Input ค่าเข้าไป เช่น ใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้ ,การหมุนแกนบิดของมัน (Knob) จะทำให้ค่า Input เพิ่มขึ้นหรือลดเรื่อยๆ แบบ Analog แล้วจึงนำค่านี้ไปควบคุมองศาการหมุนของ Servo อีกที โดยเราจะใช้คำสั่ง map ในการแปลงค่าจากตัวต้านทานปรับค่าได้ ให้กลายเป็นองศาการหมุน คำสั่ง map มีภาพแบบดังนี้

map(ตัวแปร, ต่ำสุดเดิม, สูงสุดเดิม, ต่ำสุดใหม่, สูงสุดใหม่)

สำหรับตัวต้านทานปรับค่าได้ เราสามารถเขียน map ได้ดังนี้ map(val, 0, 1023, 0, 180) นั้นหมายถึง ในตอนแรกค่า Input ที่รับเข้ามาจากตัวต้านทาน จะมีค่าได้ตั้งแต่ 0 - 1023 (สูงสุด 1024) จากนั้น ค่าจะถูกบีบให้ต่ำสุดเป็น 0 และสูงสุดไม่เกิน 180 ตามองศาสูงสุดที่หมุนได้นั่นเอง คำสั่ง map จึงเป็นคำสั่งที่ใช้ในการแปลงค่า ๆ หนึ่ง ที่มีหลาย ๆ ช่วง ให้อยู่ในช่วงที่กำหนดใหม่

- เมื่อไม่หมุนตัวต้านทาน ค่าองศาจะเป็น 0

- เมื่อหมุนจนสุด (1023) ค่าใหม่จะถูกบีบให้เป็น 180 ไม่เกินนี้

- ช่วงอื่น ๆ (1-1022) ค่าจะถูกแปลงไปตามอัตราส่วน เช่น Servo จะหมุน 90 องศา เมื่อตัวต้านทานหมุนได้ประมาณ 511

* ใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้ 10 k Ω

ตัวอย่างโปรแกรม Arduino ที่ใช้คำสั่ง map ในการควบคุมการทำงานของ Servo Motor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

#include <Servo.h>
Servo myservo; // เรียกใช้งานคำสั่งจาก Library
int potpin = 0; // ต่อตัวต้านทานปรับค่าได้กับ analog pin 0
int val; // ประกาศค่าที่อ่านได้จากตัวต้านทาน
void setup()
{myservo.attach(9); // ต่อ Servo กับ Digital Pin 9}
void loop()
{val = analogRead(potpin); // อ่านค่าตัวแปร
val = map(val, 0, 1023, 0, 180); // ทำการ map จากค่าที่อ่านได้ ไปเป็นองศาของ Servo
myservo.write(val); // กำหนดองศาให้ Servo
delay(100);}

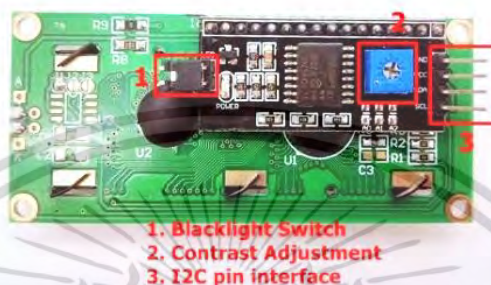
```

5.5 LCD Display

จอ Liquid Crystal Display (LCD) เป็นจอแสดงผลภาพแบบหนึ่งที่นิยมนำมาใช้ร่วมกันกับระบบสมองกลฝังตัวอย่างแพร่หลาย จอ LCD มีทั้งแบบแสดงผลเป็นตัวอักษรเรียกว่า Character LCD ซึ่งมีการกำหนดตัวอักษรหรืออักขระที่สามารถแสดงผลไว้ได้อยู่แล้ว และแบบที่สามารถแสดงผลเป็นภาพภาพหรือสัญลักษณ์ได้ตามความต้องการของผู้ใช้งานเรียกว่า Graphic LCD นอกจากนี้บางชนิดเป็นจอที่มีการผลิตขึ้นมาใช้เฉพาะงาน ทำให้มีภาพแบบและรูปร่างเฉพาะเจาะจงในการแสดงผล เช่น นาฬิกาดิจิตอล เครื่องคิดเลขหรือหน้าปัดวิทยุ เป็นต้น

จอ LCD ที่แสดงผลเป็นอักขระหรือตัวอักษร ตามท้องตลาดทั่วไปจะมีหลายแบบด้วยกัน มีทั้ง 16 ตัวอักษร 20 ตัวอักษรหรือมากกว่า และจำนวนบรรทัดจะมีตั้งแต่ 1 บรรทัด 2 บรรทัด 4 บรรทัดหรือมากกว่าตามแต่ความต้องการและลักษณะของงานที่ใช้ หรืออาจจะมีแบบสั่งทำเฉพาะงานก็ได้ ในที่นี้ เราเลือกใช้จอ LCD ขนาด 16x2 Character หรือที่นิยมเรียกกันว่าจอ LCD 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด ดังแสดงในภาพที่ 2.12 ซึ่งเราสามารถหาซื้อได้ง่ายและมีราคาไม่สูง เหมาะสมกับการใช้งานแสดงผลไม่มากในหน้าจอเดียว จอ LCD 16x2 Character ที่นิยมนำจำหน่ายจะมีอยู่ 2 แบบด้วยกันคือ LCD แบบปกติที่เชื่อมต่อแบบขนาน (Parallel) และ LCD แบบที่เชื่อมต่ออนุกรม (Serial) แบบ I2C โดยทั้ง 2 แบบตัวจอมีลักษณะเดียวกันเพียงแต่แบบ I2C จะมีบอร์ดเสริมทำให้สื่อสารแบบ I2C ได้เชื่อมต่อได้สะดวกขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.12 จอ LCD 16x2 Character (I2C) ด้านหน้าและด้านหลัง

ในการควบคุมหรือสั่งงาน โดยทั่วไปจอ LCD จะมีส่วนควบคุมอยู่ในตัวแล้ว ผู้ใช้สามารถส่งรหัสคำสั่งสำหรับควบคุมการทำงานของจอ LCD (I2C) เช่นเดียวกันกับจอ LCD แบบธรรมดา พุดง่าย ๆ คือรหัสคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมนั้นเหมือนกัน แต่ต่างกันตรงที่ภาพแบบในการรับส่งข้อมูล ในบทความนี้เราจะมาพูดถึงจอ LCD 16x2 ที่มีการส่งข้อมูลภาพแบบ I2C ที่ใช้ขาเพียง 4 ขาที่ใช้ในการเชื่อมต่อเท่านั้น

1. GND เป็น ground ใช้ต่อระหว่าง ground ของระบบ Microcontroller กับ LCD
2. Vcc เป็นไฟเลี้ยงวงจรที่ป้อนให้กับ LCD มีขนาด +5VDC
3. SDA (Serial Data) เป็นขาที่ใช้ในการรับส่งข้อมูล
4. SCL (Serial Clock) เป็นขาสัญญาณนาฬิกาในการรับส่งข้อมูล

การรับ-ส่งข้อมูลแบบ I2C BUS คือ MCU จะทำการส่งสถานะเริ่มต้น (START Conditions) เพื่อแสดงการขอใช้บัส แล้วตามด้วย รหัสควบคุม (Control Byte) ซึ่งประกอบด้วยรหัสประจำตัวอุปกรณ์ Device ID, Device Address และ Mode ในการเขียนหรืออ่านข้อมูล เมื่ออุปกรณ์รับทราบ ว่า MCU ต้องการจะติดต่อด้วย ก็ต้องส่งสถานะรับรู้ (Acknowledge) หรือแจ้งให้ MCU รับรู้ว่า ข้อมูลที่ได้ส่งมามีความถูกต้อง และเมื่อสิ้นสุดการส่งข้อมูล MCU จะต้องส่งสถานะสิ้นสุด (STOP Conditions) เพื่อบอกกับอุปกรณ์ว่าสิ้นสุดการใช้บัส

5.6 วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรประเภทต่าง ๆ

วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่สามารถเอามาย่อยและบด แล้วทำเป็นอาหารสัตว์ได้ (วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและผลพลอยได้ทางอุตสาหกรรม, 2560) มีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ฟางข้าว

คุณสมบัติ

1. มีคุณภาพต่ำ เยื่อใยสูง มีอัตราการย่อยได้ต่ำ จึงตกค้างอยู่ในกระเพาะหมักนาน สัตว์จึงได้รับโภชนาไม่เพียงพอ ถ้าให้กินฟางอย่างเดียววันหนึ่งจะลด
 2. ไม่เหมาะจะใช้ฟางข้าวเลี้ยงสัตว์ที่ต้องการให้แร่ธาตุที่สูง โดยไม่ปรับปรุงคุณภาพฟางก่อน
- ### การใช้เลี้ยงสัตว์และข้อจำกัด
3. ใช้ฟางข้าวอย่างเดียวเลี้ยงโค - กระบือในช่วงแล้ง เพื่อการดำรงชีพของสัตว์เท่านั้น
 4. ใช้ฟางข้าวเสริมด้วยใบพืชตระกูลถั่ว หรือไขมันสำปะหลังอัตรา 0.5 - 1 กิโลกรัม/ตัว/วัน เพื่อคงสภาพน้ำหนักสัตว์ในช่วงแล้ง
 5. ใช้ฟางข้าวที่รูดสารละลาย ยูเรีย - กากน้ำตาล (อัตราที่ใช้คือ ยูเรีย : กากน้ำตาล : น้ำ : ฟาง : เท่ากับ 1.5 : 7.5 : 80 : 100 หน่วยน้ำหนักเดียวกัน) เพื่อปรับปรุงคุณภาพฟางและเพิ่มรสชาติ
 6. ใช้ในภาพของฟางปรุงแต่ง (หรือฟางหมัก) จะเพิ่มโปรตีนและการย่อยได้สูงขึ้น

ข้อแนะนำการใช้

1. การใช้ฟางข้าวรูดสารละลาย ยูเรีย - กากน้ำตาล หรือฟางปรุงแต่งเลี้ยงโค - กระบือ ควรให้อาหารชั้นเสริมด้วยในกรณีสัตว์ที่ให้ผลผลิต เช่น ในโคนม ใช้ฟางปรุงแต่งร่วมกับอาหารชั้นที่โปรตีนรวมไม่ต่ำกว่า 15% ยอดโภชนาจะย่อยได้ไม่น้อยกว่า 65% อัตราที่ให้เสริม 1 กิโลกรัมต่อการผลิตน้ำนม 2 - 2.5 กิโลกรัม เพื่อให้มีส่วนสัมพันธ์กันในการใช้เป็นอาหารได้เต็มที่
2. การใช้ฟางข้าวหรือฟางปรุงแต่งเลี้ยงโค - กระบือ เป็นระยะเวลานาน ควรเสริมวิตามิน AD3E ให้ด้วยการฉีดยา หรือเพิ่มให้เพียงพอในกรณีให้อาหารชั้นร่วมด้วยเพื่อป้องกันการขาด

2. ยอดอ้อย

คุณสมบัติ

1. เป็นวัสดุเหลือใช้จากไร่อ้อย ได้แก่ส่วนยอดรวมทั้งใบบริเวณยอดหรือปลายลำต้น
2. ยอดอ้อยหมัก เป็นกรรมวิธีเก็บยอดอ้อยสดไว้ใช้นอกฤดูการผลิต ในการหมักเติมวัตถุดิบเช่น กากน้ำตาล ยูเรีย หรือรำ เพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหารและเร่งขบวนการหมัก
3. ยอดอ้อยสดและหมัก มีความน่ากินสูงกว่ายอดอ้อยอบแห้ง
4. ใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบ ได้ทั้งในภาพสด หมัก หรืออบแห้ง โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง และควรใช้ร่วมกับอาหารชั้น หรือวัตถุดิบอาหารสัตว์อื่น ๆ เช่น ใบพืชตระกูลถั่ว ไขมันสำปะหลัง เพราะยอดอ้อยมีคุณค่าทางอาหารต่ำ
5. ยอดอ้อยมักมีอยู่ในไร่แบบกระจายกระจาย ในบางพื้นที่อาจมีปัญหาในการเก็บรวบรวมมาใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้เลี้ยงสัตว์และข้อจำกัด

1. ในกรณีที่มีการเลี้ยงโค - กระบืออยู่ใกล้ ๆ พื้นที่ปลูกอ้อย ควรนำวัสดุเหลือนี้มาใช้ประโยชน์เป็นอาหารสัตว์ และเก็บถนอมไว้ใช้ในกรณีมีมากเหลือเพื่อ ในช่วงขาดแคลนอาหารหยาบ
2. กรณีใช้กับสัตว์ที่ให้ผลผลิตสูง ควรเสริมอาหารชั้น ที่ปรับระดับพลังงานและโปรตีนให้สูงขึ้นเพื่อการใช้ประโยชน์อย่างมีประสิทธิภาพ

3. ต้นถั่วลิสง

คุณสมบัติ ส่วนลำต้นและใบหลังเก็บเกี่ยวฝักแล้ว ยังมีสีเขียวอยู่เล็กน้อย
การใช้เลี้ยงสัตว์และข้อจำกัด

1. ใช้เป็นอาหารหยาบ ทั้งในภาพสด ตากแห้งหรือหมักร่วมกับกากน้ำตาลหรือยูเรีย แต่ใช้ในภาพสดจะได้ประโยชน์มากกว่า และควรใช้ร่วมกับอาหารหยาบคุณภาพต่ำ เช่น ฟางข้าว เพื่อเพิ่มการใช้ประโยชน์
2. ต้นถั่วลิสงหลังจากเก็บเมล็ดแล้วถ้าปล่อยให้แห้งเกินไป ใบจะร่วงเหลือส่วนของลำต้นซึ่งแข็งสัตว์กินได้น้อย

4. เปลือกฝักและต้นถั่วลิสง

คุณสมบัติ ส่วนของต้นใบและเปลือกฝักถั่วลิสงหลังเก็บเกี่ยวและนวดเอาเมล็ดออกแล้ว
การใช้เลี้ยงสัตว์และข้อจำกัด

1. ใช้เป็นอาหารหยาบในโคกระบือ ในภาพตากแห้งหรือหมักร่วมกับกากน้ำตาลหรือยูเรีย
2. ใช้เสริมร่วมกับอาหารหยาบคุณภาพต่ำ เช่น ฟาง
3. เปลือกฝักและต้นถั่วที่ฝ่ายการนวดเอาเมล็ดออกแล้วมักมีเศษชิ้นย่อยเล็ก ๆ เวลาสัตว์กินจะฟุ้งกระจาย สูญเสีย และกินได้น้อย

5. เปลือกและต้นข้าวโพดฝักอ่อน

คุณสมบัติ

1. เป็นผลพลอยได้จากการผลิตข้าวโพดฝักอ่อน ประกอบด้วยส่วนของเปลือกและไหม ส่วนของลำต้นและยอดอ่อน ซึ่งถนอมจากต้นก่อนเก็บฝักข้าวโพด
2. การใช้เลี้ยงสัตว์และข้อจำกัด
3. ใช้ในภาพของอาหารหยาบ ใช้มากในโคนม โคขุน
4. ใช้ในภาพของพืชสด ใช้แทนหญ้า หรือสลับกับหญ้า
5. ทำเป็นพืชหมัก เก็บไว้ใช้ได้นาน
6. ในส่วนของยอดข้าวโพดมีโปรตีนสูง โคชอบกินมาก แต่มีจำนวนน้อย

การใช้เลี้ยงสัตว์และข้อจำกัด

1. ใช้ได้โดยไม่จำกัดปริมาณ ในโคนมอาจกินได้ถึงวันละ 30 - 50 กิโลกรัม/ตัว/วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การใช้เป็นอาหารโคนมขณะกำลังให้นม ควรให้อาหารชั้นอย่างเพียงพอ เพื่อให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้นควรกินเป็นชั้นเล็ก ๆ เพื่อใช้เลี้ยงสัตว์ หากให้กินตั้งแต่ต้นสัตว์จะเลือกกินเฉพาะใบจะเหลือต้นทิ้งจำนวนมาก

6. เปลือกสับปรด

คุณสมบัติ เป็นผลพลอยได้จากโรงงานผลิตสับปรดกระป๋อง ประกอบด้วย ส่วนของเปลือกแกนกลาง เศษเนื้อ และจุก (ตะเกียง) รวมทั้งผลที่คั่วทิ้งจากไร่และพ้อค้ำรายย่อย

การนำมาใช้เลี้ยงสัตว์

1. ใช้ได้ดีในสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น โคนม ดคเนื้อ แพะและแกะ
2. ใช้เป็นอาหารหยابในภาพของเปลือกสับปรดแห้ง และหมัก
3. ใช้ผสมอาหารชั้นในภาพของเปลือกสับปรดแห้ง

7. กากมะเขือเทศ

คุณสมบัติ ผลพลอยได้จากโรงงานผลิตน้ำมะเขือเทศ

การใช้เลี้ยงสัตว์และข้อจำกัด

1. ใช้เป็นอาหารหยابโดยเสริมร่วมกับอาหารหยابชนิดอื่น ๆ เช่น หญ้าสด หญ้าแห้ง หรือ ฟางข้าว เป็นต้น
2. กากมะเขือเทศตากแห้ง ใช้ทดแทนแหล่งโปรตีนได้บางส่วนในสูตรอาหารชั้น
3. ไม่สามารถเก็บกากมะเขือเทศไว้ได้นาน จะเน่าเสียและขึ้นราได้ง่าย

5.7 อาหารเสริมอัดก้อนคุณภาพสูงและการผสมอาหาร

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงอาหารเสริมอัดก้อนคุณภาพสูงและการผสมอาหารที่สามารถนำวัสดุที่เหลือใช้ทางการเกษตรมาบดย่อยและอัดเป็นก้อนได้ (อาหารเสริมอัดก้อนคุณภาพสูงและการผสมอาหาร, 2559)

อาหาร หมายถึง สสารที่บริโภคเพื่อเสริมโภชนาการให้แก่ร่างกาย อาหารมักมาจากพืชหรือสัตว์ และมีสารอาหารต่าง ๆ โดยสารอาหารจะเข้าไปสู่เซลล์เพื่อนำไปสร้างพลังงานและกระตุ้นการเจริญเติบโต

อาหารสัตว์มีความสำคัญและจำเป็นการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโตของสัตว์ อาหารของสัตว์อาจได้มาทั้งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ และ/หรือ เกิดขึ้นจากการแปรสภาพที่ได้จากพืช หรือสัตว์ เป็นสิ่งที่มีสารอาหารและเป็นประโยชน์ในการบำรุงร่างกายสัตว์ ซึ่งอาหารสัตว์ส่วนมากจะได้อาหารจากพืช เช่น มันสำปะหลัง รำ ปลายข้าว กากถั่วเหลือง เมล็ดนุ่น เป็นต้น

อาหารสัตว์มี 2 แบบ คือ อาหารหยابและอาหารชั้น เมื่อสัตว์ได้กินอาหารเข้าไปแล้วและอาหารก็เปลี่ยนเป็นพลังงาน และพร้อมที่จะนำไปใช้ในส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น

1. การเจริญเติบโต อาหารสัตว์ถูกใช้ในการสร้างเนื้อเยื่อในร่างกาย ไม่ว่าจะเป็นส่วนของหนัง โครงกระดูก และอวัยวะภายใน สัตว์แต่ละวัยมีความต้องการของจำนวนและปริมาณของอาหารที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่างกัน จึงควรจัดหาอาหารให้ถูกต้องและประหยัด เพื่อการดำรงชีพ การให้พลังงานในการทำงานของ อวัยวะส่วนต่าง ๆ เพื่อสามารถให้มีชีวิตอยู่ต่อไปได้ เช่น การหายใจ การเคลื่อนไหว เป็นต้น

2. การสืบพันธุ์ สัตว์ที่มีวัยที่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ จำเป็นต้องการอาหารเพื่อให้กระบวนการของ อวัยวะสืบพันธุ์ทำงานได้เป็นปกติ ทั้งสัตว์เพศผู้และเพศเมีย

3. การให้ผลผลิต เมื่ออาหารเข้าสู่ร่างกายแล้วจะส่งเสริมให้สุขภาพ ร่างกายของสัตว์มีความ เจริญเติบโต ไม่ว่าจะป็นเนื้อของสัตว์ ปริมาณนมจากสัตว์ เป็นต้น

ดังนั้นอาหารสัตว์จึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง จึงต้องมีการพัฒนาอาหารสัตว์ให้มีคุณค่าแก่สัตว์ มากที่สุด เช่น การนำมันสำปะหลังมาทำเป็นมันหมัก

อาหารเป็นปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการผลิตน้ำนมของโคนม และต้นทุนการผลิตน้ำนม ค่าอาหารถือว่าเป็นรายจ่ายร้อยละ 40-70 ของต้นทุนการผลิตน้ำนม ปริมาณการกินอาหารจัดเป็น ข้อจำกัดที่สำคัญที่มีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำนมของโคนมที่อยู่ในสภาพภูมิอากาศร้อนชื้น อย่างเช่น ประเทศไทย แมโครดินมในประเทศไทยสามารถกินอาหารในภาพวัตถุแห้งได้ระหว่าง 13-16 กิโลกรัม/ตัว/วัน ในช่วงฤดูร้อนและฤดูฝน และสามารถกินอาหารในภาพวัตถุแห้งได้ระหว่าง 14-18 กิโลกรัม/ตัว/วัน ในช่วงฤดูหนาว หากแมโครดินมโดยเฉพาะในระหว่างหลังคลอด 100 วัน ไม่สามารถ กินอาหารได้ตามต้องการในการผลิตน้ำนม แมโครดินมก็จะสลายกล้ามเนื้อและไขมันที่สะสมตาม อวัยวะต่าง ๆ ภายในร่างกายเพื่อเป็นสารตั้งต้นในการผลิตน้ำนม ทำให้แมโครดินมมีรูปร่างผอม ลงและมีปัญหาการผสมไม่ติดโคนมเป็นสัตว์เคี้ยวเอื้อง มี 4 กระเพาะประกอบด้วย กระเพาะผ้าชีรี้ว กระเพาะรังผึ้ง กระเพาะสามลิบก๊ีบ และกระเพาะแท้ กระเพาะสามส่วนแรกรวมเรียกว่า กระเพาะ หมัก การจัดการอาหารให้มีปริมาณและคุณภาพตรงตามความต้องการในการผลิตโคนมต้องคำนึงถึง ความต้องการโภชนะสำหรับจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก อาหารที่กินเข้าไปจะถูกย่อยในกระเพาะใน ลำไส้จนสัตว์สามารถดูดซึมเอาเข้าไปในกระแสเลือดได้ อาหารส่วนที่ถูกดูดซึมเข้าไปได้ถือว่าเป็นส่วน ที่ย่อยได้และส่วนที่ถูกขับถ่ายออกจากร่างกายถือว่าเป็นส่วนที่ไม่ย่อย

อาหารสำหรับโคนมมีอยู่ 2 ประเภทคือ อาหารหยาบและอาหารข้น รายละเอียดของอาหาร โคนมแต่ละประเภท มีดังนี้

5.7.1 อาหารหยาบ

อาหารหยาบ หมายถึงอาหารที่มีความเข้มข้นของโภชนะต่อหน่วยน้ำหนักน้อย มีความฟ้าม ามาก (ฟ้าม : อาหารที่มีความไม่แน่นของเยื่อใย) และมีเยื่อใยสูงเกิน 18% ของวัตถุแห้ง ย่อยได้ยาก โคนมต้องกินในปริมาณมากจึงจะได้โภชนะที่เพียงพอแก่ความต้องการของร่างกาย ส่วนใหญ่แล้ว อาหารหยาบได้แก่ ส่วนต่าง ๆ ของต้นและใบพืช ซึ่งจัดเป็นอาหารหลักของโคนมและเป็นแหล่ง อาหารที่มีราคาถูก

อาหารหยาบหรืออาหารที่มีเยื่อใยสูง เป็นอาหารที่จำเป็นอย่างยิ่งสำหรับโคนม เพราะช่วย กระตุ้นให้กระเพาะบีบตัว ทำให้สัตว์ขยอกอาหารออกมาเคี้ยวเอื้อง ซึ่งในการเคี้ยวเอื้องนี้จะมีน้ำลาย ถูกขับออกมาเป็นจำนวนมาก น้ำลายของสัตว์เคี้ยวเอื้องจะช่วยต้านความเป็นกรดในกระเพาะหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ในเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ดูแลเห็นใบเขียวเขียนตามการที่
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ให้ลดต่ำเกินไป มิฉะนั้นจุลินทรีย์จะมีชีวิตอยู่ไม่ได้ เนื่องจากในกระเพาะหมักมีการหมักอาหารอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นจึงมีกรดไขมันระเหยได้ผลิตออกมาเสมอ ถ้าสัตว์ได้รับอาหารชั้นในระดับสูงก็จะมีกรดถูกผลิตออกมาในอัตราเร็วมากเพราะอาหารชั้นมีคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่ายอยู่มาก ถ้าไม่มีสารในน้ำลายมาช่วยต้านทานความเป็นกรดไว้ กระเพาะจะมีความเป็นกรดสูง จุลินทรีย์ในกระเพาะหมักจะมีชีวิตอยู่ไม่ได้ ซึ่งจะมีผลทำให้สัตว์ป่วยหรือตายในที่สุด ด้วยเหตุนี้อาหารหยาบหรืออาหารที่มีเยื่อใยสูงจึงนับว่าจำเป็นต่อสัตว์เคี้ยวเอื้องมาก นอกจากนี้อาหารหยาบยังช่วยทำให้มีไขมันในน้ำนมสูง ถ้าโคนมได้รับอาหารหยาบไม่เพียงพอ จะทำให้น้ำนมที่ผลิตออกมามีไขมันในน้ำนมต่ำ ไม่ส่งผลดีต่อเกษตรกร

อาหารหยาบแบ่งได้ 3 ประเภทใหญ่ คือ

1. อาหารหยาบสด เช่น หญ้าสด ต้นและเปลือกข้าวโพด ฝักอ่อนข้าวโพด ต้นและใบถั่วสด ยอดอ้อย และเปลือกสับปะรด เป็นต้น
2. อาหารหยาบแห้ง เช่น หญ้าแห้ง ฟางข้าว ต้นและใบถั่วแห้งหรือพืชอื่น ๆ ที่เก็บถนอมไว้โดยการตากแดดหรืออบให้น้ำระเหยไป จนเหลือความชื้นอยู่ในระดับที่สามารถเก็บไว้ได้โดยปลอดภัย
3. พืชหักหรือไซเลจ ได้แก่ ต้นและใบพืชที่นำไปถนอมไว้ในสภาพที่อบน้ำและอัดอากาศ เช่น หญ้าหมัก และต้นข้าวโพดหมัก

ตัวอย่างอาหารหยาบ

1. **หญ้าสด** โคนมสามารถกินได้เต็มที่ ควรให้โคนมกินในตอนที่ยังไม่แก่เกินไป เพราะไม่อย่างนั้นคุณภาพของหญ้าจะลดลง
2. **ฟางข้าว** เป็นผลพลอยได้จากการทำนาของเกษตรกรชาวนา ฟางข้าวสามารถเพิ่มคุณค่าทางอาหารด้วยการหมักด้วยยูเรีย 5% (ซึ่งปุ๋ยยูเรีย 5 กิโลกรัม ละลายในน้ำ 100 ลิตร ราดบนฟางข้าว 100 กิโลกรัม แล้วปิดให้สนิท ทิ้งไว้ 10-14 วัน หรือ 2 สัปดาห์ ค่อยนำออกมาให้โคนมกิน)
3. **ไขมันสำปะหลังแห้ง (มันเฮย์)** สามารถใช้ได้อย่างดีโดยหักเมื่อต้นมันมีอายุ 3-4 เดือน ซึ่งตอนนี้ไขมันสำปะหลังจะมีโปรตีนประมาณ 24% ของวัตถุแห้ง ควรตากประมาณ 2-3 แดดก่อนนำมาใช้เลี้ยงโคนม เพื่อลดระดับสารพิษไซยาไนด์ (HCN)
4. **ต้นหรือเปลือกฝักข้าวโพด** หากเป็นต้นข้าวโพดควรสับให้มีขนาดเล็กลงก่อนให้โคนมกิน อาหารหยาบช่วยกระตุ้นผนังกระเพาะรูเมนให้มีการบีบตัวเป็นปกติ โคนมมีการเคี้ยวเอื้องขับน้ำลายสู่กระเพาะช่วยลดกรดในกระเพาะ ทำให้สภาพภายในกระเพาะรูเมนเหมาะสมต่อการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ช่วยให้ระบบการย่อยอาหารได้ดี โคนมกินอาหารได้มากทำให้โคนมมีสุขภาพแข็งแรงให้น้ำนมมาก และมีการสืบพันธุ์ที่ดี

5.7.2 อาหารชั้น

ในการเลี้ยงโคนมควรเสริมอาหารชั้นด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในโคที่กำลังเจริญเติบโตและ/หรือให้ผลผลิตน้ำนมสูง เพราะโคนมเหล่านี้ต้องการสารอาหารสูง ถ้าหากให้กินเฉพาะอาหารหยาบไม่อย่างกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างเดียวจะได้สารอาหารไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกายยิ่งโคนมให้ผลผลิตน้ำนมสูงขึ้นเท่าใดยิ่งต้องให้อาหารชั้นสูงมากขึ้น แต่เนื่องจากอาหารชั้นสูงทำให้เกิดกรดในกระเพาะหมักมาก ดังนั้นในโคนมที่จะให้น้ำนมสูงและต้องได้รับอาหารชั้นสูงควรต้องระวังปริมาณอาหารชั้นสูงที่จะให้ด้วย มิฉะนั้นจะทำให้กระเพาะหมักมีสภาพเป็นกรดมากเป็นอันตรายต่อจุลินทรีย์ในกระเพาะและต่อตัวโคนม การให้อาหารชั้นแก่โคนมควรต้องแบ่งให้หลาย ๆ มื้อ มื้อละน้อย ๆ หรือให้อาหารผสมครบส่วน (TMR : คือให้อาหารหยาบและอาหารชั้นผสมกัน) โดยคำนวณให้มีโภชนะเพียงพอกับความต้องการของร่างกาย เพื่อโคนมจะได้รับอาหารชั้นเข้าไปอย่างช้า ๆ ทำให้กระเพาะหมักไม่มีสภาพเป็นกรดมากนัก อาหารชั้นมีโภชนะเข้มข้นกว่าหญ้า เพราะหญ้าเพียงอย่างเดียวไม่สามารถให้โภชนะเพียงพอตามที่โคนมต้องการได้ โดยเฉพาะโคนมที่กำลังให้ผลผลิตน้ำนม ดังนั้นเมื่อโคนมกินร่วมกับหญ้าอย่างเหมาะสม โคนมจึงจะได้รับโภชนะอย่างเพียงพอตามความต้องการของร่างกาย แต่อาหารชั้นมักมีราคาแพงกว่าหญ้า ดังนั้นการให้อาหารชั้นต้องพิถีพิถัน เพื่อความประหยัดและโภชนะครบถ้วนอาหารชั้นเป็นอาหารที่มีความเข้มข้นของโภชนะต่อหน่วยน้ำหนักสูง มีเยื่อใยต่ำกว่า 18% ของวัตถุแห้ง ย่อยได้ง่าย แม้ว่าสัตว์จะกินเข้าไปน้อยก็สามารถให้สารอาหารที่เป็นประโยชน์ได้มากแบ่งเป็น 5 ประเภทใหญ่ ๆ คือ ให้พลังงาน, ให้โปรตีน, ให้เสริมแร่ธาตุ, ให้เสริมวิตามิน และให้สารเสริมอื่น ๆ เป็นต้น

5.8 อาหารและวัตถุดิบในการผลิตอาหารโคนม

วัตถุดิบแหล่งพลังงาน

1. **มันเส้น/มันสำปะหลัง** ใช้เป็นแหล่งพลังงานหลัก มีโปรตีนประมาณ 2.6% มีโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (TDN) 79% ก่อนนำมาใช้ควรตากแดดให้แห้งสนิท เพื่อลดสารพิษและลดการเกิดเชื้อรา ระวังในเรื่องการปลอมปนของต้นมันที่ติดมากับหัวมัน

2. **ปลายข้าว** ใช้เป็นแหล่งพลังงาน มีโปรตีนประมาณ 8% และโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด 80% สิ่งที่ต้องระวังคือแกลบและความชื้น

3. **รำข้าว** ใช้เป็นแหล่งของพลังงาน มีไขมันสูง อย่าเก็บไว้นานจะเหม็นหืน ทำให้คุณภาพลดต่ำลง

4. **กากน้ำตาล** เป็นผลพลอยได้จากโรงงานน้ำตาล มีโปรตีนต่ำเพียง 2% และโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด 70% ลักษณะเป็นของเหลวข้นเหนียวสีน้ำตาลเข้ม มีกลิ่นหอมรสหวานทำให้อาหารที่นำมาผสมเกิดความน่ากิน

5. **เมล็ดข้าวโพด** เป็นแหล่งพลังงานที่มีโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด 80% และมีโปรตีนประมาณ 8% และยังมีวิตามินต่าง ๆ ที่จำเป็น เช่น วิตามิน A, B1 สูง ก่อนนำมาผสมควรตีหรือบดให้แตกก่อน จะทำให้โคนมสามารถนำไปย่อยและใช้ประโยชน์ได้ดียิ่งขึ้น สิ่งที่ต้องระวังคือ ความชื้นในเมล็ดข้าวโพดไม่ควรให้สูงเกิน 14% เพราะจะทำให้เกิดเชื้อราและสารพิษจากเชื้อรา ทำให้เกิดผลเสียต่อการเจริญเติบโตและการให้น้ำนมของโคนมได้

6. **ไขมัน** เป็นแหล่งที่ให้พลังงานสูง เช่น ไขสัตว์ แต่ใช้ในอาหารโคได้ไม่เกิน 5% เพราะจะทำให้

ให้การกินได้และการย่อยอาหารลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุดิบแหล่งโปรตีน

1. เมล็ดฝ้าย ใช้เป็นแหล่งของโปรตีน และยังเป็นแหล่งพลังงาน คือ มีโปรตีนประมาณ 15-20% แต่เมล็ดฝ้ายมีสารพิษที่เรียกว่า กอสซิพอล จึงไม่ควรใช้เมล็ดฝ้ายเกิน 25% ในสูตรอาหาร
2. กากถั่วเหลือง ใช้เป็นแหล่งของโปรตีน 44-48 % มีโภชนะย่อยได้ทั้งหมด 25% และยังมีพลังงานสูง แต่มีข้อจำกัดที่ราคาที่ยังคงแพง การเลือกใช้ต้องขึ้นอยู่กับราคา
3. ไบโกระถินแห้ง ใช้เป็นแหล่งของโปรตีน 20-25 % มีโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด 75% และยังเป็นแหล่งของวิตามินต่าง ๆ เช่น วิตามิน A การเลือกใช้เป็นวัตถุดิบควรระวังไม่ให้กึ่งหรือก้านใบปลอมปนมากจะทำให้คุณภาพลดลง
4. กากเมล็ดฝ้าย ใช้เป็นแหล่งของโปรตีน และโปรตีนไหลผ่าน คือ มีโปรตีนประมาณ 40-50 % มีสารพิษต่ำ แต่มีข้อจำกัดเรื่องราคาที่แพง
5. กากเปียร์แห้ง ใช้เป็นแหล่งของโปรตีน 20-27 % และมีโปรตีนไหลผ่านสูง ใช้ได้ดีแต่ไม่ควรใช้มากเกินไปจะทำให้การย่อยได้และความน่ากินลดลง
6. ยูเรีย ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) เป็นแหล่งของโปรตีนไม่แท้ โคมนสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ แต่ไม่ควรใช้เกิน 3% ในสูตรอาหารชั้น เพราะทำให้เป็นพิษได้

วัตถุดิบแหล่งแร่ธาตุ

1. เกลือ เป็นแหล่งโซเดียมและคลอไรด์ ใช้ประมาณ 1% ในสูตรอาหาร ช่วยเพิ่มรสชาติและน่ากิน
2. ไคแคลเซียม-ฟอสเฟส เป็นแหล่งของแคลเซียมและฟอสฟอรัส มีแคลเซียมประมาณ 20-24% และฟอสฟอรัส 16-18 % ใช้ในสูตรอาหารโคไม่ควรเกิน 2%
3. เปลือกหอยป่น เป็นแหล่งของแคลเซียม โดยมีแคลเซียม ประมาณ 30-40 %
4. กระดุกป่น มีแคลเซียมประมาณ 30-35 % และฟอสฟอรัส ประมาณ 15%

หมายเหตุ กำมะถันผง มีลักษณะเป็นผงสีเหลือง ใส่เพื่อให้การย่อยอาหารได้ดีขึ้น โดยเฉพาะอาหารที่มียูเรียเป็นองค์ประกอบ ใช้ในอัตรา 1 ส่วน เมื่อใช้ยูเรีย 10 ส่วน

ทั้งนี้ รายละเอียดเกี่ยวกับอาหารสัตว์ การให้อาหารสัตว์ การผลิตอาหารสัตว์ รวมถึงการทำอาหารเลี้ยงสัตว์ราคาถูกสามารถอ่านและศึกษาเพิ่มเติมได้จากตำราของ วรณพร (2560), ญัฐชนก (2553) และ สมพงษ์ (2558) ตามลำดับ

5.9 ทางปาล์มน้ำมันสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง

ปัญหาที่สำคัญของการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้อง ได้แก่ โคเนื้อ โคนม แพะ และแกะ คือ การขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ที่มีคุณภาพดีและมีปริมาณเพียงพอตลอดระยะเวลาการเลี้ยง ซึ่งปัญหาดังกล่าวจำเป็นต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน เพื่อเป็นหลักประกันว่าสัตว์ที่เลี้ยงจะมีอาหารเพียงพอต่อความต้องการ แต่เนื่องจากเกษตรกรไทยมีพื้นที่จำกัดในการปลูกพืชอาหารสัตว์ ยกตัวอย่างเช่น ฟาร์มโคนม ซึ่งเกษตรกรมีพื้นที่ใช้ในการปลูกหญ้าเฉลี่ยทั้งประเทศเพียง 0.65 ไร่ต่อตัวหรือประมาณ 13 ไร่ต่อฟาร์ม ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่ของเกษตรกรถูกใช้เพื่อปลูกพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการใช้ในเชิงวิชาการเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นใบโฆษณาหรือเอกสารนี้ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

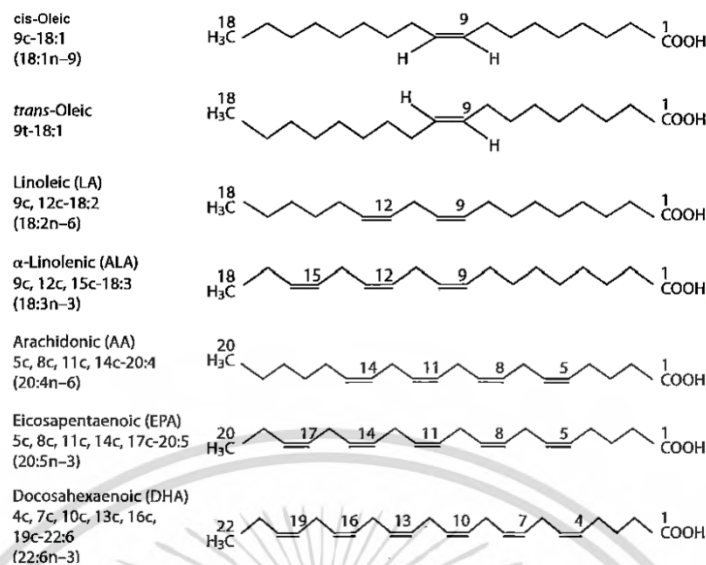
เศรษฐกิจ การแก้ปัญหาการขาดแคลนพื้นที่ปลูกพืชอาหารหยาบมีแนวทางแก้ไขได้หลายแนวทาง ได้แก่ การเพิ่มพื้นที่ที่ใช้ในการปลูกพืชอาหารสัตว์โดยการเปลี่ยนอาชีพบางอาชีพ การนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรของแต่ละพื้นที่มาใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบ ฯลฯ เกษตรกรในประเทศแถบแอฟริกาหรือในประเทศมาเลเซียได้นำทางปาล์มน้ำมันมาพัฒนาเป็นอาหารหยาบให้แก่สัตว์เคี้ยวเอื้อง สำหรับประเทศไทยก็มีการนำทางปาล์มน้ำมันมาใช้เป็นอาหารสัตว์กันบ้างแล้ว แต่การใช้ทางปาล์มน้ำมันเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องให้เกิดประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ได้สูงสุดนั้นจำเป็นต้องพัฒนาการใช้ทางปาล์มน้ำมันด้วย โดยใช้เทคโนโลยีการพัฒนาดัดแปลงเพื่อที่จะทำให้ได้อาหารสัตว์ที่เหมาะสมด้วย เช่น การถนอมพืชอาหารสัตว์โดยการหมัก ซึ่งเป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับเป็นอย่างดี ทั้งในแง่ความสามารถในการกินได้และการย่อยได้ แต่เนื่องจากส่วนของทางปาล์มน้ำมันที่สามารถใช้ประโยชน์ได้นั้นมีความแปรผันทางด้านปริมาณและคุณภาพไปตามแต่ละตำแหน่งของทางปาล์มน้ำมัน ที่ผ่านมา อังคณาและคณะ (2549) ได้พัฒนาแหล่งอาหารหยาบจากทางปาล์มน้ำมันเพื่อนำมาใช้เป็นอาหารแพะ โดยได้ทำการตรวจสอบผลกระทบของกรรมวิธีการหมักทางปาล์มน้ำมันร่วมกับอาหารชั้นเพื่อใช้เป็นอาหารแพะ แล้วตรวจสอบปริมาณและคุณภาพของน้ำนมแพะที่ผลิตได้ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เกษตรกรสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการใช้ประโยชน์จากทางปาล์มน้ำมันที่จะนำมาทำเป็นอาหารสัตว์ได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป ซึ่งผลงานวิจัยของอังคณาและคณะ (2549) นั้นเป็นผลงานวิจัยที่ดีและมีประโยชน์ต่อเกษตรกรหรือหน่วยงานที่ปลูกปาล์มน้ำมันที่จังหวัดชุมพรเป็นอย่างมาก การทดลองบางส่วนในงานวิจัยนี้จะทำการทดสอบเพียงบางส่วนเท่านั้น เพื่อเป็นแนวทางในเบื้องต้นสำหรับการนำทางปาล์มน้ำมันมาแปรรูปเป็นอาหารสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องในจังหวัดชุมพร

โครงการย่อยที่ 6 : การสกัดน้ำมันมะพร้าวเพื่อสุขภาพและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมด้วย

คาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤตเปรียบเทียบกับวิธีการสกัดด้วยการเหวี่ยงแยก รอบต่ำแบบควบคุมอุณหภูมิ

มะพร้าวเป็นพืชในตระกูลปาล์มชนิดหนึ่ง ลักษณะของลำต้นสูง ชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Cocosnucifera* Linn. และชื่อสามัญ คือ Coconut ถิ่นกำเนิดของมะพร้าวอยู่ในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ตั้งแต่แหลมมลายูจนถึงปาปัวนิวกินี มะพร้าวเป็นพืชอีกชนิดหนึ่งที่มีการปลูกอย่างแพร่หลาย ประเทศไทยปลูกมะพร้าวเกือบทุกภาคแต่บริเวณที่ปลูกมากที่สุดคือ ภาคใต้ (เกสร , 2541) เพราะปลูกง่ายในภูมิประเทศที่มีอากาศอบอุ่นและมีแสงแดดมาก สามารถปลูกได้ในสภาพดินร่วนหรือปนทราย ที่มีความเป็นกลางหรือเป็นกรดเล็กน้อย หรือมี pH ระหว่าง 6-7 มะพร้าวเป็นไม้ยืนต้น มีลำต้นสูง 20.30-30.0 เมตร จัดเป็นไม้ลำต้นเดี่ยวระบบรากเหมือนพืชใบเลี้ยงเดี่ยวทั่วไปคือไม่มีระบบรากแก้ว แต่มีรากฝอยซึ่งมีขนาดเท่าๆกัน ส่วนใบของมะพร้าวเป็นใบประกอบขนนก มีสีเขียว เรียงติดกันเป็นแผงทั้งสองข้างและเมล็ดหรือเอนโดสเปิร์ม คือส่วนที่กะลาหุ้มไว้ทั้งหมด นับตั้งแต่แผ่นเนื้อเยื่อต่างๆจนถึงเนื้อมะพร้าว เมื่อมะพร้าวแก่เนื้อจะมีลักษณะแข็งหนาและมีน้ำมันสะสมปริมาณมาก (อภิญาญ, 2554)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 6.2 สูตรโครงสร้างของกรดไขมันไม่อิ่มตัว

ที่มา: <http://www.1life63.com/en/omega-in-your-body-fatty-acids-and-local-hormones/fatty-acids-and-local-hormones> (25 สิงหาคม 2558)

น้ำมันมะพร้าวยังประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acids) ประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว คือ กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (Monounsaturated fatty acid) เป็นกรดไขมันที่มีคาร์บอน 1 อะตอม ไม่มีไฮโดรเจน 2 อะตอมมาจับจึงต้องจับคู่กันเองด้วยพันธะคู่ จึงเป็นกรดไขมันที่มีพันธะคู่เพียง 1 คู่ และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (Polyunsaturated fatty acid; PUFA) เป็นกรดไขมันที่มีพันธะคู่มากกว่า 1 คู่ ซึ่งส่วนใหญ่กรดไขมันไม่อิ่มตัวจะมีจำนวนของคาร์บอนอะตอมมาก จึงทำให้โมเลกุลมีความยาวมาก เช่น กรดโอเลอิก (Oleic acid C18:1) 0.09 เปอร์เซ็นต์, กรดลิโนเลอิก (Linoleic acid C18:2) 1.05 เปอร์เซ็นต์ และ กรดลิโนเลนิก (Linolenic acid C18:3) 0.10 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาณดังกล่าวได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) ดังตารางที่ 6.1

น้ำมันมะพร้าวเป็นน้ำมันอีกชนิดหนึ่งที่สามารถสกัดได้ด้วยวิธีที่ปราศจากสารเคมีสังเคราะห์เจือปน และไม่มีสารกำจัดศัตรูพืชจึงปนในน้ำมัน เนื่องจากเนื้อมะพร้าวที่เป็นแหล่งสะสมน้ำมันอยู่ในชั้นที่มีกะลาห่อหุ้ม อีกทั้งการเพาะปลูกมะพร้าวมีการฉีดพ่นยากำจัดแมลงแก่ผลมะพร้าวน้อยมาก ทำให้น้ำมันมะพร้าวมีความปลอดภัยสูง สามารถใช้น้ำมันมะพร้าวในสภาพที่แยกได้ตามธรรมชาติทันที โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ฟอกสีและกำจัดกลิ่น (Refining) ข้อดีของน้ำมันมะพร้าวอีกประการคือ การที่น้ำมันมะพร้าวมีกรดไขมันอิ่มตัวสูงจึงเกิดกระบวนการเติมไฮโดรเจนและออกซิเจนได้น้อยกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่นที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงที่มีพันธะคู่ และ

จำเป็นต้องผ่านกระบวนการไฮโดรจีเนชันหรือกระบวนการเติมไฮโดรเจน เพื่อเพิ่มจุดเดือด และไม่จำเป็นต้องผ่านกระบวนการไฮโดรจีเนชันหรือกระบวนการเติมไฮโดรเจน เพื่อเพิ่มจุดเดือด และไม่จำเป็นต้องผ่านกระบวนการไฮโดรจีเนชันหรือกระบวนการเติมไฮโดรเจน เพื่อเพิ่มจุดเดือด และ

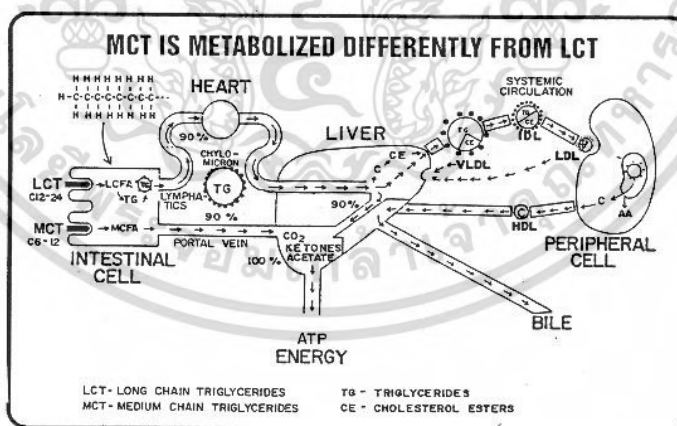
ปรับปรุงคุณสมบัติทางความร้อนอีก ทำให้น้ำมันมะพร้าวเมื่อได้รับความร้อนสูง เช่น การทอด โมเลกุลของกรดไขมันไม่อิ่มตัวในน้ำมันมะพร้าวไม่เปลี่ยนรูปเป็นกรดไขมันทรานส์ (Trans Fatty Acids) ที่เป็นสาเหตุของการเกิดไขมันชนิดทรานส์ (Trans fats) ทั้งนี้เนื่องจากไฮโดรเจนจะอยู่ ด้านข้างของโมเลกุล ไม่มีแรงผลักระหว่างอะตอมไฮโดรเจนโมเลกุลจึงเรียงตัวในลักษณะเป็นเส้นตรง เรียกว่า “ทรานส์ (trans)” โดยกระบวนการนี้ไม่ได้เกิดขึ้นตามธรรมชาติ แต่เกิดจากกระบวนการแปรรูปกรดไขมันไม่อิ่มตัวให้กลายเป็นกรดไขมันอิ่มตัวสูงเรียกว่า “ไฮโดรเมโรเซชัน” ซึ่งส่วนใหญ่มักเติมไฮโดรเจน จึงนิยมเรียกว่า “Hydrogenation” (ณรงค์, 2552) เช่น การผลิตมาร์การีน เนยขาว (shortening) ซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค เพราะเมื่อเข้าสู่ร่างกายจะทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ทำให้เชื้อโรคและสารพิษเข้าสู่เซลล์ได้สะดวก เกิดโรคหัวใจ ความดันเลือดสูง เพราะไปลดระดับHDL Cholesterol จะเพิ่ม LDL Cholesterol เกิดสารก่อมะเร็งทำให้มีปริมาณของคอเลสเตอรอลชนิด LDL ในกระแสเลือดสูงและขัดขวางการเปลี่ยนไปเป็นพลังงานในตับ เป็นต้น

— เนื่องจากน้ำมันมะพร้าวเป็นกรดไขมันอิ่มตัวขนาดปานกลาง จึงปริมาณไขมันที่มีพลังงานน้อยที่สุด คือ 8.6 แคลอรีต่อกรัม เปรียบเทียบกับไขมันชนิดอื่นๆ ซึ่งให้พลังงานถึง 9 แคลอรีต่อกรัม นอกจากนี้ น้ำมันมะพร้าวสามารถย่อยได้ง่าย และเคลื่อนที่ได้รวดเร็ว เมื่อรับประทานผ่านปากจะถูกลำเลียงผ่านจากลำคอไปยังกระเพาะและลำไส้ ต่อไปยังลำไส้ผ่านกระแสเลือด แล้วไปเปลี่ยนเป็นพลังงานในตับ ภายในเวลา 1 ชั่วโมงจนได้พลังงานในรูปของ ATP โดยไม่เปลี่ยนเป็นไขมันที่จะไปสะสมในร่างกาย (ณรงค์ , 2556) ดังภาพที่ 6.3

ตารางที่ 6.1 องค์ประกอบทางเคมีของกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวในน้ำมันมะพร้าว

พารามิเตอร์	เปอร์เซ็นต์
Acid value (% FFA as lauric acid)	0.16±0.002
Iodine value- Wiji (g iodine per 100 g oil)	6.85±0.098
Peroxide value (meq / kg oil)	0.42±0.009
กรดไขมันอิ่มตัวขนาดสั้น; Caproic acid	0.006±0.002
กรดไขมันอิ่มตัวขนาดปานกลาง; Caprylic acid	7.73±0.052
Carpic acid	6.59±0.076
Lauric acid	50.01±1.147
กรดไขมันอิ่มตัวขนาดยาว; Myristic acid	19.26±0.854
Palmitic acid	10.01±0.629
Steraric acid	4.81±0.0400
กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวและเชิงซ้อน	0.90±0.008
Oleic acid	0.10±0.000
Linoleic acid	0.15±0.030
Linolenic acid	0.10±0.010

ที่มา: Rohman et al. (2011)



ภาพที่ 6.3 ความแตกต่างของโมเลกุลไขมันในการเปลี่ยนเป็นพลังงาน

ที่มา: Dayrit (1995)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาเปรียบเทียบการบริโภคน้ำมันชนิดต่างๆ Ingle (1999) และ Enig (1999) พบว่ากรดไขมันอิ่มตัวที่มีสูตรโครงสร้างสั้น ลดการสังเคราะห์และการเก็บสะสมไขมัน ดังนั้นการบริโภคเนยหรือน้ำมันมะพร้าว ซึ่งมีไขมันอิ่มตัวที่มีสูตรโครงสร้างขนาดสั้นและขนาดปานกลาง จึงมีประโยชน์สำหรับผู้ที่ต้องการลดความอ้วน น้ำมันมะพร้าวจะเปลี่ยนเป็นพลังงานอย่างรวดเร็วและเร่งอัตราการเผาผลาญอาหารให้เป็นพลังงานหรือเมตาบอลิซึม (metabolism) มีผลทำให้เกิดความร้อนสูง (thermo genesis) โดยอุณหภูมิสูงขึ้น 1-2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงหรือมากกว่า (ณรงค์, 2556) ซึ่งจะไปกระตุ้นต่อมไทรอยด์ให้ทำงานเร็วขึ้น คล้ายมีภาวะไฮเปอร์ไทรอยด์ (hyperthyroid) ที่ต่อมไทรอยด์ทำงานในอัตราที่สูงกว่าภาวะปกติในภาวะนี้ร่างกายจะใช้พลังงานมากทำให้กระฉับกระเฉง (active) เพราะน้ำมันมะพร้าวที่บริโภคเข้าไปถูกเผาผลาญเป็นพลังงานไม่ได้ถูกสะสมเป็นไขมัน จึงเปลี่ยนเป็นพลังงานและผอมลง (Dayrit, 1995)

เมื่อรับประทานกรดไขมันอิ่มตัวขนาดปานกลางเข้าสู่ร่างกายผ่านทางปาก โดยมีเอนไซม์lingual lipase สามารถย่อยกรดไขมันอิ่มตัวขนาดปานกลางได้ส่วนหนึ่งซึ่งแตกต่างจากกรดไขมันไม่อิ่มตัวขนาดยาวที่ไม่สามารถย่อยได้ตั้งแต่ภายในปาก หลังจากนั้นกรดไขมันอิ่มตัวขนาดปานกลางจะถูกย่อยที่กระเพาะอาหารอีกครั้งโดยเอนไซม์ gastric lipase ซึ่งสามารถย่อยไขมันอิ่มตัวขนาดปานกลางได้อย่างรวดเร็ว และจะถูกลำเลียงและดูดซึมไปยังตับเพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานภายในเวลา 1 ชั่วโมงและสร้างคอเลสเตอรอลชนิดดี (HDL cholesterol) (ณรงค์, 2556; Aoyama et al., 2007)

น้ำมันมะพร้าวเป็นน้ำมันอีกชนิดหนึ่งที่สามารถสกัดได้ด้วยวิธีที่ปราศจากสารเคมีสังเคราะห์เจือปน และไม่มีสารกำจัดศัตรูพืชซึ่งปนในน้ำมัน เนื่องจากเนื้อมะพร้าวที่เป็นแหล่งสะสมน้ำมันอยู่ในชั้นที่มีกะลาห่อหุ้ม อีกทั้งการเพาะปลูกมะพร้าวมีการฉีดพ่นยากำจัดแมลงแก่ผลมะพร้าวน้อยมาก ทำให้น้ำมันมะพร้าวมีความปลอดภัยสูง สามารถใช้น้ำมันมะพร้าวในสภาพที่แยกได้ตามธรรมชาติทันที โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ฟอกสีและกำจัดกลิ่น (Refining)

ข้อดีของน้ำมันมะพร้าวอีกประการคือ การที่น้ำมันมะพร้าวมีกรดไขมันอิ่มตัวสูงจึงเกิดกระบวนการเติมไฮโดรเจนและออกซิเจนได้น้อยกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่นที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงที่มีพันธะคู่ และไม่จำเป็นต้องผ่านกระบวนการไฮโดรจีเนชั่นหรือกระบวนการเติมไฮโดรเจนเพื่อเพิ่มจุดเดือด และปรับปรุงคุณสมบัติทางความร้อนอีก ทำให้น้ำมันมะพร้าวเมื่อได้รับความร้อนสูง เช่น การทอด โมเลกุลของกรดไขมันไม่อิ่มตัวในน้ำมันมะพร้าวไม่เปลี่ยนรูปเป็นกรดไขมันทรานส์ (Trans Fatty Acids) ที่เป็นสาเหตุของการเกิดไขมันชนิดทรานส์ (Trans fats) ทั้งนี้เนื่องจากไฮโดรเจนจะอยู่ด้านข้างของโมเลกุล ไม่มีแรงผลักระหว่างอะตอมไฮโดรเจนโมเลกุลจึงเรียงตัวในลักษณะเป็นเส้นตรง เรียกว่า “ทรานส์ (trans)” โดยกระบวนการนี้ไม่ได้เกิดขึ้นตามธรรมชาติ แต่เกิดจากกระบวนการแปรรูปกรดไขมันไม่อิ่มตัวให้กลายเป็นกรดไขมันอิ่มตัวสูงเรียกว่า “ไอโซเมอไรเซชัน (isomerization)” ซึ่งส่วนใหญ่หมักเติมไฮโดรเจน จึงนิยมเรียกว่า “Hydrogenation” (ณรงค์, 2552)

เช่น การผลิตมาร์การีน เนยขาว (shortening) ซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค เพราะเมื่อเข้าสู่ร่างกายจะ
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ในเชิงการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นประโยชน์อันใดจากการนำ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ทำให้เชื้อโรค และสารพิษเข้าสู่เซลล์ได้สะดวก เกิดโรคหัวใจ ความดันเลือดสูง เพราะไปลดระดับHDL Cholesterol จะเพิ่ม LDL Cholesterol เกิดสารก่อมะเร็งทำให้มีปริมาณของคอเลสเตอรอลชนิด LDL ในกระแสเลือดสูงและขัดขวางการเปลี่ยนไปเป็นพลังงานในตับ เป็นต้น

เนื่องจากน้ำมันมะพร้าวเป็นกรดไขมันอิ่มตัวขนาดปานกลาง จึงปริมาณไขมันที่มีพลังงานน้อยที่สุด คือ 8.6 แคลอรีต่อกรัม เปรียบเทียบกับไขมันชนิดอื่นๆ ซึ่งให้พลังงานถึง 9 แคลอรีต่อกรัม นอกจากนั้น น้ำมันมะพร้าวสามารถย่อยได้ง่าย และเคลื่อนที่ได้รวดเร็ว เมื่อรับประทานผ่านปากจะถูกลำเลียงผ่านจากลำคอไปยังกระเพาะและลำไส้ ต่อไปยังลำไส้ผ่านกระแสเลือด แล้วไปเปลี่ยนเป็น พลังงานในตับ ภายในเวลา 1 ชั่วโมงจนได้พลังงานในรูปของ ATP โดยไม่เปลี่ยนเป็นไขมันที่จะไปสะสมในร่างกาย (ณรงค์ , 2556) ดังภาพที่ 6.3

จากการศึกษาเปรียบเทียบการบริโภคไขมันชนิดต่างๆ Ingle (1999) และ Enig (1999) พบว่ากรด ไขมันอิ่มตัวที่มีสูตรโครงสร้างสั้น ลดการสังเคราะห์และการเก็บสะสมไขมัน ดังนั้นการบริโภคเนยหรือน้ำมันมะพร้าว ซึ่งมีไขมันอิ่มตัวที่มีสูตรโครงสร้างขนาดสั้นและขนาดปานกลาง จึงมีประโยชน์สำหรับผู้ที่ต้องการลดความอ้วน

น้ำมันมะพร้าวจะเปลี่ยนเป็นพลังงานอย่างรวดเร็วและเร่งอัตราการเผาผลาญอาหารให้เป็นพลังงานหรือเมตาบอลิซึม (metabolism) มีผลทำให้เกิดความร้อนสูง (thermo genesis) โดยอุณหภูมิสูงขึ้น 1-2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงหรือมากกว่า (ณรงค์, 2556) ซึ่งจะไปกระตุ้นต่อมไทรอยด์ให้ทำงานเร็วขึ้น คล้ายมีภาวะไฮเปอร์ไทรอยด์ (hyperthyroid) ที่ต่อมไทรอยด์ทำงานในอัตราที่สูงกว่าภาวะปกติในภาวะนี้ร่างกายจะใช้พลังงานมากทำให้กระฉับกระเฉง (active) เพราะน้ำมันมะพร้าวที่บริโภคเข้าไปถูกเผาผลาญเป็นพลังงานไม่ได้ถูกสะสมเป็นไขมัน จึงเปลี่ยนเป็นพลังงานและพอมลง (Dayrit, 1995)

เมื่อรับประทานกรดไขมันอิ่มตัวขนาดปานกลางเข้าสู่ร่างกายผ่านทางปาก โดยมีเอนไซม์lingual lipase สามารถย่อยกรดไขมันอิ่มตัวขนาดปานกลางได้ส่วนหนึ่งซึ่งแตกต่างจากกรดไขมันไม่อิ่มตัวขนาดยาวที่ไม่สามารถย่อยได้ตั้งแต่ภายในปาก หลังจากนั้นกรดไขมันอิ่มตัวขนาดปานกลางจะถูกย่อยที่กระเพาะอาหารอีกครั้งโดยเอนไซม์ gastric lipase ซึ่งสามารถย่อยไขมันอิ่มตัวขนาดปานกลางได้อย่างรวดเร็ว และจะถูกลำเลียงและดูดซึมไปยังตับเพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานภายในเวลา 1 ชั่วโมงและสร้างคอเลสเตอรอลชนิดดี (HDL cholesterol)(ณรงค์ , 2556; Aoyama et al. (2007))

น้ำมันมะพร้าวเมื่อแยกด้วยวิธีที่ไม่ผ่านความร้อนสูง และไม่ผ่านกระบวนการแปรรูปด้วยสารเคมี ยังคงมีวิตามินอีที่มีประสิทธิภาพ ทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) โดยวิตามินอีในน้ำมันมะพร้าวที่ทำหน้าที่ละลายอนุมูลอิสระ คือ α -Tocotrienolซึ่งพบในปริมาณน้อยกว่าในพืชไขมันชนิดอื่นๆ แต่มีวิตามินอีชนิด α - Tocotrienolและมีประสิทธิภาพสูงกว่า α - Tocopherolจึงเป็นสาเหตุให้น้ำมันมะพร้าวมีสารต้านอนุมูลอิสระทำหน้าที่ต่อต้านการเติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกซิเจน (Oxidation) ที่เป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระ ซึ่งเป็นโมเลกุลของสารที่เปลี่ยนสภาพจากการสูญเสียอิเล็กตรอนในวงแหวนรอบนอก และโมเลกุลที่เปลี่ยนสภาพนี้จะไปดึงอิเล็กตรอนจากโมเลกุลข้างเคียงอื่นๆต่อไป เกิดเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ เช่น ในกรณีเยื่อเซลล์มีขนาดทำให้เกิดการกลายพันธุ์อันเป็นสาเหตุของการเกิดโรคต่างๆ โดยเฉพาะโรคหัวใจ มะเร็ง เป็นต้น (ณรงค์, 2552)

6.1.2 คุณสมบัติด้านกายภาพ

ลักษณะของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ควรมีสีใสเหมือนน้ำ เมื่อตรวจด้วยเครื่องวัดสีและถ้ามีการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ จะทำให้สีของน้ำมันมะพร้าวเปลี่ยนเป็นสีเหลืองหรือชมพูส้มแดง ส่วนกลิ่นของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ควรมีกลิ่นหอมอ่อนๆของมะพร้าว รสชาติของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ต้องไม่ระคายเคืองลำคอ และควรมีกรดลอริกในประมาณ 47-55 เปอร์เซ็นต์ ค่าทางลักษณะทางกายภาพของน้ำมันมะพร้าวแสดงดังตารางที่ 6.2 แต่ทั้งนี้ค่า I.V. ก็ไม่ใช่ค่าที่ดีที่สุดในการประเมินความเสถียรของปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Henna and Tan, 2009)

ตารางที่ 6.2 ลักษณะทางกายภาพของน้ำมันมะพร้าว

Parameters	Value
Relative density* (40° C/water 20° C)	0.908-0.921
Relative index* ND 40° C	1.448-1.450
Saponification value (mg KOH/g oil)	248-265
Iodine value (g I ₂ /100g sample)	6.3-10.6
Acid value (mg KOH/g)	6.3-10.6

หมายเหตุ: Relative density คือ ความหนาแน่นสัมพัทธ์, Relative index คือ ดัชนีหักเห
ที่มา:ดัดแปลงจาก Codex alimentarius commission (2001)

6.1.2 ประเภทน้ำมันมะพร้าว

น้ำมันมะพร้าว ที่ได้จากการสกัดจากเนื้อมะพร้าวสดที่แก่ที่เรียกว่า “มะพร้าวห้าว” เพื่อให้ซึ่งมีน้ำมันประมาณ 30-33 เปอร์เซ็นต์ เป็นน้ำมันที่ได้โดยไม่ผ่านความร้อนสูง (cold-press coconut oil) อุณหภูมิที่ใช้ควรต่ำกว่า60 องศาเซลเซียส (ลลิตา, 2548) ลักษณะทางกายภาพ น้ำมันมะพร้าว มีความขุ่นต่ำ สีใสเหมือนน้ำ สามารถแบ่งวิธีการสกัดน้ำมันมะพร้าวได้ 2 กระบวนการ คือ กระบวนการบีบร้อน (Hot press) และ กระบวนการบีบเย็น (Cold press) (กันทิมา และ วิมลนารถ, 2548) ซึ่งจะได้น้ำมันมะพร้าวชนิดต่างๆดังนี้

6.1.2.1 น้ำมันมะพร้าว RBD เป็นน้ำมันมะพร้าวที่สกัดได้จากเนื้อมะพร้าวห้าว โดยการบีบหรือตัวทำลาย แล้วนำมาผ่านความร้อนสูงและกระบวนการทางเคมี เพื่อให้บริสุทธิ์ ฟอกสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และกำจัดกลิ่น น้ำมันมะพร้าวสุดท้ายที่ได้มีลักษณะสีเหลืองอ่อน ไม่มีกลิ่นและรสชาติ ปราศจากวิตามินอี

6.1.2.2 น้ำมันมะพร้าวบีบเย็น (cold-press coconut oil) เป็นน้ำมันมะพร้าวที่ผลิตจากเนื้อมะพร้าวสดผ่านกระบวนการบีบ ไม่ผ่านความร้อนสูง ลักษณะใสเหมือนน้ำ มีวิตามินอีและไม่ผ่านกระบวนการเติมออกซิเจน มีค่าเปอร์ออกไซด์ต่ำ มีกลิ่นมะพร้าวอ่อนๆ มีความชื้นไม่เกิน 0.1 เปอร์เซ็นต์ นิยมผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็กหรือระดับครัวเรือน Ghazali (2009) ได้เปรียบเทียบน้ำมันมะพร้าว RBD ที่สกัดโดยใช้การสกัดแบบแห้งและน น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่สกัดจากเนื้อมะพร้าวสดแบบบีบเย็นพบว่าน้ำมันมะพร้าวที่ได้จากการบีบเย็นมีปริมาณส่วนประกอบที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพมากกว่า

6.1.3 กระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์

การแยกน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ จากเนื้อมะพร้าวสด สามารถทำได้ 2 วิธี คือ

6.1.3.1 การสกัดแบบแห้ง (dry process) เป็นการแยกโดยใช้เนื้อมะพร้าวแห้งและอบด้วยความร้อนต่ำ ประมาณ 40-50 องศาเซลเซียส เวลา 30-45 นาทีจากนั้นนำไปบีบเพื่อให้ได้น้ำมันออกมาโดยใช้เครื่องบีบอัดแบบเย็น (cold press) มีอยู่ 2 ชนิดคือ เครื่องอัดไฮดรอลิก (hydraulic press) และเครื่องอัดแบบเกลียว (screw press)

6.1.3.2 การแยกแบบเปียก (wet process) น้ำมันมะพร้าวจะถูกแยกจากเนื้อมะพร้าวสดโดยน้ำกะทิจะถูกคั้นออกจากเนื้อมะพร้าว จากนั้นนำไปแยกเอาน้ำมันมะพร้าว สามารถทำได้หลายวิธี คือ การเคี้ยว (boiling) การหมัก (fermentation) การแช่เย็น (refrigeration) การใช้เอนไซม์ (enzyme) และการใช้เครื่องเหวี่ยง (centrifuge)

ขั้นตอนการแยกน้ำมันออกจากกะทิ มีดังต่อไปนี้

1) วัตถุดิบ จะใช้มะพร้าวที่มีอายุ 12-13 เดือน ซึ่งเป็นมะพร้าวที่โตเต็มที่ โดยมะพร้าวที่ใช้เพื่อให้ได้น้ำมันมะพร้าว 1 ลิตร คือ 10-15 ลูก หรือเนื้อมะพร้าวชูดอบแห้ง 1 กิโลกรัมเมื่อผ่านการบีบเย็นจะให้ผลผลิตของน้ำมันมะพร้าว 170-180 มิลลิลิตร (นิรนาม , 2548) แต่ทางทฤษฎีพบว่ามะพร้าวมีปริมาณน้ำมัน 30-33 เปอร์เซ็นต์

2) การเตรียมวัตถุดิบ ควรเลือกใช้มะพร้าวที่ผ่านการกะเทาะเปลือกใหม่ๆ และไม่ควรถังข้ามคืน อาจเกิดการเน่าเสีย จากการทำงานของเอนไซม์หรือจุลินทรีย์ ทำให้น้ำมันมะพร้าวที่ผลิตได้มีกลิ่นและรสไม่ดี โดยทั่วไปเนื้อมะพร้าวชูดจะมีความชื้นประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ควรนำเนื้อมะพร้าวอบแห้งก่อนเป็นเวลานาน 4 ชั่วโมง

3) กระบวนการแยกน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ณรงค์ (2554) ได้รายงานวิธีการแยกน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ไว้หลากหลายวิธี มีทั้งแบบดั้งเดิมในครัวเรือนหรือระดับอุตสาหกรรม ดังนี้

3.1) การแยกน้ำมันมะพร้าวในระดับครัวเรือนแบบดั้งเดิม (Traditional hand pressed method) โดยการบีบน้ำกะทิจากเนื้อมะพร้าวชูดที่เก็บรักษาไว้ไม่เกิน 24 ชั่วโมง

องค์ประกอบในน้ำกะทิประกอบด้วยน้ำมัน น้ำโปรตีนและอื่นๆ น้ำกะทิจะถูกหมักเป็นเวลา 24-48 ชั่วโมงกว่ากรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั่วโมง เพื่อให้ไขมันมะพร้าวแยกจากชั้นน้ำ จากนั้นให้ความร้อนแก่น้ำมันมะพร้าวเพื่อไล่ความชื้นและทำการกรอง ข้อเสียของวิธีการนี้ คือ เป็นการผลิตในระดับครัวเรือน ทำให้ควบคุมคุณภาพของน้ำมันมะพร้าวค่อนข้างยาก

3.2) การแยกน้ำมันมะพร้าวโดยใช้เครื่องบีบแบบสกรู (screw type press) โดยใช้เนื้อมะพร้าวที่ผ่านการชูดและอบแห้งที่อุณหภูมิประมาณ 50-60 องศาเซลเซียส ประมาณ 4 ชั่วโมงหลังจากกะเทาะเปลือก เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของแบคทีเรีย ซึ่งวิธีการนี้สามารถใช้ความดันต่ำร่วมด้วย โดยเนื้อมะพร้าวมีความชื้น 10-12 เปอร์เซ็นต์ ทำให้น้ำมันมะพร้าวที่บีบได้มีองค์ประกอบของน้ำที่มาจากความชื้นของเนื้อมะพร้าวประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์และเมื่อตั้งทิ้งไว้ น้ำมันและน้ำจะแยกชั้นแล้วอาจใช้ความร้อนเพื่อกำจัดปริมาณความชื้นที่เหลืออยู่ วิธีนี้มีประสิทธิภาพในการแยกน้ำมันมะพร้าวมากกว่า 85 เปอร์เซ็นต์

3.3) การเคี้ยว (Boiling) โปรตีนที่หุ้มอนุภาคน้ำมันมะพร้าวที่แขวนลอยอยู่ในน้ำกะทิจะจับตัวเป็นก้อน (Coagulate) ความร้อนจากการเคี้ยว ทำให้น้ำมันมะพร้าวแยกตัวออกมาจากกะทิเมื่อนำน้ำกะทิไปตั้งทิ้งไว้ 3 ชั่วโมงเพื่อให้เกิดการแยกชั้น นำชั้นบนซึ่งเป็นหัวกะทิไปตุ๋นจนกระทั่งน้ำมันแยกออกมาจากกะทิ ในชั่วโมงแรก ใช้อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส หลังจากนั้น ให้ลดอุณหภูมิลงเหลือ 80 องศาเซลเซียส จนกระทั่งโปรตีน จับตัวเป็นก้อน เมื่อน้ำมันเริ่มแยกตัวออกจากโปรตีน จึงลดอุณหภูมิลงเหลือ 60 องศาเซลเซียส แยกน้ำมันจากกากออกโดยเทลงบนผ้าขาวบาง จากนั้นนำน้ำมันที่ได้ไปตุ๋นเพื่อไล่น้ำออกให้หมด แล้วกรองด้วยผ้าขาวบาง เพื่อแยกส่วนเจือปนเล็กๆ ออก

3.4) การกลั่น (Distillation) และการกลั่นสุญญากาศ (Vacuum Distillation) การแยกน้ำมันมะพร้าวแบบบีบเย็น โดยจะใช้ความร้อนเพียงเพื่อทำให้โมเลกุลของน้ำมันมะพร้าวที่ได้เปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่คงตัวมากขึ้น และทำให้กรดไขมันขนาดปานกลาง มีปริมาณลดลง แต่พบว่าน้ำมันที่ได้ยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ ดังนั้น การกลั่นเย็นสุญญากาศ จะช่วยทำให้ emulsifier ที่เป็นโปรตีนหุ้มโมเลกุลของน้ำมันถูกทำลายได้ง่าย ไม่ส่งผลต่อโมเลกุลของน้ำมันมะพร้าว เพราะจุดเดือดของสารต่างๆ ในสภาพสุญญากาศ ต่ำกว่าจุดเดือดภายใต้บรรยากาศ ทำให้กระบวนการการผลิตสามารถใช้อุณหภูมิที่ต่ำได้

3.5) การหมัก (Fermentation Method) เป็นการสกัดน้ำมันมะพร้าวที่ง่าย สะดวกและลงทุนต่ำ ทำโดยการคั้นกะทิจากผลมะพร้าวแก่ ภายใน 24 ชั่วโมง วิธีนี้มักมีข้อเสียเรื่องความชื้นในน้ำมันมะพร้าว ทำให้ต้องไล่ความชื้นโดยผ่านความร้อน จึงจะได้น้ำมันคุณภาพดี มีขั้นตอนคือ นำเนื้อมะพร้าวชูดต่อน้ำอุ่น 1:1 จากนั้นคั้นกะทิแยกกากมะพร้าว นำกะทิไปหมักในสภาวะไร้อากาศ โดยใส่ภาชนะทรงสูงปิดปากโหลด้วยพลาสติก ตั้งทิ้งไว้ 36-48 ชั่วโมง ระหว่างการบ่มเอนไซม์ในกะทิตามธรรมชาติ จะทำให้โปรตีนแยกตัวออกจากน้ำมันหลังจากตั้งทิ้งไว้ 36-48 ชั่วโมง พบน้ำกะทิแยกเป็น 3 ส่วน คือ น้ำมันมะพร้าวลอยตัวอยู่ด้านบนอาจพบกากมะพร้าวปนได้

ชั้นกลางเป็นกากกะทิ และส่วนล่างสุด คือน้ำมันปริมาณมากที่สุด จากนั้นแยกน้ำมันมะพร้าวส่วนบนตั้ง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในห้องปฏิบัติการเท่านั้น มิอนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้งานในทาง
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทิ้งไว้ 2-3 วัน เพื่อให้เกิดการตกตะกอน สามารถเก็บน้ำมันมะพร้าวได้นานถึง 12 เดือน โดยไม่เสื่อมสภาพผลผลิตที่ได้ น้ำมันมะพร้าว 15-20 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเนื้อมะพร้าวที่นำสกัด (คมสัน, 2547)

3.6) การใช้แรงเหวี่ยง (Centrifugation Method) เครื่องหมุนเหวี่ยง เป็นเครื่องมือพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับเร่งอัตราการตกตะกอนของอนุภาค (Particle) ที่ไม่ละลายออกจากของเหลวหรือของเหลวหลายๆชนิดที่มีความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) ต่างกันออกไป ทำให้สารละลายเข้มข้นขึ้น เป็นต้น

ปัจจุบันเครื่องหมุนเหวี่ยงได้มีการพัฒนาไปจนสามารถใช้วิเคราะห์ชนิดของสาร หรือน้ำมันโมเลกุลของสารได้โดยอาศัย คุณสมบัติของตัวกลาง คุณสมบัติของอนุภาคที่แตกต่างกัน และการสร้างแรงหนีศูนย์กลาง ที่เกิดจากการหมุนรอบจุดหมุนด้วยความเร็วรอบที่สูงมาก การแยกกะทิโดยใช้เครื่องเหวี่ยงเพื่อให้สารที่มีความถ่วงจำเพาะต่างกันแยกชั้นกัน น้ำมันซึ่งเบาที่สุด จะอยู่ส่วนบน ส่วนน้ำและของแข็งที่ปน จะอยู่ส่วนล่างซึ่งสามารถปรับปรุงโดยการให้ความเย็น เริ่มจากการคั้นกะทิโดยไม่ผสมน้ำจะได้กะทิเข้มข้นหรือหัวกะทิน้ำมาลดอุณหภูมิให้มีอุณหภูมิ 0-5 องศาเซลเซียส เวลา 1-2 ชั่วโมง แล้วนำไปเข้าเครื่องเหวี่ยงแยกน้ำและไขมันออกจากกัน ใช้เวลา 15 นาที จะได้น้ำมันบริสุทธิ์ ส่งผลให้น้ำมันใสสะอาด และมีกลิ่นหอม (Nilk and Raghavendra, 2012) เนื่องจากการใช้เครื่องเหวี่ยง สามารถรักษากลิ่นหอมมะพร้าว จึงส่งผลให้น้ำมันมะพร้าวมีกลิ่นหอมเป็นธรรมชาติ วิธีการนี้จะได้น้ำมันมะพร้าวที่มีคุณภาพสูงกว่าวิธีแบบดั้งเดิม เนื่องจากไม่มีการให้ความร้อนแก่น้ำมัน และมีความชื้นต่ำ (คมสัน , 2547) แต่ข้อเสียคือ มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนสูง เนื่องจากต้องใช้เครื่องเหวี่ยงแยกซึ่งมีราคาสูง มักพบเพียงในระดับอุตสาหกรรม

แสงเงิน (2534) ได้ศึกษาการผลิตเนยกะทิ โดยการลดอุณหภูมิของหัวกะทิที่มีน้ำมัน 28-34 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 4-12 องศาเซลเซียส แล้วบ่มค้างคืนที่ 4 องศาเซลเซียส แล้วจึงนำมากวน แยกน้ำ เพื่อเปลี่ยนชนิดของอิมัลชันจากน้ำมันในน้ำ เป็นน้ำในน้ำมัน ได้เนยกะทิที่มีปริมาณน้ำมัน 82 เปอร์เซ็นต์ต่ออยู่ในสถานะของแข็งอุณหภูมิห้องเย็น แต่เมื่อหลอมละลายที่อุณหภูมิห้องจะได้น้ำมันใสแยกออกมา

สุนทรขึ้น (2542) ได้ศึกษาการแยกน้ำมันมะพร้าวจากน้ำกะทิ น้ำกะทิเป็นอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ ทำการแยกหัวกะทิออกด้วยเครื่องแยกครีม เกิดการรวมตัวของไขมันในหัวกะทิและน้ำบางส่วนออกที่อุณหภูมิต่ำ ก่อนการทำลายอิมัลชันด้วยการเพิ่มอุณหภูมิ ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสม 15 องศาเซลเซียส เมื่อน้ำมันในหัวกะทิมีสถานะเป็นของแข็งพอ และอุณหภูมิเหมาะสมการทำอิมัลชันคือ 80 องศาเซลเซียส ได้ผลผลิตน้ำมัน 98 เปอร์เซ็นต์และน้ำมันมะพร้าวที่แยกได้มีลักษณะใส ไม่มีสี กลิ่นหอมธรรมชาติ

Hagenmaier et al. (1973) ได้ศึกษาการเหวี่ยงแยกน้ำกะทิได้เป็น หัวกะทิโดยการเติมน้ำมันมะพร้าวอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ในอัตราส่วนหัวกะทิต่อน้ำมันมะพร้าวเท่ากับ 1:5 แล้ว

หมุนเหวี่ยงซ้ำ 2 ครั้ง ค่า pH ของกะทิตั้งจากการเหวี่ยงแยก 6.4-8.1 และได้ผลผลิตน้ำมันมะพร้าวที่

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นลักษณะใส ไม่มีสี 95 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำกะทิ และนำส่วนที่เป็นโปรตีนที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ (insoluble protein) นำอบแห้งเพื่อเก็บรักษาแปรรูปต่อไป

Gunetileke and Laurentius (1974) ได้ศึกษาการเหวี่ยงแยกน้ำกะทิในหลอดหมุนเหวี่ยงขนาด 50 มิลลิลิตร ที่ 5,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที และลดอุณหภูมิของหลอดหมุนเหวี่ยงเป็นค่าต่างๆ ต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส ก่อนปรับอุณหภูมิเป็น 25 องศาเซลเซียส แล้วหมุนเหวี่ยงแยกน้ำมันที่ 5,000 รอบต่อนาที พบว่าต้องลดอุณหภูมิต่ำกว่า 17 องศาเซลเซียส จึงจะเกิดการแยกตัวของน้ำมันและได้ผลผลิตน้ำมันมะพร้าวเพิ่มขึ้นเมื่อลดอุณหภูมิต่ำลง

McGlone et al. (1986) ได้ศึกษาการผสมเอนไซม์ α -amylas, polygalacturonase และ protease กับเนื้อมะพร้าวบดละเอียดกับน้ำในอัตราส่วนของเนื้อมะพร้าวต่อน้ำเท่ากับ 1:4 ทิ้งไว้ 30 นาทีที่ 40 องศาเซลเซียส แล้วนำไปหมุนเหวี่ยงที่ 12,300 รอบต่อนาที สามารถแยกน้ำมันได้ 60 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำมันทั้งหมดในเนื้อมะพร้าว

Nour et al. (2009) ได้ศึกษาการแยกน้ำมันมะพร้าวด้วยเครื่องเหวี่ยงแยก ที่ความเร็วรอบ 6,000-12,000 รอบต่อนาที เวลา 30-105 นาที มีการแยกชั้นเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนบนสุด คือน้ำมันมะพร้าว และ ส่วนกลาง คือ ชั้นครีมมะพร้าว และส่วนล่างสุด คือ น้ำที่แยกจากน้ำมันมะพร้าวซึ่งพบความเร็วรอบและเวลาที่ใช้ในการเหวี่ยงแยกมีผลต่อปริมาณของน้ำมันมะพร้าวกล่าวคือ เมื่อความเร็วรอบในการเหวี่ยงเพิ่มขึ้นจะทำให้ได้ปริมาณของน้ำมันมะพร้าวเพิ่มขึ้น โดยความหนืดของน้ำมันมะพร้าวและน้ำจะมีความไวต่ออุณหภูมิ ซึ่งแรงเหวี่ยงทำให้เกิดความร้อนขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความหนืดของน้ำมะพร้าวจะลดลง ส่วนการเพิ่มอัตราเร่งในการเหวี่ยงแยกน้ำมันมะพร้าวเพิ่มขึ้น ผลที่ได้คือปริมาณน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่เพิ่มขึ้น และยังพบว่าปริมาณน้ำมันมะพร้าวสูงสุดคือ 29.5% โดยใช้ความเร็วรอบและเวลาในการหมุนเหวี่ยง 1,200 รอบต่อนาที เวลา 105 นาที

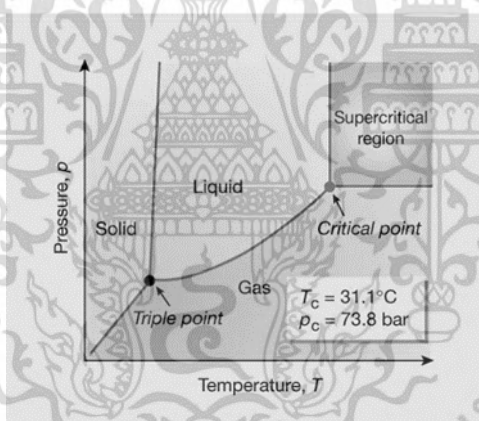
มัทธนา (2556) ได้แยกน้ำมันมะพร้าวออกจากกะทิ 2 วิธีคือ การแช่แข็งกะทิและไม่แช่แข็งกะทิ การแช่แข็งกะทิก่อนเพื่อให้เกิดการรวมตัวของไขมันในกะทิ ณ อุณหภูมิ -30 องศาเซลเซียสที่ เวลาต่างๆกัน ซึ่งกะทิแช่แข็ง 2 ชั่วโมงเป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุด จึงนำไปเหวี่ยงแยกด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงควบคุมอุณหภูมิที่สภาวะ อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียสความเร็วรอบ 7,000 รอบต่อนาที โดยเวลาที่เหมาะสมต่อการปั่นเหวี่ยง คือเวลา 50 นาที มีเปอร์เซ็นต์ของน้ำมันมะพร้าวมากที่สุดคือ 30.47 และการไม่แช่แข็งกะทิ โดยนำเข้าไปในเครื่องปั่นเหวี่ยงควบคุมอุณหภูมิ ที่ 26 องศาเซลเซียสความเร็วรอบ 7,000 รอบต่อนาที เวลาต่างๆกัน โดยพบว่าเมื่อปั่นเหวี่ยงนาน 120 นาที พบว่ามีเปอร์เซ็นต์ของน้ำมันมะพร้าวมากที่สุดคือ 33.96 เปอร์เซ็นต์ของน้ำมันมะพร้าวของกะทิแบบแช่แข็งและไม่แช่แข็ง มีความแตกต่างกันเพราะปริมาณความชื้นในกากมะพร้าวที่เหลือในกากมะพร้าวต่างกันคือ 55.80 และ 43.77 ตามลำดับ จึงส่งผลให้กะทิแบบไม่แช่แข็ง มีเปอร์เซ็นต์น้ำมันมะพร้าวมากกว่าแบบแช่แข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 การสกัดด้วยวิธีการสกัดเหนือจุดวิกฤต (supercritical fluid extraction; SFE)

การสกัดด้วยวิธีการสกัดเหนือจุดวิกฤตเป็นการสกัดโดยอาศัยของเหลววิกฤตที่ยิ่งยวดหรือของเหลวไหลเหนือวิกฤตซึ่งเป็นสภาวะที่สารอยู่ในสภาวะที่อุณหภูมิและความดันที่เป็นจุดวิกฤต (critical point) ของเหลวที่อยู่ในสภาวะนี้มีองค์ประกอบที่ไม่ใช่ของเหลวหรือก๊าซ แต่มีลักษณะเป็นของไหลกึ่งของเหลวและก๊าซ มีคุณสมบัติคล้ายตัวทำละลายอินทรีย์แต่สามารถแพร่ซึมผ่านได้เหมือนก๊าซ มีความข้นหนืดและแรงตึงผิวน้อย ทำให้สามารถสกัดหรือพาสารที่ต้องการออกจากพืชได้ดีจากคุณสมบัติดังกล่าว ทำให้เป็นที่นิยมนำเอาวิธีการสกัดแบบเหนือจุดวิกฤตมาใช้ในการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากพืชและสมุนไพรมากกว่าวิธีการสกัดแบบอื่น

ของไหลที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต หมายถึง สารใดๆในสภาวะซึ่งจำแนกไม่ได้ว่าเป็นก๊าซหรือของเหลวการเปลี่ยนแปลงจากของเหลวไปเป็นก๊าซสิ้นสุดที่จุดวิกฤตและที่เหนือจากจุดนี้เป็นของไหลที่มีเฟสเดียวเรียกว่าของไหลที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต (ภาพที่ 6.4) บริเวณของของไหลที่สภาวะเหนือจุดวิกฤตจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงใดๆที่อุณหภูมิมากกว่า T_c และ ความดันมากกว่า P_c สารจะอยู่ในสภาวะที่มีคุณสมบัติจำแนกไม่ได้ว่าเป็นก๊าซหรือของเหลวเรียกสารที่อยู่ในสภาวะนี้ว่าของไหลที่สภาวะเหนือจุดวิกฤตโดย T_c และ P_c ของสารต่างๆ



ภาพที่ 6.4 แผนภาพแสดงความดันและอุณหภูมิของสารบริสุทธิ์ใดๆ
ที่มา: เกศินี (2549)

การใช้วิธีการสกัดเหนือจุดวิกฤตเป็นหนึ่งในทางเลือกที่กำลังได้รับความสนใจแทนการใช้การสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ การสกัดด้วยวิธีการสกัดเหนือจุดวิกฤตส่วนใหญ่นิยมใช้คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นของไหลที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต เนื่องจากมีอุณหภูมิและความดันวิกฤตค่อนข้างต่ำ (304.2 เคลวิน หรือ 31.3 องศาเซลเซียส และ 7.38 MPa หรือ 72.9 atm) การใช้คาร์บอนไดออกไซด์เป็นของไหลที่สภาวะเหนือจุดวิกฤตในการสกัด มีข้อดีคือ ปลอดภัย ไม่เป็นพิษ ไม่ติดไฟ ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมและผู้บริโภคมากกว่าการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์และง่ายต่อการนำมาใช้เมื่อเทียบกับการสกัดแบบดั้งเดิมหรือทั่วไป ในปัจจุบันการสกัดด้วยวิธีการสกัดเหนือจุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้เห็นเห็นเป็นประโยชน์ในโอกาส
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิกฤตโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์เป็นของไหลที่สภาวะเหนือจุดวิกฤตกำลังเป็นที่ได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ สามารถสกัดน้ำมันได้ปริมาณสูง ใช้เวลาสั้น แต่อย่างไรก็ตามขั้นตอนการสกัดจำเป็นต้องอาศัยสภาวะที่เหมาะสม โดยอาศัยปัจจัยต่างๆเข้ามาเกี่ยวข้องในระหว่างกระบวนการสกัดเช่น ความดัน อุณหภูมิ เวลาขนาดและปริมาณตัวอย่างและอัตราการไหลที่เหมาะสม เพื่อให้การสกัดเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดเพื่อให้ได้ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้มีปริมาณมากที่สุด (เกศินี, 2549; Xu and Godber 2000; Imsanguan et al., 2008)

Shen et al. (1996) ศึกษาผลของอุณหภูมิความดันและอัตราการไหลของความหนาแน่นของคาร์บอนไดออกไซด์กับความสามารถในการสกัด การปรับแต่งและการแยกน้ำมันรำข้าวที่อัตราการไหลของคาร์บอนไดออกไซด์ 2.5 กิโลกรัม/ชั่วโมงอุณหภูมิ 0-60 องศาเซลเซียส และความดัน 17-31 MPa เวลา 6 ชั่วโมงต่อการสกัดน้ำมันรำข้าวกรดไขมันอิสระแอลฟา-โทโคเฟอร์รอล สเตอรอล (แคมเปสเตอร์รอล (campesterol) ซิตอสเตอรอล (sitosterol) และ สติกมาสเตอร์รอล (stigmasterol)) และแกมมา-โอโรซานอลการสกัดเกิดขึ้นเกือบสมบูรณ์ภายในเวลา 6 ชั่วโมงและอัตราการสกัดสอดคล้องกับความอิ่มตัวของคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำมันรำข้าวที่สกัดได้ตลอดเวลาส่วนใหญ่ของการสกัด

Xu and Godber (2000) ศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการสกัดแกมมา-โอโรซานอลจากรำข้าวด้วยวิธีการสกัดเหนือจุดวิกฤตที่ความดัน 68901 kPa (680 atm) อุณหภูมิ 30 40 45 50 55 60 และ 75 องศาเซลเซียส อัตราการไหล 250 มิลลิกรัม/นาที่ความเข้มข้นของแกมมา-โอโรซานอลในสารสกัดที่สกัดได้ในเวลาและอุณหภูมิต่างๆพบว่า ใน 10 นาทีแรกของการสกัดความเข้มข้นของแกมมา-โอโรซานอลเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ที่อุณหภูมิสูงกว่าที่อุณหภูมิต่ำเมื่อเปรียบเทียบวิธีการสกัดแกมมา-โอโรซานอลจากรำข้าวด้วยวิธีการสกัดเหนือจุดวิกฤตและการสกัดด้วยตัวทำละลาย โดยใช้ตัวทำละลายเฮกเซนต่อไอโซโพรพานอลอัตราส่วน 50:50 (v/v) อุณหภูมิการสกัด 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที เปรียบเทียบปริมาณผลผลิตและความเข้มข้นของแกมมา-โอโรซานอลที่ได้จากการสกัดพบว่า ผลผลิตที่ได้จากวิธีการสกัดเหนือจุดวิกฤตจะมีปริมาณมากกว่าการสกัดด้วยตัวทำละลาย 3-4 เท่า ภายในระยะเวลาการสกัดที่สั้นกว่าและวิธีการสกัดเหนือจุดวิกฤตที่มีการเก็บสารเฉพาะในช่วงเวลา 15-20 นาทีของเวลาที่ใช้ในการสกัด จะทำให้ได้ความเข้มข้นของแกมมา-โอโรซานอลสูงคือ 674.6 ± 148.1 มิลลิกรัม/กรัมของสารสกัด ซึ่งเห็นว่าแกมมา-โอโรซานอลมีปริมาณมากและสกัดออกจากเมทริกซ์ของตัวอย่างได้ภายใต้ระยะเวลาที่เหมาะสม

Louli et al. (2004) ศึกษาการสกัดน้ำมันจากเมล็ดผักชีฝรั่ง (parsley seed) โดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤตที่ความดัน 10 MPa (100 บาร์) ขนาดอนุภาค 293 ไมโครเมตร ที่อุณหภูมิ 318 เคลวิน พบว่าเมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ใช้เป็น 0.7 1.1 และ 2 กิโลกรัม/ชั่วโมง เพื่อการเพิ่มอัตราการไหลของคาร์บอนไดออกไซด์ส่งผลให้อัตรา

การสกัดสารลดลง เนื่องจากอัตราการสกัดสารถูกควบคุมโดยการแพร่ภายในอนุภาค (intraparticle diffusion)

Lucas et al. (2002) ศึกษาการสกัดโทโคเฟอร์อลจากใบมะกอกด้วย คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤตที่ความดันในช่วง 250-450 บาร์ ขนาดของอนุภาคในช่วง 0.25-1.5 มิลลิเมตร อัตราการไหลของคาร์บอนไดออกไซด์ ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤตในช่วง 0.5-1.5 มิลลิลิตร/นาที่และอุณหภูมิ 40-60 องศาเซลเซียส พบว่า สภาวะการสกัดที่เหมาะสมคือความดัน 250 บาร์ ขนาดของอนุภาค 1.5 มิลลิเมตร อัตราการไหลของคาร์บอนไดออกไซด์ ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต 1 มิลลิลิตร/นาที่และอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เวลา 2 ชั่วโมง สามารถสกัดโทโคเฟอร์อลได้ ความเข้มข้นสูงสุด 74.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก หรือ 10.10 มิลลิกรัม/100 กรัมใบมะกอกและได้ ปริมาณน้ำมันมะกอก 7.15 มิลลิกรัม/100 กรัมใบมะกอก ขณะที่ถ้าใช้เวลาการสกัด 1 ชั่วโมง สามารถสกัดโทโคเฟอร์อลได้ความเข้มข้นสูงสุด 97.1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก หรือ 6.94 มิลลิกรัม/100 กรัมใบมะกอกและได้ปริมาณน้ำมันมะกอก 13.56 มิลลิกรัม/100 กรัมใบมะกอก

เกศินี (2549) ศึกษาการสกัดวิตามินอีจากเมล็ดดอกทานตะวันโดยใช้ คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต โดยศึกษาผลของความดันและอุณหภูมิที่มีผลต่อการสกัด ที่ความดันในช่วง 130-170 บาร์ อุณหภูมิ 35-45 องศาเซลเซียส พบว่าความดันส่งผลให้ ความสามารถในการละลายของน้ำมันดีขึ้น จึงทำให้ได้ปริมาณน้ำมันเพิ่มมากขึ้น แต่ปริมาณแอลฟา-โทโคเฟอร์อลที่สกัดได้มีค่าน้อยลงเมื่อเพิ่มความดัน ขณะที่การเพิ่มอุณหภูมิไม่มีผลต่อการสกัดแอลฟา-โทโคเฟอร์อล จากงานวิจัยปริมาณแอลฟา-โทโคเฟอร์อลที่สกัดได้สูงสุดคือ 2.52 มิลลิกรัม/100 กรัม เมล็ดดอกทานตะวันบด ที่สภาวะความดัน 130 บาร์ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส โดยใช้ คาร์บอนไดออกไซด์ปริมาณ 500 มิลลิลิตรและเมื่อใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายร่วมกับ คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤตปริมาณแอลฟา-โทโคเฟอร์อลเพิ่มขึ้น 1.3 เท่า

การสกัดด้วยวิธีการสกัดเหนือจุดวิกฤตโดยการใช้คาร์บอนไดออกไซด์เป็นของไหลที่สภาวะเหนือจุดวิกฤตจึงมีความเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นตัวทำละลาย เนื่องจากอุณหภูมิที่ต้องการไม่สูง ไม่เป็นพิษ ไม่ติดไฟและราคาถูก มีความมีขั้วต่ำใกล้เคียงกับเฮกเซนและเบนซีนและยังสามารถเพิ่มความมีขั้วโดยเพิ่มตัวทำละลายตัวอื่น เช่น เมทานอลหรือเอทานอลหรือปรับอุณหภูมิและความดันใหม่ ตัวอย่างการใช้สารปรับแต่ง (modifier) ร่วมกับการสกัดเหนือจุดวิกฤต เช่น

6.2.1 การเติมอะซิโตน (acetone) ลงในคาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต เพื่อ สกัดไตรกลีเซอไรด์ (triglycerides) พบว่าสามารถลดความดันที่ใช้จาก 13.5 MPa (1960 p.s.i.) เหลือเพียง 8 MPa (1160 p.s.i.) ซึ่งลดค่าใช้จ่ายได้ถึง 30% (เกศินี 2549 อ้างจาก Peter and Brunner 1978)

6.2.2 การเติมน้ำ 0.1% ในคาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต ช่วยเพิ่มอัตราเร็ว ในการขจัด 1-butanol และ n-butyl acetate ที่ติดมาในการสกัดแอกเพนนิซิลิน จี (penicillin G) (Verrall, 1992)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2.3 การใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายร่วมกับคาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤตช่วยเพิ่มปริมาณแอลฟา-โทโคเฟอร์รอลเพิ่มขึ้น 1.3 เท่า เมื่อเทียบกับการใช้เฉพาะคาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤตเพียงชนิดเดียวในการสกัดแอลฟา-โทโคเฟอร์รอลจากเมล็ดดอกทานตะวัน (เกศินี, 2549)

6.2.4 การใช้สารปรับแต่ง เอทานอล น้ำและน้ำมันมะกอก (olive oil) ในการสกัดไลโคปีน (lycopene) ร่วมกับคาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต มีผลทำให้อัตราการสกัดสูงขึ้น ปริมาณไลโคปีนที่สกัดได้เพิ่มมากขึ้น (John et al., 2009)

มานพ และคณะ (2547) การศึกษาการสกัดเบต้า-แคโรทีนจากแครอท โดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต (Supercritical CO₂) อัตราการไหล และชนิดของตัวอย่างแครอทประเภทต่าง ๆ โดยได้ทำการทดลองที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ช่วงความดัน 130 ถึง 170 บาร์ อัตราการไหลของตัวทำละลายอยู่ในช่วง 0.3-0.7 มิลลิลิตร/นาที ชนิดของตัวอย่างที่ใช้ได้แก่ แครอทสดและแครอทกระป๋องปริมาณของตัวอย่างหนัก 60 กรัม เบต้า-แคโรทีนที่สกัดได้จากการทดลองนี้ ถูกวิเคราะห์โดย HPLC ซึ่งมี Methanol/THF/H₂O พบว่า สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในช่วงที่ทดลอง คือ การสกัดเบต้า-แคโรทีนจากแครอทสดด้วยอัตราการไหลของคาร์บอนไดออกไซด์ 0.3 มิลลิเมตร/นาที อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และความดัน 170 บาร์ โดยร้อยละของผลที่ได้สูงสุดมีค่า 2.24

Bencharat (2010) ได้ศึกษาแบบจำลองของการสกัดไตรกลีเซอไรด์ออกจากไบโอดีเซล ที่มีวิฤภาคสมมูลของสารผสมหลายชนิดโดยใช้สมการสภาวะของการกระจายตัวและรวมตัวแบบกลุ่ม (GCA-EOS) โดยใช้ของไหลเหนือวิกฤต วิธี GCA-EOS นี้ให้ผลการทำนายที่ดีในสารผสมที่มีความซับซ้อนมากเช่น ไตรกลีเซอไรด์และเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน (FAME) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาวะเหนือวิกฤต แบบจำลองนี้ถูกพิจารณาเป็นสองระบบของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ ระบบแรกคือ ไตรกลีเซอไรด์และเมทานอล ระบบที่สองคือเมทานอลที่ไม่เกิดปฏิกิริยา FAME (ผลิตภัณฑ์) และกลีเซอรอล (ผลพลอยได้) นอกจากนี้แบบจำลองยังทำโดยใช้ไขมันปาล์มและสบู่ดำซึ่งถูกแสดงด้วยโครงสร้างโมเลกุลเทียมแบบเดี่ยว สำหรับระบบที่หนึ่งแผนภาพอุณหภูมิและความดันถูกสร้างขึ้นที่อัตราส่วนเมทานอลต่อน้ำมันต่างๆ (M/O) ที่อัตราส่วน M/O เพิ่มขึ้น อุณหภูมิและความดันวิกฤตมีแนวโน้มสูงขึ้น เส้นโค้งที่เชื่อมจากอุณหภูมิและความดันวิกฤต เนื้อเส้นโค้งนี้ น้ำมันและเมทานอลจะผสมเข้ากันได้สมบูรณ์ ส่วนระบบที่สอง แผนภาพสามส่วนประกอบของเมทานอล FAME และกลีเซอรอล แสดงความไม่เข้ากันระหว่าง FAME และกลีเซอรอลใต้เส้นโค้งสมมูล เมื่อความดันเพิ่มขึ้นที่อัตราอุณหภูมิคงที่ การละลายของเมทานอลในวิฤภาค FAME จะเข้าใกล้กลีเซอรอลยิ่งไปกว่านั้น องค์ประกอบของเมทานอลในวิฤภาค FAME และกลีเซอรอลเท่ากันที่จุดเพลาท ซึ่งนำไปสู่การผสมกันได้อย่างสมบูรณ์เหนือจุดนี้ ที่อุณหภูมิ 473.15, 523.15, 573.15, 623.15 และ 673.15 K ความดันที่จุดเพลาทเป็น 17.5, 18.0, 19.2 และ 19.0 MPa สำหรับน้ำมันปาล์ม และ 18.4, 18.5, 18.9, 19.3 และ 18.9 MPa สำหรับน้ำมันสบู่ดำ อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทำให้บริเวณที่ไม่ละลายเข้ากันได้และปริมาณ

เมทานอลที่จุดเพลทมีค่าลดลง นอกจากนี้ความดันที่จุดเพลทของน้ำมันสบู่ดำสูงกว่าน้ำมันปาล์ม เนื่องจากความเข้มข้นของกรดไขมันอิสระที่ไม่อิ่มตัวที่มีมากกว่าในโครงสร้างของน้ำมันสบู่ดำ ความดันที่สูงสุดถูกพบที่ 19.20 MPa สำหรับน้ำมันปาล์มและที่ 19.33 MPa สำหรับน้ำมันสบู่ดำ

ปรีตวาร์ธ (2556) ได้ศึกษาวิธีการสกัดเหนือจุดวิกฤต ผลของสารปรับแต่ง (เอทานอล) กับวิธีที่ไม่ใช้สารปรับแต่งร่วมกับการสกัดรำข้าวคงสภาพด้วยวิธีสกัดเหนือจุดวิกฤตที่อัตราการไหลของเอทานอล 0.5 1.0 และ 1.5 มิลลิลิตร/นาที่ แบบไดนามิก 60 นาที่ ที่ความดัน 300 บาร์ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของคาร์บอนไดออกไซด์ 400 มิลลิลิตร/นาที่ พบว่าการใช้หรือไม่ใช้สารปรับแต่งร่วมกับการสกัดช่วยให้การสกัดปริมาณน้ำมัน วิตามินอีและแกมมา-โอโรซานอลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) และผลการศึกษาปัจจัยการสกัดด้วยวิธีสกัดเหนือจุดวิกฤต ได้แก่ความดัน (250 350 และ 450 บาร์) และอุณหภูมิ (50 60 และ 70 องศาเซลเซียส) สกัดแบบไดนามิก 60 นาที่ พบว่าความดันและอุณหภูมิมิอิทธิพลร่วมกันต่อปริมาณวิตามินอี อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยสภาวะที่สกัด เดลตา-โทโคเฟอร์รอลได้มากที่สุดคือความดัน 250 บาร์ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส สภาวะที่สกัดแกมมา-โทโคเฟอร์รอลและแอลฟา-โทโคเฟอร์รอลได้มากที่สุดคือความดัน 450 บาร์ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และพบว่าความดันมีผลต่อปริมาณน้ำมันรำข้าวและปริมาณแกมมา-โอโรซานอล อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยที่ความดัน 350 และ 450 บาร์ ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวและแกมมา-โอโรซานอลสูงที่สุด ขณะที่อุณหภูมิไม่มีผลต่อปริมาณน้ำมันรำข้าวและแกมมา-โอโรซานอล อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

Vanesa et al. (2010) ได้สกัดน้ำมันจากเมล็ดเชีย (chia seeds) ด้วย Supercritical carbon dioxide (SC-CO₂) และทำการศึกษสมบัติทางเคมีกายภาพของน้ำมันที่สกัดได้ พบว่า อุณหภูมิการสกัด (40 องศาเซลเซียส, 60 องศาเซลเซียส และ 80 องศาเซลเซียส), ความดัน (250 bar, 350 bar และ 450 bar) และ เวลาการสกัด (60 min, 150 min และ 240 min) มีผลต่อผลได้ของการสกัดน้ำมัน (oil extraction yield) และจากการใช้ response surface methodology (RSM) พบว่า เวลาในการสกัด และความดันที่ใช้เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดมากที่สุด ผลได้ของการสกัดน้ำมันสูงสุด คือ 92.8% ได้จากการสกัดในสภาวะการสกัดดังนี้คือ เวลาสกัด 300 min ภายใต้ความดัน 450 bar น้ำมันที่สกัดได้ประกอบด้วยกรดไขมันที่แตกต่างออกไปตามสภาวะการสกัด โดยกรดไขมันที่มีปริมาณสูงคือ α -linolenic acid (44.4–63.4%) และ linoleic acid (19.6–35.0%) จากการประเมินด้านกระแสวิทยา (rheological evaluation) ของน้ำมันที่สกัดได้ พบว่ามีลักษณะเป็น Newtonian behavior โดยความหนืดของน้ำมันจะลดลงเมื่อมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ตามความสัมพันธ์ของ Arrhenius-type relationship

Nuria et al. (2012) ได้สกัดน้ำมันปลาจากปลาและผลพลอยได้จากปลา ซึ่งเป็นแหล่งของ omega-3 polyunsaturated fatty acids เช่น EPA (eicosapentaenoic acid) และ DHA (docosahexaenoic acid) ด้วยวิธี supercritical ด้วย Supercritical carbon dioxide

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปรียบเทียบกับวิธีดั้งเดิม การสกัดแบบเย็น การสกัดด้วยเอนไซม์ การสกัดด้วย supercritical fluid carbon dioxide ทำการสกัดภายใต้ความดัน 25 MPa และอุณหภูมิ 313 K พบว่าน้ำมันปลาที่สกัดได้มีปริมาณ omega-3 สูง และมีสารที่ไม่ต้องการ เช่น arsenic ในปริมาณน้อยกว่าวิธีอื่นๆ

Quitain et al. (2013) ได้ศึกษาการแยกน้ำมันมะพร้าวแบบวิธี supercritical carbon dioxide พบว่ามีประสิทธิภาพการแยกของน้ำมันมะพร้าวมากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์และมีคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพที่สามารถต้านเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆได้

Mark et al. (2016) ได้ศึกษาความสามารถในการละลายของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (virgin coconut oil; VCO) ในสภาวะ SC-CO₂ ที่อุณหภูมิในช่วง 313-353 K ความดัน 20.7 - 34.5 MPa พบว่า สภาวะที่ VCO ละลายได้ดีที่สุด (0.0408 g/g) ที่อุณหภูมิ 353 K และความดัน 34.5 MPa ความสามารถในการละลายของ VCO เพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิที่ความดันอยู่ระหว่าง 31.0 และ 34.5 MPa ขณะที่ภายใต้ความดันระหว่าง 20.7 และ 24.1 MPa VCO จะมีความสามารถในการละลายลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น และยังคงสามารถละลายได้ที่ความดันระหว่าง 27.5 และ 30.5 MPa

6.3 การใช้ประโยชน์จากกากตะกอนที่เหลือจากการสกัดน้ำมันมะพร้าวในผลิตภัณฑ์สบู่

สำหรับกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ของกลุ่มผู้ผลิตขนาดเล็ก มักใช้การสกัดแบบเปียก คือ นำเนื้อมะพร้าวสดมาคั้นน้ำ กะทิจากนั้นนำน้ำกะทิที่ได้ไปแยกเอาน้ำมันออกโดยวิธีการหมัก (Fermentation process) (Jeyashoke et al. 2007) ซึ่งจะได้ส่วนที่เป็นน้ำมันประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ และส่วนที่เป็นของเหลือทิ้งคือครีมโปรตีนและน้ำที่มีปริมาณรวมมากถึง 80 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณน้ำและน้ำกะทิทั้งหมดที่ใช้ในการผลิตนับได้ว่าเป็นปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นค่อนข้างสูง และเนื่องจากเป็นการผลิตขนาดเล็กที่อยู่กันอย่างกระจัดกระจายห่างกันจึงเป็นการยากที่จะรวบรวมน้ำทิ้งดังกล่าวมาบำบัดรวมแนวทางการบำบัดน้ำเสีย จึงเป็นไปได้ยาก ปัจจุบันชาวบ้านทำการกำจัดน้ำทิ้งที่ยังไม่ผ่านการบำบัดเหล่านี้โดยการปล่อยทิ้งลงสู่พื้นดิน และแหล่งน้ำธรรมชาติก่อให้เกิดปัญหาทั้งในด้านสิ่งแวดล้อมและ สุขภาพอนามัยของชาวบ้านในพื้นที่ใกล้เคียง เช่น แหล่งน้ำธรรมชาติเน่าเสียมีกลิ่นเหม็นรบกวนผู้อาศัยในบริเวณใกล้เคียง ปัญหาดินเปรี้ยว

แนวทางหนึ่งในการแก้ไขปัญหาคือการนำเอาของเหลือทิ้งได้แก่ชั้นครีมโปรตีนและน้ำทิ้งมาใช้ประโยชน์แทนการปล่อยทิ้งลงสู่สิ่งแวดล้อม

สบู่ (Soap) คือเกลือของกรดไขมัน ซึ่งเป็นผลผลิตจากปฏิกิริยาสะปอนิฟิเคชัน (Saponification reaction) คือ ปฏิกิริยาระหว่างด่างและไขมัน (ณ กัญญภัทร, 2550) ทำให้เกิดสบู่ ซึ่งเป็นของแข็งที่มีลักษณะลื่นให้ฟองละเอียดเมื่อละลายน้ำโดยทั่วไปเมื่อใช้น้ำมัน 1 ส่วนผสมกับสารละลายด่างจะได้สบู่ 1.5 ส่วน โดยประมาณ

สมบัติของสบู่ที่แตกต่างกันตามชนิดของน้ำมันที่ใช้ในการผลิต น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์เป็นน้ำมันชนิดหนึ่งที่เหมาะนำมาผลิตสบู่ เนื่องจากจะได้สบู่ที่มีค่า cleansing active สูง สามารถชำระล้างสิ่งสกปรกได้ดี และละลายน้ำได้ดีแม้ในน้ำกระด้าง สบู่มีลักษณะขาวใส มีกลิ่นหอมของมะพร้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ยู ติเห็น ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความหนืดต่ำและยังมีส่วนประกอบของวิตามินอีซึ่งมีสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระอีกด้วย เนื่องจากสบู่จากน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีความสามารถชำระล้างได้ดีจึงอาจทำให้ผิวแห้งได้ นอกจากนี้ น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ยังมีราคาค่อนข้างสูงจึงนิยมใช้น้ำมันอื่นๆร่วมด้วย เพื่อเพิ่มความชุ่มชื้น และปรับปรุงเนื้อสัมผัสของสบู่ เช่นการใช้น้ำมันมะพร้าวร่วมกับน้ำมันปาล์มใน อัตราส่วน 1:1-2:1 เป็นต้น เพื่อให้สบู่มีความนุ่มนวล และให้ความชุ่มชื้นต่อผิว (ณกัญญ์พร, 2550)

จากการศึกษาคุณภาพของของเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ของ Tripetchkul et al. (2008) พบว่าในชั้นน้ำมีไขมันและโปรตีนเหลืออยู่ประมาณ 4.0 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และ 1.8 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ส่วนในชั้นครีมมีน้ำมันและไขมัน (Oil and Grease) ประมาณ 56.6 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่าในน้ำทิ้งยังมีน้ำมันเป็นองค์ประกอบในปริมาณมาก ซึ่งน่าจะมีศักยภาพในการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบ ในกระบวนการผลิตสบู่ได้ สำหรับโปรตีนนั้นโดยทั่วไป นิยมเติมโปรตีนทั้งในรูปที่ไม่ละลายน้ำและโปรตีนไฮโดรไลเสตลงในเครื่องสำอางค์ เนื่องจากสมบัติที่สามารถรวมตัวกับ น้ำช่วยเก็บกักความชุ่มชื้นให้กับผิวได้ (Secchi, 2008) ในการผลิตสบู่บางสูตรพบว่า มีการเติมส่วนผสมพวกโปรตีน เช่น น้ำนมลงในสบู่ด้วยเพื่อช่วยให้ผิวพรรณชุ่มชื้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นพัฒนาผลิตภัณฑ์สบู่จากวัสดุเหลือทิ้ง ได้แก่ ครีม โปรตีนและน้ำทิ้ง

โครงการย่อยที่ 7 : การใช้ประโยชน์จากกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวเพื่อผลิตอาหารสัตว์น้ำ

7.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

7.1.1 ปลานิล

ชีววิทยาและลักษณะทั่วไป

ปลานิล (*Oreochromis niloticus*, Linn.) เป็นปลาน้ำจืดเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย เนื่องจากเป็นที่นิยมและมีความต้องการสูงขึ้นเรื่อยๆ จึงทำให้ปัจจุบันมีการเพาะเลี้ยงกันอย่างแพร่หลาย นอกจากนี้ปลานิลยังเป็นสินค้าส่งออกไปสู่ต่างประเทศตลาดที่สำคัญๆ เช่น ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา อิตาลี เป็นต้น ในปี พ.ศ. 2556 มีรายงานว่าปลานิลเป็นสัตว์น้ำจืดที่ผลิตได้มากที่สุดของประเทศ มีจำนวนรวมทั้งสิ้น 197,595 ตัน หรือร้อยละ 45.3 ของปริมาณการผลิตทั้งหมด คิดเป็นมูลค่ากว่า 9,784.95 ล้านบาท (Department of Fisheries, 2015) ปลานิลมีลักษณะคล้ายปลาหมอเทศต่างกันที่ปลานิลมีลายสีดำและจุดสีขาวสลับกันมีบริเวณครีบหลัง ครีบหาง และครีบกัน ลำตัวเขียวปนน้ำตาลและสีลายดำจางๆ พาดขวางตามลำตัว เป็นปลาเศรษฐกิจ แพร่ขยายพันธุ์ง่าย และมีรสชาติดี (กรมประมง, 2556) ริมฝีปากบนและล่างเสมอกัน มีฟันบริเวณขากรรไกร และคอหอยหลายขนาด ตั้งแต่ค่อนข้างหยาบจนถึงละเอียด บริเวณกระดูกเหงือก (gill arch) มีซี่กรอง 15-27 อัน บริเวณแก้มมีเกล็ดทั้งหมด 4 แถว โดยเกล็ด 3 แถวแรกอยู่บริเวณแก้ม และอีกหนึ่ง แถวอยู่เหนือเส้นข้างลำตัวเล็กน้อย ลำตัวมีสีน้ำตาลมีลายพาดขวาง 9-10 แถว ครีบหลังครีบกันและ ครีบหางมีจุดขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเส้นสีดำตัดขวาง ครีบหลังมีอันเดียวประกอบด้วยก้านครีบกัน 13 เก็ด ลำตัว มีสีเขียวปนน้ำตาล ตรงกลางมีเกล็ดสีเข้ม ที่กระดูกแก้มมีจุดสีเข้มหนึ่งจุด (มานพ และคณะ, 2536), ภาพที่ 7.1



ภาพที่ 7.1 ปลานิล *Oreochromis niloticus*

ที่มา : <http://www.fisheries.go.th/genetic/index>.

ลักษณะเพศของปลานิล

ปลานิลเพศผู้และเพศเมียที่อายุน้อยมีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน แต่จะเริ่มแตกต่างกันเมื่อเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ ในรุ่นเดียวกันปลานิลเพศผู้จะมีขนาดใหญ่กว่าเพศเมีย และ ในฤดูผสมพันธุ์เพศผู้จะมีสีสดใสกว่าเพศเมีย การแยกเพศต้องสังเกตจากอวัยวะสืบพันธุ์และลักษณะอื่นๆประกอบ ดังนี้ ปลานิลเพศผู้ อวัยวะสืบพันธุ์อยู่ที่บริเวณใกล้กับช่องทวาร มีลักษณะเรียวยาวยื่นออกมา มีรูเปิด 2 รู คือ รูกัน (anus) และ รูเปิดรวมของท่อนำน้ำเชื้อและปัสสาวะ (urogenital pore) สีของตัวปลาจะเข้มสดใส ครีบจะมีสีชมพู เข้มออกแดง และใต้คางจะมีสีค่อนข้างแดง ปลานิลเพศเมีย อวัยวะสืบพันธุ์มีลักษณะค่อนข้างกลมใหญ่ และมีช่องเปิดเป็นขีดขวางตรงกลาง มีรูเปิด 3 รู คือ รูกัน (anus) รูท่อนำไข่ (genital pore) และรูท่อปัสสาวะ (urinary pore) สีของตัวปลาจะซีดกว่า ปลาเพศผู้ มองเห็นแถบขวางข้างตัวได้ชัดเจน ใต้คางมีสีเหลืองค่อนข้างขาวและขนาดตัวปลาจะเล็กกว่าปลาเพศผู้ (สมหวัง, ม.ป.ป.)

พฤติกรรมการกินอาหาร

ปลานิลเป็นปลาที่กินอาหารได้ทุกชนิด โดยเฉพาะอาหารธรรมชาติที่มีอยู่ในบ่อ เช่น ไรน้ำ ตะไคร่น้ำ ตัวอ่อนของแมลงและสัตว์เล็กๆที่อยู่ในบ่อ ตลอดจนสาหร่ายและแหน นอกจากนี้ยังสามารถฝึกให้ปลานิลกินอาหารเม็ดหรืออาหารผสมและเศษอาหารได้ง่าย (อุดม, 2549) ถ้าต้องการให้ปลาโตเร็วควรให้อาหารสมทบ เช่น รำ ปลายข้าว กากถั่วเหลือง กากถั่วลิสงกากมะพร้าว แหนเป็ด

และปลาป่น หรืออาหารสำเร็จรูปเป็นต้น การให้อาหารแต่ละครั้งไม่ควรให้ปริมาณมากจนเกินไป ควรแบ่งการให้อาหารเป็นหลายๆครั้ง หรือวันละหลายๆครั้ง และต้องให้อาหารในเวลาที่แน่นอน เมื่อผู้เลี้ยงเห็นปลาเริ่มกินอาหารก็ควรให้อาหารทันที ไม่ควรปล่อยให้ปลาอดอาหารเป็นเวลานานเกินไป การให้อาหารมากเกินไปจะทำให้ปลาเกิดโรคได้ และต้องให้อาหารในเวลาที่แน่นอน และต้องให้อาหารในเวลาที่แน่นอน และต้องให้อาหารในเวลาที่แน่นอน

กะให้มีปริมาณเพียงพอต่อความต้องการของปลาเท่านั้น ส่วนมากควรให้ประมาณ 5% ของน้ำหนักตัว ถ้าให้มากเกินไปปลาจะกินไม่หมดเสียค่าอาหารโดยเปล่าประโยชน์และยังทำให้น้ำเน่าเสียเป็นอันตรายต่อปลาได้ (กรมประมง, 2549)

อุปนิสัยและคุณสมบัติบางประการ

ปลานิลชอบอยู่รวมกันเป็นฝูง (ยกเว้นเวลาสืบพันธุ์) อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำจืด น้ำกร่อย หรือ แม้แต่บริเวณชายทะเลที่มีความเค็ม 20 ส่วนในพันส่วน ยกเว้นเวลาสืบพันธุ์ปลานิลมีคุณสมบัติพิเศษสามารถทนทานต่อสภาพแวดล้อมได้ดี ทนอยู่ในสภาพน้ำที่มีออกซิเจนที่ละลายในน้ำต่ำได้ดี ตั้งแต่ 0.4-1 มิลลิกรัมต่อลิตร และสามารถอยู่ในช่วงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่กว้างมาก ระหว่าง 11-42 องศาเซลเซียส เจริญเติบโตดีที่สุดช่วงอุณหภูมิ 19-30 องศาเซลเซียส แต่ถ้าอุณหภูมิ ต่ำกว่า 16 องศาเซลเซียส จะไม่กินอาหาร และจะตายที่อุณหภูมิของน้ำต่ำกว่า 4.5 องศาเซลเซียส เพราะถิ่นกำเนิดเดิม ของปลาชนิดนี้อยู่ในเขตร้อน ส่วนความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่เหมาะสม ต่อการเจริญเติบโต อยู่ระหว่าง 6.5-8.3 ซึ่งปลานิลจะเริ่มตายในน้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง 5.5-6.5 และตายหมดที่ ค่าความเป็นกรดและด่าง 3.5-4.5 (ทัศนีย์, 2524; มานพ และคณะ, 2536) นอกจากนี้ ปลานิลยังมีความทนทานต่อความเค็มของน้ำ กล่าวคือ ปลานิลสามารถอยู่ได้ปกติในน้ำที่มีความเค็มสูงสุด 20 ส่วนในพันส่วน ซึ่งปลานิลนับว่าเป็นปลาที่เหมาะสมจะนำมาเลี้ยงในบ่อได้เป็นอย่างดี (อุตม, 2549)

7.1.2 ชีวิตวิทยาของปลาหมอ

ปลาหมอ *Anabas testudineus* (Bloch) เป็นปลาน้ำจืดพื้นบ้านของไทยซึ่งเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายในทุกระดับสังคมและทั่วทุกภาคของประเทศไทย (อำไพพรรณ, 2548) เป็นปลาที่เลี้ยงง่าย เจริญเติบโตเร็ว เป็นปลาที่มีความทนทานต่อโรคและสภาพอากาศ (สุริยญา, 2554) มีอวัยวะพิเศษช่วยในการหายใจ (labryrith organ) (สมพงษ์, 2531) สามารถอาศัยอยู่บริเวณที่มีน้ำน้อยหรือความชุ่มชื้น สามารถเลี้ยงได้ในอัตราความหนาแน่นสูง ปลาเทศเมียมีลักษณะตัวโตอ้วนป้อมและน้ำหนักมากกว่าเพศผู้อย่างชัดเจน (สันติชัย และอำพร, 2547)

อนุกรมวิธานของปลาหมอไทย

ปลาหมอไทย มีชื่อเรียกสามัญว่า Climbing Perch และชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Anabas testudineus* โดย Smith (1945) ได้อธิบายไว้ว่าในปี 1791 มีนักวิทยาศาสตร์ชาวเดนมาร์กทำงานอยู่ในประเทศอินเดีย ชื่อ Daldorff ได้เห็นปลาหมอไทยกำลังปีนต้นตาลแอฟริกา (Palmyra) ขณะฝนกำลังตกเขาจึงเรียกปลาชนิดนี้ว่า Climbind Perch ต่อมาในปี 1797 เขาได้รายงานชื่อวิทยาศาสตร์ของปลาหมอไทยในวารสาร The Transactionals of The Linnaean Society of London ว่า *Perca scandens* ต่อมาได้มีการจัดอนุกรมวิธานใหม่ ในปี 1795 Bloch นักสัตววิทยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชาวเยอรมัน ได้ให้ชื่อชนิด (Species) ไว้ก่อนแล้วว่า testudineus หมายถึง มีเกล็ดแข็งเยี่ยงกระดองเต่าและในปี 1817 Cuvier จึงให้ชื่อสกุล (genus) เสียใหม่ว่า Anabas หมายถึง ผู้ชอบปีนป่ายต้นไม้ สรุพบว่า (Smith, 1945) ได้จัดลำดับอนุกรมวิธาน ดังนี้

Phylum Chordate

Class Pisces

Subclass Teleostomi

Order Larbyrinthici

Family Anabantidae

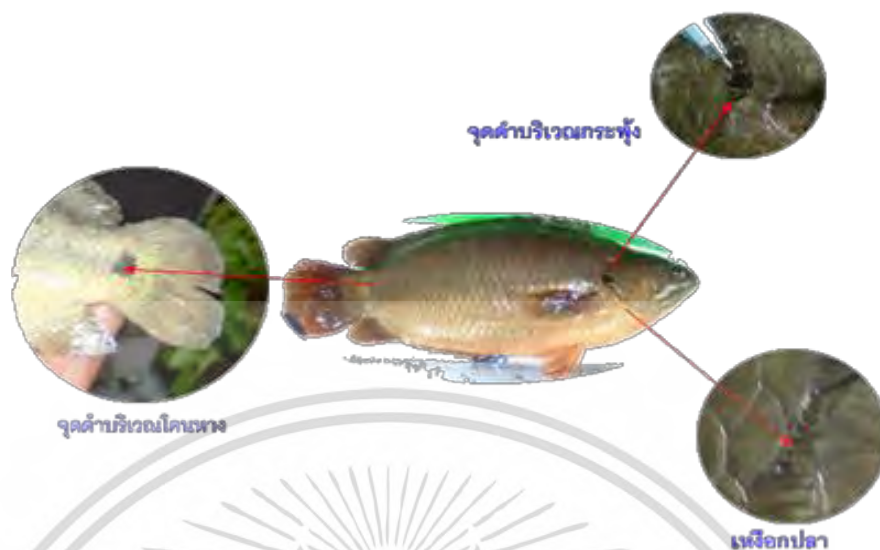
Genus Anabas

Species Testudineus

7.1.3 ลักษณะโดยทั่วไปของปลา

ลำตัวยาวปานกลาง หัวและลำตัวส่วนหน้ามีภาพตัดขวางกลมรี ตอนท้ายของลำตัวมีรูปร่างแบนข้าง (สุทธิชัย, 2545 ; ภาสกร, 2557) หัวมีขนาดใหญ่และมีตอนปลายของจะงอยปากกลมมน ตามีรูปร่างกลมและอยู่ตรงกับตำแหน่งตอนบนของหัวปากกว้างและทอดเฉียงลงด้านล่าง มุมปากอยู่ตรงบริเวณส่วนหน้าของตาขอบของแผ่นกระดูกปิดเหงือกมีซี่จักขนาดเล็กจำนวนมาก ขอบด้านล่างสุดของแผ่นกระดูกปิดเหงือกมีซี่จักขนาดใหญ่ 4-5 อัน เส้นข้างลำตัวขาดตอนเกล็ดบนเส้นข้างลำตัวมีจำนวน 25-33 เกล็ด ครีบอกมีรูปร่างกลม ครีบท้องมีขนาดเล็กและมีจุดเริ่มต้นอยู่หลังโคนครีบอก ครีบท้องประกอบด้วยก้านครีบแข็งจำนวน 1 ก้าน และก้านครีบอ่อนจำนวน 5 ก้าน ครีบหลังมีฐานยาวจุดเริ่มต้นจุดเริ่มต้นอยู่ตรงกับบริเวณฐานครีบอก ส่วนปลายของครีบยาวถึงบริเวณของฐานครีบหาง ครีบหลังประกอบไปด้วยก้านครีบแข็งจำนวน 16-19 ก้าน และก้านครีบอ่อนจำนวน 8-11 ก้าน ครีบกันมีจุดเริ่มต้นอยู่ตรงกับบริเวณระหว่างก้านครีบแข็งก้านที่ 10 และก้านที่ 11 ของครีบหลัง ครีบกันประกอบไปด้วยก้านครีบแข็งจำนวน 8-10 ก้านและก้านครีบอ่อนจำนวน 9-12 ก้าน ครีบหางมีตอปลายตัดตรงหรือโค้งมนเล็กน้อย ตอนบนของลำตัวมีสีพื้นเป็นสีเทาดำ ตอนล่างของลำตัวมีสีเทาเหลืองเขียว ด้านล่างของหัวและท้องมีสีจาง (สมโภชน์ ,2547) ด้านข้างของลำตัวมีจุดสีดำขนาดเล็กกระจายอยู่เป็นจำนวนมาก ในปลาที่ยังไม่เจริญเติบโตเต็มที่จะมีจุดสีดำขนาดใหญ่บริเวณขอบส่วนท้ายของแผ่นกระดูกปิดเหงือกและจุดกึ่งกลางของฐานครีบหาง ครีบทุกครีบมีสีน้ำตาลปนเทา ปลามีความยาวถึง 23 เซนติเมตรปลาหมอมืออวัยวะช่วยหายใจอยู่ในช่องเหงือก ได้ลูกตาสามารถรับเอาออกซิเจนที่อยู่ในอากาศมาใช้ช่วยในการหายใจโดยตรง จึงทำให้ปลาหมอมือสามารถอยู่ในน้ำที่ขาดออกซิเจนหรือบนบกได้นาน (จอมสุตา, 2555), ภาพที่ 7.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 7.2 ลักษณะทั่วไปของปลาหมอไทย

ที่มา : ศูนย์วิจัยและพัฒนาพันธุ์กรรมสัตว์น้ำชุมพร

ลักษณะความแตกต่างระหว่างเพศ

ปลาหมอเพศเมียจะมีขนาดใหญ่และน้ำหนักมากกว่าเพศผู้อย่างชัดเจนเมื่อมีอายุเท่ากัน ปลาเพศผู้จะมีลำตัวเรียวยาว ปลาเพศเมียจะมีความลึกของลำตัวมากกว่าเพศผู้ในฤดูวางไข่ปลาเพศเมียจะมีส่วนท้องอูมป่งและโคนหางของเพศเมียจะหนากว่าเพศผู้ รังไข่และถุงน้ำเชื้อมีลักษณะยาวเป็นคู่ (พรพนม, 2546) โดยรังไข่ที่เริ่มพัฒนามีลักษณะเป็นสีชมพูแก่และมีเม็ดไข่เป็นจุดสีขาวนวลเกิดขึ้นเล็กน้อยต่อมาก็จะเพิ่มจำนวนมากขึ้น รังไข่ที่แก่จะมีไข่สีเหลืองและแยกออกเป็นสองพูอยู่เต็มบริเวณช่องท้องรังไข่ที่แก่จัดจะเห็นเส้นโลหิตฝอยถุงน้ำเชื้อในระยะแรกจะมีสีชมพูใสเมื่อพัฒนาสมบูรณ์จะมีลักษณะสีขาวขุ่นแยกเป็น 2 สายซึ่งยึดติดกับบริเวณเนื้อเยื่อในช่องท้องพ่อแม่พันธุ์ปลาหมอผสมพันธุ์และวางไข่ตามธรรมชาติอัตราส่วนเพศเมียต่อเพศผู้ 1:1 (พรศักดิ์ และคณะ, 2556)

7.1.4 แหล่งที่อยู่อาศัยและการแพร่กระจาย

ปลาหมออาศัยอยู่ในแหล่งน้ำจืดทั่วไป ทั้งแหล่งน้ำนิ่ง และน้ำไหล พบในแถบจีนตอนใต้ อินเดีย ไทย มลายู พม่า อินเดีย ศรีลังกา เกาะฟิลิปปินส์ และออสเตรเลีย(พรพนม, 2546)ซึ่งอาจเป็นการเลี้ยงปลาหมอไทยชนิดเดียวหรือการเลี้ยงปลาหมอไทยร่วมกับปลาชนิดอื่น (สหัทธ์, 2557) ปลาหมอเป็นปลาที่สามารถปรับตัวเจริญเติบโตเข้ากับสภาพแวดล้อมที่เป็นน้ำกร่อย ป่าจากหรือชายฝั่งทะเลที่มีความเค็มไม่เกิน 10 ส่วนในพัน และน้ำที่ค่อนข้างเป็นกรดจัด เช่น ปลาพรุ ตลอดจนมักฝังหรือหมกตัวในโคลนตมได้เป็นระยะเวลานาน ๆ จึงเป็นปลาที่มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากมีอวัยวะพิเศษช่วยในการหายใจและเกลือหินา แข็ง ปกคลุมทั่วตัว (ศรารุช และคณะ, 2547)ปลาหมอมีชื่อเรียกแตกต่างกันออกไป เช่น ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เรียกปลาสะเด็ด ภาคเหนือเรียกปลาแข้งและภาคใต้ตอนล่างเรียกปลาเป็นภาษายาวีว่าอ็แกปยู ชาวบ้านทั่วไปเรียกปลาหมอ (สุทธิชัย, 2545)

อาหารและนิสัยการกินอาหาร

ปลาหมอเป็นปลากินเนื้อ(สมพงษ์ และคณะ, 2541)จึงเป็นปลาผู้ล่ากินสัตว์น้ำที่มีขนาดเล็กกว่าและชอบกินอาหารบริเวณผิวน้ำ ปลาหมอสามารถกินเมล็ดข้าว ธัญพืช ปลวก ตัวอ่อน แมลงน้ำ ตั๊กแตน กุ้งฝอย ลูกปลาเล็กปลาน้อยที่มีชีวิต หรือตายแล้วเป็นอาหารลูกปลาหมอหลังฟักออกจากไข่เป็นตัว ระยะ 3 วันแรกจะใช้ถุงอาหาร(yolk sac)เป็นอาหารแล้วปลาหมอจะเริ่มกินอาหารมีชีวิตขนาดเล็ก ๆ ไรแดง ลูกน้ำหลังจากฟักปลาพัฒนาสมบูรณ์แล้วจึงสามารถกินตัวอ่อนแมลง สัตว์หน้าดิน ลูกกุ้งและลูกปลาวัยอ่อนตลอดจนอาหารสำเร็จรูป(ศุนย์วิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำชุมพร, 2560)

7.1.5 การเพาะเลี้ยงปลาหมอ

ปลาหมอเป็นที่สนใจของผู้เพาะเลี้ยงปลาน้ำจืดจำนวนมากเพราะจัดเป็นปลาที่มีศักยภาพ ทั้งด้านการผลิตและการตลาดเพื่อส่งออกสูง(วัฒนา,2554) สามารถเพาะเลี้ยงในอัตราความหนาแน่นสูงในการปล่อยจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการจัดการฟาร์ม และเป้าหมายในการผลิตขนาดของปลาหมอที่ต้องการจับขาย (เทพรัตน์ และคณะ, 2554) และปลาหมอสามารถเจริญเติบโตในสภาวะที่มีคุณสมบัติของดินและน้ำที่มีความแปรปรวนสูง ทั้งน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำค่อนข้างมีความเป็นกรดหรือพื้นที่ดินป่าพรุ นาข้าว นาทุ่งร้าง และความต้องของผู้บริโภคนิยมรับประทาน มีเนื้อแน่น รสชาติดี นิยมทั้งในรูปแบบสดถึงร้อยละ 72.07 และยังสามารถนำไปประกอบอาหารได้หลายอย่าง เช่น ปลา ร้าหรือปลาเจ่า ร้อยละ 19.78 นึ่งหรือย่าง ร้อยละ 3.84 การทำเค็ม (ตากแดด) ร้อยละ 2.59 ปลา หมอเป็นปลาตลาดมีสูงมากโดยเฉพาะปลาขนาดใหญ่ 3-5 ตัวต่อกิโลกรัม ทั้งตลาดภายในและต่างประเทศมีความต้องการไม่ต่ำความต้องการสูงมากกว่า 100 เมตริกตันต่อปี ในช่วงเดือนเมษายน ถึงเดือนพฤษภาคมของทุกปีขณะที่ผลผลิตไม่เพียงพอและปริมาณไม่แน่นอน (สุภชญา และคณะ, 2558)

การเตรียมบ่อ

1. **สูบน้ำออกจากบ่อให้แห้ง** สูบน้ำออกจากบ่อให้แห้งจะช่วยกำจัดศัตรูปลาที่หลบซ่อนอยู่ในบ่อและขจัดของเสียตลอดจนปรับโคลนเลนพื้นบ่อให้เหมาะสมหลังจากสูบน้ำแห้งแล้วควรหว่านปูนขาวในขณะที่ดินยังเปียก ในอัตรา 100-200 กิโลกรัมต่อไร่ เพื่อปรับสภาพความเป็นกรด -ด่างของดิน และฆ่าพยาธิ

2. **กำจัดวัชพืชและพันธุ์ไม้น้ำ** วัชพืชและพันธุ์ไม้น้ำที่มีอยู่ในบ่อจะเป็นแหล่งหลบซ่อนตัวของศัตรูปลาหมอ เช่น ปลาช่อน ปลาดุก กบ และงู เป็นต้น และทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำลดลง เนื่องจากพืชน้ำใช้ออกซิเจนในการหายใจเช่นเดียวกับปลา นอกจากนี้หากมีพืชน้ำอยู่ในบ่อมากจะเป็นอุปสรรคต่อการให้อาหารปลาและการจับปลา

3. **การตากบ่อ** การตากบ่อจะทำให้แก๊สพิษในดินบางชนิดสลายตัวไป เมื่อถูกความร้อนปลาส่งแสงแดด ทั้งยังเป็นการฆ่าเชื้อโรค และศัตรูปลาที่ฝังตัวอยู่ในดินควรใช้เวลาในการตากบ่อ 2-3 สัปดาห์

4. **สูบน้ำเข้าบ่อ** สูบน้ำใส่บ่อให้ได้ที่ระดับ 60-80 เซนติเมตร ทิ้งไว้ 2-3 วัน ก่อนปล่อยปลาลงอนุบาลหรือเลี้ยง ควรใช้วนในลอนสีฟ้ากั้นรอบคันบ่อให้สูงจากพื้นประมาณ 90 เซนติเมตร เพื่อป้องกันศัตรูปลา และปลาหลบหนีออกจากบ่อ เนื่องจากปลาหมอมินิสัยชอบปีนป่ายโดยเฉพาะเวลาฝนตก (สุทธิชัย, 2545)

การจัดการพ่อแม่พันธุ์ปลา การเพาะพันธุ์ปลา คือการจัดการพ่อแม่พันธุ์ปลาให้สมบูรณ์เพศพร้อมผสมพันธุ์วางไข่ เริ่มต้นจากการเรียนรู้ชีวประวัติปลา ฤดูกาลผสมพันธุ์ปลา ความแตกต่างของเพศ ขนาดและอายุ ที่สมบูรณ์เพศตลอดจนเทคนิคการเหนี่ยวนำให้ปลาผสมพันธุ์วางไข่ ในส่วนของปลาหมอนั้น คัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ น้ำหนัก 100-200 กรัม หรืออายุ 6 เดือนขึ้นไปถึง 2.5 ปี ควรเป็นปลาที่รวบรวม และคัดเลือกแล้วว่าเจริญเติบโตที่สุดของปลาแต่ละรุ่น ในแต่ละแหล่งเลี้ยง หากเป็นพ่อแม่พันธุ์ปลาจากแหล่งน้ำธรรมชาติ ควรเลี้ยงให้เชื่อง และฝึกให้กินอาหารเม็ดสำเร็จรูปก่อนแล้วจึงนำมาเลี้ยงรวมกันในบ่อดินขนาด 200-400 ตารางเมตร (เอกชัย, 2559) อัตราปล่อยแยกเพศหรือรวมเพศก็ได้ให้อาหารโปรตีนไม่น้อยกว่า 32 % อายุ 3-5 เดือนให้อาหารโปรตีนไม่น้อยกว่า 30 % อายุ 5 เดือนขึ้นไปให้อาหารโปรตีนไม่น้อยกว่า 31 % พร้อมทั้งมีการจัดการคุณภาพน้ำและการเปลี่ยนถ่ายน้ำอย่างเหมาะสม (วรัญญู และคณะ, 2547)

7.1.6 การเพาะพันธุ์ปลาหมอ วิธีการเพาะพันธุ์มี 2 วิธี

7.1.6.1 การกระตุ้นการวางไข่ด้วยฮอร์โมนสังเคราะห์

หลังจากคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ที่มีไข่และน้ำเชื้อที่สมบูรณ์พร้อมที่จะผสมพันธุ์วางไข่แล้ว คือ ตัวเมียจะมีส่วนท้องอวบอูม ผนังท้องบาง ส่วนปลาตัวผู้มีน้ำเชื้อสีขาวคล้ายนํ้านมไหลออกมา ซึ่งฤดูกาลวางไข่ ตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ – ตุลาคม เมื่อคัดพ่อแม่พันธุ์ปลาได้แล้ว จัดเตรียมอุปกรณ์และวิธีผสมพันธุ์แบบช่วยธรรมชาติคือฉีดฮอร์โมนเร่งการวางไข่ให้กับตัวเมียในอัตราความเข้มข้นฮอร์โมนสังเคราะห์ (LHRHa ,ชื่อการค้าว่า Suprefact) 15 ไมโครกรัม และสารระงับการทำงานของระบบการหลั่งฮอร์โมนคือ Domperidone (ชื่อการค้าว่า Motilium) 5 มิลลิกรัมต่อแม่ปลา น้ำหนัก 1 กิโลกรัม จำนวน 1 ครั้ง และฉีดฮอร์โมนปลาเพศผู้ อัตรา 5 ไมโครกรัม ร่วมกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Domperidone ที่ ระดับ 5 มิลลิกรัม ต่อฟอปลาหน้าหนัก 1 กิโลกรัม (เอกชัย, 2559)เพื่อความสะดวก ในการแยกพ่อแม่ปลาควร ปล่อยให้ผสมพันธุ์วางไข่ในกระชังตาห่าง ซึ่งแขวน อยู่ในบ่อ โดยมีกระชัง ฟ้าโอลอนแก้ว รองรับไข่ปลาอยู่อีกชั้นหนึ่ง อัตราส่วนปลาเพศเมียต่อเพศผู้ เท่ากับ 1 ต่อ 2 ระดับน้ำ ในบ่อ 30-40 เซนติเมตร ฟอสเฟอริ่งน้ำและถ่ายเปลี่ยนน้ำตลอดเวลา(พรศักดิ์ และคณะ, 2556)

ทั้งนี้การเพาะแต่ละครั้งใช้แม่ปลา 3-5 กิโลกรัม ควรฉีดฮอร์โมนใน เวลาประมาณ 15.00 น หลังจากนั้น 8-12 ชั่วโมง ปลาจะผสมพันธุ์วางไข่ วันรุ่งขึ้นเมื่อปลา วางไข่หมดแล้ว จึงนำกระชังตา ห่างและพ่อแม่ พันธุ์ออกเนื่องจากในการผสมพันธุ์ มีหวอดหรือฟองอากาศ หยอดไขมัน เมื่อกและกลืน ความมาก เพื่อป้องกันน้ำเสีย อาจรวบรวมไข่ปลาไปเพาะฟักในบ่อใหม่

7.1.6.2 การปล่อยพ่อแม่พันธุ์ให้วางไข่และอนุบาลในบ่อดิน

วิธีนี้ต้องเตรียมบ่อดิน เป็นบ่อเพาะพันธุ์และบ่ออนุบาลลูกปลาในบ่อเดียวกันช่วยลดปัญหาลูกปลาตายระหว่างการลำเลียงได้ ทำการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ปลาที่สมบูรณ์เพศ ฉีดฮอร์โมน สังเคราะห์และสารระงับการทำงานของระบบการหลั่งฮอร์โมน ปล่อยปลาให้ผสมพันธุ์วางไข่ในบ่อดิน ระดับน้ำ 30-50 เซนติเมตร ใช้ทางมะพร้าวปักคลุม ทำเป็นที่หลบซ่อนและอนุบาลลูกปลาวัยอ่อน อัตราส่วนปลาเพศเมียต่อเพศผู้เท่ากับ 1ต่อ2 ใช้พ่อแม่ปลาน้ำหนัก 8-10 กิโลกรัมต่อไร่ หรือประมาณ 40-75 คู่ต่อไร่ (วรวิทย์, 2547) วันรุ่งขึ้นเมื่อปลาวางไข่หมดแล้วปล่อยให้ไข่ฟักเป็นตัวและจัดการ อนุบาลลูกปลาต่อไป

7.1.7 การอนุบาลลูกปลา

การอนุบาลลูกปลาเป็นขั้นตอนที่สำคัญยิ่ง เพื่อให้ได้ลูกปลาที่สมบูรณ์ แข็งแรงและมีอัตราการ ตายสูง การจัดการอาหารสำหรับลูกปลาวัยอ่อน ป้องกันศัตรูและโรคพยาธิ

เตรียมบ่ออนุบาล ต้องมีการจัดทำน้ำเขียวและอาหารธรรมชาติ โดยสูบน้ำเข้าบ่อและกรอง น้ำ ด้วยมุ้งเขียวตาถี่ ระดับน้ำ 50 เซนติเมตร หวานปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 100 กิโลกรัม/ไร่ และใช้ปลาปน ผสมรำละเอียด อัตรา 1 ต่อ 3 ปริมาณ 3 กิโลกรัม/ไร่ หลังจากนั้น 3 วัน ควรใส่โรติเฟอร์และไรแดง ลงในบ่อ หลังจากนั้นอีก 3 วัน จึงรวบรวมลูกปลาที่ เพาะฟักไว้ก่อนหน้านี้แล้วและพัฒนาเป็นลูกปลาวัย อ่อนอายุ 4 วัน ปล่อยลงบ่อในช่วงเช้า เริ่มให้ไข่ไก่ต้มสุกเอาเฉพาะไข่ แดงบดผ่านผ้าขาวบางผสมน้ำ สาดทั่วบ่อ อาหารผงสำเร็จรูปหรือรำละเอียด ผสมปลาปน อัตรา 1 ต่อ 1 หลังจากนั้น จึงให้ อาหารเม็ดจิ๋วหรืออาหารปลาดุกเม็ดเล็กพิเศษ หลังจากอนุบาล 3 สัปดาห์ ค่อยๆเพิ่มระดับน้ำเป็น 80 เซนติเมตร (ตารางที่ 7.1)

ตารางที่ 7.1 เทคนิคการอนุบาลลูกปลาหมอไทย

อายุลูกปลา (วัน)	ประเภทอาหารอนุบาลลูกปลา
1-3	อาหารจากถุงอาหาร(yolk sac)
3-10	โรติเฟอร์และไข่แดงต้มสุกบดละเอียดละลายน้ำ สาดทั่วบ่อ
7-20	ไรแดง อาหารสำเร็จรูปหรือปลาป่นผสมรำ ละเอียดอัตรา 1:1
15-25	อาหารเม็ดจิ๋ว หรือเม็ดเล็กพิเศษ
20-30	อาหารปลาหมอหรือปลาตุ๊กเม็ดเล็กพิเศษ

ที่มา : (ศูนย์วิจัยและพัฒนาพันธุ์กรรมสัตว์น้ำชุมพร, 2560)

7.1.8 การเลี้ยงปลาหมอในบ่อดิน

การเตรียมบ่อขนาดบ่อที่นิยมใช้เลี้ยงปลาหมอ ส่วนใหญ่ขนาดไม่ใหญ่นัก พื้นที่ประมาณ 1 - 3 งานหรือบางแห่งนิยมเลี้ยงในบ่อขนาด 3 - 4ไร่ ความลึก ประมาณ 1.5 - 2.0 เมตร บ่อเก่าต้องสูบน้ำให้แห้ง กำจัดศัตรูปลา โดยเฉพาะปลากินเนื้อ วัชพืชและพันธุ์ไม้น้ำออกให้หมด หว่านปูนขาว ประมาณ 150 - 200 กิโลกรัม/ไร่ ตากบ่อ ให้แห้งเป็นระยะเวลา 2 - 3 สัปดาห์เพื่อเป็นการฆ่าเชื้อโรคและศัตรูปลา กรณีบ่อใหม่ หว่านปูนขาวปริมาณ 100 กิโลกรัม/ไร่ ปลาหมอไทยไม่ชอบน้ำที่เป็นด่างหรือกระด้างสูง หรือมี pH สูงนัก pH ของน้ำควรอยู่ในช่วง 6.5 - 8.5 ใช้วงนไนลอนสีฟ้า กั้นรอบบ่อให้สูงประมาณ 90 เซนติเมตร เพื่อป้องกันปลาหลบหนี

สูบน้ำลงบ่อก่อนปล่อยลูกปลาประมาณ 60-100 เซนติเมตร กรองน้ำด้วยอวนมุ้งตาถี่หรืออาจฆ่าเชื้อในน้ำด้วยคลอรีนผง 3ส่วนในล้านส่วน (ppm) หรือ 3 กรัมต่อน้ำ 1ลูกบาศก์เมตร และทำสีน้ำสร้างห่วงโซ่อาหารธรรมชาติจึงปล่อยลูกปลา หลังจากนั้นค่อยๆเติมน้ำเข้าบ่อเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์จนมีระดับน้ำ 1.5 เมตร และควบคุมระดับน้ำที่ระดับนี้ตลอดไป (ศูนย์วิจัย และพัฒนาพันธุ์กรรมสัตว์น้ำชุมพร, 2560)

การเลือกลูกพันธุ์ปลา ขนาดลูกปลาหมอไทยที่เหมาะสมในการปล่อยเลี้ยงบ่อดินมี 2 ขนาด คือ ลูกปลาขนาด 2 - 3 เซนติเมตร (เทพรัตน์ และคณะ, 2554) หรือเรียกว่า “ขนาดโบมะขาม” ซึ่งมีอายุ 25- 30 วัน และขนาด 2 - 3 นิ้ว ซึ่งเป็นลูกปลาอายุ 60-75 วัน ส่วนใหญ่จะมีการเลือกลูกปลาขนาด 2-3 นิ้ว ซึ่งราคาเฉลี่ย 0.60-1.00 บาท/ตัว จะจัดการดูแลได้ง่าย และมีอัตราการรอดสูง ส่วนลูกปลาขนาดโบมะขาม เป็นที่นิยมกันมาก เนื่องจากจัดหาจัดซื้อได้ง่าย การลำเลียง สะดวกและราคาถูกเฉลี่ย 0.30-0.50 บาท/ตัว หากจัดการบ่อเลี้ยงที่ดีก็สามารถทำให้อัตรารอด และผลผลิตสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราปล่อยลูกปลาลงเลี้ยง นิยมลูกปลา ขนาด 2 - 3 เซนติเมตร อัตราปล่อย 30 - 50 ตัวต่อตารางเมตร หรือ 50,000 - 80,000 ตัวต่อไร่ (เทพรัตน์ และคณะ, 2554) หากใช้วิธีปล่อยพ่อแม่พันธุ์ปลาให้ผสมพันธุ์วางไข่ อนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน โดยใช้ อัตราพ่อแม่ปลา 40 - 60 คู่ต่อไร่ จะได้ลูกปลาขนาดใบมะขาม ประมาณ 80,000 - 150,000 ตัวต่อไร่ ความหนาแน่นในการเลี้ยงนี้ขึ้นอยู่กับการจัดการฟาร์ม และงบประมาณเงินทุนหมุนเวียนในบริหารจัดการฟาร์ม

ช่วงเวลาที่เหมาะสมในการปล่อยลูกพันธุ์ปลา คือ ช่วงเช้าหรือเย็น และควรปรับอุณหภูมิของน้ำในบ่อให้ใกล้เคียงกับน้ำในบ่อก่อน โดยนำถุงลูกปลาแช่ในบ่อเป็นเวลา ประมาณ 10 - 15 นาที เพื่อป้องกันลูกปลาช็อก แล้วเปิดปากถุงค่อยๆ เอนน้ำในบ่อใส่ถุงเพื่อให้ลูกปลาปรับตัวให้เข้ากับน้ำใหม่ได้ (สุทธิชัย, 2545)

อาหารและการให้อาหาร การเลี้ยงปลาหมอในบ่อดิน ในบ่อปลาหลังบ้าน ในนาข้าว นอกจากอาหารตามธรรมชาติแล้ว นิยมให้อาหารสมทบ จำพวกเศษอาหารจากครัวเรือน รำละเอียด ปลาสดสับ ปลวก และการใช้ฟัลดแมลงกลางคืนตลอดจน อาหารสำเร็จรูปบางส่วน

ส่วนการเลี้ยงปลาหมอแบบธุรกิจเชิงพาณิชย์นั้น เน้นการปล่อยเลี้ยงแบบหนาแน่นสูงมาก (super intensive system) ใช้ปัจจัยการผลิต ทั้งอาหารปลา ยาป้องกันรักษาโรค และการเปลี่ยนถ่ายน้ำเต็มที่ หวังผลผลิตที่สูงมาก ปลาหมอนั้น เป็นปลากินเนื้อ ในช่วงแรก จากลูกปลาขนาดใบมะขามเป็นปลารุ่น (อายุ 1-2 เดือน) ต้องการอาหารที่มีโปรตีน ต่ำลงมา คือ 37-35 % โดยให้อัตรา 5-3 % ของน้ำหนักตัว วันละ 3-4 มื้อ การให้ต้องเดินหว่านอาหาร ให้รอบบ่อ

การจัดการในระหว่างการเลี้ยงปลา ปลาหมอมีพฤติกรรมกินอาหารที่ผิวน้ำจนถึงค่อนข้างบ่อ ชอบอาหารใหม่ สด รสชาติ และมีกลิ่นที่ดึงดูด โดยจะกินอาหารภายในเวลา 20-30 นาที หลังการให้อาหาร ช่วงเย็นจะกินมากกว่าช่วงเช้าหรือเที่ยง หากเม็ดอาหารพองน้ำมากหรือเปื่อยยุ่ยตลอดจน ลอยติดขอบบ่อ ปลาหมอมักไม่กิน ทำให้สูญเสียหรืออัตราแลกเนื้อสูงผิดปกติ ต้องให้อาหารปริมาณน้อยๆ แต่บ่อยครั้ง แบ่งมือเย็นให้มากขึ้น และให้อาหารอย่างทั่วถึง การเปลี่ยนแปลงขนาดและเบอร์อาหาร ค่อยๆลด อาหารขนาดเม็ดเล็กลง แล้วเพิ่มสัดส่วนอาหารเม็ดใหญ่ให้สูงขึ้น ปลาจะกินอาหารอย่างต่อเนื่อง ควรหมั่นสังเกต ปัจจัยภาวะสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะ ฟ้า อากาศ อุณหภูมิ เมฆหมอก แดด ความเข้มแสง และฝนตก ตลอดจนถึงเร้าภายนอก ที่มากระทบต่อปลาในบ่อ ปัจจัยเหล่านี้ ส่งผลต่อนิสัย และปริมาณการกินอาหารของปลาในรอบวัน ต้องปรับลด หรือปรับเพิ่มปริมาณอาหารมือต่อมือ ตามสถานการณ์ (สมพงษ์, 2557)

7.2 มะพร้าว

มะพร้าว (Coconut) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cocos nucifera* Linn. เป็นพืชยืนต้นใบเลี้ยงเดี่ยว ชนิดหนึ่ง อยู่ในตระกูลปาล์ม(อังคณา,2555) นอกจากมะพร้าวแล้ว อินทผลัม ปาล์มน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาลโตนด จาก หมาก สาคุ ลาน และหวาย ต่างก็เป็นพืชที่จัดอยู่ในตระกูลปาล์ม การจำแนกทางอนุกรมวิธานของมะพร้าว (Taxonomic classification) ดังนี้

Class Angiospermae

Subclass Monocoty ledoneae

Order Palmales

Family Palmae

Subfamily Cocoideae

Tribe Cocoideae

Genus Cocos

Species Nucifera

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

รากมะพร้าวมีระบบรากฝอยซึ่งรากมะพร้าวแผ่กระจายออกไปตามดินชั้นต่างๆทำหน้าที่ยึดเหนี่ยวลำต้น ดูดซึมน้ำและแร่ธาตุอาหารต่างๆ ส่งมายังรากใหญ่พร้อมทั้งช่วยยึดลำต้นไม่ให้โค่นล้มด้วย สำหรับรากใหญ่นั้น มีหน้าที่ลำเลียงอาหารเข้าสู่ลำต้นมากกว่าทำหน้าที่ดูดอาหารโดยตรง (พิทักษ์, 2550) ปุ่มสีขาวทั้งบนรากหลักและรากแขนงเรียกว่า breathing organ หรือ breathing root หรือ pneumatophore ทำหน้าที่ช่วยลำเลียงอากาศให้แก่มะพร้าว (นพพร, 2542) ลำต้นเป็นแบบเดี่ยว ไม่มีการแตกกิ่งก้าน ลำต้นมีขนาดเท่ากันโดยตลอด ยกเว้นโคนต้นมีขนาดใหญ่ ลำต้นมะพร้าวมีเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 20-30 เซนติเมตร ขึ้นอยู่กับชนิดและพันธุ์ ลำต้นจะมีลักษณะเป็นปล้อง ลำต้นจะมีรอยแผล ความสูงของมะพร้าวจะเพิ่มขึ้นปีละ 15 – 20 เซนติเมตร ขึ้นอยู่กับความถี่ของต้นมะพร้าว กับความสมบูรณ์ ใบหรือทางมะพร้าว เป็นใบประกอบ โคนก้านใบแตกกว้าง และเรียวยาวแหลมไปสู่ปลาย ใบเกิดที่ส่วนยอดของลำต้น ในขณะที่ยังอ่อน จะมีสีเหลืองอ่อน ลักษณะก้านใบจะค่อยๆ ออกจากลำต้น ใน 1 ปี มะพร้าวจะสร้างใบ 12-14 ใบ บริเวณโคนก้านใบ จะพบแผ่นเส้นใยสานกันบาง ๆ เรียกว่า รากมะพร้าว (นพพร, 2542) ดอกมะพร้าวในแต่ละต้น มีทั้งดอกเพศผู้ และดอกเพศเมีย ช่อของดอกมะพร้าว เรียกว่า จั่น จะเกิดจากตาดอก ของมะพร้าว ในหนึ่งจั่น จะมีดอกตัวผู้ ตั้งแต่ 200-300 ดอก จนถึงนับเป็นพันดอก ดอกตัวผู้จะเกิดอยู่บนระแนง โดยที่ดอกปลายระแนงกับดอกที่อยู่ติดกับดอกตัวเมีย จะเป็นดอกที่บานก่อน ดอกตัวเมียจะเกิดอยู่บนระแนงส่วนโคน รูปปร่างกลมมน ห่อหุ้มด้วยกลีบ (พันธ์ิตรี, 2550)

ความสำคัญของมะพร้าว

มะพร้าวเป็นอีกพืชหนึ่ง ที่มีการปลูกกันอย่างกว้างขวาง คนไทยรู้จัก และยึดเป็นอาชีพมานานนับร้อยปี ใช้ผลประกอบอาหารคาว-หวานต่างๆ และจุดประสงค์หลักเพื่อขายผลแก่ มะพร้าวเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พืชที่ปลูกได้ง่าย ไม่ต้องดูแลรักษามากนัก มีปลูกกันทั่วโดยเฉพาะในเขตภาคใต้ ผู้คนยึดอาชีพการปลูกมะพร้าวเป็นจำนวนมาก ในอดีต มะพร้าวเป็นพืชเศรษฐกิจ ที่มีความสำคัญ เนื่องจาก โรงงานอุตสาหกรรมน้ำมันพืชต้องการผลผลิตมะพร้าวเป็นจำนวนมาก ประกอบกับความต้องการภายในประเทศในปริมาณสูง แต่ในปัจจุบันได้มีน้ำมันพืชชนิดอื่นเข้ามาทดแทน ทำให้ราคาไม่ดี รายได้ลดลง (พันธิ์, 2550)

การใช้ประโยชน์

1. เนื้อมะพร้าวแก่นำไปตากแห้งใช้เป็นอาหารหรือนำไปหีบน้ำมันเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมน้ำมันสำหรับปรุงอาหาร เนยเทียม ไขมันขาว นมผง อาหารสัตว์ เครื่องสำอาง
2. ใบ ก้าน ทาง นำไปสานเป็นหมวก และกระเป๋
3. น้ำมะพร้าวไปทำเครื่องดื่ม หมักน้ำส้มสายชู และผสมในอาหารเลี้ยงเชื้อ
4. น้ำหวานที่ปาดจั่นใช้ทำน้ำตาล น้ำส้ม และน้ำตาลเมา
5. กะลา นำไปประดิษฐ์เครื่องใช้ภาชนะต่างๆ และเครื่องประดับ
6. เส้นใยจากผลมะพร้าวนำไปทำที่นอน แก้ว เบาะ พรม เชือก แห้งเพาะชำ นำไปหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ

เพื่อเป็นวัสดุปลูกต้นไม้ประดับ

7.2.1 กากมะพร้าว

กากมะพร้าว coconut copra หรือ kernel meal เป็นผลพลอยได้ (By-Product) ที่เกิดจากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำกะทิ และน้ำมันมะพร้าว คุณค่าทางโภชนาการ ของกากมะพร้าว จึงแตกต่างกัน จากการศึกษา ส่วนประกอบของมะพร้าวอยู่ในรูปของ เนื้อมะพร้าวแก่, เนื้อมะพร้าวอ่อน, เนื้อมะพร้าวแห้ง, น้ำมะพร้าว และกากมะพร้าว ในกากมะพร้าวจะมีเยื่อใย ค่อนข้างสูง คือ ประมาณ 10-15 เปอร์เซ็นต์ และมีไขมันสูงประมาณ 8-28 เปอร์เซ็นต์ กากมะพร้าวส่วนใหญ่ประกอบด้วย กรดไขมันที่อิ่มตัว และกากมะพร้าวที่ผลิตในประเทศไทย ส่วนใหญ่เป็นชนิดอัดน้ำมัน (นฤมล และคณะ, 2550)

มีการนำกากมะพร้าวมาสกัดน้ำมัน ซึ่งผลพลอยได้ คิดเป็นร้อยละ 12 ของน้ำหนักสด 1 ผล กากมะพร้าวจากโรงงานสกัดน้ำมันมะพร้าว มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต ประมาณร้อยละ 43-45 ที่อยู่ในรูปของแมนโนสโพลีแซคคาไรด์ (mannose polysaccharide) โปรตีนในกากมะพร้าวมีปริมาณของกรดอะมิโน lysine, cysteine, histidine, arginine, methionine และกรดอะมิโนที่จำเป็นอื่นๆ ซึ่งในปัจจุบัน มีการศึกษาถึงการใช้อากมะพร้าวจากการ สกัดน้ำมันมากมาย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การใช้ในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง (นฤมล และคณะ, 2556)

7.2.2 น้ำมันมะพร้าว

น้ำมันมะพร้าวเป็น non-drying oil โดยสกัดได้จาก เนื้อมะพร้าวแห้ง ซึ่งเรียกว่า copra มีน้ำมันประมาณ 63-68 เปอร์เซ็นต์ และความชื้น 4-7 เปอร์เซ็นต์ ใช้วิธีการบีบแยกเอาน้ำมันออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำมันมะพร้าวมีสมบัติแตกต่างจากน้ำมันพืชชนิดอื่น ๆ คือ ประกอบด้วย กรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนน้อย น้ำหนักโมเลกุลต่ำ กรดไขมันที่มีปริมาณมาก ได้แก่ กรดลอริกสูงถึง 50 เปอร์เซ็นต์ สำหรับกรดไขมันชนิดอื่น ๆ ประกอบด้วย กรดไมริสติก 18 เปอร์เซ็นต์ กรดปาล์มิติก 9.5 เปอร์เซ็นต์ กรดโอเลอิก 8.2 เปอร์เซ็นต์ กรดคาไพโรอิก 7.8 เปอร์เซ็นต์ กรดคาพริก 7.6 เปอร์เซ็นต์ และกรดสเตียริก 5 เปอร์เซ็นต์ ทำให้น้ำมันมะพร้าวเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้องหรือต่ำกว่าอุณหภูมิห้องเล็กน้อยบางครั้งเรียกน้ำมันมะพร้าวว่า lauric acid oil มีจุดหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 24 -27 องศาเซลเซียส

7.2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกากมะพร้าว

พิจิตร และเกษม (2536) ได้รายงาน ผลการเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์จากกากมะพร้าวและใบกระถินปน เพื่อเป็นแหล่งอาหารเสริมโปรตีนในการเลี้ยงปลาตะเพียนขาวในกระชัง โดยแบ่งปลาออกเป็น 3 กลุ่ม การทดลองๆ ละ 3 กระชัง โดยปล่อยกระชัง ละ 20 ตัว เลี้ยงด้วยอาหารเสริมโปรตีนที่แตกต่างกัน คือ กลุ่มที่ 1 ใช้อาหารชั้นเสริมกากมะพร้าว กลุ่มที่ 2 ให้อาหารชั้นเสริมใบกระถินปน กลุ่มที่ 3 ให้อาหารชั้นสูตรควบคุม ใช้เวลาเลี้ยงปลาระยะเวลา 2 เดือน ตลอดจนการทดลองพบว่า อัตราการเจริญเติบโตของปลาที่ได้รับอาหารทั้ง 3 สูตร ไม่มีความแตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มอัตราเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) แตกต่างกัน ค่า FCR. ของการเลี้ยงในระยะ 1 เดือนแรกต่ำกว่า FCR. เมื่อเลี้ยงครบ 2 เดือน อย่างเห็นได้ชัด กล่าวคือในระยะ 1 เดือนแรก ปลาที่ได้รับอาหารชั้นสูตรควบคุมจะมีค่า FCR. ต่ำสุดคือ 1.69 ส่วนกลุ่มที่ได้รับอาหารชั้นเสริมใบกระถินปนและอาหารชั้นเสริมกากมะพร้าวจะมีค่า FCR. สูงขึ้นตามลำดับ คือ 1.93 และ 2.37 เมื่อเลี้ยงครบ 2 เดือน ค่า FCR. ของปลาทั้ง 3 กลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างกัน คือ 2.97, 2.3 และ 2.44 ตามลำดับ จากข้อมูลการทดลองสรุปได้ว่าใบกระถินปนมีแนวโน้มที่จะนำมาใช้เพื่อเป็นแหล่งอาหารเสริมโปรตีนสำหรับเลี้ยงปลาตะเพียนขาวที่มีอายุไม่เกิน 2 เดือน ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงกว่าการให้กากมะพร้าวปน

วรพงษ์ และสายชล (2560) รายงานผลจากการทดลองเสริมกากมะพร้าวและใบกระถินเทพาปนระดับที่เหมาะสมในอาหารปลานิลวัยอ่อน โดยเสริมกากมะพร้าวปนและใบกระถินเทพาปนในสูตรอาหาร 6 ระดับ คือ 0 (สูตรควบคุม) 20:0, 0:20, 59:15, 10:10 และ 15:5 ร้อยละ ตามลำดับ ปลานิลมีน้ำหนักเริ่มต้น 0.2 กรัม เลี้ยงในชุดถังเลี้ยงปลา ระบบน้ำหมุนเวียนขนาด 200 ลิตร จำนวน 18 ถัง เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าปลานิลที่ได้รับอาหารสูตรควบคุมมีค่าน้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักเพิ่ม อัตราการเจริญเติบโต อัตราการแลกเนื้อ และประสิทธิภาพการใช้อาหารดีที่สุด ($p < 0.05$) ในกลุ่มที่รับอาหารเสริมกากมะพร้าวปนและใบกระถินเทพาปน และ นฤมล และคณะ (2556) พบว่า การใช้กากมะพร้าวแห้งเสริมด้วยเอนไซม์ต่อสมรรถนะการผลิตของไก่กระทาง

โดยใช้อาหารทดลองประกอบด้วย สูตรควบคุม(ไม่ผสมกากมะพร้าว) กลุ่มเสริมกากมะพร้าวที่ระดับร้อยละ 5 สูตรที่ 2 , ร้อยละ 10 สูตรที่ 3 และร้อยละ 15 สูตรที่ 4 และเสริมเอนไซม์ที่ระดับร้อยละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0.001 ในอาหารกลุ่มทดลอง ศึกษาเป็นเวลา 28 วัน จากการศึกษาพบว่าอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน อัตราการเปลี่ยนอาหาร และเปอร์เซ็นต์ซาก ในช่วงอายุ 3-7 สัปดาห์ ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ซึ่งพบว่าไก่กระทงในกลุ่มควบคุมมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน อัตราการเปลี่ยนอาหาร และเปอร์เซ็นต์ซากสูงกว่ากลุ่มทดลองอื่นๆ และไก่กระทงที่ได้รับอาหารที่มีกากมะพร้าวร้อยละ 5 มีสมรรถนะการผลิตใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุม ดังนั้นสามารถใช้กากมะพร้าวแห้งในสูตรอาหารไก่กระทงได้ที่ร้อยละ 5 และเสริมเอนไซม์ที่ระดับร้อยละ 0.001

โครงการย่อยที่ 8 : การพัฒนากระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์จากมะพร้าวกะทิใช้สำหรับกลุ่มเกษตรกร

มะพร้าว ชื่อสามัญ Coconut มะพร้าว มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Cocos nucifera* L. จัดอยู่ในวงศ์ปาล์ม (Arecaceae) ซึ่งแต่เดิมใช้ชื่อวงศ์ว่า Plamae หรือ Plamaceae

8.1 มะพร้าว

8.1.1 ลักษณะของมะพร้าว

มะพร้าว เป็นพืชยืนต้น ใบมีลักษณะเป็นใบประกอบแบบขนนก ผลประกอบด้วยเอพิคาร์ป (epicarp) คือเปลือกนอก ถัดไปข้างในจะเป็นมีโซคาร์ป (mesocarp) หรือใยมะพร้าว ถัดไปข้างในเป็นส่วนเอนโดคาร์ป (endocarp) หรือกะลามะพร้าว ซึ่งจะมีรูศัลล้อยู่ 3 รู สำหรับงอก ถัดจากส่วนเอนโดคาร์ปเข้าไปจะเป็นส่วนเอนโดสเปิร์ม หรือที่เรียกว่าเนื้อมะพร้าว ภายในมะพร้าวจะมีน้ำมะพร้าวซึ่งน้ำมะพร้าวเกิดจากเอนโดสเปิร์มของมะพร้าวซึ่งจะมีเอนโดสเปิร์มทั้งของแข็งและของเหลว คือ เอนโดสเปิร์มของแข็งจะเป็นเนื้อมะพร้าว และเอนโดสเปิร์มทั้งของเหลวจะเป็นน้ำมะพร้าว ซึ่งเมื่อมะพร้าวแก่ เอนโดสเปิร์มก็จะดูดเอาน้ำมะพร้าวไปหมด ขณะที่มะพร้าวยังอ่อน ชั้นเอนโดสเปิร์ม (เนื้อมะพร้าว) ภายในผลมีลักษณะบางและอ่อนนุ่ม ภายในมีน้ำมะพร้าว ซึ่งในระยะนี้เรามักซอยเอามะพร้าวลงมารับประทานน้ำและเนื้อ เมื่อมะพร้าวแก่ ซึ่งสังเกตได้จากการที่เปลือกนอกเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ชั้นเอนโดสเปิร์มก็จะหนาและแข็งขึ้น จนในที่สุดมะพร้าวก็หล่นลงจากต้นมะพร้าวมีชื่อท้องถิ่นต่างๆ ว่า ตุง (จันทบุรี) โพล (กาญจนบุรี) คอส้ม (แม่ฮ่องสอน) หมากอูน หมากอูน (ทั่วไป) เป็นต้น มะพร้าวเป็นพืชยืนต้นที่จัดอยู่ในตระกูลปาล์ม ใบมีลักษณะเป็นใบประกอบเหมือนขนนก ผลประกอบไปด้วยเปลือกนอก ใยมะพร้าว กะลามะพร้าว และชั้นสุดท้ายคือเนื้อมะพร้าว ซึ่งภายในจะมีน้ำมะพร้าว ถ้าลูกมะพร้าวแก่มาก เนื้อมะพร้าวจะดูดเอาน้ำมะพร้าวไปหมด สำหรับสถิติการผลิตมะพร้าว ประเทศอินโดนีเซีย คือ อันดับ 1 ของโลกที่ผลิตมะพร้าวได้มากที่สุด ส่วนประเทศไทยจะอยู่ที่อันดับ 6 ของโลก และรายชื่อพันธุ์มะพร้าวต่างๆ ได้แก่ มะพร้าวน้ำหอม มะพร้าวทะเล มะพร้าวไฟ มะพร้าวซอ มะพร้าวกะทิ มะพร้าวพวงร้อย มะพร้าวมลายูสีเหลืองต้นเดี่ยว (เจียรศักดิ์ ชูชีพ, 2543)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.1.2 ประโยชน์ของมะพร้าว

มะพร้าวมีคุณประโยชน์มากมาย ทั้งลำต้น ราก ไปจนถึงผลของมะพร้าว ทุกส่วนของมะพร้าวสามารถใช้ประโยชน์ได้หมด อาทิเช่น ลำต้น สามารถนำไปทำเป็นเฟอร์นิเจอร์ได้ รากมะพร้าวเป็นเส้นยาวมีลักษณะเหนียวเป็นพิเศษ ใช้สานเป็นตะกร้า และสิ่งประดิษฐ์ทั่วไป ก้านใบมะพร้าวหรือหางมะพร้าว นำมาใช้ทำเป็นไม้กวาดทางมะพร้าว กระเป่า กระจาด ถาด พัด เป็นต้น น้ำและเนื้อของมะพร้าวสามารถนำมารับประทานได้ ใบมะพร้าวสามารถนำไปใช้ในการเกษตรได้ อีกทั้งยังสามารถใช้ในทางการแพทย์แผนโบราณ นับเป็นพืชผลที่มีคุณประโยชน์มากมาย

8.1.3 คุณค่าทางโภชนาการของมะพร้าว (เจียรศักดิ์ ชูชีพ, 2543)

8.1.3.1 คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อมะพร้าวต่อ 100 กรัม

- พลังงาน 1,480 กิโลแคลอรี
- คาร์โบไฮเดรต 24.23 กรัม
- น้ำตาล 6.23 กรัม
- โปรตีน 3.33 กรัม
- เส้นใย 9 กรัม
- ไขมัน 33.49 กรัม
- วิตามินบี 1 0.66 มิลลิกรัม
- วิตามินบี 2 0.02 มิลลิกรัม
- วิตามินบี 3 0.54 มิลลิกรัม
- วิตามินบี 5 1.014 มิลลิกรัม
- วิตามินบี 6 0.05 มิลลิกรัม
- วิตามินซี 3 3 มิลลิกรัม
- แคลเซียม 14 มิลลิกรัม
- ธาตุเหล็ก 2.43 มิลลิกรัม

8.1.3.2 คุณค่าทางโภชนาการของน้ำมะพร้าวต่อ 100 กรัม

- พลังงาน 79 กิโลแคลอรี
- คาร์โบไฮเดรต 3.71 กรัม
- น้ำตาล 2.61 กรัม
- เส้นใย 1.1 กรัม
- ไขมัน 0.2 กรัม
- โปรตีน 0.72 กรัม
- วิตามินบี 1 0.03 มิลลิกรัม
- วิตามินบี 2 0.057 มิลลิกรัม
- วิตามินบี 3 0.08 มิลลิกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วิตามินบี 6 0.032 มิลลิกรัม
- วิตามินซี 2.4 มิลลิกรัม
- แคลเซียม 24 มิลลิกรัม
- ธาตุเหล็ก 0.29 มิลลิกรัม
- ธาตุแมกนีเซียม 25 มิลลิกรัม
- ธาตุฟอสฟอรัส 20 มิลลิกรัม
- ธาตุสังกะสี 0.1 มิลลิกรัม

8.1.4 มะพร้าวกะทิ (ซูชาติ สุขมาก, 2561)

ลักษณะของมะพร้าวกะทิ เป็นมะพร้าวที่ผลมีเนื้อหนา ฟู อ่อนนิ่ม รสหวานมันอร่อย เป็นที่นิยมบริโภค โดยทั่วไปจะพบมะพร้าวกะทิเกิดร่วมกับมะพร้าวผลปกติในต้นมะพร้าวธรรมดาบางต้นเท่านั้น ปริมาณที่พบมีน้อย และหายาก จึงทำให้มะพร้าวกะทิมีราคาแพง ประมาณผลละ 30-50 บาท แพงกว่ามะพร้าวธรรมดา 5-10 เท่า เนื้อมะพร้าวกะทิ จะแตกต่างจากเนื้อมะพร้าวธรรมดา ทั้งนี้เนื่องจากคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่งที่ละลายน้ำได้ที่เรียกว่ากาแลคโตแมนแนน (Galactomannan) ซึ่งเป็นส่วนประกอบของเนื้อมะพร้าวธรรมดา ถูกเอนไซม์ชนิดหนึ่งที่เรียกว่า แอลฟา-ดี-กาแลคโตซิเดส เปลี่ยนกาแลคโตแมนแนน เป็นคาร์โบไฮเดรตอีกชนิดหนึ่งที่เรียกว่า แมนแนน (Mannan) ซึ่งสามารถละลายน้ำได้แต่ในมะพร้าวกะทิไม่มีเอนไซม์ตัวนี้ ทำให้กาแลคโตแมนแนน ซึ่งมีลักษณะนิ่มคล้ายวุ้น ยังคงลักษณะเดิม แทนที่จะเปลี่ยนเป็นเนื้อมะพร้าวธรรมดา "มะพร้าวกะทิ" สามารถนำไปประกอบอาหารได้หลากหลายทั้งคาวและหวาน แล้วยังมีประโยชน์มากมาย แต่ส่วนหนึ่งเข้าใจผิดว่ากะทิเป็นตัวการก่อโรคต่างๆ แต่ได้รับการพิสูจน์และยืนยันจากนักโภชนาการแล้วว่า "กะทิ" มีประโยชน์ต่อร่างกาย นอกจากนี้ หัวงูไขว่กรดไขมันกลางในกะทิ ประกอบด้วยกรดลอริก ยังมีคุณสมบัติช่วยต้านไวรัส ป้องกันแบคทีเรีย ป้องกันจุลินทรีย์ และต้านเชื้อรา กะทิสามารถช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันในชีวิตประจำวันได้เป็นอย่างดี ขณะเดียวกันก็เป็นทางเลือกสำหรับผู้แพ้แลคโตสหรือแพ้นมจากสัตว์อีกด้วย เพราะกะทิสามารถใช้ประกอบอาหารคาวหวานได้หลากหลายเมนู แต่การรับประทานที่มากเกินไปพอดีก็จะส่งผลร้ายต่อร่างกายได้เช่นกัน ส่วนใหญ่ นิยมเอาเนื้อ "มะพร้าว กะทิ" ไปใส่น้ำแข็งไสผสมน้ำเชื่อมโดยใช้ ซ้อนคว้านเป็นชิ้นพอกำ หรือใช้ซอสดัก กินเฉยๆก็ได้ รสชาติหวานมันอร่อยมาก ปัจจุบันนิยมคว้านใส่อิสกรีม ทำบัวลอย "มะพร้าวกะทิ" ขายตามร้านอาหาร ภัตตาคารต่างๆ ได้รับความนิยมน้อยแพร่หลาย (วิริยะ ทองเรือง, 2553)

8.2 น้ำมันมะพร้าว (ณรงค์ โฉมเฉลา, 2557)

น้ำมันมะพร้าวเป็นไขมันประเภทอิ่มตัว (Saturated fat) ถูกระบุว่าสาเหตุของการเกิดโรคหัวใจ เพราะมีคอเลสเตอรอลสูง และเมื่อบริโภคเข้าไป ร่างกายก็ไปเปลี่ยนเป็นคอเลสเตอรอล และไตรกลีเซอไรด์ในกระแสโลหิต อันเป็นสาเหตุของการอุดตันของหลอดเลือดทำให้หัวใจวายเพราะขาดเลือด จึงมีการรณรงค์ให้หันไปบริโภคน้ำมันพืชที่ไม่อิ่มตัว (Unsaturated fat) แทน แต่ปัจจุบัน

การค้นคว้าวิจัยทำให้ทราบว่าแท้จริงแล้วน้ำมันมะพร้าว คือ น้ำมันที่มีประโยชน์
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการเผยแพร่เท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นใจไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.2.1 ประเภทของน้ำมันมะพร้าว (ณรงค์ โฉมเฉลา, 2556)

น้ำมันมะพร้าว แบ่งออกตามกระบวนการผลิตเป็น 2 ประเภท คือ น้ำมันมะพร้าวที่ผลิตจากเนื้อมะพร้าวแห้ง และน้ำมันมะพร้าวที่ผลิตจากจากเนื้อมะพร้าวสด ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

8.2.1.1 น้ำมันมะพร้าวผลิตจากเนื้อมะพร้าวแห้ง (Hot pressed)

วิธีการสกัดน้ำมันมะพร้าวจากเนื้อมะพร้าวแห้ง เป็นวิธีการผลิตน้ำมันมะพร้าวในระดับอุตสาหกรรม โดยใช้มะพร้าวแห้ง (Copra) เป็นวัตถุดิบ ข้อดีของการสกัดน้ำมันมะพร้าวด้วยวิธีนี้ คือ มีความสะดวกในการจัดหาจัดเตรียมวัตถุดิบสำหรับป้อนโรงงานสกัดน้ำมันมะพร้าว เพราะมะพร้าวแห้งเป็นวัตถุดิบที่เตรียมได้ง่ายๆ ขนส่งสะดวก และมีอายุการเก็บรักษาได้เป็นเวลานานก่อนที่จะนำไปสกัดน้ำมัน และนอกจากนี้ยังประหยัดสามารถผลิตได้ครั้งละมากๆ ซึ่งวิธีสกัดน้ำมันมะพร้าวจากเนื้อมะพร้าวแห้งทำได้ 2 วิธี คือ โดยการบีบอัดและการใช้ตัวทำละลาย

ก. การบีบอัด วิธีนี้ทำได้โดยการย่อยเนื้อมะพร้าวแห้งให้เป็นชิ้นเล็กๆ หรือมะพร้าวขูดนำมาอบให้แห้ง แล้วนำไปบีบอัดกับเครื่องบีบอัดแบบเกลียว (Screw press) ก่อนนำเข้าเครื่องบีบ ต้องอบเนื้อมะพร้าวจนเหลือความชื้นที่ 5-10% เพราะถ้าความชื้นสูงเกินไปจะทำให้ได้เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่ำลง แต่ถ้าความชื้นต่ำเกินไปจะทำให้เกิดความร้อนสะสมในเครื่อง และเกิดการไหม้ของเนื้อมะพร้าวในส่วนของช่องบีบ ส่งผลให้น้ำมันมะพร้าวมีสีเหลืองและมีกลิ่นไหม้ น้ำมันมะพร้าวที่สกัดได้โดยวิธีการนี้เรียกว่า น้ำมันมะพร้าวดิบ (Crude coconut oil)

ข. การใช้ตัวทำละลาย วิธีนี้นิยมนำมาใช้กับกากมะพร้าวที่ผ่านการสกัดโดยวิธีการบีบอัด แต่ก็สามารถใช้กับมะพร้าวแห้งที่ไม่ได้ผ่านการบีบอัดก็ได้ โดยนำกากที่ผ่านการสกัดโดยวิธีการบีบอัดหรือมะพร้าวแห้งที่ทำให้เป็นชิ้นเล็กๆ มาแช่ในตัวทำละลาย เช่น ปิโตรเลียมอีเธอร์ หรือเฮกเซน เพื่อสกัดน้ำมันที่มีอยู่ในเนื้อมะพร้าวแห้ง แล้วกลั่นแยกตัวทำละลายออกเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ น้ำมันมะพร้าวที่ได้มีสีเหลือง และมีองค์ประกอบคล้ายคลึงกับที่ได้จากการบีบอัด เรียกว่า น้ำมันมะพร้าวที่ผ่านกรรมวิธี หรือ น้ำมันมะพร้าว RBD คือ การทำให้บริสุทธิ์ (Refining) ฟอกสี (Bleaching) และกำจัดกลิ่น (Deodorization) หลังจากที่ได้สกัดได้ เพื่อให้เหมาะสำหรับการบริโภคได้น้ำมันสีเหลืองอ่อน ไม่มีกลิ่นและรส ปราศจากวิตามินอี (เพราะถูกขจัดออกไปโดยกระบวนการทางเคมี) มีปริมาณกรดไขมันอิสระ (Free fatty acid) ไม่เกิน 0.1% ปัจจุบันไม่ค่อยมีจำหน่าย เพราะโรงงานสกัดน้ำมันมะพร้าวประเภทนี้ส่วนใหญ่เลิกดำเนินกิจการไปนานแล้ว

8.2.1.2 น้ำมันมะพร้าวผลิตจากเนื้อมะพร้าวสด (Cold pressed)

การสกัดน้ำมันมะพร้าวโดยวิธีการบีบเย็นจากเนื้อมะพร้าวสดที่เพิ่งกะเทาะออกจากผลมะพร้าวแก่ โดยวิธีสกัดที่ไม่ผ่านความร้อนสูงและสารเคมี ได้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (Virgin coconut oil, VCO) ที่สามารถนำไปบริโภค หรือใช้เป็นยารักษาโรค หรือเครื่องสำอางได้ทันที การสกัดน้ำมันมะพร้าวจากเนื้อมะพร้าวสด ทำได้ 2 วิธี คือ จากเนื้อมะพร้าวสดอบแห้ง (Dry process) และจากกะทิ (Wet process)

ก. การสกัดน้ำมันมะพร้าวจากเนื้อมะพร้าวสดอบแห้ง วิธีนี้เป็นวิธีสมัยใหม่ที่ต้องใช้เครื่องมือและอุปกรณ์พิเศษ สามารถสกัดน้ำมันมะพร้าวได้คราวละหลายๆ โดยนำมะพร้าวชูดหรือมะพร้าวชิ้นเล็กๆ ไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนเหลือความชื้นประมาณ 12% เพื่อให้ได้น้ำมันมะพร้าวที่มีปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ต่ำ เพื่อป้องกันการหืนของน้ำมันเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน แล้วบีบน้ำมันออกโดยใช้เครื่องบีบอัด น้ำมันที่ได้มีสีใสเหมือนน้ำ มีกลิ่นและรสของมะพร้าว และใช้บริโภคได้ทันทีโดยไม่ต้องผ่านกรรมวิธีทางเคมี จึงจัดอยู่ในประเภทน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ได้

ข. การสกัดน้ำมันมะพร้าวจากกะทิ มีขั้นตอนการปฏิบัติโดยเริ่มต้นที่การชูดมะพร้าวที่ต้องทำทันทีที่ผ่าผลมะพร้าว ไม่ควรทิ้งไว้นานเกินไป เพราะจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพ อีกทั้งยังเป็นการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ทำให้น้ำกะทิที่ได้มีคุณภาพต่ำ หลังจากนั้นนำเนื้อมะพร้าวชูดมาเติมน้ำ แล้วคั้นกะทิต่อออกมาโดยเติมน้ำลงไปบนมะพร้าวชูดในอัตรา 1:1 แล้วจึงทำการแยกน้ำมันมะพร้าวออกจากกะทิ เพราะน้ำกะทินั้นประกอบด้วยน้ำมันมะพร้าวและน้ำรวมตัวกันเป็นสารแขวนลอยที่มีตะกอน มีสารที่ทำให้เกิดแรงตึงผิว ซึ่งเป็นโปรตีนที่ห่อหุ้มอนุภาคของน้ำมันมะพร้าวเอาไว้ หลักการสำคัญในการผลิตน้ำมันมะพร้าวจากน้ำกะทิ คือ การย่อยหรือทำลายโปรตีนห่อหุ้มอนุภาคของน้ำมันเอาไว้ สารนี้จะถูกทำลายโดยการเคี้ยว (Boiling) การกลั่น (Distillation) การเหวี่ยง (Centrifugation method) หรือการหมัก (Fermentation method) ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีดั้งเดิมที่นิยมปฏิบัติ เพราะเป็นวิธีผลิตที่ง่าย ไม่ซับซ้อน ไม่ต้องใช้พลังงาน ไม่ต้องลงทุนสูงเพราะไม่ต้องใช้เครื่องมือที่มีราคาสูง การผลิตน้ำมันมะพร้าวด้วยวิธีนี้นิยมผลิตในระดับครัวเรือนและระดับอุตสาหกรรมขนาดย่อมโดยใช้วิธีการหมักตามธรรมชาติ การหมักกะทิไม่เกิน 24 ชั่วโมง จะช่วยลดปัญหาเรื่องกลิ่นเปรี้ยวที่เกิดขึ้นในน้ำมันมะพร้าวได้ แต่ปริมาณน้ำมันที่ผลิตได้จะลดลง เป็นการใส่เอนไซม์ที่สร้างขึ้นโดยแบคทีเรียในธรรมชาติหรือที่ผ่านการปรับปรุงสายพันธุ์ หรือจากเอนไซม์สังเคราะห์ วิธีการสกัดน้ำมันมะพร้าวด้วยวิธีนี้ทำได้โดยนำน้ำกะทิใส่ภาชนะ หมักทิ้งไว้ 24-26 ชั่วโมง เพื่อให้แบคทีเรียในธรรมชาติที่ติดมากับเนื้อมะพร้าวสร้างเอนไซม์ที่ย่อยโปรตีนห่อหุ้มอนุภาคน้ำมัน ทำให้น้ำกับน้ำมันแยกตัวออกจากกัน โดยน้ำมันซึ่งเบากว่าน้ำจะลอยอยู่ชั้นบน สามารถนำไปอุ่นให้ร้อนโดยใช้ความร้อนไม่สูงเพื่อให้ น้ำหรือความชื้นที่ยังหลงเหลืออยู่ระเหยออกให้หมด นำไปกรองด้วยผ้าขาวบาง จะได้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ซึ่งยังคงมีกลิ่นและรสของเนื้อมะพร้าวอยู่ มีลักษณะใสเหมือนน้ำ และสามารถบริโภคได้ทันทีที่สกัดได้ ข้อเสียของวิธีการนี้ คือ การผลิตจะเป็นในระดับกำลังการผลิตขนาดเล็ก ทำให้การควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้สม่ำเสมอเป็นไปได้

8.2.2 องค์ประกอบและคุณสมบัติของน้ำมันมะพร้าว (รุษมียา อาลี, 2556)

จากการศึกษาการทำน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น (Cold process coconut oil) หรือเรียกว่าน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (Virgin coconut oil) ที่ได้จากการคั้นกะทิสด ผสมน้ำต้มสุก หรือผสมน้ำมะพร้าว หมักจนเกิดการแยกตัว เป็น 3 ชั้น ชั้นบนสุด เรียกว่า ครีม เป็นส่วนของโปรตีน มีสีขาว ชั้น

กลางเป็นส่วนน้ำมันมะพร้าว ชั้นล่างเป็นส่วน ของน้ำที่เกิดจากการหมัก จะได้ส่วนของน้ำมันประมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใช้เห็นใจโปรดอย่าเผยแพร่ในทางที่ไม่ควร
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

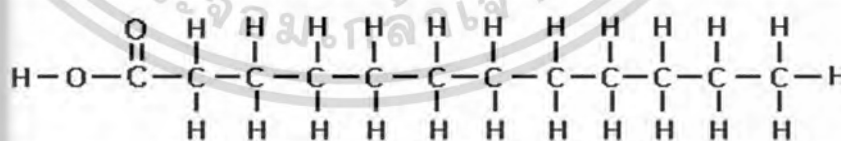
15% จากปริมาตรของน้ำกะทิเริ่มต้น น้ำมันนี้จะแข็งตัวที่อุณหภูมิต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส มีกลิ่นหอมอ่อนๆ รสชาติเหมือนมะพร้าวอ่อน น้ำมันสามารถเก็บไว้ได้นานโดยไม่ต้องแช่เย็น และไม่เกิดการบูดหรือกลิ่นหืน เนื่องจากในน้ำมันมะพร้าว มีสารโทโคเฟอรอล (Tocopherol) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของวิตามิน E ที่ป้องกันการเติมออกซิเจน (Antioxidant)

8.2.2.1 กรดไขมัน (พิชญา พิศสุวรรณ, 2550) องค์ประกอบของน้ำมันมะพร้าวนั้นประกอบไปด้วยกรดไขมันอิ่มตัวประมาณร้อยละกว่า 90% ของกรดไขมันทั้งหมด และอีก 10% เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว กรดไขมันอิ่มตัวส่วนมากจะประกอบไปด้วยอะตอมของคาร์บอน 8-14 อะตอม ซึ่งจัดเป็นกรดไขมันที่มีความยาวของโมเลกุลสายโซ่ปานกลางจึงทำให้ร่างกายย่อยและดูดซึมไปใช้เป็นพลังงานไปใช้ได้ก่อนจะสะสมในร่างกาย ส่วนที่ถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดจึงมีไม่มากพอที่จะสะสมเป็นไขมันในร่างกาย หรือเกาะติดบนผนังของเส้นเลือดอันเป็นสาเหตุของการแข็งตัวของเส้นเลือดสามารถช่วยกระตุ้นต่อมไทรอยด์ทำงานได้ดีขึ้น ทั้งนี้อาหารที่ประกอบด้วยน้ำมันมะพร้าวป้องกันการสะสมไขมันในร่างกาย และการต่อต้านอนุมูลอิสระ ทำให้สามารถอธิบายได้ว่าคนที่บริโภคไขมันที่มีความยาวสายโซ่ปานกลาง (Medium chain fatty acids) ที่มีอยู่ในน้ำมันมะพร้าวสามารถลดความอ้วนได้ กรดไขมันที่มีความสำคัญ ได้แก่ กรดคาปริก (Capric acid, C10) กรดลอริก (Lauric acid, C12) และกรดไมริสติก (Myristic acid, C14) 4-8%, 43-53%, และ 16-21% ของกรดไขมันทั้งหมดตามลำดับ นอกจากนี้ น้ำมันมะพร้าวยังประกอบไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acid) ปริมาณเล็กน้อยเพียง 9% ซึ่งเป็นส่วนของกรดโอเลอิก (Oleic acid, C18 : 1) และกรดไลโนลิอิก (Linoleic acid, C18 : 2) ตามตารางที่ 8.1

ตารางที่ 8.1 แสดงกรดไขมันในน้ำมันมะพร้าว

ชนิดของกรดไขมัน	ร้อยละ
กรดไขมันอิ่มตัว	
- Lauric acid	43.8
- Myristic acid	20.95
- Palmitic acid	11.64
- Caprylic acid	4.74
- Capric acid	4.44
- Stearic acid	2.85
- Caproic acid	0.29
รวมกรดไขมันอิ่มตัว	88.29
กรดไขมันไม่อิ่มตัว	
- Oleic acid	9.62
- Linoleic acid	2.09
รวมกรดไขมันไม่อิ่มตัว	11.71

8.2.2.2 กรดลอริก (รูสมียา อาลี, 2556) กรดลอริกเป็นกรดไขมัน (Fatty acid) เป็นชนิดอิ่มตัว (Saturated fatty acid) ซึ่งมีจำนวนอะตอมคาร์บอนเท่ากับ 12 อะตอม (C12 : 0) มีสูตรโมเลกุล C₁₂H₂₄O₂ จัดเป็นกรดไขมันที่มีความยาวสายโซ่ปานกลาง (Medium chain fatty acid, MCFA) ดังภาพที่ 8.1สามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานที่ตับได้อย่างรวดเร็ว และยังเป็นกรดไขมันอิ่มตัวที่มีคุณสมบัติทางด้านสุขภาพเด่นกว่าน้ำมันชนิดอื่นๆ กรดลอริก (Lauric acid) มีจุดหลอมเหลวอยู่ที่ 43.2 องศาเซลเซียส กรดลอริกมีฤทธิ์ต้านการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้



Lauric acid

ภาพที่ 8.1 โครงสร้างของกรดลอริก

จากการศึกษาปริมาณกรดลอริกในน้ำมันมะพร้าวจากมะพร้าวสายพันธุ์ต่างๆ พบว่า ปริมาณของกรดลอริกในน้ำมันมะพร้าวมีความต่างกันเพราะมะพร้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่แตกต่างกัน โดยงานวิจัยของ Laureles et al. (ณรงค์ โฉมเฉลา, 2555) ได้วิเคราะห์ปริมาณ กรดลอริกในน้ำมันเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มะพร้าว ในมะพร้าว 17 สายพันธุ์ ประกอบไปด้วยพันธุ์ลูกผสม 9 สายพันธุ์ พันธุ์ต้นสูง 5 สายพันธุ์ และพันธุ์ต้นเตี้ย 3 สายพันธุ์ ปริมาณของกรดลอริกที่พบ 47.3-50.6% ของกรดไขมันทั้งหมด ซึ่งมะพร้าวพันธุ์ Tagunan green dwarf (TACD) มีปริมาณกรดลอริกสูง 50.50%

8.2.2.3 สารต้านอนุมูลอิสระ คือ สารที่สามารถยับยั้งหรือชะลอของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยอนุมูลอิสระชนิดต่างๆ สารเหล่านี้มีกลไกการทำงานต้านอนุมูลอิสระหลากหลายรูปแบบ เช่น ดักจับอนุมูลอิสระโดยตรง ยับยั้งการสร้างอนุมูลอิสระหรือเข้าจับกับเหล็กป้องกันการสร้างอนุมูลอิสระ

8.2.3 ประโยชน์ของน้ำมันมะพร้าว (ณรงค์ โฉมเฉลา, กุมภาพันธ์ 2556)

น้ำมันมะพร้าว น้ำมันมะพร้าวมีกรดไขมันอิ่มตัวความยาวสายโซ่ปานกลาง (Medium chain fatty acid, MCFAs) ที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอมอยู่ระหว่าง 8-12 อะตอม ประมาณ 70% ของกรดไขมันทั้งหมด ทำให้สามารถแตกตัว ย่อย และดูดซึมไปใช้งานได้ง่ายกว่ากรดไขมันความยาวสายโซ่ยาว (Long chain fatty acid, LCFAs) ไม่จำเป็นต้องอาศัยเอนไซม์ไลเปสจากตับอ่อนมาช่วยย่อย กรดไขมันนี้จะถูกเผาผลาญหมดทันทีเพื่อสร้างพลังงาน โดยจะไม่ถูกเปลี่ยนไปเป็นไขมันหรือคอเลสเตอรอล จึงไม่มีผลกระทบกับระดับคอเลสเตอรอลในเลือด และมีแนวโน้มที่จะทำให้คอเลสเตอรอลชนิดความหนาแน่นสูง (High density lipoprotein, HDL) หรือ HDL คอเลสเตอรอลมีสัดส่วนสูงและสมดุลมากขึ้น และเนื่องจากน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ มีโครงสร้างส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันอิ่มตัว จึงทำให้มีปริมาณกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวน้อย กรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวนี้มีผลในการเกิดออกซิเดชันได้ง่าย ดังนั้นไขมันที่เกิดขึ้นจะสะสมในผนังหลอดเลือด ทำให้เป็นสาเหตุของการอุดตันในหลอดเลือด ทำให้หัวใจทำงานหนัก จึงเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจ รวมทั้งยังต่อการเกิดอนุมูลอิสระด้วย นอกจากนี้น้ำมันมะพร้าวยังมีคุณสมบัติในการเสริมภูมิคุ้มกัน เสริมการทำงานของต่อมไทรอยด์ รวมถึงการออกฤทธิ์ในการทำลายเชื้อแบคทีเรีย ไวรัส และเชื้อรา จึงสรุปคุณประโยชน์ของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ดังนี้

8.2.3.1 ช่วยกระตุ้นการเผาผลาญไขมัน กรดไขมันอิ่มตัวที่โมเลกุลขนาดเล็กจะกระตุ้นต่อมไทรอยด์ให้มีการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ร่างกายของเราสามารถเปลี่ยนน้ำมันมะพร้าวให้เป็นพลังงานได้อย่างรวดเร็ว เพราะเนื่องจากกรดไขมันส่วนใหญ่ของน้ำมันมะพร้าวเป็นกรดไขมันที่มีขนาดโมเลกุลปานกลาง เมื่อบริโภคน้ำมันมะพร้าวเข้าไปผ่านกระเพาะอาหารไปยังลำไส้เล็กแล้วทำการเปลี่ยนเป็นพลังงานอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ไม่มีไขมันสะสมในร่างกาย น้ำมันมะพร้าวมีผลทำให้เกิดความร้อนสูง(Thermogenesis) ช่วยเร่งต่อมไทรอยด์ให้ทำงานเร็วขึ้น คล้ายกับบุคคลประเภทไฮเปอร์ไทรอยด์ทำงานในอัตราสูงกว่าคนธรรมดา บุคคลจำพวกนี้จึงใช้พลังงานมากแล้วจะไม่อ้วน

8.2.3.2 ช่วยกระตุ้นการทำงานของสมอง ในน้ำมันมะพร้าวมีกรดไขมันอิ่มตัวความยาวสายโซ่ปานกลาง(Medium chain fatty acid) จะช่วยกระตุ้นการทำงานของสมอง รวมไปถึง

กระบวนการรับรู้ของมนุษย์ นอกจากนั้นยังมีผลการศึกษาพบว่า น้ำมันมะพร้าวช่วยป้องกันโรคอัลไซเมอร์อีกด้วย

8.2.3.3 ช่วยให้กระดูกแข็งแรง การรับประทานน้ำมันมะพร้าวเป็นประจำ จะเป็นการเพิ่มแคลเซียมและแมกนีเซียมให้แก่กระดูก ทำให้โครงกระดูกในร่างกายมีการเจริญเติบโตที่แข็งแรง

8.2.3.4 ช่วยบำรุงรักษาเส้นผมให้นุ่ม เงางาม น้ำมันมะพร้าวสามารถช่วยบำรุงเส้นผมให้ตกค้างงามอย่างเป็นธรรมชาติ ด้วยการชโลมน้ำมันมะพร้าวให้ทั่วศีรษะ นวดหนังศีรษะแล้วทิ้งไว้ประมาณ 15 นาที แล้วจึงสระออก อีกทั้งยังสามารถช่วยบำรุงผมเสีย แก้ปัญหาผมหลุดร่วง ผมแตกปลาย ด้วยการชโลมน้ำมันมะพร้าวในตอนผมแห้งทิ้งไว้ 30 นาที แล้วสระออกจะช่วยให้ผมมีสุขภาพที่ดีขึ้น

8.2.3.5 ช่วยรักษาอาการผิปกติทางผิวหนัง น้ำมันมะพร้าวช่วยรักษาอาการผิปกติทางด้านเรื่องผิวหนัง เช่น สิว โรคเรื้อน นอกจากนั้นการใช้น้ำมันมะพร้าวเป็นประจำยังสามารถช่วยสมานแผลได้อีกด้วย

8.2.3.6 กลั้วปากขจัดเชื้อโรคลดกลิ่นปาก น้ำมันมะพร้าวสามารถใช้เป็นน้ำยาบ้วนปาก โดยการอมน้ำมันมะพร้าวไว้ในปากประมาณ 2 ชั่วโมง นานประมาณ 15 นาที แล้วบ้วนด้วยน้ำสะอาด 2-3 ครั้ง การอมและกลั้วน้ำมันมะพร้าวช่วยขจัดเชื้อโรคในปากและยังลดกลิ่นปากได้อีกด้วย

8.2.3.7 มีความสามารถในการเสริมภูมิคุ้มกัน ในน้ำมันมะพร้าวนั้นมีกรดลอริกอยู่ในปริมาณมากถึง 40% ซึ่งกรดลอริกในน้ำมันมะพร้าวนั้นเป็นสารชนิดเดียวกับกรดไขมันที่อยู่ในน้ำมันแม่ ซึ่งเมื่อบริโภคกรดลอริกเข้าไป กรดลอริกจะเปลี่ยนไปเป็นโมโนลอริคซึ่งมีฤทธิ์ในการทำลายเชื้อโรคไม่ว่าจะเป็น แบคทีเรีย เชื้อรา เชื้อไวรัส หรือโปรโตซัว นอกจากนี้จะช่วยทำลายเชื้อโรคต่างๆ แล้วยังช่วยในการขยายตัวของหลอดเลือด ป้องกันการแข็งตัวของหลอดเลือดซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดโรคหัวใจ อีกทั้งยังไปช่วยเพิ่ม ประสิทธิภาพการทำงานของตับอ่อนในการเสริมสร้างอินซูลิน ซึ่งเป็นผลดีต่อผู้ป่วยโรคเบาหวาน อีกทั้งยังปลอดภัยต่อไขมันทรานส์ เพราะน้ำมันมะพร้าวจะไม่ใช่ไขมันทรานส์ และยังช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเนื้องอกในเซลล์มะเร็งอีกด้วย

8.2.3.8 ไม่ก่อให้เกิดอนุมูลอิสระ น้ำมันมะพร้าวมีองค์ประกอบหลักเป็นกรดไขมันอิ่มตัว 92% จึงเป็นเหตุให้ไม่มีการก่อให้เกิดอนุมูลอิสระอันเป็นต้นเหตุให้เกิดโรคมะเร็งใช้เจ็บต่างๆ มากมาย ต่างกับน้ำมันไม่อิ่มตัว เช่น น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันทานตะวัน น้ำมันดอกคำฝอย ซึ่งจะเกิดอนุมูลอิสระได้ง่ายจากการโดยออกซิเจน การเติมไฮโดรเจนเกิดขึ้นเมื่อมีการนำน้ำมันไม่อิ่มตัวมาทำให้ถูกความร้อนสูง ตัวอย่างเช่น ในขณะทอดอาหาร เป็นต้น ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดไขมันทรานส์ (Trans fat) ซึ่งไขมันทรานส์ก็เป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคต่างๆ มากมาย เช่น โรคหัวใจ โรคหลอดเลือดหัวใจตีบ โรคเบาหวาน เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.2.3.9 บำรุงสุขภาพผิวและความงาม ในน้ำมันมะพร้าวมีวิตามินอี ที่ทำหน้าที่ต่อต้านอนุมูลอิสระ ลดการเกิดริ้วรอย ป้องกันรอยหมองคล้ำ รักษาความชุ่มชื้น รักษาอาการผิวแห้ง แตก ลอก อาการผื่นแพ้ ช่วยทำให้ผิวนุ่มนวล และยังช่วยปกป้องผิวจากแสงแดด จึงมีคนนิยมนำน้ำมันมะพร้าวมาใช้ในการบำรุงรักษาสุขภาพและความงาม เช่น

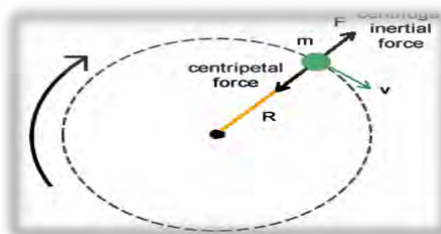
การดูแลผิวหน้า นำสำลีชุบน้ำอุ่นแล้วบีบน้ำออก หยดน้ำมันมะพร้าว 2-3 หยด ทาให้ทั่วใบหน้า จะช่วยผิวหน้าเนียนนุ่มไม่แห้งกร้าน รอยต่างคำจากสิวจางลง

การดูแลรักษาผิวกาย การใช้น้ำมันมะพร้าวกับผิวกายจะช่วยผ่อนคลายกล้ามเนื้อ ลดอาการปวดเมื่อย ปวดตามข้อต่างๆหากใช้เป็นประจำทุกวัน นอกจากนี้วิตามินอี ยังช่วยป้องกันรังสีจากแสงแดด

8.2.3.10 ผลต่อการเกิดมะเร็ง ได้มีการทดลองโดยการกระตุ้นหนูทดลองให้เกิดมะเร็งที่ลำไส้ด้วยสารก่อมะเร็งชนิด Azoxymethane แล้วเลี้ยงด้วย น้ำมันมะพร้าว น้ำมันมะกอก น้ำมันดอกคำฝอย น้ำมันข้าวโพด โดยปริมาณของสาร Adenocarcinomas ที่จะเปลี่ยนเป็นเซลล์มะเร็งลำไส้ของสัตว์ทดลอง พบว่า ทั้งน้ำมันมะกอกและน้ำมันมะพร้าวต่างก็มีสาร Adenocarcinomas ในระดับเท่ากันคือ 3% ส่วนในน้ำมันข้าวโพดมีถึง 32% แต่ที่สำคัญพบว่าในลำไส้ของสัตว์ทดลองที่เลี้ยงด้วยน้ำมันมะพร้าวไม่เกิดเนื้องอกส่วนสัตว์เลี้ยงที่เลี้ยงด้วยน้ำมันมะกอกเกิดเนื้องอก 7% สรุปได้ว่า น้ำมันมะพร้าวมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งลำไส้ได้

8.3 หลักการเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (ชูชาติ อาริจิตรานุสรณ์, 2550)

หลักการของการเหวี่ยงแยกเป็นแรงที่ทำให้อนุภาคของแข็งและอนุภาคของเหลวเคลื่อนที่เป็นวงกลมผ่านชั้นของเหลวในแนวหนีศูนย์กลาง ซึ่งกระทบกับขอบภาชนะก่อให้เกิดการตั้งอนุภาคลงในแนวตั้ง แรงเหวี่ยงที่กระทำต่ออนุภาคให้เคลื่อนที่ในแนวแรงหนีศูนย์กลาง มีลักษณะทำให้อนุภาคเคลื่อนที่เป็นวงกลม จะเห็นได้ว่าปริมาณแรงเหวี่ยงจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นกับรัศมี ความเร็วของการหมุน และมวลของอนุภาค ถ้ารัศมีและความเร็วของการหมุนคงที่ ดังนั้นปัจจัยที่ควบคุม คือ น้ำหนักของอนุภาค โดยอนุภาคที่หนักกว่าจะมีแรงเหวี่ยงที่มากกว่า ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 8.2 แสดงหลักการเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง

ที่มา : ชูชาติ อาริจิตรานุสรณ์, 2550

8.4 ความหนาแน่น

ความหนาแน่น (สัญลักษณ์: ρ) เป็นการวัดมวลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร ยิ่งวัตถุมีความหนาแน่นมากขึ้น มวลต่อหน่วยปริมาตรก็ยิ่งมากขึ้น โดยมีหน่วย กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (kg/m^3)

การที่วัตถุใดจะจมหรือลอยน้ำ ไม่ได้ขึ้นอยู่กับมวลหรือน้ำหนักของวัตถุเพียงอย่างเดียว แต่ขึ้นอยู่กับปริมาณ ซึ่งเรียกว่า ความหนาแน่น ความหนาแน่นเป็นสมบัติเฉพาะตัวของสารแต่ละชนิด สารชนิดเดียวกันไม่ว่าจะมีขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่ ความหนาแน่นของสารจะมีค่าคงที่

8.5 การตกตะกอน (Sedimentation)

การตกตะกอนเป็นการแยกอนุภาคของแข็งออกจากของเหลว โดยการตกของอนุภาคของแข็งตามแรงดึงดูดโลก หรือแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางผ่านของเหลวไปรวมกันอยู่ที่ก้นภาชนะที่ใช้ในการตกตะกอนอนุภาคที่มีขนาดใหญ่จะตกได้เร็วและดีกว่าอนุภาคขนาดเล็ก สำหรับอนุภาคที่มีขนาดเล็กมาก ๆ จะต้องผ่านการรวมตะกอนก่อน การรวมตะกอนจึงจะเกิดได้ดี

8.6 ร้อยละความเข้มข้น (สุคนธ์ชื่น ศรีศิลา, 2555)

8.6.1 ร้อยละโดยมวล (Percent mass by mass) เป็นอัตราส่วนร้อยละของมวลของตัวถูกละลายต่อมวลของสารละลาย มีสูตรดังนี้

$$\text{ร้อยละโดยมวล} = \frac{\text{มวลของตัวถูกละลาย}}{\text{มวลของตัวถูกละลาย} + \text{มวลของตัวทำละลาย}} \times 100 \quad (8.1)$$

$$\text{ร้อยละโดยมวล} = \frac{\text{มวลของตัวถูกละลาย}}{\text{มวลของสารละลาย}} \times 100 \quad (8.2)$$

8.7 อัตราการไหล

$$Q = AV \quad (8.3)$$

โดย Q = อัตราการไหล หน่วย ลิตรต่อนาที

A = พื้นที่หน้าตัด หน่วย เมตร

V = ความเร็ว หน่วย เมตรต่อนาที

8.8 ค่าความร้อนจำเพาะ

$$Q = mC_p\Delta T \quad (8.4)$$

โดย Q = พลังงานที่ต้องการรู้ หน่วย วัตต์ หรือ กิโลวัตต์

m = มวล หรือน้ำที่ต้องการเพิ่ม อุณหภูมิ หน่วย กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C_p = ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ หน่วย กิโลจูลต่อกิโลกรัมเซลเซียส

ΔT = ผลต่างของอุณหภูมิของน้ำ หน่วย องศาเซลเซียส

8.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รุสมียา พิศสุวรรณ, 2550 ได้ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์จากมะพร้าวพันธุ์ลูกผสมเปรียบเทียบกับต้นพันธุ์ คือ พันธุ์เวสต์แอฟริกันต้นสูง พันธุ์มลายูสีเหลืองต้นเตี้ย และพันธุ์ไทยต้นสูง โดยผ่านกระบวนการผลิตน้ำมันด้วยวิธีการหีบเย็นและการหมัก และวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของกรดไขมัน พบว่า มะพร้าวพันธุ์ลูกผสมมีปริมาณกรดลอริกอยู่ในช่วง 46.63-48.34% ของกรดไขมันทั้งหมด โดยมะพร้าวพันธุ์ลูกผสมชุมพร 60 มีปริมาณกรดลอริกสูงที่สุด 48.34% ของกรดไขมันทั้งหมด มะพร้าวพันธุ์ลูกผสมจากมลายูสีเหลืองต้นเตี้ย (สวี 1 และ ชุมพร 2) มีปริมาณกรดลอริกมากกว่าต้นพันธุ์ (มลายูสีเหลืองต้นเตี้ย) ปริมาณน้ำมันมะพร้าวที่ได้จากการสกัดแต่ละวิธีการผลิตแตกต่างกัน 25 และ 20% สัดส่วนของกรดลอริกทั้งสองวิธีไม่แตกต่างกัน แต่การสกัดด้วยวิธีการหีบเย็นมีปริมาณแอลฟาโทโคฟีรอลมากกว่า ($p < 0.05$) น้ำมันมะพร้าวจากมะพร้าวพันธุ์ลูกผสมชุมพร 60 มีปริมาณสารประกอบฟีนอล 57.89 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก ซึ่งสูงกว่ามะพร้าวพันธุ์ลูกผสมอื่นๆ ทำให้สามารถดองอนุมูลอิสระ DPPH ได้ดี จากคุณสมบัติที่โดดเด่นของมะพร้าวพันธุ์ลูกผสมชุมพร 60 จึงมีการนำมาศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนโดยโมลของกลีเซอรอลกับกรดลอริก (1:1-6:1) ความเข้มข้นของเอนไซม์ (0.1-5.0% โดยน้ำหนักของกรดลอริก) พบว่าอัตราส่วนโดยโมลของกลีเซอรอลกับกรดลอริก 1.5:1 ความเข้มข้นของเอนไซม์ lipase R 4.0% (โดยน้ำหนักของกรดลอริก) ทำปฏิกิริยาที่ 40 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 11.20 ชั่วโมง ได้ปริมาณโมโนลอริน 69.51% (โดยน้ำหนักของกรดลอริก) แต่เมื่อพิจารณาต้นทุนในการผลิต การใช้เอนไซม์ Lipase G จะเหมาะสมกว่าโดยการใช้เอนไซม์ Lipase G 1.6% (โดยน้ำหนักของกรดลอริก) ใช้อัตราส่วนโดยโมลของกลีเซอรอลกับกรดลอริก 6:1 ทำปฏิกิริยาที่ 45 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 16 ชั่วโมง ได้ปริมาณโมโนลอริน 60.93% (โดยน้ำหนักของกรดลอริก)

ฐิติภาส ชิตโชติ, 2536 ได้ทำการศึกษาการกำจัดไขมันออกซิเจนในน้ำโดยใช้เครื่องแยกกระแสน้ำแรงเหวี่ยง เพื่อที่จะทำการแก้ไขปัญหามลพิษน้ำมันในน้ำที่เกิดจากการกำจัดเกลือด้วยไฟฟ้าสถิต (EDW) โดยใช้กระบวนการสำหรับการแยกน้ำมันโดยใช้พื้นฐานการหมุนเหวี่ยง และทดสอบเครื่องแยกที่สร้างขึ้น โดยศึกษาผลกระทบของความเร็รรอบ อัตราการไหลทางเข้า อุณหภูมิของน้ำ ปริมาณของน้ำมัน และความหนาแน่นของน้ำมันดิบที่ได้จากการแยก พบว่า ประสิทธิภาพการแยกน้ำมันเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราการไหลทางเข้าลดลง ความเข้มข้นของน้ำมันลดลง หรือความหนาแน่นที่ 50 - 90 องศาเซลเซียส ประสิทธิภาพของน้ำมันคงที่ แต่ในช่วงแรกมีค่าเพิ่มขึ้น และหลังจากนั้นมีค่าลดลงเมื่อความเร็รรอบการเหวี่ยงเพิ่มขึ้น การแยกของเสียของช่วงแรกลดลงและค่อยๆเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของน้ำมันตั้งแต่ 4,000 - 6,000 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถลดต่ำกว่า 200 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้เครื่องแยกแบบหมุนเหวี่ยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wong et al., 2014 ได้ทำการศึกษาการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ด้วยวิธีการหมุนเหวี่ยง ในการผลิตน้ำมันมะพร้าวมีด้วยวิธีการหมุนเหวี่ยง เพื่อศึกษาการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ โดยศึกษาสิ่งที่มีความเกี่ยวข้องกับผลผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ โดยศึกษาความเร็วรอบในการหมุนเหวี่ยง อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการเหวี่ยง จากการศึกษาพบว่าผลที่ได้จากการเหวี่ยง คือ 13.53% ในรอบการเหวี่ยง 12,000 รอบ ที่ 120 นาที อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จะได้ผลผลิตที่ดีที่สุด และยังสามารถรักษาคุณภาพของกรดลอริกได้อีก

Asian and Pacific coconut community, 2009 ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ที่ได้จากมะพร้าวสดที่มีอายุประมาณ 12 เดือน โดยการใช้วิธีการสกัดที่มีการใช้ความร้อน โดยจะต้องไม่นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางธรรมชาติของน้ำมันมะพร้าว จากการศึกษาพบว่าน้ำมันมะพร้าวที่ยังไม่ได้รับการกลั่นสารเคมี การฟอกสีหรือกลั่น มีความแตกต่างจากไขมันสัตว์ น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ คือ ไม่มีสี ไม่มีตะกอน ไม่พบสารเจือปนในน้ำมันมะพร้าว และยังมีค่าสารจำพวก ธาตุเหล็ก 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทองแดง 0.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สารตะกั่ว 0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และสารหนู 0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

Mendis et al., 1989 ได้ทำการศึกษาผลของน้ำมันมะพร้าว และน้ำมันข้าวโพดต่อปริมาณคอเลสเตอรอล HDL และLDL ในชายชาวศรีลังกา ซึ่งเป็นชนชาติหนึ่งที่บริโภคน้ำมันมะพร้าวมากที่สุด ได้มีการวัดค่าคอเลสเตอรอลในอาสาสมัครที่บริโภคน้ำมันมะพร้าวเป็นประจำ จากนั้นให้อาสาสมัครเปลี่ยนไปบริโภคน้ำมันข้าวโพด แล้ววัดค่าคอเลสเตอรอล พบว่า ค่าคอเลสเตอรอลลดลงจาก 179.6 เป็น 146.0 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร และLDL ลดลงจาก 131.6 เป็น 100.3 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร แสดงว่าน้ำมันข้าวโพดดีกว่าน้ำมันมะพร้าวในการลดความเสี่ยงต่อโรคหัวใจ แต่เมื่อพิจารณา HDL ในอาสาสมัครลดลงจาก 43.4 เป็น 25.4 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ทำให้คอเลสเตอรอลเพิ่มขึ้นจาก 4.14 เป็น 5.75 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ซึ่งเสี่ยงต่อโรคหัวใจสูง (เพราะมีค่าสูงกว่า 5) ดังนั้นแม้จะการบริโภคน้ำมันมะพร้าวจะทำให้คอเลสเตอรอลสูงกว่าน้ำมันข้าวโพด แต่น้ำมันมะพร้าวก็น่าจะลดอัตราส่วนคอเลสเตอรอล (ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ความเสี่ยงต่อโรคหัวใจ) ได้มากกว่า

Rungsinee, S., 2011 ได้ทำการศึกษาปัญหาการดูดซึมน้ำมันที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ทอด อาจลดลงโดยการใช้ไฮโดรคอลลอยด์เคลือบและการปรับเปลี่ยนกระบวนการทอดในระหว่างขั้นตอนการปั่นแยกน้ำมันทอดสุญญากาศ เพื่อศึกษาผลกระทบของสารเคลือบผิวกินได้และความเร็วของขั้นตอนการปั่นแยกน้ำมันกับปริมาณของการดูดซึมน้ำมันและคุณสมบัติทางกายภาพของสุญญากาศทอดกล้วย เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์สุญญากาศทอดปกติ (ตัวอย่าง Control), ชิปกล้วยเคลือบด้วยทั้งเหงือกกระเทียมหรือแซนแทนกัมโซลูชันที่ 1.5% หรือหมุนเหวี่ยงที่ความเร็วสูงกว่าเงื่อนไขมาตรฐาน (140 - 280 รอบต่อนาที) ลดการดูดซึมน้ำมัน 25.22% 17.22% และ 17.31% ตามลำดับ นอกจากนี้การรวมกันของสารเคลือบผิวกินได้และความเร็วในการหมุนเหวี่ยงที่สูงขึ้น ส่งผลให้เกิดการลดลงมากขึ้นของการดูดซึมน้ำมัน (33.71%) เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม ดังนั้นกล้วยทอดเคลือบด้วยสารเคลือบผิวและกินที่ผลิตโดยใช้ความเร็วที่สูงขึ้นในระหว่างขั้นตอนการปั่นแยก

น้ำมันในกระบวนการสุญญากาศทอดคงคุณภาพดีที่มีปริมาณน้ำมันต่ำคิดเป็นอาหารว่างที่ดีต่อสุขภาพสำหรับผู้บริโภค

สุนทรชิ่ง ศรีศิลา, 2555 ได้ทำการศึกษากรรมวิธีการแยกน้ำมันมะพร้าวจากน้ำกะทิ ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการแยกหัวกะทิออกด้วยเครื่องแยกครีม การรวมตัวของไขมันในหัวกะทิและแยกน้ำบางส่วนออกที่อุณหภูมิต่ำ ก่อนการทำลายอิมัลชันด้วยการเพิ่มอุณหภูมิ การปรับอัตราการป้อนน้ำกะทิเข้าเครื่องแยกครีมให้เร็วขึ้น หรือปรับขนาดท่อทางออกของหัวกะทิให้กว้างขึ้น ทำให้ได้ปริมาณหัวกะทิมากขึ้นแต่ความเข้มข้นของน้ำมันน้อยลง ปริมาณหัวกะทิสัมพันธ์กับความเข้มข้นของน้ำมันในหัวกะทิ จึงสามารถใช้ปริมาณหัวกะทิในการปรับสภาวะของเครื่องแยกครีม ให้มีความเข้มข้นตามที่ต้องการ โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมในการรวมตัวของไขมัน คือ ต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำลายอิมัลชัน คือ 80 องศาเซลเซียส ได้น้ำมันร้อยละ 98 น้ำมันมะพร้าวมีลักษณะใส ไม่มีสี มีกลิ่นตามธรรมชาติ และมีค่ากรดไขมันอิสระน้อยกว่า 0.1

มณฑนา รัตนาปนนท์, 2551 ได้ทำศึกษาน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นบริสุทธิ์ โดยได้ศึกษากรรมวิธีการแยกน้ำมันมะพร้าวออกจากกะทิจากสถานะของเหลว กะทิถูกทำให้แข็งตัวก่อนการสกัดน้ำมันมะพร้าว เพื่อให้เกิดการรวมตัวของไขมันในกะทิ ณ อุณหภูมิ-30 องศาเซลเซียส ที่ เวลา 0, 2, 4 และ 6 ชั่วโมง นำไปเหวี่ยงแยกด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงควบคุมอุณหภูมิที่สภาวะอุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 7,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 50 นาที กะทิถูกแบ่งได้เป็น 3 ชั้น คือ ชั้นบนเป็นน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ชั้นกลาง คือ ชั้นครีม และชั้นล่าง คือ น้ำเปรี้ยว พบว่ากะทิที่แช่แข็งเป็นเวลา 2 ชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ของน้ำมันมะพร้าวสูงที่สุด คือ 26.25 และร้อยละผลได้ทั้งหมด 95.74% การศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเหวี่ยงแยกมันมะพร้าวด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิต่างกัน คือ 15, 20 และ 26 องศาเซลเซียส พบว่าที่ 15 และ 20 องศาเซลเซียส ไม่สามารถแยกน้ำมันมะพร้าวได้จึงนำมาเหวี่ยงแยกที่ 26 องศาเซลเซียสซ้ำอีกครั้ง พบว่าได้ปริมาณเปอร์เซ็นต์น้ำมันมะพร้าว 32.85 เท่ากัน และ ร้อยละผลได้ทั้งหมด 98.82% และ 97.45% ตามลำดับ

ศุภมาศ ปันปัญญา, ศิวลักษณ์ ปรุวีรัตน์, 2559 ได้ทำการศึกษาศึกษภาพของวิธีการแช่เยือกแข็งกะทิในกระบวนการแยกชั้นน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ โดยศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการแช่เยือกแข็งใช้อุณหภูมิในการเยือกแข็งอยู่ที่ -18, -28, และ -38 องศาเซลเซียส และช่วงเวลาที่ 36, 40, 44, 48 และ 52 ชั่วโมงตามลำดับ กะทิแช่เยือกแข็งถูกนำไปทำให้ละลายที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1, 1.5, 2 และ 2.5 ชั่วโมง จากการศึกษาพบว่า อุณหภูมิและเวลาในการแช่เยือกแข็งสามารถทำลายโครงสร้างพันธะภายในของโปรตีน ส่งผลให้เกิดการแยกชั้นหลังจากนำไปละลายแยกเป็น 3 ชั้น คือ ชั้นน้ำมัน ชั้นครีม และชั้นน้ำ ในขณะที่ผลการศึกษาพบว่า ช่วงเวลาในการเยือกแข็งที่มากกว่า 48 ชั่วโมง จะไม่ส่งผลให้ปริมาณน้ำมันมะพร้าวเพิ่มมากขึ้น ทุกๆช่วงอุณหภูมิในการแช่เยือกแข็ง

สรรพศิริ เอียกุล และ ณาเวศ ศรีศิริวัฒน์. 2559 ได้ทำการศึกษาการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์และคุณลักษณะของน้ำมันมะพร้าว เปรียบเทียบระหว่างวิธีแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางกับการสกัดเอ็กสตรัคชันเอ็กสตรัคชันด้วยวิธีแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นเปอร์เซ็นต์การสกัดไม่ต่างกันใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยความร้อนจากแสงอาทิตย์เปรียบเทียบกับวิธีการเหี่ยงหนีศูนย์แบบปกติด้วยการนึ่งในวิธีการสกัดและไล่ความชื้น น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ผลิตจากน้ำกะทิที่คั้นจากเนื้อมะพร้าวสด 10 กิโลกรัม ด้วยอัตราส่วนน้ำต้มสุกต่อเนื้อมะพร้าวที่เหมาะสม คือ 2 : 1 ใช้เวลาในการเหี่ยงแยก 20 นาที ด้วยความเร็วหมุนรอบ 7,500 รอบต่อนาที ได้ครีมกะทิ 3.4 กิโลกรัม. จากนั้นนำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จึงนำก้อนครีมกะทิแช่แข็งไปสกัดเป็นน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ผลการทดลองพบว่า น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ผลิตได้จากวิธีแรงเหี่ยงหนีศูนย์ร่วมกับการสกัดด้วยความร้อนจากแสงอาทิตย์ และวิธีแรงเหี่ยงหนีศูนย์แบบปกติสกัดด้วยการนึ่งมีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวที่ได้เท่ากับ 92.83 และ 93.18 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ กรดไขมันไม่อิ่มตัวได้เท่ากับ 7.17 และ 6.82 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ความชื้นและสารระเหยในน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์เท่ากับ 0.12 และ 0.17 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ซึ่งค่าดังกล่าวเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานของประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 57 (พ.ศ. 2524) เมื่อเปรียบเทียบผลผลิตและพลังงานที่ใช้ระหว่างวิธีการแบบปกติสกัดด้วยการนึ่งโดยใช้เชื้อเพลิงก๊าซปิโตรเลียมเหลว (Liquid petroleum gas (LPG)) กับวิธีผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้ออกแบบและพัฒนาขึ้นพบว่า การสกัดก้อนครีมกะทิด้วยวิธีปกติจะได้ผลผลิตของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ 1.85 กิโลกรัมหรือ 18.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และ ใช้เชื้อเพลิงก๊าซปิโตรเลียมเหลวคิดเป็น 6.66 บาทต่อกิโลกรัม

Reddy et al. 2012 ได้ทำการทดลองโดยกระตุ้นหนูทดลองให้เกิดมะเร็งลำไส้ ด้วยสารก่อมะเร็งชนิด Azoxymethane แล้วเลี้ยงด้วยน้ำมันมะพร้าว น้ำมันข้าวโพด น้ำมันดอกคำฝอย และน้ำมันมะกอก พบว่าเนื้องอกที่ใหญ่ที่สุดมาจากการให้น้ำมันข้าวโพด และน้ำมันดอกคำฝอย โดยปริมาณของสาร Adenocarcinomas ที่จะเปลี่ยนเป็นเซลล์มะเร็งในลำไส้ของสัตว์ทดลองที่ถูกกระตุ้นทางเคมีแตกต่างกัน 10 เท่า ระหว่างการใช้ น้ำมันข้าวโพด (32%) กับน้ำมันมะพร้าว (3%) และพบว่าทั้งน้ำมันมะกอก และน้ำมันมะพร้าวต่างก็สร้าง Adenocarcinomas ในระดับต่ำเท่ากันคือ 3% แต่พบว่าในลำไส้ของสัตว์ทดลองที่เลี้ยงด้วยน้ำมันมะพร้าวไม่เกิดเนื้องอก ในขณะที่สัตว์ทดลองที่เลี้ยงด้วยน้ำมันมะกอกเกิดเนื้องอก 7% จึงสรุปได้ว่าน้ำมันมะพร้าวมีผลยับยั้ง การเจริญเติบโตของมะเร็งลำไส้ที่กระตุ้นด้วยสารก่อมะเร็งได้ดีกว่าน้ำมันข้าวโพด น้ำมัน ดอกคำฝอย และน้ำมันมะกอก

โครงการย่อยที่ 9 : การศึกษาการใช้ผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวเพื่อเป็นอาหารสัตว์

มะพร้าว

มะพร้าว (Coconut) มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Cocos nucifera* Linn. เป็นพืชยืนต้นในตระกูลปาล์ม ที่เป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่มีการปลูกอย่างแพร่หลายในหลายประเทศ นอกจากจะมีการกินสดหรือการคั้นกะทิแล้ว ยังมีการนำมะพร้าวมาสกัดน้ำมันซึ่งผลพลอยได้ คือ กากมะพร้าว (Coconut copra หรือ Kernel meat) ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 12 ของน้ำหนักสดต่อ 1 ผล โดยกากมะพร้าวจากโรงงานสกัดน้ำมันมะพร้าวมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตประมาณร้อยละ 43 - 45 ที่อยู่ในรูปของแมนโนสโพลีแซคคาไรด์ (Mannose polysaccharide) (Khuwijitjaru *et al.*, 2012)

9.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ (วาสนา, 2541)

มะพร้าวมีระบบรากเป็นรากฝอยแผ่กระจายออกรอบลำต้น ซึ่งเป็นรากฝอยที่มีขนาดเท่าๆ กันล้อมรอบโคนต้น มีลำต้นเดี่ยว ไม่แตกแขนง มีรอยแผลจากการหลุดร่วงของใบตลอดลำต้นซึ่งสามารถคำนวณอายุของต้นมะพร้าวได้จากรอยแผลนี้คือ ในหนึ่งปีมะพร้าวจะสร้างใบประมาณ 12 - 14 ใบ ดังนั้นในหนึ่งปีจะมีรอยแผลที่ลำต้น 12 - 14 รอยแผล ลักษณะของใบจะเป็นใบประกอบออกอยู่ตามส่วนต่างๆ ของลำต้นประกอบด้วยก้านทางมีขนาดใหญ่ และยาว มีใบย่อยบนก้านทางประมาณ 200 - 250 ใบ ดอกจะออกเป็นช่อมีทั้งดอกตัวผู้และดอกตัวเมียอยู่ในช่อเดียวกัน ดอกมี 6 กลีบ มีสีครีมหรือสีเหลืองนวล ไม่มีก้านดอกย่อย

สำหรับผลมะพร้าวจะมีขนาดโตเต็มที่หลังจากที่มีการผสมเกสรแล้ว 6 เดือน หลังจากนั้นอีก 6 เดือน ผลก็จะสุกแก่พร้อมที่จะเก็บเกี่ยวโดยลักษณะของผลเป็นแบบไฟบรัส ดรูป (Fibrous drupe) เรียกว่า นัท (Nut) จะมีเปลือก 3 ชั้น คือ เปลือกชั้นนอก (Exocarp) เป็นเส้นใยที่เหนียวและแข็ง เมื่อแก่จะมีสีเขียว แดง เหลือง หรือน้ำตาล เปลือกชั้นกลาง (Mesocarp) เป็นชั้นที่อยู่ถัดจากเปลือกนอกเข้ามาเป็นชั้นของเส้นใย เรียกว่า กาบมะพร้าว มีความหนาประมาณ 4 - 8 เซนติเมตร เปลือกชั้นใน (Endocarp) เป็นชั้นในสุดที่มีกาบมะพร้าวหุ้มล้อมรอบ เมื่อผลแก่จะมีลักษณะแข็งสีน้ำตาลดำที่เรียกว่ากะลา (Husk or shell) ซึ่งภายในกะลามะพร้าวจะมีเมล็ดมะพร้าวหรือที่เรียกว่าเนื้อมะพร้าว (Endosperm) ประกอบด้วย Seed coat เป็นแผ่นบางๆ สีน้ำตาลคั่นอยู่ระหว่างกะลา กับเนื้อมะพร้าว ซึ่ง Seed coat นี้จะติดแน่นกับเนื้อมะพร้าว เนื้อมะพร้าวโดยทั่วไปจะมีความหนาเฉลี่ยประมาณ 1 - 2 เซนติเมตร มีสีขาวและมีน้ำมันอยู่มาก (วาสนา, 2541)

การจำแนกทางอนุกรมวิธานของมะพร้าว (Taxonomic classification) ดังนี้

Class : Angiospermae

Subclass : Monocotyledoneae

Order : Palmales

Family : Palmae

Subfamily : Cocoideae

Tribe : Cocoideae

Genus : Cocos

Species : Nucifera (วาสนา, 2541)

9.2 ส่วนประกอบของมะพร้าว (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2554)

9.2.1 มะพร้าวทั้งผล (Whole mature coconut) หมายถึง ผลมะพร้าวแก่ที่ยังไม่ปอกเปลือก โดยยังมีส่วนของเปลือกชั้นนอก (Exocarp) และเปลือกชั้นกลาง (Mesocarp) หุ้มเปลือกชั้นในหรือกะลามะพร้าว (Endocarp)

9.2.2 มะพร้าวปอกเปลือกชั้นนอก (Semi dehusked mature coconut) หมายถึง ผลมะพร้าวที่ผ่านการปอกเปลือกชั้นนอกออกเหลือส่วนของเปลือกชั้นกลางบางส่วนหุ้มกะลามะพร้าว

9.2.3 มะพร้าวปอกเปลือกเหลือจุก (Dehusked mature coconut except perianth area) หมายถึง ผลมะพร้าวที่ผ่านการปอกเปลือกชั้นนอกและเปลือกชั้นกลางออก โดยเหลือส่วนของเปลือกชั้นกลางหุ้มเฉพาะบริเวณตา (Perianth area) ของกะลามะพร้าวไว้

9.2.4 มะพร้าวปอกเปลือกออกทั้งหมด (Fully dehusked mature coconut) หมายถึง ผลมะพร้าวที่ผ่านการปอกเปลือกชั้นนอกและเปลือกชั้นกลางออกทั้งหมดเหลือเฉพาะกะลามะพร้าว

9.3 ประเภทของมะพร้าว (พัชรินทร์, 2554)

มะพร้าวเป็นพืชผสมข้ามพันธุ์แต่ต้นจึงไม่เป็นพันธุ์แท้ อาศัยหลักทางการผสมพันธุ์ที่เป็นไป โดยธรรมชาติ ในเรื่องของการจำแนกพันธุ์มะพร้าวมีผู้จำแนกไว้หลายแบบซึ่งแตกต่างกันไปหลักที่ใช้ใน การจำแนกพันธุ์จะเป็นขนาดของต้น อายุตกผล และขนาดผล จากหลักเกณฑ์ทั้ง 3 นี้ ทำให้จำแนกพันธุ์มะพร้าวไทยออกเป็น 2 กลุ่ม คือ มะพร้าวพันธุ์ต้นสูงและมะพร้าวพันธุ์ต้นเตี้ย

9.3.1 มะพร้าวพันธุ์ต้นสูง

ลักษณะสำคัญคือ ต้นสูง ออกผลช้า มีสะเกปที่โคนต้น ส่วนมากมะพร้าวที่ปลูกเป็นการค้า ในปัจจุบันนี้มักเป็นพันธุ์ต้นสูงมักจะมีอายุยืน 60 - 80 ปี หรือมากกว่านั้นขึ้นอยู่กับสภาพดิน มักจะต้านทานต่อโรคและแมลง ยกเว้นพวกไวรัสที่ทำให้เกิดโรคบางชนิด จะเริ่มติดผลเมื่ออายุประมาณ 8 - 10 ปี หลังปลูก จัดเป็นพืชผสมข้ามโดยดอกตัวผู้จะเริ่มเปิดก่อนที่ดอกตัวเมียในช่อดอกจะบาน ดังนั้นการผสมเกสรจะเกิดขึ้นก็เมื่อได้รับละอองเกสรจากต้นอื่น ในกลุ่มนี้จะแยกพันธุ์ตามสถานที่อยู่หรือลักษณะของผลที่เห็นเด่นชัด เช่น พันธุ์มะพร้าวหัวลิง พันธุ์ทะเลทรายร้อย พันธุ์ปากจก พันธุ์เปลือกวาน พันธุ์มะพร้าวใหญ่ และพันธุ์มะพร้าวกะโหลก

9.3.2 มะพร้าวพันธุ์ต้นเตี้ย

เป็นพันธุ์ที่ออกผลเร็ว ต้นเตี้ยไม่มีสะเกป พันธุ์พวกนี้มักจะติดดอกออกผลในช่วง 3 - 4 ปี หลังจากปลูก ผลผลิตจะออกเต็มที่ในช่วง 9 - 10 ปี อายุการให้ผลที่ระดับเศรษฐกิจอยู่ที่ประมาณ 30 - 40 ปี พันธุ์ต้นเตี้ยมีหลายพันธุ์ด้วยกันและมีแนวโน้มว่าเมล็ดที่ได้จะตรงตามพันธุ์ เพราะการแตกของละอองเกสรตัวผู้บางช่วงจะพร้อมกันกับการเปิดของดอกตัวเมียในช่อดอกเดียวกัน ดังนั้นจึงเกิดการผสมตัวเองของตัวผู้และตัวเมียในช่อดอกเดียวกัน สีของผลจะมี ทั้งสีเหลืองทอง สีเหลืองงาช้าง หรือสีเขียว สำหรับผลของพันธุ์ต้นเตี้ยจะมีทั้งขนาดผลเล็กและผลใหญ่ พันธุ์ผลเล็กที่สุดในกลุ่มนี้ คือ Coco nino ในฟิลิปปินส์ ซึ่งปัจจุบันมีการนำไปปลูกกระจายทั่วไปทุกส่วนของโลก มะพร้าวพันธุ์ต้นเตี้ยได้แก่ พันธุ์มะพร้าวหมูสี พันธุ์หมูสีเขียว พันธุ์ทุ่งเคล็ด พันธุ์หมูสีเหลือง พันธุ์มะพร้าวไฟ พันธุ์ปะทิว พันธุ์มะพร้าวน้ำหอม และพันธุ์นกคุ้ม

มะพร้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่ปลูกทั่วโลก และในปี 2016 ประเทศไทยถือเป็นประเทศที่ผลิตมะพร้าวได้เป็นอันดับ 13 ของโลก คิดเป็น 3.69% (National Informatics Centre, 2016) ของผลผลิตมะพร้าวทั่วโลก มะพร้าวสามารถกินได้ทั้งเป็นผลสด หรือนำมาประกอบอาหารได้ทั้งอาหารคาวและหวาน มะพร้าวนับว่าเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของโลก ดังแสดงในตารางที่ 9.1

ตารางที่ 9.1 แสดงปริมาณผลผลิตมะพร้าวของโลก ปี 2016

Rank	Countries	AREA (1000 rai)	Production (Million nuts)	Productivity (Nuts/ha)	Productivity (Nuts/rai)
1	India	13050	22,167.00	10,616	66,350.00
2	Vietnam	1031.25	1,471.00	8,915	55,718.75
3	Kiribati	143.75	198	8,609	53,806.25
4	Vanuatu	575	699	7,598	47,487.50
5	Srilanka	2750	3,011.00	6,843	42,768.75
6	Papua New Guinea	1381.25	1,483.00	6,710	41,937.50
7	Jamaica	100	100	6,250	39,062.50
8	Malaysia	531.25	505	5,941	37,131.25
9	Marshall Islands	50	38	4,750	29,687.50
10	Indonesia	21506.25	13,934.00	4,049	25,306.25
11	Philippines	22281.25	13,825.00	3,878	24,237.50
12	Thailand	1150	686	3,728	23,300.00
13	F.S Micronesia	112.5	60	3,333	20,831.25
14	Kenya	481.25	254	3,299	20,618.75
15	Samoa	618.75	267	2,697	16,856.25
16	Solomon Islands	237.5	100	2,632	16,450.00
17	Fiji	400	159	2,484	15,525.00
18	Tonga	162.5	56	2,154	13,462.50
19	Other Countries	7850	8,115.00	6,461	40,381.25
	Total	9,862.50	67,128.00	5,638	144,125.00

ที่มา: ดัดแปลงจาก National Informatics Centre (2016)

จากการรายงานของกรมส่งเสริมการเกษตร (2560) ในปี 2559 เนื้อที่ปลูกมะพร้าวทั้งสิ้น 1,159,408 ไร่ จากพื้นที่ปลูก 72 จังหวัด มีผลผลิตรวม 1,231 ล้านตัน ผลผลิตต่อไร่เท่ากับ 1,158 กิโลกรัม โดยพบว่าจังหวัดที่มีผลผลิตมากที่สุดคือ ประจวบคีรีขันธ์ สุราษฎร์ธานี และชุมพร ตามลำดับ เมื่อจำแนกเป็นรายพันธุ์ พบว่า มะพร้าวแกงมีเนื้อที่ปลูกมากที่สุด โดยมีการปลูกมากที่สุดที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ขณะที่มะพร้าวอ่อนปลูกมากที่สุดที่จังหวัดราชบุรี ส่วนมะพร้าวน้ำตาลปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากที่สุดที่จังหวัดสมุทรสงคราม ซึ่งปลูกเพียง 3 จังหวัดคือ สมุทรสงคราม เพชรบุรี และราชบุรี ดังแสดงในตารางที่ 9.2

ตารางที่ 9.2 สถานการณ์การปลูกมะพร้าว ปี 2559

ลำดับ	จังหวัด	จำนวน ครัวเรือน น เกษตร กร	เนื้อที่ปลูก (ไร่)	เนื้อที่ให้ผล (ไร่)	เนื้อที่เก็บ เกี่ยว ผลผลิต (ไร่)	ผลผลิตที่เก็บ เกี่ยวได้ (ตัน)	ผลผลิต เฉลี่ย/เนื้อที่ เก็บเกี่ยว (กิโลกรัม)	ราคา ที่ เกษตรกรขาย ได้เฉลี่ย (บาท/ กิโลกรัม)
	รวมทั้งหมด	84	1,159,408	1,063,025	1,014,103	1,230,890	1,158	16.73
1	ประจวบคีรีขันธ์	24,372	454,550	421,376	418,488	417,646,355	991	17.57
2	สุราษฎร์ธานี	14,131	164,350	163,051	162,979	120,059,571	736	12.36
3	ชุมพร	18,354	111,469	109,385	107,943	39,103,214	356	17.48
4	นครศรีธรรมราช	17,038	60,754	53,018	51,413	33,061,039	624	15.77
5	สมุทรสงคราม	7,952	54,503	51,019	51,019	112,582,860	2,207	16.61
6	ชลบุรี	5,301	48,867	44,084	29,862	35,269,659	800	14
7	ราชบุรี	4,404	43,292	35,396	35,238	180,125,851	5,089	16.34
8	นราธิวาส	19,000	37,705	36,585	33,964	30,910,677	845	26.45
9	สมุทรสาคร	1,943	21,121	16,136	16,136	50,493,498	3,129	12.61
10	ฉะเชิงเทรา	6,429	15,315	10,732	10,304	27,548,486	2,567	12.46
11	สงขลา	13,175	14,713	12,539	11,983	25,948,419	2,069	14.12
12	กระบี่	4,040	14,360	12,023	12,008	8,742,825	727	33.86
13	เพชรบุรี	2,665	13,450	10,696	9,413	6,280,332	587	14.2
14	ตราด	1,724	11,725	11,036	10,516	6,751,949	612	11.76
15	พังงา	2,156	9,588	9,068	8,353	16,746,814	1,847	21.59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9.2 (ต่อ) สถานการณ์การปลูกมะพร้าว ปี 2559

ลำดับ	จังหวัด	จำนวน ครัวเรือน เกษตรกร	เนื้อที่ ปลูก (ไร่)	เนื้อที่ ให้ผล (ไร่)	เนื้อที่เก็บ เกี่ยว ผลผลิต (ไร่)	ผลผลิตที่ เก็บเกี่ยวได้ (ตัน)	ผลผลิต เฉลี่ย/เนื้อที่ เก็บเกี่ยว (กิโลกรัม)	ราคาที่เกษตรกร ขายได้เฉลี่ย (บาท/กิโลกรัม)
16	นครปฐม	3,238	8,137	7,009	6,080	19,043,270	2,717	13.09
17	ยะลา	5,157	6,792	6,289	6,036	12,717,240	2,022	42.88
18	นครราชสีมา	5,523	6,622	5,414	885	1,518,596	280	17.01
19	ระยอง	1,504	6,184	4,528	3,058	5,371,325	1,186	12.81
20	ตรัง	5,447	6,081	5,456	4,035	22,614,803	4,145	17.3
21	ระนอง	1,961	5,921	4,341	4,341	7,419,120	1,709	11.43
22	พัทลุง	8,756	5,719	5,131	5,064	9,850,979	1,920	19.99
23	ภูเก็ต	381	3,658	3,521	-	-	-	-
24	ปัตตานี	931	3,343	3,343	1,000	1,942,000	581	10
25	สตูล	3,352	3,314	3,171	1,340	1,618,066	510	24.78
26	ปทุมธานี	888	2,936	2,334	2,198	10,951,300	4,693	17.9
27	สมุทรปราการ	2,150	2,442	1,786	1,741	7,807,642	4,373	28.78
28	ขอนแก่น	7,675	2,435	649	531	3,705,790	5,710	7.95
29	สุรินทร์	5,341	1,903	1,449	1,242	1,248,201	861	8.3
	กรุงเทพมหานคร							
30	คร	668	1,651	1,159	1,081	4,342,020	3,746	16.19
31	เพชรบูรณ์	340	1,294	556	255	523,390	941	15.79
32	ตาก	883	1,087	946	590	337,150	356	8.4
33	กาญจนบุรี	265	1,045	968	772	1,934,120	1,999	12.15
34	ลพบุรี	337	972	436	304	547,670	1,256	16.96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการศึกษา
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9.2 (ต่อ) สถานการณ์การปลูกมะพร้าว ปี 2559

ลำดับ	จังหวัด	จำนวน ครัวเรือน เกษตรกร	เนื้อที่ ปลูก (ไร่)	เนื้อที่ ให้ผล (ไร่)	เนื้อที่เก็บ เกี่ยว ผลผลิต (ไร่)	ผลผลิตที่ เก็บเกี่ยวได้ (ตัน)	ผลผลิต เฉลี่ย/เนื้อที่ เก็บเกี่ยว (กิโลกรัม)	ราคาที่เกษตรกร ขายได้เฉลี่ย (บาท/กิโลกรัม)
35	นนทบุรี	705	954	495	328	493,700	997	16.68
36	อุดรดิตถ์	376	927	421	63	133,800	318	5.43
37	ชัยภูมิ	517	843	599	306	778,795	1,302	9.63
38	พิษณุโลก	601	836	750	120	16,625	22	50.09
39	พระนครศรีอยุธยา	504	770	223	29	5,300	24	7.25
40	สระบุรี	361	761	717	236	168,829	235	13.77
41	อ่างทอง	755	714	462	219	538,561	1,166	17.96
42	ลำปาง	544	677	383	177	8,900	23	15
43	จันทบุรี	732	631	623	415	485,050	779	9.39
44	มหาสารคาม	2,894	554	415	175	183,330	442	9.76
45	ปราจีนบุรี	666	545	474	291	83,212	176	14.44
46	นครสวรรค์	202	479	479	346	754,595	1,575	16.06
47	อุตรธานี	379	405	77	44	126,275	1,640	11.31
48	ศรีสะเกษ	1,334	355	292	272	207,359	711	15.17
50	สกลนคร	521	266	256	230	1,177,933	4,601	7.37
51	สิงห์บุรี	444	251	216	60	52,686	244	26.54
52	ชัยนาท	392	230	174	140	77,718	447	15.36
53	อุทัยธานี	244	223	125	73	18,976	152	12.46
54	กาฬสินธุ์	278	211	38	-	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9.2 (ต่อ) สถานการณ์การปลูกมะพร้าว ปี 2559

ลำดับ	จังหวัด	จำนวน ครัวเรือน เกษตรกร	เนื้อ ที่ ปลูก (ไร่)	เนื้อที่ ให้ผล (ไร่)	เนื้อที่เก็บ เกี่ยว ผลิต (ไร่)	ผลผลิตที่ เก็บเกี่ยวได้ (ตัน)	ผลผลิตเฉลี่ย/ เนื้อที่เก็บ เกี่ยว (กิโลกรัม)	ราคาที่เกษตรกรขาย ได้เฉลี่ย (บาท/ กิโลกรัม)
55	ยโสธร	299	166	80	12	6,550	82	20.61
56	นครนายก	39	128	128	-	-	-	-
57	บุรีรัมย์	89	113	89	89	81,139	912	13.07
58	อุบลราชธานี	147	108	87	8	19,630	226	9.05
59	สุพรรณบุรี	172	106	85	60	240,000	2,824	30
60	ลำพูน	1,402	101	101	16	8,000	79	5.67
61	เชียงใหม่	21	73	70	10	10,000	143	3
62	ร้อยเอ็ด	54	63	11	7	562	51	6.65
63	แพร่	72	59	33	26	14,750	447	15.68
64	สระแก้ว	13	57	57	-	-	-	-
65	กำแพงเพชร	10	56	46	35	313,700	6,820	8
66	สุโขทัย	39	52	44	42	29,300	666	9.65
67	หนองคาย	28	34	21	9	10,400	495	11.92
68	มุกดาหาร	17	19	8	-	-	-	-
69	พะเยา	4	8	8	6	3,255	407	26.65
70	เลย	4	4	4	-	-	-	-
71	แม่ฮ่องสอน	4	4	4	4	5,500	1,375	6.64
72	หนองบัวลำภู	4	3	1	-	-	-	-

ที่มา: กรมส่งเสริมการเกษตร (2560)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9.4 กากมะพร้าว

กากมะพร้าว คือ เนื้อมะพร้าว ที่ถูกแยกเอาน้ำมันออกไม่มีส่วนของกะลาแต่อาจมีเปลือกชั้นในติดมาบ้าง เนื้อในมะพร้าวเมื่อแยกเอาน้ำมันออกแล้วจะเหลือกากมะพร้าว 30 – 40% ส่วนมากการแยกน้ำมันมักใช้กระบวนการ Expeller ซึ่งเหลือน้ำมันในกากประมาณ 8 % จากนั้นจึงนำกากที่มีลักษณะเป็นก้อนใหญ่มาป่นอีกครั้งซึ่งปริมาณโปรตีนค่อนข้างแปรปรวน ในประเทศไทยมักอยู่ในช่วง 16 - 18% ไขมันที่อยู่ในกากมะพร้าวจึงแปรปรวนตามโดยมีตั้งแต่ 8 - 16% (พันทิพา, 2547) กากมะพร้าวที่ได้จากการสกัดน้ำมันมะพร้าวจากมะพร้าวแห้งมีคุณค่าทางอาหารสูงพอสมควรและใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ทุกประเภท กากมะพร้าวที่มีคุณภาพดีมักมีกลิ่นหอม ไม่เป็นราดำ และมีความชื้นต่ำ หากมีความชื้นสูงจะทำให้เก็บไว้ได้ไม่นาน และจำทำให้เกิดราเป็นอันตรายเมื่อนำไปใช้ กากมะพร้าวที่ได้จากโรงงานสกัดน้ำมันมีโปรตีนประมาณ 21-25 เปอร์เซ็นต์ และมีน้ำมันเหลืออยู่ประมาณ 9-16 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับกระบวนการในการสกัดน้ำมันของโรงงาน จึงกล่าวได้ว่ากากมะพร้าวมีคุณค่าทางโภชนาการผันแปรอย่างมาก ซึ่งหากมีปริมาณไขมันเหลืออยู่ในปริมาณสูง จึงอาจเกิดการเหม็นง่ายทำให้คุณภาพเสื่อมรวดเร็ว (ชวนิศนดากร และคณะ, 2528)

9.5 องค์ประกอบทางเคมีของกากมะพร้าว

กากมะพร้าวถือเป็นผลพลอยได้จากการการคั้นกะทิและการสกัดน้ำมัน องค์ประกอบทางเคมีของกากมะพร้าวประเภทต่างๆ แสดงไว้ดังตารางที่ 2 กานต์ และคณะ (2555) รายงานว่า กากกะทิ (กากมะพร้าวจากการคั้นกะทิ) ที่ซื้อได้จากแหล่งผลิตที่แน่ชัดเมื่อนำมาตากแดดให้แห้ง และนำไปวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี มีความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า แคลเซียม และฟอสฟอรัส เท่ากับ 7.33, 3.75, 27.62, 34.87, 1.01, 0.087 และ 0.072% ตามลำดับสาร (2547) รายงานคุณค่าโภชนาการของกากมะพร้าวสกัดน้ำมันประกอบด้วย โปรตีน ไขมัน เยื่อใย แคลเซียม ฟอสฟอรัส เท่ากับ 21, 8, 14, 0.30, 0.60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีพลังงานใช้ประโยชน์ได้ เท่ากับ 1.7-2.1 Mcal/kg ในขณะที่นนทนา (2552) รายงานว่ากากมะพร้าวมีวัตถุแห้ง ไขมันรวม โปรตีนรวม เยื่อใยรวม เถ้า และไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก เท่ากับ 92.17, 13.07, 21.46, 3.50 และ 41.64 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ นอกจากนี้วินัย (2529) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของกากมะพร้าวอย่าง และกากมะพร้าวตากแดดสกัดน้ำมัน พบว่ากากมะพร้าวอย่างสกัดน้ำมันมีค่า ความชื้น โปรตีน เยื่อใย เถ้า ไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก แคลเซียม และฟอสฟอรัส เท่ากับ 11.8, 15.63, 18.57, 9.91, 5.03, 39.06, 0.05 และ 0.45 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และเท่ากับ 10.26, 14.43, 8.96, 11.35, 6.87, 48.13, 0.14 และ 0.40 ตามลำดับในกากมะพร้าวตากแดดสกัดน้ำมัน ดังแสดงในตารางที่ 9.3

ตารางที่ 9.3 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของกากมะพร้าวประเภทต่างๆ

องค์ประกอบทางเคมี (%)	ประเภทกากมะพร้าว/ที่มา					
	กากมะพร้าว คั้นกะทิ	กาก มะพร้าว สกัดน้ำมัน	กากมะพร้าว สกัดน้ำมัน	กากมะพร้าว อย่างสกัดน้ำมัน	กากมะพร้าว ตากแดดสกัด น้ำมัน	กากมะพร้าว สกัดน้ำมัน
	กานต์ และ คณะ (2555)	สาโรช (2547)	นันทนา (2552)	วินัย (2529)	Manh et al. (2000)	
โปรตีน	3.75	21	13.07	15.63	14.43	19.93
ไขมัน	27.62	8	15.20	18.57	8.96	11.61
เยื่อใย	34.87	14	21.46	9.91	11.35	11.91
เถ้า	0.06	-	3.5	5.03	6.87	7.02
แคลเซียม	0.09	0.3	-	0.05	0.14	-
ฟอสฟอรัส	0.07	0.6	-	0.45	0.40	-
ADF	43.92	-	-	-	-	-
NDF	31.34	-	-	-	-	-
NFE	-	-	41.64	39.06	48.13	49.53
TDN	51.97	-	-	-	-	-

ADF: Acid detergent fiber; NDF: NDF Neutral detergent fiber; NFE: Nitrogen free extract;
TDN: Total digestible nutrient

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไขมันที่ปนอยู่ในกากมะพร้าวมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวประกอบอยู่น้อย จึงไม่เกิดปัญหาคุณภาพซาก (ไขมันซากเหลว) ในสุกรเมื่อใช้ในสูตรอาหารในปริมาณสูงในการเลี้ยงสุกร (พันทิพา, 2547) ซึ่งน้ำมันมะพร้าวที่วางจำหน่ายในท้องตลาดเรียกว่า Copra derived oil ผลิตโดยใช้สารเคมีและความร้อนสูงในการทำให้บริสุทธิ์ (Chemical refining) ผ่านการฟอกสีและการกำจัดกลิ่นก่อนนำไปบริโภค บางครั้งอาจเป็นน้ำมันมะพร้าวธรรมชาติ (Coconut oil) แต่ความจริงแล้วเป็นน้ำมันมะพร้าว RBD ที่ย่อมาจาก Refined, Bleached และ Deodorised coconut oil เป็นการนำน้ำมันมะพร้าวชนิดที่มีสีเหลือง ไม่มีกลิ่น (แต่เมื่อทิ้งไว้นานๆ จะมีกลิ่นเหม็นหืน) ไม่มีรสชาติและวิตามินอีธรรมชาติเนื่องจากวิตามินอีได้ถูกกำจัดออกไประหว่างกระบวนการที่ใช้ความร้อนสูงและใช้สารเคมี (กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2553)

น้ำมันมะพร้าวเป็นไขมันประเภทอิ่มตัว (saturated fat) ซึ่งมีส่วนเป็นสาเหตุของการเกิดโรคหัวใจ และการอุดตันของหลอดเลือดหัวใจ หากมีการบริโภคในระดับสูงเกินไป น้ำมันมะพร้าวแบ่งออกตามกระบวนการผลิตเป็น 2 ชนิด คือน้ำมันมะพร้าวที่ผลิตจากเนื้อมะพร้าวแห้ง (Hot pressed) และน้ำมันมะพร้าวที่ผลิตจากเนื้อมะพร้าวสด (Cold pressed)

1. การสกัดน้ำมันมะพร้าวด้วยเนื้อมะพร้าวแห้ง (Hot pressed) จะเป็นวิธีที่ง่ายและสามารถเก็บเนื้อมะพร้าวเพื่อรอการสกัดได้เป็นเวลานาน อีกทั้งทำให้ประหยัดเวลาและสามารถผลิตได้ครั้งละมากๆ การสกัดน้ำมันมะพร้าวมี 2 วิธี คือ การบีบอัด และการใช้ตัวทำละลาย

- การสกัดน้ำมันมะพร้าวด้วยวิธีบีบอัด ทำได้โดยการย่อยเนื้อมะพร้าวแห้งให้เป็นชิ้นเล็กๆ หรือมะพร้าวชูดอบแห้ง แล้วผ่านเข้าเครื่องบีบอัดแบบเกลียว (screw press) ก่อนนำเข้าเครื่องบีบเนื้อมะพร้าวต้องมีความชื้นที่ 5-10 เปอร์เซ็นต์ เพราะหากมีความชื้นสูงกว่านี้จะทำให้ได้ไขมันต่ำลง แต่หากมีความชื้นต่ำกว่านี้จะทำให้เนื้อมะพร้าวไหม้ เนื่องจากเครื่องจะมีความร้อนสูง น้ำมันที่ได้เรียกว่า น้ำมันมะพร้าวดิบ (Crude coconut oil)

- การสกัดน้ำมันมะพร้าวด้วยวิธีใช้ตัวทำละลาย วิธีนี้นิยมนำมาใช้กับกากมะพร้าวที่ผ่านการสกัดโดยวิธีบีบอัด แต่ก็สามารถใช้กับมะพร้าวแห้งที่ไม่ได้ผ่านการบีบอัดได้เช่นกัน โดยการนำมะพร้าวที่ผ่านการบีบอัด หรือมะพร้าวแห้งชิ้นเล็กๆ มาแช่ในตัวทำละลาย เช่น ปิโตรเลียมอีเธอร์ หรือเฮกเซน เพื่อสกัดน้ำมันที่มีอยู่ในเนื้อมะพร้าวแห้ง แล้วกลั่นแยกตัวทำละลายออกเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ น้ำมันที่ได้เรียกว่า น้ำมันมะพร้าวผ่านกรรมวิธี หรือน้ำมันมะพร้าว RBD หรือการทำให้บริสุทธิ์ ฟอกสี และกำจัดกลิ่น (Refining Bleaching and Deodorization)

2. การสกัดน้ำมันมะพร้าวจากเนื้อมะพร้าวสด (Cold pressed) เป็นการสกัดน้ำมันมะพร้าวโดยวิธีการบีบเย็นจากเนื้อมะพร้าวสดที่เพิ่งแกะทะาะออกจากผลมะพร้าวแก่ โดยวิธีสกัดที่ไม่ผ่านความร้อนสูงและสารเคมี จะได้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (Virgin coconut oil, VCO)

9.6 การใช้กากมะพร้าวในอาหารสัตว์

กากมะพร้าวเป็นผลพลอยได้จากการอัดน้ำมันมะพร้าว มีโปรตีนประมาณ 20–25% มีไขมันประมาณ 6% ซึ่งอยู่ในระดับสูงทำให้เหม็นหืนง่าย หากไม่เติมสารกันหืนจะเกิดการหืนภายใน 6-8 สัปดาห์ ไขมันในกากมะพร้าวเป็นชนิดไขมันอิ่มตัวชนิดสายสั้นอยู่สูง คือ มีกรด lauric (12:0) ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ และ myristic (14:0) ประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถูกย่อยและดูดซึมได้ดีในสัตว์กระเพาะเดี่ยวได้ดี (Freeman, 1984 อ้างโดย สารوخ, 2547) หากใช้ในอาหารสุกรมีผลทำให้ไขมันในซากสุกรเป็นชนิดมันแข็ง โปรตีนในกากมะพร้าวมีระดับกรดอะมิโนไลซีนต่ำ แต่มีเยื่อใยค่อนข้างสูง ทำให้อาหารมีลักษณะฟาม สัตว์กินได้น้อยจึงควรใช้ไม่เกิน 20% ในสุกร และไม่เกิน 15% ในไก่ กรดไขมันลอริกเป็นกรดไขมันอิ่มตัวที่สามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานที่ตับได้อย่างรวดเร็ว และเป็นกรดไขมันอิ่มตัวที่มีคุณสมบัติทางด้านสุขภาพเด่นกว่าน้ำมันชนิดอื่นๆ ซึ่งพบว่าในน้ำมันมะพร้าวมีกรดไขมันลอริกประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ของไขมันทั้งหมด

กากมะพร้าวเป็นผลพลอยได้จากการอัดน้ำมันมะพร้าว มีโปรตีนประมาณ 20 - 25% มีไขมันประมาณ 6% ซึ่งอยู่ในระดับสูงทำให้เหม็นหืนง่าย หากไม่เติมสารกันหืนจะเกิดการหืนภายใน 6 - 8 สัปดาห์ ไขมันในกากมะพร้าวเป็นชนิดไขมันอิ่มตัวซึ่งจะทำให้ไขมันในซากสุกรเป็นชนิดมันแข็ง โปรตีนในกากมะพร้าวมีระดับกรดอะมิโนไลซีนต่ำ มีเยื่อใยค่อนข้างสูง มีลักษณะฟาม สัตว์กินได้น้อย จึงควรใช้ไม่เกิน 20% ในสุกร และไม่เกิน 15% ในไก่

นอกจากนี้กรดไขมันลอริกยังมีฤทธิ์ในการทำลายเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Bergsson et al., 2001 และ Skrivanova et al., 2005) ในขณะที่การใช้กากมะพร้าวเพื่อเป็นอาหารแพะจากการรายงานของ Paengkoum (2011) พบว่าสามารถใช้กากมะพร้าวทดแทนกากถั่วเหลืองได้ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารชั้นที่ใช้เลี้ยงแพะร่วมกับข้าวโพดหมัก

9.6.1 ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการใช้กากมะพร้าวในอาหารสัตว์

โปรตีนของกากมะพร้าวมีคุณภาพในแง่สมดุลของกรดอะมิโนที่จำเป็นไม่ดี คือขาดไลซีน เมทไธโอนีน ทรีโอนีน และฮิสทีดีน แต่มีอาร์จินีนสูง นอกจากนี้อัตราการย่อยและการใช้ประโยชน์ได้ของกรดอะมิโนของกากมะพร้าวค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับแหล่งโปรตีนอื่นคือ ในสุกรมีอัตราการใช้ประโยชน์ได้ของ ไลซีน เมทไธโอนีน ซีสทีน และทรีโอนีน ประมาณ 50, 80, 54 และ 52% ตามลำดับ (สารوخ, 2547) ซึ่งสอดคล้องกับ พันทิพา (2547) ที่รายงานว่า กากมะพร้าวมีสัดส่วนของกรดอะมิโนที่ประกอบอยู่ไม่ค่อยดีเพราะมีไลซีนและเมทไธโอนีนในสัดส่วนที่น้อยกว่าความต้องการของสัตว์ แต่กลับมีอาร์จินีนสูงซึ่งไปกดทับอัตราการเจริญเติบโตของสุกรทำให้การย่อยได้ในสุกรค่อนข้างต่ำประมาณ 50 - 70% จึงยังทำให้สัตว์ขาดกรดอะมิโน

กระบวนการผลิตที่ใช้ความร้อนไม่เหมาะสมทำให้โปรตีนถูกทำลาย คาร์โบไฮเดรตย่อยได้น้อยลง ความร้อนที่เกิดขึ้นระหว่างการทำแห้งและการสกัดน้ำมันจากมะพร้าว สามารถนำไปสู่ปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) (Sunda et al., 2004) อมรรัตน์ และลัดดา (2545) ได้เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานว่าการเกิด Maillard reaction (MR) เป็นปรากฏการณ์ทางเคมีที่ทำให้เกิด Nonenzymatic browning โดยที่ Reducing sugar เช่น Glucose หรือ Fructose ทำปฏิกิริยากับ Amino acid และเกิดสารประกอบ Glucose - amine compound ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารสีน้ำตาล ซึ่งอาจมีผลต่อการเกิดการเปลี่ยนแปลงสี กลิ่น รส หรือแม้กระทั่งคุณค่าทางโภชนาการได้ และสิ่งที่สำคัญคือการที่เกิด Glucose - amine compound ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำตาล และกรดแอมิโน การใช้ความร้อนที่สูงเกินไปในกระบวนการอัดน้ำมันและแปรรูปมะพร้าวทำให้ปริมาณการใช้ประโยชน์ได้ของไลซีนยิ่งลดต่ำลง อีกทั้งระดับของกรดแอมิโนอาร์จินีนที่สูงของกากมะพร้าวจะขัดขวางการใช้ประโยชน์ได้ของไลซีนให้สัตว์ชะงักการเจริญเติบโต ดังนั้นในการใช้กากมะพร้าวในสัตว์กระเพาะเดี่ยวจึงต้องมีการพิจารณาการเสริมกรดแอมิโนในสูตรอาหารด้วย

กากมะพร้าวมีระดับเยื่อใยเป็นองค์ประกอบอยู่สูงแปรผันตามปริมาณน้ำมันที่ตกค้างจากกระบวนการสกัดน้ำมัน เยื่อใยส่วนใหญ่เป็น NDF และ ADF ในระดับ 53 และ 27 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยมีเยื่อใยที่เป็นส่วนของเซลลูโลสประมาณ 13 เปอร์เซ็นต์ กากมะพร้าวมีแคลเซียมค่อนข้างต่ำ แต่มีฟอสฟอรัสสูงใกล้เคียงกับกากถั่วเหลือง และมีวิตามินเกือบทุกชนิดต่ำ และหากกากมะพร้าวมีความชื้นสูงจะส่งผลให้เป็นแหล่งอาหารของเชื้อราทำให้เกิดสารพิษอะฟลาทอกซินทำให้เกิดผลเสียกับสัตว์ได้

9.6.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการใช้กากมะพร้าวในอาหารสัตว์ มีดังนี้ (พันทิพา, 2547)

9.6.2.1 ควรมีการปรับสมดุลกรดแอมิโนด้วยการเสริมแหล่งโปรตีนคุณภาพดี เช่น ปลาป่น ปลาหมึก กากถั่วเหลือง พร้อมทั้งเสริมกรดแอมิโนสังเคราะห์ด้วย

9.6.2.2 ควรปรับกรดไขมันที่จำเป็นด้วยการใช้ข้าวโพดและเสริมน้ำมันที่เป็นแหล่งของกรดไขมันที่จำเป็นสูงๆ

9.6.2.3 ควรปรับเยื่อใยในอาหาร เนื่องจากกากมะพร้าวมีเยื่อใยสูงอาหารที่นำมาผสมจะต้องมีเยื่อใยต่ำเพื่อเพิ่มความหนาแน่นของอาหารผสม เพราะสัตว์จะได้รับอาหารไม่เพียงพอ ควรมีน้ำให้สัตว์กินตลอดเวลา ให้อาหารแบบเพียงพอต่อความต้องการของสัตว์ และเติมไขมันลงในอาหารเล็กน้อยเพื่อเพิ่มพลังงานในอาหารโดยปรับเปอร์เซ็นต์โปรตีนตามสัดส่วนพลังงานที่เพิ่ม

9.6.2.4 ควรระวังสารพิษ Aflatoxin ซึ่งตรวจสอบกากมะพร้าวให้แน่ใจก่อนใช้ และระมัดระวังความชื้นขณะเก็บรักษา

9.6.2.5 ความแปรปรวนขององค์ประกอบในกากมะพร้าว ผู้ใช้ควรมีความเข้าใจธรรมชาติของกากมะพร้าวว่ามีความแปรปรวนมากจะใช้ตัวเลขเดิมไม่ได้ ควรทำการวิเคราะห์ใหม่ทุกครั้งโดยให้สังเกตดูสีของกากถ้าเป็นสีน้ำตาลเข้ม แสดงว่ากระบวนการผลิตใช้ความร้อนสูงเกินไปมีการอัดด้วยแรงอัดสูงกากจะมีไขมันต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9.6.3 การใช้ประโยชน์ได้ของเยื่อใยจากมะพร้าวในสุกร

เนื่องจากข้อจำกัดของการใช้กากมะพร้าวในอาหารสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้องอยู่ที่ระดับเยื่อใยสูงทำให้สัตว์กินอาหารได้น้อยและมีอัตราการย่อยได้ต่ำประมาณ 50 - 70% ในสุกร ทำให้ความเข้มข้นของโภชนะต่ำและสารในกลุ่มนี้ยังมีความฟามและดูดซับน้ำได้ดี (นฤมล, 2556) สำหรับในสุกร รุนขนสมรรถนะการผลิตของสุกรลดลงตามสัดส่วนของระดับของกากมะพร้าวในอาหารที่เพิ่มขึ้น การประกอบสูตรอาหารกากมะพร้าวโดยการคำนึงถึงสมดุลกรดแอมิโนกับระดับโปรตีน เช่น การเสริมไลซีน เมทไธโอนีน และทริปโตเฟน ลงในสูตรกากมะพร้าวทำให้สมรรถนะการผลิตของสุกรดีขึ้นอย่างเด่นชัด (สาโรช, 2547)

วินัย (2529) กล่าวว่า เยื่อใยมีองค์ประกอบทางเคมีค่อนข้างสลับซับซ้อน สุกรสามารถย่อยและใช้ประโยชน์ได้อย่างจำกัด เพราะไม่มีน้ำย่อยสำหรับการย่อยเหมือนกับสัตว์กระเพาะรวม เช่น โค กระบือ แพะ หรือแกะ เป็นต้น ที่มีจุลินทรีย์ในกระเพาะอาหารช่วยในการย่อย สำหรับระดับเยื่อใยในอาหารสุกรระยะเจริญเติบโตถึงขุน สุกรที่มีน้ำหนักมากกว่า 16 กิโลกรัม ควรได้รับเยื่อใยในอาหารไม่เกิน 5 - 6% หรืออาจถึงระดับ 6 - 8% ซึ่งระดับเยื่อใยในอาหารสุกรถ้ามีระดับสูงเกินไป เช่น มากกว่า 15% จะมีผลต่อความน่ากินโดยสุกรจะกินอาหารได้น้อย สุกรได้รับโภชนะที่สำคัญไม่พอจะเติบโตเข้าและมีประสิทธิภาพการใช้อาหารต่ำลง อย่างไรก็ตามหากจะทำให้สุกรมีคุณภาพซากดี การจำกัดอาหารโดยวิธีใช้วัตถุดิบเยื่อใยสูง ซึ่งทำให้อาหารมีพลังงานต่ำจะสะดวกในการปฏิบัติกว่าการจำกัดแบบควบคุมปริมาณอาหารที่ให้กินคือสามารถให้ได้อย่างเต็มที่ในรางอาหาร กล ซึ่งการจำกัดอาหารสุกรโดยวิธีนี้ควรใช้กับสุกรใหญ่เพราะสุกรเล็กมีความสามารถในการใช้เยื่อใยต่ำจะทำให้เกิดผลเสียมาก สอดคล้องกับรายงานของ ยุทธนา (2532) ที่กล่าวว่า สุกรเป็นสัตว์กระเพาะเดี่ยวไม่สามารถใช้เยื่อใยเป็นแหล่งของพลังงานได้ ซึ่งต่างจากสัตว์กระเพาะรวมที่สามารถใช้เยื่อใยเป็นแหล่งของพลังงานได้ เยื่อใยยังมีผลต่อการใช้ประโยชน์ของพลังงานในอาหารสุกรด้วย สูตรอาหารที่มีเยื่อใยสูงจะทำให้การย่อยได้ของอาหารลดลงทำให้สัตว์ต้องสูญเสียอาหารพลังงานไปกับอุจจาระ นอกจากนี้อาหารสุกรที่มีเยื่อใยสูงขึ้น 1% จากสูตรอาหารที่มี เยื่อใย 6% จะทำให้การย่อยได้ของโปรตีนในสูตรอาหารลดลง 1.1 - 1.6%

ทั้งนี้เยื่อใยยังมีสารที่เรียกว่าไฟเตท (Phytate) หรือกรดไฟติก (Phytic acid) ซึ่งทำให้การดูดซึมแร่ธาตุต่างๆ คือ สังกะสี แคลเซียม แมกนีเซียม ทองแดง เหล็ก ฟอสฟอรัส และแมงกานีส ลดลง โดยสารดังกล่าวจะไปจับหรือเคลือบแร่ธาตุเหล่านี้ทำให้ไม่ละลายน้ำ ถ้าใส่ไม่สามารถดูดซึมแร่ธาตุ ดังกล่าวได้ ด้วยเหตุผลดังนี้จึงควรคำนึงถึงเยื่อใยในสูตรอาหารสุกร โดยทั่วไปแล้วอาหารสุกรน้ำหนัก 15 - 35 กิโลกรัม จะมีเยื่อใยได้ประมาณ 3 - 5% ในสูตรอาหารสุกรตั้งแต่น้ำหนัก 35 กิโลกรัม ขึ้นไปมีเยื่อใยได้ 5 - 6% หรืออย่างสูงไม่ควรเกิน 8% อาหารแม่สุกรตั้งท้อง โดยเฉพาะใกล้คลอดมีเยื่อใยได้สูงสุดไม่เกิน 10 - 12% (ยุทธนา, 2532)

9.7 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพเนื้อสุกร

9.7.1 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

ปกติหลังจากที่สุกรถูกฆ่า pH ในกล้ามเนื้อจะลดลงจาก 7 อยู่ที่ประมาณ 5.3 – 5.8 ค่า pH จะลดลงภายใน 6 – 12 ชั่วโมง สัตูชัย (2547) กล่าวว่า เนื้อ PSE (Pale soft exudative) ที่เกิดจากกระบวนการ glycolysis ที่รวดเร็วทำให้เกิดการสะสมกรดแลคติกสูง พบว่า pH จะลดลงเหลือ 5.3 – 5.7 ภายในเวลา 1 ชั่วโมงหลังจากสัตว์ตาย การลดลงของค่า pH ในขณะที่ยังมีชีวิตของซากยัง สูงอยู่เป็นปัจจัยที่กระตุ้นให้กระบวนการในการย่อยสลายไกลโคเจนในกล้ามเนื้อแบบไม่ใช้ออกซิเจน เกิดได้เร็วขึ้น ยังผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในกล้ามเนื้อสุกรคือ โปรตีนเกิด Denature ไม่สามารถรักษาคุณสมบัติในการจับน้ำทำให้เนื้อไม่สามารถอุ้มน้ำได้เกิดการไหลของน้ำออกมาจากเนื้อ เซลล์เกิดการหดตัวอย่างหลวมๆ ทำให้ไม่สามารถเกาะกันคงรูปได้จึงปรากฏให้เห็นเนื้อด้านหน้าตัด มีสีซีดเหลวและไม่คงรูป ทำให้แสงที่มาจากกระทบบสะท้อนออกไปได้มากจึงเห็นเนื้อมีสีจางผิดปกติ

9.7.2 เนื้อ PSE (Pale soft exudative)

เป็นเนื้อที่มองดูจากลักษณะภายนอก จะมีสีซีดจางผิดปกติและเมื่อเอานิ้ว กดลงไป จะอ่อนยุบตัวลงไปตามแรงกด นอกจากนี้บริเวณผิวหนังหน้าตัดของชิ้นเนื้อจะมีน้ำซึมเยิ้มออกมา การเกิด PSE ในเนื้อเป็นผลเนื่องมาจากปริมาณกรดแลคติกในเนื้อเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วภายหลังจาก สัตูถูกฆ่า วัดค่าความเป็นกรดเมื่อชั่วโมงแรกภายหลังฆ่าได้ต่ำกว่า 5.8 ประกอบกับอุณหภูมิของเนื้อสูงขึ้น เนื่องจากปฏิกิริยา Anaerobic metabolism ที่เกิดการกรดแลคติกและความร้อน และอุณหภูมิของเนื้อ อาจจะสูงขึ้นถึง 39 – 41 องศาเซลเซียส จากสาเหตุทั้งสองนี้เป็นผลทำให้โปรตีนในเนื้อประเภทหนึ่ง คือ Sarcoplasmic protein ซึ่งเป็นโปรตีนชนิดที่ละลายในน้ำและน้ำเกลือได้ สูญเสียคุณสมบัติบางประการโดยจะตกตะกอนทับลงบนโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Myofibrillar protein) ซึ่งจะมีผลทำให้โปรตีนจับตัวกับน้ำได้น้อยลงและทำให้เนื้อมีความสามารถในการอุ้มน้ำไว้ได้ต่ำ (Low water holding capacity) จากลักษณะเนื้อจะเห็นว่าน้ำเยิ้ม (Exudative) ออกมา และเมื่อตรวจดูโครงสร้างของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดนี้จะพบว่าเส้นใยกล้ามเนื้ออยู่กันอย่างหลวมๆ ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เนื้อค่อนข้างนิ่มและอ่อนตัว การที่มีน้ำเยิ้มออกมาบริเวณผิวหนังของเนื้อทำให้แสงที่มาจากกระทบบผิวเนื้อสะท้อนออกไปได้มาก จึงทำให้เห็นว่าเนื้อมีสีซีดจางกว่าปกติ (สุทธิพงษ์, 2537)

9.7.3 เนื้อ DFD (Dark firm dry)

เกิดจากการที่เนื้อที่มีปริมาณไกลโคเจน (Glycogen) ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่สะสมในกล้ามเนื้อมีอยู่น้อยในขณะที่เริ่มฆ่าสัตว์ เมื่อสัตว์ถูกฆ่าจะมีการเปลี่ยนแปลงในกล้ามเนื้อโดยกระบวนการ glycolysis ในกล้ามเนื้อแบบไม่ใช้ออกซิเจน ได้ผลผลิตขั้นสุดท้ายคือ กรดแลคติก ทำให้ pH สุดท้ายของเนื้อ มีค่ามากกว่า 6.1 การที่มี pH สูง มีผลให้คุณสมบัติบางประการของเนื้อแตกต่างจากเนื้อปกติทั่วไป คือ โปรตีนมีความสามารถในการจับน้ำได้ดี ทำให้เฟอร์รัสฮีโมโกลบินจับตัวกับ

โมเลกุลของน้ำได้ดีไปด้วย เส้นใยกล้ามเนื้อจึงบีบอัดกันแน่นทำให้ออกซิเจนจากภายนอกไม่
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นประโยชน์ประการใด
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถแทรกซึมเข้าไปตามผิวหนังของกล้ามเนื้อได้ง่าย จึงเกิดปรากฏการณ์ของสีคล้ำ แข็ง และแห้งที่ผิวหนังของกล้ามเนื้อ ซึ่งสีที่เห็นเป็นสีคล้ำเนื่องจากผิวหนังที่แห้งจะมีการดูดแสงมากแต่มีการกระจายแสงได้น้อยมาก (สุทธิพงษ์, 2537)

ผลเสียทางเศรษฐกิจของเนื้อ DFD คือ ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค เพราะเนื้อที่มีสีดำคล้ำ นอกจากนี้เนื้อยังมีสภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ดังนั้นเนื้อจึงมีลักษณะเป็นเมือกและเก็บรักษาไว้ได้ไม่นาน การนำเนื้อ DFD ไปใช้ประโยชน์สามารถจะนำไปทำผลิตภัณฑ์ไส้กรอกประเภทอิมัลชันได้โดยนำไปผสมกับเนื้อปกติจะช่วยให้ทำให้คุณสมบัติของการรวมตัวระหว่างโปรตีนและน้ำดีขึ้นมาก (เยาวลักษณ์, 2536)

9.7.4 สีของเนื้อ

สีของเนื้อเป็นความรู้สึกแรกๆที่ผู้บริโภคสามารถสัมผัสได้ และเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่ทำให้ผู้บริโภคตัดสินใจในการซื้อหรือไม่ซื้อเนื้อ สีของเนื้อจะแตกต่างกันตาม เพศ อายุ ตลอดจนชั้นส่วนที่มาจากอวัยวะที่ต่างกัน และยังขึ้นอยู่กับปริมาณไมโอโกลบินที่มีอยู่ในกล้ามเนื้อสัตว์ สีในเนื้อสดเกิดขึ้นจากปริมาณไมโอโกลบินและออกซิเจนในอากาศ ปกติกล้ามเนื้อจะมีสีแดงอมชมพู (Purple - red) แต่เมื่อถูกฆ่าแหละและตัดเป็นชิ้น ๆ เนื้อจะสัมผัสอากาศทำให้เนื้อมีสีชมพูสด (Bright - red) เนื่องจากออกซิเจนเข้าทำปฏิกิริยากับไมโอโกลบินเกิดเป็นสารออกซิไมโอโกลบินขึ้น แต่เนื้อบริเวณที่วางติดกับพื้นแข็งไม้ ซึ่งจะขาดหรือไม่มีออกซิเจนจะเกิดเป็นสารเมทไมโอโกลบินขึ้น ทำให้เนื้อเป็นสีน้ำตาล (อรวิรินทร์และประชา, 2522) ดังภาพที่ 1 โดยสีของเนื้ออาจแตกต่างกันไป เนื่องจากลักษณะโครงสร้างของกล้ามเนื้อและความเป็นกรดต่างซึ่งจะพบเห็นในเนื้อ PSE และ DFD



ภาพที่ 9.1 การเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อสุกร

ที่มา: อรวิรินทร์และประชา (2522)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9.7.5 ความนุ่มของเนื้อ (Tenderness)

ความเหนียวความนุ่มของเนื้อมีมากหรือน้อย เป็นผลมาจากชนิดของสัตว์ พันธุ์ อายุ ชนิดของกล้ามเนื้อ ปริมาณไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ และการเปลี่ยนแปลงทางเคมีภายในกล้ามเนื้อภายหลังการฆ่า (สัจชัย, 2543) ความนุ่มของเนื้อสัตว์มาจากปริมาณและโครงสร้างของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ซึ่งถ้ากล้ามเนื้อมัดใดมีปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันมาก พบว่ากล้ามเนื้อมัดนั้นจะมีความนุ่มต่ำ มีความเหนียวมาก เพราะดัชนีของความนุ่มคือ ปริมาณโปรตีนคอลลาเจน (เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน) แต่อีลาสตินและเรติคิวลินในเนื้อเยื่อเกี่ยวพันมีผลต่อความนุ่มน้อยกว่าคอลลาเจน เนื้อเยื่อเกี่ยวพันยังเป็นสิ่งสะท้อนถึงหน้าที่หลักของกล้ามเนื้อต่างๆ เช่น กล้ามเนื้อน่องหรือไหล่ เป็นส่วนที่ต้องใช้ทำงานเป็นประจำของตัวสัตว์ สูงกว่ากล้ามเนื้อสันหลังซึ่งมีหน้าที่รองรับและเชื่อมต่อส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย เพราะฉะนั้นจึงพบเนื้อเยื่อเกี่ยวพันประเภทคอลลาเจนในกล้ามเนื้อที่มีการทำงานหนัก เนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่อยู่ในรูปของเอพิไมเซียม (Epimysium) เพอริไมเซียม (Perimysium) และเอ็นโดไมเซียม (Endomysium) ซึ่งห่อหุ้มและแทรกตัวเข้าภายในกล้ามเนื้อจนถึงระดับเส้นใยกล้ามเนื้อทำให้เกิดโครงสร้างที่เหนียวและแข็งแรง (จุฑารัตน์, 2539)

ความสัมพันธ์ระหว่างการพัฒนาเนื้อเยื่อเกี่ยวพันระหว่างกล้ามเนื้อ (Intramuscular connective tissue) เป็นการศึกษาถึงคุณสมบัติของเส้นใยกล้ามเนื้อ Endomysium และ Perimysium โดยใช้ตัวอย่างกล้ามเนื้อสุกรอายุ 0 เดือน และอายุ 55 เดือน พบว่าปริมาณของเส้นใยกล้ามเนื้อของสุกรอายุ 0 เดือน มีปริมาณสูงกว่าสุกรอายุ 55 เดือน เนื้อที่ได้จึงน่าจะมีความเหนียวมากกว่า แต่กลับไม่เป็นเช่นนั้น เนื่องจากเส้นใยกล้ามเนื้อของสุกรอายุ 0 เดือน ยังไม่มีการเปลี่ยนรูปเป็นลักษณะโครงสร้างคล้ายรวงผึ้ง และจากการตรวจพบ Endomysium ในสุกรอายุก่อน 1 เดือน จะมีเส้นใยกล้ามเนื้อที่มีความละเอียด เนื้อที่ได้จึงมีความนุ่มมากกว่า เมื่อสัตว์มีอายุมากขึ้นเส้นใยกล้ามเนื้อจะเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเป็นรูปทรงกระบอกมีเนื้อเยื่อหุ้มระหว่างการเจริญเติบโต เนื้อที่ได้จึงมีความเหนียวมากกว่าเนื้อสุกรอายุน้อย (Winger and Hagyard, 1999)

9.7.6 ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity) (เขาวลัทธิ, 2536)

ปัจจัยสำคัญที่เป็นตัวกำหนดคุณลักษณะที่สำคัญของเนื้อคือ ความสามารถในการ อุ้มน้ำซึ่งคุณสมบัตินี้นอกจากจะมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับปัจจัยสำคัญที่เป็นตัวกำหนดคุณค่าทางการบริโภค (Sensory factors) ได้แก่ สี รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัสความนุ่ม และความชุ่มชื้นของเนื้อแล้วความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อยังมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดคุณสมบัติทางการแปรรูปเนื้อสัตว์ (Technological factors) ได้แก่ ความคงตัว ความเหนียว ความเป็นอิมัลชัน การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการเก็บรักษาเนื้อ (Drip loss) และการสูญเสียน้ำหนักระหว่างขบวนการ ทำให้สุก (Cooking loss) เป็นต้น

เนื้อในสภาพปกติจะมี pH ประมาณ 6.8 – 7.0 ซึ่งในสภาพนี้โมเลกุลของโปรตีนในเนื้อจะมีความเป็นประจุสูง เนื่องจากมีกลุ่มของ Carboxyl, Amino, Carbonyl, Hydroxyl, Sulfhydryl, Imidazole อยู่ภายใน ซึ่งกลุ่มเหล่านี้จะจับน้ำที่อยู่ในเซลล์ของเนื้อไว้ได้ด้วยพันธะไฮโดรเจน (Hydrogen bond) ทำให้เนื้อสัตว์มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูง และน้ำไม่ซึมไหลออกจากเนื้อเมื่อเซลล์ถูกตัด หั่น หรืออบ

เมื่อสัตว์ตาย ค่า pH ในกล้ามเนื้อสัตว์จะลดลง เนื่องจากกรดแลคติกถูกผลิตออกมา การลดลงของ pH อาจจะทำให้โปรตีนบางส่วนในกล้ามเนื้อเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติบางประการ เช่น ทำให้ลักษณะบางประการของโปรตีนเปลี่ยนไป โดยเฉพาะพวก Sarcoplasmic protein มีผลทำให้ความสามารถในการละลายน้ำได้ลดลง ทำให้โปรตีนส่วนนี้จับน้ำได้น้อยลง และเมื่อ pH ในกล้ามเนื้อลดลงที่ pH สุดท้ายของเนื้อ (Ultimate pH) ซึ่งจะอยู่ที่ประมาณ 5.4 – 5.6 ใกล้เคียงกับ Isoelectric point (IP) ของโปรตีนสำคัญที่มีส่วนรับผิดชอบโดยตรงต่อการอุ้มน้ำ คือ Myosin ในเนื้อที่ Isoelectric point นี้จำนวนประจุบวกและประจุลบบนโมเลกุลของโปรตีนมีจำนวนเท่ากันซึ่งผลที่ตามมาคือ ประจุเหล่านี้มักจะดึงดูดซึ่งกันและกันเอง ทำให้ผลรวมของประจุไฟฟ้าบนโมเลกุลของโปรตีนที่จะไปดูเกาะกับโมเลกุลของน้ำได้น้อยลง ทำให้เนื้อสัตว์ที่ได้มีความสามารถในการอุ้มน้ำได้น้อยกว่าความสามารถในการอุ้มน้ำของกล้ามเนื้อสัตว์มีชีวิต

9.8 ผลของการใช้กากมะพร้าวในอาหารสัตว์กระเพาะเดียว

Pascoal *et al.* (2010) ศึกษาการใช้กากมะพร้าวในอาหารสุกรรุ่นเสริมด้วยเอนไซม์รวม โดยใช้สุกรเพศผู้ตอน จำนวน 20 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 35.15 ± 5.59 กิโลกรัม อาหารทดลองประกอบด้วย 4 สูตร คือ สูตรที่ 1 สูตรอาหารพื้นฐาน (กลุ่มควบคุม) สูตรที่ 2 สูตรอาหารพื้นฐานร่วมกับกากมะพร้าว ที่ระดับ 20% สูตรที่ 3 สูตรอาหารพื้นฐานร่วมกับกากมะพร้าวที่ระดับ 20% และเสริมด้วยเอนไซม์รวม 0.05% และสูตรที่ 4 สูตรอาหารพื้นฐานร่วมกับกากมะพร้าวที่ระดับ 20% และเสริมด้วยเอนไซม์รวม 0.10% ผลจากการศึกษาพบว่า การใช้กากมะพร้าวในอาหารสุกรที่ระดับ 20% และเสริมด้วยเอนไซม์รวมทั้งที่ระดับ 0.05 และ 0.10% ในสูตรอาหารไม่มีผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิตของสุกร

O'Doherty and Mckeeon (2000) ได้ศึกษาการย่อยได้ของการใช้กากมะพร้าวสกัดน้ำมันในอาหารสุกรรุ่นและขุน โดยใช้สุกรพันธุ์แลนด์เรซ เพศผู้ จำนวน 9 ตัว น้ำหนัก 35 กิโลกรัม อาหารทดลองประกอบด้วย 3 สูตร คือ สูตรที่ 1 เป็นสูตรอาหารพื้นฐาน (กลุ่มควบคุม) สูตรที่ 2 สูตรอาหารพื้นฐานร่วมกับกากมะพร้าวที่ระดับ 20% และสูตรที่ 3 สูตรอาหารพื้นฐานร่วมกับกากมะพร้าวที่ระดับ 40% ผลจากการศึกษาพบว่า มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ระหว่างการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ โปรตีน และพลังงาน กับระดับการใช้กากมะพร้าวในอาหารและอายุของสุกร การใช้กากมะพร้าวที่ระดับ 40% ในสูตรอาหารของสุกรระยะขุนมีการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ โปรตีน และพลังงานสูงกว่าสุกรระยะขุนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในขณะที่

ตามอายุของสุกรไม่มีผลต่อการย่อยได้ของโภชนาระหว่างกลุ่มควบคุมกับสุกรที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหาร พื้นฐานร่วมกับกากมะพร้าวที่ระดับ 20% สุกรที่ได้รับสูตรอาหารควบคุมมีการย่อยได้ของเยื่อใยต่ำกว่าสุกรที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ โปรตีน และพลังงาน (Digestible energy, DE) มีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับการเสริมกากมะพร้าวเพิ่มขึ้น

นฤมล และคณะ (2556) ได้ศึกษาผลของการใช้กากมะพร้าวแห้ง (กากมะพร้าวคั้นกะทิที่ซื้อจากตลาดสดและทำให้แห้งโดยการตากแดด 2 - 3 แดด) เสริมด้วยเอนไซม์ต่อสมรรถนะการผลิตของไก่กระตัง โดยใช้ไก่กระตังอายุ 18 วัน จำนวน 96 ตัว ให้ได้รับอาหารทดลองจำนวน 4 ทริทเมนต์ ทริทเมนต์ละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 6 ตัว อาหารทดลองประกอบด้วยสูตรควบคุม คือ ไม่ผสมกากมะพร้าว (สูตร 1) กลุ่มเสริมกากมะพร้าวที่ระดับร้อยละ 5, 10 และ 15 (สูตร 2, 3 และ 4 ตามลำดับ) และเสริมเอนไซม์ที่ระดับร้อยละ 0.001 ในอาหารกลุ่มทดลอง ศึกษาเป็นเวลา 28 วัน โดยแบ่งเก็บข้อมูลตั้งแต่ 3 - 7 สัปดาห์ เก็บข้อมูลอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราการเปลี่ยนอาหาร และ%ซาก ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) จากการศึกษาพบว่า อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน อัตราการเปลี่ยนอาหาร และ%ซาก ในช่วงอายุ 3 - 7 สัปดาห์ ไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) ไก่กระตังในกลุ่มควบคุมมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน อัตราการเปลี่ยนอาหาร และเปอร์เซ็นต์ซาก สูงกว่ากลุ่มทดลองอื่นๆ แต่ไก่กระตังที่ได้รับอาหารที่มีกากมะพร้าวร้อยละ 5 มีสมรรถนะการผลิตใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุม ดังนั้นความสามารถในการใช้กากมะพร้าวแห้งในสูตรอาหารไก่กระตังควรใช้ที่ร้อยละ 5 และเสริมเอนไซม์ที่ระดับร้อยละ 0.001

กานต์ (2555) ได้ศึกษาผลการใช้กากกะทิมาเป็นอาหารไก่เนื้อต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ โดยใช้ไก่เนื้อลูกผสมทางการค้าพันธุ์รอส (Ross) คละเพศอายุ 1 วัน จำนวน 512 ตัว วางแผนการทดลองเป็นแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยแบ่งเป็น กลุ่มทดลองละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 32 ตัว กลุ่มทดลองคือ กลุ่มเปรียบเทียบไม่เสริมกากกะทิ กลุ่มเสริมกากกะทิแห้งเสริมที่ระดับ 4, 8 และ 12% ซึ่งจะทดแทนรำละเอียดในอาหารไก่เนื้อระยะเติบโต (3 - 6 สัปดาห์) โดยไก่อายุเล็กน้อยก่อนการทดลองให้ได้รับอาหารเดียวกันที่มีระดับโภชนะตามที่ระบุของการเลี้ยง ผลการศึกษาการเสริมกากกะทิในไก่อายุเติบโต พบว่า กากมะพร้าวไม่แสดงผลที่เป็นการกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโต ปริมาณอาหารที่กิน และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารของไก่เนื้อทดลองในทุกสัปดาห์ของการประเมิน ($P > 0.05$) แต่กลับให้ผลในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหาร ถ้าใช้ที่ระดับ 8% ในอาหาร และยังทำให้การเพิ่มน้ำหนักตัวไก่ดีกว่าไก่กลุ่มอื่นๆ ตลอดจนสามารถลดต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ได้อีกด้วยจึงสรุปได้ว่า ถ้าประเมินที่ความคุ้มค่าการลงทุนควรใช้กากกะทิเสริมในอาหารไก่เนื้อไม่มากกว่า 8%

โครงการย่อยที่ 10 : สมบัติดิน ปริมาณธาตุอาหารในใบ และผลผลิตมะพร้าวจากพื้นที่ต่าง ๆ ใน จังหวัดชุมพร

10.1 มะพร้าว

มะพร้าว (Coconut) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cocos nucifera* Linn. เป็นพืชยืนต้น ใบเลี้ยงเดี่ยวชนิดหนึ่ง อยู่ในตระกูลปาล์ม นอกจากมะพร้าวแล้ว อินทผลัม ปาล์มน้ำมัน ตาลโตนด จาก หมาก สาकुลาน และหวาย ต่างก็เป็นพืชที่จัดอยู่ในตระกูลปาล์ม การจำแนกทางอนุกรมวิธานของมะพร้าว (Taxonomic classification) ดังนี้

Class : Angiospermae

Subclass : Monocotyledoneae

Order : Palmales

Family : Palmae

Subfamily : Cocoideae

Tribe : Cocoideae

Genus : *Cocos*

Species : *Nucifera*

10.2 การปลูกมะพร้าว (กรมวิชาการเกษตร, 2555)

การปลูกมะพร้าวให้ได้ผลดี ต้องประกอบด้วยองค์ประกอบดังนี้ คือ เลือกที่ปลูกดี ใช้พันธุ์ดี ปลูกถูกวิธี ดูแลรักษามะพร้าวให้สมบูรณ์ ปราศจากโรคและศัตรูที่มารบกวน และแก้ไขอุปสรรคที่เป็นตัวการทำให้มะพร้าวออกผลน้อยโดยหลักในการพิจารณา

10.3 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการปลูกมะพร้าว

ประเทศไทยตั้งอยู่บนบริเวณที่มีลมฟ้าอากาศเหมาะสมสำหรับการปลูกมะพร้าวโดยทั่วไป จะเห็นว่า มะพร้าวปลูกอยู่ตั้งแต่ภาคเหนือจรดภาคใต้หลักทั่วไปในการเลือกที่ปลูกมะพร้าวควรคำนึงถึงต่อไปนี้

- ฝน

มีปริมาณน้ำฝนตกไม่น้อยกว่า 1,500 มิลลิเมตร/ปี และมีฝนตกสม่ำเสมอทุกเดือน ถ้ามีฝนตกน้อยกว่า 50 มิลลิเมตร/เดือน ติดต่อกันเกินกว่า 3 เดือน มะพร้าวจะออกผลให้น้อยลง

- อุณหภูมิ

บริเวณที่อากาศหนาวจัดเป็นเวลานาน ๆ คือ มีอุณหภูมิต่ำกว่า 15 °C ติดต่อกันหลาย ๆ วัน จะมีผลให้มะพร้าวออกผลน้อยลงเพราะอากาศหนาวไปเปลี่ยนระบบการปรุงอาหารและโครงการอื่น ๆ แต่ถ้าเป็นที่ซึ่งหนาวเป็นครั้งคราวก็ไม่มีปัญหามากนัก ที่ซึ่งมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 20–27 °C เช่น ภาคใต้ ภาคกลาง และตะวันออก สามารถปลูกมะพร้าวได้ผลดี

- แสงแดด

เป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งสำหรับการปลูกมะพร้าว บริเวณซึ่งแสงแดดส่องไม่ค้อยถึง มะพร้าวจะไม่ค่อยออกดอกออกผล หรือมีเนือบาง ดังนั้น จึงไม่ควรปลูกมะพร้าวในร่ม หรือที่ซึ่งมีเมฆ หนาที่บยอยู่ตลอดปี ประมาณแสงแดดที่เหมาะสมวันละ 7.1 ชั่วโมง

- ความสูงของพื้นที่

ระดับความสูงของพื้นที่จะเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิความสูงทุก ๆ 100 เมตร อุณหภูมิจะ ลดต่ำลง 0.6 °C ดังนั้น การทำสวนมะพร้าวเพื่อการค้าควรเลือกที่ไม่สูงเกิน 500 เมตร เหนือระดับน้ำ ทะเล ผลผลิตที่ได้ไม่ต่างจากการทำสวนมะพร้าวใกล้ทะเล

- ดิน

มะพร้าวเป็นพืชที่ไม่ค่อยเลือกชนิดดินที่ปลูกมากนัก แต่ต้องคำนึงถึงลักษณะพื้นที่ ดังนี้
 ที่ลุ่ม ที่ดอน : มะพร้าวปลูกเจริญงอกงามบนที่ดอนมากกว่าที่ลุ่ม การที่จะปลูกมะพร้าว ให้เจริญงอกงามในที่ลุ่ม ต้องยกเป็นคันร่องให้สูงพ้นระดับน้ำที่ขังอยู่ ให้หลังคันดินที่ยกขึ้นมาสูงกว่า ระดับน้ำในฤดูน้ำสูงสุดประมาณ 60 เซนติเมตร เป็นคันยาวไปตามรูปเนื้อที่ที่มีอยู่ จึงจะพอใช้ปลูก มะพร้าวให้ได้ผลดี

ดินดาน : ดินที่มีชั้นหินแข็งหรือหินดานอยู่ลึกจากผิวดินน้อยกว่า 1 เมตร ไม่ควรใช้ปลูก มะพร้าว เพราะจะไม่ค่อยได้รับผลดี

ดินดี ไม่ดี หมายถึง ดินที่ความอุดมสมบูรณ์มากน้อยเพียงใด สังเกตได้จากต้นไม้ หรือ ต้นมะพร้าวที่ขึ้นอยู่ในบริเวณใกล้เคียง ถ้าต้นไม้เหล่านั้นมีใบเขียวเข้มออกดอกออกผลงามก็แสดงว่า ดินดี แต่ถ้าต้นมะพร้าวหรือต้นไม้อื่นที่อยู่ใกล้เคียงนั้น ไม่เจริญงอกงามควรจะต้องทดสอบดูให้แน่ชัดโดย การเก็บตัวอย่างดินส่งไปวิเคราะห์

10.4 การเก็บตัวอย่างดินเพื่อการวิเคราะห์

สิ่งสำคัญที่สุดที่เกษตรกรหรือผู้ส่งตัวอย่างดินจะต้องปฏิบัติและทำความเข้าใจให้ดีคือ ขั้นตอนและวิธีการเก็บตัวอย่างดินเพื่อส่งไปวิเคราะห์ เพราะไม่ว่าวิธีวิเคราะห์นั้นจะดีเพียงใดก็ตาม หรือ หมอดินมีความสามารถในการวินิจฉัยหรือตีความผลการวิเคราะห์ได้ดีเพียงใดก็ตาม ถ้าตัวอย่าง ดินที่เก็บมาไม่ดี ไม่สามารถเป็นตัวแทนของพื้นที่นั้น ๆ ค่าที่วิเคราะห์ได้ก็หมดความหมาย การเก็บ ตัวอย่างดินหรือพืชเพื่อนำไปตรวจวิเคราะห์จำเป็นต้องทำตามคำแนะนำที่ให้ไว้ จึงจะเกิด ประโยชน์สูงสุด

เนื่องจากดินในบริเวณใดบริเวณหนึ่งจะมีความแตกต่างกันอยู่บ้างพอสมควร ถึงแม้ว่า เมื่อเรามองดูด้วยตาในสภาพรวมๆ แล้ว จะเห็นว่าดินเหมือนกันก็ตาม สังเกตได้ง่ายๆ จากการปลูกพืช จะเห็นว่า ในพื้นที่ใกล้เคียงกัน ใส่ปุ๋ยต่าง ๆ เหมือนกัน แต่พืชเจริญเติบโตแตกต่างกัน ดังนั้นในการ เก็บตัวอย่างดิน ถ้าเราเก็บตัวอย่างดินจากบริเวณที่พืชเจริญเติบโตดี เอามารวมกับบริเวณที่พืช เจริญเติบโตไม่ดี ค่าวิเคราะห์ดินที่ได้จะเป็นค่าเฉลี่ยของ 2 บริเวณนั้น ซึ่งอาจทำให้การตีความของค่า เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สว่นไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์ผิดไปได้ ในกรณีนี้จะต้องแบ่งการเก็บตัวอย่างดินออกเป็น 2 ตัวอย่าง และทำเครื่องหมาย หรือหมายเลขของแต่ละบริเวณให้ชัดเจน

หลังจากที่แยกดินออกเป็นแปลงที่แตกต่างกันแล้ว การเก็บตัวอย่างดินภายในแปลง เดียวกัน ก็ต้องทำด้วยความระมัดระวังเช่นกัน เนื่องจากดินที่อยู่ในบริเวณเดียวกันและพืชเติบโตได้ ไกล่เคียงกัน ก็จะมี ความแตกต่างกันบ้างเล็กน้อย ดังนั้น จึงไม่ควรเก็บตัวอย่างดินเพียง 1-2 จุด เพราะ ถ้าดินที่เราเก็บเป็นดินที่ธาตุอาหารสูงหรือต่ำกว่าบริเวณอื่นภายในแปลงเดียวกันก็จะทำให้เกิดความ ผิดพลาดในการตีความค่าวิเคราะห์ ดังนั้น จึงแนะนำให้เก็บตัวอย่างดินจากหลายๆ จุด เช่น 15-20 จุด ต่อ 1 แปลงที่ต้องการเก็บตัวอย่าง ทั้งนี้เพื่อป้องกันความผิดพลาดที่อาจเกิดจากการที่ดินมีความ แตกต่างกันอย่างบ้าง

สิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งในการเก็บตัวอย่างดิน คือ จะต้องเก็บตัวอย่างให้ได้ดินใน ปริมาตรเท่า ๆ กันตลอดความลึกของชั้นที่เก็บตัวอย่างเพราะดินที่อยู่ด้านบนมักจะมีธาตุอาหารและ อินทรีย์วัตถุมากกว่าดินที่อยู่ตอนล่าง ดังนั้น ถ้าเก็บดินที่อยู่ด้านบนมากและด้านล่างน้อยก็จะได้ธาตุ อาหารมากกว่า ดินที่เก็บด้านบนน้อยและด้านล่างมาก การเก็บตัวอย่างดินจึงให้แนะนำให้แซะดิน ขนานไปตามหน้าดิน ถ้าจะให้ดีและสะดวกควรใช้อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างดิน เพราะจะเก็บ ตัวอย่างได้ดินได้ปริมาตรเท่าๆ กันตลอดความลึกของดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเก็บตัวอย่างดินใน สวนไม้ผล การใช้อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน จะทำให้รากถูกรบกวนน้อยลง

วิธีการเก็บตัวอย่างดินในสวนไม้ผลเพื่อการวิเคราะห์

1. เลือกต้นพืชที่มีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกันจำนวน 15-20 ต้น
2. เลือกพื้นที่บริเวณขอบด้านในของทรงพุ่ม 2-4 จุดต่อต้น
3. กวาดเศษพืช ปุย ปูน หรือใบไม้ออกจากบริเวณที่จะเจาะตัวอย่างดิน
4. ใช้แท่งเจาะดิน เจาะลงไปตรง ๆ จนถึงความลึก 20 ซม. ค่อยๆ หมุนแท่งเจาะดินขึ้นมา ระวังอย่าให้ดินหกจากแท่งเจาะ
6. เจาะดินจากต้นพืชจำนวน 15-20 ต้น แล้วนำดินจากทุกต้นมารวมกันเป็น 1 ตัวอย่าง
7. คลุกเคล้าดินให้ดี แบ่งตัวอย่างดินมา 1/2 - 1 กก. ผึ่งดินให้แห้งในที่ร่ม
8. นำดินใส่ถุงพลาสติก เขียนชื่อเจ้าของ ชื่อแปลง และวันเดือนปีที่เก็บตัวอย่าง ถ้ามีหลาย ตัวอย่าง ให้เขียนหมายเลขให้ชัดเจน
9. กรอกข้อมูลให้ชัดเจน แล้วนำส่งวิเคราะห์

10.5 การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน

สุมิตรา (2548) ได้อธิบายหลักการสำคัญของการวิเคราะห์ดินคือ ปริมาณธาตุอาหารที่มี อยู่ในดินจะสัมพันธ์กับปริมาณธาตุอาหารที่พืชจะดูดไปใช้ คือ ถ้าดินมีธาตุอาหารอยู่มาก พืชก็ควร จะดูดไปใช้ได้มากด้วย หรือ ถ้าดินมีธาตุอาหารอยู่น้อย พืชจะดูดไปใช้น้อยด้วยเช่นกัน นอกจากปริมาณ ธาตุอาหารแล้ว ยังมีสมบัติอีกอันหนึ่งของดิน ซึ่งสำคัญมากต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้แก่ ปฏิกริยาดิน หรือความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (soil pH) เพราะเป็นตัวควบคุมความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารต่าง ๆ ในดิน โดยเฉพาะธาตุฟอสฟอรัส ซึ่งเป็นประโยชน์มากที่สุดเมื่อดินมีค่า pH เป็นกรดอ่อน (ประมาณ 5.5-6.5) ถ้าค่า pH สูงหรือต่ำกว่านี้จะทำให้ธาตุฟอสฟอรัสเป็นประโยชน์น้อยลง สำหรับธาตุอื่น ๆ ก็ถูกควบคุมด้วยค่า pH เช่นกัน บ่อยครั้งที่การปรับค่า pH ของดินโดยการใส่ปูนเพียงอย่างเดียว สามารถแก้ปัญหาการขาดธาตุอาหารหลายอย่างในดินได้ เพราะการปรับค่า pH ทำให้ธาตุที่มีอยู่แล้วในดินอยู่ในสภาพที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้เต็มที่และยังได้รับธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียม ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อคุณภาพของผลไม้ การวิเคราะห์ดินจึงช่วยให้ใส่ปุ๋ยให้กับดินได้อย่างเหมาะสม และพืชสามารถนำไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพ

เกณฑ์การประเมินค่าวิเคราะห์ดินส่วนใหญ่จะตั้งไว้เป็น 3 ระดับคือ สูง กลาง และต่ำ ถ้าค่าประเมินอยู่ในระดับสูง แสดงว่าพืชจะไม่ตอบสนองต่อปุ๋ยที่ใส่ ส่วนเกณฑ์การประเมินระดับกลางและต่ำ หมายความว่าเมื่อมีการใส่ปุ๋ยให้พืช ส่วนใหญ่จะทำให้ผลผลิตดีขึ้น เกณฑ์การประเมินค่าวิเคราะห์ดินส่วนใหญ่จะเป็นเพียงค่ากว้างๆ และใช้ได้กับดินหลายชนิด แต่ถ้ามีการวิจัยเฉพาะดินและพืชจะทำให้ประเมินค่าวิเคราะห์ที่ได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

10.6 การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์พืชในไม้ผล

สิ่งสำคัญที่สุดที่ต้องคำนึงถึงในการใส่ปุ๋ยให้แก่สวนผลไม้ คือ ต้องให้ปุ๋ยในปริมาณที่เหมาะสม ไม่มากหรือน้อยเกินไปและต้องมีความสมดุลระหว่างธาตุอาหารแต่ละชนิด ตามความต้องการของไม้ผลนั้น เนื่องจากการพิสูจน์มาแล้วว่า ธาตุอาหารที่เหมาะสมจะให้ผลผลิตดีทั้งในแง่ของปริมาณและคุณภาพสิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงในการให้ปุ๋ยแก่ไม้ผลคือ จะต้องวางแผนการให้ปุ๋ย เพื่อให้ต้นไม้มีการเจริญเติบโตอย่างสม่ำเสมอต่อเนื่องในระยะยาว ดิกว่าวิธีการใส่ปุ๋ยแบบแก้ปัญหาเฉพาะหน้าที่เกิดขึ้น (เช่น ใส่ปุ๋ยเมื่อพืชแสดงอาการขาด) เพราะจะทำให้การเจริญเติบโตของพืชชะงัก ไม่ต่อเนื่อง และอาจต้องใช้เวลามากกว่าจะสามารถฟื้นฟูให้ต้นไม้สมบูรณ์ได้ดังเดิม การให้ปุ๋ยที่ถูกต้อง นอกจากจะทำให้ได้รับผลผลิตสูงและมีคุณภาพที่ดีแล้ว ยังช่วยให้ต้นไม้มีความต้านทานต่อโรคแมลงได้ดีขึ้นด้วย ทั้งนี้เนื่องจากต้นไม้ที่แข็งแรง ย่อมจะมีภูมิคุ้มกันต่อการทำลายของโรคและแมลงดีกว่าต้นไม้ที่อ่อนแอ

ดังนั้น การใส่ปุ๋ยให้สวนผลไม้ในปริมาณที่เหมาะสม และสมดุลเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดปัญหาคือ จะทำได้อย่างไร เพราะแต่เดิมนั้น คำแนะนำการใส่ปุ๋ยที่ชาวสวนได้รับจะเป็นคำแนะนำแบบกว้างๆ คล้ายกันสำหรับไม้ผลแทบทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็น ทุเรียน มังคุด ลำไย ส้ม หรือ ลิ้นจี่ ก็ตาม ทั้ง ๆ ที่ไม้ผลเหล่านี้ มีความแตกต่างกันมากในด้านการเจริญเติบโตและความต้องการธาตุอาหาร เช่น ส้ม ต้องการธาตุแคลเซียมสูงกว่าทุเรียน แต่ทุเรียนต้องการโพแทสเซียมมากกว่าส้ม เป็นต้น เมื่อเป็นเช่นนั้น ชาวสวนจึงมักแสวงหาความรู้ในการใส่ปุ๋ยเพิ่มเติม อาจจะด้วยการสังเกตหรือทดลองในสวนตนเอง ดูจากเพื่อนบ้าน หรือทดลองใช้ตามคำบอกเล่าของบริษัทปุ๋ยต่าง ๆ ที่บางครั้งอาจได้ผล และบางครั้งก็ไม่ได้ผล ทำให้สูญเสียค่าใช้จ่ายมากเกินความจำเป็น ยังผลให้ต้นทุนการผลิตสูง วิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุดคือ การนำเทคนิคการวิเคราะห์ดินและพืชมาเป็นเครื่องมือช่วยตัดสินใจในการใส่ปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นใจไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของการวิเคราะห์พีช คือ ช่วยยืนยันอาการขาดธาตุอาหารพีชที่มองเห็นด้วยตาเปล่า ช่วยในการวินิจฉัยอาการขาดที่ยังไม่แสดงออกที่ใบวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ในพีชโดยตรง ติดตามการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในพีชและวางแผนการใส่ปุ๋ยในระยะยาวได้ตรวจสอบว่าปุ๋ยที่ใส่ว่าพีชสามารถดูดไปใช้ได้หรือไม่ และใช้ประเมินปฏิกริยาระหว่างธาตุอาหารต่าง ๆ ว่าส่งเสริมหรือต่อต้านกันอย่างไร

การเก็บตัวอย่างใบพีชเพื่อการวิเคราะห์

1. เลือกพีชที่มีขนาดและอายุใกล้เคียงกัน 15 - 20 ต้น
2. เก็บตัวอย่างใบตามวิธีที่กำหนดไว้สำหรับพีชแต่ละชนิด
3. เก็บตัวอย่างต้นละ 4 ใบ จากทุกทิศรอบทรงพุ่ม
4. นำใบจากทุกต้นมารวมกันเป็น 1 ตัวอย่าง
5. ใส่ใบทั้งหมดลงในถุงพลาสติก นำถุงนี้ไปใส่ในกระติกน้ำแข็งที่มีน้ำแข็งอยู่ข้างล่าง (อย่าให้น้ำเข้าไปในถุงและเอาน้ำแข็งที่บนถุงที่ใส่ใบ เพราะจะทำให้ใบช้ำ)
6. รีบนำตัวอย่างใบส่งมาวิเคราะห์ภายในวันเดียวกัน (หากไม่สามารถมาด้วยตนเอง ให้ล้างตัวอย่างใบด้วยน้ำสะอาด ใช้มือถูบนใบเบาๆ อย่าให้ใบช้ำ และอย่าแช่ใบในน้ำนาน ตากแดดจัดๆ ประมาณ 2 วัน ใส่ใบที่แห้งในถุงพลาสติกพร้อมเจาะรูที่ถุง แล้วรีบจัดส่งทางไปรษณีย์เร็วที่สุด)
7. กรอกข้อมูลให้ครบถ้วน

วิธีการเก็บตัวอย่างใบมะพร้าว

เก็บตัวอย่างใบจากแผ่นใบของใบย่อยที่อยู่ประมาณกลางทางใบของใบสมบูรณ์ที่ 14 ± 1 จากยอดลงมา

โครงการย่อยที่ 11 : การศึกษาสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกลของการนำทาง กาบ และ ถ่าน

กะลามะพร้าว มาทำเป็นวัสดุปลูกสำเร็จรูป สำหรับต้นหน้าวัว

11.1 มะพร้าว (Coconut)

มะพร้าว มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cocos nucifera* Linn. เป็นพืชยืนต้นใบเลี้ยงเดี่ยวชนิดหนึ่ง อยู่ในตระกูลปาล์ม นอกจากมะพร้าวแล้ว อินทผลัม ปาล์มน้ำมัน ตาลโตนด จากหมาก สาकुลาน และหวาย ต่างก็เป็นพืชที่จัดอยู่ในตระกูลปาล์ม การจำแนกทางอนุกรมวิธานของมะพร้าว (Taxonomic Classification) ดังนี้

Class : Angiospermae

Subclass : Monocotyledoneae

Order : Palmales

Family : Palmae

Subfamily : Cocoideae

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ผู้ใดให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tribe : Cocoideae

Genus : *Cocos*Species : *Necifera*

11.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ลำต้น มีลำต้นเดี่ยว ไม่แตกแขนง มีรอยแผลจากการหลุดร่วงของใบตลอดลำต้น สามารถคำนวณอายุของต้นมะพร้าวได้จากรอยแผลนี้ คือ ในปีหนึ่งมะพร้าวจะสร้างใบประมาณ 12-14 ใบ ดังนั้นใน 1 ปี จะมีรอยแผลที่ลำต้น 12 – 14 รอยแผล ดังภาพที่ 5.1 ก



ก

ข

ภาพที่ 11.1 แสดงลำต้นของมะพร้าว

ที่มา: Nwankwojike, et al., (2012)

ใบ เป็นใบประกอบ ออกอยู่ตามส่วนของลำต้น ประกอบด้วยก้านทาง (rachis) หรือ (Leaf stack) มีขนาดใหญ่และยาว และมีใบย่อย (leaflet) บนก้านทางประมาณ 200 – 250



ภาพที่ 11.2 แสดงดอกของมะพร้าว

ที่มา: <http://putcharapafern0110.blogspot.com/2017/02/blog-post.html>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

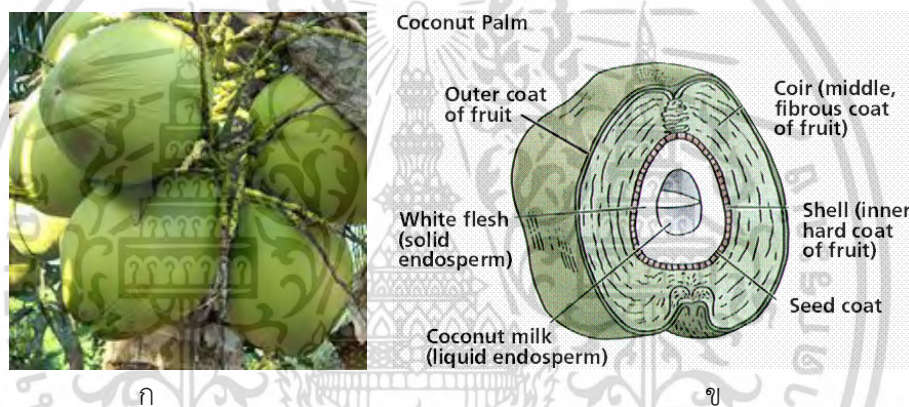
ดอก ออกเป็นช่อชนิดพานิคิล มีทั้งดอกตัวผู้และดอกตัวเมีย อยู่ในช่อเดียวกัน ดอกมีกลีบดอก 6 กลีบ สีครีมหรือสีเหลืองนวล ไม่มีก้านดอกย่อยดอกตัวเมียจะมีกลีบดอกหนาและแข็งกว่ากลีบดอกตัวผู้ ดังภาพที่ 11.2

ผล มะพร้าวเป็นชนิดไฟบรัสดรูป (fibrous drupe) เรียกว่า นัท (nut) มีเปลือก 3 ชั้น คือ

1. เปลือกชั้นนอก (exocarp) เป็นเส้นใยที่เหนียวและแข็ง เมื่อแก่อาจมีสีเขียวแดง เหลืองหรือน้ำตาล ดังภาพที่ 5.3 ข หรือเรียกว่า Outer Coat of fruit

2. เปลือกชั้นกลาง (mesocarp) มีลักษณะเป็นเส้นใย มีความหนาพอประมาณ หรือเรียกว่า Coir ดังภาพที่ 11.3 ข

3. เปลือกชั้นใน (endocarp) มีลักษณะแข็งหรือที่เรียกกันว่า กะลา (shell) ดังภาพที่ 11.3 ข



ก

ข

ภาพที่ 11.3 โครงสร้างของผลมะพร้าว

ที่มา: <http://putcharapafern0110.blogspot.com/2017/02/blog-post.html> (ก)

Nwankwojike, B. N., et at. 2012 (ข)

เมล็ด (seed of kernel) คือ เนื้อมะพร้าว ภายในเมล็ดเป็นช่อกลางขณะผลอ่อนจะมีน้ำอยู่เต็ม ผลแก่น้ำมะพร้าวจะแห้งไปบางส่วน

11.3 พันธุ์มะพร้าว

เป็นพืชผสมข้ามพันธุ์ แต่ละต้นจึงไม่เป็นพันธุ์แท้ อาศัยหลักทางการผสมพันธุ์ที่เป็นไปโดยธรรมชาติ อาจแบ่งมะพร้าวออกเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทต้นเตี้ย และประเภทต้นสูง

11.3.1 ประเภทต้นเตี้ย

มะพร้าวประเภทนี้ มีการผสมตัวเองค่อนข้างสูง จึงมักให้ผลตกและไม่ค่อยกลายพันธุ์ ส่วนใหญ่นิยมปลูกไว้เพื่อรับประทานผลอ่อน เพราะในขณะที่ยังไม่แก่ อายุประมาณ 4 เดือน เนื้อมีลักษณะอ่อนนุ่ม และน้ำมีรสหวาน บางพันธุ์น้ำมีคุณสมบัติพิเศษ คือ มีกลิ่นหอม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะทั่วไปของประเภทต้นเตี้ย (ภาพที่ 11.4) ลำต้นเล็ก โคนต้นไม่มีสะเกโปก ต้นเตี้ย โตเต็มที่สูงประมาณ 12 เมตร ทางใบสั้น ถ้ามีการดูแลปานกลางจะเริ่มให้ผลเมื่ออายุ 3-4 ปี ให้ผลผลิตประมาณ 35-40 ปี มะพร้าวประเภทต้นเตี้ยมีหลายพันธุ์ แต่ละพันธุ์มีลักษณะแตกต่างกัน เช่น เปลือกสีเขียว เหลือง นวล (สีงาช้าง) น้ำตาลแดง หรือสีส้ม น้ำมีรสหวาน มีกลิ่นหอม มะพร้าวต้นเตี้ยทุกพันธุ์จะมีผลขนาดเล็ก เมื่อผลแก่มีเนื้อบางและน้อย ซึ่งได้แก่พันธุ์ นกคุ้ม หมูสีเขียว หมูสีเหลือง หรือนาฬิกา มะพร้าวเตี้ย น้ำหอม และมะพร้าวไฟ แต่ปัจจุบันมะพร้าวน้ำหอมกำลังเป็นที่แพร่หลายอีกชนิดหนึ่งที่นิยมใช้ในการบริโภคสดและส่งออกไปยังตลาดต่างประเทศ ตลอดจนใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม



ภาพที่ 11.4 แสดงภาพของมะพร้าวพันธุ์ต้นเตี้ย

ที่มา: <http://putcharapafern0110.blogspot.com/2017/02/blog-post.html>



ภาพที่ 11.5 แสดงภาพของมะพร้าวพันธุ์ต้นสูง

ที่มา: <http://putcharapafern0110.blogspot.com/2017/02/blog-post.html>

11.3.2 ประเภทต้นสูง

จากภาพที่ 11.5 ตามปกติมะพร้าวต้นสูงจะผสมข้ามพันธุ์ คือ ในแต่ละช่อดอก (จั่น) หนึ่ง ๆ ดอกตัวผู้จะค่อย ๆ ทอยบาน และร่วงหล่นไปหมดก่อนที่ดอกตัวเมียในจั่นนั้นจะเริ่มบาน จึงไม่มีโอกาสผสมตัวเอง มะพร้าวประเภทนี้เป็นมะพร้าวเศรษฐกิจส่วนใหญ่ปลูกเป็นสวนอาชีพ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในทางอื่นไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อใช้เนื้อจากผลแก่ไปประกอบอาหาร หรือเพื่อทำมะพร้าวแห้งใช้ในอุตสาหกรรมน้ำมันพืช ลักษณะทั่วไปของประเภทต้นสูง ได้แก่ ลำต้นใหญ่ โคนต้นมีสะเก็ดใหญ่ ต้นสูง โตเต็มที่สูงประมาณ 18 เมตร ทางใบใหญ่และยาว ถ้ามีการดูแลปานกลางจะเริ่มให้ผล เมื่ออายุ 5-6 ปี อายุยืนให้ผลผลิตนานประมาณ 80 ปี มะพร้าวต้นสูงมีผลโตเนื้อหนาปริมาณเนื้อมาก มีลักษณะภายนอกหลายอย่างที่แตกต่างกัน เช่น ผลขนาดกลาง ขนาดใหญ่ รูปผลกลม ผลรี บางพันธุ์เปลือกมีลักษณะพิเศษ คือ ในขณะที่ผลยังไม่แก่ เปลือกตอนส่วนหัวจะมีรสหวานใช้รับประทานได้ จึงมีชื่อเรียกต่าง ๆ กัน ได้แก่ พันธุ์กะโหลก มะพร้าวใหญ่ มะพร้าวกลาง ปากจก ทะลายร้อย เปลือกหวาน

11.3.3 มะพร้าวพันธุ์ลูกผสม

แม้ว่ามะพร้าวพื้นเมืองที่เกษตรกรปลูกกันมาแต่ดั้งเดิม จะมีลักษณะดีหลายอย่าง เช่น มีขนาดผลค่อนข้างโต และทนทานต่อสภาพอากาศแล้งได้ดี แต่ในวงการอุตสาหกรรมมะพร้าวในปัจจุบันได้พัฒนาทางด้านคุณภาพมะพร้าวมากมาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณเปอร์เซ็นต์น้ำมัน ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร กรมวิชาการเกษตรมีหน้าที่รับผิดชอบด้านวิจัยและพัฒนามะพร้าวได้ผลิตมะพร้าวพันธุ์ลูกผสม ซึ่งได้ผ่านการรับรองพันธุ์ออกมาแล้ว 2 พันธุ์ ดังนี้

11.3.3.1. พันธุ์สวีลูกผสม 1 (Sawi Hybrid No.1) เป็นมะพร้าวพันธุ์ลูกผสมที่เกิดจากการผสมระหว่างมะพร้าวพันธุ์มลายูสีเหลืองต้นเตี้ย x เวสต์ออฟฟิกันต้นสูง (MYD x WAT) ลักษณะเด่นของมะพร้าวพันธุ์นี้คือมีอายุการตกผลเร็ว สามารถเก็บผลผลิตได้ในปีที่ 5 ผลผลิตเฉลี่ย 2,781 ผลต่อไร่ หรือคิดเป็นน้ำหนักแห้ง 566 กก.ต่อไร่ จากจำนวนมะพร้าว 22 ต้นต่อไร่ เนื้อมะพร้าวแห้งมีเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูงถึง 64 เปอร์เซ็นต์ จึงเป็นมะพร้าวที่เหมาะสมสำหรับอุตสาหกรรมน้ำมันมะพร้าวมาก

11.3.3.2. พันธุ์ชุมพรลูกผสม 60-1 (Chumphon Hybrid 60-1) เป็นมะพร้าวลูกผสมที่เกิดจากการผสมระหว่างพันธุ์เวสต์ออฟฟิกันต้นสูง x ไทยต้นสูง สามารถเก็บผลผลิตได้ในปีที่ 5 หลังจากปลูก ขนาดผลมีตั้งแต่ขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ ผลผลิตเฉลี่ย 2,257 ผลต่อไร่ หรือคิดเป็นน้ำหนักมะพร้าวแห้งสูงถึง 628 กก.ต่อไร่ เนื้อมะพร้าวแห้งมีเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูง 63 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากขนาดผลของมะพร้าวพันธุ์นี้ค่อนข้างโตกว่าพันธุ์สวีลูกผสม 1 จึงสามารถจำหน่ายได้ทั้งผลสดและในรูปมะพร้าวแห้งส่งโรงงานสกัดน้ำมัน มะพร้าวลูกผสมทั้ง 2 พันธุ์ ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์พื้นเมืองเกือบ 2 เท่า กล่าวคือ พันธุ์ไทยให้ผลผลิต 1,084 ผลต่อไร่ คิดเป็นผลผลิตเนื้อมะพร้าวแห้ง 374 กก.ต่อไร่ และมีปริมาณเปอร์เซ็นต์น้ำมัน 59-60 เปอร์เซ็นต์

11.4 การใช้ประโยชน์

ในส่วนกาบมะพร้าว ทางมะพร้าว และกะลามะพร้าว ในส่วนกาบมะพร้าวมักนิยมนำไปสับย่อย และตีปน จะได้ผลผลิตออกมาในสองลักษณะ ได้แก่ เส้นใยของมะพร้าวจะมีลักษณะยาว และเหนียวสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องนอน และเฟอร์นิเจอร์ และส่วนของเส้นใยขนาดเล็ก จะนิยมนำไปทำเป็นวัสดุปลูก หรือผสมกับวัสดุปลูกอื่น ๆ ในการปลูกไม้ดอกไม้ประดับ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับทางมะพร้าวเกษตรกรส่วนใหญ่ไม่นิยมนำไปใช้งานเนื่องจากมีปริมาณมาก และเคลื่อนย้ายได้ยาก จึงนิยมนำไปกองเป็นกลุ่ม เพื่อให้เกิดการย่อยสลายตามธรรมชาติ แต่สำหรับกะลามะพร้าวนิยมนำไปเผาเป็นถ่าน เพื่อนำไปขาย การนำไปทำถ่านอัดแท่ง และการนำกะลามะพร้าวไปทำเป็นเครื่องมือ เครื่องตกแต่ง จากวัสดุธรรมชาติ เป็นต้น

11.5 ต้นหน้าวัว (Anthurium Plant)

หน้าวัวเป็นไม้ดอกที่มีความสำคัญ ตลาดต้องการมาก หน้าวัวออกดอกทั้งปี ซึ่งต่างจากดอกไม้ชนิดอื่นที่ออกดอกเพียงครั้งคราว และคุณสมบัติของดอกดีกว่าชนิดอื่น คือสามารถรอดตลาดได้นานวัน ดังนั้นหน้าวัวจึงเป็นไม้ตัด ดอกที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่มีสีสดงดงาม ใช้ดอกเป็นประโยชน์ในการตกแต่ง หรือปลูกเป็นไม้ประดับในร่ม หน้าวัวมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Anthurium spp* เป็นไม้พื้นเมืองของอเมริกาใต้ อยู่ในตระกูล Avaceae หรือ Arum family คำว่า *Anthurium* มาจาก ภาษากรีก 2 คำ คือ *anthos* แปลว่าดอก และ *anra* แปลว่า หาง ซึ่งหมายถึงปลีหรือช่อดอกของหน้าวัว

หน้าวัวเข้ามาในประเทศไทยครั้งแรกในปี พ.ศ.2440 ต่อมาปี 2446 พระยาพจนปรีชาได้สั่งมาจากยุโรป ต่อจากนั้นผู้ที่เลี้ยงหน้าวัวได้ผสมพันธุ์เกิดลูกผสมมากมาย มีชื่อพันธุ์ต่าง ๆ ตามผู้ที่ผสมขึ้นและมักบดบังพ่อแม่พันธุ์ ทั้งนี้ เพราะลูกผสมพันธุ์ใหม่มีลักษณะที่ดีมีราคาแพงมาก ดังนั้น ถ้าผู้อื่นทราบพ่อแม่พันธุ์และทำการผสมพันธุ์ขึ้นเอง ทำให้ราคาของลูกผสมที่ตนผสมขึ้นใหม่ราคาตก จากเหตุผลนี้ทำให้การปลูกเลี้ยงหน้าวัวในประเทศไทยมีวงจำกัดไม่แพร่หลายมาก เพราะราคาต้นพันธุ์สูง และเอกสารต่าง ๆ ในเรื่องหน้าวัวมีน้อยมาก ทำให้ประชาชนไม่รู้จักหน้าวัว มักเข้าใจกันว่าหน้าวัวเป็นไม้ที่เลี้ยงยาก ซึ่งความจริงแล้วหน้าวัวเป็นทั้งไม้ดอกและไม้ประดับที่เลี้ยงง่ายมาก หากมีความรู้เกี่ยวกับหน้าวัวพอสมควร คงมีผู้ปลูกหน้าวัวเพิ่มขึ้น ซึ่งจะทำรายได้ให้แก่ผู้ปลูก และถ้ามีมากพอก็จะเป็นไม้เศรษฐกิจชนิดหนึ่ง ซึ่งจะเป็นไม้ตัดดอกส่งออกได้ดีชนิดหนึ่งทีเดียว (ไทยเกษตรศาสตร์, 2560)

11.5.1 ลักษณะทั่วไปของหน้าวัว

ต้น หน้าวัวเป็นพืชพวก herbaceous ลำต้นค่อนข้างไปทางไม้เลื้อย เนื้ออ่อน [14] การเจริญมีลักษณะเป็นกอ ต้นจะโตสูงขึ้น ทั้งใบล่าง ทำให้ลำต้นสูงขึ้นพันเครื่องปลูก ถ้าต้นมีลักษณะเช่นนี้จำเป็นต้องเติมเครื่องปลูกให้แก่หน้าวัว หรือหากไม่เติมเครื่องปลูก ผู้ปลูกจำเป็นต้องตัดยอดนำไปปลูกในกระถางใหม่ มิฉะนั้นแล้ว หน้าวัวจะไม่เจริญเติบโตเท่าที่ควรและดอกน้อย ลง ต้นหน้าวัวอาจสูงได้ถึง 80-100 เซนติเมตร กว้าง 60-90 เซนติเมตร แล้วแต่อายุของต้นหน้าวัว (ไทยเกษตรศาสตร์, 2560)

ใบ ลักษณะเป็นรูปร่างต่าง ๆ กัน แต่ส่วนมากมีลักษณะเป็นรูปหัวใจ ใบของหน้าวัวบางชนิดมีใบสวยงามมาก ลักษณะคล้ายกำมะหยี่ ละเอียดเป็นมัน มีเส้นลายสีขาวเห็นเด่นชัด เหมาะ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้เป็นไม้ประดับ พันธุ์พวกนี้มีจานรองดอก เรียวยาวแคบสีเขียวไม่สวย ช่อดอกยาวชี้ พันธุ์พวกนี้ชอบอยู่ในที่มีความชื้นสูงและไม่ต้องการแสงมาก ถ้าได้รับแสงมากไป ขอบใบมักจะไหม้และไม่ค่อยเจริญเติบโต เส้นใบของหน้าวัวเป็นตาข่าย มีเส้นกลางและเส้นติตริมใบเห็น ชัด หน้าวัวต้นหนึ่ง ๆ จะมีใบประมาณ 4-8 ใบ ใบแตกออกจากลำต้นเป็นลักษณะ alternate ก้านใบเป็นก้านเดี่ยว เรียวกลมยาว มีสีต่างกันไปตามพันธุ์เช่น สีเขียวแก่ เขียวอ่อน เขียวปนแดง โคนก้านใบมีกาบใบ

ดอก เกิดจากตาอยู่เหนือก้านใบ ภาษาสามัญเรียกดอกหน้าวัวว่า tail flower ประกอบด้วยปลี (spadix) และจานรองดอก (spathe) จานรองดอกมีลักษณะคล้ายใบติดที่โคนปลีมีขนาดของส่วนยาวมากกว่าส่วนกว้าง จานรองดอกจะเล็กหรือใหญ่อยู่ที่อายุ สี ของจานมีสีต่าง ๆ เช่น ขาว แดง ชมพู ส้ม พันธุ์ไม้เดิม ช่อดอกมีโคนใหญ่ ขนาดรอบวง 2.5- 3.5 ซม. และเรียวยาวยาว ตั้งแต่ 5-10 ซม. ดอกแต่ละดอกเรียงอัดแน่นติดต่อกัน ลักษณะดอกอยู่ในประเภทดอกสมบูรณ์ (perfect flower) มีทั้งเกสรตัวผู้และตัวเมียอยู่ในดอกเดียวกัน ดอกจะบานหลังจากจานคลี่ประมาณ 2-3 วัน ดอกจะเริ่มบานจากโคนปลีเป็นลำดับจนสุดปลี และเกสรตัวเมียจะแก่ก่อน (ไทยเกษตรศาสตร์, 2560) ดังนั้น โอกาสที่หน้าวัวจะผสมตัวเองมีไม่มาก

ราก เป็น adventitious root เกิดใต้ใบ รากใหม่ในตอนแรกจะอ้วนน้ำได้มากต่อไปจะแห้งเหี่ยวขึ้นตามอายุ ถ้าไม่หยั่งลงในเครื่องปลูก ก็จะไม่แข็งแรงและไม่ช่วยในการดำรงชีวิตของต้นต่อไป จึงต้องเติมเครื่องปลูกรอบ ๆ ต้น ให้เป็นที่จับของราก รากจะเจริญเติบโตต่อไป (ไทยเกษตรศาสตร์, 2560)

11.5.2 ชนิดของหน้าวัว

ไม้ดอกสกุลหน้าวัวเพียง 2 ชนิดเท่านั้นที่มีการ ปลูกเป็นการค้าในเขตร้อนชื้น โดยเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวที่มีเนื้อไม้อ่อนและมีอายุยืน (ไทยเกษตรศาสตร์, 2560; Baanjomyut, 2560; กองส่งเสริมพืชสวน, 2560; Arthit, 2560) แต่ละชนิดก็มีหลายพันธุ์ ได้แก่

1. *Anthurium andraeanum* ลำต้น ตั้งตรง ใบสีเขียว รูปหัวใจห้อย จานรองดอกเป็นรูปหัวใจ สีแดงเป็นมัน ปลีสีแดง หน้าวัวชนิดนี้มีหลายพันธุ์

- *Anthurium andraeanum album* จานรองดอก สีขาว ปลีไม้ชี้ โคนสี

ขาว กลางปลีสีม่วงอ่อน ปลายสีแดง ใบเป็นมัน

- *Anthurium andraeanum giganteum* จานรองดอกสีแดงเป็นมัน รอยย่นมาก ปลีสั้นและไม่ชี้ มีสีเหลืองแก่เมื่อดอกแก่จะมีสีขาว

- *Anthurium andraeanum rhodochlorum* จานรองดอกใหญ่ สีชมพู

- *Anthurium andraeanum ruuum* จานรองดอกใหญ่ย่น สีแดงเข้ม ปลีสีขาว ปลายสีเหลือง

2. *Anthurium scherzerianum* ใบค่อนข้างยาว คล้ายหอก สีเขียว จานรองดอก

รูปไข่ สีแดงเข้ม ปลีโค้งงอ หน้าวัวชนิดนี้มีหลายพันธุ์ เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Antherium scherzerianum mutabele จานรองดอกด้านหลังสีส้ม
ด้านหน้าขาวจุดส้ม
- Antherium scherzerianum mebulosum จานรองดอกสีแดง
แต่ขอบขาว
- Antherium scherzerianum rothschildca num จานรองดอกสีแดง
จุดสีขาว
- Antherium scherzerianum rorugucanum จานรองดอกสีส้ม จุดขาว



ภาพที่ 11.6 สีสนของดอกหน้าวัวสายพันธุ์ต่าง ๆ

ที่มา: http://farmfriend.blogspot.com/2011/07/blog-post_08.html

11.5.3 พันธุ์ต่าง ๆ ของหน้าวัว

หน้าวัวปลูกกันในประเทศไทยที่เป็นไม้ตัดดอกนั้น จานรองดอกที่มีสีแดงมีสายพันธุ์มากที่สุด นอกจากนั้นยังมีสีขาว ชมพู และแสด ซึ่งในแต่ละสีนั้นมีสีที่แตกต่างกันไป เช่น สีแดง สีแดงอ่อน ไปจนกระทั่งสีแดงแก่สีชมพู และสีแสดก็เช่นเดียวกัน มีชื่อพันธุ์ของหน้าวัวต่าง ๆ มากมาย เช่น

11.5.3.1 พันธุ์จานรองดอกสีแดง

พันธุ์ดวงสมร เป็นพันธุ์ที่มีจานรองดอกสีแดงเป็นมันสวยงาม กล่าวคือ จานรองดอกเป็นรูปหัวใจ หูชิดเท่ากันทั้ง 2 ด้าน ร่องน้ำตาลึก (จานรองดอกยื่น) ต่างจากของต่างประเทศ ซึ่งจานรองดอกค่อนข้างเรียบ ปลีสีเหลืองเมื่อแก่มีสีขาว ปลีดอกเกือบขนานกับจานรองดอก ตรงข้ามกับของต่างประเทศที่ปลีชี้ ในปัจจุบันต่างประเทศพยายามที่จะผสมให้ปลีขนานกับจานรองดอก เพื่อประโยชน์ในการหีบห่อ (packing) ส่งต่างประเทศ เพราะการที่ปลีชี้ถูกกระทบกระเทือน ชิดช่วงง่าย ทำให้ดอกเสียคุณภาพไป พันธุ์นี้พระวรนาทวินิจฉัยเป็นผู้ผสมพันธุ์ แต่นายเจือ บุตรชาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นผู้เลี้ยงต่อมาจนกระทั่งออกดอก พันธุ์นี้เป็นที่นิยมกันทั่วไป เหมาะเป็นไม้ตัดดอกและเป็นไม้ประกวด จำนวนดอก เฉลี่ย 6-8 ดอกต่อต้นต่อปี

พันธุ์จักรพรรดิ เป็นพันธุ์ที่มีจานรองดอกสีแดงเช่นกัน แต่ต่างจากสีแดงของพันธุ์ดวงสมร คือดวงสมรสีแดงเข้ม แต่จักรพรรดิสีแดงเลือนนง หรือสีแดงแสด พันธุ์นี้ลักษณะของดอกผู้พันธุ์ดวงสมรไม่ได้ คือรูปร่างของจานรองดอกเป็นรูปสามเหลี่ยม หูกางไม่ชิด และยกไม่สูง แต่ได้สมดุลทั้ง 2 ข้าง ร่องน้ำตาไม่ลึก ปลีสีเหลืองเมื่อแก่มีสีขาวค่อนข้างซี พันธุ์นี้ได้เปรียบกว่าพันธุ์ดวงสมร คือก้านดอกอวบใหญ่แข็งแรง เลี้ยงง่ายและเจริญเติบโตดี ไม่ค่อยมีโรค แมลงรบกวน ทนแดดดีกว่าดวงสมร ผลผลิตค่อนข้างสูงกว่าเล็กน้อย คือ 6-9 ดอกต่อต้นต่อปี

พันธุ์แดงนุกูล สีแดงเข้ม รูปร่างของจานรองดอกเป็นรูปหัวใจ ร่องน้ำตากลึก หยาบ ปลายกระดก หูชิดปลายโค้งยาว สีเหลือง เมื่อแก่มีสีขาว มีเกสรตัวผู้เหมาะสำหรับใช้เป็นพ่อพันธุ์ การเจริญเติบโตช้ารากน้อย

พันธุ์กษัตริย์ศึก จานรองดอกสีแดงเข้ม มีทรงแบนรูปไข่ยาว ปลายกระดก ร่องน้ำตากลึก หูตั้งปลีชนิดปลีกด สีเหลืองเมื่อแก่จะมีสีขาว ก้านดอกเล็กสีเขียว มีสีแดงปน ใบคล้ายจักรพรรดิ

พันธุ์กรุงธน จานรองดอกสีแดง มีรูปทรงรูปหัวใจกลม ร่องน้ำตากลึก หูชิด ลักษณะคล้ายดวงสมร แต่ฐานของโคนปลีอยู่ค่อนข้างตรงกลางมากกว่า จานรองดอกมักหักอยู่ข้างหนึ่ง ปลีมีสีเหลืองเมื่อแก่มีสีขาว ปลายปลีมีสีเหลืองอม เขียว

พันธุ์นครน จานรองดอกสีแดงเข้ม มีรูปร่างแบนรูปหัวใจ สวยงามมาก ร่องน้ำตากลึกปานกลาง หูตั้งขนานกับจานรองดอก ก้านดอกยาว



ภาพที่ 11.7 สายพันธุ์ดอกหน้าวัวที่มีจานรองดอกสีแดง

ที่มา: <http://www.biogang.net>

พันธุ์หน้าวัวที่มีชื่อเกี่ยวกับธน เป็นลูกผสม ของนายแป๊ะฮั่ว เช่น นครธนบุรี กรุงธน และมีพันธุ์ศรีสง่า ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีจานรองดอกสีชมพู พันธุ์นี้มีรากน้อย ข้อยาว ใบแก้ง้าง การแตกใบ และดอกไม่แน่นอน สีของจานรองดอกซีดง่าย ร่องน้ำตาละเอียด หูชิด ปลีงอ

11.5.3.2 พันธุ์จานรองดอกสีส้ม

พันธุ์ผูกาทอง และพันธุ์ผูกามาศ สองพันธุ์นี้ พระวรรณาทินิจฉัยเป็นผู้ผสมพันธุ์ เช่นเดียวกับดวงสมร ลักษณะแตกต่างกันไปมากนัก พันธุ์ผูกาทองรูปร่างของจานรองดอกค่อนข้างเป็นรูปไข่ยาวรี ร่องน้ำตาละเอียดเล็ก ส่วนผูกามาศรูปร่างค่อนข้างกลมกว่าร่องน้ำตาลึก ทั้ง 2 พันธุ์ หูตั้งเล็กน้อย ผลผลิต 6 ดอกต่อต้นต่อปี พันธุ์ผูกามาศแตกเป็นกอมากกว่า รากมีน้อย จึงขยายพันธุ์ได้ช้ากว่าที่ควร



ภาพที่ 11.8 สายพันธุ์ดอกหน้าวัวที่มีจานรองดอกสีส้ม

ที่มา: <http://www.biogang.net>

พันธุ์ดาราทอง จานรองดอกสีส้ม รูปร่างรูปไข่ยาว ร่องน้ำตาลึก พันธุ์นี้มีลักษณะจานรอง ดอกมักบิดเบี้ยวง่ายถ้าการเลี้ยงดูไม่ดี พันธุ์นี้ถ้าตัดต้นปลูกขณะต้นไม่โตนัก จะแตกกอได้ง่ายและมาก จึงขยายพันธุ์ได้เร็ว

พันธุ์สุหรานาง จานรองดอกสีส้มสด ร่องน้ำตาลึก หูตั้งชิดแนบกัน ปลีขนานกับจานรองดอก สีเหลืองเมื่อแก่มีสีขาว ก้านดอกแข็ง พันธุ์นี้เป็นพันธุ์ที่คุณอำนวย เสถียรสุดาผสม นับเป็นพันธุ์ที่สวยงามมาก เหมาะเป็นไม้ตัดดอกได้ดี

พันธุ์โพธิ์ทอง จานรองดอกมีสีส้มอมแดง มีรูปทรงรูปไข่ ร่องน้ำตาลึก หูดอกตั้งแนบชิด ก้านดอกยาวแข็งแรง ปลีสีเหลืองซีดทำมุม ประมาณ 20°

พันธุ์ประไพสุหรี จานรองดอกสีส้ม ร่องน้ำตาลึก หูกสูงตั้งแต่ 2 ข้างไปชิดแนบกับปลี ขนานกับจานรองดอก พันธุ์นี้เลี้ยงค่อนข้างยาก

พันธุ์ผูกาวลี เป็นพันธุ์ที่มีจานรองดอกสีส้ม รูปร่างค่อนข้างเป็นรูปหัวใจ ร่องน้ำตาลึกปานกลาง หูตั้งเล็กน้อย ก้านดอกอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11.5.3.3 พันธุ์ที่มีจานรองดอกสีชมพู Arthit, (2560)

พันธุ์ศรียาตรา จานรองดอกสีชมพู ร่องน้ำตาลึก หูตั้งแนบชิด รูปทรงของจานรองดอกรูปไข่ ปลีขนานกับจานรองดอก ปลีสีเหลืองแต่มีสีขาว



ภาพที่ 11.9 สายพันธุ์ดอกหน้าวัวที่มีจานรองดอกสีชมพู

ที่มา: <http://www.biogang.net>

11.5.3.4 พันธุ์ที่มีจานรองดอกสีขาว (กองส่งเสริมพืชสวน, 2560)

พันธุ์ชวานายหวาน จานรองดอกสีขาว มีรูปทรงรูปหัวใจ ร่องน้ำตาดัน หูของจานรองดอกยกเล็กน้อย ปลีซี่ มีสีเหลือง เมื่อแก่มีสีขาว ก้านดอกแข็งแรง



ภาพที่ 11.10 สายพันธุ์ดอกหน้าวัวที่มีจานรองดอกสีขาว

ที่มา: <https://sites.google.com/site/kinuylovely/kherux-td-hma/dxk-hna-waw>

การปลูกหน้าวัวอย่างไรจึงจะได้ผลดีนั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น การปลูก การดูแลปฏิบัติรักษา แสง อุณหภูมิ ความชื้น ซึ่งอาจจะรวมไปทั้งโรงเรือน เครื่องปลูก ปุ๋ย ฯลฯ ในงานวิจัยนี้ จะกล่าวถึง เครื่องปลูกซึ่งได้จากการขึ้นรูปจากวัสดุมะพร้าวเป็นหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



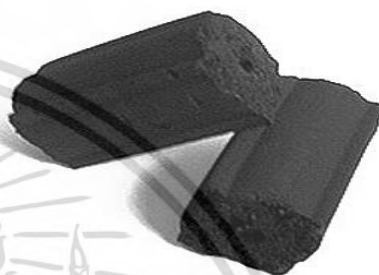
ก



ข



ค



ง

ภาพที่ 11.11 แสดงวัสดุปลูกที่ใช้ในการปลูกไม้ดอกไม้ประดับ

ที่มา: <http://flowers-plants-fruiteconomy.com>

http://oknation.nationtv.tv/blog/home/user_data/file_data/201212/07/615604dda.jpg

วัสดุปลูก หมายถึง เครื่องปลูกสำหรับไม้กระถางในธรรมชาตินั้น ต้นไม้เจริญเติบโตหรือขึ้นได้ในพื้นที่ที่มีความเหมาะสมของพรรณพืชแต่ละชนิด แต่การปลูกเลี้ยงไม้กระถาง เป็นการกำหนดให้ต้นไม้ต้องอยู่ในที่ที่จำกัดในภาชนะปลูก ดังนั้น เพื่อให้พืชเจริญเติบโตตามความต้องการของผู้ปลูก วัสดุปลูกควรมีคุณสมบัติโดยทั่วไป ดังนี้

1. มีความร่วนโปร่ง น้ำหนักเบา ระบายน้ำได้ดี ถ่ายเทอากาศได้ทั่วถึง ดูดซับน้ำได้ดี
2. ไม่มีความเป็นกรด เป็นด่างมากเกินไป
3. มีความแน่นพอที่จะยึดให้ลำต้นทรงตัวได้
4. ไม่มีสารเคมีที่เป็นพิษต่อรากพืช
5. มีปริมาณธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตอย่างเพียงพอ

11.5.4 กระถาง หรือภาชนะปลูก

กระถาง หรือภาชนะปลูก ได้ให้ความหมายตามพจนานุกรมบัณฑิตสถาน พ.ศ.

2554 (ราชบัณฑิตสถาน, 2556) ไว้ว่า กระถาง หมายถึง ภาชนะปากกว้างมีรูปต่าง ๆ สำหรับปลูก เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้นไม้ หรือใส่ของอื่น ๆ เช่น กระจกต้นไม้ กระจกรูป ภาพฉาย หมายถึง เครื่องใช้จำพวกถ้วยโถโอ ชามหม้อไห เป็นต้น สำหรับใส่สิ่งของ ดังนั้น กระจกหรือภาชนะปลูกในการวิจัยครั้งนี้ หมายถึง ภาชนะที่มีรูปทรงปากกว้าง 13 เซนติเมตร ความกว้างก้นกระจก 10 เซนติเมตร สูง 13 เซนติเมตร ทำจากวัสดุผสมจากเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ได้แก่ ทาง กาบ และถ่านกะลามะพร้าว

วัตถุประสงค์ของการใช้ประโยชน์จากกระจกมี 3 ประการ ได้แก่

1) กระจกใช้สำหรับปลูกต้นไม้โดยตรง ทำจากดิน พลาสติก กระจกใส หรือวัสดุอื่น ๆ ที่สามารถเคลื่อนย้ายได้หรืออาจมีลักษณะเป็นกระเบื้องติดถาวร อาจมีลักษณะแตกต่างกันออกไปตามชนิดของพืชที่ปลูก

2) กระจกที่ใช้สำหรับตกแต่ง เป็นกระจกที่ใช้ครอบหรือสวมรองรับกระจกที่ใช้ปลูกอีกชั้นหนึ่ง เป็นกระจกที่ใช้ตกแต่งจะมีรูปร่างแตกต่างกันออกไปตามความเหมาะสมของสถานที่ตั้ง

3) กระจกที่ใช้สำหรับปลูกและตกแต่ง ในลักษณะของกระจกชนิดนี้ เป็นกระจกแบบ เอนกประสงค์ส่วนใหญ่จะทำมาจาก ดินเผา เซรามิก หรือพลาสติก มีการเจาะรูด้านล่างกระจกและมี จานรองหรือถาดรองเข้าชุดกัน



ภาพที่ 11.12 กระจกพลาสติก

ที่มา : <http://suansanruk.blogspot.com>



ภาพที่ 11.13 กระจกดินเผา

ที่มา : <http://www.homequarterbkk.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักเกณฑ์ในการเลือกใช้กระถางตามความเหมาะสม ในการจะปลูกต้นไม้ให้เจริญเติบโตได้ดีนั้น ควรเลือกใช้กระถาง หรือภาชนะปลูกที่เหมาะสมกับความต้องการของพันธุ์พืชนั้นๆ โดยมีหลักเกณฑ์พิจารณาได้ ดังนี้

1) รูปทรงของกระถาง กระถางหรือภาชนะปลูก ที่มีขายตามท้องตลาดมีลักษณะแตกต่างกันออกไปตามลักษณะของการใช้งาน ควรเลือกใช้กระถางที่มีความเหมาะสมกับขนาดของทรงพุ่มต้นไม้การยึดเกาะของรากกับเครื่องปลูก และกระถาง การตั้งพื้นหรือแขวนประดับ เป็นต้น

2) สีของกระถาง สีของกระถางมีผลต่ออุณหภูมิของวัสดุที่ใช้ปลูก เช่น สีดำและสีเข้ม จะทำให้อุณหภูมิของวัสดุปลูกมีอุณหภูมิสูงกว่าสีน้ำตาลหรือสีอิฐ หรือสีของกระถางที่มีสีอ่อน และเลือกสีที่เหมาะสมในการจัดวางเพื่อความสวยงาม

3) การระบายน้ำ กระถางที่สามารถระบายน้ำได้ดีจะทำให้รากพืชได้รับออกซิเจนได้อย่างเพียงพอ และสามารถป้องกันการเกิดเชื้อราที่โคนต้นพืช หรือเครื่องปลูก ทำให้พืชเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่ แต่ควรเลือกกระถางที่มีความสามารถในการระบายน้ำตามความต้องการของพืช หรือชนิดของพืช

4) การรักษาความชื้น อุณหภูมิภายในและภายนอกกระถางไม่ควรจะแตกต่างกันมากนัก เพราะจะทำให้มีผลต่ออุณหภูมิของวัสดุปลูก และการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้น กระถางควรรักษาความชื้น และระบายอากาศได้อย่างเหมาะสม

5) อายุการใช้งาน และความคงทนเป็นอีกข้อที่ควรพิจารณา เพราะกระถางบางชนิดสามารถปลูกลงดินได้เลย หรือบางชนิดจะถูกนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งมีข้อดี และข้อเสียแตกต่างกันออกไป

11.5.5 อัตราส่วนผสมวัสดุปลูก (Media Mixed Ratio)

วัสดุเพาะกล้ามีความสำคัญในการเพิ่มคุณภาพในด้านความสม่ำเสมอของการเจริญเติบโตของต้นกล้า ความแข็งแรงของต้นกล้าก่อนการย้ายปลูก ดังนั้น การเลือกใช้วัสดุเพาะกล้าที่เหมาะสมจะส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การรอดตายของต้นกล้ามีสูงขึ้นเมื่อทำการย้ายปลูกในพื้นที่จริง และยังสามารถลดการเกิดโรค และแมลงในแปลงเพาะกล้าได้อีกด้วย

วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในการศึกษานี้ ได้แก่ ทางมะพร้าว กาบมะพร้าว และถ่านกะลามะพร้าว ซึ่งเป็นวัสดุเพาะกล้าที่เกษตรกรนิยมใช้เป็นจำนวนมาก จึงนำมาศึกษาการนำมาผสมเป็นวัสดุที่ใช้ในการขึ้นรูปกระถาง

อัตราส่วน (Ratio) คือ ปริมาณอย่างหนึ่งที่แสดงถึงจำนวน หรือขนาดตามสัดส่วนเมื่อเปรียบเทียบกับอีกปริมาณหนึ่งที่เกี่ยวข้งกัน อัตราส่วนจะเป็นปริมาณที่ไม่มีหน่วย อัตราส่วนนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนผสมวัสดุปลูก (Media Mixed Ratio) ในการศึกษาครั้งนี้จะหมายถึง อัตราส่วนผสมระหว่าง ทางมะพร้าว (Coconut leaf stalk) กาบมะพร้าว (Coir) และถ่านกะลามะพร้าว (Coconut shell)

11.6 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของวัสดุมะพร้าว

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้มีการศึกษาสมบัติทางกายภาพ (Physical Properties) ของวัสดุ มะพร้าวได้แก่ ทาง กาบ และถ่านกะลามะพร้าว ซึ่งประกอบด้วย ความชื้น ความพรุน ค่าความเป็น กรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ขนาดเฉลี่ยของวัสดุ การดูดซึมน้ำและการระบายน้ำ การพองตัว การ ย่อยสลาย เป็นต้น และสมบัติทางกลของกระถาง (Mechanical Properties) ได้แก่ ความแข็งแรง การทนแรงกด เป็นต้น

11.6.1 สมบัติทางกายภาพ (Physical Properties)

สมบัติทางกายภาพ (Physical Properties) หมายถึง สมบัติเฉพาะตัวของสสาร แต่ละชนิด ซึ่งสามารถสังเกตได้ง่ายจากภายนอก ได้แก่ สี กลิ่น รส การละลาย ความแข็ง ลักษณะ ผลึก สถานะ จุดเดือด จุดหลอมเหลว ความหนาแน่น การนำความร้อน การนำไฟฟ้า เป็นต้น

สมบัติทางกายภาพสำหรับการศึกษาครั้งนี้ หมายถึง ความหนาแน่น (Density) ความชื้น (Moisture) ความพรุน (Porosity) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (Electric Conductivity) ขนาดเฉลี่ยของวัสดุ (Average Size Measurement) การดูดซึมน้ำและการระบาย น้ำ (Water Absorption and Water Drainage) การพองตัว (Swelling) การย่อยสลาย (Decomposition)

11.6.2 ความหนาแน่น (Density)

ความหนาแน่น (Density) หมายถึง อัตราส่วนของมวลต่อหนึ่งหน่วย ปริมาตร และยังมีค่าความหนาแน่นในอีกหลายลักษณะที่ขึ้นกับตัวแปร หรือวิธีการในการหาค่าความ หนาแน่น [20] ได้แก่

1) ความหนาแน่น (สภาพอบแห้ง) (Density (Oven-Dry)) หมายถึง อัตราส่วน ของมวลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของมวลรวมในสภาพอบแห้ง (ปริมาตรที่รวมช่องว่างที่น้ำซึมผ่านได้)

2) ความหนาแน่น (สภาพอิ่มตัวผิวแห้ง) (Density (Saturated-Surface-Dry)) หมายถึง อัตราส่วนของมวลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของมวลรวมในสภาพอิ่มตัวผิวแห้ง (ปริมาตรที่รวม ช่องว่างที่น้ำซึมผ่านได้)

3) ความหนาแน่นปรากฏ (Apparent Density) หมายถึง อัตราส่วน

ของมวลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของมวลรวม (ปริมาตรที่ไม่รวมช่องว่างที่น้ำซึมผ่านได้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ความหนาแน่นสัมพัทธ์ (Relative Density) หมายถึง อัตราส่วนความหนาแน่นของมวลรวมต่อความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิเดียวกัน

5) ความหนาแน่นสัมพัทธ์ (สภาพอบแห้ง) (Relative Density (Oven-Dry))” หมายถึง อัตราส่วนความหนาแน่นของมวลรวมในสภาพอบแห้งต่อความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิเดียวกัน

6) ความหนาแน่นสัมพัทธ์ปรากฏ (Apparent Relative Density) หมายถึง อัตราส่วนความหนาแน่นปรากฏของมวลรวมต่อความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิเดียวกัน

7) ความหนาแน่นรวม (bulk density) คือ สัดส่วนระหว่างมวลวัสดุกับปริมาตร โดยพิจารณาปริมาตรรวมทั้งส่วนที่เป็นเนื้อวัสดุและช่องว่างในวัสดุ ดังนั้น ค่าความหนาแน่นรวมของวัสดุจะไม่คงที่ขึ้นอยู่กับวิธีการวัดวัสดุนั้น สามารถหาได้จากสมการ

$$\rho_b = \frac{M}{V}$$

โดยที่ ρ_b คือ ความหนาแน่นรวม มีหน่วยเป็น กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
 M คือ มวลรวมของชิ้นงาน มีหน่วยเป็น กรัม
 V คือ ปริมาตรของชิ้นงาน มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เซนติเมตร หาได้จากการแทนที่ปริมาตรของน้ำ

8) ความหนาแน่นวัสดุ/อนุภาค (particle density) คือ สัดส่วนของมวลวัสดุกับปริมาตรโดยพิจารณาปริมาตรเฉพาะของเนื้อวัสดุเท่านั้น ถือเป็นความหนาแน่นเฉลี่ยของวัสดุนั้น ๆ และมักจะมีค่าคงที่เนื่องจากอนุภาคต่าง ๆ นั้นมีสภาพไม่เปลี่ยนแปลงนอกเสียจากเกิดการย่อยสลาย

11.6.3 ความพรุน (Porosity)

ความพรุน คือ ช่องว่างระหว่างตัววัสดุต่อปริมาตรทั้งหมดของวัสดุ ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามลักษณะและรูปแบบของวัสดุ มีผลต่อการออกแบบเครื่องจักรหรือการออกแบบตัวผลิตภัณฑ์ เพราะความพรุนจะมีผลทำให้คุณสมบัติทางกายภาพหรือคุณสมบัติเชิงกลเปลี่ยนไป อาทิ น้ำหนัก ความแข็งแรง หรือความชื้นของตัววัสดุเปลี่ยนไป เป็นต้น เราสามารถหาความพรุน (Porosity, ε) ได้จาก เปอร์เซ็นต์ระหว่างปริมาตรช่องว่างในเนื้อของวัสดุ (pore space, V_p) กับปริมาตรรวม (Bulk volume, V_b) โดยที่ V_p เท่ากับผลต่างของปริมาตรรวมกับปริมาตรของเนื้อวัสดุ ($V_p = V_b - V_s$) (อภิรัฐ วัชรพล และ เอนก, 2557) ดังสมการ

$$\varepsilon = \left[\frac{V_b - V_s}{V_b} \right] \times 100$$

โดยที่ ε คือ เปอร์เซ็นต์ความพรุนของชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

V_b คือ ปริมาตรรวม (Bulk volume) มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เซนติเมตร
 V_s คือ ปริมาตรของเนื้อวัสดุ (Solid volume) มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เซนติเมตร

โดยที่ V_s คือ ปริมาตรเนื้อของแข็ง (solid volume) ในวัสดุพูน ความพูนเป็นคุณสมบัติทางกายภาพที่สำคัญของวัสดุพูน ซึ่งนอกจากจะมีความสัมพันธ์กับปริมาตรรวมและความหนาแน่นรวม (bulk density) ของวัสดุพูน (Mohsenin, 1970)

11.6.4 ความชื้น (Moisture)

ความชื้น หมายถึง หมายถึง ปริมาณของน้ำที่สะสมอยู่ในตัววัสดุ ทำให้วัสดุเกิดความชื้น มีผลทำให้วัสดุมีสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกลที่เปลี่ยนไป เช่น สี ขนาด น้ำหนัก ความแข็งแรง และกลื่นของตัววัสดุ ความชื้นยังแบ่งเป็น 2 แบบ คือ ความชื้นสมบูรณ์ และความชื้นสัมพัทธ์ ในการศึกษาเป็นการศึกษาความชื้นที่อยู่ในรูปของน้ำในสถานะของเหลว (Moisture) ที่อยู่ในอากาศ ของแข็ง สารต่าง ๆ ในส่วนของ

ความชื้นสมบูรณ์ (Absolute Moisture) คือ อัตราส่วนระหว่างมวลของวัสดุและปริมาณน้ำหรือความชื้นในตัววัสดุ (หน่วยเป็นกรัม) และปริมาตรของไอน้ำในอากาศ (หน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร) ณ อุณหภูมิเดียวกัน

ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Moisture) หมายถึง ร้อยละของอัตราส่วนระหว่างมวลของวัสดุและปริมาณไอน้ำที่มีอยู่จริงในขณะนั้น กับมวลของไอน้ำอิ่มตัว เรามักจะเห็นการใช้งานค่าความชื้นสัมพัทธ์ในลักษณะความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (Humidity)

ความชื้น หรือ ปริมาณของน้ำที่สะสมอยู่ในวัสดุปลูก ในแต่ละชนิดจะมีปริมาณความชื้นสะสมอยู่ไม่เท่ากัน อาจจะขึ้นอยู่ในหลายปัจจัย ได้แก่ พื้นที่ผิว ความพูน อัตราการดูดซึ่มหรืออัตราการคายความชื้น เป็นต้น ในการศึกษาเป็นการศึกษาความชื้นที่มีอยู่ในวัสดุก่อนการขึ้นรูป ซึ่งจะมีผลต่อปริมาณการผสมกาว ความยาก-ง่ายในการขึ้นรูปกระถาง และในการศึกษาเป็นการหาความชื้นแห้งของวัสดุปลูก โดยที่เราสามารถหาความชื้นได้จากการใช้เครื่องวิเคราะห์ความชื้น (Moisture Analyzer) หรือสามารถคำนวณได้จาก อัตราส่วนของน้ำหนักของน้ำในวัสดุปลูกต่อมวลแห้งของวัสดุปลูก ดังสมการ

$$\%MC_d = \frac{M_w}{M_s} \times 100$$

เมื่อ $\%MC_d$ คือ อัตราส่วนของน้ำหนักของน้ำในวัสดุปลูกต่อมวลแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

M_w คือ น้ำหนักของน้ำในวัสดุปลูก กรัม (g)

M_s คือ น้ำหนักของวัสดุปลูกแห้ง กรัม (g)

11.6.5 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ค่าความเป็นกรด-ด่าง มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งสำหรับพืชนั้นเราควรให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของวัสดุที่นำมาใช้ปลูกอยู่ระหว่าง 5.5-6.5 หรือช่วงเป็นกรดอ่อนๆ เนื่องจากช่วงของความเป็นกรดอ่อนนั้น ธาตุอาหารที่มีความสำคัญและจำเป็นต่อพืชจะละลายออกมาตามความต้องการที่เหมาะสมของพืช โดยเฉพาะกลุ่มของธาตุอาหารเสริมหรือจุลธาตุ ไม่ละลายออกมามากจนทำลายพืช จนเกิดปัญหาในพืช เช่น ใบมีขนาดเล็ก ใบเหลือง หรือขาวซีด ยอดสั้น แคระแกรน เป็นต้น

11.6.6 ค่าการนำไฟฟ้า (Electric Conductivity)

เป็นวิธีวัดความสามารถของน้ำในการส่งผ่านกระแสไฟฟ้าซึ่งเกิดจากมีอยู่ของสารประกอบอนินทรีย์หรือสารประกอบอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำ เช่น แอนไอออนของคลอไรด์ ไนเตรต ซัลเฟต และฟอสเฟต (แอนไอออนคือไอออนที่มีประจุลบ) หรือ แคทไอออนของโซเดียม แมกนีเซียม เหล็ก และอะลูมิเนียม (แคทไอออนคือไอออนที่มีประจุบวก) จะสามารถส่งผ่านกระแสไฟฟ้า หรือนำไฟฟ้าได้ดี แต่ในสารประกอบอินทรีย์ เช่น น้ำมัน ฟีนอล แอลกอฮอล์ และน้ำตาล นำไฟฟ้าได้ไม่ดึน และมีความการนำไฟฟ้าต่ำกว่าเมื่อละลายอยู่ในน้ำ การนำไฟฟ้ายังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิอีกด้วย ถ้าอุณหภูมิสูงค่าการนำไฟฟ้าก็จะยิ่งมากขึ้น ด้วยเหตุผลเหล่านี้เองจึงรายงานค่าการนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (25°C)

หน่วยที่ใช้กันทั่วไปสำหรับการวัดค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ ได้แก่ $\mu S/cm$, หรือ dS/m ซึ่ง $1,000\mu S/cm = 1 dS/m$

ค่าการนำไฟฟ้าจะเกี่ยวข้องกับการละลายของปุ๋ย ส่งผลให้มีผลกระทบโดยตรงกับการเลือกใช้วัสดุปลูก และการเลือกใช้อัตราส่วนของทาง กาบ และถ่าน กะลามะพร้าวมาขึ้นรูปเป็นกระถาง

11.6.7 ขนาดเฉลี่ยของวัสดุ (Average Size Measurement)

ขนาดเฉลี่ยของวัสดุที่ใช้ในการขึ้นรูป จะส่งผลโดยตรงต่อการขึ้นรูป และขนาดเฉลี่ยของวัสดุขึ้นรูปจะมีขนาดกระจายตัวในภาชนะขึ้นรูป ในการศึกษาี้การสุ่มวัดขนาดของวัสดุที่ต้องการหาขนาดเฉลี่ยแล้วหารด้วยจำนวนวัสดุที่วัดทั้งหมด โดยจะทำการนำวัสดุมาเขย่าเพื่อแยกวัสดุให้เห็นถึงขนาดที่แตกต่างกันจากการลดขนาดจากกระบวนการลดขนาดวัสดุ

$$AS = \frac{\sum_{i=1}^8 \left(\frac{MN_i + MN_{i+1}}{2} \right) \times mass_{MN_i}}{\sum_{i=1}^8 mass_{MN_i}}$$

โดยที่	AS	คือ ขนาดเฉลี่ยของวัสดุ
	MN_i	คือ Mesh Number ที่ i
	MN_{i+1}	คือ Mesh Number ที่ $i + 1$
	$mass_{MN_i}$	คือ มวลของวัสดุที่อยู่ใน Mesh Number ที่ i

11.6.8 การดูดซึมน้ำ และการระบายน้ำ (Water Absorption and Water Drainage)

Drainage)

การดูดซึมน้ำ (Water Absorption)” หมายถึง ปริมาณน้ำที่ถูกดูดซึมเข้าไปจนเต็มช่องว่างที่น้ำสามารถซึมผ่านได้ของมวลรวม แต่ไม่รวมน้ำที่เกาะอยู่ผิวนอกของมวลรวม

ความสามารถที่วัสดุยอมให้น้ำซึมผ่านตัวผลิตภัณฑ์ได้ เรียกว่า เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ (Water Absorption Percentage) ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นการศึกษาเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของวัสดุที่ขึ้นรูป แล้วทำให้วัสดุมีการเปลี่ยนรูปร่างและลักษณะของชิ้นงาน เราสามารถคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำได้จาก

$$\%WA = \left[\frac{W_w - W_d}{W_d} \right] \times 100$$

เมื่อ	$\%WA$	คือ เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของชิ้นงาน
	W_d	คือ น้ำหนักของชิ้นงานหลังการแช่น้ำ กรัม (g)
	W_w	คือ น้ำหนักของชิ้นงานก่อนนำมาแช่น้ำ กรัม (g)

การระบายน้ำ (Water Drainage) เป็นการศึกษาวิธีการกำจัดน้ำส่วนเกินออกจากชิ้นวัสดุขึ้นรูป เพื่อให้วัสดุขึ้นรูปนั้นมีสภาพที่เหมาะสมต่อการใช้งาน และมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชอย่างมีประสิทธิภาพ หากวัสดุขึ้นรูปไม่สามารถระบายน้ำได้ดีมีน้ำท่วมขังจะส่งผลให้รากของพืชเน่า เป็นสีน้ำตาล ประสิทธิภาพในการดูดอาหารของรากต่ำ ทำให้พืชเจริญเติบโตได้ช้า หรืออาจจะทำให้ต้นพืชตายในที่สุด ดังนั้นควรศึกษากระบวนการระบายน้ำของวัสดุขึ้นรูปอยู่ในภาวะสมดุล และเหมาะสมกับชนิดของต้นพืชที่ศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11.6.9 การพองตัว (Swelling)

การที่วัสดุมีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นในเนื้อของวัสดุนั้น ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการพองตัว สามารถคำนวณหาได้เปอร์เซ็นต์การพองตัวได้จาก

$$\%S = \frac{T_a - T_b}{T_b} \times 100$$

เมื่อ %S คือ เปอร์เซ็นต์การพองตัวของชิ้นงาน

T_a คือ ความหนาของชิ้นงานหลังการแช่น้ำ มิลลิเมตร (mm)

T_b คือ ความหนาของชิ้นงานก่อนการแช่น้ำ มิลลิเมตร (mm)

11.6.10 การย่อยสลาย (Decomposition)

การสลายตัวของวัสดุโดยมีความเกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อมและระยะเวลาในการใช้งานแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพและอายุการใช้งานของวัสดุแต่ละชนิด

11.7 สมบัติทางกล (Mechanical Properties)

สมบัติทางกล (Mechanical Properties) คือ พฤติกรรมอย่างหนึ่งของวัสดุที่สามารถแสดงออกมาเมื่อมีแรงจากภายนอกกระทำ อันได้แก่

11.7.1 ความเค้น (stress)

เป็นลักษณะของแรงต้านที่อยู่ภายในของโลหะ ที่มีความพยายามในการต้านทานต่อแรงภายนอก ที่มากระทำต่อวัสดุนั้นหาได้จากสมการ

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

โดยที่ σ คือ ความเค้นที่เกิดขึ้น มีหน่วยเป็น N/m^2

F คือ แรงดึงที่กระทำกับวัตถุ มีหน่วยเป็น N

A คือ พื้นที่หน้าตัดของวัตถุ มีหน่วยเป็น m^2

11.7.2 ความเครียด (Stain)

เป็นความเครียดปรากฏภายใต้แรงที่มากระทำต่อเนื้อของวัสดุ จนวัสดุเกิดรับแรงนั้นไม่ไหว ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างไปในทิศทางของแรงที่มากระทำ เช่น เกิดการยืดตัวออก (Elongation) หรือหดตัวเข้า (Contraction) หาได้จากสมการ

$$\varepsilon = \frac{\delta}{L}$$

โดยที่ ε คือ ความเครียด

δ คือ ความยาวที่เปลี่ยนไป มีหน่วยเป็น (mm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

L คือ ความยาวเดิมของวัตถุ มีหน่วยเป็น (mm)

11.7.3 ความแข็งแรง (Strength)

หมายถึง ความแข็งแรงดึงสูงสุด (Ultimate Tensile Strength)

ความแข็งแรงกดหรือแรงอัดสูงสุด (Ultimate Compressive Strength) ซึ่งสามารถจะสังเกตได้จาก Stress-Strain Curve ที่มีค่าของแรงดึงหรือแรงกดสูงสุด และตำแหน่งปลายของเส้นกราฟ Stress-Strain จะเป็นจุดแตกหัก (Breaking Point or Fracture) นั้น เราจะเรียกกันว่า เป็นจุดความแข็งแรงที่จุดแตกหักนั่นเอง

11.7.4 ความแข็ง (hardness) (Askeland and Webster, 1996;

Haasen, 1996; Boyer and Gall, 1985; Kehl, 1949; Sinha, 1989)

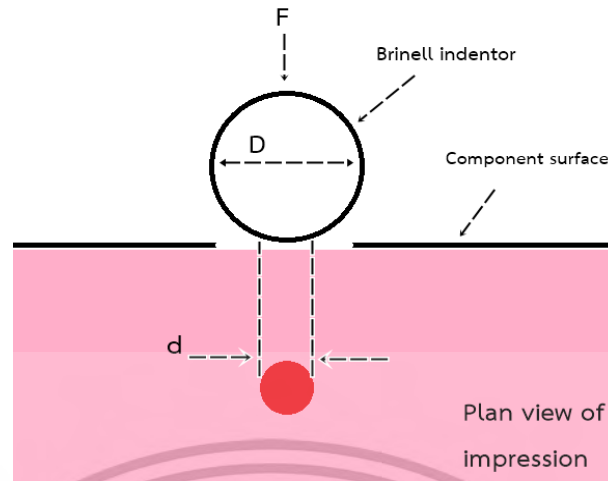
การทดสอบความแข็งเป็นการวัดความสามารถของวัสดุในการต้านการกด การขีดข่วนบนผิวของวัสดุ หรือการเสียรูปถาวร (plastic deformation) ของวัสดุ ซึ่งการทดสอบความแข็งเป็นการทดสอบที่ง่ายและรวดเร็ว การทดสอบความแข็งแบ่งออกเป็น 2 ระดับ ได้แก่

1) การทดสอบความแข็งระดับมหภาค (macrohardness)

เป็นการทดสอบความแข็งโดยเฉลี่ยของวัสดุในบริเวณกว้าง และใช้น้ำหนักในการกดในระดับกิโลกรัม การวัดความแข็งในระดับมหภาคนิยมใช้วิธีทดสอบ 2 วิธีคือ วิธีทดสอบแบบบริเนลล์ (Brinell testing) และวิธีทดสอบแบบร็อคเวลล์ (Rockwell testing)

1.1) ความแข็งแบบบริเนลล์ (Brinell hardness)

ทดสอบโดยใช้หัวกดวัดความแข็งเป็นลูกบอล ซึ่งทำจากโลหะที่มีความแข็งสูง กดลงบนผิวชิ้นงานที่เรียบลูกบอลที่ใช้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1-10 มิลลิเมตร และใช้น้ำหนักเพื่อถ่วงน้ำหนักลูกบอลในช่วง 1-3,000 กิโลกรัม เวลาที่ใช้ในการกดลูกบอลลงบนผิววัสดุจะใช้เวลาประมาณ 10-15 วินาที เมื่อนำน้ำหนักถ่วงออก จะสามารถสังเกตเห็นรอยลูกบอลที่ฝังลงไปบนผิววัสดุดังภาพที่ 2.14



ภาพที่ 11.14 รอยกดและการทดสอบแบบบริเนลล์

ที่มา: Donald R. Askeland, 1996

การคำนวณค่าความแข็งแบบบริเนลล์ (Brinell hardness) แทนด้วยสัญลักษณ์ HB คำนวณได้จากสมการ

$$HB = \frac{2F}{\pi D} \left(D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)$$

โดยที่ F คือ น้ำหนักแรงกด มีหน่วยเป็น กิโลกรัม (kg)

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางลูกบอล มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร (mm)

d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของรอยกดบนผิววัสดุ มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร (mm)

1.2) ความแข็งแบบร็อคเวลล์ (Rockwell hardness)

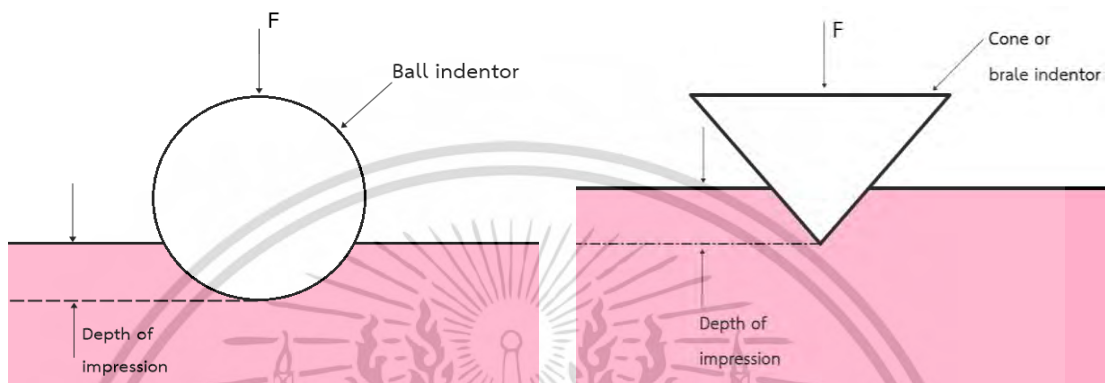
เป็นการทดสอบความแข็งคล้ายกับการทดสอบแบบบริเนลล์ หัวกดใช้วัสดุที่มีความแข็งสูงเป็นลูกบอลขนาดเล็กหรือเป็นเพชรรูปกรวย (brale) กดลงบนผิววัสดุการวัดความแข็งแทนที่จะวัดขนาดของรอยกดจะวัดความลึกของรอยกดแทน ซึ่งสามารถอ่านค่าได้จากหน้าปัดของเครื่องมือทำให้ง่ายกว่าการวัดแบบบริเนลล์ กรณีที่เป็นวัสดุอ่อนจะกดด้วยหัวกดลูกบอล และถ้าเป็นวัสดุแข็งจะกดด้วยหัวกดเพชรรูปกรวย (brale) ลูกบอลที่ใช้กดจะมีขนาด 1.587, 3.175 และ 6.350 มิลลิเมตร ส่วนหัวเพชรรูปกรวยจะมีมุมที่ปลายเท่ากับ 120 องศา การวัดแบบร็อคเวลล์จะมีด้วยกันทั้งหมด 9 สเกลแต่ที่นิยมใช้มาก ได้แก่

1.2.1) สเกลแบบ A ใช้หัวกดเพชรรูปกรวย นิยมใช้น้ำหนักกดตรง 10 กิโลกรัม และน้ำหนักกดหลัก 60 กิโลกรัม เหมาะกับการวัดวัสดุที่แข็งและบาง นิยมใช้สัญลักษณ์เป็น HRA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.2) สเกลแบบ B ใช้หัวกดลูกบอล นิยมใช้น้ำหนักกดตรง 10 กิโลกรัม และน้ำหนักกดหลัก 100 กิโลกรัม เหมาะกับการวัดวัสดุแข็ง นิยมใช้สัญลักษณ์เป็น HRB

1.2.3) สเกลแบบ C ใช้หัวกดเพชรรูปกรวย นิยมใช้น้ำหนักกดตรง 10 กิโลกรัม และน้ำหนักกดหลัก 150 กิโลกรัม เหมาะกับการวัดวัสดุพวกเหล็กหล่อ เหล็กชุบผิวแข็งและวัสดุที่แข็งกว่าสเกลแบบ B ใช้สัญลักษณ์เป็น HRC



ภาพที่ 11.15 รอยกดและการทดสอบความแข็งแบบร็อกเวลล์

ที่มา: Donald R. Askeland, 1996

สำหรับค่าความแข็งร็อกเวลล์ในสเกล C เมื่ออ่านจากหน้าปัด เครื่องทดสอบแล้วนำมาคำนวณตามสมการ

$$HRC = \frac{k - (h_1 - h)}{C}$$

โดยที่ k คือ ค่าคงที่หัวกดเพชรรูปกรวย=0.2 และหัวกดลูกกลม=0.26
 h_1 คือ ความลึกของหัวกดเมื่อได้รับน้ำหนักกดหลัก (มิลลิเมตร)
 h คือ ความลึกของหัวกดเมื่อได้รับน้ำหนักกดตรง (มิลลิเมตร)
 C คือ ค่าช่วงแบ่งบนสเกลหน้าปัด (0.002 มิลลิเมตร)

2) ความแข็งระดับจุลภาค (microhardness)

เป็นการวัดความแข็งของวัสดุในบริเวณขนาดเล็ก ๆ ระดับจุลภาคหรือในแต่ ละเฟส (phase) และใช้น้ำหนักกดน้อยมากในระดับกรัม การวัดความแข็งในระดับจุลภาค นิยมใช้ การทดสอบ 2 วิธี คือ การทดสอบแบบวิกเกอร์ส (Vickers hardness test) และการทดสอบแบบนูป (Knoop hardness test)

2.1) ความแข็งแบบวิกเกอร์ส (Vickers hardness)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นการทดสอบที่มีหัวกดเป็นรูปพีระมิดฐานสี่เหลี่ยมและมีมุมยอด 136 องศา ทำจากเพชร กดลงบนผิววัสดุใช้น้ำหนักกด 1-120 กิโลกรัม ใช้สัญลักษณ์เป็น HV ซึ่งกรณีที่ใช้น้ำหนักเป็นกิโลกรัมจะมีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อพื้นที่รอยกด การวัดความแข็งจะวัดระยะเฉลี่ยของเส้นทแยงมุมทั้งสองข้างของรอยกด และนำไปคำนวณค่าความแข็งตามสมการ

$$HV = \frac{2F \sin\left(\frac{136^\circ}{2}\right)}{d^2} = 1.854 \frac{F}{d^2}$$

โดยที่ F คือ น้ำหนักกด กิโลกรัม (kg)

d คือ ความยาวเส้นทแยงมุมเฉลี่ย มิลลิเมตร (mm)

2.2) ความแข็งแบบนूप (Knoop hardness)

เป็นการทดสอบโดยใช้หัวกดรูปทรงพีระมิดฐานสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน มีมุมยอดด้านกว้าง 130 องศา แะมุมยอดด้านยาว 170 องศา 30 ลิปดา อัตราส่วนของเส้นทแยงมุมด้านยาวต่อเส้นทแยงมุมด้านกว้างเท่ากับ 7.11 และเส้นทแยงมุมด้านยาวต่อความลึกเท่ากับ 4 นิยมใช้สัญลักษณ์ของค่าความแข็งเป็น HK การคำนวณความแข็งนूपทำได้โดยการวัดเส้นทแยงมุมด้านยาวแล้วนำไปคำนวณตามสมการ

$$HK = \frac{14.23F}{l^2}$$

โดยที่ F คือ น้ำหนักกดหรือแรงกด กิโลกรัม (kg)

l คือ ความยาวเส้นทแยงมุมด้านยาว มิลลิเมตร (mm)

การทดสอบความแข็งในระดับจุลภาคนี้ รอยกดที่ปรากฏจะมีขนาดเล็กมากจนไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าได้ จึงต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ที่มีสเกลบอกขนาดติดที่เลนส์ช่วยในการวัดค่าต่าง ๆ นอกจากนี้การวางชิ้นงานที่ทดสอบต้องได้ระนาบที่ตั้งฉากกับหัวกดเพื่อความถูกต้องของค่าความแข็งที่วัดได้ ถ้าชิ้นงานเป็นลักษณะของฟิล์มที่บางมากหรือชิ้นงานที่มีความหนา น้อยมากควรใช้การทดสอบความแข็งแบบนूप สำหรับการวัดค่าความแข็งของวัสดุที่ขึ้นรูปจากผงโลหะ ต้องเลือกบริเวณที่เนื้อโลหะเพื่อให้ได้ค่าความแข็งแรงที่ถูกต้อง เนื่องจากกระบวนการผลิตจะทำให้ชิ้นงานยังมีความพรุนหลงเหลืออยู่

11.8 การวิเคราะห์สถิติ

11.8.1 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความค่าแตกต่าง (Fisher's Least Significant Difference: LSD) (นิภาพร, 2552)

Fisher ได้พัฒนาวิธีการเปรียบเทียบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยประชากรครั้งละคู่ โดยต้องสุ่มตัวอย่างแต่ละชุดเป็นอิสระกัน ซึ่งเรียกว่า Fisher's LSD มีสูตรดังนี้

$$LSD = t_{1-\frac{\alpha}{2}; n-k} \sqrt{MSE \left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right)} \quad \text{โดยที่ } n = \sum_{i=1}^k n_i$$

เมื่อ LSD คือ สถิติทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยวิธี Fisher's LSD

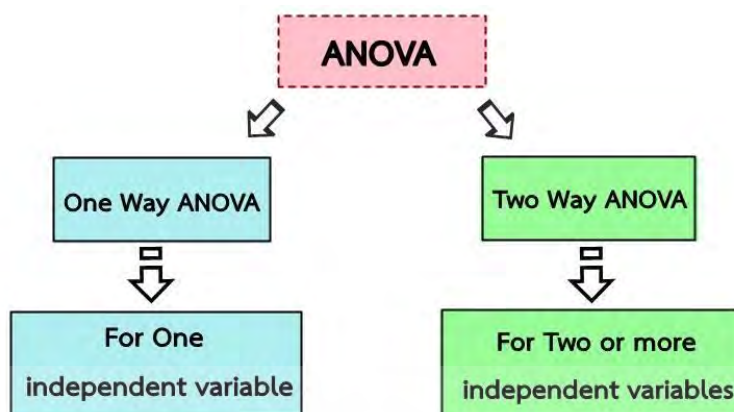
K คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

n คือ จำนวนตัวอย่างทั้งหมด

MSE คือ ค่าประมาณของความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน

11.8.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variance หรือ ANOVA (พ่องอำไพ, 2556)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนคือเทคนิคการวิเคราะห์ที่ใช้เพื่อทดสอบสมมติฐานที่มีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่มากกว่า 2 กลุ่มขึ้นไป (ตัวแปรอิสระเป็นแบบจัดกลุ่ม ตัวแปรตามเป็นตัวแปรเชิงปริมาณ) ถ้ามีตัวแปรอิสระเพียงตัวแปรเดียว เรียกว่า One-Way ANOVA ถ้ามี 2 ตัวแปร เรียกว่า Two-way ANOVA ถ้ามีหลายตัวแปร เรียกว่า Multi-way ANOVA การวิเคราะห์ความแปรปรวนมี 1 ตัวประกอบ One-way ANOVA ใช้สำหรับทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยที่ได้จากกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่มขึ้นไป เพื่อตรวจสอบว่าตัวแปรอิสระ 1 ตัว แบ่งออกเป็น k ประเภท จะส่งผลแตกต่างกันหรือไม่ โดยแต่ละกลุ่มควรมีสมาชิกที่เท่ากันหรือใกล้เคียงกัน การวิเคราะห์ความแปรปรวนมี 2 ตัวประกอบ จะใช้กับตัวแปรอิสระ 2 ตัวพร้อมกัน โดยต้องการศึกษาผลของตัวแปรอิสระแต่ละตัวที่มีต่อตัวแปรตาม และศึกษาปฏิสัมพันธ์ (interaction ระหว่างตัวแปรอิสระ 2 ตัวนั้นให้สังเกตว่ามีตัวแปร 2 ชนิด คือตัวแปรอิสระ 2 ตัว และตัวแปรตาม 1 ตัว ซึ่งตัวแปรตามจะเป็นผลที่ผู้ทดลองสังเกตได้หรือวัดได้ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว เป็นการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต้นเพียง 1 ตัวที่มีต่อตัวแปรตามหากต้องการศึกษาอิทธิพลของตัวเป็นต้นแต่ 2 ตัวขึ้นไป จะเรียกการวิเคราะห์นี้ว่า multifactor ANOVA สำหรับในที่นี้จะกล่าวถึงการวิเคราะห์ความแปรปรวนกรณีที่มีตัวแปรต้น 2 ตัว ซึ่งเรียกว่า การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-way ANOVA) ดังภาพที่ 5.16



ภาพที่ 11.16 การวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variance (ANOVA)

การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variances) แบบจำแนกทางเดียว : One-way ANOVA ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ประเภท คือ ตัวแปรตาม (Dependent) ตัวแปรตามควรเป็นข้อมูลที่สามารถคำนวณได้ในระดับช่วง (Interval) อัตราส่วน (Ratio) แต่อาจใช้กับข้อมูลระดับลำดับมาตรา (Ordinal) บางประเภทได้ ตัวแปรอิสระ, ต้น (Independent) : ซึ่งแบ่งข้อมูลเป็นกลุ่มๆ มากกว่าสองกลุ่มขึ้นไป เพื่อทดสอบว่าในแต่ละกลุ่มที่แตกต่างกันนั้น จะทำให้ค่าเฉลี่ยของตัวแปรตาม แตกต่างกันหรือไม่ ตัวแปรอิสระ, ตัวแปรต้นอาจเป็นข้อมูลระดับนามมาตรา (Nominal) หรือ ลำดับมาตรา (Ordinal) เนื่องจากมีจำนวนตัวแปรอิสระ หรือ ตัวแปรต้น จำนวน 1 ตัวแปร ที่มีการนำมาแบ่งเป็นกลุ่มต่าง ๆ จึงเรียกว่า One-Way ANOVA

11.8.3 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, S.D.)

เป็นค่าที่วัดการกระจายของข้อมูลที่ทำให้ทราบว่าคะแนนแต่ละจำนวนนั้นมีค่าแตกต่างจากค่าเฉลี่ยมากน้อยเพียงใด ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจะน้อย ถ้าข้อมูลมีค่าใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ย และจะมีค่ามากถ้าข้อมูลมีค่าแตกต่างไปจากค่าเฉลี่ยมาก ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ รากที่สองของค่าความแปรปรวน

11.8.4 สัมประสิทธิ์ความแปรผัน (Coefficient of Variance, C.V.)

สัมประสิทธิ์ความแปรผัน เป็นค่าที่ใช้เปรียบเทียบการกระจายของข้อมูล 2 ชุดขึ้นไป ซึ่งค่า C.V. จะไม่มีหน่วย และข้อมูลชุดที่มีค่า C.V. มากจะมีการกระจายมากกว่าข้อมูลชุดที่มีค่า C.V. ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11.9 เอกสารงานวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องหรือมีความใกล้เคียงกับการศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพสมบัติเชิงกลของทาง กาบ และกะลามะพร้าวที่มีผลต่อการขึ้นรูปกระถาง และการเจริญเติบโตของต้นหน้าวัว

11.9.1 เครื่องอัดขึ้นรูปกระถางจากขุยและใยมะพร้าว

ได้ออกแบบสร้างและหาประสิทธิภาพของเครื่องอัดขึ้นรูปกระถาง ควบคุมการทำงานและส่งผ่านแรงด้วยระบบไฮดรอลิกส์ วิเคราะห์ระดับความคิดเห็นของผู้ใช้งาน ซึ่งเครื่องอัดขึ้นรูปกระถางสามารถทำงานได้ต่อเนื่อง 8 ชั่วโมงต่อหนึ่งวัน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของปากกระถางกว้าง 4 นิ้ว (สุจิน และ ชีรเวท, 2552)

11.9.2 เครื่องอัดขึ้นรูปกระถางจากขุยและใยมะพร้าว

ได้ออกแบบและสร้างเครื่องมือและอุปกรณ์ในการอัดขึ้นรูปกระถางจากขุยและใยมะพร้าว โดยเครื่องมือสามารถอัดขึ้นรูปกระถางได้ 2 ขนาด มีกำลังการผลิตสูงสุด 120 ใบต่อชั่วโมง กระถาง 2 ขนาดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของปากกระถาง 106 มิลลิเมตร และ 135 มิลลิเมตร ทั้งยังออกแบบเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดเตรียมวัสดุ ประกอบไปด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการตี กาบมะพร้าว เครื่องมือที่ใช้ในการคัดแยกขนาดของขุยมะพร้าว และเครื่องมือที่ใช้ในการผสมวัสดุดิบ (สุจิน และชีรเวท, 2553)

11.9.3 อิทธิพลของความชื้นในคอนกรีตกระทำต่อคุณสมบัติทางกายภาพของปุ๋ยอัดเม็ดที่ขึ้นรูปด้วยแป้นอัดแบบซิลิวันโมเดล

ได้ศึกษาการสลายตัวของตัวอย่างเม็ดปุ๋ย ถูกประมวลผลตามวิธีการของ Suppadit (2009b) โดยจะวางเม็ดปุ๋ยตัวอย่างไว้ที่กลางแจ้เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ แล้วนำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 65-70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อศึกษาการสลายตัวของเม็ดปุ๋ย ซึ่งอัตราการย่อยสลาย 0.987 (Suppadit, Pongpiachan and Panomsri, 2012)

11.9.4 กาบมะพร้าวและการแปรรูปเพื่อหาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของมะพร้าว

เป็นการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของเปลือกมะพร้าวจากแหล่งที่มาของมะพร้าว 11 แหล่ง ทำการหาค่าความเป็นกรดเบสและค่าการนำไฟฟ้า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างเปลือกมะพร้าวอยู่ระหว่าง 5.9 ถึง 6.9 และ 1.2 ถึง 2.8 $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ ตามลำดับ NH_4^+ , NO_3^- , Ca และ Mg มีค่าที่ไม่แตกต่างกันระหว่างเปลือกมะพร้าวจากแหล่งที่มาต่าง ๆ และอยู่ระหว่าง 0.2 ถึง 1.8, 0.2 ถึง 0.9 2.9 ถึง 7.3 และ ค่าตั้งแต่การตรวจไม่พบจนถึง 4.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P , B , Cu , Fe , Ni , Zn , Mn , และ Mo แตกต่างกันอย่างมากระหว่างแหล่งที่มา ค่าจะแกว่งในช่วงตั้งแต่การตรวจสอบไม่พบจนถึงระดับ 33 ppm ระดับของ Na, K, Cl และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของแกลบและอยู่ในช่วง 23-88, 126-236 และ 304-704 ppm ตามลำดับ ชุ่ยไยมะพร้าวโดยการตรวจคัดกรองแยกผงชุ่ยไยมะพร้าวผ่านตะแกรงที่มีขนาดรูตะแกรงตาข่าย 3, 6 หรือตะแกรงตาข่าย 13 มิลลิเมตร จะมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ มีค่าปริมาณเส้นใย ปริมาณของแข็งรวม ช่องว่างความพรุน ซึ่งช่องว่างดังกล่าวได้แก่ ช่องว่างแบบที่มีอากาศเข้าไปได้กับช่องว่างที่มีน้ำเข้าไปได้ ปริมาณการอุ้มน้ำ ค่าเหล่านี้เมื่อมาเทียบกับไยมะพร้าวที่ไม่เสียรูปหรือมะพร้าวที่ผ่านการเขย่าแรงๆ อย่างไรก็ตามขนาดของตะแกรงไม่ได้เกี่ยวข้องกับค่าต่าง ๆ เหล่านี้ ผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของไม่มีการบีบอัดความดันและระดับความชื้นระหว่างการบีบอัดของบล็อกมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการคายน้ำ (Konduru, Evans and Stamps, 1999)

11.9.5 การศึกษาการพองตัวของกระดาษขึ้นรูปจากเส้นใยกกช้าง

เป็นการศึกษาการพองตัวของกระดาษที่อัดขึ้นรูปจากเส้นใยกกช้าง เพื่อศึกษาส่วนผสมที่เหมาะสมในการอัดขึ้นรูปกระดาษให้มีการพองตัวน้อยที่สุด ซึ่งปัจจัยที่มีผลกระทบ คือ ปริมาณความหนาแน่นเส้นใยและอัตราส่วนกาว จากนั้นนำกระดาษที่ได้จากการอัดขึ้นรูปมาทดสอบคุณสมบัติการพองตัว เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของกระดาษและเก็บข้อมูลโดยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ (MiniTab) จากการทดลองสรุปได้ว่า เส้นใย 385 กรัม กาว 224 กรัม ที่ค่าการพองตัว 12.68% ในการวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม นำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการทดสอบคุณสมบัติเท่ากับ 12.96% มีค่าต่างกันที่ 0.28 หรือ 0.28% (อำนาจ, 2554)

11.9.6 ปุ๋ยและวัสดุปลูกสำหรับต้นหน้าวัว

ประสิทธิภาพของการผลิตดอกหน้าวัวในประเทศบราซิลมีปัจจัยหลักคือ การให้ปุ๋ยและการเลือกใช้วัสดุปลูกที่มีคุณภาพ แต่เกษตรกรจำนวนมากไม่ให้ความสำคัญกับการเตรียมวัสดุปลูกอย่างมีคุณภาพ จึงได้มีการศึกษาเปรียบเทียบผลของการใช้วัสดุปลูกที่มีส่วนผสมที่แตกต่างกันต่อคุณภาพและประสิทธิภาพการผลิตดอกหน้าวัวเพื่อการค้าในประเทศบราซิลขึ้น (Cuquel, et al., 2012)

11.9.7 เส้นใยจากผลพลอยได้สำหรับงานอุตสาหกรรมกระดาษ

เส้นใย กระดาษ และเยื่อกระดาษ เป็นผลพลอยได้จากวัสดุทางการเกษตร ซึ่งมีราคาถูกและสามารถหาได้ง่าย ที่มาของวัสดุเหล่านี้ ได้แก่ ผลผลิตจากการปลูกข้าวโพด ข้าวสาลี ข้าว ข้าวฟ่าง ข้าวบาร์เลย์ อ้อย สับปะรด กล้วย และมะพร้าว เป็นหลัก สำหรับงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ จะ

เป็นการศึกษาโครงสร้างของเส้นใย คุณสมบัติ กระบวนการผลิต หรืออาจรวมถึงความเหมาะสมของเส้นใยในการทำอุตสาหกรรม (Reddy, and Yang, 2004)

11.9.8 การศึกษาเส้นใยของกล้วยและมะพร้าว องค์ประกอบทางพฤกษศาสตร์ การย่อยสลายความร้อน และการสังเกตพื้นผิว

ในอดีตใยหินถูกนำมาใช้เป็นฉนวนกันความร้อนในบ้านจนปี 1997 วัสดุฉนวนในซีเมนต์ควรปรับปรุงลักษณะฉนวนของวัสดุก่อสร้าง เพื่อให้ได้วัสดุฉนวนต้นทุนต่ำสำหรับการก่อสร้าง การผสมปูนซีเมนต์ด้วยเส้นใยพืช (VF) – เป็นกล้วย, มะเขือและซีเมนต์, น้ำตาลขานอ้อย เป็นต้น พฤติกรรมของแม่โครที่เสริมด้วยปูนซีเมนต์หรือคอนกรีตได้รับการศึกษาโดยนักวิจัยหลายคนในส่วนของลักษณะทางกล เช่น ความต้านทานแรงดึงและแรงดึงความเหนียวแตกต่างกัน ส่วนที่ศึกษากันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ คุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุผสม เช่น ความหนาแน่น ความพรุน การตั้งค่า ได้รับการตรวจสอบ ในการวิจัยมุ่งเน้นไปที่พฤติกรรมทางความร้อนของเส้นใยพืชที่เสริมการรวมตัวกันของเส้นใยพืชซึ่งส่วนใหญ่ในการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตรช่วยให้เกิดการแบ่งเบาค่าใช้จ่าย

การศึกษาจากเส้นใยธรรมชาติจากต้นกล้วยและมะพร้าวจำนวน 4 เส้นจากวิธีทางเคมี และเนื้อสัมผัส ผลการวิจัยพบว่าองค์ประกอบทางเคมีและพฤกษศาสตร์ขึ้นอยู่กับ (1) เส้นใยในต้นไม้ (2) ชนิดของต้นไม้มันมาจาก (วัชพืชสีเขียวหรือไม่) การสลายตัวของเส้นใยกล้วยด้วยความเร็วที่เพิ่มขึ้นของไฟโรไลซิส ตัวอย่างมีความขรุขระและประกอบด้วยเส้นใยกลวงที่มีผนังเป็นของไมโครไฟเบอร์ของเซลลูโลส การศึกษาเหล่านี้จะช่วยให้เราสามารถเลือกคุณสมบัติของไฟโรไลซิสของเส้นใยก่อนการรวมตัวกันในเมทริกซ์ซีเมนต์เพื่อทำนายพฤติกรรมของวัสดุผสมคอมโพสิต ที่มีรูพรุนขนาดใหญ่ในอนุภาค (Bilba, Arsene and Ouensanga, 2006)

11.9.9 ลักษณะการบดและคุณสมบัติความชุ่มชื้นของมะพร้าว

ผลของขนาดอนุภาคต่อคุณสมบัติความชุ่มชื้น การลดขนาดอนุภาคมีผลกระทบต่อโครงสร้างทางกายภาพของเส้นใยซึ่งเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติความชุ่มชื้นเช่นความสามารถในการอุ้มน้ำ, ความสามารถในการกักเก็บน้ำและความจุน้ำ คุณสมบัติความชุ่มชื้นเหล่านี้ถูกศึกษาจากขนาดอนุภาคที่แตกต่างกันของเส้นใยมะพร้าว การลดลงของขนาดอนุภาคจาก 1127 – 550 μm ส่งผลต่อคุณสมบัติในส่วนของความชุ่มชื้นพบว่าความชุ่มชื้นลดลงตามขนาดอนุภาค (Raghavendra, et al., 2005)

11.10 การศึกษาลักษณะที่มีความแข็งแรงต่อการใช้วัสดุเหลือใช้เป็นวัสดุสังเคราะห์ในคอนกรีต

ลักษณะความแข็งแรงของคอนกรีตที่ทำจากวัสดุเหลือใช้พบว่าคอนกรีตที่ทำจากเศษวัสดุเหลือใช้ของกระเบื้องเซรามิกทำให้มีความแข็งแรงคล้ายกันในการบีบอัดแรงดึงและแรงดัดเนื่องจากคอนกรีตทั่วไป ค่ากำลังรับแรงอัดของก้อนคอนกรีตที่ทำจากฉนวนกันความร้อนเซรามิกและคอนกรีตแก้วเท่ากับ 16 และ 26.34 ตามลำดับเมื่อเทียบกับคอนกรีตทั่วไป นอกจากนี้ยังพบว่าค่าเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังรับแรงดัดและค่ากำลังรับแรงดัดที่แตกต่างกันมีค่าใกล้เคียงกับผลการทดสอบแรงอัด ดังนั้นจึงสามารถมองเห็นได้ว่ากระเบื้องเซรามิกขยจะสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุก่อสร้างชนิดอื่น ๆ ในการผสมคอนกรีตในคอนกรีตได้ นอกจากเกณฑ์ทางเศรษฐกิจและความแข็งแรงแล้วคอนกรีตที่ทำจากวัสดุเหลือใช้เช่นเศษวัสดุจะช่วยแก้ปัญหาการกำจัดขยะเหล่านี้ (Sekar, Ganesan and Nampoothiri, 2011)

โครงการย่อยที่ 12 : การใช้ทางใบมะพร้าวปรับปรุงคุณภาพต่อประสิทธิภาพการผลิตน้ำนม ในโคนม

การทดลองที่ 1 ศึกษาค่าการย่อยได้และองค์ประกอบทางเคมีของทางใบมะพร้าวปรับปรุงคุณภาพ ทำการสุมทางใบมะพร้าวที่เกษตรกรตัดทิ้ง จากพื้นที่อำเภอปะทิว และอำเภอท่าแซะจังหวัดชุมพร จำนวนตัวอย่างละ 3 กก. แล้วสับเป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาด 3-5 ซม. แล้วใส่ถุงดำปิดและกดไล่อากาศให้แน่น จากนั้นเปิดถุงแล้วนำตัวอย่างออกตามเวลาที่กำหนด

แล้วนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ วัตถุแห้ง เถ้า โปรตีน ตามวิธีการของ AOAC (1984) ส่วน NDF ADF และ ลิกนิน จะวิเคราะห์ตาม Van Soest *et al.* (1991) และค่าการย่อยได้ แบบ *in vitro* โดยวิธี rumen liquor pepsin ซึ่งทำตามวิธีของ Tilley and Terry (1963) โดยหาค่า IVDMD (*in vitro* dry matter digestibility) และ IVDOMD (*in vitro* digestible organic matter digestibility)

จะใช้โคนมเพศเมียเจาะกระเพาะหมัก ซึ่งไม่ให้นม อายุไม่เกิน 5 ปี จำนวน 2 ตัว โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD โดยแต่ละ Treatment คือ ระยะเวลาหมัก คือ 0, 2, 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 อาทิตย์ รวมจำนวน 8 ตัวอย่าง โดยทำตัวอย่างละ 2 ชั่วโมง แล้วเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธีของ Duncan New 's Multiple Range Test โดยทุก Treatment วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (2000)

การทดลองที่ 2 การเสริมทางใบมะพร้าวปรับปรุงคุณภาพต่อประสิทธิภาพการหมักใน กระเพาะรูเมนของโคนม

เลือกกระดပ်ทางใบมะพร้าวหมัก ที่ค่าการย่อยได้สูงสุด 1 ระดับ ของการทดลองที่ 1 มาทดลองในการทดลองที่ 2 โดยวางแผนการทดลองแบบ 3 × 3 latin Square โดยใช้ 3 treatment และ row คือ ระยะเวลาแต่ละช่วงของการให้น้ำนม ส่วน column คือ โคนมเพศเมียเจาะกระเพาะหมัก ซึ่งไม่ให้นม อายุไม่เกิน 5 ปี จำนวน 3 ตัว โดยแต่ละกลุ่มจะได้รับอาหารทดลอง 3 แบบ คือ

กลุ่ม 1 กลุ่มควบคุมให้อาหารข้น และอาหารหยาบ (หญ้าสด)

กลุ่ม 2 ให้อาหารข้น และให้ทางใบมะพร้าวหมัก (เลือกจากการทดลอง 1) แล้วรดกากน้ำตาลความเข้มข้น 30 % โดยทดแทนอาหารหยาบ 50 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่ม 3 ให้อาหารชั้น และให้ทางใบมะพร้าวหมัก (เลือกจากการทดลอง 1) แล้วรูดกากน้ำตาลความเข้มข้น 30 % โดยทดแทนอาหารหยาบ 100 %

โคทั้ง 3 กลุ่มๆ ละ 3 ตัว จะแยกคอกเลี้ยงเดี่ยว โดยแต่ละคอกมีอาหารและน้ำให้ ให้อาหารครบตามโภชนะที่ต้องการตามที่ NRC (2001) แนะนำ ให้อาหารเวลา 8.00 น. และ 15.00 น. และรีดนมเวลา 7.30 น. และ 14.30 น. การจัดการโคจะแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ระยะ

ระยะที่ 1 ระยะปรับตัว ใช้เวลา 14 วัน เพื่อให้จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนปรับตัวตามสูตรอาหาร โดยโคจะได้รับอาหารหยาบเต็มที่

ระยะที่ 2 ระยะสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารและน้ำนม ใช้เวลาทั้งหมด 28 วัน โดยสุ่ม rumen fluid อาทิตย์ละ 2 ครั้ง โดยแต่ละครั้ง จะสุ่มหลังจากให้อาหารที่เวลา 0, 2, 4 และ 6 ชั่วโมง จากนั้น จะทำการวิเคราะห์ rumen fluid โดยตัวอย่างจะทำการวิเคราะห์ดังนี้

- 1) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) วิเคราะห์ตามวิธีของ คิวพร (2543)
- 2) กรดไขมันระเหยง่าย ได้แก่ Total VFA, Acetic, Propionic, Butyric acid วิเคราะห์โดยวิธี HPLC ตามวิธีของ Callaway and Martin (1997)
- 3) แอมโมเนียไนโตรเจน วิเคราะห์ตามวิธีของ Bremner and Keeney (1965)
- 4) วิเคราะห์จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ได้แก่ Total Viable Count, *Fibrobacter succinogenes*, *Ruminococcus albus*, *Ruminococcus favefaciens*, *Bacillus licheniformis*, *Ruminobacter amylophilus*, *Selenomonas ruminatum* วิเคราะห์ตามวิธีของ Krieg et al. (1984), Galyean (1989) แล้วนำผลที่ได้เปรียบเทียบกับตารางจำแนกจุลินทรีย์ของ Bergey's Manual of Systematic Bacteriology โดย Atlas (2004)

การทดลองที่ 3 การเสริมทางใบมะพร้าวปรับปรุงคุณภาพต่อประสิทธิภาพการผลิตน้ำนม

ในโคนม

เลือกระดับทางใบมะพร้าวหมัก ที่ค่าการย่อยได้สูงสุด 1 ระดับ ของการทดลองที่ 1 มาทดลองในการทดลองที่ 3 โดยวางแผนการทดลองแบบ 3 × 3 Triple Replicated Latin Square โดยมี 3 treatment และ row คือ ระยะเวลาแต่ละช่วงของการให้น้ำนม ส่วน column คือ โค จะใช้โคระยะรีดนมทั้งหมด 9 ตัว อายุไม่เกิน 5 ปี โดยมี Lactation ที่ 3-4 มีการให้น้ำนมไม่ต่ำกว่า 15 กิโลกรัม ต่อตัว ต่อวัน ซึ่งแต่ละกลุ่มจะได้รับอาหารทดลอง 3 แบบ คือ

กลุ่ม 1 กลุ่มควบคุม ให้อาหารชั้น และอาหารหยาบ (หญ้าสด)

กลุ่ม 2 ให้อาหารชั้น และให้ทางใบมะพร้าวหมัก (เลือกจากการทดลอง 1) แล้วรูดกากน้ำตาลความเข้มข้น 30 % โดยทดแทนอาหารหยาบ 50 %

กลุ่ม 3 ให้อาหารชั้น และให้ทางใบมะพร้าวหมัก (เลือกจากการทดลอง 1) แล้วรูดกากน้ำตาลความเข้มข้น 30 % โดยทดแทนอาหารหยาบ 100 %

โคทั้ง 3 กลุ่มๆ ละ 3 ตัว จะแยกคอกเลี้ยงเดี่ยว โดยแต่ละคอกมีอาหารและน้ำให้ ให้ อาหารครบตามโภชนะที่ต้องการตามที่ NRC (2001) แนะนำ ให้อาหารเวลา 8.00 น. และ 15.00 น. และรีดนมเวลา 7.30 น. และ 14.30 น. การจัดการโคจะแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ระยะ

ระยะที่ 1 ระยะปรับตัว ใช้เวลา 14 วัน เพื่อให้จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนปรับตัวตาม สูตรอาหาร โดยโคจะได้รับอาหารหยาบเต็มที

ระยะที่ 2 ระยะสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารและน้ำนม ใช้เวลาทั้งหมด 35 วัน โดยสุ่มอาหาร เหลือทุกวันไปตากแห้ง โดยจะรวมทุกอาทิตย์ เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี โดยตัวอย่างอาหาร หยาบและชั้น วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีได้แก่ วัตถุดิบ เถ้า โปรตีน ตามวิธีการของ AOAC (1984) ส่วน NDF ADF และ ลิกนิน วิเคราะห์ตาม Van Soest *et al.* (1991)

น้ำนมจะสุ่มเก็บน้ำนมดิบจากโคทุกตัวทุกๆ 2 วัน แล้วนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบของ น้ำนมดิบและคุณภาพน้ำนม คือ butter fat, protein, solid not fat, total solid และ somatic cell count โดยเครื่อง Milkoscan และ Standard plate count ตามวิธีของ Houghtby *et al.* (1992) และคำนวณราคาต้นทุนของปริมาณอาหารที่กินต่อปริมาณน้ำนมที่ผลิต

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

โครงการย่อยที่ 1 : สํารวจข้อมูลการผลิต และการตลาดของมะพร้าวในพื้นที่ภาคใต้ตอนบน

ปีที่ 1 ของการทดลอง

ทำการสำรวจในพื้นที่ 4 จังหวัดของภาคใต้ตอนบน ได้แก่ จังหวัด ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร สุราษฎร์ธานี และระนอง โดยใช้แบบสอบถามและการสัมภาษณ์

1.1.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นพื้นที่ปลูกมะพร้าว ข้อมูลทางภูมิศาสตร์ และข้อมูลอื่น ๆ ที่จำเป็นของแต่ละพื้นที่ที่มีการปลูกมะพร้าว

1.1.2 กำหนดแนวทางและวิธีการสำรวจเกษตรกรผู้ปลูกมะพร้าวและตลาดของ มะพร้าว

1.1.3 ลงพื้นที่สำรวจข้อมูลเบื้องต้นของการผลิตและตลาดของมะพร้าวเกี่ยวกับ อายุเกษตรกร ระดับการศึกษา อายุของมะพร้าวที่เกษตรกรปลูก วิธีการปลูกและการเก็บเกี่ยว รูปแบบการจำหน่ายผลผลิต ราคา ช่องทางการติดต่อสื่อสาร และหน่วยงานที่ให้ความรู้

1.1.4 รวบรวมข้อมูล และประเมินผลการผลิตและตลาดมะพร้าวและความพึงพอใจของผู้ผลิตมะพร้าวโดยใช้การประเมินเชิงผสม (Mixed Method)

ปีที่ 2 ของการทดลอง

ทำการสำรวจในพื้นที่ 4 จังหวัดของภาคใต้ตอนบน ได้แก่ จังหวัด ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร สุราษฎร์ธานี และระนอง โดยใช้แบบสอบถามและการสัมภาษณ์

1.1.1 ลงพื้นที่สำรวจการผลิตและตลาดของมะพร้าว ข้อมูลทั่วไปของผู้ปลูก มะพร้าว การปลูกและการดูแลรักษามะพร้าว การเก็บเกี่ยว ต้นทุน ค่าจ้างแรงงาน การตลาดและ ราคามะพร้าว พื้นที่ปลูกใหม่ของมะพร้าว พันธุ์มะพร้าวที่เกษตรกรใช้ปลูก การแปรรูปมะพร้าว และ ปัญหาและอุปสรรคในการผลิตมะพร้าว

1.1.2 รวบรวมข้อมูล และประเมินผลการผลิตและตลาดมะพร้าวและความพึงพอใจของผู้ผลิตมะพร้าวโดยใช้การประเมินเชิงผสม (Mixed Method)

1.2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การคำนวณจากร้อยละของจำนวนเกษตรกรจาก แบบสอบถามและสัมภาษณ์

1.3 สถานที่ทำการทดลองและเก็บข้อมูล

เกษตรกรผู้ปลูกมะพร้าวจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร สุราษฎร์ธานี และระนอง ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังวิทยาเขต ชุมพรเขตรอดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร 17/1 หมู่ 6 ต.ชุมโค อ.ปะทิว จ.ชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ระยะเวลาทำการวิจัย

ระยะเวลาการทำการวิจัย : 1 ตุลาคม 2559 -30 มีนาคม 2562

โครงการที่ 2 : การพัฒนาและการสุกแก่ของผลมะพร้าว

2.1 ศึกษาการพัฒนาการสุกแก่ของผลมะพร้าว.

สำรวจแปลงที่ใช้ศึกษาการพัฒนาและการสุกแก่ของผลมะพร้าว โดยใช้มะพร้าวพันธุ์พื้นเมือง 3 พันธุ์ ได้แก่ ผลสีเขียวผลกลม ผลสีส้มอ่อนผลรีก้านนูน ผลสีเขียวผลรีก้านนูน พันธุ์ละ 4 ต้น เริ่มผูกทะลายมะพร้าวเดือนพฤศจิกายน 2560 โดยผูกช่อดอกที่ดอกเริ่มบานด้วยด้ายสีต่างๆ เพื่อกำหนดการพัฒนา และการสุกแก่ของผลมะพร้าวที่อายุ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 และ 14 เดือน บันทึกผลการทดลองดังต่อไปนี้

จำนวนการหลุดร่วงของผล การพัฒนาขนาดของผล ความหนาของเปลือก ความหนาของเนื้อ ปริมาณน้ำมะพร้าว ความหนากะลา น้ำหนักกะลาต่อผล น้ำหนักสดของเนื้อต่อผล น้ำหนักแห้งของเนื้อต่อผล อบอุ่นด้วยตูบความชื้นอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง วัดปริมาณความชื้น อบอุ่นด้วยตูบความชื้นอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง และปริมาณไขมันในเนื้อมะพร้าว ทำการสกัดด้วย วิธี Soxhlet ตามมาตรฐาน ISO 659

2.2 การทดสอบความงอกของผลมะพร้าว

ผูกทะลายมะพร้าวที่ดอกเริ่มบานด้วยด้ายสีต่างๆ เพื่อกำหนดการพัฒนา และการสุกแก่ของผลมะพร้าวที่อายุ 10 11 12 และ 13 เดือน หลังจากนั้นเก็บผลมะพร้าวตามอายุผลที่ผูกช่อดอกไว้มาทดสอบความงอก โดยการนำผลมะพร้าวไปลอยน้ำ เพื่อใช้เป็นจุดศูนย์กลางของผลเป็นเกณฑ์ (สุรียา โพธิ์รัชต์ และคณะ 2541) ด้านที่อยู่บนเป็นตำแหน่งที่ทำการปาดเปลือกผลมะพร้าว โดยปาดเปลือกผลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร หลังจากนั้นนำมาเพาะลงถุงเพาะชำขนาด 30 x 40 นิ้ว ที่บรรจุขุยมะพร้าวไว้แล้ว (ภาพที่ 3) รดน้ำให้ชุ่มอย่างสม่ำเสมอ บันทึกข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความงอกจากสูตร ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การงอก} = \frac{\text{จำนวนผลมะพร้าวที่งอก}}{\text{จำนวนผลมะพร้าวที่เพาะ}} \times 100$$

ใช้แผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple's Rang Test (DMRT)



ภาพที่ 2.1 วิธีการทดสอบความงอกของผลมะพร้าว อายุ 10-13 เดือน

2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทำการทดลอง มาวิเคราะห์ความแปรปรวน เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์

2.4 สถานที่ทำการทดลองและเก็บข้อมูล

ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร 17/1 หมู่ 6 ต.ชุมโค อ.ปะทิว จ.ชุมพร
ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเกษตรเพื่อการส่งออก คณะอุตสาหกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112

2.5 ระยะเวลาทำการวิจัย

ระยะเวลาการทำการวิจัย 2 ปี:ตั้งแต่วันที่ 1 ต.ค. 2560 ถึง วันที่ 30 มี.ค. 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการย่อยที่ 3 : การเพิ่มศักยภาพพื้นที่ในสวนมะพร้าวในรูปแบบเศรษฐกิจ 3 ชั้น

3.1 วิธีการดำเนินงาน

3.1.1 ทำการสำรวจแปลงมะพร้าว เพื่อทดลองการเพิ่มศักยภาพพื้นที่ในสวนมะพร้าวของในรูปแบบเศรษฐกิจ 3 ชั้น และได้ดำเนินการทดลองในแปลงมะพร้าวที่มีอายุ 28 ปี วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block design, RCBD) จำนวน 4 ต้นแบบ ได้แก่

ต้นแบบที่ 1 มะพร้าวอย่างเดียว จำนวน 1 ไร่ (มะพร้าว 20 ต้น)

ต้นแบบที่ 2 มะพร้าวจำนวน 1 ไร่ ร่วมกับปลูกพริกไทย 100 ต้น ผักเหลียง จำนวน 350 ต้น ร่วมกับเลี้ยงไก่ไข่หลุม

ต้นแบบที่ 3 มะพร้าวจำนวน 1 ไร่ ร่วมกับปลูกพริกไทย 100 ต้น ปลูกข้าวไร่ ร่วมกับเลี้ยงสุกรหลุม

ต้นแบบที่ 4 มะพร้าวจำนวน 1 ไร่ ร่วมกับปลูกพริกไทย 100 ต้น หล้าเนเปียร์ ร่วมกับเลี้ยงโคหลุม

3.1.2 การปลูกและการดูแลรักษา

3.1.2.1 มะพร้าว ต้นแบบที่ 1 2 3 และ 4 เลือกแปลงมะพร้าวที่มีอายุ 28 ปี ไถระหว่างแถวมะพร้าวทุกต้นแบบ กำจัดวัชพืช 2 เดือนต่อครั้ง และให้ปุ๋ยคอกปีปีที่ 1 จำนวน 1 กระสอบต่อต้น ปีที่ 2 ให้ปุ๋ยคอก 2 ครั้งต่อปี โดยให้ปุ๋ย จำนวน 2 กระสอบต่อต้น อาศัยน้ำฝนตามธรรมชาติ

3.1.2.2 พริกไทย ต้นแบบที่ 2 3 และ 4 เตรียมดินโดยไถตะและไถแปร เก็บเศษไม้และทางมะพร้าวออกจากแปลง ในพื้นที่ 1 ไร่ปลูกพริกไทยต้นแบบละ 100 ต้นเสาคอนกรีตสูง 2.50 เมตร ผึงท่อพีวีซีในเสาติดสปริงเกอร์ที่หัวเสาเพื่อให้น้ำ โดยปักเสาห่างจากต้นมะพร้าวด้านละ 2 เมตร ปักเสาลึก 50 เซนติเมตร ใช้ระยะปลูก 2x2 เมตร ก่อนปลูกใช้ซาเลนสีดำหุ้มต้นเสาทุกต้น ขุดหลุมห่างจากโคนต้นเสา 20 เซนติเมตร ขนาดหลุมกว้าง ยาว และลึก 30x30x40 รองก้นหลุมด้วยปุ๋ยคอก อัตราหลุมละ 1 ส่วนต่อหน้าดิน 2 ส่วน และปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 200 กรัมต่อต้น คลุกเคล้าให้เข้ากัน ปลูกเสาละ 4 ต้น หลังจากปลูกพริกไทยได้ประมาณ 30-50 วัน พริกไทยจะเริ่มแตกยอดอ่อน ใช้เชือกฟางผูกยอดพริกไทย ให้แนบชิดกับเสาที่มีเสลนหุ้มอยู่ โดยผูกข้อเว้าข้อจนกระทั่งยอดทวมค้าง ใช้เวลาประมาณ 10-12 เดือน เมื่อพริกไทยแตกยอดแขนง จัดยอดขึ้นค้างเช่นเดียวกับเถาหลัก เมื่อต้นพริกไทยโตตัดกิ่งแขนงที่อยู่เหนือผิวดิน 8-10 เซนติเมตรออก กำจัดวัชพืช 3 เดือนต่อครั้งพร้อมใส่ปุ๋ยคอก 0.5 กิโลกรัมต่อต้นต่อครั้ง และปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 500 กรัมต่อต้นต่อครั้ง ให้น้ำแบบสปริงเกอร์ 3 วันต่อครั้ง (กรณีที่ฝนตกไม่ให้น้ำ)

3.1.2.3 ผักเหลียง ต้นแบบที่ 2 เตรียมดินโดยไถตะและไถแปร เก็บเศษไม้และทางมะพร้าวออกจากแปลง ในพื้นที่ 1 ไร่ปลูกพริกไทยต้นแบบละ 350 ต้น ในพื้นที่ 144 ตารางเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เว้นระยะห่างจากต้นมะพร้าวด้านละ 2 เมตร ใช้ระยะปลูก 1x1 เมตร ขนาดหลุมกว้าง ยาว และลึก 30x30x40 รองกันหลุมด้วยปุ๋ยคอกอัตราหลุมละ 1 ส่วนต่อหน้าดิน 2 ส่วน และปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 250 กรัมต่อหลุม คลุกเคล้าให้เข้ากัน นำกิ่งตอนมาปลูกในหลุมวางต้นเอียง 45 องศา กลบดินพอแน่นใช้ไม้ปักพันเชือกป้องกันการล้ม แล้วรดน้ำให้ชุ่ม หลังปลูก กำจัดวัชพืช 3 เดือนต่อครั้ง พร้อมใส่ปุ๋ยคอก 0.5 กิโลกรัมต่อต้นต่อครั้ง และปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 500 กรัมต่อครั้ง ให้น้ำแบบสปริงเกอร์ 3 วันต่อครั้ง (กรณีที่ฝนตกไม่ให้น้ำ)

3.1.2.4 ข้าวไร่ ต้นแบบที่ 3 เตรียมดินโดยไถตะและไถแปร เก็บเศษไม้และทางมะพร้าวออกจากแปลง ใช้ข้าวไร่ 4 พันธุ์ ได้แก่ ภูเขาทอง สามเดือน ดอกขาม และเล็บนก ปลูกข้าวแบบหยอดเป็นหลุม ระยะปลูก 30x40 เซนติเมตร หยอด 2-4 เมล็ดต่อหลุม หลังจากข้าวงอกถอนแยกให้เหลือ 3 ต้นต่อหลุม ปลูกในพื้นที่ 144 ตารางเมตร แต่ละพันธุ์เว้นห่าง 1 เมตร ทุกวิธีการทดลอง ใส่ปุ๋ยคอก (มูลโคนม) 500 กิโลกรัมต่อไร่ ซีโอไลท์ 50 กิโลกรัมต่อไร่ กำจัดวัชพืช 2 ครั้ง ครั้งแรกเมื่อต้นข้าวอายุ 30 วันหลังงอก และครั้งที่ 2 ที่อายุ 50 วันหลังงอก ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 35 กิโลกรัมต่อไร่ ใส่ 2 ครั้ง หลังกำจัดวัชพืช ให้น้ำแบบสปริงเกอร์กรณีที่ฝนไม่ตก

3.1.2.5 หญ้าเนเปียร์ ต้นแบบที่ 4 ปลูกหญ้าโดยใช้ท่อนพันธุ์จำนวน 486 ท่อน ปลูกในพื้นที่ 144 ตารางเมตร สายพันธุ์ปากช่อง 1 จำนวน 486 ท่อนพันธุ์ ที่มีตาสมบูรณ์และมีอายุ 3-4 เดือน ตัดต้นพันธุ์เป็นท่อน มีตาติดอยู่ท่อนละ 2 ข้อ เว้นระยะห่างจากต้นมะพร้าวด้านละ 2 เมตร และใช้ระยะห่างระหว่างแถว 120 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างต้น 80 เซนติเมตร ปลูกหญ้าให้ลึกลงไป 1 ข้อ เหลือไว้ 1 ข้ออยู่ระดับผิวดินในแนวเอียง กำจัดวัชพืช 3 ครั้งต่อเดือน ให้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 1 ช้อนโต๊ะต่อกอ ร่วมกับมูลโค อัตรา 500 กรัมต่อกอ ให้น้ำไหลไปตามร่องหน้าดิน

3.1.3 การเลี้ยงไก่ไข่ สุกร และโคขุน

3.1.3.1 การเลี้ยงไก่ไข่ สร้างคอกไก่หลุมขนาด 3x6 เมตร การสร้างโรงเรือนใช้โครงเหล็กทั้งหลัง มุงหลังคาด้วยแผ่นเมทัลชีท พื้นโรงเรือนเป็นพื้นคอนกรีต ด้านข้างกันด้วยลวดตาข่ายและใช้สแลนสีดำกันสูงขึ้นจากพื้น 1.50 เมตร ใส่แกลบดิบเป็นวัสดุรองพื้นหนา 5 นิ้ว พร้อมอุปกรณ์การให้อาหารและน้ำแขวนในโรงเรือน นำไก่สาวพันธุ์โรมันบราวน์ที่มีอายุ 18 สัปดาห์มาเลี้ยง จำนวน 30 ตัว ให้อาหารสำเร็จรูป ตามระยะอายุของไก่ วันละ 2 ครั้ง เปลี่ยนน้ำให้ไก่กินวันละ ครั้ง พร้อมทั้งให้เศษผักเสริมร่วมกับผงขมิ้นชันผสมกับอาหาร อัตรา 1 ช้อนโต๊ะต่ออาหาร 2 กิโลกรัม

3.1.3.2 การเลี้ยงสุกร สร้างคอกไก่หลุมขนาด 3x6 เมตร สร้างโรงเรือนโดยใช้โครงเหล็กทั้งหลัง มุงหลังคาด้วยแผ่นเมทัลชีท พื้นโรงเรือนเป็นพื้นคอนกรีต ก่ออิฐรอบโรงเรือนสูง 3 ก้อน หรือ 80 เซนติเมตร ใส่ขุยมะพร้าวเป็นวัสดุรองพื้นหนา 10 เซนติเมตร ใช้ลูกสุกรหลังหย่านม อายุ 2 เดือน ลักษณะการเลี้ยงแบบสุกรหลุม อาหารที่ใช้เป็นอาหารสำเร็จรูปวันละ 2 ครั้ง อัตราตามช่วงอายุ การเจริญเติบโตของสุกร ให้น้ำแบบหัวจับ เต็มวัสดุพื้นคอกสัปดาห์ละครั้ง รดด้วยอีเอ็มผสมน้ำทุกครั้ง ก่อนเติมวัสดุรองพื้นคอกใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3.3 การเลี้ยงโคขุนแบบหลุม สร้างคอกไก่หลุมขนาด 3x6 เมตร สร้างโรงเรือนโดยใช้โครงเหล็กทั้งหลัง มุงหลังคาด้วยแผ่นเมทัลชีท พื้นโรงเรือนเป็นพื้นคอนกรีต สร้างที่ใส่อาหารและหญ้าสูงจากพื้นให้โคได้ยื่นกินอาหารได้พอดี อีกด้านหนึ่งก่ออิฐขึ้นมา 3 ก้อนสูง 120 เซนติเมตร กอนำโคขุนเข้าเลี้ยง นำขุยมะพร้าวเป็นวัสดุรองพื้นหนา 20 เซนติเมตร ใช้ลูกโคนมหลังหย่านม อายุ 2 เดือน ลักษณะการเลี้ยงโคหลุม ให้อาหารชั้น และอาหารหยาบตามอายุของโค ก่อนเติมวัสดุปูพื้นคอกใช้อีเอ็มผสมน้ำรดทุกครั้ง

3.2 ศึกษาต้นทุนการผลิตและรายได้จากการผลิต

วิเคราะห์ต้นทุนการผลิต และรายได้ที่ได้รับแต่ละต้นแบบการผลิต โดยวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายจากต้นทุนผันแปร ต้นทุนคงที่ และรายได้ที่ได้รับแต่ละวิธีการ โดยต้นทุนการผลิตแบ่งตามลักษณะของการจ่าย ดังนี้

3.2.1 ต้นทุนผันแปร เป็นค่าใช้จ่ายที่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณการผลิตประกอบด้วยค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ดังนี้

- ค่าวัสดุ ได้แก่ ค่าเมล็ดพันธุ์ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยเคมี วัสดุสิ้นเปลืองอื่นๆ หรืออุปกรณ์การเกษตรที่มีอายุการใช้งานต่ำกว่า 1 ปี ตลอดจนค่าปัจจัยการผลิตอื่น ๆ นอกเหนือจากที่กล่าวแล้วข้างต้น ค่าวัสดุใช้ราคาจำหน่ายในท้องถิ่นปี พ.ศ. 2560 เป็นเกณฑ์ในการคำนวณ เช่น เมล็ดพันธุ์ข้าวไร่ที่ใช้คิดตามราคาจำหน่ายในราคา กิโลกรัมละ 100 บาท

- ค่าแรงงาน เป็นค่าแรงงานที่เกิดจากการจ้างแรงงานคนอย่างเดียว แรงงานคนควบกับเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิตทั้งหมด การประเมินค่าแรงงานของตนเองหรือแลกเปลี่ยน คิดตามอัตราค่าจ้างเป็นรายวัน (8 ชั่วโมง) ในท้องถิ่น วันละ 300 บาท

3.2.2 ต้นทุนที่คงที่ เป็นค่าใช้จ่ายที่ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณการผลิต กล่าวคือ ไม่ว่าเกษตรกรผลิตเป็นปริมาณเท่าไรก็ตาม หรือไม่ผลิตก็ตาม ต้องเสียค่าใช้จ่ายในจำนวนที่คงที่ ค่าใช้จ่ายประเภทนี้ ได้แก่

- ค่าเสื่อมเครื่องมืออุปกรณ์ เป็นการคิดค่าใช้จ่ายเครื่องมืออุปกรณ์การเกษตรที่ใช้ในการผลิตที่มีอายุการใช้งานมากกว่า 1 ปี ได้แก่ คอกสัตว์เบียงร่วม เส้าพริกไทย และระบบน้ำ ใช้วิธีการคำนวณแบบเส้นตรง (Straight line method) ดังสูตร (ทองโรจน์, 2530)

$$\text{ค่าเสื่อมอุปกรณ์การเกษตรต่อปี} = \frac{\text{มูลค่าแรกซื้ออุปกรณ์การเกษตร} - \text{มูลค่าซาก}}{\text{อายุการใช้งาน (ปี)}}$$

$$\text{ค่าเสื่อมอุปกรณ์เกษตร} = (\text{มูลค่าแรกซื้ออุปกรณ์การเกษตร} - \text{มูลค่าซาก}) \times \frac{\text{เปอร์เซ็นต์การใช้}}{\text{ปริมาณการใช้อายุการใช้งาน (ปี) ของอุปกรณ์การเกษตร}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การบันทึกข้อมูล

บันทึกข้อมูล การเจริญเติบโต ผลผลิต ต้นทุน และผลตอบแทน ที่ได้จากการปลูกพืชแซมในสวนมะพร้าวเก็บข้อมูล ปีที่ 1 ถึงปีที่ 2 วิเคราะห์ผลการทดลอง สรุปผล และ รายงานผลการทดลอง

3.4 การวางแผนการทดลอง

ทำการทดลองที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร เขตอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร วางแผนการทดลองแบบวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block design, RCBD)

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง มาหาค่าเฉลี่ย และวิเคราะห์ความแปรปรวน เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เปอร์เซ็นต์

3.6 สถานที่ทำการทดลองและเก็บข้อมูล

ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร 17/1 หมู่ 6 ต.ชุมโค อ.ปะทิว จ.ชุมพร

3.7 ระยะเวลาทำการวิจัย

ระยะเวลาการทำการวิจัย : วันที่ 1 ตุลาคม 2559- 31 มีนาคม 2562

โครงการย่อยที่ 4 : เครื่องวัดและแสดงผลความเค็ม ธาตุอาหาร อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเมล็ดและผลมะพร้าว

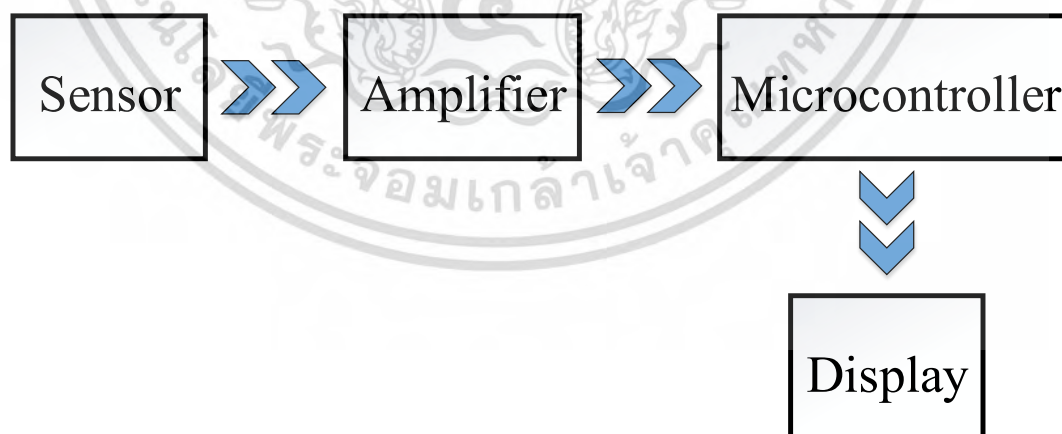
หลักการและการออกแบบ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบและสร้างวงจรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเครื่องวัดและแสดงผลความเค็ม ธาตุอาหาร อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ โดยรายละเอียดของหัวข้อต่าง ๆ มีดังนี้

4.1 เครื่องวัดและแสดงผลแร่ธาตุ NPK

ในการออกแบบเครื่องวัดและแสดงผลแร่ธาตุ NPK โดยการใช้วิธีการตรวจวัดคุณสมบัติความนำไฟฟ้า ได้มีการออกแบบการทำงานของวงจรตามบล็อกไดอะแกรมดังภาพที่ 4.1 จากภาพที่ 4.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของเครื่องวัดและแสดงผลแร่ธาตุ NPK เพื่อใช้ในการออกแบบเครื่องและแสดงการทำงานของเครื่อง โดยแบ่งออกเป็นภาคต่าง ๆ ดังนี้

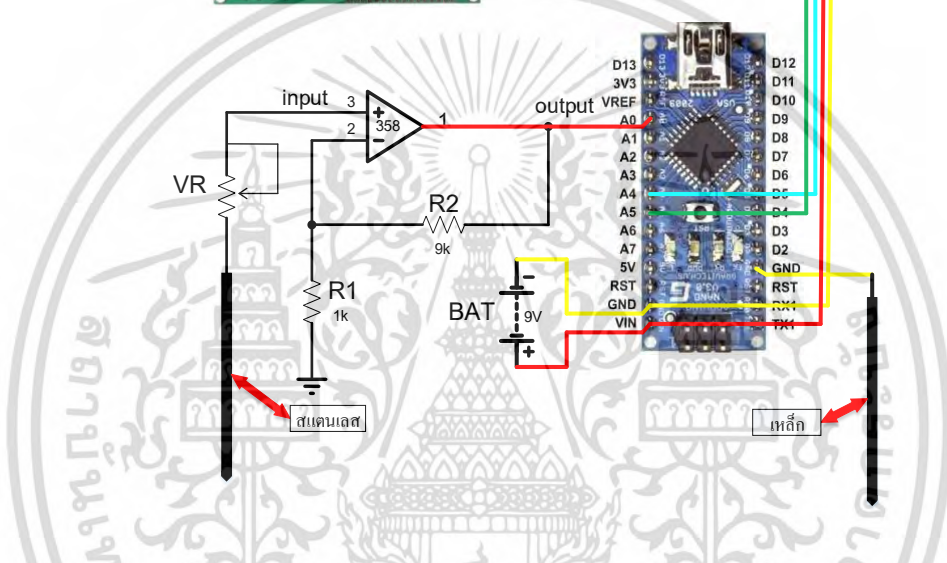
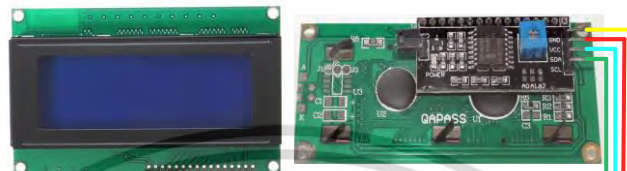
1. เซนเซอร์ (Sensor) ทำหน้าที่ตรวจวัดคุณสมบัติความนำไฟฟ้า โดยใช้โพรบแบบ 2 เข็ม
 2. วงจรขยายแรงดัน (Amplifier) ทำหน้าที่ขยายแรงดันที่ได้จากเซนเซอร์ให้ส่งไปยังส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการประมวลผล
 3. ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ทำหน้าที่ประมวลผลของแรงดันที่ได้จากวงจรขยายแรงดัน และส่งค่าประมวลผลที่ได้แสดงผลผ่านทางจอแอลซีดี (LCD)
 4. จอแสดงผล (Display) ทำหน้าที่แสดงค่าการประมวลผลด้วยจอแอลซีดี (LCD) ซึ่งค่าการประมวลผลที่แสดงจะถูกควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์
- โดยภาพรวมวงจรของเครื่องที่ออกแบบเพื่อวัดปริมาณธาตุ NPK ในดินดังภาพที่ 4.2



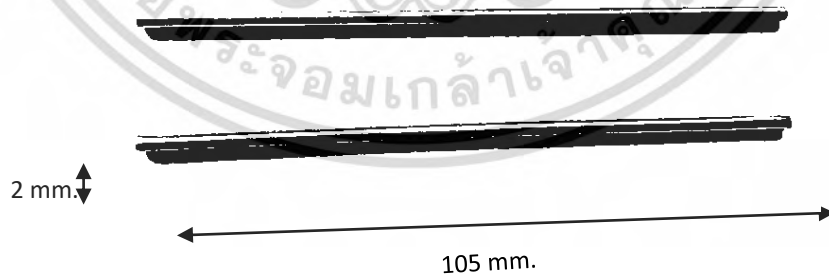
ภาพที่ 4.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องวัดและแสดงผลแร่ธาตุ NPK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวเซนเซอร์ที่ออกแบบเพื่อใช้วัดปริมาณแร่ธาตุ NPK ในดินจะมีลักษณะเป็นแท่งยาว ซึ่งในการศึกษาได้ออกแบบโพรบออกเป็นโพรบ 2 เข็ม เพื่อใช้วัดค่าความนำไฟฟ้าของปริมาณแร่ธาตุ NPK ในดิน การออกแบบโพรบที่ใช้วัดค่าความนำไฟฟ้าของปริมาณธาตุ NPK ในดินจะใช้วัสดุที่เป็นแท่งเหล็ก 2 ชนิด ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นตัวนำทางไฟฟ้า โดยจะเสียบลงไปในดินเพื่อใช้วัดค่าความนำไฟฟ้าของปริมาณธาตุ NPK ในดิน ซึ่งลักษณะของเข็มตัวนำที่ใช้จะเป็นเหล็กกับสแตนเลส ที่มีขนาดความยาว 105 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร มีลักษณะดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.2 วงจรรวมของเครื่องวัดและแสดงผลแร่ธาตุ NPK



ภาพที่ 4.3 ลักษณะของเข็มตัวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

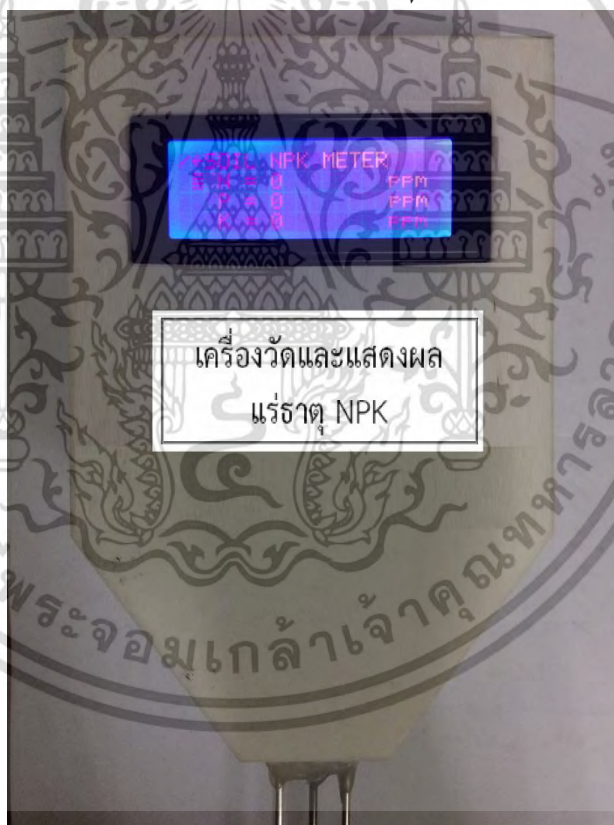
จากเครื่องวัดและแสดงผลแร่ธาตุ NPK เซนเซอร์จะรับแรงดันแล้วส่งเข้าสู่วงจรขยายแรงดัน ซึ่งวงจรขยายแรงดันจะทำหน้าที่กำหนดแรงดัน โดยวงจรดังกล่าวจะรับแรงดันมาจากโพรบ 2 เข็ม แล้วเข้าสู่วงจรขยายแรงดัน 10 เท่า ดังแสดงในภาพที่ 3.4 เนื่องจากแรงดันที่ได้จากเซนเซอร์มีค่าน้อย จึงต้องผ่านวงจรขยาย 10 เท่า โดยวงจรขยายแรงดัน 10 เท่าจะใช้ไอซีออปแอมป์เบอร์ LM 358 เนื่องจากไม่ต้องมีการปรับค่าออฟเซตของตัวออปแอมป์ เพื่อแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล การคำนวณหาค่าของวงจรขยายแรงดัน 10 เท่า ซึ่งพิจารณาได้จากสมการที่ 4.1

อัตราการขยาย (Gain output) ของวงจรรออปแอมป์ ซึ่งต่อเป็นวงจรขยายแบบไม่กลับขั้ว

$$\text{Gain output} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} \quad (4.1)$$

แต่ในความเป็นจริง อัตราการขยายพิจารณาได้จากสมการที่ 3.2

$$\text{Gain output} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 + \frac{R_1 + R_2}{A_v}} \quad (4.2)$$



ภาพที่ 4.4 เครื่องวัดและแสดงผลแร่ธาตุ NPK ที่นำเสนอ

เครื่องวัดและแสดงผลแร่ธาตุ NPK ที่ออกแบบและสร้างขึ้นในโครงการวิจัยนี้มีแสดงไว้ในภาพที่ 4.4 โดยเครื่องดังกล่าวจะแสดงปริมาณแร่ธาตุ NPK ในหน่วย ppm (part per million)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

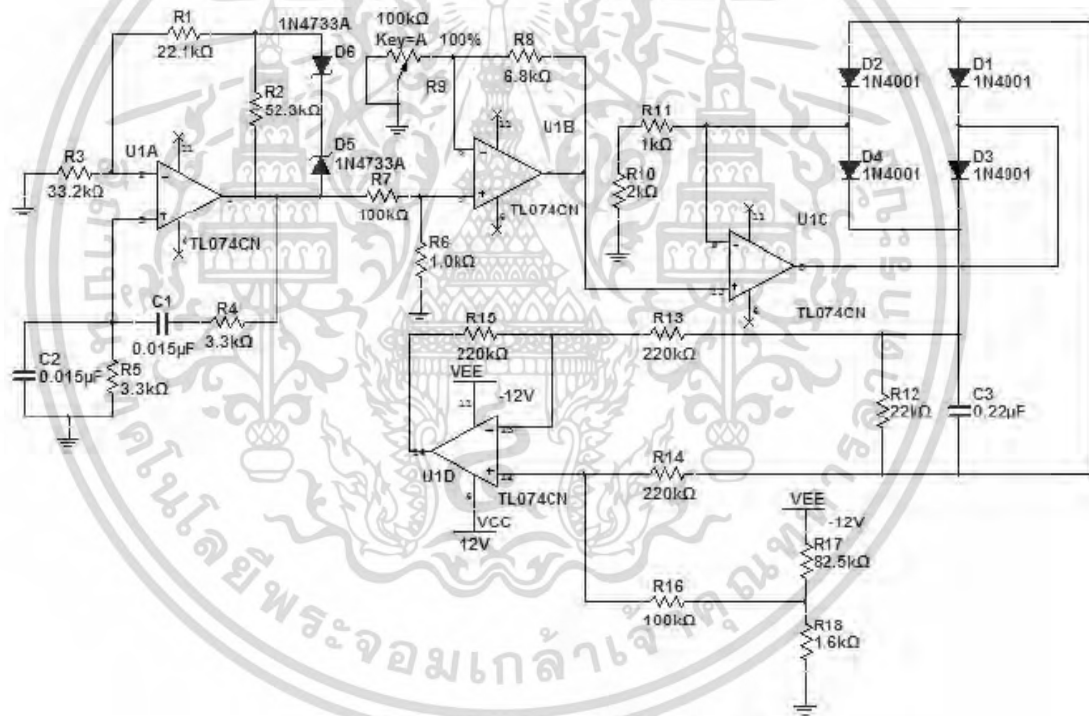
4.2 เครื่องวัดและแสดงผลความเค็ม

วงจรของเครื่องวัดความเค็มที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ประกอบไปด้วย 3 วงจรหลัก ดังนี้

1. วงจรออสซิลเลเตอร์ เป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ผลิตสัญญาณออกมาซ้ำ ๆ กัน คลื่นไฟฟ้าที่ออกมาส่วนใหญ่จะเป็น sine wave และคลื่นภาพสี่เหลี่ยม ออสซิลเลเตอร์ในวงจรจะเป็นวงจรออสซิลเลเตอร์แบบเชิงเส้น (Feedback Oscillator) จะใช้วงจร RC ตัวกรองประกอบด้วยตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ RC ออสซิลเลเตอร์ส่วนใหญ่จะใช้ในการสร้างความถี่ต่ำ

2. วงจรขยายสัญญาณ (Gain Loop) การใช้ออปแอมป์แบบวงจเปิด (Open-loop) ซึ่งไม่มีการส่งสัญญาณป้อนกลับ (Feedback) จากเอาต์พุตเข้ามาที่อินพุต จะทำให้ออปแอมป์มีกำลังขยายสูงมาก

3. วงจรอนาลอกเป็นดิจิทัลคอลลเวอเตอ์ (AC to DC converter) เป็นการควบคุมทั้งช่วงด้านบวกและช่วงด้านลบของแรงดันอินพุตให้เป็นแรงดันเอาต์พุต

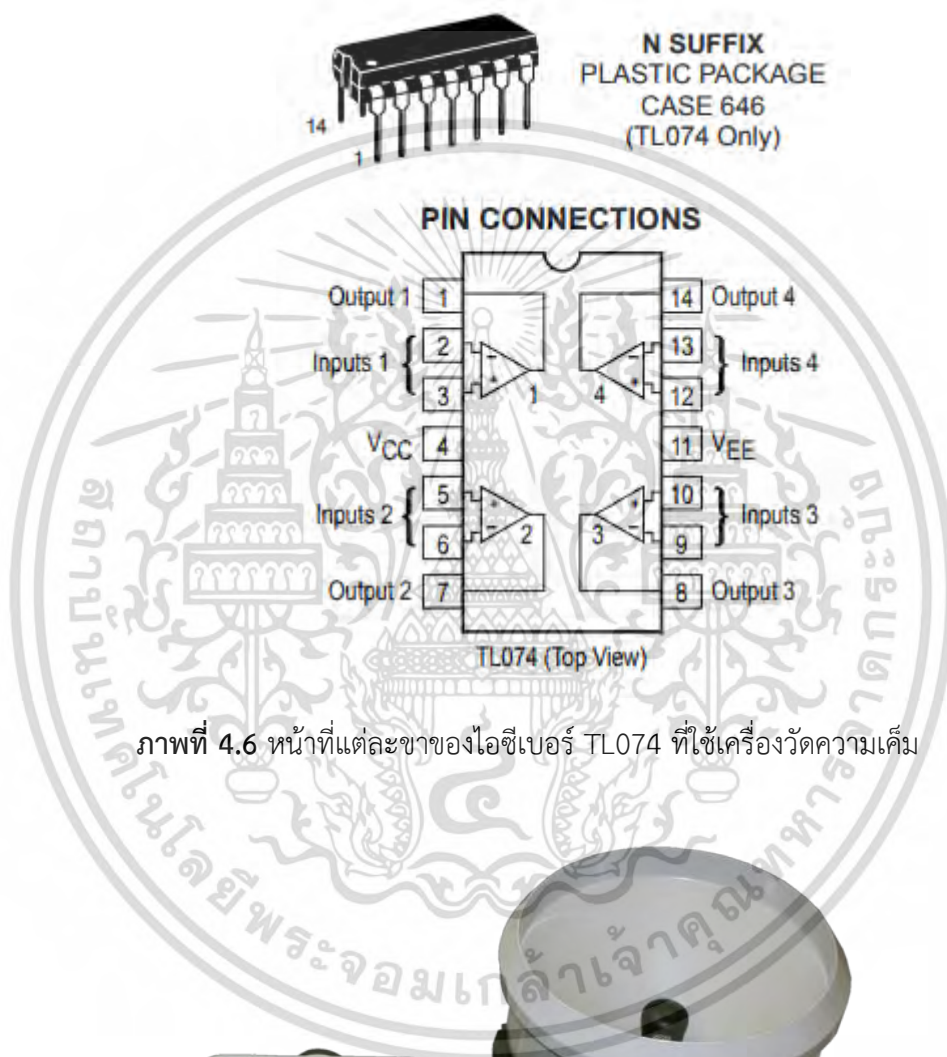


ภาพที่ 4.5 วงจรของเครื่องวัดความเค็มที่นำเสนอในงานวิจัยนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 เครื่องวัดปริมาณน้ำฝน

เครื่องวัดปริมาณน้ำฝนที่นำเสนอในโครงการวิจัยนี้เป็นเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนแบบถ้วยกระดก (Tipping Bucket Rain Gauge) ใช้หลักการของแกนกระดก โดยมีถ้วยสำหรับรองรับน้ำฝน 2 อันที่สามารถรองรับน้ำฝนได้ 0.2 - 0.5 มิลลิเมตร กระดกสลับไปมา การติดตั้งอยู่ในพื้นที่โล่งแจ้ง และติดตั้งอยู่ในแนวระนาบไม่เอียงเอียง



ภาพที่ 4.6 หน้าหน้าที่แต่ละขาของไอซีเบอร์ TL074 ที่ใช้เครื่องวัดความเค็ม



ภาพที่ 4.7 เครื่องวัดปริมาณน้ำฝนแบบถ้วยกระดก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

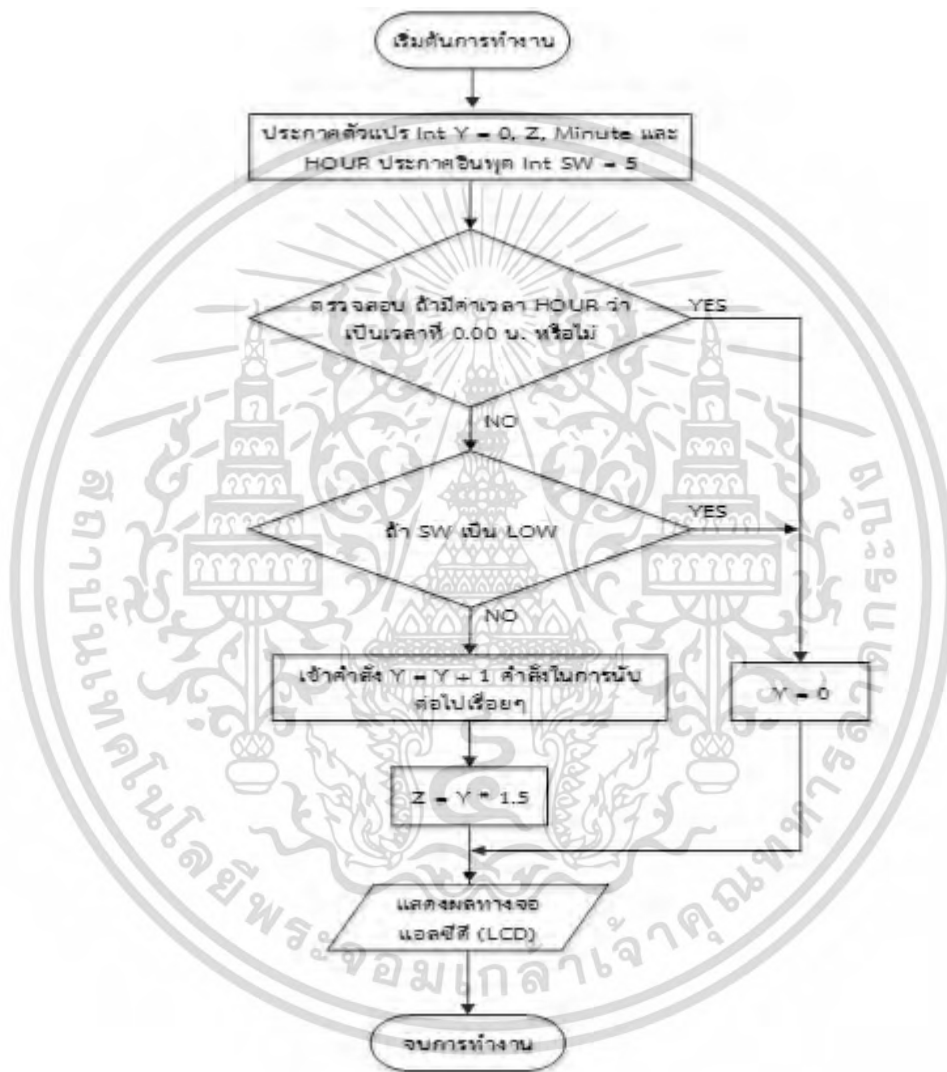
โดยมาตรฐานที่ใช้ในการวัดปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ฝนตกเล็กน้อย 0.1 – 10 มิลลิเมตร

ฝนตกปานกลาง 10.1-35 มิลลิเมตร

ฝนตกหนัก 35.1-90 มิลลิเมตร

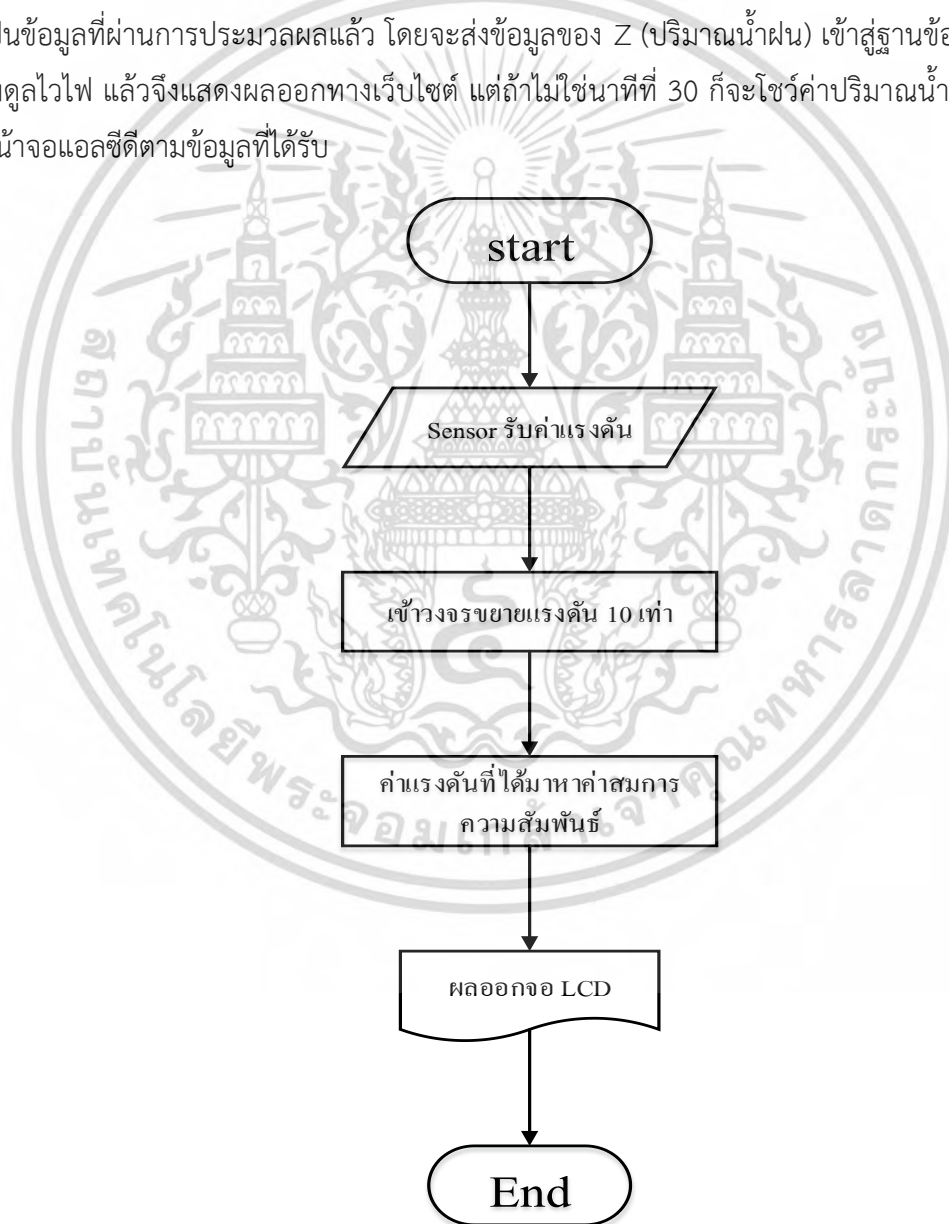
ฝนตกหนักมาก 90 มิลลิเมตรขึ้นไป



ภาพที่ 4.8 หลักการทำงานของเครื่องวัดปริมาณน้ำฝน

โดยหลักการทำงานของเครื่องวัดปริมาณน้ำฝน มีดังนี้ จากภาพที่ 4.8 แผนภาพการทำงานของโปรแกรมควบคุมในส่วนของเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนนั้น จะเริ่มต้นจากการประกาศตัวแปร 4 ตัวแปรเป็น integer คือ Y = 0, Z, Minute และ HOUR เพื่อรับค่าตัวเลข จากนั้นประกาศอินพุตเป็นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งวนไวก้าหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวแปร integer SW = 5 เพื่อทำงานเป็นสวิตช์ ต่อไปทำการตรวจสอบเวลาที่ตัวแปร HOUR จากโมดูลฐานเวลาจริงว่าเป็นเวลา 0.00 น.หรือไม่ ถ้าเป็นเวลา 0.00 น. ให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการรีเซ็ตค่า $Y = 0$ แต่ถ้าไม่เป็นเวลา 0.00 น. จะทำงานต่อในฟังก์ชันต่อไป คือ ถ้า SW เป็น LOW ให้ $Y = 0$ โข้วค่าออกทางหน้าจอแอลซีดีและส่งเข้าฐานข้อมูลเป็น 0 คือ ไม่มีปริมาณน้ำฝน และแสดงผลออกทางเว็บไซต์ ถ้า SW เป็น HIGH ให้ $Y = 1$ แล้วจะเข้าสมการฟังก์ชันใหม่คือ $Y = Y+1$ คือฟังก์ชันในการนับค่าจำนวนครั้งที่ไฟได้โอดนั้บได้จากคานกระดกและนำไปคำนวณจะได้สมการ $Z = Y*1.5$ คือการนำจำนวนครั้งที่นับได้ไปคูณปริมาณน้ำฝนที่กระดกในแต่ละครั้งคือ 1.5 มิลลิเมตร โดยที่ Y คือจำนวนครั้งที่คานกระดกนั้นกระดก หลังจากนั้นจะเข้าฟังก์ชันการตรวจสอบค่าเวลานาทีที่ตัวแปร Minute ว่าเป็นนาที่ที่ 30 หรือไม่ ถ้าเป็นนาที่ที่ 30 จะทำการส่งค่าข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เป็นข้อมูลที่ผ่านมาประมวลผลแล้ว โดยจะส่งข้อมูลของ Z (ปริมาณน้ำฝน) เข้าสู่ฐานข้อมูลผ่านทางโมดูลไวไฟ แล้วจึงแสดงผลออกทางเว็บไซต์ แต่ถ้าไม่ใช่ในนาที่ที่ 30 ก็จะโชว์ค่าปริมาณน้ำฝนออกทางหน้าจอแอลซีดีตามข้อมูลที่ได้รับ



ภาพที่ 4.9 ลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมการวัดค่า NPK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การออกแบบโปรแกรมควบคุมการรดน้ำ NPK

ในส่วนของการออกแบบมาให้รองรับกับการทำงานของเครื่องวัดปริมาณธาตุ NPK ในดิน โปรแกรมจะควบคุมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานตามลำดับขั้นตอนตามที่เรากำลังต้องการ ซึ่งการทำงานของเครื่องมีไฟล์ชาร์ตดังภาพที่ 4.9

4.5 การวัดค่าความชื้นในดิน

ในโครงการวิจัยนี้จะใช้เซนเซอร์วัดความชื้นแบบ Capacitive Soil Moisture Sensor V1.2 Corrosion Resistant With Cable Wire ในการวัดค่าความชื้นในดิน โดยตัว Arduino จะสั่งให้เซนเซอร์วัดค่าความชื้นในดินทำการวัด แล้วนำค่าที่ตรวจจับได้ไปแสดงบนจอ LCD โดยสถานะของความชื้นดินนั้น จะแสดง 3 ระดับคือ Dry, Wet และ Very Wet เมื่อดินบริเวณใดก็ตามมีสถานะเป็น Dry ตัว Arduino ก็จะทำให้สั่งให้รีเลย์เปิดวาล์วน้ำทำงานเพื่อพ่นน้ำออกไปยังต้นมะพร้าว แต่ถ้าดินบริเวณนั้นมีสถานะเป็น Wet หรือ Very Wet อยู่แล้ว วาล์วน้ำก็ไม่ทำงาน ซึ่งหน้าจอแสดงผล LCD ที่แสดงผลค่าสภาพภูมิอากาศและระบบการให้น้ำมีแสดงไว้ในภาพที่ 4.10



ภาพที่ 4.10 หน้าจอ LCD ที่แสดงผลค่าสภาพภูมิอากาศและระบบการพ่นปุ๋ยน้ำ

โดย Soil Moisture Sensor สามารถอ่านค่าได้ 2 แบบ

- อ่านค่าแบบ Analog คือ อ่านค่าความชื้นและให้ค่าตั้งแต่ 0-1024
- อ่านค่าแบบ Digital คือ มีการเปรียบเทียบค่าที่ตั้งไว้และให้ค่าเป็น HIGH หรือ

LOW

หลักการการทำงานของเซนเซอร์วัดความชื้นในดินคือการวัดค่าความต้านทานระหว่างแท่งอิเล็กโทรด 2 ข้าง กรณีอ่านค่าความต้านทานได้น้อย = ความชื้นในดินมาก – WET หรือ VERY WET (ไม่ต้องรดน้ำ) ส่วนในกรณีอ่านค่าความต้านทานได้มาก = ความชื้นในดินน้อย – DRY (ต้องรดน้ำ) สำหรับโค้ดโปรแกรม Arduino นั้น จะกำหนดขั้นตอนการทำงานดังนี้

1. อ่านค่า Analog จาก Soil Moisture Sensor
2. ถ้าค่าที่อ่านได้มากกว่า 800 และน้อยกว่า 1000 แสดงว่าเซนเซอร์อยู่ในดินที่แห้ง (“Sensor in dry soil”) ในที่นี้ เราพิจารณาว่าความชื้นในดินมีค่าน้อยกว่า 17% ดังนั้น ดินอยู่ในสถานะที่แห้ง (Dry)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ถ้าค่าที่อ่านได้มากกว่า 300 และน้อยกว่า 800 แสดงว่าเซนเซอร์อยู่ในดินที่เปียก (“Sensor in wet soil”) ในที่นี้ เราพิจารณาว่าความชื้นในดินมีค่าระหว่าง 17-33% ดังนั้น ดินอยู่ในสภาวะที่เปียก (Wet)

4. ถ้าค่าที่อ่านได้น้อยกว่า 300 แสดงว่าเซนเซอร์อยู่ในดินที่เปียกมาก (“Sensor in very wet soil”) ในที่นี้ เราพิจารณาว่าความชื้นในดินมีค่ามากกว่า 33% ดังนั้น ดินอยู่ในสภาวะที่เปียกมาก (Very Wet)

นอกจากนี้ เราสามารถนำเซนเซอร์ DHT-22 มาใช้งานร่วมด้วยก็ได้ เพื่อวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศบริเวณสวนมะพร้าวได้ ดังแสดงในบรรทัดที่ 1 ในภาพที่ 4.10

4.6 การออกแบบระบบการให้น้ำแบบอัตโนมัติ

อุปกรณ์ให้น้ำพืชแบบฉีดฝอย ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้

1. อุปกรณ์จ่ายน้ำ ทำหน้าที่ในการจ่ายน้ำหรือกระจายน้ำให้กับพืช มีหลายชนิดขึ้นอยู่กับความต้องการน้ำของพืชและแรงดันที่ใช้งาน ในที่นี้ เราเลือกใช้หัวจ่ายน้ำแบบสปริงเกลอร์

2. ท่อ (Piping) ทำหน้าที่ในการส่งน้ำจากแหล่งน้ำไปให้หัวจ่ายน้ำ โดยมีการเชื่อมต่อท่อด้วยข้อต่อชนิดต่าง ๆ ถ้าหากความยาวของท่อไม่เพียงพอ ในที่นี้ เราเลือกใช้ท่อพีวีซีสีฟ้า

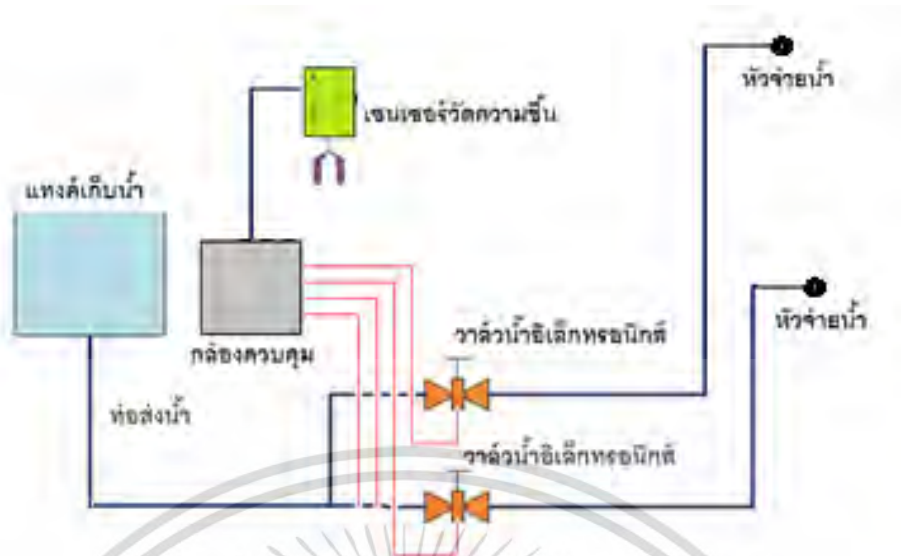
3. ข้อต่อ (Fitting) ข้อต่อที่ใช้สำหรับระบบประกอบไปด้วย ข้อต่อตรง ข้อต่อสาม ตาฉาก ข้อต่อสามตาลาด ข้อโค้ง เลือกใช้ตามมุมโค้งที่ต้องการ ซึ่งอาจจะใช้ข้อต่อตามชนิดของวัสดุที่ผลิตท่อก็ได้หรืออาจจะใช้ผสมกันตามความเหมาะสมก็ได้

4. เครื่องสูบน้ำและต้นกำลัง (Pumping) ทำหน้าที่สูบน้ำและเพิ่มแรงดันให้กับระบบ ในที่นี้ เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่งถูกเลือกนำมาใช้งาน เนื่องจากมีอัตราการสูบน้ำที่เพียงพอต่อความต้องการน้ำของหัวจ่ายน้ำในการเปิดน้ำแต่ละครั้ง และมีแรงดันใช้งานที่พอเหมาะต่อเครื่องสูบน้ำที่สามารถส่งน้ำไปใช้ได้

5. เครื่องกรองน้ำสำหรับการเกษตร (Filters) ทำหน้าที่ในการกรองน้ำหรือขจัดสิ่งสกปรกที่ติดมากับน้ำก่อนที่จะส่งเข้าระบบให้น้ำพืช การเลือกใช้เครื่องกรองน้ำจะต้องพิจารณาถึงวัสดุที่ใช้ในการกรอง อัตราการกรองน้ำสูงสุด ความดันที่ต้องการและความดันที่สูงสูญเสียจากการกรอง ในที่นี้ เครื่องกรองแบบตะแกรงลวดถูกเลือกนำมาใช้งาน

โดยลักษณะการวางเซนเซอร์ กล้องควบคุม และระบบการจ่ายน้ำแบบอัตโนมัติในสวนมะพร้าวนั้นมีแสดงไว้ในภาพที่ 4.11 ซึ่งจะมีโครงสร้างและหลักการทำงานเหมือนกับเครื่องให้น้ำต้นไม้ตามปริมาณความชื้นในดินที่อยู่เว็บไซต์

<http://jumpstartinnovation.blogspot.com/2014/06/blog-post.html>



ภาพที่ 4.11 การวางเซนเซอร์ กล่องควบคุม และระบบการจ่ายน้ำแบบอัตโนมัติในสวนมะพร้าว

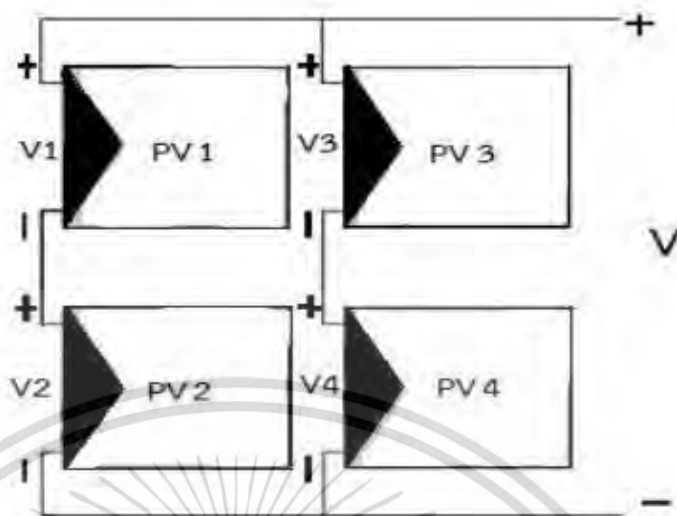
4.7 การต่อโซล่าเซลล์

การออกแบบการต่อแผงโซล่าเซลล์ร่วมกันหลาย ๆ โมดูล (PV Module) มีความสำคัญต่อการกำหนดคุณลักษณะ ของอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในระบบและอุปกรณ์ป้องกันต่าง ๆ ความสำคัญอยู่ที่การกำหนดค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์ เพื่อให้การเลือกอุปกรณ์มาประกอบกันเพื่อใช้งาน ทำงานได้อย่างสมบูรณ์ไม่เกิดการเสียหาย รวมทั้งการเลือกอุปกรณ์ที่มีการผลิตจำหน่ายในท้องตลาด ให้ตอบสนองความต้องการ การใช้งานได้มากที่สุด ในงานวิจัยนี้ จะเลือกการต่อโมดูลโซล่าเซลล์เพื่อใช้งานในลักษณะผสมผสาน โดยการต่อโซล่าเซลล์แบบผสมผสาน (Mix Connection) เป็นการต่อร่วมกันระหว่างแบบอนุกรมกับแบบขนานเพื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า ตามขนาดที่ต้องการของผู้ออกแบบระบบใช้งาน โดยใช้หลักการของการต่อแบบอนุกรมและแบบขนาน มาต่อร่วมกัน ส่วนการคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าและค่ากระแส ยังใช้หลักการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าทั่ว ๆ ไปคือ การต่อแบบขนานแรงดันไฟฟ้าจะเท่าเดิมกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น การต่อแบบอนุกรมจะหาค่าแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นส่วนค่ากระแสเท่าเดิม การต่อร่วมกันแบบผสมผสานก็จะต้องหาค่าผลรวมของระบบเป็นส่วน ๆ ไป ดังตัวอย่างด้านล่าง เมื่อใช้การต่อแบบอนุกรม 2 ชุด มาต่อขนานกัน 2 ชุด ได้ผลรวมดังตัวอย่างภาพที่ 4.12

$$\text{โวลต์ (V) รวมระบบ} = (V1+V2) = (V3+V4)$$

$$\text{กระแส (I) รวมระบบ} = [I(PV1)=I(PV2)] + [I(PV3)=I(PV4)]$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.12 การต่อโซล่าเซลล์แบบผสมผสาน

4.8 วิธีการคำนวณระบบโซล่าเซลล์

ระบบควบคุมและระบบการให้น้ำอัตโนมัติในสวนมะพร้าวที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้นมาในโครงการวิจัยนี้ประกอบไปด้วย

1. ปั้มน้ำ 2 HP 1.5 kW (220V 8.0A) จำนวน 2 ตัว (1.5kW * 2 เป็นเวลา ½ ชั่วโมง)
2. หลอดไฟชนิดมีบัลลาสต์ในตัว จำนวน 2 ดวง (18W * 2 เป็นเวลา 6 ชั่วโมง)

1. เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell)

$$\begin{aligned} \text{ขนาดของแผง} &= \text{ค่าการใช้พลังงานรวมทั้งหมด} / 5 \text{ ชั่วโมง (ปริมาณแสงอาทิตย์ที่น้ำจะได้ใน 1 วัน)} \\ &= \{(1.5\text{kW} * 2 \text{ ตัว}) * \frac{1}{2} \text{ ชั่วโมง}\} + \{(18\text{W} * 2 \text{ ดวง}) * 6 \text{ ชั่วโมง}\} / 5 \text{ ชั่วโมง} \\ &= 372 \text{ W} \end{aligned}$$

ดังนั้น ขนาดของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ต้องใช้ คือ ขนาด 12V 500W

2. แบตเตอรี่ (Battery)

ทำหน้าที่เก็บสำรองไฟฟ้า ในเวลาที่แผงโซล่าเซลล์ไม่สามารถรับแสงได้ แบตเตอรี่ที่เหมาะสมกับการใช้งานในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ควรใช้แบตเตอรี่ชนิด Deep Cycle แต่จะมีราคาสูง ซึ่งเราสามารถเลือกใช้กับแบตเตอรี่ชนิดอื่นแทนได้ เช่น แบตเตอรี่รถยนต์หรือแบตเตอรี่แห้ง (Sealed Lead Acid Battery) ได้ ซึ่งจะมีราคาถูกกว่า โดยสูตรคำนวณขนาดกระแส/ชั่วโมงของแบตเตอรี่หาค่าได้จาก

$$\text{Ah} = \text{ค่าพลังงานรวม} / [\text{แรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่} * 0.6 (\% \text{ การใช้งานกระแสไฟฟ้าในแบตเตอรี่}) *$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$0.85 \text{ (ประสิทธิภาพของ Inverter)]}$$

$$= \{(1.5\text{kW} * 2 \text{ ตัว}) * \frac{1}{2} \text{ ชั่วโมง}\} + \{(18\text{W} * 2 \text{ ดวง}) * 6 \text{ ชั่วโมง}\} / [12 \text{ โวลต์} * 0.6 * 0.85]$$

$$= 303.92 \text{ Ah}$$

ดังนั้น ขนาดของแบตเตอรี่ที่ใช้จะเป็นขนาด 12 โวลต์ 350Ah

3. เครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้า (Charge Controller)

จะทำหน้าที่ควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าลงในแบตเตอรี่ จะทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ได้ ซึ่งต้องมีขนาดเท่ากับหรือมากกว่า กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านจากแผงโซลาร์เซลล์สู่แบตเตอรี่ ดังนั้น ขนาดของเครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้า ควรมีขนาดเกินกระแสไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ เช่น แผงโซลาร์เซลล์ ขนาด 500W 20A ควรใช้เครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าขนาด 25A

4. เครื่องแปลงไฟฟ้า (Inverter)

ป้อนน้ำขนาด 2 แรงม้า 1.5 kW (220V 8.0A) จำนวน 2 ตัว (1.5kW * 2) และหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ชนิดมีบัลลาสต์ในตัว จำนวน 2 ดวง = (1.5kW * 2 ตัว) + (18 W * 2 ดวง) = 3,036 W

ดังนั้น ขนาดของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าควรมีขนาด 3,036 W แต่ควรมีขนาดสูงกว่าสำหรับขนาดที่เหมาะสมควรใช้ ขนาด 3.2 kW ซึ่ง ใช้กับแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์

ดังนั้น รายละเอียดของระบบโซลาร์เซลล์ที่เลือกใช้งาน ประกอบไปด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้

1. แผงโซลาร์เซลล์ ขนาด 270 วัตต์ 2 แผง
2. ชาร์จเจอร์ ขนาด 25 Ah จำนวน 1 ตัว
3. แบตเตอรี่ ขนาด 12V 350Ah จำนวน 1 ลูก
4. อินเวอร์เตอร์ ขนาด 3,200 วัตต์ จำนวน 1 ตัว
5. กล่องควบคุม จำนวน 1 กล่อง

ซึ่งจะผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 4 kW ใน 1 วัน โดยในแต่ละวัน ควรจะมีแสงเพื่อชาร์จโซลาร์เซลล์ได้อย่างต่ำ 4 ชั่วโมงต่อวัน

4.9 หลักการเพาะหน่อมะพร้าว

สำหรับการเพาะหน่อมะพร้าวนั้น ผู้วิจัยนำความรู้มาปฏิบัติและทดลองตามความรู้ของอาจารย์สุรีย์รัตน์ เฉลิมกิจ (การเพาะมะพร้าวเพื่อขาย) โดยขั้นตอนของการเพาะหน่อมะพร้าว มีดังนี้

1. เลือกลูกมะพร้าวแห้งจากต้นมะพร้าวที่ไม่แก่จัด จากนั้นเอามาผ่านหรือปาดหัวออก เพื่อให้หน่อแทงออกขึ้นมาได้ง่ายขึ้น
2. วางมะพร้าวบนพื้น แล้วเอาขุยมะพร้าวมาคลุมให้มิดชิด รดน้ำประมาณ 3 วันต่อครั้ง เพื่อให้หน่อมะพร้าวมีความชุ่มชื้นและจะเริ่มงอกขึ้นเรื่อย ๆ
3. หลังจากนั้นประมาณ 2 เดือน หน่อมะพร้าวจะเติบโต จนกระทั่งมีลำต้นยาวประมาณ 10 ซม.

4. หลังจากนั้น มะพร้าวจะเริ่มงอกขึ้นมาให้ลำต้นยาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เมื่อจะเอาไปเพาะปลูก เราจะขุดลูกมะพร้าวพร้อมกับหน่อมะพร้าวขึ้นมา แล้วตัดรากออกให้หมด โดยในที่นี้ เราจะตัดรากออกไปเพื่อที่ว่า ตอนเอาไปลงในสวน มันจะให้รากใหม่ที่โตเร็วกว่าเดิม

4.10 หลักการปลูกมะพร้าวที่ได้ผลดีและโตไว

เมื่อเราเพาะหน่อมะพร้าวเสร็จเป็นที่เรียบร้อยแล้ว เราจะหน่อมะพร้าวมาเลี้ยงในถุงพลาสติกสีดำ โดยอาศัยเทคนิคที่ใช้ปลูกมะพร้าวเช่นเดียวกับหลักการปลูกมะพร้าวของอาจารย์ธงชนะ พรหมมิ ซึ่งเทคนิคนี้ได้ถูกนำไปใช้ในการปลูกมะพร้าวได้สำเร็จหลายแปลงและหลายจังหวัดเป็นที่เรียบร้อยแล้ว โดยขั้นตอนในการย้ายหน่อมะพร้าวลงในแปลงสวนมะพร้าวที่ต้องการ มีดังนี้

1. นำหน่อมะพร้าวมาเพาะต่อในถุงพลาสติกสีดำ เบอร์ 9 * 18 (ใช้เวลาปลูกประมาณ 4 – 5 เดือน ต้นมะพร้าวจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนสูงเทียบหัว)

2. ตอนวางหน่อมะพร้าวในถุงพลาสติกสีดำ เราจะวางให้เอียงไปทางซ้ายประมาณ 80 องศา แล้วเอาดินกลบลูกมะพร้าวประมาณครึ่งลูก ห้ามกลบหมด เพราะมะพร้าวจะต้องการแสงแดดในการสังเคราะห์แสง จะกินน้ำ โตเร็ว ได้ ถ้าเราเอาดินคลุมลูกมะพร้าวทั้งหมด รากมันจะคลุมกะลา ทำให้ข้างในเป็นโพรง ลูกมะพร้าวไม่ได้หลุดออกจากรากเลย

3. ตัดก้นถุงก่อน อย่าไปตัดรากมะพร้าวเด็ดขาด ขุดหลุมใหญ่ให้ด้านหนึ่งชั้น อีกด้านหนึ่งเอียง ตอนปลูก เราเอามะพร้าวแบบเอียง ให้หันยาวไปทางด้านตะวันออก

4. หลังจากนั้น เราจะทำการใส่ปุ๋ย วิธีการใส่ปุ๋ย เราจะเทปุ๋ยไปรอบต้นบนดิน แล้วเราก็ค่อยเอาปุ๋ยกับดินกลบและรดน้ำให้ท่วมถุงเลย

5. เราจะทำการปลูกไป 4-5 วัน เราจะเห็นบนดินจะเห็นสีเขียว อินทรียวต์ฤดูของเรามีไนโตรเจน แล้วเอาถุงออก แล้วใส่ปุ๋ยรอบต้น แล้วขุดดินกับปุ๋ยรอบ ๆ ให้ร่วนซุยรอบโคนต้นมะพร้าวอีกครั้งหนึ่ง แล้วเอาฟางข้าวมาคลุมให้มิดและให้รอบ ๆ ต้นมะพร้าวที่ปลูก

6. อีกสัก 3 เดือน เราจะใส่ปุ๋ยรอบ ๆ ลำต้นจะตั้งและชูใบอย่างสวยงาม โคนจะใหญ่ รากจะเยอะ (วางต้นเอียงหันไปทาง ท้ายยอดไปทางทิศตะวันออก)

7. นำปุ๋ยสูตรเสมอ ซีแก่และแกลบแบบ 1:1 ผสมกับขุยมะพร้าว เอามาใส่ในถุงพลาสติกข้อที่ 1 เพื่อเป็นสารอาหารเพิ่มเติมให้แก่หน่อมะพร้าวที่อ่อน

8. ควรทำเป็นร่องวงกลมรอบ ๆ ต้นมะพร้าวที่ปลูก เพื่อให้มีน้ำขังอยู่รอบ ๆ ต้นมะพร้าวเมื่อได้ทำการให้น้ำ ใ้ ราก ๆ ยึดออกไปเรื่อย ๆ ล่อให้รากงอกไปไกลเรื่อย ๆ ปลูกไปประมาณ เกือบ 3 ปี ติดจัน แล้วใบล่างยังไม่ล่วงเลย (การทำร่อง เพื่อมิให้น้ำมันขังต้น มันแฉะ แต่ถ้ามันไม่แฉะ ก็ไม่ต้องยกร่อง แต่ถ้าเป็นดินทรายเหนียวและแน่นมาก เราควรยกเป็นร่องเพื่อมิให้แฉะที่ต้นมะพร้าวที่ปลูก)

9. ใบจะยาวขึ้นเรื่อย ๆ ไม่ให้ตัดก้านและใบมะพร้าวออกไปเลย เพราะใบมะพร้าวจะช่วยกักเก็บความชื้นไว้ในต้นมะพร้าว ทำให้ลำต้นใหญ่โตเติบโตได้ดี

10. ถ้าเราวางไว้เอียง ๆ มะพร้าวอายุ 1 ปี ต้นมะพร้าวจะเริ่มหลุดออกจากลูกมะพร้าวได้ง่าย

ลำต้นจะโตในแนวนอนแล้วโค้งขึ้นในแนวตั้ง ทั้งนี้ ต้นมะพร้าวจะโตเร็วและลูกตกได้ผลดีนั้น เราเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะต้องใช้พันธุ์เตี้ย ระยะเวลาในการปลูกเพียง 2 ปีกว่า ก็ออกจันมะพร้าวแล้ว แต่ถ้าเราวางตรง ๆ รากจะคลุมกะลา แล้วติดไม่ออก มะพร้าวจะมีโคนที่เล็ก

4.11 หลักการป้องกันศัตรูมะพร้าว

ศัตรูที่สำคัญของมะพร้าว คือ แมลงตัวดูด และ หนอนดั่ง (ด้วงไฟหรือด้วงวงกินใบ, ด้วงแรด, ด้วงดำ, ด้วงแดง) โดยด้วงดำกินมะพร้าว (แมลงกวางตัวผู้ มีเขา 2 ขา จะใช้ทะยอกมะพร้าว - ตัวเมีย ไม่มีเขา) การสะสมฟางข้าว กองปุ๋ยหมัก กองขี้หมู ใบไม้ วัสดุติดอื่น ๆ ที่เราใช้ไม่หมดแล้วทิ้งไว้ในสวนมะพร้าวค้างหลายวัน สิ่งเหล่านี้เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ด้วง เราควรจะต้องเอาออกไปจากสวนมะพร้าว โดยตัวด้วงดำจะกินยอดมะพร้าวลงมา เจาะกลางคอ กินแกนในขึ้นบนหรือลงล่าง ส่วนด้วงแดง จะเข้าไปฝังในตัวต้นเลย อันตรายมาก

โดยเริ่มต้น ด้วงแรดจะบุกต้นมะพร้าวก่อน โดยด้วงแรดจะเจาะตรงคอมะพร้าว ทำให้ใบมะพร้าวมีการคลี่ตัว แต่ภาพรวมอื่น ๆ ของต้นมะพร้าวยังคงโตได้ตามปกติ หลังจากนั้น ด้วงวงจะไปวางไข่ ทำให้ใบมะพร้าวล้มลงและตายเป็นจำนวนมาก ซึ่งโดยทั่วไป ยอดตรงกลางมะพร้าวจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ และสูงกว่าทางมะพร้าวเก่าที่แห้ง ๆ รอบ ถ้ายอดกลางมีรอยไหม้ แสดงว่า มีแมลงตัวดูดจะฝังตัวอยู่ในยอดกลาง แล้วทำให้ใบแห้ง วิธีกำจัดแมลงตัวดูด คือ เราใช้จะอักษิวน (ยาปราบแมลงสาบ ปลวก มด) ตัวแมลงมันจะหนีไป จะไม่ตกค้าง ไม่เหมือนกับฟูโรดาน ซึ่งกลิ่นจะยังตกค้างและกลิ่นส่งผลอันตรายต่อผู้ปลูกมะพร้าว เราจะต้องหมั่นตรวจดูต้นมะพร้าวทุกต้นในสวนทุก ๆ 3-4 วัน ว่าพบใบแห้งหรือไม่

วิธีการป้องกันด้วงมากินต้นมะพร้าว มีดังนี้

1.เราจะนำตาข่ายดักปลาถี่ ๆ เอามาหุ้มคอหรือโคนมะพร้าว ถ้าด้วงมาติดก็ดึงออกได้ มันก็ไม่กัดกินต้นมะพร้าวที่เราปลูกแล้ว ปลูกห่างกัน 8 -10 เมตร สำหรับมะพร้าวแกงและปลูกห่างกัน 6 เมตร สำหรับมะพร้าวน้ำหอม

2.เราใช้ทรายหยอดลงไปบริเวณยอดของต้นมะพร้าว - จะช่วยกำจัดตัวเต็มวัยของด้วงชนิดต่าง ๆ ในสวนมะพร้าว

3.เราจะกำจัดด้วงโดยใช้เชื้อราเมตตราไรเซียมโรยลงไปในกองของพื้นที่วางไข่ของด้วง แล้วรดน้ำประมาณ 3 เดือน จะเห็นด้วงในพื้นที่ดังกล่าวตาย ช่วยกำจัดกองตัวหนอนตัวด้วง โดยตัวหนอนตัวด้วงจะตายหลังจากสัมผัสเชื้อราไปแล้วประมาณ 20 - 30 วัน (3 สัปดาห์) เราจะสังเกตเห็นสปอร์สีเขียวปกคลุมตัวหนอนตัวด้วงที่ตายแล้ว ให้นำตัวด้วงมาสับ แล้วนำไปละลายน้ำ 20 ลิตร เติมน้ำใส่ฝักบัว แล้วนำไปรดต่อต้นมะพร้าวที่ปลูกไว้ได้ โดยสารนี้จะอยู่ได้ 3-4 ปี ในการคุมด้วงต่อไปได้

เก็บทางมะพร้าวที่ร่วงหล่นในสวนมะพร้าวมาเผาทำลาย โดยจุดเผาทางมะพร้าววงเล็ก ๆ กระจายในสวนมะพร้าว โดยมีข้อดีดังนี้

3.1 ทำให้สวนสะอาดไม่มีที่สำหรับวางไข่ของด้วงแรด

3.2 ควันไฟจะช่วยไล่แม่ผีเสื้อกลางคืนไม่ให้มาทำลายใบมะพร้าว เช่น แม่ผีเสื้อหนอนปลอก แม่ผีเสื้อหนอนหัวดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวนวชิรภัฏให้บริการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ควันทันไฟช่วยปรับ C/N ratio ทำให้ต้นมะพร้าวออกดอกออกผลได้ดีขึ้น

3.4 ถ้าถ่านที่ได้จากการเผาจะทำให้เป็นการเพิ่มธาตุโพแทสเซียมในดิน

4.12 การออกแบบโมบายแอปพลิเคชัน

ในโครงการวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบโมบายแอปพลิเคชันขึ้นมาอีกชิ้นงานหนึ่งเพื่อแสดงผลค่าอุณหภูมิและความชื้นอากาศ และความชื้นดิน โดยได้นำโมดูลไวไฟ ESP8266 และโมดูลอื่น ๆ มาใช้งานเพื่อทำหน้าที่ส่งค่าอุณหภูมิและความชื้นอากาศ (ที่วัดได้จาก DHT-11) และความชื้นดิน (ที่วัดได้จาก Soil Moisture sensor) ในที่นี้ โมดูลต่าง ๆ ที่นำมาใช้งาน มีดังนี้

1. โมดูลไวไฟ ESP8266 เป็นชื่อของชิปไอซีบนบอร์ดของโมดูล ซึ่งไอซี ESP8266 ไม่มีพื้นที่โปรแกรม (flash memory) ในตัว ทำให้ต้องใช้ไอซีภายนอก (external flash memory) ในการเก็บโปรแกรม ที่ใช้การเชื่อมต่อผ่านโปรโตคอล SPI ซึ่งสาเหตุนี้เองทำให้โมดูล ESP8266 มีพื้นที่โปรแกรมมากกว่าไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์อื่น ๆ ESP8266 ทำงานที่แรงดันไฟฟ้า 3.3 V - 3.6 V การนำไปใช้งานร่วมกับเซนเซอร์อื่น ๆ ที่ใช้แรงดัน 5V ต้องใช้วงจรแบ่งแรงดันมาช่วย เพื่อไม่ให้โมดูลพังเสียหาย กระแสที่โมดูลใช้งานสูงสุดคือ 200 mA ความถี่คริสตอล 40 MHz ทำให้เมื่อนำไปใช้งานอุปกรณ์ที่ทำงานรวดเร็วตามความถี่ เช่น LCD ทำให้การแสดงผลข้อมูลรวดเร็วกว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ยี่ห้ออื่น Arduino มาก

2. DHT-11 เป็นเซนเซอร์ที่วัดอุณหภูมิเป็นองศาเซลเซียสและองศาฟาเรนไฮต์ ยังสามารถวัดความชื้นได้อีกด้วย มีไลบรารีพร้อมใช้งานกับ Arduino สามารถใช้วัดค่าได้เที่ยงตรงกว่า NTC หรือ PTC มาก เพราะให้เอาต์พุตออกมาในภาพของดิจิทัล ใช้วัดอุณหภูมิอากาศโดยรอบ มีทั้งหมดอยู่ 4 ขา คือ VCC, DATA, NC, GND

3. Soil Moisture Sensor เป็นเซนเซอร์สำหรับวัดความชื้นในดินแบบง่าย ซึ่งสามารถนำมาวัดความชื้นที่อยู่ภายในดินได้ โดยให้ค่า output เป็นแบบดิจิทัล สามารถปรับค่าได้ด้วย ตัวต้านทานปรับค่าได้ที่อยู่บนบอร์ด สามารถนำเซนเซอร์ตัวนี้มาทำเป็นระบบรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติได้อย่างง่ายดาย หรือหากต้องการค่าที่แม่นยำมากขึ้นสามารถอ่านค่าเป็นแบบ analog ได้ โดย Soil Moisture sensor มี Operating voltage อยู่ที่ 3.3V-5V มีรูสำหรับยึดน็อต ทำให้ง่ายต่อการติดตั้ง มีขนาดกว้าง 1.6 ซม. ยาว 3 ซม. มี LED indicator ค่อยแสดงสถานะในการทำงาน และใช้ IC voltage comparator LM393 ในการเปรียบเทียบแรงดัน

4. Firebase เป็นแอปพลิเคชันที่ถูกออกแบบมาให้เป็น API และ Cloud Storage สำหรับพัฒนา Realtime Application รองรับหลาย Platform ทั้ง IOS App, Android App, Web App Firebase ถูกสร้างขึ้นจากคุณสมบัติเสริมว่านักพัฒนาสามารถผสมและจับคู่เพื่อให้พอดีกับความต้องการของตน บริษัท ก่อตั้งขึ้นในปี 2011 โดยแอนดรูว์และเจมส์ เทมปลิน สินค้าเริ่มต้น Firebase เป็นฐานข้อมูลเรียลไทม์ซึ่งมี API ที่ช่วยให้ นักพัฒนาในการจัดเก็บและซิงค์ข้อมูล โดย Google Firebase 2.0 กุลเกิดได้ชื่อกิจการ Firebase และมีการพัฒนาให้สามารถ จากบริการ backend เก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลอย่างเดียวนมาเป็นแพลตฟอร์มครบวงจรสำหรับนักพัฒนาแอปพลิเคชันรองรับบริการแทบทุกอย่างที่นักพัฒนาแอปพลิเคชันต้องใช้งาน

5. เครือข่าย WiFi เป็นเครือข่ายการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ปลายทางกับอินเทอร์เน็ต โดยโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ถูกนำมาใช้งานเป็น Hotspot เพื่อเปิดสัญญาณ WiFi ให้แก่โมดูล ESP8266 โดย ESP8266 จะทำการส่งค่าข้อมูลสภาพภูมิอากาศไปแสดงผลที่ Firebase Cloud และแสดงผลบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งได้ออกแบบและสร้างโมบายแอปพลิเคชัน (Mobile Application) ขึ้นมาเพื่อใช้งานในการรายงานผลความชื้นดินและค่าอุณหภูมิที่วัดได้ในแปลงมะพร้าว

6. Android Studio เป็นเครื่องมือพัฒนา IDE หรือ Integrated Development Environment ที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อการพัฒนาแอนดรอยด์แอปพลิเคชันบนพื้นฐานของแนวคิด IntelliJ IDEA คล้าย ๆ กับการทำงานของ Eclipse และ Android ADT Plugin และเป็น IDE Tools โดยวัตถุประสงค์ของ Android Studio คือต้องการพัฒนาเครื่องมือ IDE ที่สามารถพัฒนาแอปพลิเคชันบน Android ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ทั้งด้านการออกแบบ GUI ที่ช่วยให้สามารถ Preview ตัวแอปพลิเคชันมุมมองที่แตกต่างกันบน Smart Phone แต่ละรุ่น สามารถแสดงผลบางอย่างได้ทันทีโดยไม่ต้องทำการรันแอปพลิเคชันบน Emulator รวมทั้งยังแก้ไขปรับปรุงในเรื่องของความเร็วของ Emulator ที่ยังเจอปัญหากันอยู่ในปัจจุบัน เช่น โทรศัพท์ แท็บเล็ต เป็นต้น

7. Solar Cell ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งเป็นไฟฟ้ากระแสตรงและมีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt) มีการนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์หลาย ๆ เซลล์มาต่อกันเป็นแถวหรือเป็นชุด (Solar Array) เพื่อให้ได้พลังงานไฟฟ้าใช้งานตามที่ต้องการ โดยการต่อกันแบบอนุกรมจะเพิ่มแรงดันไฟฟ้า และการต่อกันแบบขนาน จะเพิ่มพลังงานไฟฟ้า หากสถานที่ตั้งทางภูมิศาสตร์แตกต่างกัน ก็จะมีผลให้ปริมาณของค่าเฉลี่ยพลังงานสูงสุดในหนึ่งวันไม่เท่ากันด้วย รวมถึงอุณหภูมิก็มีผลต่อการผลิตพลังงานไฟฟ้า หากอุณหภูมิสูงขึ้น การผลิตพลังงานไฟฟ้าจะลดลง โดยในที่นี้ เราเลือกใช้แผงโซล่าเซลล์ (Solar Cell) 12V 5W

8. แบตเตอรี่ (Battery) แบตเตอรี่ถูกนำมาใช้เพื่อเก็บกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงโซล่าเซลล์ ซึ่งในที่นี้ เราใช้แบตเตอรี่แห่ง LEOCH 12V 1.2AH

ขั้นตอนการออกแบบและสร้างโมบายแอปพลิเคชัน มีดังนี้

1. จัดทำแอปพลิเคชันโดยใช้โปรแกรม Android Studio เพื่ออัปเดตขึ้น Firebase และใช้โปรแกรม Arduino เพื่อรับค่าอุปกรณ์ Soil Moisture Sensor และ DHT-11
2. นำ Soil Moisture Sensor และ DH11 ต่อเข้า ESP8266
3. เขียนโปรแกรม Arduino ให้รับค่า Soil Moisture Sensor กับ DH11 แล้วทำการเบิร์น
4. ออกแบบ Background หน้าแอปพลิเคชันด้วยโปรแกรม Photoshop
5. เขียนโปรแกรม Android Studio นำ Background ที่ออกแบบไว้มาโยงปุ่มที่สร้างไว้ 2 หน้า คือปุ่ม Area กับปุ่ม Main โดยหน้า Main แสดงหน้าโฮมของแอปพลิเคชัน ใช้งานต่อโดยการกด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปั๊ม Monitor Area เพื่อเข้าไปยังหน้า Area และหน้า Area แสดงค่าผลลัพธ์ของอุปกรณ์ โดยดึงค่ามาจาก Firebase

6. โปรแกรม Firebase รับค่าจาก Arduino ที่เขียนไว้เพื่อแสดงค่าที่ Android Studio บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ในภาพที่ 4.13 แสดงกล่องควบคุมการทำงานและแผงโซลาร์เซลล์ที่นำมาใช้ในการสร้างชิ้นงานและโมบายแอปพลิเคชันในนำเสนอและนำไปติดตั้งเพื่อใช้งานในสวนมะพร้าวของ สจล. วิทยาเขตชุมพรฯ



ภาพที่ 4.13 กล่องควบคุมการทำงานและแผงโซลาร์เซลล์

โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาค่าความชื้นดินแล้วนำไปแสดงผลบนหน้าจอโทรศัพท์เคลื่อนที่มีแสดงไว้ในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าตรรกะ GMI ในการแสดงระดับความชื้นดินที่แสดงผลบนหน้าจอโทรศัพท์เคลื่อนที่

ค่าตรรกะ GMI	สถานะของพืช
0 – 20	แล้งจัด
21 – 30	แล้ง
31 – 40	ค่อนข้างแล้ง
41 – 60	ปกติ
61 – 90	ความชื้นสูงกว่าปกติ
91 – 100	ความชื้นเกินความต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการย่อยที่ 5 : เครื่องบดและอัดวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรพร้อมด้วยแขนกลและเครื่องชั่งน้ำหนักหลักการและการออกแบบ

ในบทนี้กล่าวถึงการออกแบบและสร้างแขนกลจับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร การออกแบบภาคจ่ายไฟ การเลือกใช้อุปกรณ์และการออกแบบระบบควบคุมแขนกลจับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร รวมถึงการออกแบบและสร้างวงจรชั่งน้ำหนัก รายละเอียดของแต่ละหัวข้อมีดังนี้

5.1 เครื่องบดวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

เครื่องบดวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่นำเสนอในโครงการวิจัยนี้จะมีส่วนประกอบและหลักการทำงานพื้นฐานคล้ายกับเครื่องบดย่อยพืชอาหารสัตว์ที่ขายตามท้องตลาดทั่วไป ดังแสดงในภาพที่ 5.1 โดยคุณลักษณะของเครื่องบดวัสดุฯ ที่ออกแบบ มีดังนี้

1. กำลังการผลิตไม่ต่ำกว่า 800 กิโลกรัม/ชั่วโมง
2. ต้นกำลังใช้มอเตอร์ไม่น้อยกว่า 3.7 กิโลวัตต์ (220V/380V) และเครื่องยนต์ดีเซลไม่ต่ำกว่า 10 แรงม้าต่อ 1 ลูกสูบ (โดยสตาร์ทการทำงานด้วยกุญแจ - เพื่อสะดวกใช้งานในสถานที่ที่ไม่มีไฟฟ้าตามบ้าน) ดังแสดงในภาพที่ 5.2 และมีความเร็วรอบไม่ต่ำกว่า 800 รอบ/นาที



ภาพที่ 5.1 เครื่องบดวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่นำเสนอในโครงการวิจัยนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กำหนดให้ใช้แบตเตอรี่จ่ายกระแสไฟตรงขนาด 12 โวลต์ 45 Ah และมีพู่เล่กับสายพาน 1 ชุด
4. กำหนดให้มีใบมีดเฉือน ใช้กับทางปาล์ม ทางมะพร้าว ไม้แห้ง จำนวน 3 ใบ และกำหนดให้มีใบมีดตีและสับ เหมาะกับพวกกะลา กิ่งไม้ วัสดุแข็งต่าง ๆ จำนวนไม่ต่ำกว่า 10 ใบ ดังแสดงในภาพที่ 5.3
5. ลูกกลิ้งที่ถูกออกแบบมาพิเศษ ทำให้เครื่องดึงพีชที่จะนำไปสับย่อยเข้าออกได้ง่าย
6. ชุดเฟืองถอดเปลี่ยนเองได้เพราะใช้ระบบสลักลิ้ม โดยชุดเฟืองสามารถหมุนสลับเปลี่ยนได้ เมื่อเกิดการสึกหรอ ลดค่าใช้จ่ายไม่ต้องเปลี่ยนยกชุด



ภาพที่ 5.2 เครื่องยนต์ดีเซลไม่ต่ำกว่า 10 แรงม้าต่อ 1 ลูกสูบ โดยสตาร์ทการทำงานด้วยกุญแจ



ภาพที่ 5.3 ใบมีดเฉือนและใบมีดตี/สับของเครื่องบดวัสดุฯ ที่นำเสนอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำแนะนำในการบำรุงเครื่องยนต์ดีเซล มีดังนี้

1. เติมน้ำให้เต็มถึง ปิดฝาถังให้แน่น
2. เติมน้ำมันให้เต็มถึง ปิดฝาถังให้แน่น
3. ล้างไส้กรองอากาศทุก ๆ เดือน
4. ล้างไส้กรองโซล่าทุก ๆ เดือน
5. เติมน้ำมันเครื่องให้พอดีขีด
6. จุดเติมน้ำมันเครื่องเบอร์ 30 หรือ 40
7. จุดถ่ายน้ำมันหล่อเย็นทุก ๆ 3 เดือน
8. ปลั๊กถ่ายน้ำมันเครื่องทุก ๆ เดือน

หมายเหตุ ในที่นี้ น้ำมันเครื่องที่ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลนี้เป็นชนิด API CC ขึ้นไป รุ่น SAE 40 ขนาดความจุ 2.5 ลิตร

5.2 เครื่องอัดวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

เครื่องอัดวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่นำเสนอในโครงการวิจัยนี้จะมีส่วนประกอบและหลักการทำงานพื้นฐานคล้ายกับเครื่องอัดบล็อกที่ขายตามท้องตลาดทั่วไป ดังแสดงในภาพที่ 5.4 โดยคุณลักษณะของเครื่องบดวัสดุฯ ที่ออกแบบ มีดังนี้

1. ทำจากวัสดุเหล็กที่มีความแข็งแรงและคงทน
2. ขนาดเครื่อง 25 x 50 x 80 ซม.
3. น้ำหนักเครื่องไม่ต่ำกว่า 50 กก.
4. เป็นแบบมือโยก โดยมีช่วงชักเต็มในการอัดวัสดุประมาณ 20 ซม.
5. สามารถขึ้นภาพวัสดุเป็นแท่งสี่เหลี่ยมได้ ขนาดของแท่งประมาณ 12.5 x 25 ซม. และสูงไม่ต่ำกว่า 10 ซม. ทั้งนี้สามารถใช้แผ่นสี่เหลี่ยมกันแบ่งครึ่งแท่งเป็น 2 ก้อนได้ ดังแสดงในภาพที่ 5.5

5.3 การออกแบบวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

การออกแบบวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับขึ้นมาก็เพื่อนำไปควบคุมการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ในที่นี้ เราเลือกใช้ไตรแอกมาใช้ในการควบคุมดังแสดงในภาพที่ 5.6

ในการออกแบบวงจรมอเตอร์นั้นจะต้องนึกถึงกระแสอินพุตและกระแสเอาต์พุตว่ามีค่าเท่าไร จึงจะทำให้ไตรแอกทำงานได้อย่างเต็มที่ ซึ่งในการออกแบบเราจะดูข้อมูลในคู่มือการใช้อุปกรณ์ว่าค่ากระแสของอุปกรณ์แต่ละตัวมีค่าเป็นเท่าไร จากภาพที่ 5.6 ซึ่ง MOC3081 สามารถทนแรงดันที่อินพุต (Input Forward Voltage) ได้เท่ากับ 1.5 โวลต์ และกระแส 10 มิลลิแอมป์ โดยจากการทดลองจะกำหนดให้กระแสที่ไหลผ่าน 9 มิลลิแอมป์ 1 โวลต์ สามารถหาค่าความต้านทานจาก กฎแรงเคลื่อนของเคอร์ชอฟฟ์ (Kirchhoff's Voltage Law) จะได้ดังสมการที่ 5.1 และสมการที่ 5.2

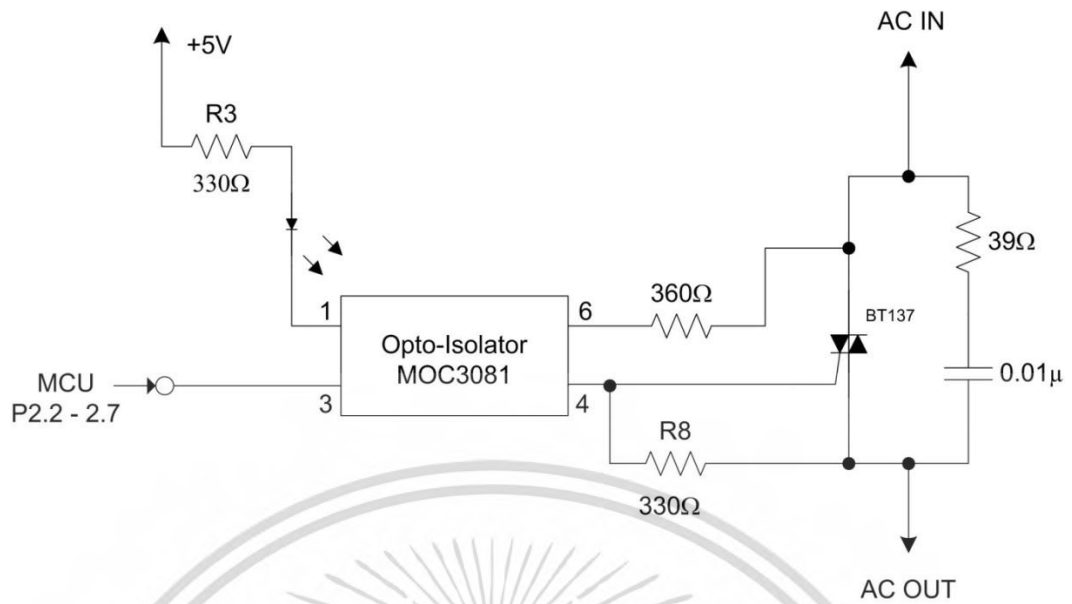


ภาพที่ 5.4 เครื่องอัดวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่นำเสนอในโครงการวิจัยนี้



ภาพที่ 5.5 วัสดุที่บดย่อยมาแล้วนำมาอัดเป็นบล็อกเพื่อนำไปทดสอบใช้งานต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.6 วงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

$$KVL; VCC = V_{R3} + V_{D1} + V_F \quad (5.1)$$

$$V_{R3} = VCC - V_{D1} - V_F \quad (5.2)$$

$$V_{R3} = 5 - 1 - 0.98$$

$$V_{R3} = 3.02 \text{ V}$$

เมื่อ VCC = แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์

V_F = แรงดันไบอัสตรงของไดโอดภายใน MOC3081

V_{R3} = แรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน R3

V_{D1} = แรงดันไบอัสตรงของไดโอด

หาค่า R3 ได้จากสมการที่ 5.3

$$R3 = \frac{V_{R3}}{I_A} \quad (5.3)$$

$$\begin{aligned} R3 &= \frac{3.02V}{9mA} \\ &= 335.55\Omega \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางด้านเอาต์พุต BT137 ต้องการกระแสมาป้อนที่ขาเกตได้ตั้งแต่ 50 มิลลิแอมป์และสูงสุด 8 A ซึ่งเอาต์พุตของ MOC3081 สามารถทนกระแสได้ 1 แอมป์ โดยในการทดลองเราจะเลือกป้อนกระแสที่ขาเกตประมาณ 0.55 แอมป์ และหาค่าความต้านทาน R8 ที่เอาต์พุตได้จากสมการ 5.4

$$V_{IN} = I_G R_8 \quad (5.4)$$

$$R_8 = \frac{V_{IN}}{I_G}$$

$$R_8 = \frac{220V}{0.55A}$$

$$= 400 \Omega$$

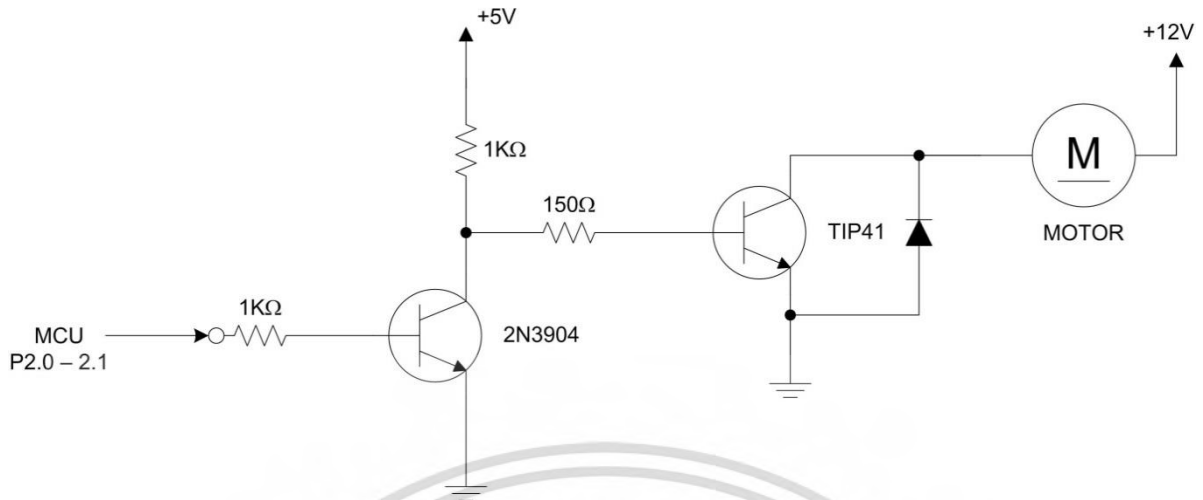
เมื่อ V_{IN} = แรงดันอินพุตไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์

I_G = กระแสที่ไหลผ่านขาเกตของ BT137

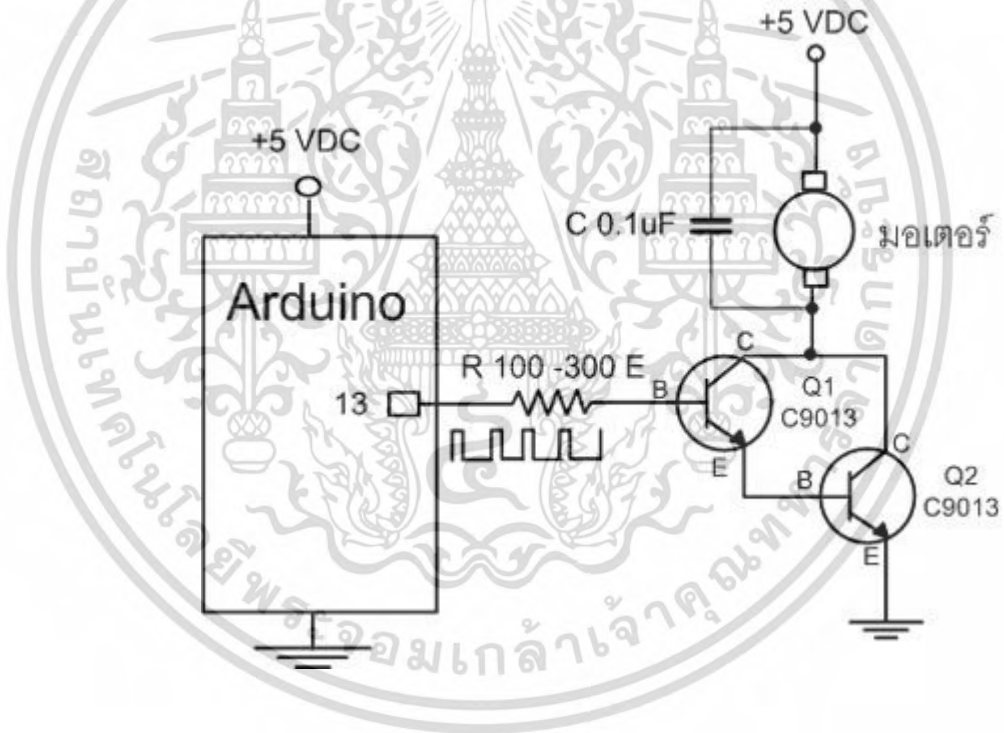
5.4 การออกแบบวงจรขับมอเตอร์กระแสตรง

การออกแบบวงจรขับมอเตอร์กระแสตรงขึ้นมาก็เพื่อนำไปขับให้ลูกรีดลำเลียงทางปาล์มหมุน โดยใช้มอเตอร์กระแสตรงขนาด 12 V 20 รอบต่อนาทีเป็นตัวขับ ซึ่งจากภาพที่ 5.7 แสดงวงจรขับมอเตอร์กระแสตรง

การทำงานของวงจรระหว่าง MCU และมอเตอร์กระแสตรงจะมีภาคของวงจรรขยายกระแสสองภาคด้วยกัน โดยวงจรรขยายภาคแรกจะขยายสัญญาณที่ออกจาก MCU เพื่อนำไปควบคุมการทำงานของทรานซิสเตอร์กำลัง (power transistor) ซึ่งในที่นี้คือ ทรานซิสเตอร์ TIP41 ส่วนที่ทำหน้าที่เป็นภาครขยายคือ ทรานซิสเตอร์ 2N3904 ซึ่งจะถูควบคุมโดย MCU เพื่อให้ทำงานในช่วงคัทออฟ (cutoff) หรือช่วงอิ่มตัว (saturate) อย่างไม่อย่างหนึ่ง ส่วนวงจรรขยายภาคที่สองคือวงจรในส่วนของ ทรานซิสเตอร์ TIP41 ซึ่งสัญญาณที่ได้รับการขยายแล้วจะถูกนำไปขับมอเตอร์กระแสตรงต่อไป ทรานซิสเตอร์ TIP41 มีการทำงานในสองโหมด คือ โหมดคัทออฟ (cutoff) ซึ่งมอเตอร์จะหยุดทำงานและโหมดอิ่มตัว (saturate) ซึ่งมอเตอร์จะทำงานเต็มกำลัง ในที่นี้ ไดโอดทำหน้าที่ป้องกันมอเตอร์จากภาวะชั้วขณะเมื่อมีการสวิตชิง (switching) เกิดขึ้น สำหรับวงจรมอเตอร์จะมีการหมุนในทิศทางเดียวเท่านั้น



ภาพที่ 5.7 วงจรขับมอเตอร์กระแสตรง



ภาพที่ 5.8 Arduino กับ การปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ด้วยความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5 วงจรปรับระดับความเร็วมอเตอร์

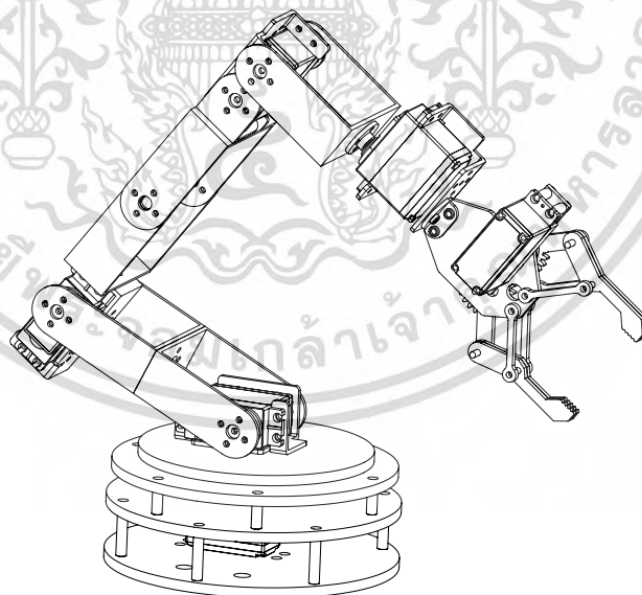
การควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรงนั้นสามารถทำได้ง่าย ๆ โดยใช้วิธีลดระดับแรงดันให้ต่ำกว่าแรงดันปกติ ก็จะทำให้มอเตอร์หมุนช้าลงได้ โดยทั่วไป การปรับความเร็วมอเตอร์กระแสตรงแบบง่าย ๆ จะมีวงจรปรับความเร็วมอเตอร์ซึ่งจะทำการกำเนิดสัญญาณความถี่ ที่แตกต่างกันออกไป แล้วไปขับวงจรขับมอเตอร์ทำให้มอเตอร์หมุนช้า เร็วได้ ในที่นี้ จะใช้ Arduino เพื่อทำการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ด้วยความถี่ ดังแสดงในภาพที่ 5.8 โดยจะสร้างสัญญาณความถี่แบบง่าย ๆ ในการปรับความเร็ว เพราะเมื่อความถี่เปลี่ยนไป แรงดันที่ตกคร่อมที่มอเตอร์จะลดลงทำให้มอเตอร์หมุนช้าลงไปด้วย ซึ่งค่า % จะเรียกว่า ค่า Duty cycle และ การสร้างความถี่แบบนี้ เราจะเรียกว่า PWM (Pulse Width Modulation)

5.6 การออกแบบแขนกลหยิบจับวัสดุทางการเกษตร

แขนกลหยิบจับวัสดุทางการเกษตรนั้นประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก ๆ คือ

1. ฮาร์ดแวร์ - ประกอบด้วยโครงสร้างสแตนเลสที่นำมาประกอบเป็นแขนกล ตัวเซอร์โวมอเตอร์ แหล่งจ่ายไฟ ไมโครคอนโทรลเลอร์

2. ซอฟต์แวร์ - โปรแกรมควบคุมการทำงานของแขนกลเพื่อจับ ยก และเคลื่อนย้ายวัสดุที่ต้องการได้ขนาดของแขนกลที่นำเสนอในงานวิจัยนี้มีแสดงไว้ในตารางที่ 5.1 ส่วนภาพของแขนกลที่ได้ออกแบบด้วยโปรแกรม Solid Work นั้นมีแสดงไว้ในภาพที่ 5.9 - 5.11



ภาพที่ 5.9 โครงร่างของแขนกลที่ออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.10 มุมมองด้านขวาของแขนกลที่ออกแบบ



ภาพที่ 5.11 มุมมองด้านซ้ายของแขนกลที่ออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทำงานของแขนกลจับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

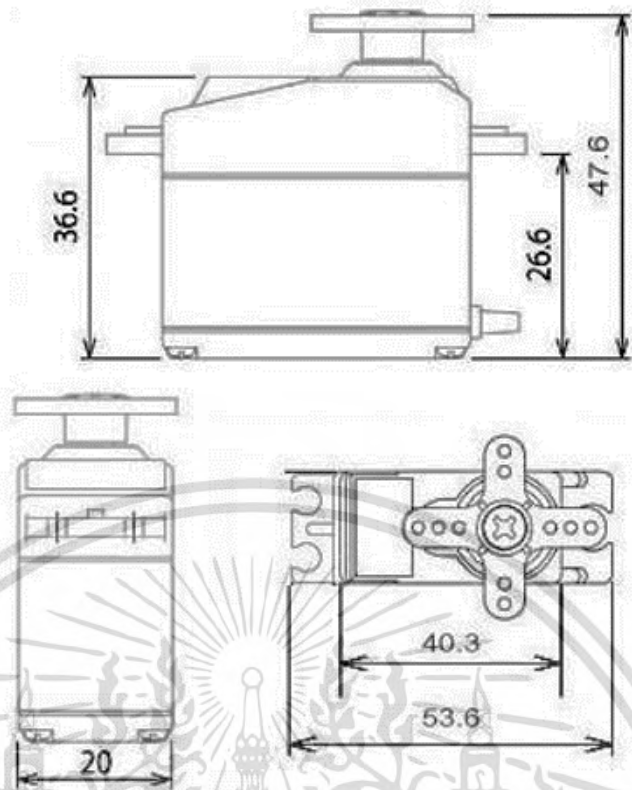
1. เปิดสวิตช์เพื่อป้อนไฟฟ้าให้กับแขนกล
2. ควบคุมช่วงแขนให้ลดระดับต่ำลงมาเพื่อจับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร
3. บังคับปากคีบให้หนีบจับวัสดุ ยกวัสดุขึ้น แล้วนำไปวางบนรถปิคอัพหรือภาชนะใส่วัสดุ
4. หมุนแขนกลจับมาด้านหน้าและกลับไปทำข้อ 2 ไปเรื่อย ๆ

ในโครงการวิจัยนี้ MG996R ได้ถูกเลือกนำมาใช้งาน โดย MG 996R เป็นดิจิทัลเซอร์โวมอเตอร์แรงบิดสูงที่มีคุณสมบัติเป็นเกียร์โลหะและสามารถรับน้ำหนักได้สูงถึง 10 kg ในแพ็คเกจขนาดเล็ก โดยเป็นรุ่นอัปเดตของ MG995 และอนาคตจะอัปเดตใหม่และตรวจสอบการออกแบบ PCB และ IC Control ที่จะทำให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นว่ารุ่นก่อน เกียร์และมอเตอร์ได้รับการปรับปรุงและแก้ไขให้ได้จุดศูนย์กลางมากขึ้น Servo 996R สามารถหมุนได้ 120 องศา (60 องศาในแต่ละทิศทาง) โครงสร้าง/ขนาดของ MG996R และรูปร่างหน้าตาของ MG996R มีแสดงไว้ในภาพที่ 5.12 และ 5.13 ตามลำดับ

ในที่นี้ รายละเอียดและคุณสมบัติในการทำงาน (specification) ของ MG996R มีดังนี้

- Use for: RC Model H309
- Dimension: 40x19x43 mm.
- Weight: 55 กรัม
- Operating Speed: 0.17sec / 60 degrees (4.8V no load)
- Operating Speed: 0.13sec / 60 degrees (6.0V no load)
- Stall Torque: 13 kg-cm (180.5 oz-in) at 4.8V
- Stall Torque: 15 kg-cm (208.3 oz-in) at 6V
- Operation Voltage: 4.8-7.2 Volts
- Gear Type: All Metal Gears
- Connector Wire: 11.81" (300mm)
- Color: Black

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.12 โครงสร้างและขนาดของ MG996R

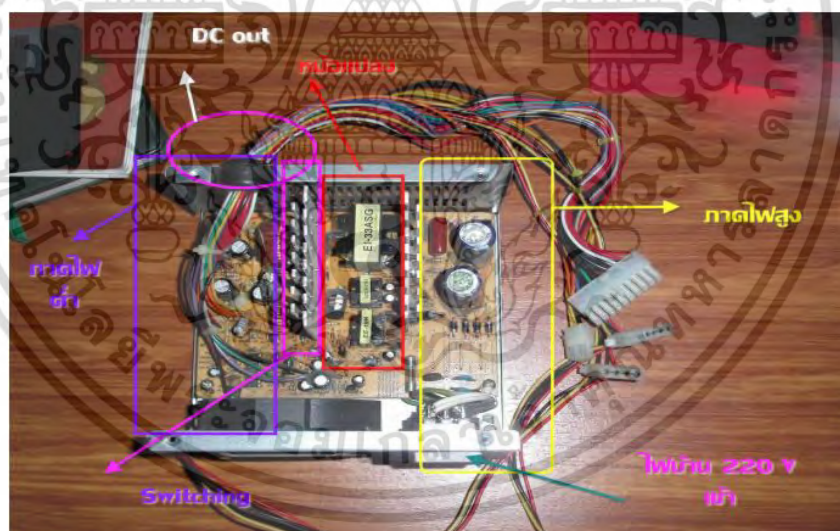


ภาพที่ 5.13 รูปร่างหน้าตาของ MG996R

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.7 การออกแบบภาคจ่ายไฟ (Power Supply)

เนื่องจาก Servo 996R 1 ตัว ใช้แรงดันที่ 4.8-7.2 Volt และใช้กระแสเริ่มต้นที่ 2A ดังนั้นต้องมีแหล่งจ่ายไฟที่มีกระแสสูง จึงเลือกใช้ Power Supply ที่มีแหล่งจ่ายไฟ 5V 32A หลักการทำงานของมันก็คือเมื่อมีไฟกระแสสลับเข้าที่ AC In ไฟนั้นก็จะถูกแปลงเป็นไฟ DC ที่มีค่า โวลต์สูงโดยอุปกรณ์ที่มีชื่อว่า แพ็คเกจไดโอด เมื่อแปลงออกมาแล้วค่าไฟ DC จะสูงมากประมาณ 300 โวลต์ และส่งไปที่คาปาซิเตอร์ จะทำหน้าที่กรองกระแสไฟให้เรียบที่สุดเท่าที่จะทำได้ จากนั้นก็ถูกส่งไปที่หม้อแปลงตรงกลาง เพื่อแปลงให้เป็น DC ต่ำตามที่อุปกรณ์ต้องการก็จะมีอยู่ 3 ค่าหลัก ๆ คือ DC 12 V, DC 5 V และ DC 3.3 V จากนั้นไฟที่ถูกแปลงแล้วจะถูกส่งย้อนกลับไป IC ที่ติดอยู่กับแผ่นระบายความร้อนสีเงิน ๆ ติดกับภาคไฟสูงเพื่อควบคุมค่าแรงดันไฟให้ได้ตามต้องการและเมื่อได้แรงดันไฟที่ค่อนข้างสม่ำเสมอแล้วกระแสจะถูกส่งเข้าไปที่ไอซี อีกด้านที่อยู่ติดกับภาคไฟต่ำ Switching ทำหน้าที่คอยตรวจเช็คว่ามีอุปกรณ์ตัวใดที่ต่ออยู่กับ Power supply มีการทำงานผิดปกติ เช่น ลัดวงจร หรือเปล่า ถ้าพบอุปกรณ์ที่มีการลัดวงจร switching จะทำการตัดไฟออกจากภาคไฟต่ำเพื่อป้องกันการเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับอุปกรณ์ และถ้า switching ตรวจสอบแล้วว่าไม่มีอะไรผิดปกติก็จะปล่อยกระแสออกทางภาคไฟต่ำเพื่อแจกจ่ายไปตามสายไฟเข้าสู่อุปกรณ์ ส่วนประกอบในแหล่งจ่ายไฟที่ออกแบบและสร้างขึ้นมีแสดงไว้ในภาพที่ 5.14

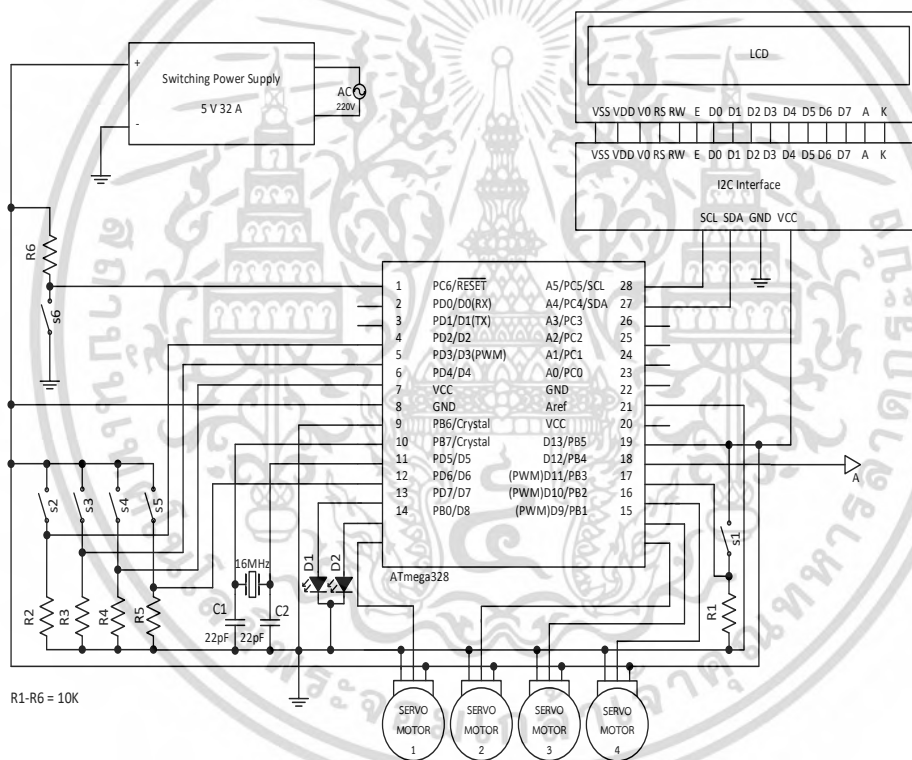


ภาพที่ 5.14 ส่วนประกอบต่าง ๆ ในแหล่งจ่ายไฟที่ออกแบบและสร้างขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.8 การออกแบบวงจรควบคุมแขนกลจับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

จากวงจรจะเห็นได้ว่าใช้ไอซี ATMEGA328P ใช้แหล่งจ่ายแรงดันไฟกระแสตรง 5 โวลต์ และป้อนความถี่สัญญาณนาฬิกา (clock) ที่ 16 MHz เพื่อให้ไอซี ATMEGA328P สามารถทำงานได้ โดยหน้าที่ของไมโครคอนโทรลเลอร์ (microcontroller) คือเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับและส่งค่าให้อุปกรณ์ต่าง ๆ ของแขนกลเคลื่อนที่ไปยังทิศทางที่กำหนดและควบคุมการหน่วงเวลาของการทำงานแล้วยังควบคุมการแสดงผลที่หน้าจอ LCD (liquid-crystal display) โดยที่หน้าจอจะต่อแบบ I2C (หมายถึง การส่งข้อมูลที่ละบิตและใช้สัญญาณความถี่นาฬิกาในการกำหนดการส่งข้อมูล) โดยจะเชื่อมต่อกับขา SCL (Serial Clock) และขา SDA (Serial Data) ของไอซี ATMEGA328P โดยการจะใช้งานการเชื่อมต่อแบบ I2C จำเป็นต้องดาวโหลดไลบรารี “Wire.h” ของโปรแกรม Arduino เพิ่ม โดยวงจรควบคุมแขนกลจับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมีแสดงไว้ในภาพที่ 5.7



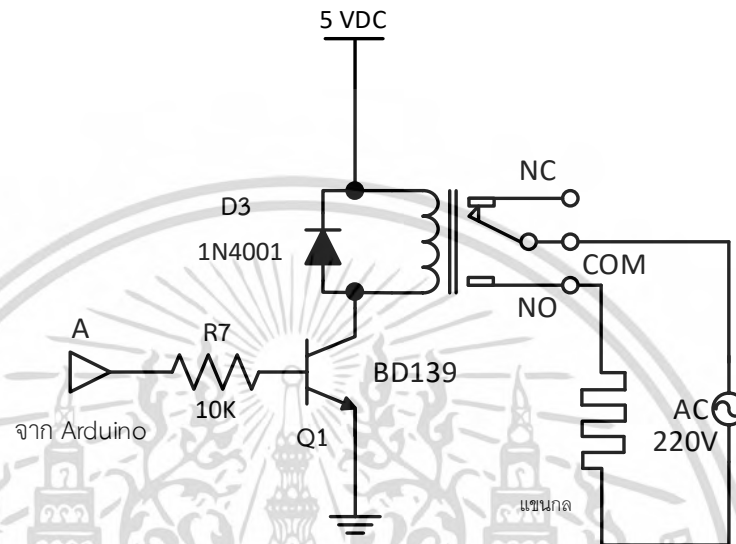
ภาพที่ 5.15 วงจรควบคุมแขนกลจับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

5.9 วงจรรีเลย์ควบคุมแขนกลที่ใช้ไฟ 220V

จากวงจรในภาพที่ 5.16 จะเห็นได้ว่าใช้รีเลย์เป็นตัวจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ จากสัญญาณขาออกของไมโครคอนโทรลเลอร์ 5 โวลต์ ซึ่งในการออกแบบนี้จะเป็นวงจรเปิด/ปิดแขนกลที่แขนกลสามารถทำงานเพราะเมื่อ Q1 ได้รับการไบอัสแล้ว รีเลย์ก็จะทำงานทันที โดยส่งแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ออกไปที่แขนกล โดยการใช้หน้าสัมผัส NO/NC/COM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงาน คือ เมื่อทำการจ่ายไบอัส Q1 จะนำกระแสทำให้หน้าสัมผัสของรีเลย์เปลี่ยนหน้าสัมผัสจาก NC เป็น NO จะเห็นได้ว่าแรงดันไฟฟ้าสามารถไหลผ่านรีเลย์ได้และทำให้แขนกลสามารถทำงานได้ และเมื่อ Q1 ไม่ได้รับการไบอัส หน้าสัมผัสของรีเลย์จะเชื่อมต่อที่ NC อีกแล้วทำให้แรงดันไม่สามารถไหลผ่านได้ แขนกลจึงไม่ทำงาน



ภาพที่ 5.16 วงจรรีเลย์ควบคุมการเปิด-ปิดแขนกล

5.10 รายละเอียดของแขนกลขนาดใหญ่

แขนกลขนาดใหญ่ที่แนะนำเพิ่มเติมที่สามารถนำมาใช้งานเพื่อหยิบจับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร คือ "Fanuc" Robot รุ่น M-6i เป็นแบบระบบ R-J2 น้ำหนักประมาณ 190 กิโลกรัม เปิดขายพร้อมใช้งานราคาขั้นต่ำตัวละสองแสนบาทขึ้นไป คุณสมบัติพื้นฐานในการใช้งานแขนกลนี้ มีดังนี้

1. หุ่นยนต์ FANUC M-6i นี้สามารถเคลื่อนที่ได้ 6 แกน
2. หุ่นยนต์มีแขนกลที่ขับเคลื่อนด้วยเซอร์โวทางไฟฟ้าที่ออกแบบมาเพื่อใช้งานหลากหลายในกระบวนการผลิตและระบบต่าง ๆ
3. ตัวอย่างที่สามารถนำแขนกลนี้ไปใช้งาน ได้แก่ การจับ/ปล่อยวัสดุหรือเครื่องจักรกล การประกอบชิ้นส่วน รวมถึงงานตัดโลหะต่าง ๆ เป็นต้น

รูปร่างหน้าตาและเลย์เอาต์/ขนาดของ "Fanuc" Robot รุ่น M-6i มีแสดงไว้ในภาพที่ 5.17 และ 5.18 ตามลำดับ ส่วนภาพที่ 5.19 แสดงภาพของผู้ควบคุมแขนกลและตัว "Fanuc" Robot รุ่น M-6i



ภาพที่ 5.19 ตู้ควบคุมแขนกลและตัว "Fanuc" Robot รุ่น M-6i

5.11 การออกแบบเครื่องชั่งน้ำหนัก

ในการชั่งน้ำหนักสินค้าเกษตรฯ ในโครงการวิจัยนี้ เราจะนำโมดูล HX711 Amplifier Module และ Load Cell (ภาพที่ 5.20) มาต่อกับ Arduino โดยมีสายสัญญาณที่เชื่อมต่อกันดังในภาพที่ 5.21

สำหรับการคาริเบรตนั้น เราจำเป็นจะต้องมีโหลดหรือน้ำหนักของสิ่งของที่เราทราบค่า ซึ่งโดยทั่วไป เรามักจะใช้ตุ้มน้ำหนักมาตรฐานเพื่อทำการคาริเบรต แต่สำหรับผู้ที่ไม่มีตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน เราก็สามารถใช้สิ่งของรอบ ๆ ตัวเราที่พอจะทราบน้ำหนักมาใช้ทดลองก่อนได้ เช่น น้ำเปล่า 1 ลิตร มีน้ำหนักเท่ากับ 1 กิโลกรัม ในการทดลองนี้ เราจึงนำขวดน้ำขนาด 1.56 ลิตรที่มีขาย ซึ่งจากการชั่งด้วยเครื่องชั่งน้ำหนัก พบว่า น้ำขวดนี้มีน้ำหนัก 1.56 กิโลกรัม โดยขั้นตอนในการคาริเบรต มีดังนี้

1. ติดตั้ง Load Cell เข้ากับแผ่นชั่งน้ำหนัก
2. เชื่อมต่อ Load Cell และ HX711 เข้ากับบอร์ด Arduino
3. Download Library สำหรับใช้กับ HX711

>> <https://github.com/bogde/HX711>

4. ติดตั้ง Library HX711 ให้กับ Arduino IDE (Copy Folder Library HX711 ลงใน Folder libraries ที่อยู่ใน Folder ของ Arduino IDE)
5. Download Code Auto Calibrate >> File แขนง (Arduino_Auto_Cal)
6. เปิด Arduino IDE และ เปิด File Arduino_Auto_Cal.ino ขึ้นมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

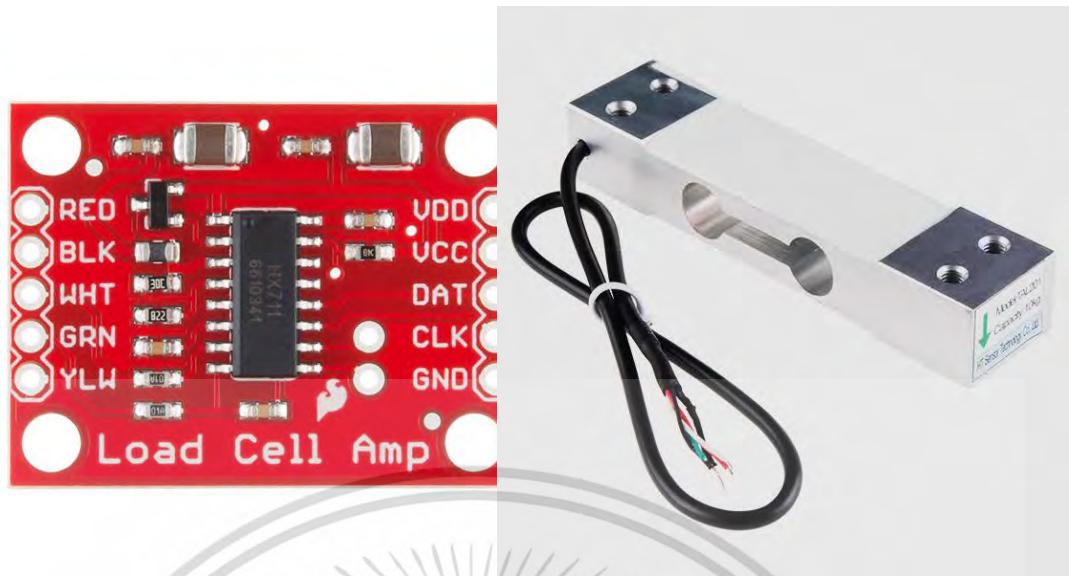
7. แก้อัปเดตในตัวแปร `real_weight` ให้เป็นค่าน้ำหนักจริงของ load ที่จะใช้นามา Calibrate (หน่วยเป็น กิโลกรัม) ในที่นี้คือค่าน้ำหนักของขวดน้ำ 1.5 ลิตร น้ำหนักประมาณ 1.56 กิโลกรัม (ในที่นี้ กำหนดค่า `offset = 0`, `calibration_factor = 1` และ `real_weight = 1.56`; //kg
8. โหลดโปรแกรม `Arduino_Auto_Cal` ลงในบอร์ด Arduino แล้วกดรันโปรแกรม
9. เปิดหน้าต่าง Serial Monitor ขึ้นมา แล้วตั้งค่าบอดเรตเป็น 115200 ที่มุมล่างขวาของหน้าต่าง
10. นำสิ่งของทุกอย่างออกจาก แผ่นชั่งน้ำหนัก
11. ส่งตัว 'a' ไป เพื่อหาค่า zero factor
12. รอสักครู่โปรแกรม จะแสดงค่า zero factor ออกมาให้ ให้เราจดบันทึกค่านี้เอาไว้ใช้งาน (ในการทดลองนี้คือ 8535481)
13. นำวัตถุที่ทราบค่าน้ำหนักที่แน่นอนมาวางลงบนแผ่นชั่งน้ำหนัก (น้ำหนักของวัตถุที่ใส่ลงในตัวแปร `real_weight` ใน `Arduino_Auto_Cal.ino`)
14. ส่งตัว 'b' ไป เพื่อหาค่า calibration factor
15. รอจนโปรแกรมสามารถหาค่า calibration factor ได้สำเร็จ ให้เราจดบันทึกค่านี้เอาไว้ใช้งาน (ในการทดลองนี้คือ 34779.00)
16. ส่งตัว 'c' ไป เพื่อทดลองอ่านค่าน้ำหนักโดยใช้ Zero Factor และ calibration factor ที่ใช้โปรแกรมหาค่ามา

สำหรับการนำค่า zero factor และ calibration factor ไปใช้งาน

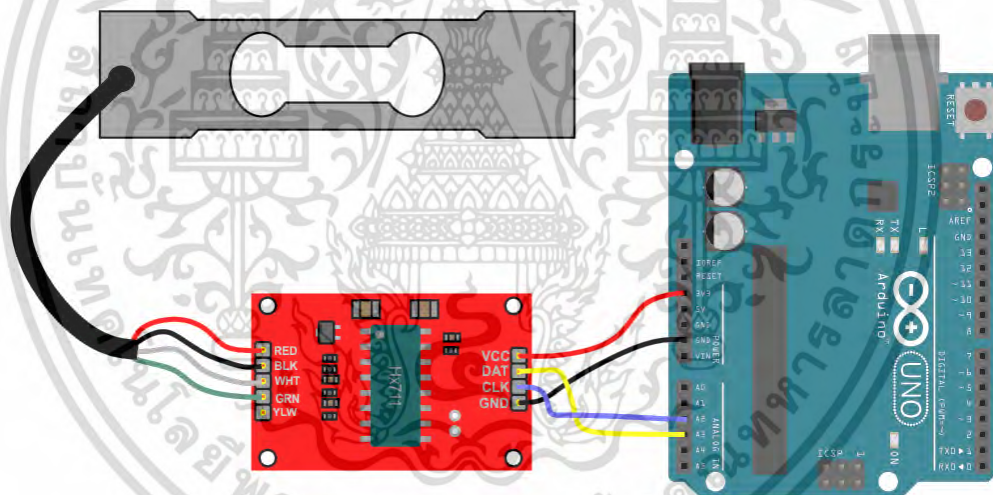
1. โหลดตัวอย่าง code >> File เมนู (ex_loadcell)
2. จากตัวอย่างเรื่อง วิธี calibrate load cell ทำให้เราทราบค่า zero factor และ calibration factor
3. ให้เรานำเอาค่า zero factor และ calibration factor มาใส่ในตัวแปรแทนของเดิม โดยในที่นี้ เราจะกำหนดค่า zero factor และ calibration factor มีค่าเท่ากับ 8535481 กับ 34779.00 ตามลำดับ ในการทดสอบโปรแกรมที่ได้ขีดเขียนค่าต่าง ๆ แล้ว พบว่า
 1. เมื่อวางขวดน้ำ น้ำหนักที่ชั่งได้ก็จะมีค่าเท่ากับ 1.56 kg
 2. เมื่อชั่งตุ้มน้ำหนักมาตรฐานรวมกันเท่ากับ 720 g น้ำหนักที่ชั่งได้มีค่าเท่ากับ 1.56 kg

หมายเหตุ รายละเอียด ภาพภาพและการทดลองของหัวข้อย่อย่อนี้สามารถศึกษาเพิ่มเติมได้ที่เว็บไซต์ <https://www.thaieasyelec.com/article-wiki/review-product-article/how-to-use-load-cell-and-hx711-amplifier-module.html>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.20 โมดูล HX711 Amplifier Module และ Load Cell ที่นำมาใช้ในงาน



Load Cell	HX711(China)	HX711(SparkFun)
RED	E+	RED/E+
BLACK	E-	BLK/E-
WHITE	A-	WHT/A-
GREEN	A+	GRN/A+

ภาพที่ 5.21 การเชื่อมต่อ Load Cell และ HX711 (SparkFun) เข้ากับ Arduino
(ที่มา: <https://www.thaieasyelec.com/article-wiki/review-product-article/how-to-use-load-cell-and-hx711-amplifier-module.html>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**โครงการย่อยที่ 6 : การสกัดน้ำมันมะพร้าวเพื่อสุขภาพและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมด้วย
คาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤตเปรียบเทียบกับวิธีการสกัดด้วยการเหวี่ยงแยก
รอบต่ำแบบควบคุมอุณหภูมิ**

6.1 วัตถุประสงค์

นํ้ามะพร้าวห้าวชุดสด ผ่านการบีบอัดด้วยเครื่องคั้นกะทิอัตโนมัติโดยไม่มีการผสมนํ้า

6.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

6.2.1 เครื่องหมุนเหวี่ยงแบบควบคุมอุณหภูมิ; (SORVALL® RC 26 pulse, USA)

6.2.2 เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง (Analytical balance); (Sartorial รุ่น Extend,

USA)

6.2.3 เครื่องชั่งหยาบ (Balance)

6.2.4 เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)

6.2.5 ตู้แช่แข็ง อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส (ชาร์ป, ประเทศไทย)

6.2.6 เครื่องแก้ว ได้แก่ กระจบอกรวง ปีกเกอร์ ขวดวัดปริมาตร ปี เปต ขวดแก้วเก็บ

ตัวอย่าง กรวยแก้วแยก

6.2.7 เข็มฉีดยา (Plastic Syringe)

6.2.8 หลอดสำหรับเหวี่ยงแยกสาร (Tube centrifuge)

6.2.9 โถดูดความชื้น (Desiccators)

6.2.10 ภาชนะอลูมิเนียมพร้อมฝาปิด (Moisture can)

6.2.11 ตู้อบไฟฟ้า (Hot air oven); (Memert, USA.)

6.2.12 ถาดสเตนเลส

6.2.13 ผ้าขาวบาง

6.2.14 กระจบตาชกรองเบอร์ 2 และ 4

6.3 การทดลอง

6.3.1 ศึกษาวิธีการแยกนํ้ามันมะพร้าวที่สภาวะที่เหมาะสมโดยใช้เครื่องเหวี่ยงแบบควบคุม
อุณหภูมิ

6.3.1.1 การคั้นกะทิสตศึกษาอัตราส่วนระหว่างนํ้ามะพร้าวและนํ้า และศึกษา
อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการสกัด

6.3.1.2 การทดสอบการแข็งตัวของกะทิที่เวลาต่างๆ

6.3.1.3 การปั่นแยกนํ้ามันมะพร้าวด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงควบคุมอุณหภูมิปั่นแยก
นํ้ามันมะพร้าวจากกะทิด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงแยกสารที่ความเร็ว 4,000-7,000 รอบต่อนาทีเวลา 50
นาทีที่ควบคุมอุณหภูมิตลอดการทดลอง

6.3.1.4 การศึกษาเวลาที่เหมาะสมเพื่อแยกน้ำมันมะพร้าวโดยปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงควบคุมอุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียสภายใต้เวลาต่างๆกันคือ 15, 30 และ 50 นาทีที่ความเร็วรอบ 7,000 รอบต่อนาที

6.3.1.5 การแยกน้ำมันมะพร้าว ด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงควบคุมอุณหภูมิ ณ อุณหภูมิต่างๆ กะทิที่แช่แข็งที่ -30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำไปเหวี่ยงแยก ภายใต้อุณหภูมิต่างๆ คือ 15, 20 และ 26 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วรอบ 7,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 50 นาที

6.3.1.6 ทดสอบการคืนรูปของน้ำมันมะพร้าวหลังการแช่เย็นหลังให้ความเย็นที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส จะแข็งตัวและเมื่อตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 27-30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จะกลับคืนสู่สภาพของเหลวดังเดิม

6.3.1.7 ปริมาณความชื้นหาความชื้นจากมะพร้าว ด้วยวิธี AOAC (1990)

6.3.1.8 การศึกษาเวลาที่เหมาะสมเพื่อแยกน้ำมันมะพร้าวโดยกะทิไม่ผ่านการแช่แข็ง โดยปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงควบคุมอุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส ภายใต้เวลาต่างๆกัน คือ 50, 75, 100 และ 120 นาที ที่ความเร็วรอบ 7,000 รอบต่อนาที

6.3.2 การสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤต

6.3.2.1 การเตรียมเนื้อมะพร้าว

ผลมะพร้าวที่ได้จากแปลงมะพร้าว เกษตรกร ในจังหวัดสุราษฎร์ธานี และตลาดสดในอำเภอปะทิว ถูกนำมาปอกและแกะเอาเฉพาะเนื้อมะพร้าว มาทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนกระทั่งแห้ง ให้มีความชื้นเหลือประมาณ 30% (เพื่อป้องกันการอุดตันใน capillary restrictor) จากนั้นจึงบดเนื้อมะพร้าวอบแห้งให้มีขนาด 0.5-1.0 มิลลิเมตร

6.3.2.2 การสกัดน้ำมันมะพร้าวด้วยกระบวนการคาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤต

Carbon dioxide gas ใช้ที่ความบริสุทธิ์ 99.95% อุปกรณ์ในการสกัด ประกอบด้วย ถังสกัด (SC-CO₂ extractor ของ ISCO, Inc., Lincoln, NE, U.S.A., model SFX 220, carbon dioxide cylinder, chiller (B/L-730, YHDER, Taipei) สำหรับ CO₂ liquefaction และ high pressure syringe pump ที่มี maximum operating pressure เท่ากับ 69 MPa ของ ISCO, Inc., Lincoln, NE, U.S.A., model 100 DX ปริมาตรของ extraction vessel เท่ากับ 2.5 มิลลิลิตร ถังสกัดต่อเชื่อมกับ heated capillary restrictor ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (outer diameter) (ISCO, Inc., Lincoln, NE, U.S.A.) that had an 50 มิลลิเมตร อุณหภูมิในการทำงานสูงสุด (maximum operating temperature) เท่ากับ 150 องศาเซลเซียส อุณหภูมิและความดันถูกควบคุมด้วยโปรแกรม ของ ISCO, Inc., Lincoln, NE, U.S.A., model SFX 200 ซึ่ง integrated กับระบบการสกัด (extractor system)

6.3.2.2 ศึกษาความสามารถในการละลายของน้ำมันมะพร้าวในก๊าซ

คาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

solubility ของน้ำมันมะพร้าว (Virgin coconut oil, VCO) ใน SC-CO₂ ถูกวิเคราะห์การประยุกต์วิธี dynamic method โดยทำการวัดความสามารถในการละลายของ VCO ที่อุณหภูมิต่างๆในช่วง 313 K ถึง 353 K ที่ความดันตั้งแต่ 20.7 MPa ถึง 34.5 MPa ใส่ผงเนื้อมะพร้าวอบแห้งที่ใช้ในการสกัดจำนวน 2.0 กรัมลงใน extraction cell ซึ่งจะถูก washed loaded เข้าไปหน่วยสกัด (extractor unit) ปรับเทียบอุณหภูมิเพื่อ set level หลังจากนั้นจึงเริ่ม pressurization และ SC-CO₂ จะไหลผ่าน extraction cell จากด้านล่างขึ้นไปด้านบนของ vessel ซึ่งจะ SC-CO₂ ไหลผ่าน ผงเนื้อมะพร้าว และละลายน้ำมันมะพร้าวออกจากเนื้อมะพร้าว แล้วไหลออกมาซึ่งส่วนนี้เรียกว่า VCO-SC-CO₂ mixture จากนั้นทำการ expansion valve และ heated capillary restrictor จากนั้นทำการ released VCO ออกจาก CO₂ แล้วเก็บ VCO มาบรรจุลงในขวด vial ทำการชั่งน้ำหนัก VCO ที่สกัดได้ในแต่ละช่วงเวลา และทำการวัดปริมาตร CO₂ ที่ถูกใช้ไป (CO₂ consumption) ในแต่ละสภาวะการสกัดด้วย flow meter ที่ integrated ใน SC-CO₂ extractor ที่แสดงผลบน extractor controller monitor ความหนาแน่นของ SC-CO₂ ในแต่ละสภาวะจะถูกนำมาคำนวณหาค่าน้ำหนักของ CO₂ ความสามารถในการละลายของ VCO ที่สกัดได้ จะได้จากการทำ extraction curves

6.3.3 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และ คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำมันมะพร้าวที่สกัดได้จากกระบวนการสกัดทั้ง 2 วิธี รวมทั้งศึกษาปริมาณ *cis*-form และ *trans*-form ของน้ำมันที่ได้

6.3.4 การศึกษาการใช้ประโยชน์จากกากตะกอนที่เหลือจากการสกัดน้ำมันมะพร้าวแบบสกัดเย็นในผลิตภัณฑ์สบู่

6.3.4.1 การศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของของเหลือทิ้ง

วิเคราะห์สมบัติของครีมโปรตีนและน้ำทิ้งจาก กระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ด้วยวิธีปั่นเหวี่ยง จากการแยกจากกะทิทั้ง 2 แบบ มาศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมี ได้แก่ ความชื้น (Moisture content), ค่าสaponification (Saponification value) และปริมาณไขมันทั้งหมด (Total fatty matter) โดยวิธีของ AOCS (1993) และวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนและ ค่า pH โดยวิธีของ AOAC (1995)

6.3.4.2 การศึกษาการใช้ของเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ทดแทนการใช้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ในการทำสบู่ การศึกษาแบ่งเป็น 5 ทริทเมนต์ ดังตารางที่ 6.1 ทำการผลิตสบู่ตามวิธีการของ ฦกัญภัทร (2556)

ตารางที่ 6.1 สัดส่วนของวัตถุดิบหลักในการผลิตสบู่

การทดลอง	น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ : ครีมโปรตีน (โดยน้ำหนัก)
S1 (ชุดควบคุม)	100:0
S2	75:25
S3	50:50
S4	25:75
S5	0:100

6.3.4.3 วิธีวิเคราะห์คุณภาพของสบู่

นำตัวอย่างสบู่ในแต่ละชุดการทดลองมาตรวจวัด สมบัติทางกายภาพและเคมีตามที่มาตราฐานผลิตภัณฑ์ สบู่ก้อนของมาตรฐาน สมอ. และมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกำหนดสมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางเคมีดังนี้

- 1) ลักษณะทั่วไปทั้งลักษณะเนื้อสบู่ สี และกลิ่น โดยการสังเกตด้วยตาเปล่า
- 2) ความชื้นโดยการอบที่อุณหภูมิ 105 ± 2 องศาเซลเซียส
- 3) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยเครื่อง pH meter
- 4) ปริมาตรฟองหลังเขย่าทันที (Flash foam) และปริมาตรฟองหลังตั้งทิ้งไว้ 5 นาที (Foam drainage) โดยนำสบู่ก้อนประมาณ 15 กรัม ละลายในน้ำกระด้าง ($MgCl_2$ 0.0139% w/w และ $CaCl_2$ 0.0304% w/w) ปริมาตร 50 มล. เขย่าที่ความเร็วรอบ 150 rpm อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที แล้วตวงน้ำสบู่ปริมาตร 30 มล. ด้วยกระบอกตวงเขย่าขึ้นลงจำนวน 5 ครั้ง บันทึกค่า Flash foam (ค่าปริมาตรของฟองเหนือส่วนของ สารละลายสบู่) หลังจากนั้นตั้งทิ้งไว้ 5 นาที ทำการบันทึกค่า Foam drainage (ค่าปริมาตรฟอง) หลังตั้งทิ้งไว้ 5 นาที
- 5) การกร่อน โดยละลายสบู่ก้อน 15 กรัม ใน น้ำกระด้าง ปริมาตร 50 มล. ไปเขย่าที่ความเร็วรอบและ อุณหภูมิเดียวกับการวิเคราะห์ปริมาณฟอง แต่ใช้ระยะเวลาในการเขย่า 5, 10 และ 15 นาที ตามลำดับ จากนั้นนำสบู่ ไปอบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชม. และชั่งหาน้ำหนักที่หายไป
- 6) ปริมาณไขมันทั้งหมด (Total fatty matter) ละลายสบู่ 5 กรัม ใน น้ำร้อน ปริมาตร 100 มล. นำไป ไทเทรตด้วยสารละลาย 1.0 N HCl จนมากเกินพอแล้วสกัดไขมันออกด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ จากนั้นระเหยปิโตรเลียมอีเทอร์ออกแล้วชั่งน้ำหนักหาปริมาณไขมันที่เหลือ
- 7) ต่างอิสระ (% Na_2O) ต้มสบู่ 5 กรัม ในเอทานอล 200 มล. จนละลายหมด จากนั้นนำไปไทเทรตกับสารละลาย 0.1N HCl โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8) สารที่ไม่ละลายในเอทานอล ต้มสุบู่ 0.5 กรัม ในเอทานอล 100 มล. จนละลายนำไปกรองผ่านกระดาษ กรองเบอร์ 2 จากนั้นอบกระดาษกรองที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำมาชั่งน้ำหนักที่เหลืออยู่

6.4 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การวิเคราะห์ผลทางเคมีของแต่ละชุดทดลอง ประกอบด้วย 3 ซ้ำ วิเคราะห์ ANOVA และ DMRT เพื่อดูความแตกต่างของ พารามิเตอร์ในแต่ละชุดทดลองโดยโปรแกรมสำเร็จรูป

โครงการย่อยที่ 7 : การใช้ประโยชน์จากกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวเพื่อผลิตอาหารสัตว์น้ำ

7.1 การทดลองปีที่ 1 การวางแผนการทดลอง ปลายินิล

โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design ;CRD)

แบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลองๆละ 4 ซ้ำ ดังนี้ คือ

ชุดการทดลองที่ 1 อาหารทดลองผสมกากมะพร้าวสกัดน้ำมัน	0 % (ชุดควบคุม)
ชุดการทดลองที่ 2 อาหารทดลองผสมกากมะพร้าวสกัดน้ำมัน	5 %
ชุดการทดลองที่ 3 อาหารทดลองผสมกากมะพร้าวสกัดน้ำมัน	10 %
ชุดการทดลองที่ 4 อาหารทดลองผสมกากมะพร้าวสกัดน้ำมัน	15 %

ขั้นตอนการเตรียมอาหาร

1. นำอาหารอาหารทดลองที่จัดเตรียมขึ้นนำไปผสมกับกากมะพร้าวสกัดน้ำมันในอัตรา 0 , 5 , 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตามชุดการทดลอง) โดยมีระดับโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3.1)
2. ทำการผลิตอาหารด้วยเครื่องอัดเม็ดชนิดจมน้ำ
3. อาหารทดลองที่อัดเม็ดเสร็จแล้วนำไปตากผึ่งอากาศให้แห้งในที่ร่ม
4. นำอาหารทดลองที่ตากแห้งแล้ว ไปเลี้ยงสัตว์ทดลอง ตามชุดการทดลอง

ตารางที่ 7.1 แสดงส่วนประกอบสูตรอาหารกากมะพร้าวสกัดน้ำมันเลี้ยงปลาในระยะเวลา 120 วัน

วัตถุดิบ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณวัตถุดิบ (กิโลกรัม)			
	0 เปอร์เซ็นต์	5 เปอร์เซ็นต์	10 เปอร์เซ็นต์	15 เปอร์เซ็นต์
โปรตีน				
ปลาป่น (59.62)	18	19	18	18
ปลายข้าว (6.42)	15.2	16.3	11.1	13.7
ข้าวโพด (8.71)	17.8	13	14	10.6
กากมะพร้าวสกัดน้ำมัน (21.5)	0	5	10	15
กากถั่วเหลือง (42.13)	20	19.5	17	15
รำละเอียด (12.38)	27	25.2	27.9	25.7
น้ำมันพืช (0)	1	1	1	1
วิตามินและเกลือแร่ (0)	1	1	1	1
รวม	100	100	100	100

หมายเหตุ * คัดจากสิ่งแห้ง

ขั้นตอนการเตรียมการทดลอง

1. เตรียมกระชังเลี้ยงปลา ขนาด 2 x 2 x 1.5 เมตร จำนวน 16 กระชัง
2. ติดตั้งอุปกรณ์โครงกระชัง และฟุ้ง โดยทำการวางกระชังในบ่อดิน
3. การเตรียมปลาทดลอง โดยใช้ปลานิลแปลงเพศ ขนาด อายุ 45 วัน มาทำการปล่อยเลี้ยง

ในกระชัง ในอัตรา 10 ตัว/ตารางเมตร ให้อาหาร(ตามชุดการทดลอง) 5 เปอร์เซ็นต์/น้ำหนัก วันละ 2 ครั้ง

ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

1. ตรวจสอบคุณสมบัติของน้ำ ได้แก่ อุณหภูมิ, ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ, ความเป็นกรดเป็นด่าง, แอมโมเนีย, ไนโตรเจน
2. ชั่งน้ำหนัก สุ่มนับปลานิลใส่กระชังที่เตรียมไว้ ตามชุดการทดลอง
3. ให้อาหารปลานิล ตามชุดการทดลองในอัตรา 5 เปอร์เซ็นต์ วันละ 2 ครั้ง
4. ตรวจสอบคุณสมบัติของน้ำ ทุกวัน ได้แก่ อุณหภูมิ, ปริมาณออกซิเจน, ความเป็นกรดเป็นด่าง

ตรวจสอบคุณสมบัติของน้ำ ไนโตรเจน และปริมาณแอมโมเนีย ทุก 7 วัน

5. เก็บข้อมูลการเจริญเติบโต, อัตราการรอดตาย และผลผลิต 15 วัน ต่อครั้ง ตามวิธีของ A.O.A.C. (1984) ดังนี้คือ

5.1 การเจริญเติบโต (Growth)

$$\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม)} = \text{น้ำหนักสุดท้าย} - \text{น้ำหนักเริ่มต้น}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ} = \frac{(\ln \text{ น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \ln \text{ น้ำหนักเริ่มต้น}) \times 100}{\text{เวลา(วัน)}}$$

5.2 อัตรารอดตาย (Survival rate)

$$= \frac{\text{จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง}}{\text{จำนวนปลาเมื่อเริ่มต้นการทดลอง}} \times 100$$

5.3 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR)

$$= \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่กินทั้งหมด}}{\text{น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง}}$$

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์หาความแตกต่างทางสถิติ โดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple rang test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

7.2 การทดลอง ปีที่ 2 วิธีการทดลองปลาหมอ

7.2.1 การวางแผนการทดลอง

โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design ;CRD) แบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลองๆละ 4 ซ้ำ ดังนี้ คือ

ชุดการทดลองที่ 1 อาหารทดลองผสมกากมะพร้าวสกัดน้ำมัน	0 % (ชุดควบคุม)
ชุดการทดลองที่ 2 อาหารทดลองผสมกากมะพร้าวสกัดน้ำมัน	5 %
ชุดการทดลองที่ 3 อาหารทดลองผสมกากมะพร้าวสกัดน้ำมัน	10 %
ชุดการทดลองที่ 4 อาหารทดลองผสมกากมะพร้าวสกัดน้ำมัน	15 %

7.2.2 การเตรียมการทดลอง และสัตว์ทดลอง

เตรียมกระชังเลี้ยงปลาขนาด 2 x 2 x 1.5 เมตร จำนวน 16 กระชัง ติดตั้งอุปกรณ์โครงกระชัง และท่อน โดยวางกระชังในบ่อดิน ส่วนปลาทดลอง ใช้ปลาหมอ สายพันธุ์ชุมพร 1 จากศูนย์วิจัยและพัฒนาพันธุ์กรรมสัตว์น้ำชุมพร ขนาด น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 7.07±0.27-7.53±0.22 กรัม/ตัวปล่อยเลี้ยงในกระชัง

ในอัตรา 50 ตัว/กระชัง

7.2.3 การเตรียมอาหาร

อาหารทดลองที่จัดเตรียมขึ้นนำไปผสมกับกากมะพร้าวสกัดน้ำมันในอัตรา 0, 5, 10 และ 15 % (ตามชุดการทดลอง) โดยมีระดับโปรตีน 35 % และมีค่าพลังงาน (digestible energy) ในอาหาร อยู่ที่ 267.22 – 274.77 Kcal/100 g) (Table 1) ผลิตอาหารทดลองด้วยเครื่องอัดเม็ดชนิดจมน้ำ (mincer) ผ่านหน้าแวนขนาด 1.5 มิลลิเมตร นำอาหารที่อัดเม็ดเสร็จแล้วไปผึ่งอากาศในที่ร่ม 15 นาที เพื่อลดความร้อน และความชื้นจากอาหาร หลังจากนั้นนำอาหารไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง และนำอาหารบรรจุใส่ถุงพลาสติก เก็บไว้ในตู้เย็น ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำไปเลี้ยงสัตว์ทดลอง (อาหารเลี้ยงสัตว์ทดลองจะทำทุกๆ 2 สัปดาห์) และสุ่มตัวอย่างอาหารมา วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า และความชื้น ตามวิธีมาตรฐาน AOAC (2003) และคำนวณ คาร์โบไฮเดรต (NFE: Nitrogen free extract) และ พลังงาน (DE: Digestible energy) ตามวิธี ของ Lim and David (1994) ดังนี้ $NFE = 100 - (\% \text{ โปรตีน} + \% \text{ ไขมัน} + \% \text{ เยื่อใย} + \% \text{ เถ้า} + \% \text{ ความชื้น})$, $DE \text{ (Kcal/100 g)} = (\% \text{ โปรตีน} \times 3.5) + (\% \text{ ไขมัน} \times 8.0) + (\% \text{ คาร์โบไฮเดรต} \times 2.5)$

7.2.4 การเลี้ยงสัตว์ทดลองและให้อาหาร

เลี้ยงปลาหมอ (สายพันธุ์ชุมพร 1) เป็นระยะเวลา 150 วันให้อาหารปลาหมอตตามชุดการทดลองในอัตรา 5 % วันละ 2 ครั้ง ในเวลา 08.00 น. และ 16.00 น. โดยทำการปรับปริมาณการให้อาหาร ทุกๆ 15 วัน

7.2.5 การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์

ตรวจสอบคุณสมบัติของน้ำทุกวัน ได้แก่ อุณหภูมิ, ปริมาณออกซิเจน, ความเป็นกรดเป็นด่าง และตรวจสอบคุณสมบัติของน้ำ ได้แก่ ความกระด้าง, ไนโตรเจน และปริมาณแอมโมเนีย ทุก 7 วัน ตามวิธีของ ศิริเพ็ญ (2543) เก็บข้อมูลการเจริญเติบโต, อัตราการรอดตายและผลผลิต 15 วัน/ครั้ง

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์หาความแตกต่างทางสถิติโดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple rang test ด้วยโปรแกรม SAS system for windows version 6.12 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 7.2 ส่วนประกอบของสูตรอาหารเสริมกากมะพร้าวสกัดน้ำมันในการเลี้ยงปลาหมอ

วัตถุดิบ (เปอร์เซ็นต์โปรตีน)	ปริมาณวัตถุดิบ (กิโลกรัม) ที่เสริมกากมะพร้าวสกัดน้ำมัน			
	0	5	10	15
ปลาป่น (60)	26.5	26.5	26	26
กากถั่วเหลือง (44)	34.0	32	32	30
ข้าวโพด	5	4	5	5
รำละเอียด	28	27.5	20	19
กากมะพร้าวสกัดน้ำมัน (21.5)	0	5	10	15
ปลายข้าว	4.5	3	5	3
น้ำมันพืช	1	1	1	1
วิตามินและเกลือแร่ ^{1/}	1	1	1	1
รวม (กิโลกรัม)	100	100	100	100
องค์ประกอบทางโภชนา (%)				
โปรตีน	35.05	35.0	35.06	35.00
ไขมัน	7.81	8.15	7.23	7.51
เยื่อใย	4.88	5.07	5.39	5.51
ถั่ว	9.12	9.31	9.78	9.87
ความชื้น	7.53	7.64	7.87	7.84
Nitrogen free extract (NFE)	35.61	34.83	34.67	34.27
DE (Kcal/100 g)	274.18	274.77	267.22	268.25

^{1/} Vitamin-mineral premix provides per kg of diet : vitamin A 15,000 IU; vitamin D3 3,000 IU;

vitamin E 25 IU ; vitamin K30.5 g; vitamin B1 2.5 mg; vitamin B2 7 mg; vitamin B6 4.5 mg; vitamin B12 0.025 mg; pantothenic acid 35 mg; nicotinic acid 35 mg; choline chloride 0.25 g; biotin 0.025 mg; Cu1.6 mg; folic acid 0.5 mg; Mn 0.06 g; Se 0.15 mg; Fe 0.08 g; I 0.4 mg and Zn 0.045 g.

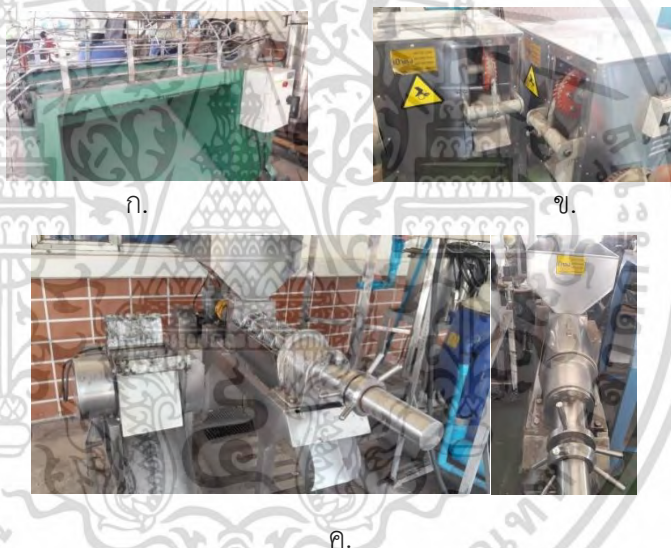
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการย่อยที่ 8 : การพัฒนากระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์จากมะพร้าวกะทิใช้สำหรับ กลุ่มเกษตรกร

การทดลองครั้งนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการสกัดน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ โดยการเหวี่ยงจากเครื่องเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง Alfa-Laval MOPX-205TGT เพื่อช่วยในการแยกชั้นของครีมกะทิต่อจากน้ำกะทิ แล้วนำครีมกะทิไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาละลายที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จึงจะได้น้ำมันมะพร้าว จากนั้นนำน้ำมันมะพร้าวไปเหวี่ยงที่เครื่องเหวี่ยงหนีศูนย์กลางความเร็วรอบปานกลางที่ความเร็วรอบ 4,500 5,000 5,500 รอบต่อนาที จากนั้นนำน้ำมันมะพร้าวที่ได้ไปตรวจสอบหาเปอร์เซ็นต์น้ำในน้ำมัน

8.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

กะทิจากมะพร้าวที่ผ่านชุดผลิตน้ำกะทิตั้งภาพที่ 8.1 นำกะทิผ่านเหวี่ยงที่เครื่อง Alfa-Laval MOPX-205TGT กะทิจึงถูกแยกออกเป็น 2 ส่วนคือ น้ำเปรี้ยว และครีมกะทิเข้มข้น



ภาพที่ 8.1 ชุดผลิตน้ำกะทิ ก.เครื่องตั้งโย 1 เครื่อง ข.เครื่องกะเทาะกะลา 2 เครื่อง ค.เครื่อง
ชุดเนื้อมะพร้าว 2 เครื่อง และเครื่องคั้นกากมะพร้าว 2 เครื่อง

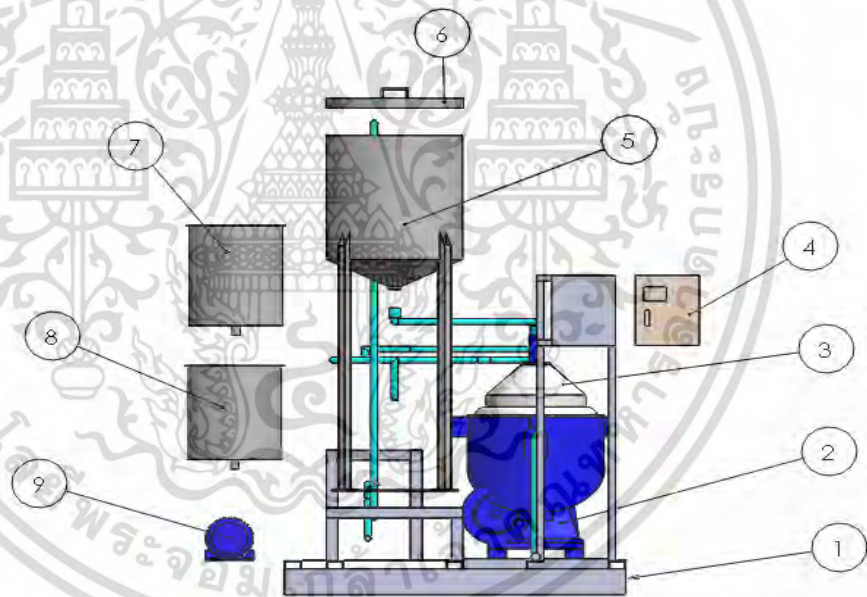
8.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

8.2.1 เครื่องสกัดน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น Alfa-Laval MOPX-205TGT ดังภาพที่ 8.2 และ

8.3



ภาพที่ 8.2 เครื่องสกัดน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น



ภาพที่ 8.3 อุปกรณ์ต่างๆ ในเครื่องสกัดน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์

- | | |
|-------------------------|---|
| (1) โครงสร้าง | (2) เครื่องเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง Alfa-Laval MOPX-205TGT |
| (3) ฝาปิดเครื่องเหวี่ยง | (4) ถังควบคุมอุณหภูมิ |
| (5) หม้อควบคุมอุณหภูมิ | (6) ฝาหม้อ |
| (7) ถังใส่น้ำเปรี้ยว | (8) ถังใส่ครีมกะทิ |
| (9) ป้อนน้ำ | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง Alfa-Laval MOPX 205TGT ที่ใช้ในการทดลองทำจากเหล็ก ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 เซนติเมตร ความสูงจากบนฝาเครื่องถึงฐาน 136.2 เซนติเมตร โดยหลักการทำงานของเครื่องเหวี่ยงมีลักษณะการทำงานแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ในส่วนแรกบริเวณด้านบนของเครื่องเหวี่ยงจะทำหน้าที่เหวี่ยงแยกวัตถุติด และในส่วนที่สองเป็นส่วนที่แปลงกลไกจากมอเตอร์ที่มีรอบเหวี่ยง 1,670 รอบต่อนาที เป็น 5,400 รอบต่อนาที เพื่อให้ครีมกะทิและน้ำเปรี้ยวที่นำเข้าไปในเครื่องเหวี่ยงแยกออกจากกัน โดยมีการแยกกันไหลของครีมกะทิและน้ำเปรี้ยวออกในแต่ละช่อง น้ำเปรี้ยวที่มีน้ำหนักมากกว่าจะออกในช่องล่าง ส่วนครีมกะทิที่มีน้ำหนักเบากว่าจะไหลออกทางช่องบนของตัวเครื่อง อีกทั้งในระหว่างกระบวนการทำงานยังมีระบบเติมน้ำสะอาด เพื่อเข้าไปชะล้างทำความสะอาดตัวแผ่นจานที่ทำจากสแตนเลส 304 ซึ่งมีหน้าที่กรอง จำนวน 96 ใบ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 17.5 เซนติเมตร เป็นทรงกรวย หนา 0.5 มิลลิเมตร และมีรูที่งาน 8 รู ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ซึ่งด้านบนผิวงานกรองมีครีบน้ำหนักเล็กจำนวน 8 ครีบน้ำหนักเล็ก ดังภาพที่ 8.4



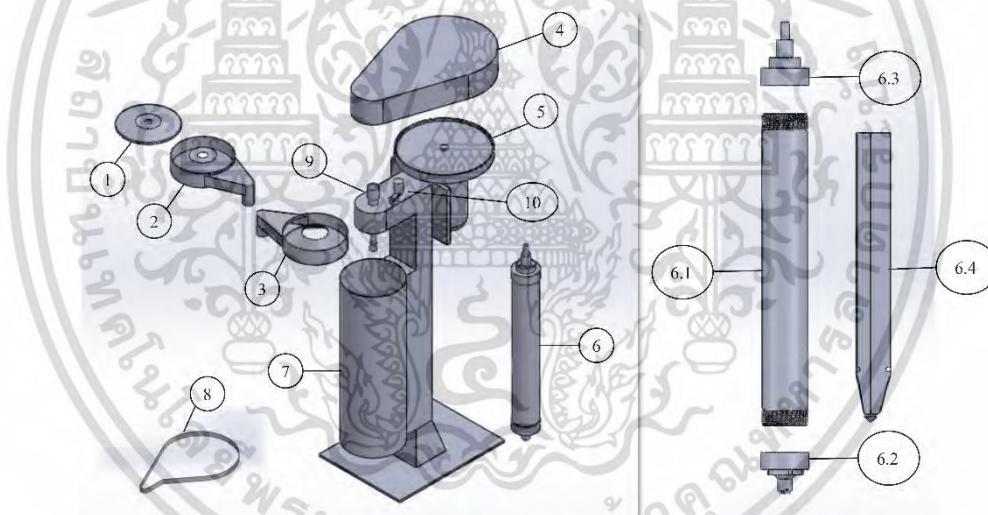
ภาพที่ 8.4 เครื่องเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง Alfa-Laval MOPX 205TGT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.2.2 เครื่องเหวี่ยงหนีศูนย์กลางความเร็วรอบปานกลางแนวตั้ง ดังภาพที่ 8.5 และ 8.6



ภาพที่ 8.5 เครื่องเหวี่ยงหนีศูนย์กลางความเร็วรอบปานกลางแนวตั้ง



ภาพที่ 8.6 อุปกรณ์ต่างๆ ในเครื่องเหวี่ยงหนีศูนย์กลางความเร็วรอบปานกลางแนวตั้ง

- | | | |
|----------------------|-------------------------|----------------------|
| (1) ฝาปิด | (2) ทางออกน้ำมันมะพร้าว | (6.1) กระจบอก |
| (3) ทางออกน้ำเปรี้ยว | (4) ฝาครอบมอเตอร์ | (6.2) ทางเข้าวัตุดิบ |
| (5) พลูเลย์ 16 นิ้ว | (6) กระจบอกเหวี่ยง | (6.3) ทางออกวัตุดิบ |
| (7) การ์ดกระจบอก | (8) สายพานแบน | (6.4) ไบควาน |
| (9) พลูเลย์ 3 นิ้ว | (10) ตัวดันสายพาน | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องเหวี่ยงหนีศูนย์กลางความเร็วรอบปานกลางแนวตั้ง ที่ใช้ในการทดลองทำจากแอสตันเลส กระบอกเหวี่ยงมีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 11.3 เซนติเมตร ยาว 77.5 เซนติเมตร มีปริมาตร 7.8 ลิตร ภายในกระบอกมีใบกวนความยาว 66 เซนติเมตร ในส่วนของการหมุนกระบอกเหวี่ยงใช้มอเตอร์ Mitsubishi 5 hp 2,890 rpm (2P) เป็นตัวให้กำลัง โดยขับพูลเลย์ 16 นิ้ว ขับ พูลเลย์ 3 นิ้ว (อัตราทด 1:5.3) หลักการทำงาน ป้อนน้ำมันมะพร้าวเข้าด้านล่างเครื่องเหวี่ยงจะทำหน้าที่แยกวัตถุติดออกจากกันโดยช่องด้านล่างจะเป็นทางออกของน้ำ และช่องด้านบนจะเป็นทางออกของน้ำมันมะพร้าว

8.2.3 มอเตอร์ Mitsubishi 5 HP 2,890 RPM (2P)

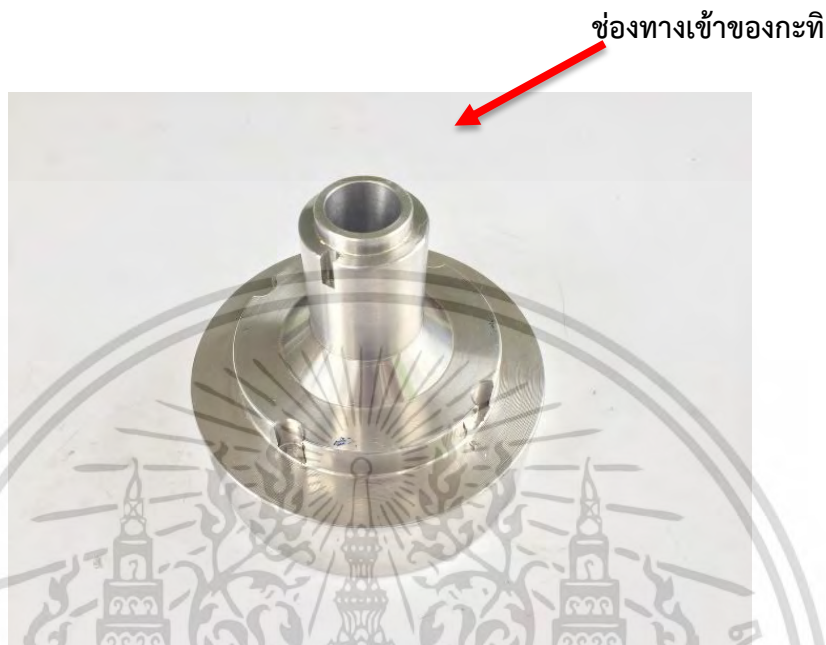
จากภาพที่ 8.7 มอเตอร์ Mitsubishi 5 HP 2,890 RPM (2P) เป็นต้นกำลังของเครื่องเหวี่ยงหนีศูนย์กลางความเร็วรอบปานกลาง โดยที่มอเตอร์จะส่งกำลังไปยังพูลเลย์เส้นผ่านศูนย์กลาง 16 นิ้ว โดยมีสายพานแบนรับกำลังจากพูลเลย์ 16 นิ้ว ส่งกำลังไปยังพูลเลย์ 3 นิ้ว เพื่อให้ได้ความเร็วรอบที่มากขึ้น



ภาพที่ 8.7 มอเตอร์ Mitsubishi 5 HP

8.2.4 ฝาปิดด้านล่าง สแตนเลส 316

จากภาพที่ 8.8 ฝาปิดด้านล่าง เป็นทางเข้าของกะทิที่จะเข้าไปยังกระบอกเหวี่ยง



ภาพที่ 8.8 ฝาปิดด้านล่าง สแตนเลส 316

8.2.5 ฝาปิดด้านบน สแตนเลส 316

จากภาพที่ 8.9 ฝาปิดด้านบน เป็นทางออกของน้ำเปรี้ยวและน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ โดยที่รูด้านล่างจะเป็นทางออกของน้ำเปรี้ยว และรูด้านบนจะเป็นทางออกของน้ำมันมะพร้าว



ภาพที่ 8.9 ฝาปิดด้านบน สแตนเลส 316

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.2.6 ไบกวน

จากภาพที่ 8.10 ไบกวน มีความยาว 66 เซนติเมตร หนา 2 มิลลิเมตร จะติดตั้งอยู่ภายใน กระบอกเหวี่ยง ทำหน้าที่ กระจายกะทิให้อยู่ติดกับผนังกระบอกเหวี่ยง เพื่อที่จะได้แยกน้ำเปรี้ยวกับ น้ำมันได้เร็วขึ้น



ภาพที่ 8.10 ไบกวนของเครื่องเหวี่ยงหนีศูนย์กลางความเร็วรอบปานกลางแนวตั้ง

8.2.7 กระบอกเหวี่ยง

จากภาพที่ 8.11 กระบอกเหวี่ยง มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 11.3 เซนติเมตร ยาว 77.5 เซนติเมตร มีปริมาตรที่บรรจุได้ 7.8 ลิตร ทำหน้าที่ เหวี่ยงกะทิเพื่อแยกน้ำเปรี้ยวกับน้ำมันมะพร้าว

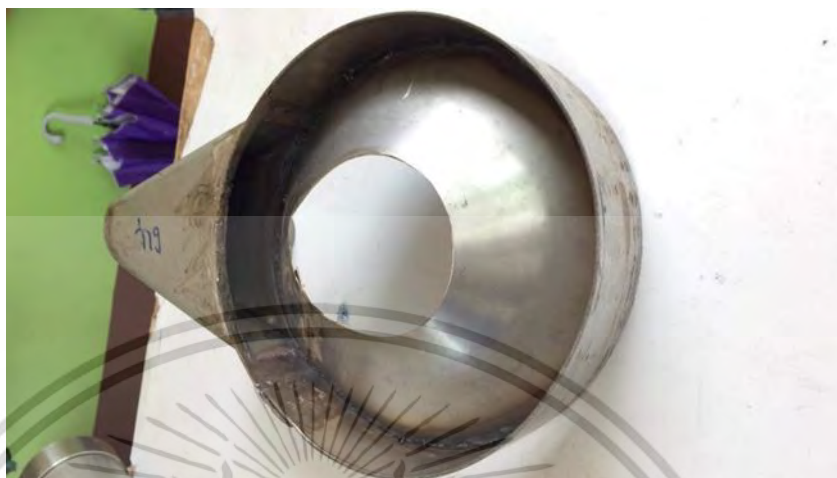


ภาพที่ 8.11 กระบอกเหวี่ยงของเครื่องเหวี่ยงหนีศูนย์กลางความเร็วรอบปานกลางแนวตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.2.8 ทางออกน้ำเปรี้ยว

จากภาพที่ 8.12 ทางออกน้ำเปรี้ยว เป็นอุปกรณ์ที่อยู่หนึ่งขณะเกิดการหมุนของเครื่องเหวี่ยงหนีศูนย์กลางความเร็วรอบปานกลาง น้ำเปรี้ยวจะออกทางรูด้านล่างของฝาปิดด้านบน



ภาพที่ 8.12 ถาดทางออกน้ำเปรี้ยวของเครื่องเหวี่ยงหนีศูนย์กลางความเร็วรอบปานกลางแนวตั้ง

8.2.9 ทางออกน้ำมันมะพร้าว

จากภาพที่ 8.13 ทางออกน้ำมันมะพร้าว เป็นอุปกรณ์ที่อยู่หนึ่งขณะเกิดการหมุนของเครื่องเหวี่ยงหนีศูนย์กลางความเร็วรอบปานกลาง น้ำมันมะพร้าวจะออกทางรูด้านบนของฝาปิดด้านบน



ภาพที่ 8.13 ถาดทางออกน้ำมันมะพร้าวของเครื่องเหวี่ยงหนีศูนย์กลางความเร็วรอบปานกลางแนวตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.2.10 ปั๊มน้ำสแตนเลส

จากภาพที่ 8.14 ปั๊มน้ำสแตนเลส เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการสูบกะทิเข้าหม้อควบคุมอุณหภูมิ และเข้าเครื่องเหวี่ยง มีกำลังขนาด 1HP



ภาพที่ 8.14 ปั๊มน้ำสแตนเลส

8.2.11 สายพานแบน

จากภาพที่ 8.15 สายพานแบน เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ส่งกำลังจากพูลเลย์ 16 นิ้วไปยังพูลเลย์ 3 นิ้ว ความยาวมาตรฐานของสายพาน 2,019 มิลลิเมตร หน้ากว้าง 2 นิ้ว 22 ร่อง 23 ฟัน



ภาพที่ 8.15 สายพานแบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.2.12 พูลเลย์ ขนาด 16 นิ้ว

จากภาพที่ 8.16 พูลเลย์ ขนาด 16 นิ้ว เป็นอุปกรณ์เพิ่มความเร็วยุโรปให้แก่การเหวี่ยงของเครื่องเหวี่ยงหนีศูนย์กลางความเร็วรอบปานกลาง



ภาพที่ 8.16 พูลเลย์ขนาด 16 นิ้ว

8.2.13 พูลเลย์ ขนาด 3 นิ้ว

จากภาพที่ 8.17 พูลเลย์ ขนาด 3 นิ้ว เป็นอุปกรณ์เปลี่ยนความเร็วรอบที่รับมาจากพูลเลย์ 16 นิ้ว และส่งกำลังไปยังเพลลาขับเพื่อทำให้กระบอกเหวี่ยงเกิดการหมุน



ภาพที่ 8.17 พูลเลย์ขนาด 3 นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.2.14 เครื่องวัดความเร็วรอบ

จากภาพที่ 8.18 เครื่องวัดความเร็วรอบ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดความเร็วรอบของมอเตอร์เครื่องเหียงความเร็วรอบ-ปานกลาง



ภาพที่ 8.18 เครื่องวัดความเร็วรอบ

8.2.15 ภาชนะบรรจุสาร

จากภาพที่ 8.19 ภาชนะบรรจุสาร เป็นอุปกรณ์สำหรับตวงและบรรจุน้ำมันมะพร้าวในการอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 8.19 ภาชนะบรรจุสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.2.16 เครื่องชั่งดิจิตอลยี่ห้อ UWE รุ่น GW-30K ทศนิยม 3 ตำแหน่ง

จากภาพที่ 8.20 เครื่องชั่งดิจิตอลยี่ห้อ UWE รุ่น GW-30K เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการชั่งน้ำหนักกะทิ มีหน่วยเป็น กิโลกรัม



ภาพที่ 8.20 เครื่องชั่งดิจิตอลยี่ห้อ UWE รุ่น GW-30K

8.2.17. ตู้อบลมร้อน Binder รุ่น ED115

จากภาพที่ 8.21 ตู้อบลมร้อน Binder รุ่น ED115 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการอบน้ำมันมะพร้าวที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เพื่อนำมาผสมที่ได้มาหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น



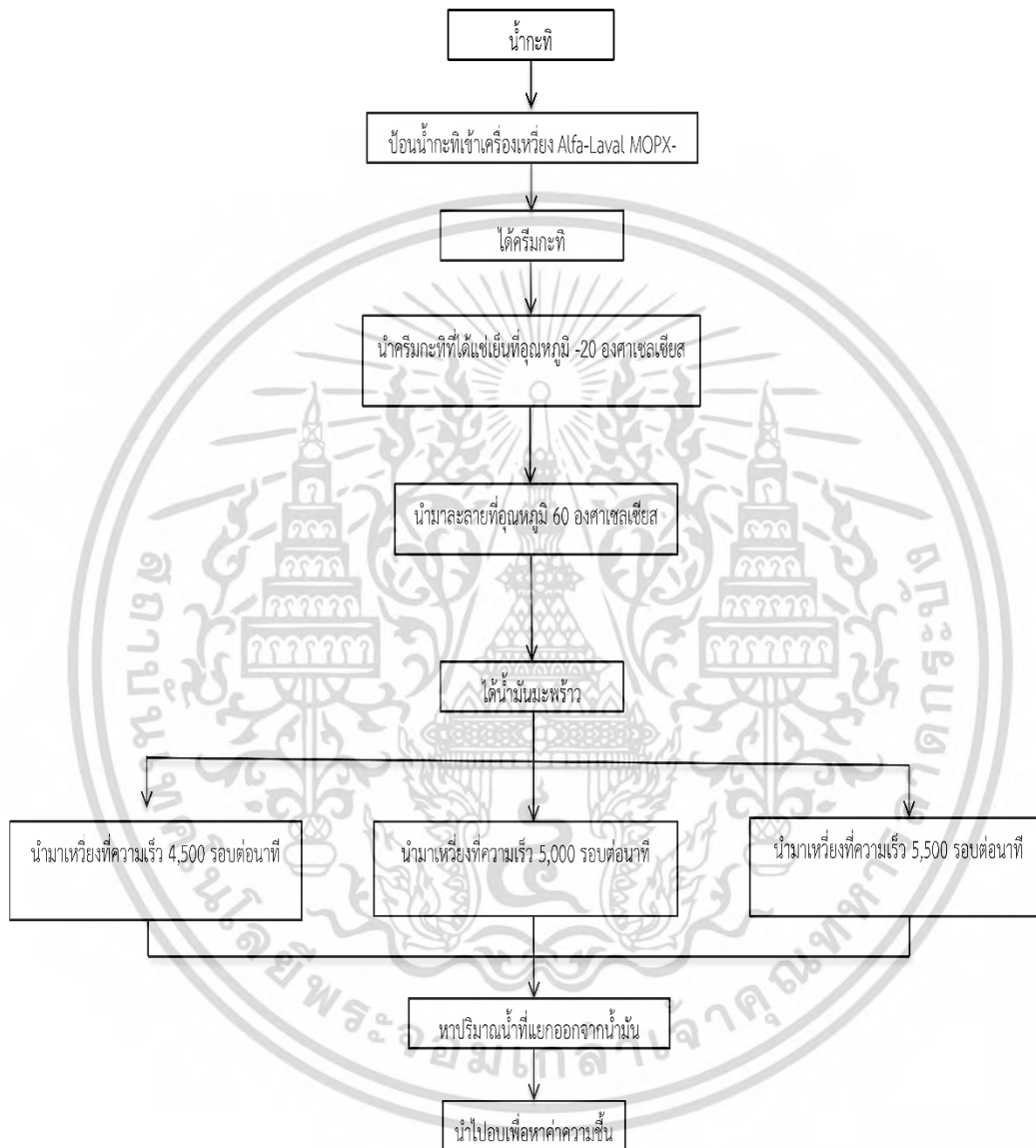
ภาพที่ 8.21 ตู้อบลมร้อน Binder รุ่น ED115

8.3 ขั้นตอนของกระบวนการเหวี่ยงกะทิจากมะพร้าว

นำน้ำกะทิจากมะพร้าว 30 กิโลกรัม ใส่เข้าในหม้อควบคุมอุณหภูมิแล้วปล่อยกะทิเข้าสู่เครื่องเหวี่ยง หลังจากการเหวี่ยงจะได้ครีมกะทิแล้วนำครีมกะทิไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาละลายที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส รอกการตกตะกอนของครีม จึงจะได้น้ำมันมะพร้าว เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นนำน้ำมันมะพร้าวไปเหวี่ยงที่เครื่องเหวี่ยงหนีศูนย์กลางที่ความเร็วรอบ 4,500 5,000 5,500 รอบต่อนาที จากนั้นนำน้ำมันมะพร้าวที่ได้ไปตรวจสอบหาเปอร์เซ็นต์น้ำในน้ำมัน

8.3.1 ภาพรวมของการทดลองกระบวนการเหวี่ยงน้ำมันมะพร้าว ดังภาพที่ 8.22



ภาพที่ 8.22 ขั้นตอนของกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการย่อยที่ 9 : การศึกษาการใช้ผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวเพื่อเป็นอาหารสัตว์

9.1 การทดลองปีที่ 1

9.1.1 สัตว์ทดลอง

ใช้สุกรลูกผสมสามสายเลือด (ลาร์จไวท์ x แลนด์เรซ x ดูรีอค) น้ำหนักเฉลี่ย 30 กิโลกรัม จำนวน 20 ตัว ก่อนการศึกษาทำการชั่งน้ำหนักสุกร โดยแบ่งสุกรออกเป็น 5 กลุ่มตามน้ำหนักที่ใกล้เคียงกัน แต่ละกลุ่มมีสุกร 4 ตัว ตลอดการทดลองสุกรถูกเลี้ยงแบบชั่งคอกละ 2 ตัวในคอกพื้นปูนซีเมนต์ คอกขนาด 2.25 * 2.10 เมตร สุกรได้รับอาหารอย่างเต็มที่ (*ad libitum*) และมีน้ำให้กินตลอดเวลา

9.1.2 อาหารทดลอง

อาหารทดลองมี 5 สูตร ซึ่งแต่ละสูตรต่างกันที่ระดับของกากมะพร้าวสกัดน้ำมันจากโรงงานสกัดน้ำมันมะพร้าว โดยอาหารมีทั้งหมด 5 สูตร ซึ่งแตกต่างกันที่ระดับกากมะพร้าวคือ

9.1.3 การเก็บข้อมูล

(1) เก็บข้อมูลน้ำหนักเริ่มต้นและน้ำหนักสุดท้ายของสุกร เพื่อศึกษาสมรรถนะการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหารของสุกร โดยทำการชั่งน้ำหนักอาหารที่ใช้ และน้ำหนักของสุกรเป็นประจำทุก 2 สัปดาห์ โดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนักขนาด 300 กิโลกรัม

(2) เมื่อเลี้ยงสุกรเป็นเวลา 4 เดือน ทำการชั่งน้ำหนักสุดท้ายก่อนฆ่า เพื่อทำการศึกษาอัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และลักษณะซากของสุกรต่อไป

9.1.4 การศึกษาด้านคุณภาพซาก

เมื่อทำการเลี้ยงสุกรแต่ละกลุ่มเป็นเวลา 4 เดือนแล้ว ทำการสุ่มสุกรกลุ่มละ 2 ตัว (รวม 10 ตัว) เพื่อนำสุกรเข้าฆ่าที่โรงฆ่า อ.ปะทิว จ.ชุมพร ทำการจดบันทึกน้ำหนักก่อนฆ่าและข้อมูลซากคือ ความยาวซาก ความหนาไขมันสันหลัง และพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน ชั่งน้ำหนักชิ้นส่วนต่างๆ ได้แก่ สันใน สันนอก ไหล่ สามชั้น สะโพก คอหมู ขาหน้า ขาหลัง หัว หาง เศษเนื้อ ไขมันช่องท้อง ไขมันรวมหนัง กระดูกสันหลัง กระดูกคอ กระดูกซี่โครง และกระดูกชายโครง และชั่งน้ำหนักเครื่องใน ได้แก่ หัวใจ ไต ม้าม ตับ ปอด กระเพาะ ลำไส้ใหญ่ ลำไส้เล็ก ถุงน้ำดี กระเพาะปัสสาวะ และไส้อ่อน

จากนั้นเก็บตัวอย่างเนื้อสันนอกจากซากชีกขวาเพื่อนำไป วัดค่า pH ที่ระยะเวลา 1, 6, 12 และ 24 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย วัดค่าสี ($L^* a^* b^*$) ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย และหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำในระหว่างการเก็บรักษา เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำในระหว่างทำให้สุก และวัดค่าแรงตัดผ่านของเนื้อ ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 1, 3, 5 และ 7 วัน

ตารางที่ 9.1 ส่วนประกอบของอาหารแต่ละสูตรที่ใช้ในสุกรทดลอง (ปริมาณต่อ 100 กิโลกรัม)

วัตถุดิบอาหาร	สูตรอาหาร (%)				
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5
กากมะพร้าว	0.00	10.00	20.00	30.00	40.00
รำข้าวสาลี	40.00	30.00	20.00	10.00	0.00
ข้าวโพด	13.00	13.00	14.00	14.00	15.00
รำสกัดน้ำมัน	6.50	6.50	6.50	7.00	6.50
กากถั่วเหลือง	13.00	14.00	13.00	12.50	12.00
ปลายข้าวหยาบ	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
ปลาป่นเกรด 2	4.00	3.00	3.00	3.00	3.00
ไคแคลเซียมฟอสเฟต	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
ไขมันพืช	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
เกลือ	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
พรีมิกซ์หมูขุน	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
DL - เมทไธโอนีน	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
ไลซีน	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
ปริมาณโภชนะที่ได้จากการคำนวณ					
โปรตีน %	18.10	18.20	18.01	18.10	18.10
ไขมัน %	2.38	3.20	4.13	4.96	5.96
แคลเซียม %	0.79	0.73	0.76	0.78	0.79
ฟอสฟอรัส %	0.60	0.59	0.60	0.63	0.64
เยื่อใย %	5.32	5.87	6.33	6.86	7.30
พลังงานใช้ประโยชน์ (kcal/kg)	3,193.00	3,200.00	3,199.00	3,194.00	3,199.00

9.1.5 การเก็บข้อมูลซาก

- ข้อมูลน้ำหนัก

ชั่งน้ำหนักก่อนฆ่า ชั่งน้ำหนักชิ้นส่วนต่างๆ ของซาก ได้แก่ สันใน สันนอก ไหล่ สามชั้น สะโพก คอหมู ขาหน้า ขาหลัง หัว หาง เศษเนื้อ ไขมันช่องท้อง ไขมันรวมหนัง กระดูกสันหลัง กระดูกคอ กระดูกซี่โครง และกระดูกชายโครง และชั่งน้ำหนักเครื่องใน ได้แก่ หัวใจ ไต ม้าม ตับ ปอด กระเพาะ ลำไส้ใหญ่ ลำไส้เล็ก กระเพาะปัสสาวะ ถุงน้ำดี และไส้อ่อน

- ความยาวซาก (Carcass length)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้สายวัด วัดจากซากซีกขวาโดยวัดจากกระดูกซี่โครงซี่แรกที่ติดกับกระดูกสันหลัง ถึง จุดหน้าสุดของกระดูกสะโพก

- ความหนาไขมันสันหลัง (Back fat)

จากซากซีกขวาของสุกร โดยใช้เวอร์เนียร์คาร์ิปเปอร์วัดซากโดยการวัดเพื่อหาค่าเฉลี่ย 3 ตำแหน่ง ตำแหน่งที่หนึ่งวัดความหนาไขมันสันหลังจุดที่ตรงกับกระดูกซี่โครงซี่แรก ตำแหน่งที่สอง วัดความหนาไขมันสันหลังจุดที่ตรงกับกระดูกซี่โครงซี่สุดท้าย และตำแหน่งที่สาม วัดความหนาไขมันสันหลังจุดที่ตรงกับกระดูกสันหลังช่วงบั้นเอวข้อสุดท้าย

- เปอร์เซ็นต์ซากอุ่น (Hot carcass)

น้ำหนักซาก คือ น้ำหนักของสุกรหลังฆ่าซึ่งไม่รวมเลือด ขน หัว และอวัยวะภายใน น้ำหนักซากที่ได้จะเรียกว่า น้ำหนักซากอุ่น โดย %ซากอุ่นคำนวณได้จาก

$$\text{เปอร์เซ็นต์ซากอุ่น} = \frac{\text{น้ำหนักซาก}}{\text{น้ำหนักสุกรก่อนฆ่า}} \times 100 =$$

- การวัดค่าความเป็นกรด - ต่าง pH ในเนื้อ

(1) นำเครื่องมือวัดค่าความเป็นกรด - ต่าง (pH - meter) มาทำความสะอาดโดยล้างปลายอิเล็กโทรดด้วยน้ำกลั่น ซับเบาๆ ให้แห้ง

(2) Calibrate เครื่องโดยจุ่มหัวอิเล็กโทรดลงในน้ำยาบัฟเฟอร์มาตรฐาน ที่ pH 7.0 และ pH 4.01 จากนั้นล้างหัวอิเล็กโทรดด้วยน้ำกลั่นอีกครั้ง ซับเบาๆ ให้แห้ง

(3) นำมาวัดค่า pH ในเนื้อสันนอกโดยทำทั้งหมด 3 ซ้ำ วัดกระจายทั่วชิ้นเนื้อสันนอกอ่านค่าเมื่อตัวเลขหยุดนิ่งและมีสัญญาณเตือนบอกว่าทำการวัดค่า pH เรียบร้อยแล้ว จากนั้นจดบันทึก ค่า pH

(4) ทำการวัดค่า pH ที่ระยะเวลา 1, 6, 12 และ 24 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย

- เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำในระหว่างการเก็บรักษา (Drip loss)

(1) นำตัวอย่างเนื้อสันนอก น้ำหนักประมาณ 150 กรัม ชั่งน้ำหนักเนื้อแล้วจดบันทึก น้ำหนักก่อนการเก็บรักษา

(2) ปิดถุงซิปล็อคให้สนิท นำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ตามระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อที่ 1, 3, 5 และ 7 วัน

(3) เมื่อครบกำหนดระยะเวลาการเก็บรักษา ชั่งน้ำหนักและหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลังการเก็บรักษา (ก่อนชั่งน้ำหนัก ปาดน้ำบนผิวเนื้อออกเบาๆ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= \text{Drip loss} \frac{\text{น้ำหนักก่อนการเก็บรักษา} - \text{น้ำหนักหลังการเก็บรักษา}}{\text{น้ำหนักก่อนการเก็บรักษา}} \times 100$$

- เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการทำให้สุก (Cooking loss)

(1) นำชิ้นเนื้อที่ผ่านการเก็บรักษาแต่ละระยะ มาชั่งน้ำหนักก่อนทำให้สุกแล้วบันทึกน้ำหนัก จากนั้นนำไปใส่ถุงสุญญากาศปิดปากถุงโดยใช้เครื่องสุญญากาศดูดอากาศออก (ก่อนชั่งน้ำหนัก ปาดน้ำบนผิวเนื้อออกเบาๆ)

(2) ทำให้สุกด้วยความร้อนชื้นโดยนำไปต้มในน้ำที่มีอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที (หรืออุณหภูมิใจกลางชิ้นเนื้อประมาณ 70 องศาเซลเซียส)

(3) จากนั้นชั่งน้ำหนักชิ้นเนื้อและคำนวณหา%การสูญเสียน้ำระหว่างการทำให้สุก

$$\text{Cooking loss} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนการทำให้สุก} - \text{น้ำหนักหลังการทำให้สุก}}{\text{น้ำหนักก่อนการทำให้สุก}} \times 100$$

- วัดค่าสี

(1) นำเนื้อตัวอย่างเนื้อสันนอกมาผ่าครึ่งแล้ววางด้านที่ผ่าขึ้น เพื่อให้ผิวของตัวอย่างเนื้อสันนอกด้านในทำปฏิกิริยากับอากาศ เป็นเวลา 30 นาที

(2) วัดสีเนื้อ 3 ตำแหน่ง โดยสุ่มวัดกระจายให้ทั่วชิ้นเนื้อ อ่านค่าเมื่อมีสัญญาณเตือนบอกว่าการวัดค่าสีเรียบร้อยแล้ว จากนั้นจดบันทึกค่าสี

(3) การอ่านค่าจากเครื่องมือวัดสี

- ค่า L* คือ ค่าความสว่าง มีค่าตั้งแต่ 0 (Darkness) ไปจนถึง 100 (Lightness)

- ค่า a* คือ แสดงความเป็นสีแดง (Redness) และ สีเขียว (Greenness) หากค่า a* มีค่าเป็นบวกหมายถึง สีแดง หรือ ถ้าค่า a* มีค่าเป็นลบหมายถึง สีเขียว

- ค่า b* คือ แสดงความเป็นสีเหลือง (Yellowness) และ สีน้ำเงิน (Blueness) หากค่า b* มีค่าเป็นบวกหมายถึง สีเหลือง หรือ ถ้าค่า b* มีค่าเป็นลบหมายถึง สีน้ำเงิน

- การวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (Shear force)

(1) นำชิ้นเนื้อสันนอกใส่ในถุงสุญญากาศแล้วเอาอากาศออก จากนั้นนำไปต้มในน้ำ ที่มีอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที (หรืออุณหภูมิใจกลางชิ้นเนื้อประมาณ 70 องศาเซลเซียส)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) นำเนื้อตัวอย่างที่ผ่านการต้มมาหั่นเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 1 x 1 เซนติเมตร ยาว 5 เซนติเมตร

(3) นำเนื้อตัวอย่างเนื้อที่เตรียมไว้ไปวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส Texture analyzer ด้วยหัววัดแบบ Warner - blazer blade set

(4) บันทึกค่าแรงตัดผ่านโดยทำทั้งหมด 10 ซ้ำ

9.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของลักษณะต่าง ๆ ในแต่ละกลุ่มโดยทำการวิเคราะห์หาค่าแปรปรวน (Analysis of variances : ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ CRD (Completely randomized design) ส่วนข้อมูลชิ้นส่วนต่างๆ ของซาก และน้ำหนักเครื่องใน นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี ANCOVA (Analysis of covariance) เช่นกัน โดยใช้น้ำหนักก่อนฆ่าเป็น Covariance จากนั้นนำข้อมูลทั้งหมดเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test โดยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ Statistical Analysis System (SAS, 1988) **วิธีการดำเนินการวิจัย ปีที่ 2**

9.2.1 จัดเตรียมโรงเรือน

จัดเตรียมโรงเรือนแพะแบบยกพื้นสูง 1 เมตร เป็นคอกไม้ระแนงขังเดี่ยว ขนาดกว้าง*ยาว*สูง 1.2*1.5*1.0 เมตร มีรางสำหรับใส่อาหารหยابอยู่ด้านหน้าคอก มีถังน้ำในคอก ให้แพะกินตลอดเวลา



ภาพที่ 9.1 แสดงลักษณะคอกภายในโรงเรือนเลี้ยงแพะทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 9.2 แสดงลักษณะภายในคอกแพะทดลอง

9.2.2 การจัดเตรียมวัตถุดิบในการประกอบสูตรอาหารแพะ

จัดเตรียมวัตถุดิบเพื่อประกอบสูตรอาหารผสมสำเร็จ (Total Mixed Ration : TMR) ที่ระดับโปรตีน 12% จำนวน 3 สูตร แต่ละสูตรแตกต่างกันตามระดับกากมะพร้าวที่ใช้ในสูตรอาหาร คือ 0% 5% และ 10% ในสูตรอาหาร โดยแต่ละสูตรประกอบด้วยวัตถุดิบต่างๆ ดังแสดงในตาราง 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9.2 แสดงส่วนประกอบวัตถุดิบในสูตรอาหารแพะทดลอง (% วัตถุดิบแห้ง)

องค์ประกอบวัตถุดิบ (%วัตถุดิบแห้ง)	สูตรอาหาร (%)		
	T1	T2	T3
กากมะพร้าว	0	5	10
ข้าวโพด	16	13	10
กากถั่วเหลือง	12	10	8
ไคแคลเซียมฟอสเฟต	1	1	1
พรีมิกซ์ ¹	1	1	1
หญ้าเนเปียร์	70	70	70
รวม	100	100	100
ประมาณการองค์ประกอบโภชนะ			
โปรตีน (%)	12.16	12.09	12.02
TDN (%)	69.66	69.14	68.62
ME Mcal/kg DM ²	2.52	2.50	2.48
ราคาอาหาร/กก. (บาท)	4.13	3.96	3.78

¹ Premix (each kg contains): vitamin A: 2160000 IU; vitamin D₃: 400,000 IU; vitamin E: 5,000 IU; Mn: 8.5 g;

Zn: 6.4 g; Fe: 8.0 g; Cu: 1.6 g; Co: 0.32 g; I: 0.8 g; Mg: 16 g; Se: 0.03 g

² Estimated: metabolizable energy (ME) = TDN*0.04409*0.82 (NRC, 1996)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9.2.3 การจัดการเลี้ยงสัตว์ทดลอง

การทดสอบการใช้ผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวต่อประสิทธิภาพการผลิตแพะขุน จำนวน 3 สูตรๆ ละ 4 ตัว เป็นจำนวนแพะขุน 12 ตัว ใช้เวลาเลี้ยง 2 เดือน โดยให้อาหารผสมสำเร็จ (TMR) อย่างเต็มที่ และมีน้ำให้กินตลอดเวลา ทำการชั่งน้ำหนักแพะทุกๆ 2 สัปดาห์ และชั่งน้ำหนักอาหารที่ใช้ในแต่ละวัน เพื่อศึกษาปริมาณการกินได้ และประสิทธิภาพการใช้อาหาร

- ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed conversion ratio; FCR)

$$\text{FCR} = \frac{\text{ปริมาณอาหารที่ใช้ทั้งหมด}}{\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น}}$$

- อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (Average daily gain; ADG)

$$\text{ADG} = \frac{\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น}}{\text{จำนวนวันที่กินอาหารทดลอง}}$$

- ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนัก 1 กิโลกรัม (Feed cost per gain)

$$= \frac{\text{ต้นทุนค่าอาหารต่อตัว (บาท)}}{\text{น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กรัม)}}$$

9.2.4 การวิเคราะห์ทางเคมี

ทำการเก็บตัวอย่างอาหารสัตว์แต่ละสูตรเพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ด้วยวิธี Proximate analysis เพื่อหาค่าความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า และไนโตรเจนฟรีเอ็กแทรกต์ (NFE)

9.2.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) ตามแผนการทดลองสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized design: CRD) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างทรีทเมนต์โดยวิธี Duncan's multiple range test ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

9.3 สถานที่ทำการทดลอง และเก็บข้อมูล

- หมวดงานฟาร์มแพะ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
- ห้องปฏิบัติการโภชนศาสตร์สัตว์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9.4 ระยะเวลาทำการวิจัย

ใช้เวลาในการทดลอง 2 ปี ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2559 - กันยายน 2562

โครงการย่อยที่ 10: สมบัติดิน ปริมาณธาตุอาหารในใบ และผลผลิตมะพร้าวจากพื้นที่ต่าง ๆ ในจังหวัด

10.1 การเลือกสวนมะพร้าวและต้นมะพร้าว

ออกสำรวจภาคสนาม เพื่อเลือกสวนมะพร้าวที่มีระยะการปลูกห่างจากชายฝั่งทะเล 3 ระยะ คือ ระยะ 1 กิโลเมตร ระยะ 2 กิโลเมตร และระยะ 3 กิโลเมตร ที่มีอายุต้นเท่ากัน มีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตดี จำนวนระยะละ 3 สวน ของอำเภอปะทิว อำเภอเมืองและอำเภอสวี จังหวัดชุมพร ดังนั้น แต่ละอำเภอจะเก็บตัวอย่าง 9 สวน รวมทั้งสิ้นเก็บตัวอย่าง 27 สวน เลือกต้นมะพร้าว 5 ต้น เพื่อใช้ในการศึกษาในแต่ละสวน

10.2 การเก็บตัวอย่างดิน

เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร จากต้นมะพร้าวทุกต้น โดยแต่ละต้นจะเก็บรอบทรงพุ่ม จำนวน 4 จุด/ต้น นำตัวอย่างดินทุกจุดมารวมกันเป็น 1 ตัวอย่าง

10.3 การเก็บตัวอย่างพืช

เก็บตัวอย่างใบมะพร้าวทุกต้น เพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร โดยเก็บตัวอย่างใบจากแผ่นใบของใบย่อยที่อยู่ประมาณกลางทางใบของใบสมบูรณ์ที่ 14 ± 1 จากยอดลงมา นำตัวอย่างใบใส่ถุงพลาสติกให้มิดชิด และวางในถังพลาสติกที่มีน้ำแข็งอยู่ด้านล่างสุด มีกระดาษหนังสือพิมพ์วางกั้นระหว่างน้ำแข็งและตัวอย่างใบ และนำตัวอย่างส่งห้องปฏิบัติการเพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

10.4 การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

10.4.1 การเตรียมตัวอย่างดิน : นำตัวอย่างดินมาผึ่งแห้งในที่ร่ม เก็บเศษซากพืชออก แล้วนำไปบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 mm แล้วนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการต่อไป (Soil Survey Laboratory Staff, 1992)

10.4.2 การวิเคราะห์ดิน

- ค่าปฏิกิริยาดิน (pH) โดยใช้อัตราส่วนระหว่างดินต่อน้ำ เท่ากับ 1:1 แล้ววัดค่าปฏิกิริยาดินด้วยเครื่อง pH meter

- ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (Electrical Conductivity; EC) โดยใช้อัตราส่วนระหว่างดินต่อน้ำ เท่ากับ 1:1 แล้ววัดค่า EC ด้วยเครื่อง EC meter

- ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน โดยวิธี Walkley-Black Titration

- ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available phosphorus) สกัดดินด้วยน้ำยาสกัด Bray II แล้ววัดปริมาณฟอสฟอรัสด้วยการทำให้เกิดสี โดยใช้เครื่อง spectrophotometer ความยาวคลื่น 882 nm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ปริมาณต่างที่สกัดได้ (Exchangeable Bases) ซึ่งประกอบด้วยโพแทสเซียม แมกนีเซียม และแคลเซียม โดยการสกัดดินด้วยใช้สารละลาย 1 N NH_4OAc pH 7.0 แล้วนำสิ่งที่สกัดได้ไปวัดหาปริมาณต่างที่สกัดได้ โดยใช้เครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (AAS)

- จุลธาตุในดิน ด้วยวิธี DTPA pH 7.3

10.4.3 การเตรียมตัวอย่างใบพืช : เช็ดตัวอย่างใบมะพร้าวด้วยผ้าสะอาดชุบน้ำบรรจุในถุงกระดาษ นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนแห้ง จากนั้นชั่งน้ำหนักแห้งตัวอย่างใบที่อบแห้งแล้ว แล้วนำไปบดด้วยเครื่องบด ให้ผ่านตะแกรงร่อนขนาด 40 mesh (0.42 mm) และเก็บไว้เพื่อวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

10.4.4 การวิเคราะห์พืช

- วิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมด โดยย่อยตัวอย่างพืชและผลิตด้วยกรด H_2SO_4 เข้มข้น ที่อุณหภูมิ 380 องศาเซลเซียส จนใส แล้วนำไปกลั่นหาปริมาณไนโตรเจนด้วยวิธี microKjeldahl ไตเตรตสิ่งที่ยกขึ้นได้ด้วยกรด H_2SO_4 ทราบความเข้มข้นแน่นอน

- วิเคราะห์ P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu และ Zn : ย่อยสลายด้วยวิธี Dry ashing ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำเถ้าที่ได้ไปละลายด้วย 1 N HCl แล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (AAS) ยกเว้นปริมาณฟอสฟอรัสด้วยการทำให้เกิดสี โดยใช้เครื่อง spectrophotometer ความยาวคลื่น 420 nm

10.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

10.6 สถานที่ทำการทดลองและเก็บข้อมูล

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร 17/1 หมู่ 6 ต.ชุมโค อ.ปะทิว จ.ชุมพร

10.7 ระยะเวลาทำการวิจัย

ระยะเวลาการทำวิจัย : 1 ต.ค. 2559-30 ก.ย. 2560

โครงการย่อยที่ 11: การศึกษาสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกลของการนำทาง กาบ และ ถ่านกะลามะพร้าว มาทำเป็นวัสดุปลูกสำเร็จรูป สำหรับต้นหน้าวัว

ในการวิจัยจะทำการศึกษาระดับชั้นตอนต่าง ๆ ก่อนการอัดขึ้นรูป ตั้งแต่การเตรียมวัสดุ และการศึกษาสัดส่วนการผสมตามอัตราส่วนผสมที่กำหนดทั้งหมด 6 สูตร ในการอัดขึ้นรูปกระถาง ตลอดจนศึกษาวิธีการขึ้นรูปของกระถาง ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติเชิงกลของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอัดขึ้นรูปกระถาง ซึ่งในกระบวนการดังกล่าวจำเป็นต้องมีเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11.1 เครื่องสับย่อย (Chopper Machine)

ทำหน้าที่ในการสับย่อยกาบมะพร้าวที่แห้งที่ได้จากการแกะออกจากลูก โดยใน 1 ลูก จะได้กาบมะพร้าว 6-8 กาบ และสับย่อยกาบในแนวขวางเพื่อลดขนาดของกาบมะพร้าว ในส่วนของการสับย่อยทางมะพร้าวที่ค่อนข้างแห้งมีสีน้ำตาล โดยจะทำการตัดส่วนส่วนที่เป็นก้านใบออกก่อน แล้วตัดโคนขนาดใหญ่ และแบ่งทางออกเป็นท่อนๆ ยาวประมาณ 40-60 เซนติเมตร แล้วนำไปเข้าเครื่องสับย่อย ดังภาพที่ 11.1-11.2 จะได้ทาง และกาบมะพร้าวหลังการสับย่อย ดังภาพที่ 11.3



ภาพที่ 11.1 ก. กาบมะพร้าว และ ข. ทางมะพร้าว ก่อนการเตรียม



ก.

ข.

ภาพที่ 11.2 ก. การเตรียมกาบมะพร้าว และ ข. ทางมะพร้าว ก่อนเข้าเครื่องสับย่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก. ผ่านการสับย่อย

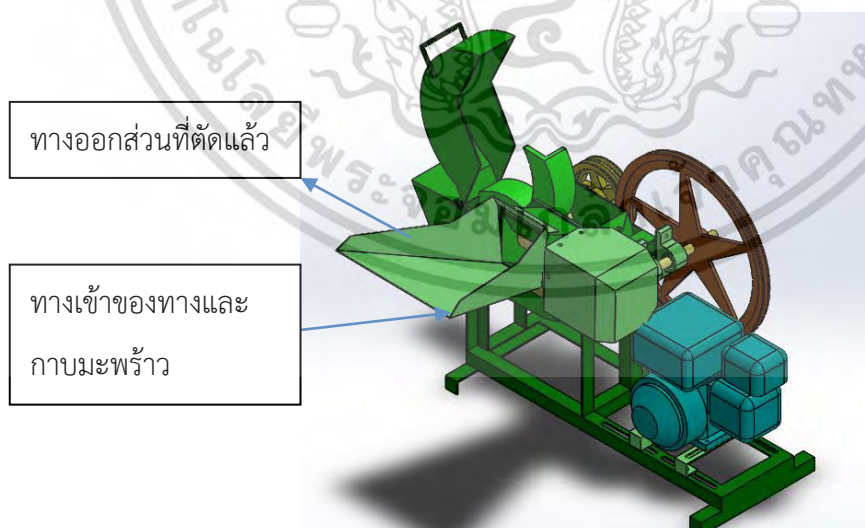
ข. ไม่ผ่านการสับย่อย

ภาพที่ 11.3 ก. กาบมะพร้าว ทางมะพร้าว ที่ผ่านการลดขนาดจากการสับย่อย และ ข. ถ่านกะลามะพร้าว

11.1.1 โครงสร้างเครื่องสับย่อย และหลักการทำงาน

เครื่องสับย่อย ทำมาจากเหล็กฉาก 2.5 นิ้ว หนา 4 มิลลิเมตร ขับเคลื่อน เครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะสูบเดียว ความจุกระบอกสูบ 118 ซีซี จุดระเบิดด้วยเทียนซิสเตอร์ กำลัง เครื่องยนต์ 2.5 กิโลวัตต์ หรือ 3.4 แรงม้า ที่ 3,600 รอบต่อนาที แรงบิดสูงสุด 7.0 N.m ที่ 2,500 รอบต่อนาที ความจุถังน้ำมันเชื้อเพลิง 2 ลิตร อัตราส่วนกำลังอัด 7.5 ± 0.3 ต่อ 1 กรองอากาศด้วย ระบบพองน้ำ และอ่างน้ำมันดักฝุ่น ระบายความร้อนด้วยพัดลมดูดอากาศ ควบคุมอัตราเร่งด้วยคันโยก ดับเครื่องยนต์ด้วยการตัดวงจรไฟฟ้าลงกราวด์

ระบบส่งกำลัง ขับผ่านเฟืองทดทางและก้ามมะพร้าวเพื่อส่งผ่านไปยังส่วน ตัด แล้วขับส่วนที่ตัดแล้วออกไปทางด้านหน้าของเครื่องยนต์ ดังภาพที่ 11.4



ภาพที่ 11.4 เครื่องสับย่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11.2 เครื่องตีป่น (Hammer mill)

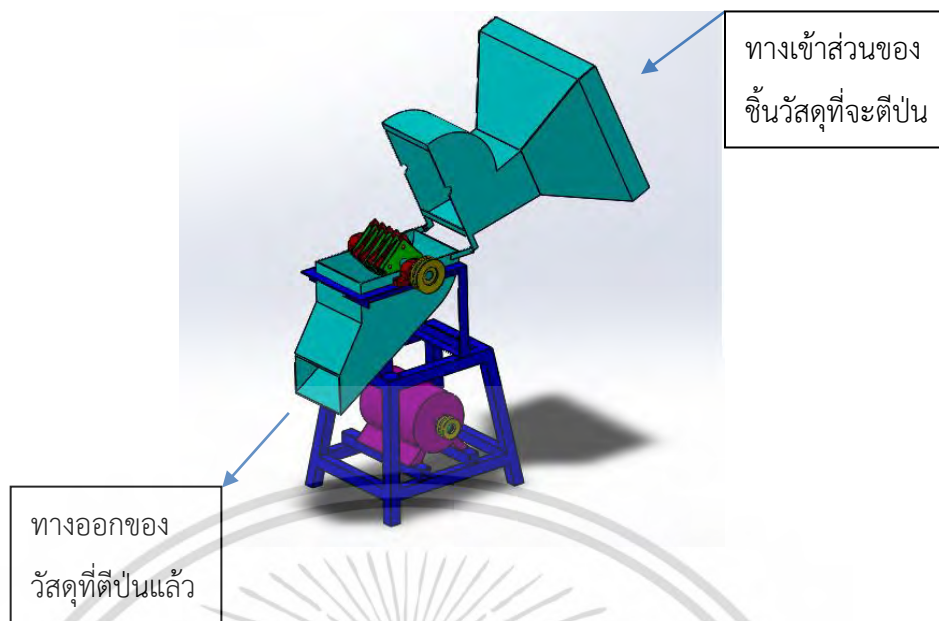
ทำหน้าที่ลดขนาดของวัสดุที่ได้จากการสับย่อยของทางมะพร้าวและกากมะพร้าว จากภาพที่ 5.4 เพื่อให้มีขนาดเล็กลงที่เหมาะสมต่อการผสม และการขึ้นรูป ในส่วนการตีป่น ถ่านกะลามะพร้าวจากลักษณะเป็นแผ่นเรียบ หลายเหลี่ยม ตกเป็นชิ้นที่มีหลายขนาด ให้มีขนาดเป็นผงขนาดเล็ก ดังภาพที่ 11.5



ภาพที่ 11.5 กาบมะพร้าว ทางมะพร้าว และถ่านกะลามะพร้าว ที่ผ่านการลดขนาดจากการตีป่น

11.2.1 โครงสร้างเครื่องตีป่น และหลักการทำงาน

เครื่องตีป่น ทำมาจากเหล็กฉาก 2.5 นิ้วหนา 4 มิลลิเมตร ส่วนประกอบสำคัญของเครื่องตีป่น ประกอบด้วย ช่องใส่วัสดุสำหรับการตีป่น ซึ่งอยู่ด้านบนของตัวเครื่อง มีช่องเสียบเหล็กทำหน้าที่คล้ายประตูเปิด-ปิดให้วัสดุผ่านไปยังส่วนของการตีป่น ชุดใบตีป่นกระแทกแบบ 4 แขน สลับฟันปลา จำนวน 20 ใบ ตามมุมของแผ่นยึด ขับกำลังผ่านสายพานและมอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 3 แรงม้า ที่ใช้ระบบไฟฟ้า 3 เฟส วัสดุที่ผ่านการตีป่นจากผ่านตะแกรงร่อน ที่มีขนาด 3 มิลลิเมตร และ 5 มิลลิเมตร แล้วไหลผ่านช่องด้านล่าง ดังภาพที่ 11.6



ภาพที่ 11.6 เครื่องตีป่น

11.3 เครื่องอัดกระถาง (Compressing Machine)

ทำหน้าที่อัดขึ้นรูปวัสดุหลังจากการตีป่นและผสมกาวเพื่อให้เป็นรูปทรงกระถาง เป็นกระถางสูง 13 เซนติเมตร ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของปากกระถางกว้าง 13 เซนติเมตร และขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของก้นกระถางกว้าง 10 เซนติเมตร ดังภาพที่ 11.7



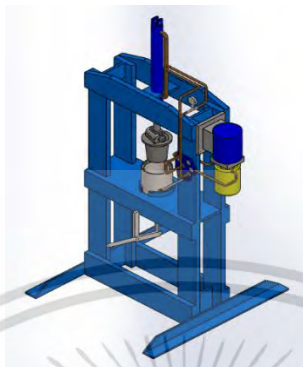
ภาพที่ 11.7 การขึ้นรูปกระถาง

11.3.1 โครงสร้างเครื่องอัดกระถางและหลักการทำงาน

เครื่องอัดขึ้นรูปกระถาง ทำมาจากเหล็กฉาก 2.5 นิ้ว หนา 4 มิลลิเมตร

ควบคุมการทำงานด้วยระบบไฮดรอลิกส์และปั๊มไฟฟ้าระบบไฟ Single phase ทำหน้าที่ส่งผ่านกำลัง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปยังลูกสูบที่ยึดติดกับหัวกดให้เคลื่อนที่ลงไปยังเข้าอัดให้ขึ้นรูปเป็นกระถาง โดยมีส่วนแกนยกกัน
กระถางเพื่อให้สามารถนำกระถางออกจากเข้าอัดได้ง่าย ดังภาพที่ 11.8

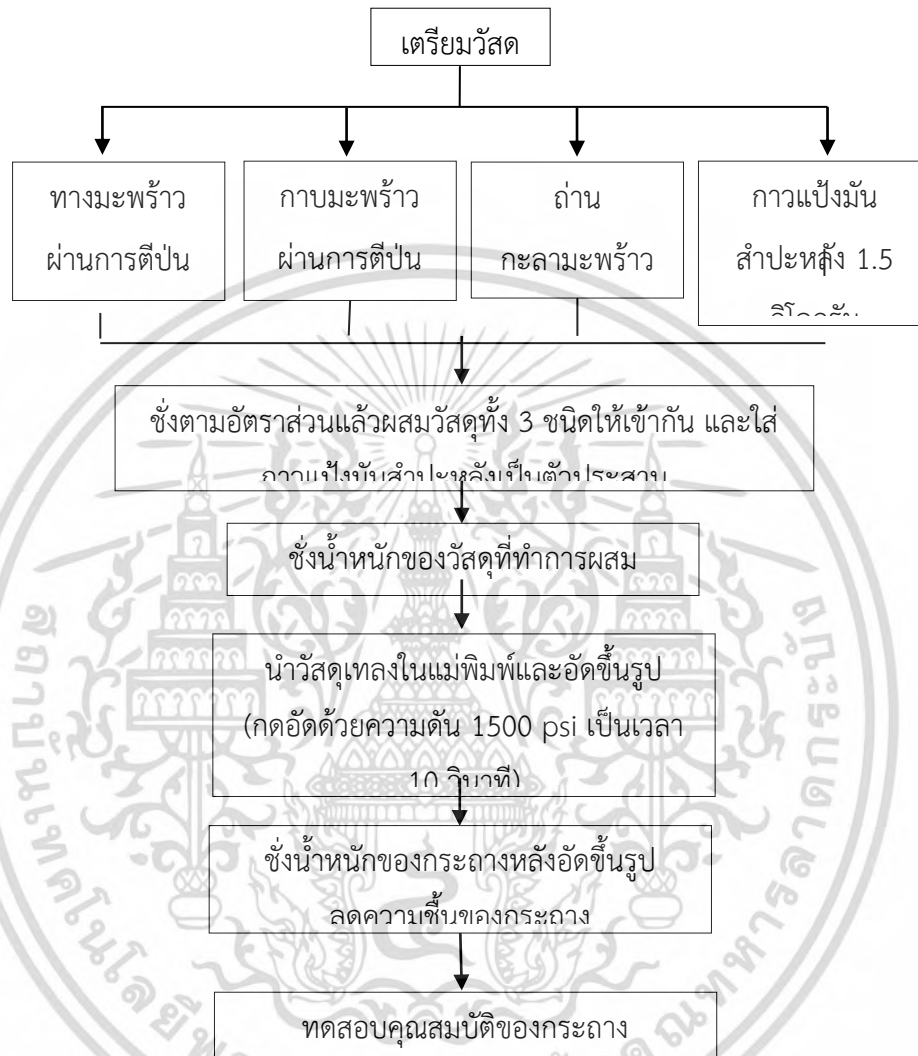


ภาพที่ 11.8 เครื่องอัดขึ้นรูปกระถางควบคุมการทำงานด้วยระบบไฮดรอลิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11.4 กระบวนการขึ้นรูปกระถางจากวัสดุผสมจากมะพร้าว

แผนผังแสดงกระบวนการอัดขึ้นรูปกระถางจากวัสดุทาง กาบ และถ่านกะลามะพร้าว ดังภาพที่ 11.9



ภาพที่ 11.9 แผนภูมิแสดงขั้นตอนในการอัดขึ้นรูปกระถาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 11.11 ลักษณะของกาวจากการตั้งไฟเคี่ยวจนใสพร้อมใช้งาน

11.4.3 การผสมวัสดุก่อนการอัดขึ้นรูป มีขั้นตอนการทำ

- 1) นำวัสดุที่เตรียมไว้ตามอัตราส่วน 1 กิโลกรัม ผสมกับกาว 1.5 กิโลกรัม

ดังรูป 11.12

- 2) ผสมวัสดุกับกาวให้เข้ากันโดยการผสมมือใช้เวลาประมาณ 10-15 นาที



ภาพที่ 11.12 การผสมวัสดุกับกาวก่อนการอัด

ในการวิจัยนี้จะดำเนินการออกเป็น 6 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 11.1 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพระหว่างการผลิตขนาดด้วยเครื่องสับย่อย

11.1.1 การศึกษาความหนาแน่นรวมของทาง กาบ และถ่านกะลามะพร้าว

- 1) นำทาง กาบ และถ่านกะลามะพร้าวมาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้าดิจิทัล ความละเอียด 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ JADEVER รุ่น SKY-600 ดังภาพที่ 11.13 และบันทึกผลเป็นค่าน้ำหนักของวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 11.13 เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง

2) นำทาง กาบ และถ่านกะลามะพร้าวไปใส่ในถ้วยยูเรก้า (Eureka) เพื่อหาค่าปริมาตรของวัสดุด้วยปริมาตรของน้ำที่ล้นออกจากถ้วยยูเรก้า บันทึกผลเป็นค่าปริมาตรของวัสดุ

3) คำนวณความหนาแน่นรวมของวัสดุจาก สมการ

$$\rho_b = \frac{M}{V} \quad (3.1)$$

โดยที่ ρ_b คือ ความหนาแน่นรวม มีหน่วยเป็น กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

M คือ มวลรวมของชิ้นงาน มีหน่วยเป็น กรัม

V คือ ปริมาตรของชิ้นงาน มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เซนติเมตร หาได้จากการแทนที่ปริมาตรของน้ำ

4) นำค่าความหนาแน่นรวมของวัสดุไปหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์ค่าทางสถิติด้วยโปรแกรม Excel และโปรแกรมวิเคราะห์สถิติสำเร็จรูป SPSS

11.1.2 การศึกษาความพรุนของทาง กาบ และถ่านกะลามะพร้าว หลังจากการสับย่อย

1) นำทาง กาบ และถ่านกะลามะพร้าว มาชั่งน้ำหนักก่อนการทดสอบ(มวลแห้ง) บันทึกผล

2) นำวัสดุไปแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนดแล้วนำมาชั่งน้ำหนักอีกครั้ง (มวลเปียก) แล้วบันทึกผล

3) คำนวณความพรุนจากสมการ

$$\varepsilon = \left[\frac{V_b - V_s}{V_b} \right] \times 100 \quad - (3.2)$$

โดยที่ ε คือ เปอร์เซ็นต์ความพรุนของชิ้นงาน

V_b คือ ปริมาตรรวม (Bulk volume) มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เซนติเมตร

V_s คือ ปริมาตรของเนื้อวัสดุ (Solid volume) มีหน่วยเป็น

ลูกบาศก์เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) นำค่าความพรุนของวัสดุไปหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์ค่าทางสถิติด้วยโปรแกรม Excel และโปรแกรมวิเคราะห์สถิติสำเร็จรูป SPSS

11.1.3 การศึกษาความชื้นสัมบูรณ์ของทาง กาบ และถ่านกะลามะพร้าว หลังจากการสับย่อย

- 1) นำทาง กาบ และถ่านกะลามะพร้าว มาชั่งน้ำหนักก่อนการทดสอบบันทึกผล
- 2) นำไปอบด้วยตู้อบ ยี่ห้อ memmert รุ่น UN 55 ดังภาพที่ 11.14 ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนดแล้ว นำมาชั่งน้ำหนักหลังการอบแล้วบันทึกผล



ภาพที่ 11.14 ตู้อบ ยี่ห้อ memmert รุ่น UN 55

3) คำนวณค่าความชื้นสัมบูรณ์จากสมการ

$$\%MC_d = \frac{M_w}{M_s} \times 100 \quad - (3.3)$$

เมื่อ $\%MC_d$ คือ อัตราส่วนของน้ำหนักของน้ำในวัสดุปลูกต่อมวลแห้ง

M_w คือ น้ำหนักของน้ำในวัสดุปลูก กรัม (g) หาได้จาก ผลต่างระหว่างน้ำหนักก่อนการทดสอบกับน้ำหนักหลังการอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

M_s คือ น้ำหนักของวัสดุปลูกแห้ง กรัม (g)

4) นำค่าความชื้นสัมบูรณ์ของวัสดุไปหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์ค่าทางสถิติด้วยโปรแกรม Excel และโปรแกรมวิเคราะห์สถิติสำเร็จรูป SPSS

11.1.4 การศึกษาเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของทาง กาบ และถ่านกะลามะพร้าว หลังจากการสับย่อย ดำเนินการดังนี้

- 1) เตรียมวัสดุทาง กาบ และถ่านกะลามะพร้าว ชั่งน้ำหนักเท่าๆ กันใส่ถุง จำนวน

ชนิดละ 5 ถุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) จากนั้นเติมน้ำลงในถุง 500 มิลลิลิตร ลงในถุงที่ใส่กาบมะพร้าว และ 300 มิลลิลิตร ลงในถุงของทางและถ่านกะลามะพร้าว โดยทำการแช่ไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3) เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนดแล้วนำวัสดุทาง กาบ และถ่านกะลามะพร้าว ออกจากถุงมาชั่งน้ำหนักที่วัสดุได้ดูดซึมน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และ บันทึกผล

4) คำนวณเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำจากสมการ

$$\%WA = \left[\frac{W_w - W_d}{W_d} \right] \times 100 \quad - (3.5)$$

เมื่อ %WA คือ เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของชิ้นงาน

W_d คือ น้ำหนักของชิ้นงานหลังการแช่น้ำ กรัม (g)

W_w คือ น้ำหนักของชิ้นงานก่อนนำมาแช่น้ำ กรัม (g)

5) นำค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของวัสดุไปหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์ค่าทางสถิติด้วยโปรแกรม Excel และโปรแกรมวิเคราะห์สถิติสำเร็จรูป SPSS

ตอนที่ 11.2 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุหลังจากการตีป่น

11.2.1 การศึกษาขนาดเฉลี่ยของทาง กาบ และถ่านกะลามะพร้าว หลังจากการตีป่น

1) นำวัสดุที่ได้จากการตีป่นทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ กาบมะพร้าว ทางมะพร้าว และถ่านกะลามะพร้าว มาทดสอบด้วยเครื่องเขย่า (Sieve Shaker) แบบตะแกรงร่อน โดยชั่งน้ำหนักของวัสดุก่อนการทดสอบ

2) ใส่วัสดุลงในเครื่องเขย่า (Sieve Shaker) ยี่ห้อ Retsch รุ่น AS 200 ดังภาพที่ 11.15 เพื่อทำการร่อนผ่านตะแกรงโดยกำหนดใช้เวลาในการเขย่า 15 นาที และแอมพลิจูดการสั่นเท่ากับ 0.2 มิลลิเมตร ให้วัสดุที่มีขนาดต่างกันแยกออกจากกัน



ภาพที่ 11.15 เครื่องทดสอบยี่ห้อ Retsch รุ่น AS 200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนดนำวัสดุในแต่ละชั้นมาชั่งน้ำหนักและบันทึกผล
คำนวณได้จาก

$$AS = \frac{\sum_{i=1}^8 \left(\frac{MN_i + MN_{i+1}}{2} \right) \times mass_{MN_i}}{\sum_{i=1}^8 mass_{MN_i}} \quad - (3.6)$$

โดยที่ AS คือ ขนาดเฉลี่ยของวัสดุ (Average Size of Materials)

MN_i คือ Mesh Number ที่ i

MN_{i+1} คือ Mesh Number ที่ $i + 1$

$mass_{MN_i}$ คือ มวลของวัสดุที่อยู่ใน Mesh Number ที่ i

4) นำค่าขนาดเฉลี่ยของวัสดุไปหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์ค่า
ทางสถิติด้วยโปรแกรม Excel และโปรแกรมวิเคราะห์สถิติสำเร็จรูป SPSS

11.2.2 การศึกษาความชื้นของทาง กาบ และถ่านกะลามะพร้าว หลังจากการตีป่น

1) นำวัสดุที่ได้จากการตีป่นทั้ง 3 ชนิดได้แก่ กาบมะพร้าว ทางมะพร้าว และถ่าน
กะลามะพร้าว มาทดสอบวัดความชื้นด้วยเครื่องวิเคราะห์ความชื้น (Moisture Analyzer) ยี่ห้อ
sartorius รุ่น MA37 ดังภาพที่ 11.16

2) นำวัสดุใส่ลงในถาดรองของเครื่อง 5 กรัม ส่วนของทางและถ่าน
กะลามะพร้าว 10 กรัม ในแต่ละของการทดลอง เครื่องจะทำการวิเคราะห์ค่าความชื้น โดยจะ
แสดงผลเป็นเปอร์เซ็นต์ของความชื้น และระยะเวลาในการอบ



ภาพที่ 11.16 เครื่องวิเคราะห์ความชื้น (Moisture Analyzer) ยี่ห้อ sartorius รุ่น MA37

3) นำค่าความชื้นของวัสดุไปหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์
ค่าทางสถิติด้วยโปรแกรม Excel และโปรแกรมวิเคราะห์สถิติสำเร็จรูป SPSS

ตอนที่ 11.3 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุผสมในอัตราส่วนผสมต่าง ๆ

11.3.1 การศึกษาค่าการนำไฟฟ้าของวัสดุผสมในอัตราส่วนผสมต่าง ๆ

1) ทำการผสมวัสดุ ทาง กาบ และถ่านกะลามะพร้าวในอัตราส่วนต่าง ๆ นำไปใส่ในขวดแก้ว ดังภาพที่ 11.17



ภาพที่ 11.17 การวัดค่าการนำไฟฟ้า

2) นำเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า ยี่ห้อ HANNA รุ่น HI98331 ดังภาพที่ 11.18 โดยนำส่วนหัววัดกลงไปยังตรงกลางของวัสดุผสมในขวดแก้ว

3) บันทึกค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า แล้วนำค่าการนำไฟฟ้าของวัสดุผสมไปหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์ค่าทางสถิติด้วยโปรแกรม Excel และโปรแกรมวิเคราะห์สถิติสำเร็จรูป SPSS



ภาพที่ 11.18 เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า ยี่ห้อ HANNA รุ่น HI98331

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11.3.2 การศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่าง ของวัสดุผสมในอัตราส่วนผสมต่าง ๆ

- 1) ทำการผสมวัสดุ ทาง กาบ และถ่านกะลามะพร้าวในอัตราส่วนต่าง ๆ นำไปใส่ในขวดแก้ว ดังรูป 11.19
- 2) นำเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง รุ่น ดังภาพที่ 11.20 โดยนำส่วนหัววัดกลงไปยังตรงกลางของวัสดุผสมในขวดแก้ว
- 3) บันทึกค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง แล้วนำค่าความเป็นกรด-ด่าง ของวัสดุผสมไปหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์ค่าทางสถิติด้วยโปรแกรม Excel และโปรแกรมวิเคราะห์สถิติสำเร็จรูป SPSS



ภาพที่ 11.19 การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง



ภาพที่ 11.20 เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 11.4 ศึกษาเงื่อนไขอัตราส่วนของทาง กาบ และถ่านกะลามะพร้าว ที่เหมาะสมในการอัดขึ้นรูปกระถาง

มีขั้นตอนดำเนินการดังนี้

1) กำหนด ความดันที่ 1,500 psi และเวลาที่ 10 วินาที อัดวัสดุที่ผสมด้วยสัดส่วนการผสมที่กำหนดดังตารางที่ 5.1 โดยปริมาตรวัสดุผสมที่ใช้ในการอัดขึ้นรูป 80 cm³ อัดเป็นรูปเหรียญ ดังภาพที่ 5.21



ภาพที่ 11.21 การอัดวัสดุผสมในรูปเหรียญทั้ง 6 ส่วนผสม

2) นำเหรียญที่ได้จากการอัดขึ้นรูป ไปทำให้แห้งด้วยการตากแดด แล้วนำไปวัดความแข็งแรง ด้วยการกดวัดค่าการทนแรงกดสูงสุด ด้วยเครื่อง Universal Testing Machine ยี่ห้อ LLOYD รุ่น TA plus ดังภาพที่ 11.22 และใช้ความเร็วในการกด 5 มิลลิเมตรต่อวินาที ด้วยหัวกดแบบ Cone



ภาพที่ 11.22 เครื่อง Universal Testing Machine ยี่ห้อ LLOYD รุ่น TA plus

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) นำค่าที่ได้จากการวัดด้วยเครื่อง Universal Testing Machine ไปพล็อตกราฟ ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดและระยะความลึกของหัวกด แล้ววิเคราะห์ค่าการทนแรงกดสูงสุด

ตอนที่ 11.5 ศึกษาอัตราส่วนผสมของทาง กาบ และถ่านกะลามะพร้าว ในการอัดขึ้นรูปบน เจริญไซท์ที่เหมาะสม และศึกษาคงตัวของกระถางจากการลดความชื้น

ในกระบวนการอัดขึ้นรูปจะใช้เจริญไซท์ในการกดอัด ได้แก่ กดด้วยความดัน 1500 psi และ กดค้างไว้นาน 10 วินาที และใช้ปริมาตรของวัสดุเท่ากันทุกครั้ง การทดสอบหาสัดส่วนการผสม วัสดุทาง กาบ และถ่านกะลามะพร้าว ที่เหมาะสมที่สุดในการอัดขึ้นรูป ด้วยการตรวจสอบเวลา ทั้งหมดที่ใช้ในการขึ้นรูปกระถาง จำนวนกระถางที่อัดได้ในช่วงเวลาดังกล่าว และปริมาณความเสียหายที่เกิดขึ้นบนกระถางที่อัดขึ้นรูปแล้วไม่ได้คุณภาพ ในการศึกษาอัตราส่วนผสมของทาง กาบ และถ่านกะลามะพร้าว ในการอัดขึ้นรูปบนเจริญไซท์ที่เหมาะสม และศึกษาคงตัวของกระถางจากการลดความชื้น มีขั้นตอนดังนี้

11.5.1 การศึกษาเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการอัดขึ้นรูป และจำนวนกระถางที่อัดขึ้นรูปได้ คุณภาพ

1) ชั่งวัสดุตามอัตราส่วนผสมที่กำหนด ในอัตราส่วนของวัสดุ 1 กิโลกรัมต่อ กาวแปงมันสำปะหลัง 1.5 กิโลกรัม จากนั้นทำการผสมวัสดุให้เข้ากันโดยการผสมมือ แล้วชั่งน้ำหนัก ของวัสดุที่ทำการผสม

2) นำวัสดุที่ผสมแล้วมาอัดขึ้นรูปโดยใช้เจริญไซท์ข้างต้น และจับเวลาในการขึ้น รูปกระถางทั้งหมดที่สามารถอัดขึ้นรูปได้ ชั่งน้ำหนักหลังการอัด แล้วบันทึกผล

3) นำเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการอัดขึ้นรูป และจำนวนกระถางที่อัดขึ้นรูปได้ คุณภาพ ในแต่ละสัดส่วนการผสมมาหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน นำข้อมูลไปวิเคราะห์ค่าทาง สถิติด้วยโปรแกรม Excel และโปรแกรมวิเคราะห์สถิติสำเร็จรูป SPSS

11.5.2 การศึกษาเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการอัดขึ้นรูป และจำนวนกระถางที่อัดขึ้นรูปได้

1) ชั่งวัสดุตามอัตราส่วนผสมที่กำหนด ในอัตราส่วนของวัสดุ 1 กิโลกรัมต่อ กาวแปงมันสำปะหลัง 1.5 กิโลกรัม จากนั้นทำการผสมวัสดุให้เข้ากันโดยการผสมมือ แล้วชั่งน้ำหนัก ของวัสดุที่ทำการผสม

2) นำวัสดุที่ผสมแล้วมาอัดขึ้นรูปโดยใช้เจริญไซท์ข้างต้น กดอัดด้วยความดัน 1500 psi 10 วินาที ชั่งน้ำหนักหลังการอัด แล้วบันทึกผล

3) นำจำนวนกระถางที่อัดขึ้นรูปได้คุณภาพ ในแต่ละสัดส่วนการผสมมาหา ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน นำข้อมูลไปวิเคราะห์ค่าทางสถิติด้วยโปรแกรม Excel และโปรแกรม วิเคราะห์สถิติสำเร็จรูป SPSS

ตอนที่ 11.6 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลของกระถางที่ได้จากอัดขึ้นรูป

11.6.1 การทดสอบความชื้นของกระถาง

1) การหาความชื้นเริ่มต้นของกระถาง ทำได้โดยเมื่ออัดขึ้นรูปกระถางตามขั้นตอนแล้วให้นำกระถางที่อัดได้มาชั่งน้ำหนักดิจิทัล และบันทึกผล

2) นำไปอบด้วยตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงจนกระถางมีน้ำหนักคงที่ บันทึกผลเพื่อคำนวณหาความชื้นเริ่มต้น

3) การหาความชื้นสุดท้ายของกระถาง ทำได้โดยเมื่ออัดขึ้นรูปกระถางตามขั้นตอนแล้วรอให้กระถางแห้งโดยการนำกระถางไปตากแดดหรือวางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเพื่อให้กระถางแห้งบันทึกน้ำหนัก จากนั้นนำกระถางที่แห้งแล้วไปอบด้วยตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สามารถหาค่าความชื้นตอนแห้งได้จากสมการ (3.3)

11.6.2 การทดสอบการดูดซับน้ำและการระบายความร้อนของกระถาง

มีวิธีการทดสอบและขั้นตอนในการศึกษาดังนี้

1) เตรียมกระถางที่อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานจำนวนสุตรละ 5 ใบ แล้วนำกระถางแต่ละใบไปชั่งน้ำหนัก เพื่อบันทึกค่าก่อนการทดสอบ

2) นำกระถางที่เตรียมไว้ไปแช่น้ำสะอาดให้น้ำท่วมกระถางทั้งใบเป็นเวลา 1 นาทีเพื่อให้กระถางดูดซับน้ำอย่างเต็มที่ ดังภาพที่ 11.23 แล้วนำกระถางที่แช่น้ำแล้ววางบนตะแกรง โดยให้ตะแกรงยกสูงจากพื้น ดังภาพที่ 11.24 เพื่อให้น้ำส่วนเกินไหลออกจากกระถาง ทิ้งไว้เป็นเวลา 5 นาที หลังจากนั้นนำกระถางแต่ละใบไปชั่งน้ำหนักและบันทึกค่าน้ำหนักของกระถางแต่ละใบ และจะบันทึกค่าน้ำหนักแต่ละใบทุก 30 นาที ภายใต้สภาพแวดล้อมเดียวกัน โดยจะมีการควบคุมอุณหภูมิของการทดสอบ



ภาพที่ 11.23 การแช่กระถางในน้ำเป็นเวลา 1 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 11.24 กระจ่างที่แช่น้ำแล้ววางบนตะแกรง โดยให้ตะแกรงยกสูงจากพื้น

3) นำค่าน้ำหนักของกระจ่างที่บันทึก ไปพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง น้ำหนักของกระจ่างและเวลาที่ผ่านไป แล้ววิเคราะห์ความสามารถในการดูดซึมน้ำ และการคาย ความชื้นออกจากกระจ่าง

11.6.3 การทดสอบการพองตัวของกระจ่าง

เป็นการทดสอบการพองตัวตามมาตรฐานการทดสอบของ มอก.876-2547 ทำ ได้ดังนี้

1) นำกระจ่างที่ได้มาตัดเป็นชิ้นทดสอบขนาด 5x5 เซนติเมตร ดังภาพที่ 5.25 จากนั้นวัดความหนาก่อนการทดสอบ ด้วยดิจิตอลเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ทำเครื่องหมายตำแหน่งที่วัด ความหนา



ภาพที่ 11.25 ชิ้นทดสอบขนาด 5x5 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 2) แช่ชิ้นทดสอบในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง
- 3) เมื่อครบระยะเวลาให้นำชิ้นทดสอบมาซับน้ำที่ผิวออกให้หมดด้วยผ้า ปล่อยให้ อุณหภูมิห้อง ให้อยู่บนวัสดุที่ไม่ดูดซึมน้ำอีก 1 ชั่วโมง แล้วนำชิ้นทดสอบมาวัดความหนาตรง ตำแหน่งเดิมเป็นความหนาหลังการแช่น้ำ แล้วบันทึกผล
- 4) นำค่าความหนาหลังการแช่น้ำ ไปคำนวณเปอร์เซ็นต์ค่าการพองตัว ดัง สมการ (3.7)

$$\text{Inflation Rate} = \frac{(T_f - T_i)}{T_i} \times 100 \quad - (3.7)$$

โดยที่ T_f คือ ความหนาหลังการแช่น้ำ มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร (mm)

T_i คือ ความหนาก่อนการแช่น้ำ มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร (mm)

- 5) นำค่าเปอร์เซ็นต์ค่าการพองตัวของกระถางไปหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน และวิเคราะห์ค่าทางสถิติด้วยโปรแกรม Excel และโปรแกรมวิเคราะห์สถิติสำเร็จรูป SPSS

11.6.4 การทดสอบการย่อยสลายของกระถาง

มีวิธีการทดสอบและขั้นตอนในการศึกษาดังนี้

- 1) เตรียมกระถางที่อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานในแต่ละสูตร แล้วนำกระถางแต่ละใบไปชั่งน้ำหนักเพื่อบันทึกค่าก่อนการทดสอบ
- 2) นำกระถางที่เตรียมไว้ไปวางที่กลางแจ้งเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ แล้วนำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 65-70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อศึกษาการสลายตัวของกระถาง คำนวณได้จาก

$$D_e = \frac{100 (d_{mb} - d_{ma})}{d_{mb}} \quad - (3.8)$$

โดยที่ D_e คือ การย่อยสลาย

d_{mb} คือ น้ำหนักกระถางก่อนทิ้งไว้กลางแจ้ง

d_{ma} คือ น้ำหนักกระถางหลังทิ้งไว้กลางแจ้ง 4 สัปดาห์และผ่านการอบแห้ง 24 ชั่วโมง

- 3) นำค่าเปอร์เซ็นต์ค่าการย่อยสลายของกระถางไปหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน และวิเคราะห์ค่าทางสถิติด้วยโปรแกรม Excel และโปรแกรมวิเคราะห์สถิติสำเร็จรูป SPSS

11.6.5 การทดสอบความแข็งแรงของกระถาง มีขั้นตอนดังนี้

- 1) เตรียมกระถางที่อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานจำนวนสูตรละ 10 ใบ ดังภาพที่ 11.26 แล้วนำกระถางแต่ละใบชั่งน้ำหนักก่อนการทดสอบ บันทึกผล



ภาพที่ 11.26 กระถางที่ผ่านการอัดขึ้นรูป ในส่วนผสมต่าง ๆ

2) ทำการทดสอบโดยนำกระถางที่เตรียมไว้เข้าทดสอบความสามารถในการรับแรงในแนวนอน และแนวตั้ง ด้วยเครื่อง Universal Testing Machine ยี่ห้อ LLOYD รุ่น TA plus ใช้ความเร็วในการกด 20 มิลลิเมตรต่อนาที

3) นำค่าความสามารถในการรับแรงของกระถาง ทั้งในแนวนอน และแนวตั้ง ไปพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับระยะทางที่เปลี่ยนแปลงไป แล้ววิเคราะห์ค่าทนแรงกด

โครงการย่อยที่ 12 : การใช้ทางไบอะพรีเวียปรับปรุงคุณภาพต่อประสิทธิภาพการผลิตน้ำนมในโคนม

การทดลองที่ 1 ศึกษาการย่อยได้และองค์ประกอบทางเคมีของทางไบอะพรีเวียปรับปรุงคุณภาพ ทำการสุ่มทางไบอะพรีเวียที่เกษตรกรตัดทิ้ง จากพื้นที่อำเภอปะทิว และอำเภอท่าแซะจังหวัดชุมพร จำนวนตัวอย่างละ 3 กก. แล้วสับเป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาด 3-5 ซม. แล้วใส่ถุงดำปิดและกดไล่อากาศให้แน่น จากนั้นเปิดถุงแล้วนำตัวอย่างออกตามเวลาที่กำหนด

แล้วนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ วัตถุแห้ง เถ้า โปรตีน ตามวิธีการของ AOAC (1984) ส่วน NDF ADF และ ลิกนิน จะวิเคราะห์ตาม Van Soest *et al.* (1991) และค่าการย่อยได้ แบบ *in vitro* โดยวิธี rumen liquor pepsin ซึ่งทำตามวิธีของ Tilley and Terry (1963) โดยหาค่า IVDMD (*in vitro* dry matter digestibility) และ IVDOMD (*in vitro* digestible organic matter digestibility)

จะใช้โคนมเพศเมียเจาะกระเพาะหมัก ซึ่งไม่ให้นม อายุไม่เกิน 5 ปี จำนวน 2 ตัว โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD โดยแต่ละ Treatment คือ ระยะเวลาหมัก คือ 0, 2, 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 อาทิตย์ รวมจำนวน 8 ตัวอย่าง โดยทำตัวอย่างละ 2 ซ้ำ แล้วเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของ Duncan New 's Multiple Range Test โดยทุก Treatment วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (2000)

การทดลองที่ 2 การเสริมทางใบมะพร้าวปรับปรุงคุณภาพต่อประสิทธิภาพการหมักใน กระเพาะรูเมนของโคนม

เลือกระดับทางใบมะพร้าวหมัก ที่ค่าการย่อยได้สูงสุด 1 ระดับ ของการทดลองที่ 1 มาทดลองในการทดลองที่ 2 โดยวางแผนการทดลองแบบ 3×3 latin Square โดยใช้ 3 treatment และ row คือ ระยะเวลาแต่ละช่วงของการให้น้ำนม ส่วน column คือ โคนมเพศเมียเจาะกระเพาะหมัก ซึ่งไม่ให้นม อายุไม่เกิน 5 ปี จำนวน 3 ตัว โดยแต่ละกลุ่มจะได้รับอาหารทดลอง 3 แบบ คือ

กลุ่ม 1 กลุ่มควบคุม ให้อาหารชั้น และอาหารหยาบ (หญ้าสด)

กลุ่ม 2 ให้อาหารชั้น และให้ทางใบมะพร้าวหมัก (เลือกจากการทดลอง 1) แล้วรดกากน้ำตาลความเข้มข้น 30 % โดยทดแทนอาหารหยาบ 50 %

กลุ่ม 3 ให้อาหารชั้น และให้ทางใบมะพร้าวหมัก (เลือกจากการทดลอง 1) แล้วรดกากน้ำตาลความเข้มข้น 30 % โดยทดแทนอาหารหยาบ 100 %

โคทั้ง 3 กลุ่มๆ ละ 3 ตัว จะแยกคอกเลี้ยงเดี่ยว โดยแต่ละคอกมีอาหารและน้ำให้ ให้อาหารครบตามโภชนะที่ต้องการตามที่ NRC (2001) แนะนำ ให้อาหารเวลา 8.00 น. และ 15.00 น. และรีดนมเวลา 7.30 น. และ 14.30 น. การจัดการโคจะแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ระยะ

ระยะที่ 1 ระยะปรับตัว ใช้เวลา 14 วัน เพื่อให้จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนปรับตัวตามสูตรอาหาร โดยโคจะได้รับอาหารหยาบเต็มที่

ระยะที่ 2 ระยะสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารและน้ำนม ใช้เวลาทั้งหมด 28 วัน โดยสุ่ม rumen fluid อาทิตย์ละ 2 ครั้ง โดยแต่ละครั้ง จะสุ่มหลังจากให้อาหารที่เวลา 0, 2, 4 และ 6 ชั่วโมง จากนั้นจะทำการวิเคราะห์ rumen fluid โดยตัวอย่างจะทำการวิเคราะห์ดังนี้

- 1) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) วิเคราะห์ตามวิธีของ คิวพร (2543)
- 2) กรดไขมันระเหยง่าย ได้แก่ Total VFA, Acetic, Propionic, Butyric acid

วิเคราะห์โดยวิธี HPLC ตามวิธีของ Callaway and Martin (1997)

- 3) แอมโมเนียไนโตรเจน วิเคราะห์ตามวิธีของ Bremner and Keeney (1965)

4) วิเคราะห์จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ได้แก่ Total Viable Count, *Fibrobacter succinogenes*, *Ruminococcus albus*, *Ruminococcus favefaciens*, *Bacillus licheniformis*, *Ruminobacter amylophilus*, *Selenomonas ruminatium* วิเคราะห์ตามวิธีของ Krieg et al. (1984), Galyean (1989) แล้วนำผลที่ได้เปรียบเทียบกับตารางจำแนกจุลินทรีย์ของ Bergey 's Manual of Systematic Bacteriology โดย Atlas (2004)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 3 การเสริมทางใบมะพร้าวปรับปรุงคุณภาพต่อประสิทธิภาพการผลิตน้ำนม ในโคนม

เลือกระดับทางใบมะพร้าวหมัก ที่ค่าการย่อยได้สูงสุด 1 ระดับ ของการทดลองที่ 1 มาทดลองในการทดลองที่ 3 โดยวางแผนการทดลองแบบ 3×3 Triple Replicated Latin Square โดยมี 3 treatment และ row คือ ระยะเวลาแต่ละช่วงของการให้น้ำนม ส่วน column คือ โค จะใช้โคระยะรีดนมทั้งหมด 9 ตัว อายุไม่เกิน 5 ปี โดยมี Lactation ที่ 3-4 มีการให้น้ำนมไม่ต่ำกว่า 15 กิโลกรัม ต่อตัว ต่อวัน ซึ่งแต่ละกลุ่มจะได้รับอาหารทดลอง 3 แบบ คือ

กลุ่ม 1 กลุ่มควบคุม ให้อาหารข้น และอาหารหยาบ (หญ้าสด)

กลุ่ม 2 ให้อาหารข้น และให้ทางใบมะพร้าวหมัก (เลือกจากการทดลอง 1) แล้วรดกากน้ำตาลความเข้มข้น 30 % โดยทดแทนอาหารหยาบ 50 %

กลุ่ม 3 ให้อาหารข้น และให้ทางใบมะพร้าวหมัก (เลือกจากการทดลอง 1) แล้วรดกากน้ำตาลความเข้มข้น 30 % โดยทดแทนอาหารหยาบ 100 %

โคทั้ง 3 กลุ่มๆ ละ 3 ตัว จะแยกคอกเลี้ยงเดี่ยว โดยแต่ละคอกมีอาหารและน้ำให้ ให้อาหารครบตามโภชนาที่ต้องการตามที่ NRC (2001) แนะนำ ให้อาหารเวลา 8.00 น. และ 15.00 น. และรีดนมเวลา 7.30 น. และ 14.30 น. การจัดการโคจะแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ระยะ

ระยะที่ 1 ระยะปรับตัว ใช้เวลา 14 วัน เพื่อให้จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนปรับตัวตามสูตรอาหาร โดยโคจะได้รับอาหารหยาบเต็มที่

ระยะที่ 2 ระยะสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารและน้ำนม ใช้เวลาทั้งหมด 35 วัน โดยสุ่มอาหารเหลือทุกวันไปตากแห้ง โดยจะรวมทุกอาทิตย์ เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี โดยตัวอย่างอาหารหยาบและข้น วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีได้แก่ วัตถุแห้ง เถ้า โปรตีน ตามวิธีการของ AOAC (1984) ส่วน NDF ADF และ ลิกนิน วิเคราะห์ตาม Van Soest *et al.* (1991)

น้ำนมจะสุ่มเก็บน้ำนมดิบจากโคทุกตัวทุกๆ 2 วัน แล้วนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำนมดิบและคุณภาพน้ำนม คือ butter fat, protein, solid not fat, total solid และ somatic cell count โดยเครื่อง Milkoscan และ Standard plate count ตามวิธีของ Houghtby *et al.* (1992) และคำนวณราคาต้นทุนของปริมาณอาหารที่กินต่อปริมาณน้ำนมที่ผลิต