

รายงานการวิจัย

เครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวชุดด้วยความดันสูญญากาศเพื่อการผลิตน้ำมันมะพร้าว
บริสุทธิ์

Coconut flake vacuum dryer for virgin coconut oil production



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 116906
วันเดือนปี 16 ส.ย. 2554

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณรายได้ ประจำปี 2552

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

b.12326392

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัย (รศ. ดร. ปานมนัส ศิริสมบุรณ์ และ ผศ. ดร. พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์) และคณะผู้ช่วยวิจัย (นายกฤษณะ จินดาวงษ์ นายวิโรจน์ พุทธินาถ นายสมเจตน์ มีบุญรอด และนาย มงคล สกุลทองอร่าม) ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่สนับสนุนงบประมาณเพื่อการวิจัยจากเงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ ประจำปี 2552



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้าที่
ปกใน	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตการวิจัย	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 หลักการของระบบสุญญากาศ	4
2.2 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการอบแห้ง	4
2.3 ทฤษฎีกระบวนการถ่ายเทความร้อน	6
2.4 ภาวะที่มีการสูญเสียความร้อนผ่านผนัง	9
2.5 รายละเอียดการคำนวณภาวะความร้อน	10
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัยและผลการวิจัย	11
3.1 แนวความคิดในการออกแบบ	11
3.2 การคำนวณหาขนาดของถังสุญญากาศ	11
3.3 การคำนวณหาปริมาตรถังภายนอก	13
3.4 การคำนวณหาปริมาตรของน้ำ	13
3.5 การออกแบบใบกวน	13
3.6 การคำนวณหาค่าลึงซ์ับมอเตอร์	15
3.7 การคำนวณภาวะความร้อนทั้งหมดที่ใช้ในการสุญญากาศเนื้อมะพร้าวชูด เพื่อใช้ในการเลือก Heater	15
3.8 แบบส่วนประกอบของ เครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวชูดระบบสุญญากาศ	20
3.9 ส่วนประกอบของ เครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวชูดระบบสุญญากาศ	24
3.10 การทดสอบสมรรถนะ	30

บทที่ 4 อภิปรายผลการวิจัยและวิจารณ์	29
สารบัญ (ต่อ)	หน้าที่
4.1 สีของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์	33
4.2 การใช้พลังงาน	33
4.3 ผลการวัดอุณหภูมิน้ำถึงภายนอกและอุณหภูมิภายในถึงสูญญากาศ (ถึงภายใน) ที่สภาวะต่างๆ	34
4.4 ปริมาณน้ำมันมะพร้าวต่อ 1 กก. เนื้อมะพร้าวสดที่สภาวะต่างๆ	37
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	38
เอกสารอ้างอิง	39



ณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้าที่
ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยของ L^* a^* b^* ของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่สภาวะต่างๆ	33
ตารางที่ 4.2 การใช้พลังงาน	33



สารบัญรูป

	หน้าที่
รูปที่ 2.1 แสดงการเปลี่ยนแปลงของมวลและอุณหภูมิกับเวลาในการอบแห้ง	5
รูปที่ 2.2 เส้นลักษณะเฉพาะของการอบแห้ง	5
รูปที่ 3.1 แบบ ถึงภายใน	20
รูปที่ 3.2 แบบ ถึงภายนอก	21
รูปที่ 3.3 แบบ ผ่า	22
รูปที่ 3.4 แบบ ใบกวน	23
รูปที่ 3.5 แบบ แท่นวางมอเตอร์	24
รูปที่ 3.6 ถึงภายใน	24
รูปที่ 3.7 ถึงภายนอก	25
รูปที่ 3.8 ผ่าถึง	25
รูปที่ 3.9 ใบกวน	26
รูปที่ 3.10 มอเตอร์	26
รูปที่ 3.11 ฮีตเตอร์	27
รูปที่ 3.12 เครื่องควบคุมอุณหภูมิ	27
รูปที่ 3.13 ป้อนสุญญากาศ	28
รูปที่ 3.14 ป้อนน้ำ	28
รูปที่ 3.15 ชุดแลกเปลี่ยนความร้อน	29
รูปที่ 3.16 เครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวชุดระบบสุญญากาศ	29
รูปที่ 4.1 กราฟอุณหภูมิน้ำถึงภายนอกและอุณหภูมิภายในถึงภายใน ที่สภาวะเนื้อมะพร้าวชุดใหม่หนัก 491.22 g ความเร็วรอบ 0 rpm	34
รูปที่ 4.2 กราฟอุณหภูมิน้ำถึงภายนอกและอุณหภูมิภายในถึงภายใน ที่สภาวะเนื้อมะพร้าวชุดใหม่หนัก 510 g ความเร็วรอบ 50 rpm	34
รูปที่ 4.3 กราฟอุณหภูมิน้ำถึงภายนอกและอุณหภูมิภายในถึงภายใน ที่สภาวะเนื้อมะพร้าวชุดใหม่หนัก 978.34 g ความเร็วรอบ 50 rpm	35
รูปที่ 4.4 กราฟอุณหภูมิน้ำถึงภายนอกและอุณหภูมิภายในถึงภายใน ที่สภาวะเนื้อมะพร้าวชุดใหม่หนัก 514.96 g ความเร็วรอบ 100 rpm	36
รูปที่ 4.5 กราฟอุณหภูมิน้ำถึงภายนอกและอุณหภูมิภายในถึงภายใน ที่สภาวะเนื้อมะพร้าวชุดใหม่หนัก 997.30 g ความเร็วรอบ 100 rpm	36
รูปที่ 4.6 กราฟแท่งแสดงปริมาณน้ำมันมะพร้าวต่อ 1 กก. เนื้อมะพร้าวชุดสดที่สภาวะต่างๆ	37

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

มะพร้าวถือเป็นต้นไม้มหัศจรรย์ที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ทั้งต้นตั้งแต่ราก ลำต้น ผล ใบ เส้นใยต่าง ๆ ในประเทศไทยได้มีการนำเอามะพร้าวมาสกัดทำเป็นน้ำมันมะพร้าวมานานกว่า 700 ปี น้ำมันมะพร้าวถูกนำไปใช้เป็นทั้งอาหาร เครื่องสำอาง ตลอดจนยารักษาโรค ทำให้คนไทยไม่ค่อยมีปัญหาด้านสุขภาพมากมายเช่นทุกวันนี้ จนต่อมาเมื่อเกิดการเข้าใจผิดเกี่ยวกับน้ำมันมะพร้าว จึงทำให้ผู้คนส่วนใหญ่บริโภค มะพร้าวและกะทิน้อยลง [1]

ในทางการแพทย์ทั้งแพทย์แผนไทยและแพทย์แผนปัจจุบัน ได้มีการนำน้ำมันมะพร้าวมาใช้ ประโยชน์ดังนี้ คือ ใช้รักษาแผลเรื้อรัง รักษาเกื้อยง แก้วปวดฟัน รักษาเล็บแตก รักษาทางทวาร รักษา แผลเป็น แก้วรังแค รักษาฝ้ากัศเห้า รักษาฝ้ามือแตกและเล็บขบ เป็นต้น จากข้อมูลที่ผิดๆเกี่ยวกับน้ำมัน มะพร้าวว่าเป็นต้นเหตุที่สำคัญของการเกิดโรคหัวใจ ยังผลให้คนส่วนใหญ่หลีกเลี่ยงการบริโภคน้ำมัน มะพร้าวและกะทิและเปลี่ยนไปบริโภคน้ำมันชนิดอื่นทดแทน อย่างไรก็ตามจากการศึกษาของ Dr. Enig แพทย์ชาวอเมริกัน และนักวิทยาศาสตร์หลายคนพบว่าน้ำมันมะพร้าวเป็นตัวป้องกันโรคหัวใจ คุณสมบัติ ของน้ำมันมะพร้าวมีมากมายหลายประการนอกเหนือจากการนำมาทำเป็นอาหาร เครื่องสำอาง และยารักษา โรค ซึ่งนักวิจัยพบว่านอกจากน้ำมันมะพร้าวจะมีคุณสมบัติป้องกันโรคหัวใจ ยิ่งไปกว่านั้นน้ำมันมะพร้าวยัง ช่วยในการสร้างภูมิคุ้มกันโรค ช่วยให้ร่างกายมีความสามารถในการต่อต้านเชื้อโรคตลอดจนอนุมูลอิสระที่ ทำให้เนื้อเยื่อเสื่อมสภาพ ในน้ำมันมะพร้าวประกอบด้วยคุณสมบัติเด่นที่ไม่มีในน้ำมันพืชอื่น คือ เป็นกรด ไขมันอิ่มตัว เป็นกรดไขมันขนาดกลาง ซึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานได้อย่างรวดเร็ว เพิ่มอัตราเมตาบอลิ สซึมซึ่งช่วยในการเผาผลาญพลังงานให้เร็วขึ้น และยังช่วยเผาผลาญไขมันที่สะสมไว้แต่เดิม ทำให้ร่างกาย ผอมลง มีกรดลอริกสูงมากซึ่งเป็นสารตัวเดียวกันกับน้ำมันมกราคมิฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อโรค และเป็นสารฆ่า ไวรัส มีวิตามินอีที่มีประสิทธิภาพซึ่งวิตามินอีจะทำหน้าที่เป็น Antioxidant ที่ต่อต้านอนุมูลอิสระช่วยให้ ผิวพรรณดูอ่อนกว่าวัย บทบาทของน้ำมันมะพร้าวที่มีต่อการรักษาโรคไม่ติดเชื้อหรือโรคที่ไม่ได้มีสาเหตุมา จากเชื้อโรค เช่น สามารถใช้รักษาโรคหัวใจ โรคมะเร็ง โรคเบาหวาน โรคอ้วน ความพิเศษของน้ำมัน มะพร้าวอีกอย่างหนึ่งก็คือการฆ่าเชื้อโรค คือจะฆ่าเฉพาะเชื้อที่มีไขมันเป็นเกราะหุ้มเยื่อเซลล์ ไม่ฆ่าเชื้อที่เป็น ประโยชน์ ไม่เกิดการดื้อยา ไม่เป็นพิษต่อร่างกาย ส่วนในด้านความงามน้ำมันมะพร้าวยังช่วยให้รูปร่างสม ส่วน แข็งแรง ผิวพรรณงดงาม และเส้นผมมีสุขภาพดี [2, 3, 4, 5, อ้างโดย 1]

จากรายงานของสำนักงานเศรษฐกิจเกษตร ปี 2549 [6] รายงานว่าประเทศไทยมีพื้นที่ให้ผลมะพร้าว รวม 1,411,000 ไร่ และให้ผลผลิตรวมประมาณ 1,561,000 ตัน ประมาณ 73% ของผลผลิตนำไปใช้บริโภค โดยตรง ส่วนที่เหลือ 27% นำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม ปัจจุบันความต้องการมะพร้าวทางอุตสาหกรรม มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากการขยายตัวด้านอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์มะพร้าว เช่น การผลิตน้ำมันมะพร้าว

บริสุทธิ กะทิเข้มข้น มะพร้าวอบแห้ง เป็นต้น อย่างไรก็ตามปริมาณความต้องการบริโภคโดยตรง เช่น ใช้ในการปรุงอาหาร การกินผลสด มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอัตราการเพิ่มของประชากร [7]

ในการศึกษาหาข้อมูลเกี่ยวกับมะพร้าวพบว่าคนส่วนใหญ่มีการตื่นตัวและเริ่มหันมาบริโภคมะพร้าวและกะทิกันมากขึ้น โดยเฉพาะในประเทศที่พัฒนาแล้วอย่างประเทศสหรัฐอเมริกา มีการตื่นตัวอย่างมากเกี่ยวกับการบริโภคมะพร้าวและกะทิเนื่องจากมะพร้าวมีสรรพคุณมากมายทั้งด้านความงาม ด้านการรักษาโรค เมื่อรับประทานเป็นประจำจะช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคต่างๆ บำรุงผิวพรรณ และไม่ทำให้อ้วน เป็นต้น ส่วนในด้านตลาดการส่งออกน้ำมันมะพร้าวก็นับว่ามีรายได้ให้กับประเทศปีละหลายหมื่นล้านบาท ทำให้เกษตรกรชาวสวนมะพร้าวให้มีรายได้เพิ่มมากขึ้น เป็นการเพิ่มมูลค่าของสินค้า กระตุ้นเศรษฐกิจภายในประเทศและยังทำให้คนส่วนใหญ่ที่ไม่ค่อยใส่ใจสุขภาพหันมาใส่ใจสุขภาพกันมากขึ้นช่วยให้ประเทศไม่ต้องเสี่ยงงบประมาณการนำเข้ายารักษาโรคจากต่างประเทศมากเกินไป

นอกจากนี้ อาหารที่มีน้ำมันมะพร้าว (พลังงานจากไขมัน 38.4% ซึ่งมี Polyunsaturated/Saturated fatty acid (P/S) ratio 0.14) สามารถลดความเข้มข้นของ Plasma ของ Tissue plasminogen activator antigen ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อระบบการสร้างเกร็ดเลือด (Fibrinolytic system) และความเข้มข้นของ Fasting lipoprotein (a) เมื่อเทียบกับอาหารแบบที่มี P/S ratio 1.9 ซึ่งมีพลังงานจากไขมัน 38.2% [8] หลังจากรับไขมันอิ่มตัว โดยเฉพาะอย่างยิ่ง Stearic Fat พบว่าการเพิ่มการตกตะกอนของเลือด (Blood coagulation) ลดลงมากกว่าหลังจากรับไขมันไม่อิ่มตัว ประเภท Oleic, trans 18:1 และ Linoleic ทั้งนี้โดยพิจารณาจากค่า ปัจจัยการตกตะกอนของเลือดที่ถูกกระตุ้น (Activated blood coagulation factor, FVIIa) [9]

การผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ปัจจุบันทำอยู่ 2 วิธี วิธีแรกคือ สกัดแบบเปียก การคั้นกะทิแล้วทิ้งให้แยกชั้น ข้อเสียของวิธีนี้คือใช้เวลานาน น้ำมันมะพร้าวอยู่ร่วมกับน้ำเป็นอิมัลชัน ทำให้ต้องมีขั้นตอนการแยกน้ำมันออกจากน้ำ และโปรตีน นอกจากนี้น้ำมันยังสัมผัสกับน้ำระหว่างการทิ้งให้แยกชั้น ซึ่งทำให้เกิด hydrolysis และสูญเสียคุณภาพได้ อีกวิธีหนึ่งคือ การหีบเย็น เริ่มจากการนำมะพร้าวมาทำให้แห้ง แล้วจึงหีบน้ำมันมะพร้าวออกจากมะพร้าวชุดแห้ง

การทำแห้งมะพร้าวชุดเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากเนื่องจาก เนื้อมะพร้าวชุดสด มีอายุการเก็บสั้น การทำแห้งเป็นการลดความชื้นจากเนื้อมะพร้าวเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่ทำให้ไขมันเสื่อมคุณภาพ เช่น การเหม็นหืน การเกิดกรดไขมันอิสระ มะพร้าวชุดแห้งสามารถเก็บรักษาไว้เพื่อรอการผลิตต่อไปได้ ดังนั้นอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำแห้งจึงเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญ การเลือกใช้ต้องคำนึงถึง ต้นทุนเครื่องจักร พลังงานที่ใช้ และที่สำคัญที่สุดคือต้องไม่ทำลายคุณภาพของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่จะสกัดในขั้นตอนต่อไป อุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำแห้งเนื้อมะพร้าวชุดคือ 50-60 องศาเซลเซียส [10] จึงเกิดแนวคิดที่จะพัฒนากระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์โดยการออกแบบ สร้าง และทดสอบ เครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวชุดระบบสุญญากาศ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดพลังงานและระยะเวลาในการอบให้สั้นลงกว่าการระบบเดิม เช่นระบบอินฟราเรด

1.2 วัตถุประสงค์

- 1 เพื่อลดระยะเวลาในการสกัดน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ให้สั้นลงกว่าวิธีปกติ
- 2 เพื่อผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่มีคุณภาพสูงและสะอาด

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. ศึกษาและสร้าง เครื่องอบแห้งเนื้อมะพร้าวชุดระบบสุญญากาศ โดยใช้อุณหภูมิจากการอบไม่เกิน 55 องศาเซลเซียส



บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการของระบบสุญญากาศ

2.1.1 ระบบสุญญากาศ (Vacuum System)

ระบบสุญญากาศ จะได้แรงทำงานจากแรงดันบรรยากาศ โดยแรงดันของระบบถูกลดลงเรื่อยๆ จนกระทั่งระดับต่ำกว่าแรงดันบรรยากาศที่อยู่รอบๆ ทำให้ได้แรงดันที่มากกว่าสามารถนำไปใช้งานได้ หลักการเบื้องต้น โดยการให้ปั๊มสุญญากาศดูดอากาศออกจากระบบทำให้เกิดความแตกต่างของความดันภายในระบบและแรงดันบรรยากาศรอบๆ [11]

2.1.2 เครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ (Vacuum drying)

Vacuum drying หมายถึง การดึงความชื้นออก เกิดขึ้นที่ที่ไม่มีออกซิเจนเพราะฉะนั้น การเสื่อมคุณภาพเนื่องจากออกซิเจน หรือการที่ไขมันจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนและการทำให้เปลี่ยนสีลดลง [12] เครื่องอบแห้งแบบนี้ใช้ในการอบแห้งภายใต้สภาวะความดันต่ำกว่าความดันบรรยากาศ โดยให้ความร้อนในการอบแห้ง เหมาะสำหรับวัสดุเปื่อย ข้อดีของเครื่องนี้จะใช้อุณหภูมิในการอบแห้งต่ำ ระเหยน้ำที่อุณหภูมิต่ำ ไม่มีออกซิเจนอยู่ในวัสดุขึ้น [13]

2.2 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการอบแห้ง (Drying fundamentals) [14]

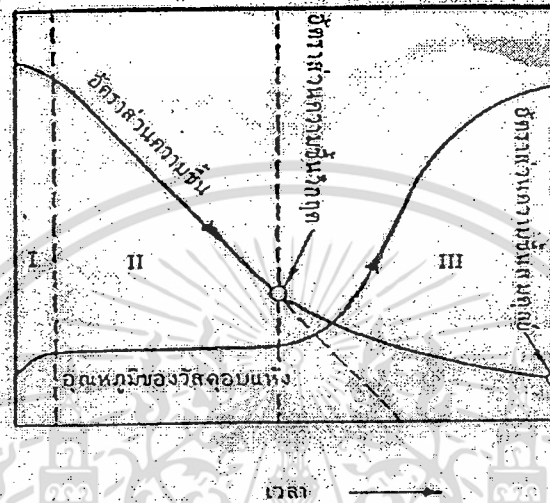
การอบแห้ง คือ กระบวนการที่ความร้อนถูกถ่ายเทด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งไปยังวัสดุที่มีความชื้นเพื่อไล่ความชื้นโดยการระเหย ความร้อนที่วัสดุชั้นได้รับนี้จะนำไปเป็นความร้อนแฝงของการระเหยในกระบวนการอบแห้งจะเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของอากาศชื้น

2.2.1 เงื่อนไขการอบแห้งจะแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

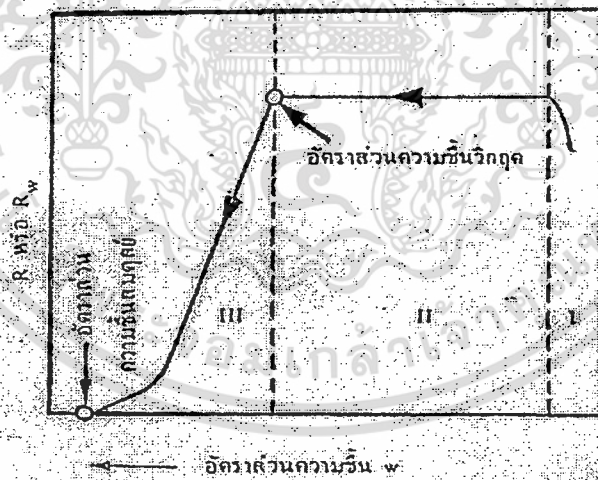
2.2.1.1 เงื่อนไขภายนอกวัสดุ เช่น วิธีถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุ วิธีกำจัดความชื้นที่ระเหยออกมาจากวัสดุ ความชื้นอิมตัวของอากาศร้อน ความดัน และอุณหภูมิของการอบแห้ง

2.2.1.2 เงื่อนไขภายในวัสดุ เช่น ความพรุนของของแข็ง การนำความร้อนของวัสดุชั้น อุณหภูมิของวัสดุชั้น อัตราส่วนความชื้น และอัตราส่วนความชื้นสมดุล

ในการอบแห้งวัสดุเปียกชื้นจะกระทำภายใต้เงื่อนไขการอบแห้งที่คงที่ เช่น ความชื้น ความเร็วลม อุณหภูมิ ความดัน ฯลฯ ถ้าทำการทดลองวัดการเปลี่ยนแปลงมวลและอุณหภูมิของวัสดุอบแห้งกับเวลาจะ ได้เส้นกราฟมีลักษณะดังรูปที่ 2.1 หรือวัดอัตราการอบแห้งกับอัตราส่วนความชื้นจะได้เส้นกราฟที่เรียกว่า “เส้นลักษณะเฉพาะของการอบแห้ง” แสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.1 แสดงการเปลี่ยนแปลงของมวลและอุณหภูมิกับเวลาในการอบแห้ง [14]



รูปที่ 2.2 เส้นลักษณะเฉพาะของการอบแห้ง [14]

จากรูปที่ 2.1 และ 2.2 พบว่าการอบแห้งแบ่งออกเป็น 3 ช่วงใหญ่ๆ ดังนี้

- ก. ช่วงการให้ความร้อนเบื้องต้นแก่วัสดุ
- ข. ช่วงการอบแห้งที่ความเร็วคงที่
- ค. ช่วงการอบแห้งที่ความเร็วลดลง

มีรายละเอียดดังนี้

ก. ช่วงการให้ความร้อนเบื้องต้นแก่วัสดุ

ที่ผิวของวัสดุซึ่งความชื้นจะอยู่ในรูปของเหลว ถ้านำวัสดุขึ้นมาอบภายใต้สภาวะการอบแห้งคงที่ อุณหภูมิของวัสดุจะมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของกระแสลมร้อนช่วงเวลาที่วัสดุใช้เพื่อเพิ่มอุณหภูมิจนถึงค่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกนี้คือ ช่วงที่ 1 ดังรูปที่ 2.1 และ 2.2

ข. ช่วงการอบแห้งที่ความเร็วคงที่

เนื่องจากความร้อนที่ถ่ายเทจากอากาศมายังวัสดุซึ่งทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวล ชื้นพร้อมกัน ในช่วงนี้ความร้อนทั้งหมดที่วัสดุได้รับจะถูกใช้ในการระเหยน้ำ หรือ ของเหลวออกจากวัสดุ ซึ่ง ความร้อนที่วัสดุได้รับในช่วงนี้คือ ความร้อนแฝงในการระเหยนั่นเอง อัตราการอบแห้งในช่วงนี้จึงไม่ ขึ้นกับเงื่อนไขภายในวัสดุ แต่ขึ้นกับเงื่อนไขภายนอกวัสดุที่ใช้ในการอบแห้งช่วงการอบแห้งที่ใช้ความเร็ว คงที่ คือ ช่วงที่ 11 แสดงดังรูปที่ 2.1 และ 2.2

ค. ช่วงการอบแห้งที่ความเร็วลดลง

ในขั้นตอนที่มีความชื้นที่อยู่ในรูปของเหลวในวัสดุจะระเหยหมดเนื่องจากถ่ายเทความร้อนของ ของเหลวจากส่วนในของวัสดุเกิดขึ้นไม่ทันกับการระเหยของของเหลวหรือน้ำจากผิวของวัสดุจะทำให้ อัตรา การอบแห้งในวัสดุลดลง และเรียกอัตราส่วนความชื้นที่เปลี่ยนจากช่วงของการอบแห้งที่ความเร็วคงที่เป็น ช่วงการอบแห้งที่ความเร็วลดลงว่า “อัตราส่วนความชื้นวิกฤติ” หลังจากนั้นวัสดุจะแห้งและอุณหภูมิของวัสดุจะ เริ่มสูงขึ้นจนสมดุลกับอากาศเข้า เรียกอัตราส่วนความชื้นที่จุดสมดุลนี้ว่า “อัตราส่วนความชื้นสมดุล” ช่วง การอบแห้งที่ความเร็วลดลง คือ ช่วงที่ 111 แสดงในรูปที่ 2.1 และ 2.2

2.3 ทฤษฎีกระบวนการถ่ายเทความร้อน [15]

การถ่ายเทความร้อนมี 3 แบบ

2.3.1 การพาความร้อน (Convection)

การพาความร้อนคือ การให้ความร้อนแก่ตัวกลาง (โดยส่วนมากเป็นของไหล เช่น อากาศ หรือน้ำ) จากนั้นก็จะพาตัวกลางที่ทำให้ความร้อนเคลื่อนที่เข้าสู่เป้าหมาย ข้อเสียของวิธีนี้คือ ความร้อนของวัสดุ

เป้าหมายจะขึ้นช้า และจะมีการสูญเสียความร้อนมาก อย่างไรก็ตามวิธีนี้ยังคงเป็นที่นิยมที่สุดเนื่องจากเป็นระบบที่ง่ายต่อการเข้าใจ สามารถหาแหล่งความร้อนได้ง่าย เช่น น้ำมัน ก๊าซ หรือฮีตเตอร์ทั่วๆไป

1) การพาโดยบังคับ (Force convection)

การพาโดยบังคับ คือ การเคลื่อนที่ของความร้อนระหว่างผิวของของแข็ง โดยกลไกภายนอก เช่น พัดลม

2) การพาโดยธรรมชาติ (Free of natural convection)

การพาโดยธรรมชาติ คือ การเคลื่อนที่ของระหว่างผิวของแข็งและของไหลโดยไม่มีกลไกใดๆ ที่ทำให้ของไหลเคลื่อนที่ แต่ของไหลที่อยู่ใกล้ผิวของของแข็งก็อาจจะเคลื่อนที่ได้โดยแรงลอยตัวของของไหลเอง

การคำนวณอัตราการเคลื่อนที่ของความร้อนโดยการพา ดังนี้ คือ

$$q = h_c A (T_h - T_c) \dots\dots\dots (1)$$

เมื่อ q = อัตราการถ่ายเทความร้อนต่อหน่วยพื้นที่ (W / m^2)

A = พื้นที่หน้าตัดที่ความร้อนเคลื่อนที่ (m^2)

h_c = สัมประสิทธิ์การพาความร้อน ($W / m^2 K$)

T_h = อุณหภูมิที่ร้อนกว่า (K)

T_c = อุณหภูมิที่เย็นกว่า (K)

2.3.2 การนำความร้อน (Conduction)

การนำความร้อน จะคล้ายกับการพาความร้อน แต่จะใช้ตัวกลางที่มีการนำความร้อนได้ดีซึ่งมักจะเป็นโลหะ ความร้อนจะถูกนำมาจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง โดยที่ตัวกลางเองจะไม่เคลื่อนที่

หลักการคำนวณของการนำความร้อนถูกตั้งขึ้นโดย โจเซฟ โฟริเออร์ (Joseph Fourier)

นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศส โฟริเออร์ ได้เสนอสมการที่ใช้สำหรับการคำนวณ อัตราการเคลื่อนที่ของความร้อนโดยการนำ ในปี ค.ศ. 1822 โดยอาศัยข้อมูลจากการทดลองดังนี้

$$Q = -kA \left[\frac{dT}{dX} \right] \dots\dots\dots (2)$$

เมื่อ Q = อัตราการถ่ายเทความร้อน (W)

k = ค่าการนำความร้อน (W / mK)

A = พื้นที่ตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของความร้อน (m^2)

$\frac{dT}{dX}$ = อัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิกับระยะทาง

ก. การนำความร้อนผ่านผนังราบชั้นเดียว

เราพิจารณาเฉพาะการเคลื่อนที่ของความร้อนในทิศทาง X หรือ อาจกล่าวได้ว่า อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงเฉพาะในทิศทาง X และอุณหภูมิมีค่าคงที่ในทิศทาง Y และ Z และในผนังไม่มีแหล่งจ่ายพลังงานอื่น จากเงื่อนไขเหล่านี้ และจากสภาวะสม่ำเสมอเราได้ว่า

$$Q = \left[\frac{kA}{I} \right] (T_1 - T_2) \dots\dots\dots (3)$$

เมื่อ Q = อัตราการถ่ายเทความร้อน (W)

k = ค่าการนำความร้อน (W / mK)

A = พื้นที่ตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของความร้อน (m^2)

$T_1 - T_2$ = ความแตกต่างของอุณหภูมิ (K)

I = ความยาวหรือความหนา (m)

ข. การนำความร้อนผ่านผนังหลายชั้น

โดยปกติแล้วเรามักจะต้องการให้มีการสูญเสียความร้อนน้อยที่สุด ซึ่งก็จะทำได้โดยการใช้ผนังที่ทำด้วยวัสดุที่เป็นฉนวนความร้อน นั่นก็คือ วัสดุที่มีค่า k ต่ำ แต่วัสดุที่มีค่า k ต่ำมาก มักจะไม่แข็งแรง ไม่เหมาะที่จะนำมาเป็นโครงสร้าง ในทางปฏิบัติมักใช้วัสดุฉนวนมากกว่า 1 ชนิดในการสร้างผนัง ซึ่งมักประกอบด้วยวัสดุที่แข็งแรง เช่น โลหะ และบุด้วยฉนวน กันความร้อน ดังนั้นจึงควรมีสมาการที่ใช้คำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่มีหลายชั้น

$$q_x = \left[\frac{T_{s,1} - T_{s,4}}{\sum R_r} \right] \dots\dots\dots (4)$$

$$R_r = \frac{1}{h_1 A} + \frac{L_1}{K_A A} + \frac{L_2}{K_B A} + \frac{L_3}{K_C A} + \frac{L_4}{h_4 A}$$

เมื่อ q_x = อัตราการถ่ายเทความร้อนต่อหน่วยพื้นที่ในแนวแกน X

$T_{s,1} - T_{s,4}$ = ความแตกต่างของอุณหภูมิ (K)

A = พื้นที่ตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของความร้อน (m^2)

h = สัมประสิทธิ์การพาความร้อน ($W / m^2 K$)

K = ค่าการนำความร้อน (W / mK)

2.3.3 การแผ่รังสี (Radiation)

การแผ่รังสีความร้อน คือ พลังงานที่ถูกส่งออกไปโดยที่อุณหภูมิจำกัดแน่นอน ถึงแม้ว่าเราจะเห็นการแผ่รังสีจากวัตถุแข็งก็ตาม การส่งออกของรังสีอาจเกิดขึ้นได้จากของเหลวและก๊าซ ดังนั้นโดยไม่คำนึงถึงรูปของสาร การส่งออกรังสีหรือว่าเป็นการเปลี่ยนการจัดเรียงตัวของอิเล็กตรอนขององค์ประกอบอะตอมหรือ โมเลกุล พลังงานของสนามการแผ่รังสีนั้นจะถูกนำออกไปโดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ในขณะที่การถ่าย

พลังงานโดยการนำหรือการพาต้องการวัตถุตัวกลางแต่การแผ่รังสีไม่ต้องการ ในความเป็นจริงการถ่ายเทโดยการแผ่รังสีเกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด ในสุญญากาศ

ใน ค.ศ. 1884 สตีเฟนและ โบลซ์แมน (Stefen and Boltsman) ได้เสนอสมการในการคำนวณอัตราการเคลื่อนที่ของความร้อนสูงสุด ในการแผ่รังสีของวัตถุที่มีพื้นที่ A และอุณหภูมิ T ดังนี้

$$Q = \epsilon \sigma AT^4 \dots\dots\dots (5)$$

เมื่อ $Q =$ อัตราการถ่ายเทความร้อน (W)

$\epsilon =$ ค่าการแผ่รังสี (Emissivity)

$\sigma =$ ค่าคงที่ของ สตีเฟนและ โบลซ์แมน ($5.67 \times 10^{-8} W / m^2 K^4$)

$A =$ พื้นที่ผิวของตัวแผ่รังสี (m^2)

$T =$ อุณหภูมิของตัวแผ่รังสี (K)

2.4 ภาวะที่มีการสูญเสียความร้อนผ่านผนัง [16]

คือ การสูญเสียความร้อนที่ผ่านผนังโดยการนำความร้อนจากภายในสู่ภายนอก เนื่องจากไม่มีฉนวนที่สมบูรณ์ในการป้องกันการนำความร้อนจากภายในมายังภายนอกหึ่ง การคำนวณหาตัวประกอบของความร้อนที่ผ่านผนัง

ปริมาณความร้อนที่สูญเสียในบริเวณผนังต่อหน่วยเวลา เป็นฟังก์ชันของตัวประกอบ 3 ตัวซึ่งมีความสัมพันธ์ตามสมการดังต่อไปนี้

$$Q = U \Delta T \dots\dots\dots (6)$$

เมื่อ $Q =$ อัตราการถ่ายเทความร้อน (W)

$U =$ สัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนทั้งหมด ($W / m^2 K$)

$A =$ พื้นที่ผิวของผนังที่มีการถ่ายเทความร้อน (m^2)

$\Delta T =$ ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างผิว (K)

การคำนวณหาตัวประกอบ U

ตัวประกอบ U ของวัสดุชนิดใดๆที่ใช้ทำผนังประกอบด้วยค่า Conductivity หรือ Conductance ดังตาราง เป็นค่าของ Conductivity หรือ Conductance ของวัสดุที่ใช้บ่อยๆ

Thermal conductivity หรือตัวประกอบ k ของวัสดุกำหนดในหน่วยวัตต์ต่อเมตรต่อองศาเซลเซียส ($W/m K$) และตัวประกอบ k ใช้กับวัสดุที่เป็นเนื้อเดียวกันทั่วทั้งหมด และกำหนดค่าความหนาของวัสดุ 1 เมตร ส่วน Thermal conductance หรือตัวประกอบ c ใช้ได้กับวัสดุที่เป็นเนื้อเดียวกัน ละวัสดุที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน มีหน่วยเป็น $W / m^2 K$

สำหรับวัสดุที่เป็นเนื้อเดียวกัน Thermal conductance กำหนดได้โดยเอาความหนาของวัสดุดังกล่าวไปหารตัวประกอบ k

เพราะฉะนั้น $c = \frac{k}{x}$

เมื่อ $x =$ ความหนาของวัสดุ (m)

ถ้าอัตราความร้อนที่แพร่กระจายผ่านวัสดุที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน ความต้านทานของผนังหรือวัสดุในการให้ความร้อนไหลผ่านเป็นสัดส่วนกลับกับความสามารถของผนังหรือของวัสดุในการให้ความร้อนผ่าน ดังนั้นความต้านทานความร้อนทั้งหมดของผนังสามารถที่จะแสดงจำนวนตัวเลขตรงกันข้ามกลับสัมประสิทธิ์ของการส่งผ่านความร้อนทั้งหมด ส่วนความต้านทานความร้อนของวัสดุแต่ละชนิดสามารถที่จะแสดงตัวเลขกลับกับ Conductivity หรือ Conductance ด้วย

ความต้านทานความร้อนทั้งหมด $R = \frac{1}{U}$

ความต้านทานความร้อนของวัสดุแต่ละชนิด $r = \frac{1}{k}$ หรือ $\frac{1}{c}$ หรือ $\frac{x}{k}$

เมื่อผนังมีวัสดุหลายชั้นที่ใช้ทำและแตกต่างกัน ความต้านทานความร้อนทั้งหมดของผนังเป็นผลรวมของความต้านทานของวัสดุแต่ละชนิดในโครงสร้างของผนังดังนี้

$$\frac{1}{U} = \frac{x}{k_1} + \frac{x}{k_2} + \dots + \frac{x}{k_n} \dots\dots\dots (7)$$

เพราะฉะนั้น

$$U = \frac{1}{\frac{x}{k_1} + \frac{x}{k_2} + \dots + \frac{x}{k_n}}$$

2.5 รายละเอียดการคำนวณภาวะความร้อน [17]

2.5.1 ปริมาณความร้อนที่ขั้วสัมผัสของเหลวหรือสารละลาย คำนวณได้จากสมการดังนี้

$$Q = mC\Delta T \dots\dots\dots (8)$$

เมื่อ $Q =$ ค่าความร้อน (kJ)

$m =$ มวลของเนื้อมะพร้าวขูด (kg)

$C =$ ความจุความร้อนจำเพาะของเนื้อมะพร้าวขูด (kJ/ kg. °C)

$\Delta T =$ อุณหภูมิเพิ่มขึ้น (ถึงอุณหภูมิที่ต้องการ) (°C)

ทั้งนี้อัตราของความร้อนป้อนเข้าก็คือปริมาณความร้อนที่ต้องการหารด้วยระยะเวลาอุ่นถึงต้มจนถึงจุดใช้งาน

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัยและผลการวิจัย

3.1 แนวความคิดในการออกแบบ

1. ถังหรือภาชนะที่ใช้ในการอบแห้งระบบสุญญากาศต้องทนแรงดันสุญญากาศได้
2. ใบกวนภายในถังสุญญากาศต้องทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเคลื่อนที่เพื่อเพิ่มผลผลิตภาพในการอบแห้งระบบสุญญากาศ
3. เพลาใบกวนต้องสามารถทนต่อแรงบิดได้
4. ปริมาตรของผลิตภัณฑ์ที่จะทำการอบแห้งระบบสุญญากาศคือ 1 kg
5. ต้องเลือกใช้วัสดุที่ไม่ทำปฏิกิริยากับเนื้อมะพร้าวชูด
6. เลือกใช้ Stainless Steel AISI Grade 304

3.2 การคำนวณหาขนาดของถังสุญญากาศ[18]

3.2.1 หาปริมาตรของถังภายใน (V)

โดยการนำมะพร้าวชูด 1 kg มาบรรจุในกระป๋องตวงขนาด 1 ลิตร และนำไปชั่งน้ำหนักเป็นจำนวน 3 ครั้งแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยจะได้เท่ากับ 436.81 g หรือเท่ากับ 1 ลิตร

$$\text{เทียบ } 436.81 \text{ g} = 1 \text{ L}$$

$$1000 \text{ g} = 2.289 \text{ L หรือ } 2289 \text{ cm}^3$$

$$\text{ดังนั้น ถ้าเนื้อมะพร้าวชูด 70% จะเท่ากับ } 2289 \text{ cm}^3$$

$$\text{ดังนั้น ปริมาตรของถัง 100% จะเท่ากับ } 3270 \text{ cm}^3$$

3.2.2 ขนาดถังภายใน

ได้ทำการออกแบบถังน้ำและถังความดันให้มีความสามารถที่จะรองรับน้ำหนักของมะพร้าวชูดได้ประมาณ 1 กิโลกรัม ทั้งนี้ถึงที่ออกแบบจะต้องสามารถรองรับปริมาตรของมะพร้าวชูด ที่จะใช้ในระบบ ดังนั้นถึงที่ได้ออกมาจึงมีถังที่มีขนาดพิเศษไม่มีขายตามท้องตลาด จึงต้องทำการตั้งทำพิเศษในการคำนวณหาขนาดของถังมีวิธีการคำนวณดังนี้

$$\text{จากอัตราส่วนที่ใช้ } r: h \\ 1: 3$$

จากสูตร

$$v = \pi r^2 \times h \dots\dots\dots (9)$$

เมื่อ r = รัศมีของถัง cm.

h = ความสูงของถัง cm

v = ปริมาตรของถังภายใน cm^3

$$r = \frac{1}{3} \times h$$

$$V = \pi \left(\frac{h}{3} \right)^2 \times h$$

$$V = \pi \frac{h^3}{9}$$

$$h^3 = \frac{3270}{\frac{\pi}{12}}$$

$$h = \sqrt[3]{\frac{3270 \times 9}{\pi}}$$

$$= 21.07 \text{ cm}$$

$$r = \frac{1}{3} \times h$$

$$r = \frac{21.07}{3}$$

$$r = 7.02 \text{ cm}$$

$$r = 8, h = 16 \text{ cm} \text{ ฉะนั้น } V = 4825.48 \text{ cm}^3$$

3.2.2.1 หากความหนาของถังภายใน

ค่า Yield strength (σ_y) ของ Stainless Steel AISI Grade 304 มีค่า 205 Mpa = 205 N/mm² [19]

N = ค่าความปลอดภัย เลือก 5

r_i = รัศมีของถัง 7.73 cm

P = ผลต่างทางความดันภายในและภายนอกถังซึ่งความดันภายในถึง

สูญญากาศเท่ากับ 0 ความดันภายนอกถึงประมาณเท่ากับ 1 bar หรือ 0.1 N/mm²

จากสูตร

$$\sigma_{IL} = \frac{Pr_i}{2t} \dots \dots \dots (10)$$

$$\sigma_{IL} = \frac{\sigma_y}{N} = \frac{205}{5} = 41 \text{ N/mm}^2$$

$$t = \frac{Pr_i}{2(\sigma_{IL})}$$

$$= \frac{(0.1)(77.3)}{2(41)}$$

$$\therefore t = 0.094 \text{ mm.}$$

3.2.3 ขนาดถังภายนอก

การหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของถังภายนอกเนื่องจากถังภายในมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 16 เซนติเมตร เพื่อช่องว่างด้านข้างถังภายใน 5 เซนติเมตร เพราะฉะนั้นเส้นผ่านศูนย์กลางของถังภายนอกเท่ากับ 26 เซนติเมตร

3.3 การคำนวณหาปริมาตรถังภายนอก

หา (v) ถังภายนอก

จากสูตร

$$\pi r^2 \times h \dots\dots\dots (11)$$

เมื่อ $r =$ รัศมีของถังภายนอก $= 13 \text{ cm}$

$h =$ ความสูงของถังภายนอก $= 29 \text{ cm}$

$$V \text{ ถังภายนอก} = \pi(13^2) \times 29$$

$$\therefore V \text{ ถังภายนอก} = 16282.48 \text{ cm}^3$$

3.4 การคำนวณหาปริมาตรของน้ำ

จากสูตร

$$V \text{ ถังภายนอก} - V \text{ ถังภายใน} \dots\dots\dots (12)$$

เมื่อ $V \text{ ถังภายนอก} = 16282.48 \text{ cm}^3$

$V \text{ ถังภายใน} = 4825.48 \text{ cm}^3$

$$= 16282.48 - 4825.48$$

$$= 11457 \text{ cm}^3$$

$$\therefore 11457 \text{ cm}^3 = 11457 \text{ g} = 11.457 \text{ kg} = 11.457 \text{ l}$$

3.5 การออกแบบใบกวน

3.5.1 รูปร่าง

ในการกวนต้องการให้เนื้อมะพร้าวเกิดการเคลื่อนที่ ทุกส่วนภายในถังเพื่อช่วยในการดูดความชื้น เมื่อทำการสุญญากาศเอาความชื้นออก

3.5.2 การคำนวณหาขนาดเพลาใบกวน [18]

เนื่องจากเพล่าที่ใช้ขับใบกวนเกิดแรงบิดเพียงอย่างเดียว จึงใช้ทฤษฎีของการบิดเข้ามาคำนวณขนาดของเพล่า เริ่มจากคำนวณหาขนาดของมอเตอร์ซึ่งค่าที่คำนวณได้คือ เลือกใช้มอเตอร์ขนาด 1/4 HP ซึ่งเป็นขนาดที่สามารถหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด ให้กำลังขับ (WP) เท่ากับ 186.5 Nm/s ซึ่งเพียงพอในการขับใบกวน ค่าความเร็วรอบสูงสุดจากการทดลองที่ใช้ขับใบกวนเท่ากับ 100 รอบ/นาที

หาขนาดของเพล่า

จากสูตร

$$\tau_d = \frac{Tr}{J} \dots\dots\dots (13)$$

$$\tau_d = \frac{\tau_y}{N} ; \tau_y = 0.6 \sigma_y$$

เมื่อ T = โมเมนต์บิด (Nm)

r = รัศมีที่อกกลม (cm)

J = โมเมนต์เฉื่อยเชิงขั้วของพื้นที่

$$= \frac{\pi}{32} d^4 \text{ สำหรับท่อกลม}$$

d = เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (cm)

Stain steel AISI Grade 304 มีค่าเท่ากับ 205 MPa หรือมีค่าเท่ากับ 205 N/mm²

ค่าความปลอดภัย (N) เท่ากับ 5 [19]

$$\tau_y = 0.6 \times 205 = 123 \text{ N/mm}^2$$

$$\therefore \tau_d = \frac{123}{5} = 24.6 \text{ N/mm}^2$$

จากสูตร

$$P = \frac{2n\pi t}{60} \therefore T = \frac{60(P)}{2n\pi} \dots\dots\dots (14)$$

$$J = \frac{\pi}{32} d^4 ; r = \frac{d}{2} \dots\dots\dots (15)$$

แทนค่าสมการ(15) และสมการ (16) ลงในสมการที่(14)

$$\tau_d = \frac{T(d/2)}{(\pi/32).d^4} = \frac{32T(d/2)}{\pi d^4} = \frac{16T}{\pi d^3}$$

$$= \frac{16 \left(\frac{60(P)}{2n\pi} \right)}{\pi d^3}$$

$$P=186.5 \text{ Nm/s} = 186500 \text{ Nmm/s}$$

$$d^3 = \frac{16 \left(\frac{60 \times 186500}{2 \times 100 \times \pi} \right)}{\pi \times 24.6}$$

$$= \frac{16 \times 17809.43}{77.28}$$

$$= 3687.103 \text{ mm}^3$$

$$\therefore d = 15.44 \text{ mm}$$

∴ เลือกใช้เพลขนาด 20 mm ในการจับใบกวน เนื่องจากต้องใช้ขนาดตามท้องตลาด

3.6 การคำนวณกำลังขับเคลื่อนมอเตอร์ [18]

จากสูตร

$$P = \frac{2\pi nT}{60} \dots\dots\dots (16)$$

เมื่อ $r =$ รัศมีของถังภายใน = 8 cm หรือ 0.08 m

$n =$ ความเร็วรอบ (100 รอบ/นาที)

$T =$ แรงบิด

หา T

$$T = 9.81 \text{ m/s}^2 \times 1 \text{ kg} \times 0.08 \text{ m}$$

$$T = 0.784 \text{ N.m}$$

หา P

$$P = \frac{2 \times 100 \times 3.14 \times 0.784 \text{ N.m}}{60 \text{ s}}$$

$$P = 8.20 \text{ N.m/s หรือ } 8.20 \text{ W}$$

$$\text{เทียบ } 746 \text{ W} = 1 \text{ HP}$$

$$8.20 \text{ W} = 0.0109 \text{ HP}$$

∴ เลือกใช้มอเตอร์ขนาด 1/4 แรงม้า

3.7 การคำนวณภาระความร้อนทั้งหมดที่ใช้ในการสุญญากาศเนื้อมะพร้าวชูดเพื่อใช้ในการเลือก Heater

ภาระความร้อนทั้งหมด = (ความร้อนที่ใช้เพิ่มอุณหภูมิของเนื้อมะพร้าวชูด) + (ความร้อนสูญเสียจากผนังรอบ) + (ความร้อนสูญเสียจากการดูดอากาศออกจากถังเนื้อมะพร้าวชูด)

ก. หาภาระความร้อนที่ใช้เพิ่มอุณหภูมิของเนื้อมะพร้าวชูด จากสูตร

$$Q = mC\Delta T \quad \dots\dots\dots (18)$$

เมื่อ Q = ค่าความร้อน (kJ)

m = มวลของเนื้อมะพร้าวชูด (kg)

C = ความจุความร้อนจำเพาะของเนื้อมะพร้าวชูด (kJ/ kg. °C) [20]

ΔT = อุณหภูมิเพิ่มขึ้น (ถึงอุณหภูมิที่ต้องการ) (°C)

แทนค่า น้ำหนักของเนื้อมะพร้าวชูด 1 kg ความจุความร้อนจำเพาะของเนื้อมะพร้าวชูด 2.85kJ/ kg. °C อุณหภูมิห้องปกติ 25°C อุณหภูมิที่ต้องการ 55°C

$$Q = 1 \times 2.85 \times (55 - 25)$$

$$Q = 85.5 \text{ kJ}$$

เมื่อต้องการทราบ Power (W) โดยใช้เวลา 10 นาที คิดเป็น $10 \times 60 = 600$ วินาที ดังนั้นค่า Power (W) มีค่า

$$\text{เท่ากับ } \left(\frac{85.5 \times 1000}{600} \right) = 142.5 \text{ W}$$

ข. ความร้อนสูญเสียที่ผนังรอบ

จากสูตร

$$Q = UA\Delta T \quad \dots\dots\dots (19)$$

เมื่อ Q = อัตราการถ่ายเทความร้อน (W)

A = พื้นที่ผิวของผนังที่มีการถ่ายเทความร้อน (m^2)

U = สัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนทั้งหมด ($W / m^2 K$)

ΔT = ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างผิว (K)

ข.1 หาพื้นที่ผิวของผนังที่มีการถ่ายเทความร้อน

จากสูตร

$$A = 2\pi r \times h \quad \dots\dots\dots (20)$$

เมื่อ A = พื้นที่ผิวที่ใช้ในการถ่ายเทความร้อน (m^2)

r = รัศมีภายนอก (m)

h = ความสูงของถังภายนอก (m)

แทนค่า $r = 0.136$ (m) $h = 0.293$ (m)

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

$$A = (2 \times \pi \times 0.136) \times (0.293)$$

$$A = 0.2502 \text{ m}^2$$

ข.2 สัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนทั้งหมด

วัสดุที่ใช้ทำผนังของถังภายนอก มีสองชนิดคือ Stainless Steel 304 มีความหนา 1mm และ Fiber Glass มีความหนา 1 inch ความหนาที่กำหนดมานั้นเป็นค่าที่ทางร้านแนะนำมา ในการสั่งซื้อชิ้นงานอุตสาหกรรมทั่วไป

ขั้นตอนการถ่ายเทความร้อนจากน้ำร้อนไปยัง SS 304 Fiber Glass และ SS304 เป็นจำนวน 3 ชั้น ดังนั้นค่า k หรือค่า Thermal conductivity ของ Stainless Steel AISI 316L มีค่าเท่ากับ 16.2 W/m K และ ค่า k ของ Fiber Glass มีค่าเท่ากับ 0.04 W/m K

จากสูตร

$$U = \frac{1}{\frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \frac{x_3}{k_3}} \dots \dots \dots (21)$$

เมื่อ $U =$ สัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนทั้งหมด ($W / m^2 K$)

$x_1 =$ ความหนาของ Stainless Steel AISI 304 (m)

$x_2 =$ ความหนาของ Fiber Glass (m)

$x_3 =$ ความหนาของ Stainless Steel AISI 304 (m)

$k_1 =$ สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของ Stainless Steel AISI 304 (W / mK)

$k_2 =$ สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของ Fiber Glass (W / mK)

$k_3 =$ สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของ Stainless Steel AISI 304 (W / mK)

แทนค่า $x_1 = 0.001 \text{ m}$ $x_2 = 0.03 \text{ m}$ $x_3 = 0.001 \text{ m}$ $k_1 = 16.2 \text{ W / mK}$ $k_2 = 0.04 \text{ W / mK}$

$k_3 = 16.2 \text{ W / mK}$

$$U = \frac{1}{\frac{0.001}{16.2} + \frac{0.03}{0.04} + \frac{0.001}{16.2}}$$

$$U = 1.290 \text{ W / m}^2 \text{ K}$$

ข.3 การหา ΔT

อุณหภูมิภายนอกถึง $25^\circ C$ และอุณหภูมิของน้ำภายใน $80^\circ C$ ดังนั้น ΔT จึงมีค่าเท่ากับ $80 - 25 = 55^\circ C$

แทนค่า $U = 1.290 \text{ W / m}^2 \text{ K}$ $A = 0.2502 \text{ m}^2$ $\Delta T = 55^\circ C$

$$Q = 1.290 \times 0.2502 \times 55$$

$$Q = 17.75 \text{ W}$$

ดังนั้นความร้อนสูญเสียที่ผนังรอบถังต้ม มีค่าเท่ากับ Power 17.75 W

ค. ความร้อนสูญเสียจากการดูดอากาศออกจากถังเนื้อมะพร้าวชูด ซึ่งคือความร้อนแฝงของการทำให้เนื้อมะพร้าวชูดกลายเป็นไอ

จากสูตร

$$Q = mL \dots\dots\dots (22)$$

เมื่อ $Q =$ ความร้อนแฝงที่ต้องนำออกไป

$m =$ น้ำหนักน้ำในเนื้อมะพร้าวชูด

$L =$ ความร้อนแฝงของเนื้อมะพร้าวชูด

ค.1 หาน้ำหนักน้ำในเนื้อมะพร้าวชูด

จากสูตร

$$m = \frac{\% \text{ ความชื้น} \times \text{มวลของเนื้อมะพร้าวชูด}}{100}$$

ค.1.1 หา % ความชื้น

แทนค่า จากการที่หา % ความชื้น โดยการนำเนื้อมะพร้าวชูด ใสในถาดแก้วก่อนอบจะมีน้ำหนัก 95.96 g และเมื่อนำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 105°C ใช้เวลาในการอบ 24 ชม. จะได้เนื้อมะพร้าวชูดหลังอบที่ใสในถาดแก้วจะมีน้ำหนัก 47.26 g

จากสูตร

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{\text{มวลก่อนอบ} - \text{มวลหลังอบ}}{\text{มวลก่อนอบ}}$$

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{95.96 - 47.26}{95.96} \times 100$$

$$= 50\%$$

แทนค่า % ความชื้น = 50% มวลของเนื้อมะพร้าวชูด = 1kg

$$m = \frac{50 \times 1}{100}$$

$$= 0.5 \text{ kg}$$

ค.2 หาคำความร้อนแฝงของเนื้อมะพร้าวชูด

เมื่อ $L =$ ค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (Latent Heat)

$$L = 2502.5 - 2.3858(T - 273.16) \text{ kJ/kg}$$

หา $T = 55^\circ\text{C} + 273.16\text{K}$

$$T = 328.16\text{K}$$

$$L = 2502.5 - 2.3858(328.16 - 273.16) \text{ kJ/kg}$$

$$L = 2502.5 - 131.21$$

$$L = 2371 \text{ kJ/kg}$$

แทนค่า $m = 0.5 \text{ kg}$ $L = 2371 \text{ kJ/kg}$

$$Q = 0.5 \times 2371$$

$$Q = 1185 \text{ kJ}$$

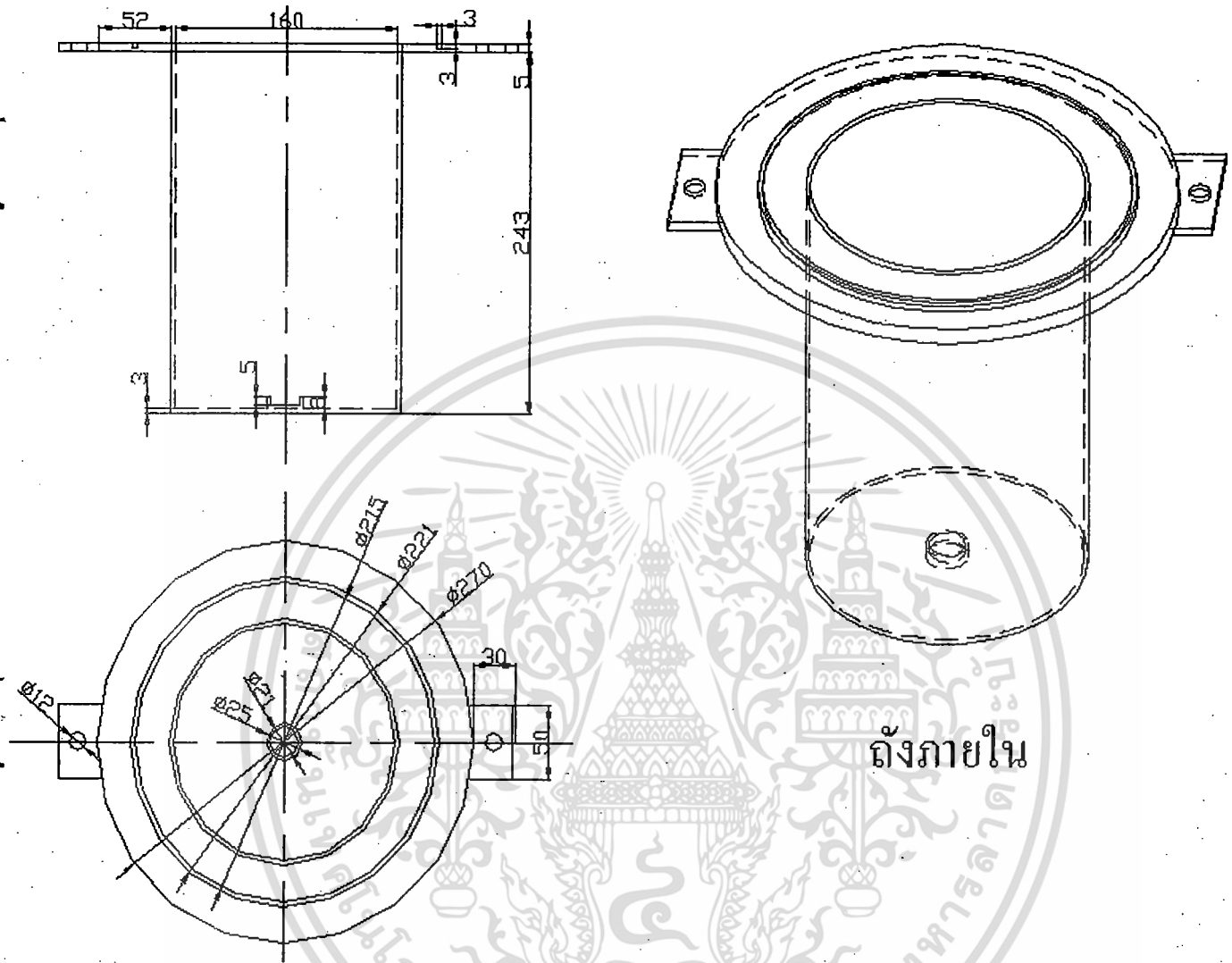
เมื่อต้องการทราบ Power (W) โดยใช้เวลาประมาณ 5 นาที คิดเป็น $5 \times 60 = 300$ วินาที ดังนั้นค่า

Power (W) มีค่าเท่ากับ $\left(\frac{1185 \times 1000}{300}\right) = 3950 \text{ W}$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นภาระความร้อนทั้งหมด} &= 142.5 + 17.75 + 3950 \\ &= 4110 \text{ W} \end{aligned}$$

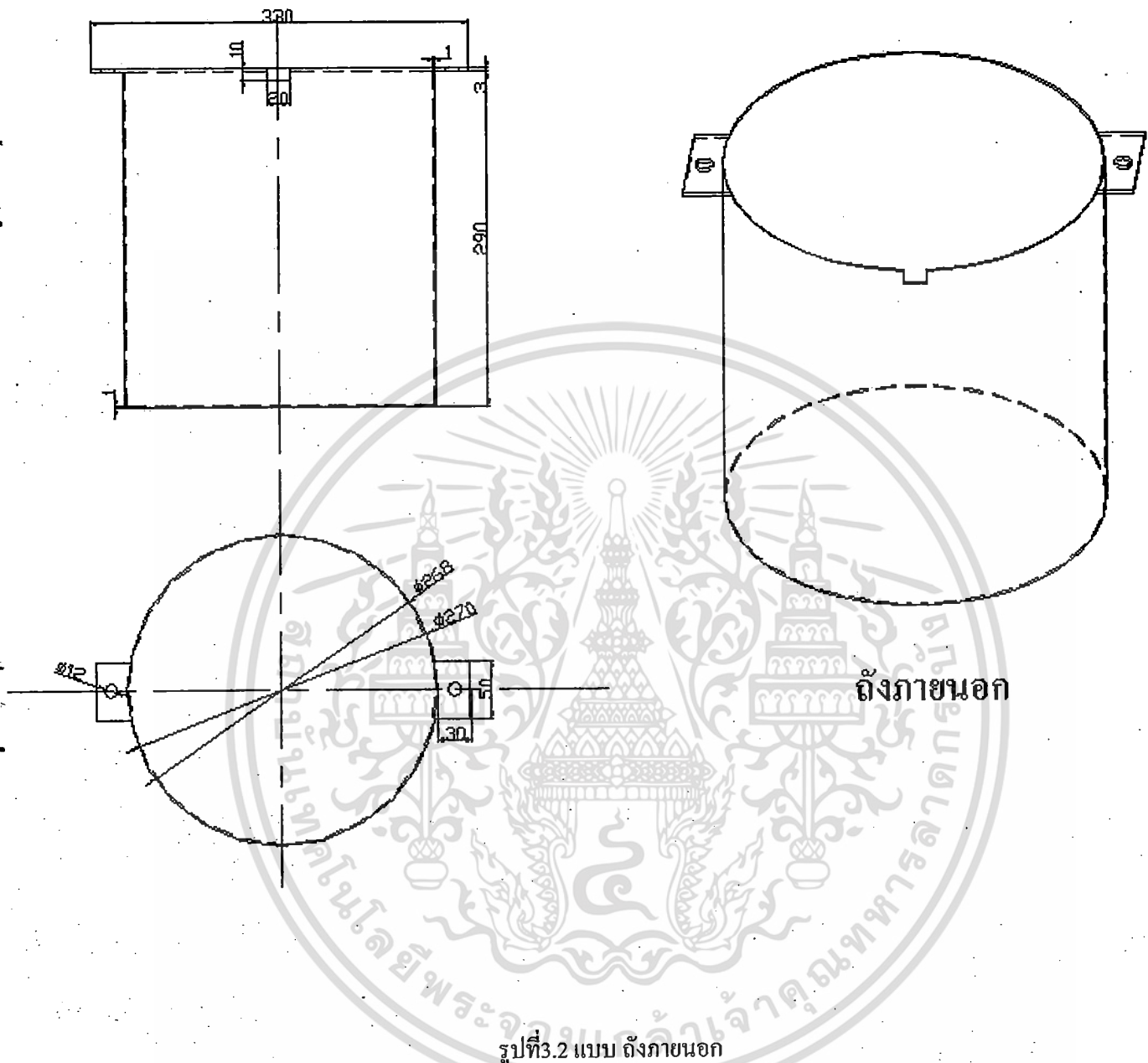
3.8 แบบส่วนประกอบของ เครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวชุดระบบสุญญากาศ

3.8.1 แบบ ถังภายใน หน่วย mm

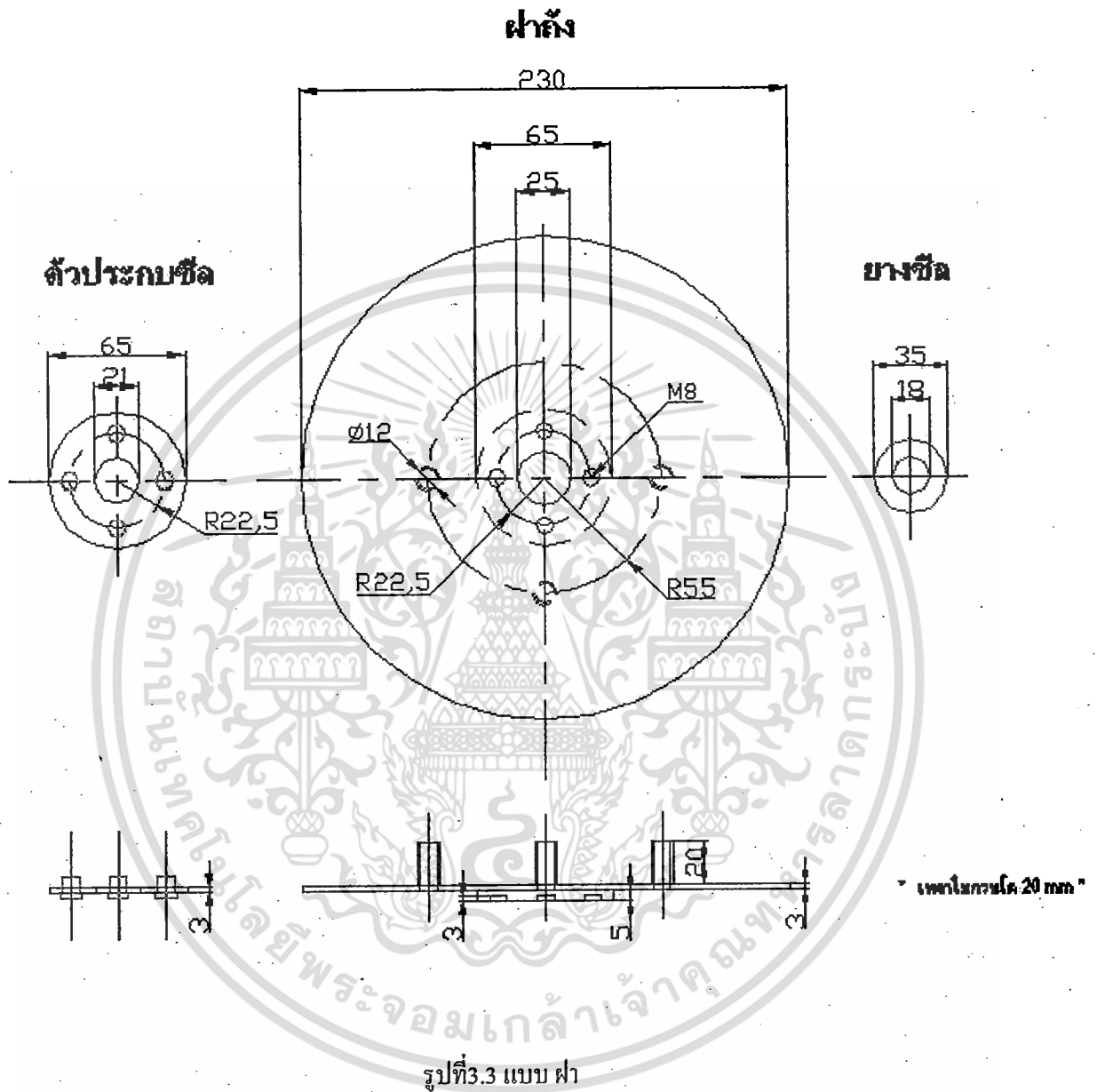


รูปที่ 3.1 แบบ ถังภายใน

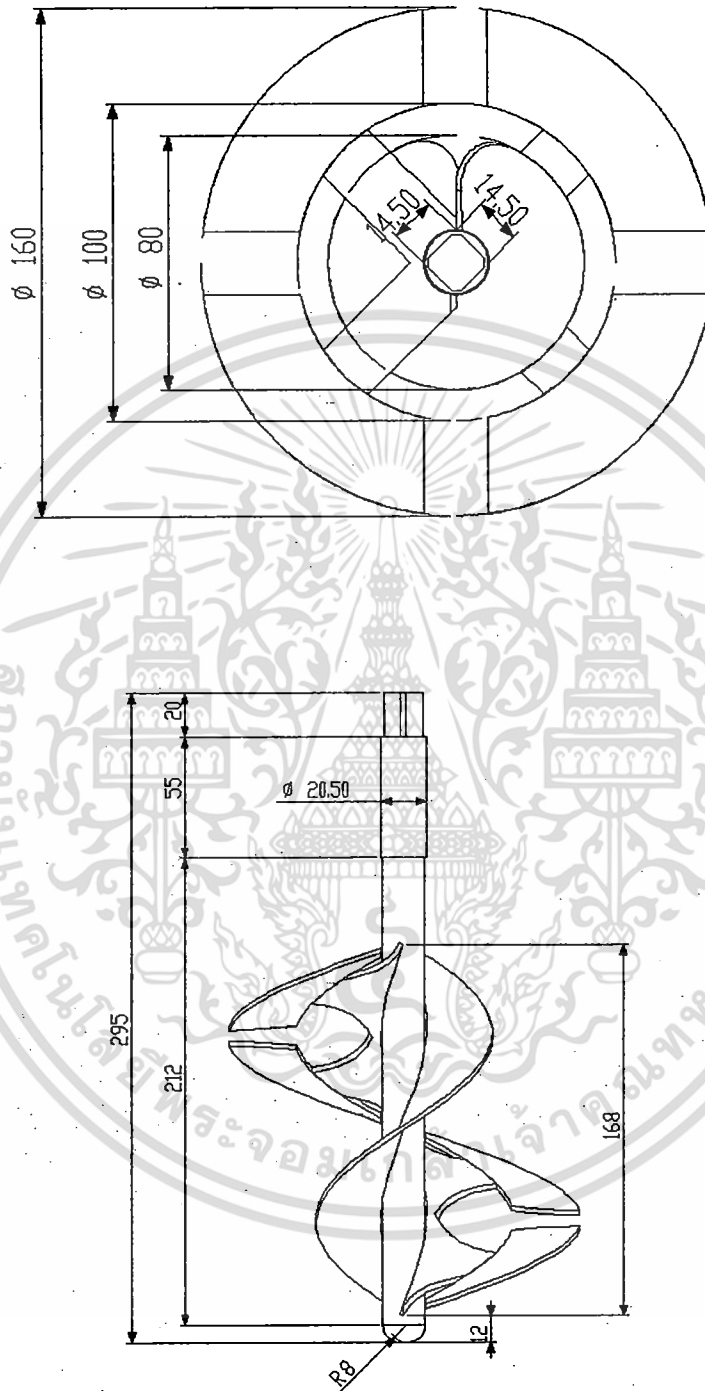
3.8.2 แบบ ถังภายนอก หน่วย mm



3.8.3 แบบ ฝาถัง หน่วย mm

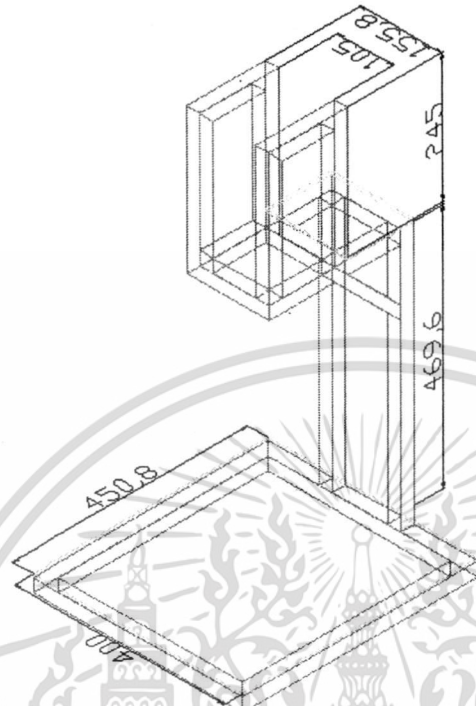


3.8.4 แบบ ใบกวน หน่วย mm



รูปที่ 3.4 แบบ ใบกวน

3.8.5 แบบ แท่นวางมอเตอร์ หน่วย mm



รูปที่ 3.5 แบบ แท่นวางมอเตอร์

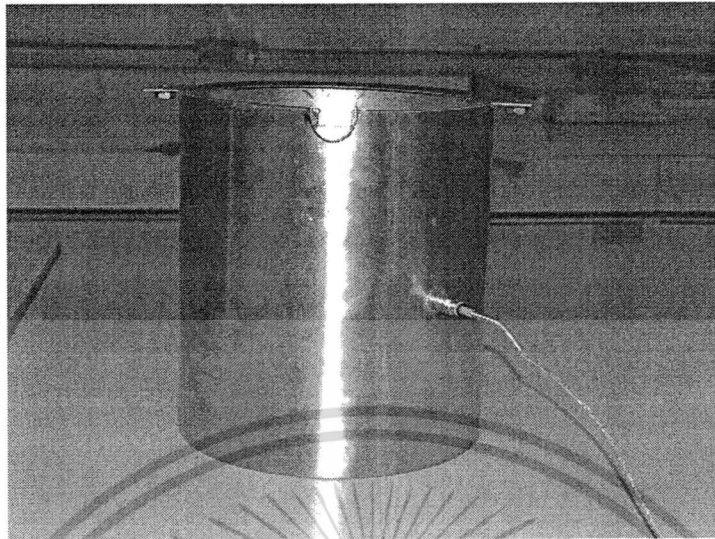
3.9 ส่วนประกอบของ เครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวระบบสุญญากาศ

3.9.1 ถังภายใน



รูปที่ 3.6 ถังภายใน

3.9.2 ถังภายนอก



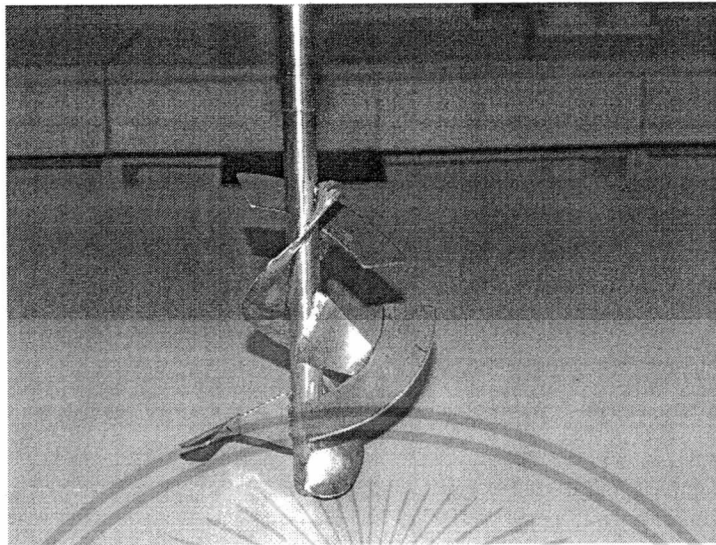
รูปที่ 3.7 ถังภายนอก

3.9.3 ฝาถัง



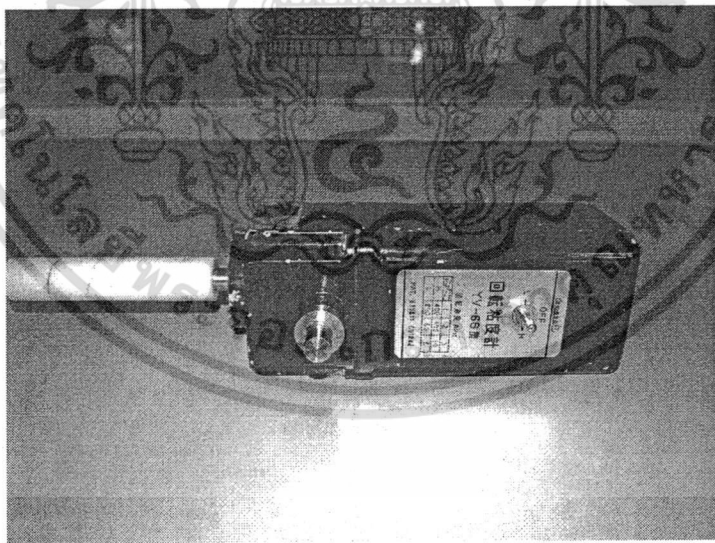
รูปที่ 3.8 ฝาถัง

3.9.4 ไบควอน โดยไบควอนจะต่อเข้ากับมอเตอร์



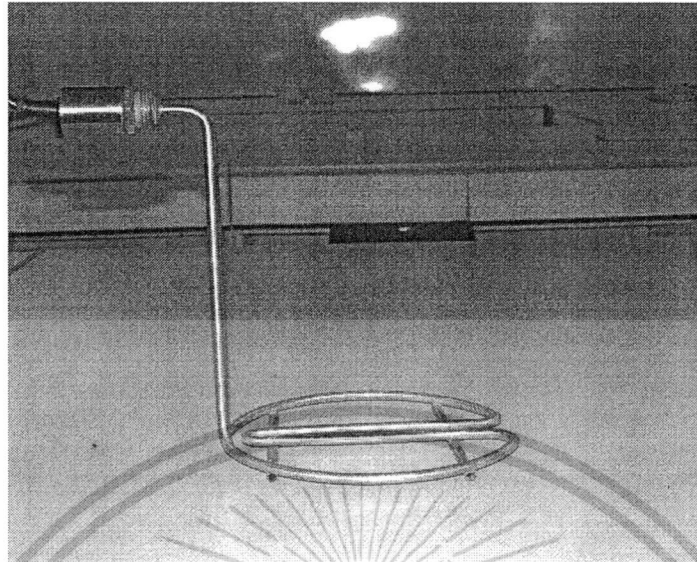
รูปที่ 3.9 ไบควอน

3.9.5 มอเตอร์



รูปที่ 3.10 มอเตอร์

3.9.6 ตัวทำความร้อน จะวางพาดกับถังภายนอก



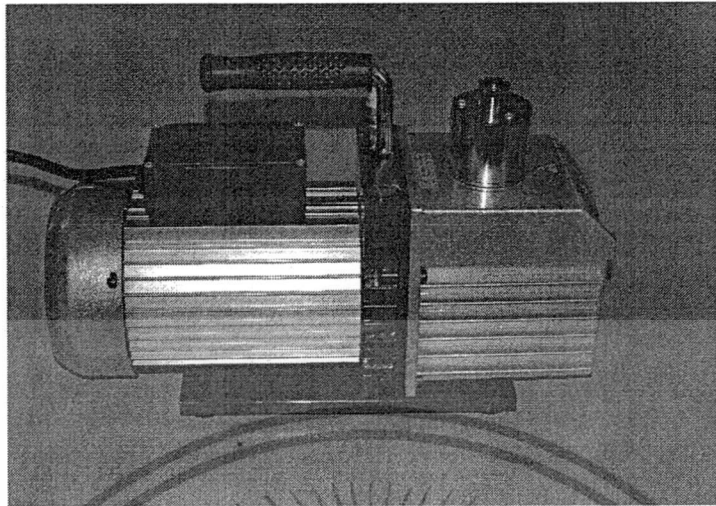
รูปที่ 3.11 ฮีทเตอร์

3.9.7 เครื่องควบคุมอุณหภูมิ



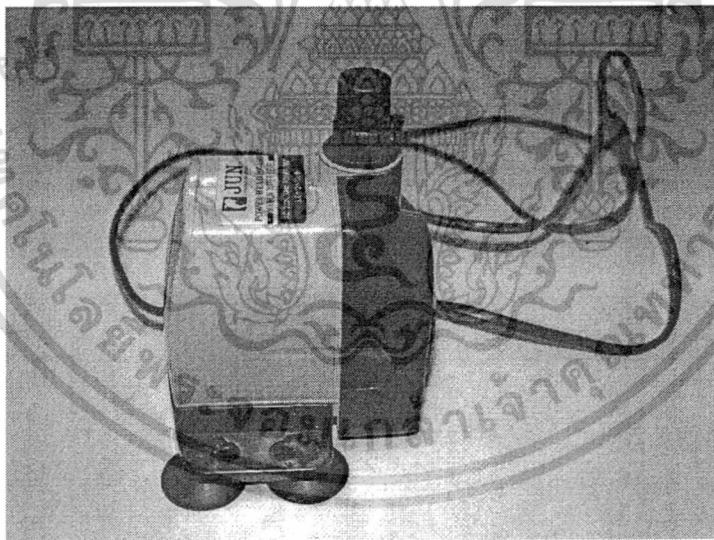
รูปที่ 3.12 เครื่องควบคุมอุณหภูมิ

3.9.8 ปัมสุญญากาศ



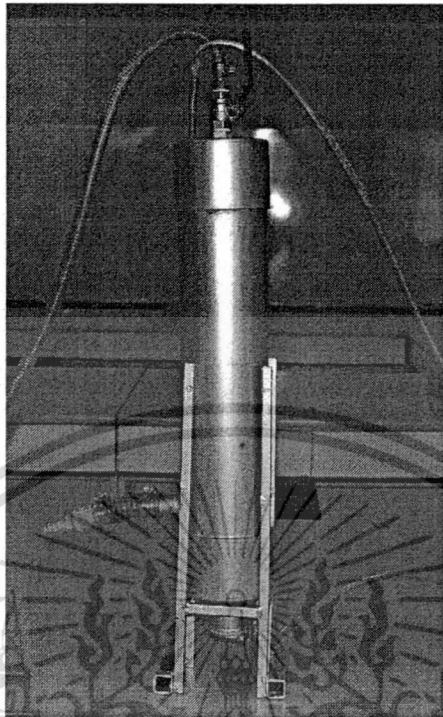
รูปที่ 3.13 ปัมสุญญากาศ

3.9.9 ปัมน้ำ



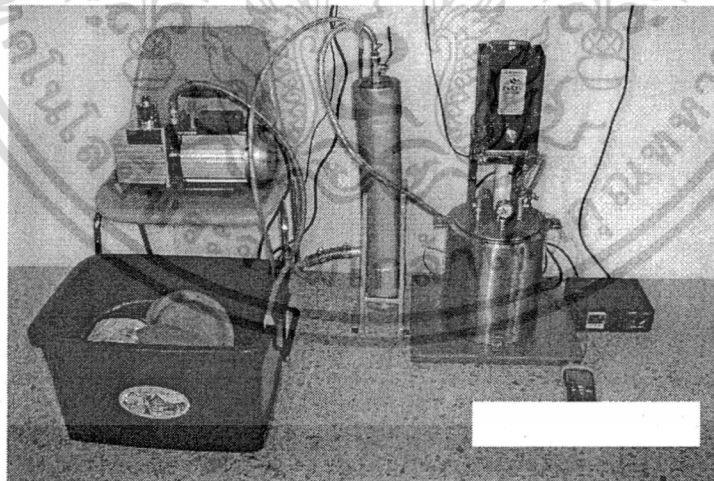
รูปที่ 3.14 ปัมน้ำ

3.9.10 ชุดแรกเปลี่ยนความร้อน



รูปที่ 3.15 ชุดแลกเปลี่ยนความร้อน

3.9.11 เครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวชุดระบบสุญญากาศ



รูปที่ 3.16 เครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวชุดระบบสุญญากาศ

3.10 การทดสอบสมรรถนะ

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวระบบสุญญากาศ การทดลองได้ทดสอบที่ความดันสุญญากาศ 700 – 730 mm Hg ตั้งเครื่องควบคุมอุณหภูมิที่ 60 °C ทำให้ได้อุณหภูมิในถังน้ำตั้งแต่อุณหภูมิ 68.5 –71.5 °C โดยเปลี่ยนความเร็วรอบทั้งหมด 3 ระดับ 0, 50, และ 100 rpm

3.10.1 วัสดุ

1. เนื้อมะพร้าวสดใหม่ จากตลาดหัวตะเข้
2. น้ำแข็งก้อน

3.10.2 อุปกรณ์

1. เครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวระบบสุญญากาศ และอุปกรณ์ส่วนควบ
2. เทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล (Fluke 179 True RMS Multimeter, USA) พร้อมสายเทอร์โมคอปเปิล 2 สาย 1 เครื่อง
3. ถังพลาสติกใส่น้ำแข็ง กว้าง 37 cm ยาว 53 cm สูง 30 cm
4. เครื่องไฮดรอลิก
5. ถาดแตนเลส 1 ถาด
6. แผ่นสแตนเลส กว้าง 20 cm ยาว 20 cm หนา 10 mm
7. ผ้าขาวบาง
8. เข็ช
9. กระบอกตวง

3.10.3 วิธีการทดลอง

1. ตั้งเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวระบบสุญญากาศ
2. ชั่งน้ำหนักเนื้อมะพร้าวสด และบันทึกผล
3. เติมน้ำ 10 ลิตร ลงถังภายนอก เปิดเครื่องควบคุมอุณหภูมิที่ 60 °C
4. สุ่มตัวอย่างเนื้อมะพร้าวสด 3 ตัวอย่าง ชั่งน้ำหนักและบันทึกผล
5. เอาตัวอย่างเข้าสู่อบที่อุณหภูมิ 105 °C และบันทึกเวลา
6. นำเนื้อมะพร้าวสดใส่ลงในถังภายใน ปิดฝา
7. นำมอเตอร์ต่อเข้ากับใบกวน เปิดปั๊มสุญญากาศ เปิดมอเตอร์ และเปิดปั๊มน้ำ
8. บันทึกค่าอุณหภูมิในถังภายนอก อุณหภูมิถึงภายในทุกๆ 5 นาที และเปิดฝาสุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจวัดความชื้นทุกๆ 15 นาที จนกว่าอุณหภูมิถึงภายในจะถึง 55 °C
9. เมื่ออุณหภูมิถึงภายในจะถึง 55 °C นำเนื้อมะพร้าวสดออกมาห่อผ้าขาวบางชั่งน้ำหนัก บันทึกผล

10. นำเนื้อมะพร้าวขูดที่ได้ไปหีบด้วยเครื่องไฮดรอลิก จะได้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์
11. ชั่งน้ำหนักเนื้อมะพร้าวขูดห่อผ้าขาวบางที่หีบน้ำมันแล้ว บันทึกผล

3.10.4 การวัดความชื้น

1 วัสดุ

1. เนื้อมะพร้าวขูด

2 อุปกรณ์

1. ถาดแก้ว
2. เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิทัล (Shimadzu, BX 3000, Japan)
3. ตู้อบ (Mettler, USA)

3 ขั้นตอนในการวัดความชื้น

1. เขียนหมายเลขถาดแก้ว และนำใส่โหลวัดความชื้น
2. นำถาดแก้วชั่งน้ำหนัก บันทึกค่า
3. นำเนื้อมะพร้าวขูดใหม่สุ่มตรวจ 3 ตัวอย่าง ชั่งน้ำหนักบันทึกค่า และเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 105 °C
4. เมื่อครบ 24 ชม. นำตัวอย่างออกจากตู้อบใส่โหลวัดความชื้นทิ้งไว้ให้เย็น ชั่งน้ำหนักบันทึกผล
5. นำเข้าตู้อบอบต่ออีก 6 ชม. จากนั้นทำซ้ำข้อ 4 จนกว่าน้ำหนักของตัวอย่างจะคงที่

3.10.5 การวัดสี (Colorimeter)

1 วัสดุ

1. น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์

2 อุปกรณ์

1. เครื่องวัดสี (Hunter Lab, Mini Scan XE Plus, USA)

3 ระบบการวัดค่าสี

สีเป็นปัจจัยคุณภาพปัจจัยแรกที่ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจซื้อหรือยอมรับคุณภาพของอาหาร เพราะสีเป็นสิ่งที่คนเรารับรู้ได้ง่ายที่สุดเมื่อเทียบกับการรับรู้ทางประสาทสัมผัสชนิดอื่น สียังสามารถบอกถึงปัจจัยคุณภาพอื่น คือ ความแก่อ่อน ความสุก และความสด ซึ่งมนุษย์จะมีการจดจำความหมายของสีที่แตกต่างกัน จึงจำเป็นต้องมีค่าสีมาตรฐานเพื่อใช้บ่งชี้ว่าสีที่เราเห็นมีค่าเท่าใด เพื่อที่เกษตรกร ผู้ซื้อ ผู้ผลิต และผู้บริโภคได้เข้าใจตรงกันและได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตามต้องการ

ซึ่งระบบการวัดค่าสีที่นิยมใช้ในงานวิจัยทางด้านอาหารจะนิยมใช้ระบบ Hunter Color (L^* , a^* , b^*) ซึ่งเป็นระบบที่มีการพัฒนามาจากค่าสีไออีโตรสดีมิวัลส์ (X, Y, Z) และค่าพิคคซีไออีโครมาติซิตี (x, y, z) เพื่อให้สามารถบอกค่าความแตกต่างของสีได้อย่างสม่ำเสมอ ซึ่งความหมายของค่า Hunter L^* , a^* , b^* มีดังนี้ และแสดงไว้ดังรูปที่ 4.1

- 1) ค่า Hunter L^* เป็นค่าความสว่าง มีค่าตั้งแต่ 0 – 100 โดยที่
ค่า Hunter $L^* = 0$ แสดงถึงความเป็นสีดำอย่างสมบูรณ์
ค่า Hunter $L^* = 100$ แสดงถึงความเป็นสีขาวอย่างสมบูรณ์
- 2) ค่า Hunter a^* เป็นค่าที่แสดงความเป็นสีแดงหรือความเป็นสีเขียว โดยที่
ค่า Hunter a^* เป็นบวก แสดงความเป็นสีแดง
ค่า Hunter a^* เป็นลบ แสดงความเป็นสีเขียว
- 3) ค่า Hunter b^* เป็นค่าที่แสดงความเป็นสีเหลืองหรือความเป็นสีน้ำเงิน โดยที่
ค่า Hunter b^* เป็นบวก แสดงความเป็นสีเหลือง
ค่า Hunter b^* เป็นลบ แสดงความเป็นสีน้ำเงิน

4 วิธีการวัดค่าสี

1. นำน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ตัวอย่างมาวัดค่าสีด้วย เครื่องวัดสี
2. เข้าโปรแกรมการวัดสี เลือกหน้าต่าง Master Color Data > Configure > Active View กด OK
3. กดปุ่ม Standardize Glass เพื่อนำแผ่น Black และ White ตั้งค่า Standardize กด OK
4. นำ เครื่องวัดสี มาทาบที่หลอดน้ำ จากนั้นกดปุ่ม Read Sample เพื่อให้ Colorimeter อ่านค่าสีของแต่ละด้าน จากนั้นตั้งชื่อค่าสีที่วัดไป ทำเช่นนี้ครบทั้งสามด้าน
5. เก็บผลการทดลองที่ได้จากตารางนำไปบันทึกผล

บทที่ 4

อภิปรายผลการวิจัยและวิจารณ์

4.1 สีของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยของ L^* a^* b^* ของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่สภาวะต่างๆ

น้ำหนักมะพร้าวชุด (kg)	ความเร็วรอบ (rpm)	L^*	a^*	b^*
0.5	0	87.28	-0.92	7.96
0.5	50	50.99	0.21	9.75
0.5	100	54.08	-0.14	10.57
1	50	56.24	-0.24	9.97
1	100	56.16	-0.30	10.32
น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ จากท้องตลาด		59.95	-0.46	9.53

จะเห็นได้ว่าเมื่อใช้ใบกวนประกอบกับการทำสุญญากาศค่าความสว่าง (L^*) จะน้อยกว่าการทำสุญญากาศที่ไม่ใช้ใบกวน และเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์จากท้องตลาดจะเห็นได้ว่ามีค่าสว่างจะมีค่าใกล้เคียงกับการทำสุญญากาศที่ใช้ใบกวน

จะเห็นได้ว่าเมื่อใช้ใบกวนประกอบกับการทำสุญญากาศค่า a^* ที่ได้จะคิดลบน้อยกว่าการทำสุญญากาศที่ไม่ใช้ใบกวนแสดงว่าสีของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ จากการทดลองที่ใช้ใบกวนจะมีสีเขียวปนอยู่ใกล้เคียงกับท้องตลาด

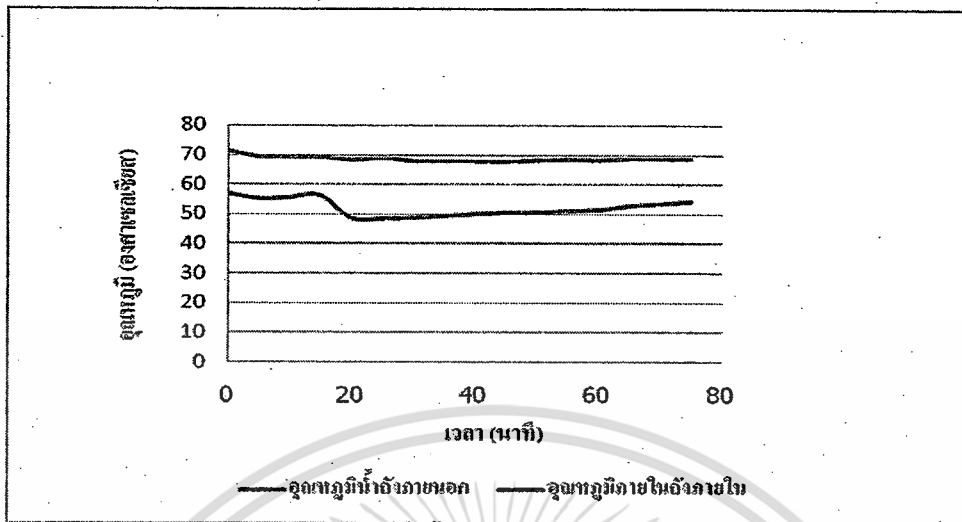
จะเห็นได้ว่าเมื่อใช้ใบกวนประกอบกับการทำสุญญากาศค่า b^* ที่ได้จะเป็นบวกมากกว่าการทำสุญญากาศที่ไม่ใช้ใบกวนแสดงว่าสีของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ จากการทดลองที่ใช้ใบกวนจะมีสีเหลืองปนอยู่ใกล้เคียงกับท้องตลาด

4.2 การใช้พลังงาน

ตารางที่ 4.2 การใช้พลังงาน

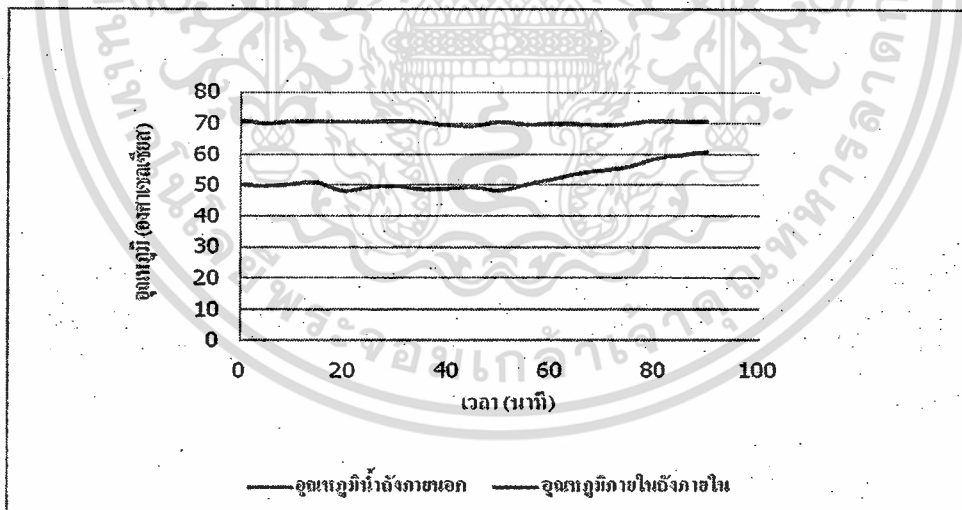
อุปกรณ์	ใช้พลังงาน (W)
Vacuum Pump (Value รุ่น VE280)	750
Motor (YAMASAKI รุ่น YV-6S)	330
Heater	3000

4.3 ผลการวัดอุณหภูมิน้ำถังภายนอกและอุณหภูมิภายในถังสุญญากาศ (ถังภายใน) ที่สภาวะต่างๆ



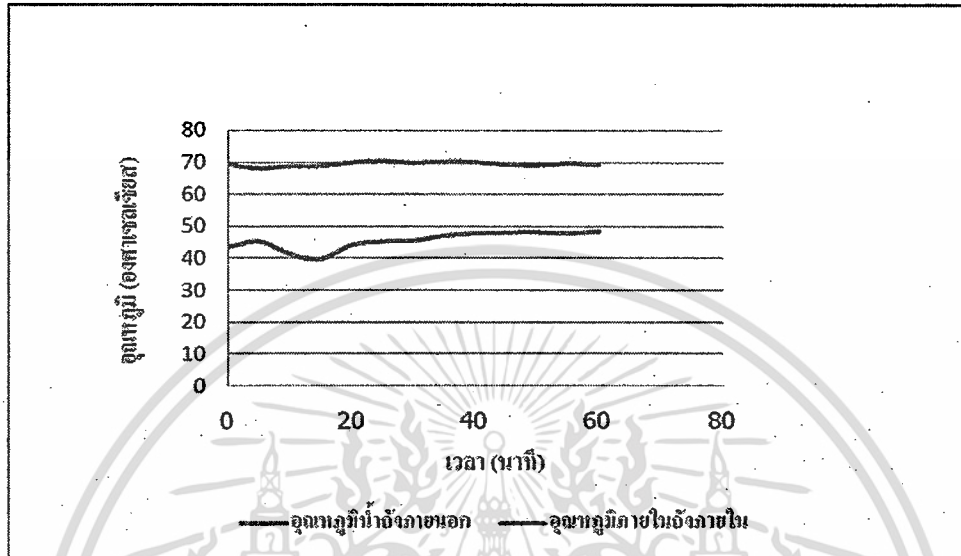
รูปที่ 4.1 กราฟอุณหภูมิถังภายนอกและอุณหภูมิภายในถังสุญญากาศ ที่สภาวะเนื้อมะพร้าวชูดใหม่หนัก 491.22 g ความเร็วรอบ 0 rpm

เมื่อเริ่มเปิดปั๊มสุญญากาศที่อุณหภูมิถังภายนอกประมาณ 70 °C อุณหภูมิของถังภายในจะตกลง เนื่องจากน้ำที่มีอยู่ในเนื้อมะพร้าวชูดถูกดูดออกด้วยปั๊มสุญญากาศซึ่งความร้อนจะถูกดูดออกไปด้วยทำให้ อุณหภูมิตกลงเมื่อทำการสุญญากาศไปเรื่อยๆ น้ำที่มีอยู่ในเนื้อมะพร้าวชูดมีปริมาณลดลงความร้อนจะถูกดูด ออกไปน้อยลงทำให้อุณหภูมิถังภายนอกถ่ายเทเข้ามาสู่ถังภายในทำให้อุณหภูมิถังภายในค่อยๆเพิ่มขึ้น



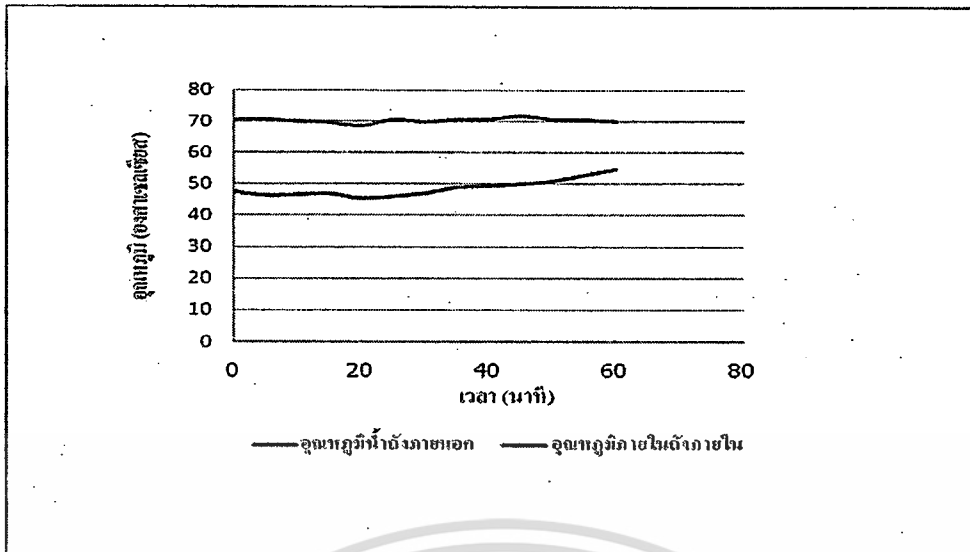
รูปที่ 4.2 กราฟอุณหภูมิถังภายนอกและอุณหภูมิภายในถังสุญญากาศ ที่สภาวะเนื้อมะพร้าวชูดใหม่หนัก 510 g ความเร็วรอบ 50 rpm

เมื่อเริ่มเปิดปั๊มสุญญากาศและมอเตอร์ที่ความเร็วรอบ 50 rpm เนื้อมะพร้าวชูดหนัก 510 g ที่อุณหภูมิ น้ำถึงภายนอกประมาณ 70 °C อุณหภูมิของถึงภายในจะตกลงมากกว่าเมื่อเทียบกับการทำสุญญากาศที่ไม่ใช้ มอเตอร์ในการกวนเนื้อมะพร้าวชูด เนื่องจากการใช้ใบกวนช่วยในการทำสุญญากาศทำให้อุณหภูมิภายในถึง ภายในไม่คงที่ จะอยู่ช่วงประมาณ 48 – 50 °C หลังจากทำการสุญญากาศไปประมาณ 50 นาที อุณหภูมิจะเริ่ม สูงขึ้น



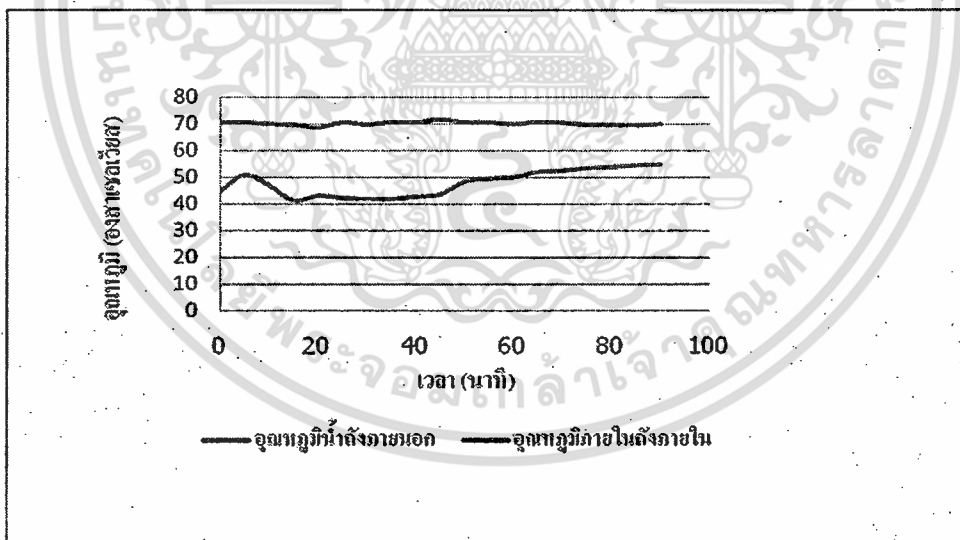
รูปที่ 4.3 กราฟอุณหภูมิ น้ำถึงภายนอกและอุณหภูมิภายในถึงภายใน ที่สภาวะเนื้อมะพร้าวชูดใหม่หนัก 978.34 g ความเร็วรอบ 50 rpm

เมื่อเริ่มเปิดปั๊มสุญญากาศและมอเตอร์ที่ความเร็วรอบ 50 rpm เนื้อมะพร้าวชูดหนัก 978.34 g ที่ อุณหภูมิ น้ำถึงภายนอกประมาณ 70 °C อุณหภูมิของถึงภายในจะตกลงมากกว่าการทำสุญญากาศที่เนื้อ มะพร้าวชูดหนัก 510 g เนื่องจากที่สภาวะเนื้อมะพร้าวชูดหนัก 978.34 g อุณหภูมิถึงภายในจะตกลงมากกว่า การทำสุญญากาศเนื้อมะพร้าวชูดหนัก 510 g ที่ความเร็วรอบ 50 rpm



รูปที่ 4.4 กราฟอุณหภูมิในถังภายนอกและอุณหภูมิภายในถังภายใน ที่สถานะเนื้อมะพร้าวชูดใหม่หนัก 514.96 g ความเร็วรอบ 100 rpm

เมื่อเริ่มเปิดปั๊มสุญญากาศและมอเตอร์ที่ความเร็วรอบ 100 rpm เนื้อมะพร้าวชูดหนัก 514.96 g ที่อุณหภูมิในถังภายนอกประมาณ 70 °C อุณหภูมิของถังภายในจะตกลงมากกว่าการทำสุญญากาศที่ความเร็วรอบ 50 rpm เนื่องจากความเร็วของมอเตอร์ที่ความเร็วรอบ 100 rpm จะทำให้เนื้อมะพร้าวชูดถูกคววนจากด้านล่างสู่ด้านบนได้ดีขึ้น มีผลทำให้การทำสุญญากาศใช้เวลาสั้นลง

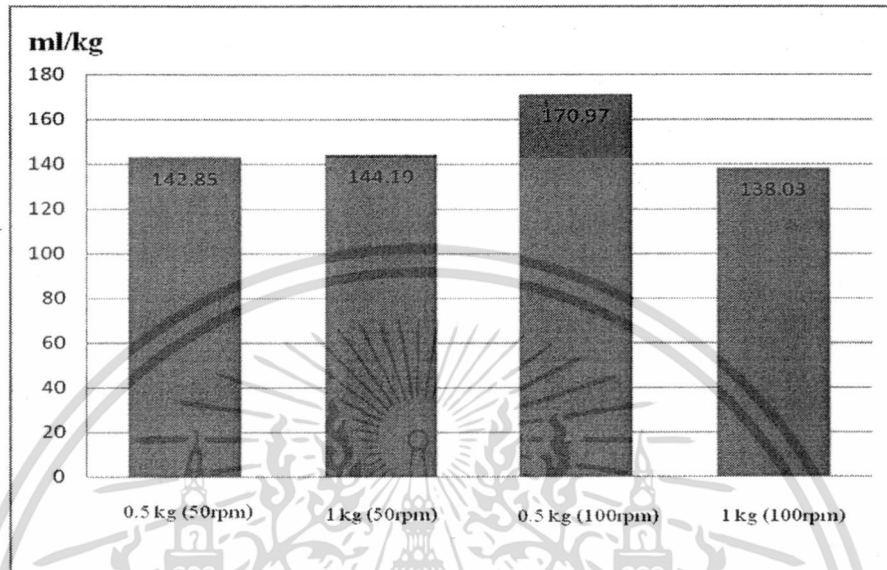


รูปที่ 4.5 กราฟอุณหภูมิในถังภายนอกและอุณหภูมิภายในถังภายใน ที่สถานะเนื้อมะพร้าวชูดใหม่หนัก 997.30 g ความเร็วรอบ 100 rpm

เมื่อเริ่มเปิดปั๊มสุญญากาศและมอเตอร์ที่ความเร็วรอบ 100 rpm เนื้อมะพร้าวชูดหนัก

997.30 g ที่อุณหภูมิน้ำถึงภายนอกประมาณ 70 °C อุณหภูมิของถึงภายในจะตกลงและใช้เวลาสั้นกว่าเมื่อ
เทียบกับการทำสุญญากาศที่เนื้อมะพร้าวชูดใหม่หนัก 978.34 g ความเร็วรอบ 50 rpm

4.4 ปริมาณน้ำมันมะพร้าวต่อ 1 กก. เนื้อมะพร้าวชูดสดที่สภาวะต่างๆ



รูปที่ 4.6 กราฟแท่งแสดงปริมาณน้ำมันมะพร้าวต่อ 1 กก.
เนื้อมะพร้าวชูดสดที่สภาวะต่างๆ

การทดลองวัดปริมาณน้ำมันมะพร้าวที่สภาวะต่างๆ ได้ปริมาณน้ำมันมะพร้าวที่มากที่สุดที่สภาวะ
สภาวะเนื้อมะพร้าวชูดใหม่หนัก 514.96 g ความเร็วรอบ 100 rpm และได้ปริมาณน้ำมันมะพร้าวน้อยที่สุดที่
สภาวะเนื้อมะพร้าวชูดใหม่หนัก 997.30 g ความเร็วรอบ 100 rpm

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุป

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวชุดระบบสุญญากาศ การทดลองได้ทดสอบที่ความดันสุญญากาศ 700 – 730 mm Hg ตั้งเครื่องควบคุมอุณหภูมิที่ 60 °C ทำให้ได้อุณหภูมิในถังน้ำตั้งแต่อุณหภูมิ 68.5 – 71.5 °C โดยเปลี่ยนความเร็วรอบทั้งหมด 3 ระดับ 0, 50, และ 100 rpm

จากการทดลองวัดค่าสีได้ว่าสีน้ำมันมะพร้าว ที่มีความสว่างใกล้เคียง กับน้ำมันมะพร้าวจากห้องตลาดที่สุดคือน้ำมันมะพร้าวที่สภาวะเนื้อมะพร้าวชุดใหม่หนัก 978.34 g ความเร็วรอบ 50 rpm

จากการทดลองวัดปริมาณน้ำมันมะพร้าวที่สภาวะต่างๆ ได้ปริมาณน้ำมันมะพร้าวที่มากที่สุดที่สภาวะสภาวะเนื้อมะพร้าวชุดใหม่หนัก 514.96 g ความเร็วรอบ 100 rpm และได้ปริมาณน้ำมันมะพร้าวน้อยที่สุดที่สภาวะเนื้อมะพร้าวชุดใหม่หนัก 997.30 g ความเร็วรอบ 100 rpm



เอกสารอ้างอิง

- [1] ณรงค์ โคมเจลา. 2548. มหัศจรรย์น้ำมันมะพร้าว. วารสารพืชปลูกพื้นเมืองไทย ปีที่1 (ฉบับที่2 – ฉบับพิเศษ เรื่องมะพร้าว)
- [2] Enig, M.G. 1996. Health and Nutritional Benefits from Coconut Oil: An Important Functional Food for the 21st Century, AVOC (ASEAN Vegetable Oil Club) Lauric Oils Symposium, Ho chi Min, Vietnam, 25 April 1996.
- [3] Enig, M.G. 1999. Coconut: In Support of Good Health in the 21st Century. Paper presented at the 36th Meeting of APCC.
- [4] Enig, M.G. 2000. Know Your Fats: The Complete Primer for Understanding the Nutrition of Fat, Oils and Cholesterol. Bethesda Press, Bethesda, MD, USA.
- [5] Enig, M.G.; and Fallon, S. 1998. The Oiling of America. Nexus Magazine, Part 1, p.7.
สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร
- [6] ศูนย์สถิติการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2549. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปีเพาะปลูก 2549 กรุงเทพมหานคร. <http://www.oae.go.th/statistic/yearbook49/section2/sec2table43.pdf>
- [7] วลี อ่อน मुख จุลพันธ์ เพ็ชรพิรุณ และคนอง คลอดเฟิง. 2532. มะพร้าว. เอกสารวิชาการ
- [8] Müller, H., Lindman, A.S., Blomfeldt, A., Seljeflot, I. and Pedersen, J.I. 2003. A diet rich in coconut oil reduces diurnal postprandial variations in circulating tissue plasminogen activator antigen and fasting lipoprotein (a) compared with a diet rich in unsaturated fat in women. *J. Nutrition*, 133 (11), 3422-3427.
- [9] Tholstrup, T., Miller, G.J., Bysted, A. and Sandström, B. 2003. Effect of individual dietary fatty acids on postprandial activation of blood coagulation factor VII and fibrinolysis in healthy young men. *Am. J. Clin. Nutr.*, 77, 1125-1132.
- [10] สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2006. การผลิตน้ำมันมะพร้าวบีบเย็นคุณภาพสูง www.tistr.or.th/tistr2006/source/techno/pdf/cold_pressed_coconut_oil_production.pdf
- [11] วิฑูร รัตนศักดิ์. 2531. “สุญญาภาศกกับการใช้งาน.” วารสารเทคนิค. 5(39): 65-72
- [12] Sujata Jena, H. Das, Modelling for vacuum drying characteristics of coconut presscake. India: ScienceDirect, 2007.
- [13] Nonhebel, G., and Moss, A.A.H. Drying of Solids in the Chemical Industry. 1st ed. London: Butterworth & Co. Ltd., 1971.
- [14] วิวัฒน์ ตันทะพาณิชกุล. 2533. คู่มืออุปกรณ์การผลิตในอุตสาหกรรมเคมี. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

- [15] นายแก่นศักดิ์ พึ่งศักดิ์และคณะ. 2547. “เครื่องผลิตซูปปาอัดโนมัต” วิทยานิพนธ์
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบัน
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [16] อัครเดช สีนุรักษ์. 2532. “การทำความเย็น” กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง.
- [17] มนต์รี พิรุณเกษตร. “เทอร์โม-ความร้อนประยุกต์” กรุงเทพฯ: ซีเอ็ด
- [18] วริทธิ์ อิงภากรณ์ และ ชาญ ถนัดงาม. 2537. การออกแบบเครื่องจักรกล. เล่มที่ 1 พิมพ์ครั้งที่ 10.
กรุงเทพฯ : บริษัท เอช.เอ็น.กรุ๊ป จำกัด
- [19] SWASTIK FOILS. 2005. swastikbrochure.pdf. [Online].
Available: <http://www.swastikfoils.com>
- [12] The Engineering Toolbox. “Food and Foodstuff – Specific Heat Capacities” [Online].
Available: http://www.engineeringtoolbox.com/specific-heat-capacities-food-d_295.html

