



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การสกัดน้ำสับปะรดและผลิตเชื้อเพลิงแข็งชีวมวลจากเปลือกสับปะรด

นายสนธิสุข ธีระชัยชยติ

RCH
TP
339
ส 192ก

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 130287
ร.น. เดือน. ปี. 2 38ย. 2557

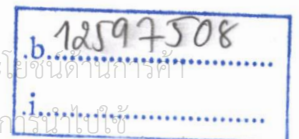
ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2555

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กิตติกรรมประกาศ

ในงานวิจัยนี้ ผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณ คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้การสนับสนุนในด้านต่างๆ จนทำให้งานวิจัยนี้เสร็จสิ้นได้ด้วยดีและต้องขอขอบคุณ สถาบันเทคโนโลยีพระเจ้าเกล้าเจ้าคุณทหารที่ให้การสนับสนุนงานวิจัยนี้ ตลอดจนขอขอบคุณรัฐบาลที่อนุมัติเงินงบประมาณเพื่อมาสนับสนุนงานวิจัยนี้

ผศ.ดร.สนธิสุข ธีระชัยชยุติ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ การสกัดน้ำสับปะรดและผลิตเชื้อเพลิงแข็งชีวมวลจากเปลือกสับปะรด
 ชื่อโครงการ Juice extraction and biomass fuel production from pineapple peel
 แหล่งเงิน คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 ประจำปีงบประมาณ 2555 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 244,000 บาท
 ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ ปี 2554 ถึง ปี 2555 /
 ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ พร้อมระบุ หน่วยงานต้นสังกัด
 ผศ.ดร. สนธิสุข อีระชัยชยติ คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
 ลาดกระบัง

บทคัดย่อ

สับปะรดเป็นพืชที่มีความสำคัญของประเทศไทย สามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิด ปัจจุบันมีของเสียจากสับปะรดเหลือทิ้งจากโรงงานเป็นจำนวนมาก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อนำของเสียมาพัฒนาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยตอนที่ 1 ได้ทำการสกัดน้ำสับปะรดจากเปลือกด้วยหลักการ solid-liquid extraction โดยใช้น้ำสะอาดและใช้อุณหภูมิในการสกัดที่ 40 °C 60 °C และ 80 °C และแปรเปลี่ยนสัดส่วนของเปลือกสับปะรดต่อน้ำ รวมถึงทำการเปลี่ยนแปลงขนาดของเปลือกสับปะรด ทำการสกัดจนกระทั่งระบบเข้าสู่สมดุล จึงนำน้ำสับปะรดที่ได้ทำการระเหยจนได้น้ำสับปะรดที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดเท่ากับน้ำสับปะรดตามธรรมชาติ แล้วนำน้ำสับปะรดทำการสกัดมาเปรียบเทียบกับน้ำสับปะรดจริงจากค่าความหวาน ค่าสี ค่า pH และ ค่า % pulp จากผลการทดลอง พบว่าอัตราการสกัดขึ้นกับสัดส่วนของเปลือกและน้ำ ตลอดจนขนาดของชิ้นเปลือก น้ำสับปะรดสกัดที่อุณหภูมิ 80 °C มีอัตราในการสกัดสูงสุด แต่คุณภาพที่ได้ต่างจากน้ำสับปะรดจริงมาก ส่วนน้ำสับปะรดสกัดที่อุณหภูมิ 40 °C มีอัตราในการสกัดที่ต่ำ แต่ได้น้ำสับปะรดที่มีคุณภาพที่ดีกว่าและมีความเหมาะสมสำหรับกระบวนการสกัด

ตอนที่ 2 ทำโดยนำเปลือกสับปะรดที่ผ่านกระบวนการสกัดมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่งเปรียบเทียบกับการใช้เปลือกสับปะรดสด โดยการนำเปลือกสับปะรดไปตากแห้ง จากนั้นนำมาบดด้วยเครื่องบด ใช้อัตราส่วนการผสมระหว่างสารยัต (แป้งมันสำปะหลัง) กับเปลือกสับปะรดในอัตราส่วนต่างๆ เพื่อพิจารณาหาปริมาณของสารยัตที่เหมาะสมที่นำมาผสมเพื่ออัดให้ได้เป็นแท่งเชื้อเพลิงที่แข็งแรงด้วยเครื่องอัดแบบสกรู จากนั้นนำไปแท่งเชื้อเพลิงไปตากแห้งอีกครั้ง แล้วนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆของเชื้อเพลิงอัดแท่ง ได้แก่ ค่าความหนาแน่น แร่งกระแทก ค่าประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อน ค่าปริมาณความร้อน และต้นทุนการผลิต โดยพบว่า จำนวนวันที่ตาก (4 วัน สำหรับเปลือกสด, 1 วัน สำหรับเปลือกสกัด) และอัตราส่วนแป้ง (10% สำหรับเปลือกสด, 15% สำหรับเปลือกสกัด) เหมาะสมสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงแท่งจากเปลือกสับปะรด ดังนั้น เปลือกสับปะรดมีศักยภาพที่จะนำมาใช้ในการผลิตเป็นเชื้อเพลิงแข็งชีวมวลได้

คำสำคัญ: น้ำสับปะรด, เปลือก, การสกัด, ชีวมวล, เชื้อเพลิง

Research Title: Juice extraction and biomass fuel production from pineapple peel

Researcher: Mr.Sontisuk Teerachaichayut

Faculty: Agro-Industry **Department:** Food Process Engineering

ABSTRACT

Pineapple is an important fruit of Thailand. Pineapple can be processed to various type of products. There is a lot of waste from pineapple factory. Therefore this research aims to develop and utilize from waste. First, juice from peel was extracted using solid-liquid extraction technique. Pure water and various extracted temperature such as 40 °C 60 °C and 80 °C were considered. Ratios of peel and water were varied and sizes of peel were varied Extraction was finished when process was equilibrium. Acquired juice was evaporated until total soluble solids content was the same as natural juice and then compare the quality (color; pH; %pulp). Results showed that extraction rate depended on ratio of peel and water and peel size. 80 °C obtained highest rate of extraction but the quality was much different from natural juice. However 40 °C obtained the better quality and should be suitable for the extraction process.

Second, peel after extraction was used for biomass fuel production compare to fresh peel use. Peel was dried by exposing to the sun and then disintegrated by hammer mill. Ratio of binder (starch) and peel was varied in order to investigate the strength of an acquired fuel bar after passing through a screw press machine. Fuel bars were dried again by exposing to the sun. The properties of fuel bars were analyzed such as density, impact, efficiency of heat utilization, heating value and production cost. The results showed that drying period of 4 days for fresh peel and 1 day for extracted peel and binder ratio of 10% for fresh peel and 15% for extracted peel obtained the optimal conditions for production of fuel bar. Therefore pineapple peel is potential to use for production of biomass fuel.

Keywords : pineapple juice, peel, extraction, biomass, fuel

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ.....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญภาพ.....	ช
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....	3
1.5 สมมติฐานงานวิจัย.....	5
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง/การทบทวนวรรณกรรม.....	7
2.1 สืบประวัติ.....	7
2.2 หลักการถ่ายเทมวล.....	10
2.3 ทรัพยากรชีวมวล.....	12
2.4 แ่งเชื้อเพลิงแข็ง.....	17
2.5 แป้งมันสำปะหลัง.....	20
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง /การทบทวนวรรณกรรม.....	22
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	25
3.1 ตอนที่ 1 กระบวนการสกัดน้ำสับประวัติจากเปลือกสับประวัติพันธุ์ปัดตาเวีย.....	25
3.2 ตอนที่ 2 การผลิตเชื้อเพลิงแข็งชีวมวลจากเปลือกสับประวัติพันธุ์ปัดตาเวีย.....	26
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	30
4.1 ตอนที่ 1 กระบวนการสกัดน้ำสับประวัติจากเปลือกสับประวัติพันธุ์ปัดตาเวีย.....	30
4.2 ตอนที่ 2 การผลิตเชื้อเพลิงแข็งชีวมวลจากเปลือกสับประวัติพันธุ์ปัดตาเวีย.....	46
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บรรณานุกรม.....	57
ภาคผนวก.....	61
ประวัตินักวิจัย.....	93



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 พลังงานชีวมวลที่เกิดขึ้นแต่ละปี.....	15
2.2 แสดงราคาชีวมวลที่ได้จากการสำรวจภาคสนามเดือนพฤษภาคม-ตุลาคม 2553.....	16
3.1 ตารางแสดงอัตราส่วนที่ใช้ในการผสมแป้ง.....	27
4.1 แสดงค่าสีของน้ำสับปรดจากเปลือกที่สภาวะต่างๆเทียบกับน้ำสับปรดสด.....	45
4.2 แสดงความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากเปลือกสด.....	50
4.3 แสดงความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากเปลือกสับปรดที่ผ่านกระบวนการสกัด.....	50
4.4 แสดงค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงที่ได้จากเปลือกสดและเปลือกสับปรดที่ผ่านกระบวนการสกัด.....	53
4.5 แสดงค่าประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของแท่งเชื้อเพลิง.....	54
4.6 แสดงค่าผลการทดสอบแรงกระแทกของแท่งเชื้อเพลิง.....	55
ก1 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับค่าความหวาน ณ ปีจจัยที่ต่างกัน.....	61
ก2 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับค่าความหวาน ณ ปีจจัยที่ต่างกัน.....	62
ก3 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับค่าความหวาน ณ ปีจจัยที่ต่างกัน.....	63
ก4 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับค่าความหวาน ณ ปีจจัยที่ต่างกัน.....	64
ก5 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหวานกับเวลาในการทดลองซ้ำ.....	65
ก6 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหวานกับเวลาในการทดลองซ้ำที่ 2.....	66
ก7 ตารางแสดงค่า pH ก่อนและหลังการระเหยในการทดลองซ้ำที่ 1.....	67
ก8 ตารางแสดงค่า pH ของการทดลองซ้ำที่ 2 ณ ปีจจัยที่ต่างกัน.....	68
ก9 ตารางแสดงค่า pH ของการทดลองซ้ำที่ 2 ณ ปีจจัยที่ต่างกัน.....	69
ก10 ตารางแสดงค่าสีเป็นค่าของ L,a,b ของน้ำสับปรดสกัดจากเปลือกก่อนทำการระเหย.....	69
ก11 ตารางแสดงค่าสีเป็นค่าของ L,a,b ของน้ำสับปรดสกัดจากเปลือกหลังทำการระเหย.....	70
ก12 ตารางแสดงค่าสีการทดลองซ้ำครั้งที่ 2 ชุดที่ 1.....	70
ก13 ตารางแสดงค่าสีการทดลองซ้ำครั้งที่ 2 ชุดที่ 2.....	71
ก14 ตารางแสดงค่าสีการทดลองซ้ำครั้งที่ 2 ชุดที่ 3.....	71
ก15 ตารางแสดงค่าสีการทดลองซ้ำครั้งที่ 2 ชุดที่ 4.....	72
ก16 ตารางแสดงค่าสีการทดลองซ้ำครั้งที่ 2 ชุดที่ 5.....	72
ก17 ตารางแสดงค่าสีการทดลองซ้ำครั้งที่ 2 ชุดที่ 6.....	73
ก18 ตารางแสดงค่าสีการทดลองซ้ำครั้งที่ 2 หลังการระเหย.....	73
จ1 แสดงระยะเวลาที่ใช้ในการตาก น้ำหนัก และเวลาที่ใช้ในการบดและอัด.....	91
จ2 แสดงอัตราการผลิตและเปอร์เซ็นต์การสูญเสียของเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่งสูตรต่างๆ.....	92

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 แสดงวัฏจักรพลังงาน.....	3
2.1 แสดงเตาอังโล่ที่มีประสิทธิภาพ.....	20
4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าความหวานที่สัดส่วน 1:5.....	31
4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าความหวานที่สัดส่วน 0.5:5.....	32
4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหวานกับเวลาในการทดลองซ้ำที่สัดส่วน 1:5.....	33
4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหวานกับในการทดลองซ้ำที่สัดส่วน 0.5:5.....	33
4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหวานเฉลี่ยกับเวลา ณ อุณหภูมิที่ต่างกัน.....	34
4.6 ภาพแสดงขนาดของชิ้นเนื้อเปลือกที่ 5 cm (รูปซ้ายมือ) และ 10 cm (รูปขวามือ).....	35
4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหวานกับเวลาที่อุณหภูมิ 80 °C	35
4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าความหวาน ที่อุณหภูมิ 60 °C ขนาดชิ้นต่างกัน.....	36
4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าความหวานที่อุณหภูมิ 80 °C อัตราส่วนเปลือก ต่อน้ำ 1:5 ขนาดชิ้นเปลือก 10 cm.....	36
4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าความหวานที่อุณหภูมิ 80 °C อัตราส่วนเปลือก ต่อน้ำ 1:5 ขนาดชิ้นเปลือก 5 cm.....	37
4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าความหวานที่อุณหภูมิ 80 °C อัตราส่วนเปลือก ต่อน้ำ 0.5:5 ขนาดชิ้นเปลือก 10 cm.....	37
4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าความหวานที่อุณหภูมิ 80 °C อัตราส่วนเปลือก ต่อน้ำ 0.5:5 ขนาดชิ้นเปลือก 5 cm.....	38
4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าความหวานที่อุณหภูมิ 60 °C อัตราส่วนเปลือก ต่อน้ำ 1:5 ขนาดชิ้นเปลือก 10 cm.....	38
4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าความหวานที่อุณหภูมิ 60 °C อัตราส่วนเปลือก ต่อน้ำ 1:5 ขนาดชิ้นเปลือก 5 cm.....	39
4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าความหวานที่อุณหภูมิ 60 °C อัตราส่วนเปลือก ต่อน้ำ 0.5:5 ขนาดชิ้นเปลือก 10 cm.....	39
4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าความหวานที่อุณหภูมิ 60 °C อัตราส่วนเปลือก ต่อน้ำ 0.5:5 ขนาดชิ้นเปลือก 5 cm.....	40
4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าความหวานที่อุณหภูมิ 40 °C อัตราส่วนเปลือก ต่อน้ำ 1:5 ขนาดชิ้นเปลือก 10 cm.....	40
4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าความหวานที่อุณหภูมิ 40 °C อัตราส่วนเปลือก ต่อน้ำ 1:5 ขนาดชิ้นเปลือก 5 cm.....	41
4.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าความหวานที่อุณหภูมิ 40 °C อัตราส่วนเปลือก ต่อน้ำ 0.5:5 ขนาดชิ้นเปลือก 10 cm.....	41
4.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าความหวานที่อุณหภูมิ 40 °C อัตราส่วนเปลือก ต่อน้ำ 0.5:5 ขนาดชิ้นเปลือก 5 cm.....	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปยังหน่วยงานอื่นใด

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.21 กราฟแสดงค่า pH ณ สภาวะที่แตกต่างกัน.....	43
4.22 กราฟแสดงค่า pH ณ สภาวะที่ต่างกัน ในการทำซ้ำ.....	44
4.23 รูปแสดงสีของน้ำสับประรดสกัดจากเปลือกที่ อุณหภูมิ 40°C สัดส่วนระหว่างของแข็งกับ ของเหลว 1:5 ขนาดชิ้นของเปลือกสับประรด 5 cm ก่อนการระเหย (ก) หลังการระเหย (ข) และ น้ำสับประรดสด (ค).....	45
4.24 กราฟแสดงค่าความชื้นหลังการตาก 4 วันของเปลือกสด.....	46
4.25 แสดงการเปรียบเทียบค่าความชื้นของเปลือกสับประรดสดตามระยะเวลาการตากแห้ง.....	47
4.26 แสดงการค่าความชื้นสุดท้ายหลังการตากแห้งของแห้งเชื้อเพลิงเปลือกสด.....	47
4.27 กราฟแห้งแสดงค่าความชื้นสุดท้ายหลังการอัดแห้งของเปลือกสกัด.....	48
4.28 แสดงการเปรียบเทียบค่าความชื้นของเปลือกสับประรดสดและเปลือกสับประรดที่ผ่านกระบวนการ สกัด.....	49
4.29 แสดงผลค่าความชื้นสุดท้ายหลังการตากแห้งของแห้งเชื้อเพลิงเปลือกสับประรดที่ผ่านกระบวนการ สกัด.....	49
4.30 กราฟแสดงค่าความหนาแน่นของแห้งเชื้อเพลิงเปลือกสดแบบ Bulk Density.....	51
4.31 กราฟแสดงค่าความหนาแน่นของแห้งเชื้อเพลิงเปลือกสับประรดที่ผ่านกระบวนการสกัดแบบ Bulk Density.....	51
4.32 กราฟแสดงค่าความหนาแน่นของแห้งเชื้อเพลิงเปลือกสดแบบ True Density.....	52
4.33 กราฟแสดงค่าความหนาแน่นของแห้งเชื้อเพลิงเปลือกสดแบบ True Density.....	52
4.34 แผนภูมิแสดงค่าความร้อนของแห้งเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ.....	54
ข1 สับประรดที่ใช้ในการทดลอง.....	74
ข2 เปลือกสับประรดที่ใช้ในการทดลอง.....	74
ข3 เปลือกสับประรดจัดเรียงในตะแกรง.....	75
ข4 เปลือกสับประรดในหม้อต้มเตรียมสกัด.....	75
ข5 ลักษณะหม้อขณะสกัด.....	76
ข6 ตำแหน่งตรวจค่าความหวาน.....	76
ข7 การตรวจค่าความหวานด้วย Hand Refractometer.....	77
ข8 สับประรดหลังการบีบ.....	78
ข9 น้ำสับประรดหลังการสกัด.....	78
ข10 เครื่อง Centrifuge Uniersal 16ตรวจคุณสมบัติค่า % pulp.....	79
ข11 เครื่อง pH meter METTLER TOLEDO ตรวจคุณสมบัติค่า pH.....	79
ข12 เครื่อง Hunter Lab ColorQuest XE ตรวจคุณสมบัติค่าสี (ด้านขวา) คิวเวทใส่น้ำตัวอย่าง (ด้านซ้าย).....	79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ข13 เครื่อง Rotary Evaporation R-210/R-215.....	80
ค1 น้ำสับปะรดที่สกัดจากเปลือกที่อุณหภูมิ 80 °C สัดส่วนระหว่างของแข็งของเหลว 0.5 : 5 ขนาดขึ้น 5 cm (รูปซ้าย) อุณหภูมิ 80 °C สัดส่วนระหว่างของแข็งของเหลว 0.5 : 5 ขนาดขึ้น 10 cm (รูปขวา).....	81
ค2 น้ำสับปะรดที่สกัดจากเปลือกที่อุณหภูมิ 80 °C สัดส่วนระหว่างของแข็งของเหลว 1 : 5 ขนาดขึ้น 5 cm (รูปซ้าย) อุณหภูมิ 80 °C สัดส่วนระหว่างของแข็งของเหลว 1 : 5 ขนาดขึ้น 10 cm (รูปขวา).....	81
ค3 น้ำสับปะรดที่สกัดจากเปลือกที่อุณหภูมิ 60 °C สัดส่วนระหว่างของแข็งของเหลว 1 : 5 ขนาดขึ้น 10 cm (รูปซ้าย) อุณหภูมิ 60 °C สัดส่วนระหว่างของแข็งของเหลว 1 : 5 ขนาดขึ้น 5 cm (รูปขวา).....	82
ค4 น้ำสับปะรดที่สกัดจากเปลือกที่อุณหภูมิ 60 °C สัดส่วนระหว่างของแข็งของเหลว 0.5 : 5 ขนาดขึ้น 10 cm (รูปซ้าย) อุณหภูมิ 60 °C สัดส่วนระหว่างของแข็งของเหลว 0.5 : 5 ขนาดขึ้น 5 cm (รูปขวา).....	82
ค5 น้ำสับปะรดที่สกัดจากเปลือกที่อุณหภูมิ 40 °C สัดส่วนระหว่างของแข็งของเหลว 1 : 5 ขนาดขึ้น 5 cm (รูปซ้าย) อุณหภูมิ 40 °C สัดส่วนระหว่างของแข็งของเหลว 0.5 : 5 ขนาดขึ้น 10cm (รูปขวา).....	83
ค6 น้ำสับปะรดที่สกัดจากเปลือกที่อุณหภูมิ 40 °C สัดส่วนระหว่างของแข็งของเหลว 0.5 : 5 ขนาดขึ้น 5 cm (รูปซ้าย) อุณหภูมิ 40 °C สัดส่วนระหว่างของแข็งของเหลว 1 : 5 ขนาดขึ้น 10 cm (รูปขวา).....	83
ค7 น้ำสับปะรดที่สกัดจากเปลือกที่อุณหภูมิ 40 °C สัดส่วนระหว่างของแข็งของเหลว 1 : 5 ขนาดขึ้น 10 cm (รูปซ้าย) อุณหภูมิ 40 °C สัดส่วนระหว่างของแข็งของเหลว 1 : 5 ขนาดขึ้น 5 cm (รูปขวา).....	84
ค8 น้ำสับปะรดที่สกัดจากเปลือกที่อุณหภูมิ 40 °C สัดส่วนระหว่างของแข็งของเหลว 0.5 : 5 ขนาดขึ้น 10 cm.....	84
ค9 น้ำสับปะรดที่สกัดจากเปลือกที่อุณหภูมิ 60 °C สัดส่วนระหว่างของแข็งของเหลว 0.5 : 5 ขนาดขึ้น 10 cm (รูปซ้าย) อุณหภูมิ 60 °C สัดส่วนระหว่างของแข็งของเหลว 0.5 : 5 ขนาดขึ้น 5 cm (รูปขวา).....	85
ค10 น้ำสับปะรดที่สกัดจากเปลือกที่อุณหภูมิ 60 °C สัดส่วนระหว่างของแข็งของเหลว 1 : 5 ขนาดขึ้น 10 cm (รูปซ้าย) อุณหภูมิ 60 °C สัดส่วนระหว่างของแข็งของเหลว 1 : 5 ขนาดขึ้น 5 cm (รูปขวา).....	85
ค11 น้ำสับปะรดที่สกัดจากเปลือกที่อุณหภูมิ 80 °C สัดส่วนระหว่างของแข็งของเหลว 1 : 5 ขนาดขึ้น 10 cm (รูปซ้าย) อุณหภูมิ 80 °C สัดส่วนระหว่างของแข็งของเหลว 1 : 5 ขนาดขึ้น 5 cm (รูปขวา).....	86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ค12 น้ำสับปะรดที่สกัดจากเปลือกที่อุณหภูมิ 80 °C สัดส่วนระหว่างของแข็งของเหลว 0.5 : 5 ขนาดชั้น 10 cm (รูปซ้าย) อุณหภูมิ 80 °C สัดส่วนระหว่างของแข็งของเหลว 0.5 : 5 ขนาดชั้น 5 cm (รูปขวา).....	86
ง1 อุปกรณ์และเครื่องจักรที่ใช้ในการทดลอง.....	87
ง3 เชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด.....	88
ง4 ตัวอย่างแท่งเชื้อเพลิงที่มีความยาวขนาด 1 นิ้ว.....	89



บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สับปะรด (*Ananas comosus* L.) เป็นผลไม้เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย โดยในปี พ.ศ. 2552 สามารถส่งออกในรูปของสับปะรดบรรจุภาชนะ มีปริมาณการส่งออกรวม 473,279 ตัน คิดเป็นมูลค่าการส่งออก 13,905 ล้านบาท และส่งออกน้ำสับปะรดมีปริมาณการส่งออกรวม 151,414 ตัน คิดเป็นมูลค่าการส่งออก 6,523.6 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553)

สับปะรดเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวจำพวกไม้เนื้ออ่อนที่มีอายุหลายปี สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ดี ปลูกได้ในดินแทบทุกแห่งในประเทศไทย ระยะเวลาเพาะปลูกและเก็บเกี่ยว โดยปกติแล้วสับปะรดจะทยอยออกสู่ตลาดทั้งปี จัดเป็นพืชทางเลือกที่เกษตรกรไทยสามารถหันมาปลูกได้มากขึ้น ถ้าสามารถยกระดับราคาและปริมาณความต้องการของตลาด จากการศึกษาประเทศไทยสามารถปลูกสับปะรดได้เกือบตลอดปี ดังนั้นการเก็บผลสับปะรดก็สามารถทำได้เกือบตลอดทั้งปีเช่นกัน จึงเป็นผลดีต่อเกษตรกรที่จะมีรายได้ตลอดทั้งปี (เกตุอร, 2541)

สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียได้รับการแปรรูปในหลายรูปแบบ ได้แก่ สับปะรดกระป๋อง น้ำสับปะรด สับปะรดแช่แข็ง ในจำนวนผลผลิตสับปะรดที่ส่งออกทั้งหมดนั้น สับปะรดกระป๋องเป็นผลิตภัณฑ์สับปะรดที่มีสัดส่วนการส่งออกสูงที่สุดประมาณร้อยละ 70 ของการส่งออกสับปะรดทั้งหมด โดยอุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋อง ซึ่งประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกสับปะรดกระป๋องรายใหญ่ที่สุดของโลก ปัจจุบันโรงงานผลิตสับปะรดกระป๋องทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่รวมกันประมาณ 40 โรง สับปะรดกระป๋องเป็นอุตสาหกรรมผลไม้แปรรูปที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของไทย และเชื่อมโยงภาคการผลิตด้านการเกษตรกับภาคอุตสาหกรรมที่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่ม สามารถสร้างรายได้เข้าประเทศปีละประมาณ 13,000 ล้านบาท โดยไทยเป็นผู้ส่งออกสับปะรดกระป๋องเป็นอันดับ 1 ของโลก มีส่วนแบ่งการตลาดประมาณร้อยละ 35-40 โดยประเทศคู่แข่งที่สำคัญ ได้แก่ เวียดนาม ฟิลิปปินส์ และอินโดนีเซีย (ธีระ, 2553) อย่างไรก็ตาม อุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋องของไทยประสบกับปัญหาด้านต้นทุนการผลิต เนื่องจากค่าจ้างแรงงานที่สูงกว่า ตลอดจนต้นทุนด้านพลังงานที่สูง เนื่องจากประเทศไทยต้องนำเข้าเชื้อเพลิงมาใช้สำหรับการผลิต

ดังนั้น การพัฒนากระบวนการผลิต การนำของเหลือทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์และให้มีมูลค่าสูงขึ้น ตลอดจนการพัฒนาการผลิตเชื้อเพลิงทางเลือกเพื่อทดแทนมาใช้แทนการนำเข้าเชื้อเพลิง จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อที่จะให้อุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋องของไทยเพิ่มขีดความสามารถในการส่งออกและเพิ่มศักยภาพในการแข่งขัน สามารถยืนหยัดและสู้กับคู่แข่งในตลาดการค้าเสรีได้อย่างยั่งยืน

สับปะรดเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้ดี ปลูกได้ในดินแทบทุกแห่งในประเทศไทย เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ เมื่อเจริญเป็นผลแล้วจะเจริญต่อไปโดยตาคีลำต้น จะเติบโตเป็นต้นใหม่ได้อีก และสับปะรดสามารถตัดแปลงเป็นไม้ประดับได้อีกด้วย สับปะรดเป็นพืชที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมเกษตร นอกจากจะนิยมบริโภคสดแล้ว ยังสามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิด เช่น สับปะรดกระป๋อง น้ำสับปะรด สับปะรดแช่แข็ง สับปะรดกวน สับปะรดอบแห้ง และอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋อง เปลือกใช้เป็นอาหารสัตว์ ใบใช้ทำเส้นใยและกระดาษ

ปัจจุบันมีขยะจากสับปะรดเหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก ซึ่งมาจากการปอกเปลือกของสับปะรดเพื่อนำเนื้อของสับปะรดไปใช้ประโยชน์ โดยเหลือเปลือกของสับปะรดทิ้งเป็นขยะจำนวนมาก โดยไม่สามารถนำไปรีไซเคิลได้เหมือนขยะแห้งทั่วไป รวมทั้งสับปะรดเป็นขยะที่ทิ้งไว้นานแล้วเกิดกลิ่นเหม็นได้ ดังนั้นเรา

จึงนำขยะในส่วนนั้นมาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยการสกัดเปลือกสับปะรดโดยใช้หลักการถ่ายเทมวล ด้วยวิธีที่เรียกว่า solid-liquid extraction

solid-liquid extraction อาศัยคุณสมบัติพื้นฐานในการละลาย และความมีขั้ว (polarity) ของตัวทำละลาย (solvent) และตัวถูกละลาย (solute) เพื่อทำให้เกิดการแพร่ ซึ่งใช้หลักการของอนุภาคที่เคลื่อนที่ไปจากบริเวณที่มีความเข้มข้นสูงไปยังบริเวณความเข้มข้นต่ำกว่า การแพร่จะสิ้นสุดลงเมื่อตัวทำละลายและตัวถูกละลายมีความเข้มข้นเท่ากัน ดังนั้นเราจึงนำเปลือกสับปะรดมาทำการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายเป็นน้ำสะอาดเพราะเป็นตัวทำละลายที่ดีที่สุด และสามารถนำน้ำที่ผ่านการสกัดไปใช้ประโยชน์ได้มากที่สุด

ดังนั้น เป้าหมายของงานวิจัย

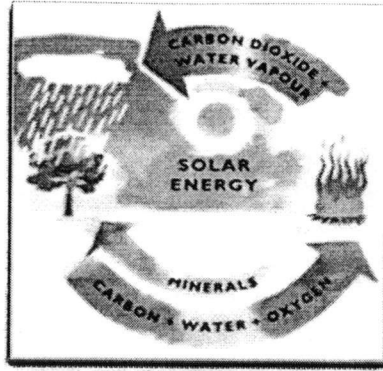
-เพื่อศึกษาการนำเปลือกสับปะรดที่ซึ่งเป็นของเหลือทิ้งในกระบวนการผลิตจากโรงงาน มาใช้ให้เกิดประโยชน์โดยการสกัดเปลือกที่มีเนื้อติด ด้วยเทคนิคการถ่ายเทมวล เพื่อให้ได้น้ำสับปะรด

-ศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการสกัด เช่น อุณหภูมิ, เวลา, ค่าความหวาน, สี, ค่า pH, %pulp content

แห่งเชื้อเพลิงชีวภาพพัฒนาขึ้นมาจากแนวคิดการอัดถ่านเขียวของประเทศฟิลิปปินส์ เมื่อ พ.ศ. 2523 ซึ่งก็เริ่มโดย นายกอนซาโล คาแทน และคณะที่นำเอาเศษใบไม้ใบหญ้าไปหมักให้เน่าเปื่อย ด้วยจุลินทรีย์ แล้วจึงอัดเป็นแท่ง ส่วนในประเทศไทยแห่งเชื้อเพลิงชีวภาพพัฒนาขึ้นโดยนักวิชาการ ของกรมป่าไม้ร่วมกับกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน แห่งเชื้อเพลิงชีวภาพนี้ได้จากการอัดแท่งโดยไม่ใช้ความร้อนจากเศษวัสดุ หรือเศษวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรต่าง ๆ เช่น ชานอ้อยเน่าเปื่อย ผักตบชวา ขุยมะพร้าวมาอัดเป็นแท่งโดยอาศัยความเหนียวของยางในวัสดุเหล่านั้นเป็นตัวประสานและความชื้นที่พอเหมาะ เมื่ออัดเป็นแท่งแล้วนำไปตากแดดให้แห้งก็จะได้แท่งเชื้อเพลิงที่ใช้แทนฟืนถ่านหรือก๊าซหุงต้มได้เป็นอย่างดี ดังนั้นจะเห็นได้ว่าวิธีทำแท่งเชื้อเพลิงชีวภาพนี้ง่ายมากเพียงรวบรวมเศษวัสดุที่จะทำเชื้อเพลิงมาสับเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วนำไปอัดในเครื่องอัดให้เป็นแท่ง ซึ่งเครื่องอัดที่แนะนำในที่นี้เป็นเครื่องอัดที่พัฒนาขึ้นโดยกรมป่าไม้เป็นเครื่องอัดแบบเกลียวหรือแบบสกรูทำมาจากสแตนเลสที่ใช้แรงดันจากมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 3 แรงม้า ใช้ไฟ 220 โวลต์ เพื่อไปหมุนสกรูหรือเกลียวที่จะไปอัดเศษวัสดุที่นำมาทำแท่งเชื้อเพลิง เมื่อออกมาจากกระบอกรีดจะได้แท่งเชื้อเพลิงที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 เซนติเมตร หลังจากนั้นนำไปตากแดดให้แห้งหรืออยู่ในตู้อบแล้วจึงนำไปเป็นเชื้อเพลิงได้ทันที

พลังงานหมุนเวียนเป็นแหล่งพลังงานที่มีอยู่ในประเทศหากนำมาใช้ได้มากเท่าใดก็จะสามารถลดการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศได้มากเท่านั้น อย่างไรก็ตามการพัฒนาพลังงานหมุนเวียนยังมีข้อจำกัดเมื่อเทียบกับพลังงานฟอสซิล เช่น น้ำมัน หรือก๊าซธรรมชาติโดยข้อจำกัดเหล่านั้นคือต้นทุนการผลิตพลังงานหมุนเวียนยังสูงกว่าฟอสซิล รวมถึงความไม่สม่ำเสมอของการผลิตพลังงาน เทคโนโลยียังไม่พัฒนาไปสู่การผลิตเชิงพาณิชย์และศักยภาพบางชนิดยังจำกัดอยู่ (มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม, 2553ก) การใช้พลังงานชีวมวลโดยกระบวนการที่ใช้ความร้อนจะเห็นได้ทั่วไปในลักษณะของการนำถ่านไม้หรือฟืนมาจุดไฟเพื่อให้เกิดความร้อน สำหรับนำไปใช้ในการหุงต้มอาหาร หรือประโยชน์ในด้านอื่น ๆ แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบันคือ การขาดทรัพยากรป่าไม้ ถ่าน และฟืนหาได้ยากและมีราคาแพงขึ้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องพัฒนาการใช้พลังงานจากชีวมวลให้มีประสิทธิภาพสูงสุดและให้มีการสูญเสียพลังงานโดยเปล่าประโยชน์ให้น้อยที่สุด (ชัยชาญ ฤทธิเกรียงไกร, 2551)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.1 แสดงวัฏจักรพลังงาน
ที่มา: มุลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม (2553)

การนำเปลือกสับประดมาอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงแข็งเพื่อเป็นการศึกษาคุณสมบัติและประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงแข็งที่ได้จากเปลือกสับประด เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่เศษวัตถุดิบที่เหลือจากโรงงานหรือร้านค้าต่างๆ และยังเป็น การลดปริมาณขยะที่เหลือใช้ เป็นพลังงานทางเลือกให้แก่ประชาชนซึ่งสามารถลดปริมาณการใช้ถ่านฟืนได้และพลังงานที่สะอาด

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อให้ได้โมเดลความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการออกแบบกระบวนการสกัดน้ำสับประดจากเปลือกสับประดพันธุ์ปัตตาเวีย
2. เพื่อให้ได้กระบวนการสกัดน้ำสับประดจากเปลือกสับประดพันธุ์ปัตตาเวีย
3. เพื่อให้ได้กระบวนการผลิตเชื้อเพลิงแข็งชีวมวลจากเปลือกสับประดพันธุ์ปัตตาเวีย
4. เพื่อให้ได้ข้อมูลคุณสมบัติของน้ำสับประดและเชื้อเพลิงแข็งชีวมวลจากเปลือกสับประดพันธุ์ปัตตาเวีย

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษากระบวนการและปัจจัยที่มีผลกระทบในการสกัดน้ำสับประดจากเปลือกสับประดพันธุ์ปัตตาเวีย โดยใช้เทคนิคการถ่ายเทมวล เพื่อสร้างโมเดลความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่างตัวแปรสำหรับออกแบบกระบวนการสกัด พร้อมทั้งตรวจสอบคุณสมบัติของน้ำสับประดจากเปลือกที่ได้ ได้แก่ ค่าความหวาน ปริมาณกรด pH ค่าสี และปริมาณ pulp content และศึกษากระบวนการผลิตเชื้อเพลิงแข็งชีวมวลจากเปลือกสับประดพันธุ์ปัตตาเวีย พร้อมทั้งคุณสมบัติของเชื้อเพลิงแข็งจากเปลือกสับประดที่ได้ ได้แก่ ค่าความร้อน (heating value) ความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิง (density) หาค่าความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระหว่างการผลิต (energy consumption) หาค่าพลังงานต่อชั่วโมง (hour energy balance) และหาประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อน (heat utilization efficiency) เปรียบเทียบข้อมูลที่ได้กับเชื้อเพลิงแข็งชนิดอื่นๆ รวมทั้งวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตทั้งหมด

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

ตอนที่ 1 ศึกษากระบวนการสกัดน้ำสับประดจากเปลือกสับประดพันธุ์ปัตตาเวีย

1. ออกแบบและสร้างเครื่องมือมาใช้ในการทดลอง ได้แก่ ถังต้ม ตะแกรงบรรจุเปลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. นำสับประรดพันธุ์ปัตตาเวีย คุณภาพเหมือนกับที่ส่งโรงงาน มาปอกเปลือก นำส่วนเนื้อมาผ่านคั้นให้ได้น้ำสับประรด ตรวจสอบและวิเคราะห์คุณภาพของน้ำสับประรดที่ได้ ได้แก่ ค่าความหวาน ปริมาณกรด pH ค่าสี และปริมาณ pulp content
3. นำเปลือกสับประรดพันธุ์ปัตตาเวียที่ได้จากการปอกให้มีลักษณะเหมือนกับเปลือกสับประรดที่เหลือทิ้งจากโรงงาน มาผ่านกระบวนการสกัดน้ำสับประรดโดยอาศัยหลักการถ่ายเทมวลตามกฎของ Fick ในห้องปฏิบัติการ น้ำสับประรดจากเปลือกจะถ่ายเทผ่านเส้นใยของเปลือกออกมาสู่น้ำร้อนบริสุทธิ์ ที่จะต้องกำหนดสภาวะกระตุ้นต่างๆ ได้แก่ อุณหภูมิ อัตราส่วนของปริมาณเปลือกสับประรดและน้ำร้อนบริสุทธิ์ ตลอดจนการเพิ่มพื้นที่ในการถ่ายเทมวลโดยการลดขนาดของเปลือกสับประรด เป็นต้น โดยทั้งนี้จะทำการทดสอบโดยใช้น้ำร้อนบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิต่างๆ ทดสอบโดยใช้ปริมาณเปลือกสับประรดและน้ำร้อนบริสุทธิ์ในอัตราส่วนต่างๆ ตลอดจนทำการทดสอบโดยการเปลี่ยนแปลงขนาดของชิ้นเปลือกสับประรดมา ซึ่งจะกำหนดป็นตัวแปรต่างๆในกระบวนการ diffusion จนกระทั่งเข้าสู่ภาวะสมดุล เก็บข้อมูลความเข้มข้นที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาที่เปลี่ยนแปลง จะได้น้ำสับประรดจากเปลือกที่ระดับความเข้มข้นต่ำ ณ จุดสมดุล
4. นำน้ำสับประรดจากเปลือกไปผ่านกระบวนการระเหยในระบบสูญญากาศ จะได้ผลิตภัณฑ์น้ำสับประรดจากเปลือกสับประรดที่มีความหวานเท่ากับน้ำสับประรดที่ได้จากเนื้อปกติ ตรวจสอบและวิเคราะห์คุณภาพของน้ำสับประรดจากเปลือกที่ได้ ได้แก่ ค่าความหวาน ปริมาณกรด pH ค่าสี และปริมาณ pulp content ตามสภาวะกระตุ้นต่างๆที่ทำการทดลอง ได้แก่ อุณหภูมิของน้ำร้อน อัตราส่วนของเปลือกและน้ำร้อน ตลอดจนขนาดของเปลือกในกระบวนการผลิต เปรียบเทียบคุณภาพของน้ำสับประรดที่ได้ เลือกลงสภาวะที่ดีที่สุดเพื่อกำหนดเป็นกระบวนการผลิตที่เหมาะสมที่สุด นำผลที่ได้ไปวิเคราะห์สร้างโมเดลทางคณิตศาสตร์ แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆเพื่อสามารถนำไปใช้สำหรับการออกแบบกระบวนการผลิตจริงต่อไป
5. วิเคราะห์ต้นทุนการผลิตทั้งหมด สรุปผลตอนที่ 1

ตอนที่ 2 ศึกษากระบวนการผลิตแห้งเชื้อเพลิงแข็งจากเปลือกสับประรดพันธุ์ปัตตาเวีย

1. ออกแบบและสร้างเครื่องมือมาใช้ในการทดลอง ได้แก่ เครื่องบดย่อย เครื่องอัดแห้งเชื้อเพลิง
2. นำเปลือกสับประรดที่ได้จากตอนที่ 1 กำหนดขั้นตอนการผลิต แห้งเชื้อเพลิงแข็งชีวมวลจากเปลือกสับประรด และทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิต
3. นำเปลือกสับประรดมาบดย่อยด้วยเครื่องบดย่อย
4. นำเปลือกสับประรดที่บดย่อยแล้วไปตากแห้งด้วยแสงแดด โดยแผ่ลงบนแผ่นสังกะสี เก็บตัวอย่างที่เวลาตากแห้งต่างๆ ตรวจสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับความชื้นกับเวลา
5. นำเปลือกสับประรดที่ระดับความชื้นต่างๆ มาอัดแห้ง ด้วยเครื่องอัดแห้ง เติมสารช่วยในการจับตัวหรือสารช่วยเชื่อมประสาน เช่น แป้ง, กลีเซอริน ในระดับต่างๆ เปรียบเทียบกับไม่เติมสารช่วยเชื่อมประสาน ตรวจสอบการจับตัวเป็นแท่ง ศึกษาว่า ที่ระดับความชื้นใดที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแห้งเชื้อเพลิงแข็งและต้องใช้สารช่วยประสานที่ระดับใด กำหนดเป็นขั้นตอนในการผลิต
6. ทดสอบและวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆของแห้งเชื้อเพลิงแข็งชีวมวลจากเปลือกสับประรด

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (Chemical Component Analysis) รวมทั้งค่าความร้อน (Heating Value) ทดสอบความหนาแน่นของแห้งเชื้อเพลิง (Density) หาค่าความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระหว่างการอัด (Energy Consumption) หาค่าพลังงานดูลย์ต่อชั่วโมง (Hour Energy Balance) และหาประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อน (Heat Utilization Efficiency)

6.1 วิเคราะห์หาค่าความชื้น (Moisture Content)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 6.2 วิเคราะห์หาค่าความร้อน (Heating Value) ด้วยเครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์
- 6.3 วิเคราะห์หาความหนาแน่นของแก๊สเชื้อเพลิง (Density)
- 6.4 วิเคราะห์หาค่าความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระหว่างการอัด (Energy Consumption)
- 6.5 วิเคราะห์หาประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อน (Heat Utilization Efficiency)
- 6.6 วิเคราะห์เปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงแข็งชนิดอื่นๆ
7. วิเคราะห์ต้นทุนการผลิตทั้งหมด สรุปผลตอนที่ 2

สถานที่ทำการทดลอง

คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ลาดกระบัง กรุงเทพฯ

1.5 สมมุติฐานงานวิจัย

ในอุตสาหกรรมผลิตสับปะรดแปรรูปเชิงพาณิชย์ แต่ละปีจะมีวัตถุดิบสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย ป้อนเข้าโรงงานประมาณ 2 ล้านตัน (ชิงชิง, 2553) และจะมีเปลือกสับปะรดที่ถูกทิ้งจากโรงงานประมาณ 1 ล้านตัน/ปี ทั้งนี้เนื่องจากเปลือกจะเป็นส่วนประกอบที่มีมากถึงประมาณ 50% ของวัตถุดิบสับปะรดทั้งหมด โดยเปลือกที่ทิ้งจากโรงงานจะยังคงมีเนื้อสับปะรดติดอยู่ และเนื้อส่วนที่ติดเปลือกอยู่นี้ ถ้าสามารถสกัดเอาน้ำสับปะรดออกมาได้ จะทำให้โรงงานสามารถสร้างผลผลิต (%yield) ของน้ำสับปะรดได้สูงขึ้น อันจะเป็นผลดีอย่างยิ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ลดต้นทุนและสร้างรายได้ในการส่งออกให้แก่ธุรกิจเป็นไปตามยุทธศาสตร์สับปะรดแห่งชาติ ปี 2553-2557 ซึ่งมีสาระสำคัญ คือ การกำหนดวิสัยทัศน์ให้ประเทศไทยรักษาความเป็นผู้นำอันดับหนึ่งในการผลิต การส่งออกสับปะรด เนื่องจากปัจจุบันประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกรายใหญ่ที่สุดของโลก มีส่วนแบ่งการตลาดประมาณ ร้อยละ 35-40 วางเป้ารักษาอันดับหนึ่งด้านการผลิตและส่งออกสับปะรดของโลก นอกจากนี้ ยังได้วางยุทธศาสตร์และมาตรการดำเนินงาน รวม 4 ด้าน เพื่อขับเคลื่อนให้การปฏิบัติงานเป็นไปตามเป้าหมาย ได้แก่ ยุทธศาสตร์ด้านการผลิต การแปรรูป การตลาด และยุทธศาสตร์ด้านการบริหารจัดการ (ธีระ, 2553)

เนื่องจากเปลือกที่ทิ้งจากโรงงานมีปริมาณมาก บางส่วนจะถูกนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ บางส่วนก็จะถูกทิ้งเป็นของเสียสร้างผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้น จึงควรจะมีการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตใหม่ เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตเดิมให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

ถึงแม้ว่าโรงงานจะพยายามหาทางเก็บเนื้อส่วนที่ติดเปลือกให้ได้มากที่สุด โดยการตั้งใบมีดแล่นเนื้อจากเปลือกให้ลึกใกล้เปลือกมากที่สุด แต่ก็มีข้อจำกัด เพราะใบมีดจะไปขูดในส่วนเปลือกสีเขียวเข้าไปในกระบวนการผลิต และส่งผลให้คุณภาพน้ำสับปะรดที่ได้มีสีเขียวและรสชาติเปลี่ยนไป ดังนั้น โรงงานจึงสามารถตั้งระยะใบมีดได้ในระดับหนึ่งเท่านั้น และยอมให้สูญเสียเนื้อที่ติดเปลือกทิ้งไป

เปลือกที่ผ่านกระบวนการสกัด ถ้าถูกทิ้งก็ยังคงสร้างปัญหาให้แก่สภาวะแวดล้อม ดังนั้น ถ้าสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ก็จะสามารถทำให้เกิดประโยชน์ได้อย่างครบวงจร

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

งานวิจัยนี้ จะทำให้เราได้เทคนิคการสกัดน้ำสับปะรดและการผลิตเชื้อเพลิงแข็งชีวมวลจากเปลือกสับปะรด จะทำให้สามารถนำข้อมูลมาพัฒนาออกแบบกระบวนการผลิตในภาคอุตสาหกรรม อันจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการเพิ่มรายได้ในการส่งออกให้แก่ธุรกิจเชิงพาณิชย์จากการจำหน่ายผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดเข้มข้นและได้เชื้อเพลิงแข็งชีวมวลจากเปลือกสับปะรดมาเป็นพลังงานทางเลือกในกระบวนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตหรือจำหน่าย การนำเชื้อเพลิงแข็งชีวมวลจากเปลือกสับประดมาใช้เป็นพลังงานทางเลือกเพื่อทดแทนการใช้ น้ำมันดีเซลหรือน้ำมันเตาในกระบวนการผลิตจะสามารถลดต้นทุนการผลิตอันจะเป็นการเพิ่มผลกำไรให้แก่โรงงานสับประดแปรรูป และส่งผลดีต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย นอกจากนี้การสร้างกระบวนการผลิตใหม่ในโรงงานอุตสาหกรรมจะเป็นการเพิ่มการจ้างงาน ทำให้ประชาชนคนไทยมีรายได้ อันเป็นการเพิ่มความสามารถในการพัฒนาสังคมและประเทศชาติอีกทางหนึ่งด้วย ผลจากการใช้พลังงานชีวมวลทดแทนน้ำมันนอกจากจะเป็นการลดมลภาวะ ลดปัญหาภาวะโลกร้อน และรักษาสิ่งแวดล้อมที่ดี แก่สังคมไทยแล้วยังเป็นการลดการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิง อันจะส่งผลดีต่อเศรษฐกิจและเพิ่มความสามารถในการพัฒนาประเทศไทยได้อีกทางหนึ่งด้วย ผลจากงานวิจัยนี้ จะได้ข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในการตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิชาการสู่สังคม โดยกลุ่มผู้ประกอบการแปรรูปสับประดจะเป็นผู้นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์โดยตรง งานวิจัยนี้นอกจากจะเป็นประโยชน์แก่ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมแปรรูปสับประดแล้ว ยังเป็นประโยชน์ทางอ้อมแก่ประชาชนในชุมชน สิ่งแวดล้อม และการพัฒนาประเทศไทยอย่างยั่งยืน กล่าวได้ว่างานวิจัยนี้สามารถสร้างองค์ความรู้ในการวิจัยพัฒนาและจะเพิ่มขีดความสามารถในการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตใหม่ เพิ่มศักยภาพในการแข่งขันในตลาดการค้าโลก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง/การทบทวนวรรณกรรม

2.1 สับปะรด

สับปะรด (ชื่อทางวิทยาศาสตร์: Ananas comosus) เป็นพืชล้มลุกชนิดหนึ่งที่มีต้นกำเนิดมาจาก แถวๆทวีปอเมริกาใต้ ลำต้นมีขนาดสูงประมาณ 80-100 cm การปลูกก็สามารถปลูกได้ง่ายโดยการใช้น้ำหน่อหรือที่เป็นส่วนยอดของผลที่เรียกว่าจุกมาฝังกลบดินไว้ และออกเป็นผล เปลือกของผลสับปะรดภายนอกมีลักษณะคล้ายตาล้อมรอบผล

ลักษณะของสับปะรด

สับปะรดเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้ดี ปลูกได้ในดินแทบทุกแห่งในประเทศไทย เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ เมื่อเจริญเป็นผลแล้วจะเจริญต่อไปโดยตาที่ลำต้น จะเติบโตเป็นต้นใหม่ได้อีก และสับปะรดสามารถตัดแปลงเป็นไม้ประดับได้อีกด้วย

สับปะรดแบ่งออกตามลักษณะความเป็นอยู่ได้ 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ พวกที่มีระบบรากหาอาหารอยู่ในดินหรือ เรียกว่าไม้ดิน พวกอาศัยอยู่ตามคาคบไม้หรือลำต้นไม้ใหญ่ ได้แก่ ไม้อากาศต่างๆ ที่ไม่แย่งอาหารจากต้นไม้ที่มันเกาะอาศัยอยู่ พวกนี้ส่วนใหญ่จะเป็นไม้ประดับและพวกที่เจริญเติบโตบนผาหินหรือโขดหิน

ส่วนสับปะรดที่เราใช้บริโภคจัดเป็นไม้ดิน แต่ยังมีลักษณะบางประการของไม้อากาศเอาไว้ คือสามารถเก็บน้ำไว้ตามซอกใบได้เล็กน้อยมีเซลล์พิเศษสำหรับเก็บน้ำเอาไว้ในใบ ทำให้ทนทานในช่วงแล้งได้

รูปลักษณะ ไม้ล้มลุกอายุหลายปี สูง 90 - 100 cm มีลำต้นอยู่ใต้ดิน ใบเดี่ยวเรียงสลับซ้อนกันถี่มาก กว้าง 6.5 cm ยาวได้ถึง 1 m ไม่มีก้านใบ ดอกช่อออกจากกลางต้น มีดอกย่อยจำนวนมาก ผล เป็นผลรวม รูปทรงกระบอก มีใบเป็นกระจุกที่ปลาย

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม

สับปะรดต้องการอากาศค่อนข้างร้อน อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 23.9-29.4 °C ปริมาณน้ำฝนที่ต้องการอยู่ในช่วง 1,000-1,500 mm ต่อปี แต่ต้องตกกระจายสม่ำเสมอตลอดปี และมีความชื้นในอากาศสูง

สับปะรดขึ้นได้ในดินแทบทุกชนิดที่ระบายน้ำดี แต่ชอบดินร่วน ดินร่วนปนทราย ดินปนลูกรัง ดินทรายชายทะเล และชอบที่ลาดเท เช่น ที่ลาดเชิงเขา สภาพความเป็นกรด-ด่างของดินควรเป็นกรดเล็กน้อยคือ ตั้งแต่ 4.5-5.5 แต่ไม่เกิน 6.0

แหล่งปลูก

แหล่งปลูกสับปะรดที่สำคัญของไทย อยู่ในบริเวณพื้นที่ที่อยู่ใกล้ทะเลได้แก่ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เพชรบุรี ชลบุรี ระยอง ฉะเชิงเทรา จันทบุรี ตราด และจังหวัดต่าง ๆ ในภาคใต้ เช่น ภูเก็ต พังงา ชุมพร ซึ่งนิยมปลูกในสวนยาง

ปัจจุบันมีการปลูกสับปะรดในจังหวัดต่างๆ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ บริเวณริมแม่น้ำโขง และอีกหลายจังหวัดในภาคเหนือ การปลูกสับปะรดในพื้นที่ที่อยู่ใกล้ทะเลนี้ จะต้องคำนึงถึงความชื้นในอากาศเป็นสิ่งสำคัญ เพราะจะมีผลต่อการเจริญเติบโต และคุณภาพของผลสับปะรด ดังนั้น ควรเลือกปลูกในบริเวณที่มีความชื้นในอากาศสูง เช่น ที่ราบระหว่างภูเขา ที่ลาดเชิงเขา บริเวณใกล้ป่าหรือแหล่งน้ำ พันธุ์ที่ใช้ปลูกในประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พันธุ์ที่ปลูกในประเทศไทยแบ่งออกได้เป็น 5 พันธุ์ โดยถือตามลักษณะของต้น ที่ได้ขนาดโตเต็มที่ และแข็งแรงสมบูรณ์เป็นบรรทัดฐานดังนี้คือ

พันธุ์ปัตตาเวีย

พันธุ์นี้รู้จักแพร่หลายในนามสับปะรดศรีราชา และชื่ออื่นๆ เช่น ปรานบุรี สามร้อยยอด ปลูกกันมากเพื่อโรงงานอุตสาหกรรม แหล่งปลูกที่สำคัญคือ ประจวบคีรีขันธ์ ชลบุรี เพชรบุรี ลำปาง และการปลูกกันทั่วไป เพื่อขายผลสด เพราะมีรสหวานฉ่ำมีน้ำมาก

ลักษณะต่างๆ ไป คือ มีใบสีเขียวเข้ม และเป็นร่องตรงกลางผิวใบด้านบนเป็นมันเงา ส่วนใต้ใบจะมีสีออกเทาเงิน ตรงบริเวณกลางใบ มักมีสีแดงอมน้ำตาล ขอบใบเรียบมีหนามเล็กน้อย บริเวณปลายใบ กลีบดอกสีม่วงอมน้ำเงิน ผลมีขนาดและรูปร่างต่างกันไป มีน้ำหนักผล อยู่ระหว่าง 2-6 kg แต่โดยปกติทั่วไปประมาณ 2.5 kg เปลือกผลเมื่อดิบสีเขียวคล้ำ เมื่อแก่จัดจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอมส้ม ทางด้านล่างของผลประมาณครึ่งผล ก้านผลสั้นมีใ้ใหญ่ เนื้อเหลืองอ่อนแต่จะเปลี่ยนเป็นสีเข้มในฤดูร้อนรสชาติดี

พันธุ์อินทรชิต

เป็นพันธุ์พื้นเมืองที่เก่าแก่ที่สุดในประเทศไทย ปลูกกันกระจัดกระจายทั่วไป แหล่งปลูกที่สำคัญได้แก่ จังหวัดฉะเชิงเทรา

ลักษณะต่างๆ ไป คือขอบใบจะมีหนามแหลมร่างโค้งงอสีน้ำตาลอมแดง ใบสีเขียวอ่อนไม่เป็นมัน ขอบใบทั้ง 2 ข้างมีแถบสีแดงอมน้ำตาลตามแนวยาว ใต้ใบจะมีสีเขียวออกขาว และมีวาวออกสีน้ำเงิน กลีบดอกสีม่วงเข้ม ผลมีขนาดเล็กกว่าพันธุ์ปัตตาเวีย รสหวานอ่อน มีตะเกียงติดอยู่ที่ก้านผล เปลือกผลเหนียวแน่น ทนทานต่อการขนส่ง เหมาะสำหรับบริโภคดี

พันธุ์ขาว

เป็นพันธุ์พื้นเมือง เกษตรนิยมปลูกพันธุ์นี้ร่วมกับพันธุ์อินทรชิต เข้าใจว่าจะกลายพันธุ์มาจากพันธุ์อินทรชิต แหล่งปลูกที่สำคัญคือ ฉะเชิงเทรา

ลักษณะต่างๆ ไป มีใบสีเขียวอมเหลืองหรือเขียวใบไม้ ทรงพุ่มเตี้ยใบแคบและสั้นกว่าพันธุ์อินทรชิต ขอบใบมีหนามโค้งงอเข้าสู่ปลายใบ โคนกลีบดอกสีม่วงอ่อน ปลายกลีบสีม่วงอมชมพู เนื้อผลสีเหลืองทอง รสหวานอ่อน ผลมักมีหลายจุด คุณภาพของเนื้อไม่ค่อยดีนัก ผลมีขนาดปานกลาง น้ำหนักเฉลี่ย 0.85 kg มีลักษณะเป็นทรงกระบอก มีตาเล็กทำให้ผลพามง่าย

พันธุ์ภูเก็ทหรือสวี

ปลูกกันมากในสวนยางจังหวัดภูเก็ต ชุมพร นครศรีธรรมราช และตราด โดยปลูกระหว่างแถวสวนรุ่นที่ยังมีอายุน้อยเพื่อเก็บผลขายก่อนกรีดยาง มีชื่ออื่นๆ อีกเช่น พันธุ์ชุมพร พันธุ์สวี พันธุ์ตราดสีทอง ลักษณะต่างๆ ไป ใบสีเขียวอ่อนและมีแถบสีแดงในตอนกลางและปลายในขอบใบมีหนามสีแดงแคบและยาวกว่าพันธุ์อินทรชิตและพันธุ์ขาว กลีบดอกสีม่วงอ่อน ผลมีขนาดเล็กกว่าทุกพันธุ์ที่กล่าวมาตาเล็กเปลือกหนา เนื้อหวานกรอบสีเหลืองเข้ม เยื่อใยน้อย มีกลิ่นหอม เหมาะสำหรับบริโภคสด เป็นที่นิยมมากในภาคใต้ - พันธุ์นางแลหรือน้ำผึ้ง

ปลูกมากในจังหวัดเชียงราย ลักษณะต่างๆ ไป คล้ายคลึงกับพันธุ์ปัตตาเวีย แต่มีรูปร่างของผลทรงกลมกว่าพันธุ์ปัตตาเวีย ตาหูน เปลือกบางกว่า และรสหวานจัดกว่าพันธุ์ปัตตาเวีย ผลแก่มีเนื้อในสีเหลืองเข้ม มีเยื่อใยน้อยเหมาะสำหรับบริโภคสด เป็นที่นิยมมากในภาคเหนือ ผลมีเปลือกบางมาก ขนส่งทางไกลไม่ได้นัก

ฤดูปลูกและวิธีปลูก

ในประเทศไทยสามารถปลูกสับปะรดได้เกือบตลอดปี ยกเว้นช่วงฝนตกหนักติดต่อกันหลายวัน เพราะจะเกิดโรคเน่า ควรเตรียมดินให้เสร็จในเดือนธันวาคม และปลูกในเดือนมกราคม-เมษายน ซึ่งมีแสงแดดจ้า และไม่มีฝนชุก แต่ดินยังมีความชุ่มชื้นเพียงพอ แก่การเจริญเติบโตในระยะแรกอยู่ การปลูกในฤดูฝนควรฝังหน่อให้เอียง 45 องศา เพื่อป้องกันน้ำขังในยอด ถ้าปลูกในฤดูแล้งฝังหน่อให้ตั้งตรง หากมีเครื่องมือช่วยปลูก ซึ่งเป็นเหล็กคล้ายมีดปลายแหลมช่วยเปิดหลุม จะทำให้สะดวกและรวดเร็วกว่าใช้จอบ เฉลี่ยแล้วผู้ปลูก 1 คน สามารถปลูกได้วันละ 5,000-7,000 หน่อ การปลูกส่วนใหญ่ มักปลูกเป็นแถวคูฝังหน่อให้ลึก 15-20 cm ใช้ระยะปลูกแตกต่างกันไป ตามวัตถุประสงค์

ประโยชน์ของสับปะรด

สับปะรดมีส่วนต่างๆ ที่ใช้ประโยชน์ได้กว้างขวาง ดังนี้

เนื้อ
ใช้รับประทานสดหรือแปรรูปเป็นสับปะรดแช่อิ่ม สับปะรดกวน สับปะรดแห้ง แยมสับปะรด หรือบรรจุกระป๋อง และคั้นทำน้ำสับปะรด ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือใช้เนื้อสับปะรดผสมกับปลา และเกลือหมักไว้ทำเป็นอาหารที่เรียกว่า "เค็มหมากน็ด" ผลพลอยได้จากเศษเนื้อเหลือ เศษเนื้อเหลือของสับปะรดส่วนใหญ่จากอุตสาหกรรมบรรจุกระป๋อง สามารถนำมาแปรรูปทำอย่างอื่นได้ เช่น

- 1) น้ำเชื่อม
- 2) แอลกอฮอล์
- 3) น้ำส้มสายชู และไวน์
- 4) อาหารสำหรับเลี้ยงวัว
- 5) กรดอินทรีย์ 3 ชนิด คือ กรดซิตริก กรดมาลิก และกรดแอสคอร์บิก

ใบ

1) เส้นใยจากใบสับปะรด นำมาทอเป็นผ้าใยสับปะรด ในฟิลิปปินส์เรียกว่า "ผ้าบารอง" ราคาแพง นิยมตัดเป็นชุดสากลประจำของชาติฟิลิปปินส์และไต้หวัน

2) เยื่อกระดาษจากใบสับปะรด จะได้กระดาษที่มีคุณสมบัติพิเศษ คือ ความบางมาก มีผิวนุ่มเนียน สามารถบิดงอหรือเปลี่ยนรูปร่างได้ง่าย โดยไม่เสียหาย ในหลายประเทศใช้เป็นกระดาษสำหรับพิมพ์ธนบัตร

เปลือก

การใช้เปลือกสับปะรดเลี้ยงวัว เศษเหลือทิ้งจากโรงงานสับปะรด คือ เปลือกและแกนกลางซึ่งจะมีน้ำอยู่สูงถึงร้อยละ 90 เมื่อคุดต่อน้ำหนักสดส่วนเหลือทิ้งจะมีโปรตีน และโภชนะย่อยได้ทั้งหมดประมาณร้อยละ 0.7 และ 7 เมื่อคุดต่อน้ำหนักแห้ง จะมีค่าโปรตีนและโภชนะย่อยได้สูงถึงร้อยละ 7 และ 70 ตามลำดับ

ปกติวัวชอบกินเปลือกสับปะรด ยิ่งเปลือกที่ทิ้งไว้ 2-3 วัน สีสอกเป็นน้ำตาลเทา ๆ มีกลิ่นเหม็นเล็กน้อย วัวจะชอบกินมากกว่าเปลือกสด

ดังนั้น หากเลี้ยงวัวในแหล่งที่มีโรงงานสับปะรด จึงใช้เปลือกสับปะรดเป็นอาหารเลี้ยงวัวได้ทั้งฝูงและวัวขุน โดยนำเปลือกมากองทิ้งไว้ อย่างน้อย 24 ชั่วโมง จึงใช้เป็นอาหารเลี้ยงวัวได้เป็นการลงทุนที่น้อยที่สุด แต่ให้ผลตอบแทนสูง

การเก็บเกี่ยว

ในประเทศไทยการปลูกสับปะรดสามารถทำได้เกือบตลอดปี ดังนั้นการเก็บผลสับปะรดก็สามารถทำได้เกือบตลอดทั้งปีเช่นกัน แต่ที่สับปะรดให้ผลชุกที่สุดมี 2 ช่วง คือ ช่วงสับปะรดปี ซึ่งจะเก็บผลได้มากกว่าสับปะรดทะวายประมาณ 3 เท่า ช่วงนี้จะอยู่ระหว่างเดือนเมษายนถึงมิถุนายน และช่วงสับปะรดทะวาย ซึ่งออกในเดือนตุลาคมถึงธันวาคม

การสังเกตผลแก่ของสับปะรด พิจารณาได้จากลักษณะภายนอกผลดังนี้ ผิวเปลือก จะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นเขียวอมเหลืองอมส้ม หรือเขียวเข้มเป็นมัน ใบเล็ก ๆ ของตาย่อย จะเหี่ยวแห้ง เป็นสีน้ำตาลหรือชมพู ตาย่อย จะนูนเด่นชัดเรียกว่าตาเต็ม ร่องตาจะตื้นเต็มทีขนาดของผลไม่เพิ่มขึ้นอีก ตมกลืน ผลสับปะรดแก่จะส่งกลิ่นหอมเฉพาะตัว ความแน่นของผล จะลดลงเมื่อใช้นิ้วตีหรือไม้เคาะเพื่อฟังเสียง ถ้าเสียงโปร่งแสดงว่ายังไม่แก่ ถ้าเสียงทึบ (หรือแปะ) แสดงว่าแก่จัดได้ที่แล้ว

การเก็บผล

เพื่อให้หน่อได้รับแสงแดดอย่างเต็มที่ และเหลือหน่อดินไว้แทนต้นเดิม 1-2 หน่อเท่านั้น ส่วนหน่อที่เหลือก็ขุดหรือปลิดออกจากต้นนำไปปลูก ขยายเนื้อที่หรือจำหน่ายต่อไปได้ พันธุ์ภูเก็ต จะนิยมปลิดจุกตั้งแต่ผลมีอายุประมาณ 2 เดือน ส่วนพันธุ์อินทรีชนิดและพันธุ์ขาว จะตัดจุกทิ้งประมาณ 1/2 ส่วน ในเวลาที่เก็บผลจำหน่าย การเก็บผลเพื่อส่งโรงงานอุตสาหกรรม ก็จะมีผลผลิตออกจากก้านเท่านั้น หรืออาจจะปลิดจุกออกด้วย

2.2 หลักการถ่ายเทมวล (mass transfer)

การถ่ายเทมวล เกิดจากความแตกต่างของความเข้มข้นจะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความเข้มข้นสูงไปบริเวณที่มีความเข้มข้นต่ำ ตัวอย่างเช่น การหยดผลึกต่างทับทมลงในน้ำ สังเกตได้จากสีของสารละลายต่างทับทม (สนธิสุข, 2543) เหมอมของ “การถ่ายเทมวล” ในที่นี้ หมายถึง การเคลื่อนย้าย (migration) ขององค์ประกอบหนึ่งในของไหลชนิดหนึ่ง หรือการเคลื่อนย้ายขององค์ประกอบหนึ่งของของผสมหนึ่ง การเคลื่อนย้ายดังกล่าวเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสมดุลทางกายภาพของระบบซึ่งเกิดจากความแตกต่างของความเข้มข้น การถ่ายเทมวลอาจเกิดขึ้นภายในเฟสหนึ่งหรือจากเฟสหนึ่งไปยังอีกเฟสหนึ่งก็ได้ ตัวอย่างเช่น การหยดหมึกลงในน้ำ, การระเหยน้ำออกจากผลิตภัณฑ์

การแพร่ (diffusion)

การแพร่ เป็นการกระจายตัวของโมเลกุลของสาร จากจุดที่มีความเข้มข้นสูงกว่าไปยังจุดที่มีความเข้มข้นต่ำกว่าด้วยการเคลื่อนที่เชิงสุ่มของโมเลกุล การแพร่จะทำให้เกิดการผสมของวัสดุอย่างช้าๆ สำหรับเฟสหนึ่งๆ ของวัสดุใดๆ ก็ตามที่มีอุณหภูมิสม่ำเสมอ และไม่มีแรงภายนอกมากกระทำกับอนุภาค กระบวนการแพร่ก็จะยังคงเกิดขึ้นแม้ว่า จะสารจะผสมกันโดยสมบูรณ์หรือเข้าสู่ภาวะสมดุลแล้ว โดยพื้นฐานแล้ว การเคลื่อนที่ของโมเลกุล จากพื้นที่ที่มีความเข้มข้นสูงไปสู่ความเข้มข้นที่ต่ำกว่าเรียกว่าการแพร่ทั้งสิ้น

ปัจจัยที่มีผลต่อการแพร่

1) ความเข้มข้นของสารที่จะแพร่ ถ้ามีความเข้มข้นมาก ความสามารถในการแพร่จะมาก

2) อุณหภูมิ ถ้าเพิ่มอุณหภูมิให้กับสารที่จะแพร่ ความสามารถในการแพร่จะเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมิเป็นการเพิ่มพลังงานจลน์ของสาร

3) ความดัน ความดันจะทำให้โมเลกุลของสารเคลื่อนที่ได้ดีขึ้น

4) สิ่งเจือปนและตัวกลางในการแพร่ ถ้ามีสารอื่นที่ไม่ต้องการในการแพร่เข้ามาปะปนมาก

จะเป็นอุปสรรคในการแพร่ของสารที่ต้องการแพร่ ถ้าสิ่งเจือปนมากการแพร่จะช้าลง หรือตัวกลางในการแพร่มีโมเลกุลหนาแน่นมาก การแพร่ก็ช้าลง รวมถึงเนื้อเยื่อต่างๆ ที่กั้นระหว่างการแพร่

5) การดูดติด ถ้าโมเลกุลของสารที่จะแพร่ถูกโมเลกุลหรืออนุภาคหรือองค์ประกอบของ

สารอื่นในระบบการแพร่เดียวกันดูดติดไว้ ความสามารถในการแพร่จะต่ำลงกระบวนการแพร่ (diffusion process)

การถ่ายเทมวลเกี่ยวข้องกับ การแพร่ของมวลที่เกิดขึ้นในระดับโมเลกุล หรือการถ่ายเทมวลเชิงปริมาตร เนื่องจากของไหลเคลื่อนที่แบบเป็นกลุ่มก้อน กระบวนการแพร่สามารถอธิบายได้ด้วยสมการคณิตศาสตร์โดยใช้ Fick's law

$$\frac{\dot{m}_B}{A} = -D \left(\frac{\partial c}{\partial x} \right) \text{ ----- eq. 1}$$

where

\dot{m}_B = mass transfer rate of component B, kg/s

A = surface area, m^2

D = diffusivity, m^2/s

c = concentration of component B, kg/m^3 , $kg - mole/m^3$

x = distance between 2 concentration point, m

solid-liquid extraction (ดร.โศรดา วัลภา, 2552)

การสกัดของแข็งด้วยของเหลวอาศัยคุณสมบัติพื้นฐานในการละลาย และควมมีขั้ว (polarity) ของตัวทำละลาย (solvent) และตัวถูกละลาย (solute) โดยทั่วไปตัวทำละลายที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ได้แก่ เอทานอล และน้ำ การเลือกใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสมเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการสกัด ตัวทำละลายที่ดีจะต้องไม่ทำปฏิกิริยากับสารที่ต้องการสกัดสามารถแยกออกหรือกำจัดออกได้ง่ายหลังจากการสกัดแล้ว เช่นมีจุดเดือดต่ำเพื่อแยกออกโดยการกลั่นได้ง่าย นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงความปลอดภัยต่อการนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร เป็นสารที่รับรองโดยทั่วไปว่าปลอดภัย (Generally Recognized As Safe ; GRAS) ตัวอย่างของตัวทำละลายอินทรีย์ที่นิยมใช้ในการสกัดสารสำคัญจากพืชรวมทั้งสมุนไพร ได้แก่ อีเทอร์ เฮกเซน คลอโรฟอร์ม และอะซิโตน เป็นต้น สารสกัดที่ได้จะถูกนำมาระเหยเพื่อกำจัดเอาตัวทำละลายออกให้เหลือแต่สารสำคัญที่ต้องการ (crude extract) และทำให้สารสกัดที่ได้เข้มข้นขึ้นโดยใช้เครื่องระเหยแบบหมุน (rotary evaporator) เพื่อสะดวกต่อการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป ส่วนกากที่เหลืออาจนำไปสกัดซ้ำต่อไปได้อีก

นอกจากนั้น การสกัดสารจากพืชยังสามารถทำได้หลายวิธี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของสารที่สกัด คุณสมบัติของสารสำคัญที่มีอยู่ในพืช ความคงทนต่อความร้อน ชนิดของตัวทำละลายที่ใช้สกัด ซึ่งแต่ละวิธีมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป วิธีการสกัดที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน ได้แก่

1 .maceration

เป็นวิธีการสกัดสารสำคัญจากพืชโดยการหมักพืชหรือสมุนไพรกับตัวทำละลายในภาชนะปิด ทิ้งไว้ประมาณ 3-7 วัน หรือจนกระทั่งเนื้อเยื่อพืชอ่อนนุ่มลง เพื่อให้ตัวทำละลายสามารถแทรกซึมเข้าไปละลายไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารสำคัญที่มีอยู่ในพืชออกมา ข้อดีของวิธีนี้คือ สารสกัดที่ได้ไม่ถูกความร้อน แต่เป็นวิธีที่ใช้เวลานาน ในการสกัด และสิ้นเปลืองตัวทำละลายมาก นิยมใช้ในการสกัดพืชสมุนไพรทางเภสัชวิทยา

2. percolation

เป็นวิธีการสกัดสารสำคัญจากพืชโดยการชะสกัด ตัวทำละลายจะไหลผ่านพืชสมุนไพรอย่างต่อเนื่องในอุปกรณ์ที่เรียกว่า Percolator พร้อมกับละลายสารสำคัญออกมา นอกจากจะเป็นวิธีที่ไม่ใช้ความร้อนในการสกัดแล้ว ยังเป็นวิธีที่สะดวกและง่ายต่อการสกัดอีกด้วย

3. soxhlet extraction

เป็นวิธีการสกัดแบบต่อเนื่อง โดยใช้ตัวทำละลายที่มีจุดเดือดต่ำ เช่น เฮกเซน หรืออีเทอร์ การสกัดทำได้ โดยการให้ความร้อนเพื่อให้ตัวทำละลายระเหยขึ้นไป แล้วควบแน่นกลับลงมาใน Thimble ที่บรรจุตัวอย่างไว้ ตัวทำละลายจะสกัดสารสำคัญให้หลุดออกมา เมื่อตัวทำละลายมีปริมาณมากพอก็จะเกิดแรงดันทำให้ไหลกลับสู่ขวดด้านล่าง การสกัดจึงหมุนเวียนอย่างต่อเนื่อง วิธีนี้ทำให้ประหยัดตัวทำละลาย และได้สารสกัดที่มีความเข้มข้นสูง แต่การใช้ความร้อนอาจทำให้สารสำคัญบางชนิดสลายตัวได้ ส่วนใหญ่นิยมใช้ในการสกัดน้ำมันจากเมล็ดพืช เช่น งา ถั่วเหลือง ไร่ข้าว และปาล์ม เป็นต้น

2.3 ทรัพยากรชีวมวล

คือ มวลสารของสิ่งมีชีวิต (นอกจาก ที่ได้กลายเป็นเชื้อเพลิงประเภทฟอสซิลไปแล้ว) ซึ่งอาจเป็นป่าไม้ ผลผลิตสินค้าเกษตรและกากเหลือของทาง การเกษตรเช่น แกลบ ฟางข้าว ชานอ้อย กะลาปาล์ม กะลามะพร้าว หรือของเสียอินทรีย์จากโรงงานอุตสาหกรรมเกษตร ฯลฯ รวมทั้งมูลสัตว์เช่น ไก่ หมู วัว เป็นต้น อย่างไรก็ตามทรัพยากรที่ควรจะนำมาพัฒนาเป็นพลังงานในอนาคตก็คือ กากของเหลือทางเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร รวมถึงมูลสัตว์ต่างๆ ซึ่งเป็นทรัพยากรที่หาง่ายและมีราคาถูก ความรู้พื้นฐานชีวมวล

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมมีผลผลิตเกษตรกรรมมากมายเช่น ข้าว น้ำตาล มันสำปะหลัง น้ำมันปาล์มและยางพารา เป็นต้น จึงมีของเสียและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมากมาย เช่น เศษยางพารา แกลบ ฟางข้าว เหง้ามันสำปะหลังและกากอ้อย เป็นต้น วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรบางชนิดนำมาแปรรูปเป็นปุ๋ย วัตถุประสงค์ และเชื้อเพลิง บางส่วนถูกเผาทิ้งโดยเปล่าประโยชน์เช่น ฟางข้าว ใบอ้อย/ยอดอ้อย และ รากใบยางพารา เป็นต้น พลังงานชีวมวลที่เกิดขึ้นเทียบเท่ากับถ่านหินลิกไนท์ประมาณ 54 ล้านตัน ปัจจุบันชีวมวลที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิงมีมากขึ้น ซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มของชีวมวลได้ตามประเภทของแหล่งที่มาดังนี้

-ชีวมวลรวบรวมได้จากโรงงานแปรรูปสินค้าทางการเกษตร เช่น แกลบได้จากโรงงานสีข้าว ปีกไม้ เศษไม้และขี้เลื่อยได้จากโรงงานเลื่อยไม้ โรงงานเฟอร์นิเจอร์ไม้ โยปาล์ม ทะลายเปล่าและกะลาปาล์มได้จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบ ซังข้าวโพดได้จากไซโลเก็บข้าวโพด ชานอ้อยที่ได้จากโรงงานน้ำตาล เปลือกไม้ยูคาลิปตัสได้จากโรงงานไม้สับ เป็นต้น สำหรับชีวมวลประเภทนี้เป็นที่ต้องการของโรงงานอุตสาหกรรมเนื่องจากรวบรวมได้ง่าย

-ชีวมวลที่รวบรวมได้จากไร่ สวนและนาข้าว เช่น ฟางข้าวอยู่ในนาข้าว ปลายไม้ และรากไม้หรือตอไม้ยางพาราอยู่ในสวนยางพารา ใบอ้อยและยอดอ้อยอยู่ในไร่สวนอ้อย เหง้ามันสำปะหลังอยู่ในไร่มันสำปะหลัง ทางปาล์มหรือใบปาล์มอยู่ในสวนปาล์มน้ำมัน ซังข้าวโพดได้จากไร่ข้าวโพด เป็นต้น การนำชีวมวลมาใช้งานจะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บและรวบรวมเพิ่มขึ้น เป็นผลให้ราคาต่อค่าความร้อนสูงค่า ประเภทแรกจึงถูกนำไปเป็นเชื้อเพลิงในสัดส่วนที่น้อยมาก ดังนั้นส่วนใหญ่ถูกเผาทิ้งอยู่ทุกปี เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ชีวมวลที่ปลูกใหม่เพื่อเป็นพลังงานโดยเฉพาะ เช่น การปลูกไม้โตเร็วเพื่อนำไม้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า

ชีวมวลมีลักษณะเป็นของแข็งซึ่งอาจถือได้ว่าอยู่ในประเภทเดียวกับถ่านหิน แต่รูปร่างจะแตกต่างกันไปขึ้นกับชนิดของชีวมวล นอกจากนี้ความชื้นและสิ่งเจือปนถือได้ว่าเป็นเอกลักษณ์เฉพาะของชีวมวลนั้นๆจากการศึกษาและการสำรวจข้อมูลผลผลิตทางการเกษตรของประเทศไทยปี 2550 ปริมาณชีวมวลที่อยู่ในโรงงานแปรรูปและปริมาณชีวมวลที่อยู่ในพื้นที่เพาะปลูก พบว่าเชื้อเพลิงชีวมวลที่มีศักยภาพได้แก่ ฟางข้าว ลำต้นและเหง้ามันสำปะหลัง ชังและต้นข้าวโพด ทะลายปาล์มเปล่า เศษไม้และรากไม้ยางพารา (มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม, 2553ข)

องค์ประกอบของชีวมวล

องค์ประกอบของชีวมวลหรือสสารทั่วไปจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักคือ ความชื้น (Moisture)

ความชื้น หมายถึง ปริมาณน้ำที่มีอยู่ ชีวมวลส่วนมากจะมีความชื้นค่อนข้างสูงเพราะเป็นผลผลิตทางการเกษตร ถ้าต้องการนำชีวมวลเป็นพลังงานโดยการเผาไหม้ความชื้นไม่ควรเกิน 50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เผาไหม้ได้ (Combustible substance)

ส่วนที่เผาไหม้ได้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ Volatiles matter และ Fixed Carbon Volatiles matter คือส่วนที่ลุกเผาไหม้ได้ง่าย ดังนั้นชีวมวลใดที่มีค่า Volatiles matter สูงแสดงว่าติดไฟได้ง่าย ส่วนที่เผาไหม้ไม่ได้

คือ ขี้เถ้า (Ash) ชีวมวลส่วนใหญ่จะมีขี้เถ้าประมาณ 1-3 เปอร์เซ็นต์ ยกเว้นแกลบและฟางข้าว จะมีสัดส่วนขี้เถ้าประมาณ 10 -20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะมีปัญหาในการเผาไหม้และกำจัดพอสมควร พลังงานชีวมวล

คือ พลังงานที่สะสมอยู่ในสิ่งมีชีวิตที่สามารถนำมาใช้ทำงานได้ เช่น ต้นไม้ กิ่งไม้ หรือเศษวัสดุจากการเกษตรหรืออุตสาหกรรม เช่น แกลบ ฟาง ชานอ้อย ขี้เลื่อย เศษไม้ เปลือกไม้ มูลสัตว์ รวมทั้งของเหลือหรือขยะจากครัวเรือน มนุษย์เราสามารถใช้พลังงานจากชีวมวลมาเป็นเวลานานแล้วจนถึงปัจจุบันก็ยังมี การนำมาใช้ประโยชน์ในสัดส่วนที่ไม่น้อยเลยโดยเฉพาะประเทศที่กำลังพัฒนาอย่างบ้านเราตามชนบทก็ยังมี การใช้ไม้ฟืนหรือถ่านในการหุงหาอาหาร ชีวมวลเป็นอินทรีย์สารที่ได้จากพืชและสัตว์ต่างๆ เช่น เศษไม้ ขยะ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญที่หาได้ในประเทศ ชีวมวลเหล่านี้สามารถนำมาเผาไหม้เพื่อนำพลังงานความร้อนที่ได้ไปใช้

ศักยภาพของพลังงานชีวมวล

วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรหลักที่สามารถนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทน ได้แก่ แกลบและฟางข้าว ชานอ้อย กากและกะลาปาล์ม กะลามะพร้าว ฯลฯ จากการประเมินศักยภาพของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจากพืช 10 ชนิดที่มีศักยภาพสูง ได้แก่ อ้อย ข้าว น้ำมันปาล์ม มะพร้าว มันสำปะหลัง ข้าวโพด ถั่วลิสง ฝ้าย ถั่วเหลืองและข้าวฟ่าง ในปี พ.ศ.2543 พบว่าปริมาณวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรประมาณ 63 ล้านตัน โดยถูกนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงและใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นๆ ประมาณ 16 ล้านตัน ปริมาณวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ส่วนที่ยังไม่ได้ใช้เท่ากับ 42 ล้านตันเทียบเท่าพลังงาน 6.04×10^{17} จูล

มูลสัตว์

มูลสัตว์ 6 ชนิด คือ มูลโค กระบือ สุกร ไก่ เป็ดและมูลช้าง ในปี พ.ศ. 2543 มีศักยภาพในการผลิตแก๊สชีวภาพได้ 560 ล้านลูกบาศก์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขยะ

ในปี พ.ศ. 2543 กรมควบคุมมลพิษรายงานปริมาณขยะที่จัดเก็บได้ ประมาณ 13.9 ล้านตัน ซึ่งมีปริมาณขยะรวมทั้งในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล เขตเทศบาล เมืองพัทยาและนอกเขตเทศบาลทั่วประเทศ ถ้านำขยะ 85 เปอร์เซ็นต์ของขยะทั้งหมดมาฝังกลบจะได้แก๊สชีวภาพจากการฝังกลบ 1,184.22 ล้านลูกบาศก์เมตร

น้ำเสีย

ในปี พ.ศ.2543 น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีศักยภาพสูงในการนำมาผลิตก๊าซชีวภาพ 11 ประเภทอุตสาหกรรม เช่นโรงฆ่าสัตว์ โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง โรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม เป็นต้น มีศักยภาพที่จะผลิตก๊าซชีวภาพได้ 435.33 ล้านลูกบาศก์เมตร

เชื้อเพลิงชีวอัดแท่ง

ได้มีการพัฒนาเพื่อผลิตก้อนชีวมวล หรือที่เรียกว่าเชื้อเพลิงชีวอัดแท่ง โดยวัสดุเหลือทิ้ง เช่น แกลบ ขานอ้อย มันสำปะหลัง ผักตบชวา มาใส่เครื่องสับ เพื่อสับให้ละเอียด ผสมคลุกเคล้ากันให้ได้สัดส่วน และมีความชื้นที่พอเหมาะนำไปอัดเป็นแท่ง จากนั้นจึงนำไปตากแดด หรือเข้าตู้อบให้แห้ง แท่งอัดชีวมวลที่ได้จะมีรูพรุนมาก จึงมีพื้นผิวสำหรับให้เผาไหม้มาก ทำให้จุดติดไฟได้ง่าย และให้ความร้อนสูง (ชัยชาญ ฤทธิเกรียงไกร, 2547)

อย่างไรก็ตามยังมีชีวมวลอีกมากมายเช่น ขุยมะพร้าว เปลือกกล้วย เปลือกถั่วต่างๆ ผลไม้ที่ไม่ได้คุณภาพ และเศษไม้ไผ่จากการผลิตข้าวหลาม เป็นต้น ซึ่งมีปริมาณมากในสายตาของเจ้าของ แต่ไม่เพียงพอในการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ ดังนั้นต้องหาทางเลือกอื่นๆเช่น แปรรูปเป็นปุ๋ยหมัก เหมาะสำหรับเศษวัสดุเหลือใช้ที่มีความชื้นค่อนข้างสูงและนิ่ม เช่น ขุยมะพร้าว ผักตบชวา และเปลือกถั่ว โดยนำมาผ่านเครื่องย่อยและหมักตามสูตรการผลิตปุ๋ยหมักทั่วไป และถ้าต้องการนำมาใช้ในรูปของพลังงานมี 2 รูปแบบดังนี้

-ผลิตเป็นถ่าน

ชีวมวลที่เหมาะสมในการนำมาผลิตถ่านควรมีขนาดใหญ่และความชื้นต่ำเช่นเศษไม้ต่างๆ ในบางกรณีอาจนำมาบดให้ละเอียดและอัดเป็นแท่ง สามารถขายได้ในราคาที่สูงขึ้นเช่น ถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าว ชังข้าวโพดและขี้เลื่อย นอกจากนี้ถ้าแปรรูปให้เป็นถ่านคูดกลิน จะสามารถเพิ่มมูลค่าให้สูงขึ้นอีก โดยใช้ผลไม้ที่ไม่ได้ขนาดจะได้ถ่านมีรูปร่างตามผลไม้ชิ้นๆ วิธีการทำง่ายมากคือ ขุดดินเป็นหลุมขนาด 1 x 1.5 เมตร ลึก 1 เมตร ใส่เชื้อเพลิงคือชังข้าวโพดที่กินหลุมตามด้วยผลไม้สดผิวแข็งเช่นน้อยหน่า สับปะรด กล้วย มังคุด เป็นต้น ประมาณ 20 กิโลกรัม จากนั้นทำการจุดไฟนำสังกะสีปิดบนเตา และนำเชื้อเพลิงกลบด้านบนอีกชั้นหนึ่ง ผลไม้จะถูกเผาอยู่ในหลุมและสุกเป็นถ่านใช้เวลาประมาณ 10 -15 ชั่วโมง เมื่อเผาเสร็จนำมาเรียงเพื่อลดความร้อนจะได้ผลไม้คูดกลินเหม็นและอับชื้นใช้ในห้องนอน รถยนต์ รองเท้า และตู้เสื้อผ้า เป็นต้น เมื่อใช้แล้วประมาณ 1 เดือนนำมาตากแดดแล้วนำกลับมาใช้ได้อีก

-นำมาเผาในอุปกรณ์พิเศษเรียกว่าแก๊สซิไฟเออร์ (Gasifier)

โดยใส่อากาศเพียงร้อยละ 20 -30 จะได้ก๊าซชีวมวล จากนั้นนำไปเป็นพลังงานทดแทนก๊าซหุงต้ม โดยใช้เตาก๊าซที่มีอยู่แต่ต้องปรับปริมาณอากาศเข้าให้เหมาะสม หรือนำมาผลิตไฟฟ้าโดยเครื่องยนต์สันดาปภายในขนาดตั้งแต่ 1 -100 กิโลวัตต์ แต่ต้องติดตั้งอุปกรณ์กำจัดน้ำมันดินที่มาพร้อมกับก๊าซชีวมวล มิฉะนั้นจะทำให้เครื่องยนต์ชำรุดได้ อนึ่งชีวมวลที่เหมาะสมควรมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 20 และมีขนาดใกล้เคียงกันเพื่อให้ได้ก๊าซชีวมวลที่มีคุณภาพ (มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม, 2553ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 พลังงานชีวมวลที่เกิดขึ้นแต่ละปี

ลำดับ	ชีวมวล	ความชื้น	ค่าความ	อัตราส่วนชีวมวล		พลังงาน กิกะจูล $\times 10^6$	
			ร้อนต่ำ เมกะจูล/ กก.	ต่อ ผลผลิต %	ปริมาณ ตัน/ไร่		ปริมาณ ล้านตัน
1.	แกลบ	12.00	13.52	21.00		5.25	70.96
2.	ฟางข้าว	10.00	12.33	49.00		12.25	151.04
3.	ชานอ้อย	50.73	7.37	28.00		14.00	103.15
4.	ขี้เลื่อย	55.00	6.57		3	0.75	4.93
5.	โยปาล์ม	38.50	11.40	19.00		0.95	10.83
6.	กะลา ปาล์ม	12.00	16.90	4.00		0.20	3.38
7.	ทะลาย ปาล์ม	58.60	7.24	32.00		1.60	11.58
8.	เห้ง้ำมัน สำปะหลัง	59.40	5.49	20.00		3.40	18.68
9.	ซังข้าวโพด	40.00	9.62	24.00		1.20	11.54

ที่มา: ศูนย์ส่งเสริมพลังงานชีวมวล, 2549.

การวิเคราะห์ต้นทุนเชื้อเพลิงชีวมวล ต้นทุนชีวมวล

จากข้อมูลของศูนย์ส่งเสริมพลังงานชีวมวล ซึ่งจัดเก็บข้อมูลรายเดือนอย่างต่อเนื่อง ได้แก่ แกลบ ฟางข้าว ปีกไม้ ยางพารา กะลาปาล์ม และทะลายปาล์มเปล่า พบว่าราคาจะปรับตัวเพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นอยู่กับปริมาณผลผลิตที่ออกสู่ตลาดและปริมาณความต้องการใช้ชีวมวลแต่ละประเภทในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ และจากการสำรวจข้อมูลราคาซื้อขายชีวมวลในแต่ละภูมิภาคในช่วงเดือนพฤษภาคม-กันยายน 2551 ซึ่งแสดงในตารางที่ 2.2

ต้นทุนการขนส่ง

การขนส่งชีวมวลสามารถทางรถบรรทุกได้ดังนี้
รถบรรทุกขนาดเล็ก ขนส่งในระยะไม่เกิน 50 กิโลเมตร มีค่าขนส่งอยู่ที่ 80-100 บาท
รถบรรทุกสิบล้อน้ำหนักบรรทุกรวมได้ 25 ตัน บรรทุกเฉพาะสินค้าได้ประมาณ 15 ตัน
รถพ่วงสองตอน 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกรวมได้ 47 ตัน
รถกึ่งพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกรวมได้ 45 ตัน

ซึ่งการขนส่งโดยรถสิบล้อสามารถประมาณค่าขนส่งได้ที่ 20 50 100 และ 200 กิโลเมตร จะมีราคาขนส่ง 750 1875 3750 และ 7500 บาท ตามลำดับ โดยคิดที่น้ำหนักบรรทุกสูงสุดของรถบรรทุกสิบล้อปกติประมาณ 15 ตัน/เที่ยว และค่าขนส่ง 2.5 บาท/ตัน/กม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 แสดงราคาชีวมวลที่ได้จากการสำรวจภาคสนามเดือนพฤษภาคม-ตุลาคม 2553

ชีวมวล	ราคาชีวมวลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม					ปรับราคาเฉลี่ย 12 เดือน โดย มพส.	ราคาที่ยังไม่ได้รวมการแปรรูปหรือรวบรวม	
	ภาคเหนือ	ภาคอีสาน	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	ภาคกลาง	ภาคใต้			
แกลบ	460	950	925	1175	1000	902.00	894.17	898.08
ฟางข้าว	800	200	325	1750		768.75		768.75
ชานอ้อย	450		450			450		450.00
เหง้ามัน สำหรับหลัง			300			300		300.00
ซังข้าวโพด	700	1100	250	700		687.50		687.50
กะลาปาล์ม			1000		1700	1350.00	1779.17	1564.58
ทะลายปาล์ม			250		45	147.50	59.17	103.33
ขี้เลื่อย	180		1000	1200		793.33		793.33
ปึกไม้			1500	700	850	1016.67	704.79	860.73

ที่มา: มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม, 2553ช.

การเลือกใช้เทคโนโลยีให้เหมาะสมกับประเภทของชีวมวล

การผลิตพลังงานความร้อนและไฟฟ้าโดยใช้ชีวมวล (มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม, 2553ก) เป็นเชื้อเพลิงมีใช้กันอย่างแพร่หลายตั้งแต่ระบบขนาดเล็กไปจนถึงระดับโรงงานไฟฟ้า เช่น เทคโนโลยีการเผาไหม้โดยตรง (Direct-Fired) สามารถใช้กับชีวมวลทุกชนิด แต่จะมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันออกไป คุณสมบัติของชีวมวลแต่ละชนิดจะมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไปซึ่งจะส่งผลต่อต้นทุนการจัดการดังนี้

- ฤทธิ์กัดกร่อน ได้แก่ ซังข้าวโพด ซึ่งมีส่วนผสมของโปแตสเซียมไดออกไซด์ซึ่งมีฤทธิ์กัดกร่อนอย่างรุนแรงวัสดุที่ใช้ทำอุปกรณ์ในระบบผลิตไฟฟ้าจึงมีความจำเป็นต้องทนต่อการกัดกร่อนได้ดี จึงส่งผลให้การลงทุนในเทคโนโลยีการเผาไหม้สูงกว่าชีวมวลประเภทอื่นๆ นอกจากนี้ซังข้าวโพดยังมีน้ำหนักเบาทำให้การสับย่อยทำได้ยาก ต้องใช้เครื่องตีที่มีราคาสูงทำให้ต้นทุนการย่อยขนาดซังข้าวโพดต่อน้ำหนักสูงกว่าชีวมวลชนิดอื่น

- ความชื้นและสารประกอบอัลคาไลน์สูง ได้แก่ ทะลายปาล์ม เป็นวัสดุเหลือทิ้งในโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มเช่นเดียวกับกะลาปาล์มและใยปาล์ม แต่โรงงานสกัดปาล์มส่วนใหญ่ไม่ได้นำทะลายปาล์มมาใช้เป็นเชื้อเพลิงเนื่องจากมีความชื้นค่อนข้างสูงและมีขนาดใหญ่จึงทำให้การสับย่อยให้มีขนาดเล็กลงทำได้ยากเพราะมีไฟเบอร์ที่เหนียวและเมื่อกองเก็บไว้นานๆไฟเบอร์จะมีความเหนียวมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังมีสารประกอบอัลคาไลน์สูงรวมทั้งเมื่อนำมากองเก็บไว้นานๆจะเกิดความร้อนและติดไฟได้เอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มีสิ่งปนเปื้อน ได้แก่ เหน้้ำมันสำปะหลัง เป็นวัสดุเหลือทิ้งในไร่อะไรกรรมกรส่วนใหญ่ไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์ และมักจะเผาทิ้ง ปัญหาหลักของการนำเหน้มาใช้นี้เพื่อการผลิตไฟฟ้าคือ มีสิ่งปนเปื้อนมาก เช่น กรวด หิน ดิน ทราย จึงต้องมีการจัดการเบื้องต้นก่อน คุณสมบัติของเหน้ตัวเองและเปลือกนอกมีโครงสร้างของซิลิกาให้ความแข็งแรงและทนต่อการเผาไหม้และติดไฟยาก การนำเหน้มาเป็นเชื้อเพลิงจึงจำเป็นต้องทำการย่อยเหน้ให้มีขนาดเล็กประมาณ 3-5 มิลลิเมตร ก่อนป้อนเข้าสู่กระบวนการเผาไหม้จึงทำให้ต้นทุนในการแปรรูปค่อนข้างสูง

- น้ำหนักเบา ได้แก่ ใบ/ยอดอ้อยและฟางข้าว ส่งผลให้ต้นทุนการขนส่งสูง สำหรับปัญหาหลักของใบและยอดอ้อยคือการเก็บรวบรวม ปัจจุบันมีโรงงานน้ำตาลบางแห่งทดลองนำใบและยอดมาใช้เป็นเชื้อเพลิง โดยใช้รถอัดก้อน (Baler) ลงไปเก็บในไร่อ้อยหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อยแล้ว ปัญหาที่พบคือรถอัดก้อนไปเหยียบทับยอดอ้อยได้รับความเสียหายซึ่งจะมีผลต่อผลผลิตอ้อยในฤดูกาลถัดไป ขณะเดียวกันไม่มีเทคโนโลยีหม้อไอน้ำ (Boiler) ที่เหมาะสมรองรับ

- ต้องการการจัดการพิเศษ ได้แก่ เศษไม้จากสวนป่าขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ (ออป.) มีต้นทุนการตัด รีดกิ่งและรวบรวมสูง อย่างไรก็ตามการตัดริดกิ่งจะทำให้ไม้ที่ได้จากสวนป่ามีคุณภาพสูงขึ้นซึ่งทำให้ออป. มีรายได้จากการขายไม้เพิ่มขึ้น

2.4 แท่งเชื้อเพลิงแข็ง

แท่งเชื้อเพลิงแข็ง คือ แท่งเชื้อเพลิงที่ได้จากการอัดแท่งด้วยวิธีการอัดเย็น (โดยไม่ใช้ความร้อน) จากวัสดุชีวมวล, เศษวัชพืชต่างๆหรือเศษวัสดุที่เหลือจากภาคอุตสาหกรรมการเกษตร เช่น ชานอ้อยเน่าเปีย, ผักตบชวา ฯลฯ มาอัดแท่ง โดยอาศัยความเหนียวของยางในวัสดุเหล่านั้นเป็นตัวเชื่อมประสานและมีความชื้นพอเหมาะ เมื่ออัดออกมาเป็นแท่งแล้วจะได้แท่งเชื้อเพลิงมีลักษณะและคุณสมบัติเหมือน ฟืนและสามารถใช้ประโยชน์แทนฟืน, ถ่าน หรือแก๊สหุงต้มได้เป็นอย่างดี การอัดแท่งเชื้อเพลิง (การอัดเปียก/อัดเย็น)

เป็นการอัดโดยใช้เครื่องอัดแบบเกลียวหรือสกรู ซึ่งสามารถทำได้ทั้งกับวัสดุสดและแห้ง (แต่ถ้าวัสดุมีความชื้นปานกลางจะอัดแท่งได้สะดวกและรวดเร็ว) และสามารถอัดแท่งได้กับวัสดุชนิดต่างๆ อย่างกว้างขวาง

รัฐบาลของประเทศไทยมีนโยบายส่งเสริมให้ผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อมาทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล เนื่องจากปัญหาวิกฤตการณ์เศรษฐกิจตกต่ำและปัญหาราคาน้ำมันสูงขึ้นเรื่อยๆ(ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย, 2544)

มีงานวิจัยผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากวัชพืช (ไมยราบยักษ์) สับเป็นชิ้นเล็กๆ ผสมกับลิกไนท์ผง 20-30% แล้วอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงแข็ง โดยการอัดแท่งเชื้อเพลิงในลักษณะนี้ใช้หลักการเดียวกันกับการอัดแท่งถ่านเขียว (Green charcoal) ของประเทศฟินแลนด์ เมื่อ พ.ศ. 2523 ซึ่งค้นพบโดย มร.กอนซาโล คาแทน (Gonzalo O. Catan) และคณะโดยการนำเศษใบไม้ ใบหญ้า ไปหมักให้เน่าเปื่อยด้วยจุลินทรีย์บางชนิดแล้วจึงอัดโดยใช้ตัวเชื่อมประสานจากภายนอกช่วย (วัฒนา, 2529)

แท่งเชื้อเพลิงเขียว

คือ แท่งเชื้อเพลิงที่ได้จากการอัดแท่ง (โดยไม่ใช้ความร้อน) จากวัสดุชีวมวล/เศษวัชพืชต่าง ๆ หรือ เศษวัสดุที่เหลือจากภาคอุตสาหกรรมการเกษตร เช่น ชานอ้อยเน่าเปีย, ผักตบชวา ฯลฯ มาอัดเป็นแท่ง โดยอาศัยความเหนียวของยางในวัสดุเหล่านั้นเป็นตัวเชื่อมประสานและมีความชื้นพอดี เมื่ออัดออกมาเป็นแท่งจะได้แท่งอัดเชื้อเพลิงที่ใช้ประโยชน์แทนฟืน ถ่าน หรือแก๊สหุงต้มได้เป็นอย่างดี (วัฒนา เสถียรสวัสดิ์ และคณะ, 2529)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การบดย่อย

ลักษณะวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการอัดแท่งจะต้องละเอียดพอที่จะนำไปขึ้นรูปได้ดี โดยขนาดของวัตถุดิบที่ใช้นั้นจะขึ้นอยู่กับชนิดของถ่านและวิธีการทำวัตถุดิบให้เป็นแท่ง วิธีการบดย่อยสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การใช้เครื่องบด เครื่องสับและเครื่องป่นวัสดุ

การอัดแท่งเชื้อเพลิง

สามารถทำได้ 2 วิธี

- การอัดแบบใช้ความร้อน เช่น การอัดด้วยเครื่องอัดแบบเกลียวหนอนหรือสกรู (Screw) ซึ่งหลักการทำงานของเครื่องอัดแบบสกรู คือ บรรจิวัดที่ต้องการอัดลงในกรวยใส่ (Hopper) ที่มีช่องออกไปสู่กระบอก (Extrusion cylinder) ภายในกระบอกอัดมีสกรูอัดชนิดเกลียวหนอนหมุนขับเคลื่อน การขับเคลื่อนของสกรูอาศัยแรงหมุนและวัสดุจะถูกหมุนอัดติดกับผนังกระบอกด้วยแรงดันสูง ในขณะที่อัดแท่งวัสดุจะได้รับความร้อนจากเครื่องทำความร้อนซึ่งติดตั้งอยู่ที่ปลายกระบอกแท่งวัสดุจะเคลื่อนตัวช้าๆออกจากปลายกระบอกอัดและจะหักเมื่อสัมผัสกับเหล็กฉาก จากนั้นจะถูกผลักให้หักออกจากทิศทางเดิม ความยาวของแท่งวัสดุจะถูกควบคุมด้วยเหล็กฉาก การอัดแบบนี้อาจมีการเติมตัวประสานหรือไม่ขึ้นกับวัสดุที่ใช้ ถ้าวัสดุมีลักษณะและเส้นใยในปริมาณที่สูงเมื่อถูกความร้อนจากเครื่องอัดจะทำให้สารเหล่านี้เกิดการเย็บติดเกาะติดกันได้ แต่ถ้าวัตถุดิบมีสารพวกนี้น้อยก็อาจจำเป็นต้องเติมตัวประสานเข้าช่วย

- การอัดแบบไม่ใช้ความร้อน เช่นการอัดแท่งโดยใช้เครื่องอัดแบบไฮดรอลิก (Hydraulic press) ซึ่งหลักการทำงานของเครื่องไฮดรอลิก คือ ใส่เครื่องใส่เชื้อเพลิงที่ต้องการอัดลงในแบบอัด จากนั้นบังคับวาล์วของทางเดินน้ำมันให้แกนไฮดรอลิกกดวัสดุลงในแบบอัด ซึ่งแรงในการอัดสามารถบังคับได้โดยปรับความดัน ในการอัดแบบไม่ใช้ความร้อนจำเป็นต้องใช้ตัวประสานเข้ามาช่วยในการอัดแท่ง

ใช้หลักการของเครื่องที่ใช้อมอเตอร์ไฟฟ้าโดยทั่วไป ผู้ใช้จะต้องตรวจสอบดูว่าแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำหรับเครื่องมีขนาด แรงดัน (โวลต์) และความสามารถในการจ่ายกระแสไฟ (แอมป์) ได้เพียงพอและถูกต้อง ดังนี้

- สำหรับมอเตอร์ชนิด 2 สาย ใช้ไฟ 220 โวลต์ จ่ายกระแสไฟได้ไม่น้อยกว่า 10 แอมป์ ต่อ 1 เครื่อง การต่อสายไฟจากเครื่องเข้ากับระบบจ่ายไฟจะต้องผ่านคัทเอ้าท์ หรืออุปกรณ์ตัดตอนไฟฟ้า ที่มีฟิวส์หรือระบบป้องกันกระแสเกิน ขนาด 10 แอมป์ เป็นตัวป้องกัน

- สำหรับมอเตอร์ชนิด 3 สาย ใช้ไฟ 380 โวลต์ จ่ายกระแสไฟได้ไม่น้อยกว่า 5 แอมป์ ต่อ 1 เครื่อง การต่อสายไฟจากเครื่องเข้ากับระบบจ่ายไฟจะต้องผ่านคัทเอ้าท์ หรืออุปกรณ์ตัดตอนไฟฟ้า ชนิด 3 สาย ที่มีฟิวส์หรือระบบป้องกันกระแสเกิน ขนาด 10 แอมป์ เป็นตัวป้องกัน

การต่อคัทเอ้าท์จะต้องใช้แยกเครื่องละ 1 ตัวเท่านั้น ห้ามต่อรวมกันโดยใช้คัทเอ้าท์หรืออุปกรณ์ตัดตอนไฟฟ้าตัวเดียวเป็นอันตราย แต่สำหรับเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงเขียวที่ได้พัฒนาและปรับปรุงสำหรับโครงการนี้จะใช้ไฟ 220 โวลต์ ตามหัวข้อ 2.3.4.1 ซึ่งเป็นระบบไฟฟ้าที่ใช้ได้ทั่วไป

การใช้และบำรุงรักษาเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงเขียว

เครื่องอัดชนิดนี้ทำงานด้วยการอัด (Pressure) หรือแรงดันจากมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 2 แรงม้า เป็นตัวหมุนสกรูหรือเกลียว (ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของเครื่องที่ผลิตจากสแตนเลสแทนเหล็กเพื่อให้ความทนทานต่อการสึกกร่อน เนื่องจากวัตถุดิบบางชนิดมีส่วนผสมของน้ำตาล) เพื่อขับวัสดุให้อัดแน่นเป็นแท่งโดยรีดออกมาจากกระบอกกรีด ดังนั้นเพื่อเป็นการใช้เครื่องให้ถูกต้องและรักษาเครื่องให้ใช้ได้ยาวนาน การปฏิบัติงานก่อนและหลังการอัดแท่งฯ ควรจะดำเนินการดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เตรียมกองวัสดุที่ผสมเสร็จแล้วไว้บนถาด สำหรับกองวัตถุดิบ
- เตรียมอุปกรณ์สำหรับรับ แت่งเชื้อเพลิง ที่อัดออกมาได้ เช่น ใช้แผ่นสังกะสี ที่เป็นลอนลูกฟูกเป็นตัวรับ โดยอาจจะทำเป็นแคร่หรือขาตั้ง หรือจะทำเป็นรางเลื่อนก็ได้
- เมื่อพร้อมแล้วจึงเปิดสวิทช์เดินเครื่อง แล้วจึงป้อนวัตถุดิบลงในช่องป้อนโดยใช้ เศษไม้ช่วยเขี่ย
- ก่อนหยุดเครื่องทุกครั้ง ต้องปล่อยให้เครื่องเดินอัดแท่งเชื้อเพลิงออกมาให้หมด อย่าปล่อยให้ตกค้างในกระบอกอัด
- หลังการใช้งาน จะต้องถอดเกลียวอัด, กระบอกรีด, และท่อออกมาล้างทำความสะอาดทุกครั้ง
- ตรวจสอบและปรับระยะเวลาความตึงของสายพานให้เหมาะสมอยู่เสมอ
- ตรวจสอบข้อ หรือจาระบี เป็นระยะสม่ำเสมอ หรืออย่างน้อยเดือนละครั้ง

การตากแห้ง

ในการอัดแท่งเชื้อเพลิงเขี่ยวั้นจะใช้วัสดุที่มีความชื้นสูง ดังนั้นก่อนนำไปใช้ก็ต้องทำให้แห้ง วิธีการที่สะดวกและประหยัดสำหรับชาวบ้านก็คือการตากแดดโดยตรง อาจจะตากบนพื้นซีเมนต์ หรือบนสังกะสีลูกฟูก ฯลฯ ก็นับว่าเป็นวิธีการที่ประหยัด ซึ่งสำหรับโครงการนี้ก็ทำการทดลองตากแดดโดยตรงบนพื้นซีเมนต์เป็นเวลา 2-3 วัน ก็สามารถนำไปใช้ได้ นอกจากนี้ก็มีวิธีการตากหรือการทำให้แห้งหลายวิธี นอกจากตากแดดโดยตรง คือ

- อบในตู้อบแสงอาทิตย์
- อบด้วยความร้อนจากเตาเผาขยะ
- อบด้วยความร้อนที่เหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม
- อบด้วยความร้อนจากเครื่องทำความร้อน

การเก็บรักษาแท่งเชื้อเพลิงเขี่ยว

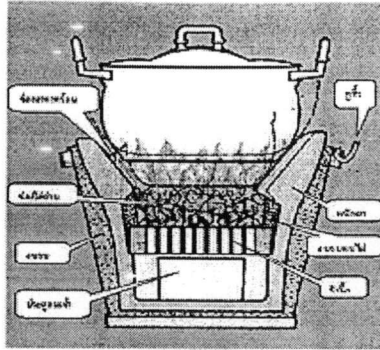
การตัดให้เป็นแท่งเพื่อให้ดูสวยงามและสะดวกในการหยิบถือ การตัดควรกระทำหลังตากแห้งเรียบร้อยแล้ว การตัดอาจจะใช้มีดคมๆ หรือใบมีดคัตเตอร์ตัดเป็นท่อนๆ ตามต้องการ การตัดเป็นจำนวนมากๆ จะใช้เครื่องตัดก็ได้ ถ้าต้องการประหยัดค่าใช้จ่ายและไม่ต้องการความสวยงามก็ใช้มือหัก

การบรรจุหีบห่อโดยที่เชื้อเพลิงเขี่ยวจะมีลักษณะโปร่ง (Porosity) ดังนั้นถ้าเก็บไว้ในที่มีความชื้นสูงจะทำให้แท่งเชื้อเพลิงมีราขึ้นเหตุนี้จึงต้องเก็บไว้ในที่แห้ง การใส่ถุงพลาสติกแล้วปิดผนึกปากถุงก็จะช่วยได้มากจะใช้ถุงเล็กหรือถุงใหญ่ขึ้นอยู่กับปริมาณที่ต้องการเก็บไว้ใช้และความสะดวกที่มี หากไม่สะดวกจะใช้เชือกผูกแท่งเชื้อเพลิงไว้เป็นมัดๆ ก็ได้ ข้อสำคัญต้องเก็บไว้ในที่แห้งที่ฝนหรือละอองน้ำไม่กระเซ็นเข้าไป การนำแท่งเชื้อเพลิงเขี่ยวไปใช้ในการหุงต้ม

หักแท่งเชื้อเพลิงให้เป็นท่อนสั้นๆ มีความยาวสัก 1 นิ้ว จำนวน 3-4 ท่อน จุ่มลงในแอลกอฮอล์จุดไฟ แล้ววางเรียงในเตาเพื่อใช้เป็นเชื้อติดไฟ (starter) เอาแท่งเชื้อเพลิงที่ไม่ได้จุ่มแอลกอฮอล์วางซ้อนเป็นชั้นๆในเตาแล้วจึงจุดไฟหรือจะใช้น้ำมันแก๊สโซลีน เศษกระดาษหรือเศษฟืนเล็กๆ เป็นเชื้อติด

การทดลองใช้ชานอ้อยในการทำเชื้อเพลิงแข็งซึ่งเป็นเศษวัตถุดิบที่เหลือจากการใช้ประโยชน์แล้ว โดยทั่วไปแท่งเชื้อเพลิงเขี่ยวมีลักษณะคล้ายกับไม้ฟืน เวลาใช้จะมีควันจึงควรใช้ร่วมกับเตาที่มีปล่องซึ่งจะช่วยลดควันไฟ หรือใช้ร่วมกับเตาอ่างโล่ประหยัดพลังงานก็จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเผาไหม้ให้ดียิ่งขึ้น หากเราต้องการให้แท่งเชื้อเพลิงเขี่ยวนี้ให้ค่าความร้อนที่สูงขึ้น เราสามารถนำแท่งเชื้อเพลิงเขี่ยวไปเผาเป็นเป็นถ่านก่อนนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงก็ได้โดยใช้แกลบเผาแบบกลบนาน 20-22 ชม. ก็จะได้ถ่านจากเศษสวะที่มีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 แสดงเตาอั้งโล่ที่มีประสิทธิภาพ
ที่มา: เต้าอั้งโล่ (2553)

ข้อได้เปรียบของเชื้อเพลิงอัดแท่งเทียบกับฟืนและถ่าน

ไม่ต้องตัดไม้ทำลายป่ามาทำเป็นฟืนและเผาถ่าน การใช้เชื้อเพลิงเขียวซึ่งทำจากขานอ้อยเน่าเปียก และเศษพืช ฯลฯ ทดแทนฟืน และถ่าน เป็นการได้ช่วยสงวนป่าไม้ของชาติ

การจุดติดไฟทำได้ง่ายกว่าฟืนและถ่าน เชื้อเพลิงเขียวจะใช้เวลาในการเรียงเชื้อเพลิงและจุดติดไฟ ภายใน 1 นาที ซึ่งฟืนและถ่านทำไม่ได้

ได้เชื้อเพลิงสะอาด การเผาไหม้มีประสิทธิภาพสูง การเผาไหม้จึงดีกว่าฟืนและถ่าน นอกจากนี้ยังสามารถใช้ทดแทนหรือเสริมแก๊สหุงต้มได้ในบางโอกาสและที่สำคัญคือ เชื้อเพลิงเขียวไม่ไวไฟ (unflamable) ดังนั้นจึงไม่มีอันตรายจากการระเบิด

ทำให้ได้สะดวกกว่าหาฟืนและเผาถ่านเพราะวัสดุโดยเฉพาะขานอ้อยเน่าเปียก และวัชพืชหาได้ง่าย และราคาต่ำ

ช่วยทำลายวัชพืชที่รบกวนพื้นที่เกษตรกรรม เช่น หญ้าขจรจบ ไมยราบยักษ์ วัชพืชที่อยู่ใต้หังบนบกและในน้ำ เช่น โสน กกธูป วัชพืชน้ำที่รบกวนแหล่งเลี้ยงปลา ปิดกั้นทางคมนาคม ทางน้ำ ทำให้คลองระบายน้ำตื้นเขินและปิดการระบายน้ำ เช่น ผักตบชวา

มีศักยภาพที่จะทำเป็นเชื้อเพลิงที่มีกลิ่นหอมได้ถ้าเลือกใช้พืช เช่น ใบเตย ทำเป็นเชื้อเพลิง ย่างเนื้อให้มีรสหอม เป็นต้น

มีราคาถูกกว่าฟืนและถ่าน

2.5 แป้งมันสำปะหลัง

แป้ง (Starch) เป็นโพลีแซคคาไรด์ (polysaccharide) ที่สำคัญที่สุดในธรรมชาติ เกิดจากโมโนแซคคาไรด์ (Monosaccharide) หลาย ๆ หน่วยมาต่อกัน (โกลิวโคส บัญเอนกทรีพท์และคณะ, 2554) สูตรทั่วไปคือ $(\text{CH}_2\text{O})_n$ โดยปกติแป้งจะอยู่ในเมล็ด ราก และลำต้นของพืช ลักษณะของแป้งจะเป็นเม็ดเล็กมีรูปร่างแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช แป้งมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ-อัลฟา-อะไมเลส (Alpha-Amylose) ประกอบไปด้วยหน่วยของกลูโคส D(+) ประมาณ 500-2,000 มาเชื่อมต่อกันเป็นสายยาวด้วยพันธะ Alpha,1-4 glycosidic linkage น้ำหนักโมเลกุลแตกต่างกันไปตั้งแต่ 2,000-500,000 โดยทั่วไปอะไมเลสจะไม่ละลายน้ำ แต่สามารถกระจายตัวอยู่ในน้ำเป็นไมเซลล์ และเมื่อรวมกับไอโอดีนจะให้สีน้ำเงิน มีอยู่ประมาณ 20-25% ของแป้งทั้งหมด

อะไมโลเพคติน (Amylopectin) เป็นแป้งที่มีโครงสร้างแตกแขนง โดยแต่ละแขนงจะประกอบไปด้วยหน่วยกลูโคสประมาณ 12 หน่วย แขนงของอะไมโลเพคตินจะยึดกันด้วยพันธะ Alpha, 1-4 glycosidic linkage แต่ละจุดที่มีการแตกแขนงจะยึดกันด้วยพันธะ Alpha, 1-6 glycosidic linkage โดยทั่วไป

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปรกติอะไมโลเพคตินจะเป็นส่วนที่ไม่ละลายน้ำ น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย $\geq 1,000,000$ เมื่อรวมตัวกับไอโอดีน จะให้สีม่วงแดง มีอยู่ประมาณ 75-80% ของแป้งทั้งหมด
สมบัติของแป้ง

การดูดซับ การพองตัว การละลาย เมื่อเติมน้ำลงในแป้งและตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำจากบรรยากาศ ทำให้เกิดความสมดุลในเม็ดแป้งกับความชื้นในบรรยากาศ ปริมาณน้ำที่ดูดซึมจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้น แป้งส่วนใหญ่ภายใต้บรรยากาศปกติจะมีความชื้น 10-17% พบว่าแป้งมันสำปะหลังสามารถดูดน้ำได้ปริมาณ 42.9 กรัมต่อน้ำหนักแป้งแห้ง 100 กรัม

น้ำที่อยู่ในเม็ดแป้งมีอยู่ 3 แบบ คือ น้ำในผลึก น้ำในรูปของ Bond water และน้ำในรูปอิสระ (Free water) โดยมีการจับกับแป้งได้แน่นจากมากไปหาน้อยตามลำดับ และแป้งที่มีความชื้นประมาณ 8-10% สามารถจับกับน้ำได้หนาแน่นกว่าแป้งที่มีความชื้นสูงกว่านี้ เนื่องจากการจับกันของน้ำกับหมู่ของไฮดรอกซิลที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 6 ของกลูโคสแต่ละหน่วยของแป้ง

เมื่อมีการให้ความร้อนแก่สารละลายแป้ง เม็ดแป้งจะเกิดการพองตัวและบางส่วนของแป้งจะละลายออกมา กำลังการพองตัวของแป้งจะแสดงออกปริมาณหรือน้ำหนักของเม็ดแป้งที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดเมื่อเม็ดแป้งพองตัวได้อย่างอิสระในน้ำ สำหรับความสามารถในการละลายแสดงเป็นน้ำหนักของของแข็งทั้งหมดในสารละลายที่สามารถละลายได้ ซึ่งสมบัติทั้งสองมีความสัมพันธ์กัน

ปัจจัยที่มีผลต่อการพองตัวและความสามารถในการละลายน้ำของแป้ง ได้แก่

-ชนิดของแป้ง

แป้งจากส่วนรากหรือ Pitch เช่น แป้งมันสำปะหลังจะมีการพองตัวเพียงชั้นเดียว กำลังการละลายมีค่าสูงกว่าแป้งธัญพืช เนื่องจากมีจำนวนพันธะน้อยกว่า แป้งจากส่วนรากจะเกิดเจลที่อุณหภูมิต่ำกว่าธัญพืช

-ความแข็งแรงและลักษณะของร่างแหภายในเม็ดแป้ง

-สิ่งเจือปนภายในเม็ดแป้งที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรต

-ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในสภาวะที่เกิดการพองตัว

-ความหนืด

เนื่องจากโมเลกุลของแป้งประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิลจำนวนมากและยึดเกาะกันด้วยพันธะไฮโดรเจน มีสมบัติชอบน้ำ (Hydrophilic) เมื่อให้ความร้อนแก่สารละลายแป้งพันธะไฮโดรเจนจะเกิดการคลายตัวเม็ดแป้งจะดูดน้ำแล้วเกิดการพองตัว น้ำแป้งมีความหนืดมากขึ้นและใสขึ้น เนื่องจากโมเลกุลน้ำที่เหลืออยู่รอบๆเม็ดแป้งน้อยลงและเม็ดแป้งเคลื่อนไหวได้ยากขึ้น ทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นปรากฏการณ์นี้เรียกว่า การเกิดเจลลาตินในเซชัน (Gelatinization) และอุณหภูมิที่สารเริ่มเกิดเรียกว่าอุณหภูมิเริ่มเกิดเจล

เมื่อแป้งได้รับความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่เกิดเจลแล้วให้ความร้อนต่อไป จะทำให้เม็ดแป้งพองตัวเพิ่มขึ้นจนเต็มที่แล้วแตกออก โมเลกุลของอะไมโลสจะกระจายออกมาทำให้ความหนืดลดลง เมื่อปล่อยให้เย็นตัว โมเลกุลของอะไมโลสที่อยู่ใกล้กันจะเกิดการเรียงตัวใหม่ด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุล เกิดเป็นโครงสร้างร่างแห 3 มิติ เกิดเป็นโครงสร้างใหม่ที่สามารถอุ้มน้ำและไม่มีการดูดน้ำเข้ามาอีก มีความหนืดคงตัวมากขึ้นเกิดเจลเหนียวคล้ายฟิล์มหรือผลึก เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า รีโทรกราเดชัน (Retrogradation) หรือการคืนตัว (Setback)

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง / การทบทวนวรรณกรรม

มีรายงานงานวิจัยที่ใช้เทคนิคการถ่ายเทมวล แบบ solid-liquid extraction มาใช้กับพืชผักผลไม้ เพื่อจะแยกส่วนประกอบที่ต้องการ เช่น sugar, betanin, antioxidants เป็นต้น ออกมาจากเนื้อเยื่อของเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่ออนุญาตเห็นเป็นประโยชน์ในการใช้ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พืชผักผลไม้ชนิดต่างๆ (Bruniche-Olsen, 1962; Chalermchat, et al., 2004; Schwartzberg and Chao, 1982; Nayak, et al., 2006; Lopez, et al., 2009)

นอกจากนี้ของเหลือทิ้ง จากกระบวนการผลิตทำไวน์หรือน้ำองุ่น (waste by-products) ได้แก่ เปลือก กากและ เมล็ดองุ่นถูกนำไปใช้ประโยชน์แค่เป็นอาหารสัตว์เพราะมีเส้นใยสูง (Palma, et al., 2001) ทั้งๆที่ ในความเป็นจริง ในของเหลือทิ้งนี้ มีสารที่เป็นประโยชน์สูงประกอบอยู่ ได้แก่ สารประกอบ โพลีฟีนอลิก (Heim, et al., 2002; Yilmaz and Toledo, 2004) กระบวนการสกัดสารประกอบโพลีฟีนอลิก สามารถทำได้โดยใช้เทคนิค solid-liquid extraction โดยใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกันจะมีเวลาในการสกัดที่แตกต่างกัน (Baydar, et al., 2004; Lapornik, et al., 2005; Pekic, et al., 1998) หลักการสกัดสามารถอธิบายจากทฤษฎีการถ่ายเทมวลโดยใช้กฎของ Fick (Cacace and Mazza, 2003; Stangler Herodez, et al., 2003) มีรายงานการวิจัยเพื่อสร้างโมเดลทางคณิตศาสตร์ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือทางวิศวกรรมเพื่อใช้ในการออกแบบและควบคุมกระบวนการผลิต (Bucic-Kojic et al., 2007)

มีงานวิจัยในการสกัดน้ำผลไม้จากผลละมุด (Sin, et al., 2006) และกล้วย (Lee, et al., 2006) โดยวิธีการใช้น้ำร้อน โดยทำการศึกษาเวลาที่ใช้สกัดโดยใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิต่างๆกัน และดูผลเปรียบเทียบกับคุณภาพน้ำผลไม้ที่ได้ สามารถสร้างเป็นสมการความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ

จากหลักการดังกล่าว จึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับเปลือกสับปะรด เพื่อดึงน้ำสับปะรดออกจากเส้นใย โดยขณะที่เส้นใยที่คงเหลือในเปลือกก็ยังสามารถนำไปใช้ผลิตเป็นเชื้อเพลิงแข็งชีวมวลได้อีกด้วย

มีงานวิจัยทำเชื้อเพลิงแข็งจากผักตบชวาโดยผสมกับแกลบ เพื่อให้สารลิกนินซึ่งเป็นส่วนประกอบหนึ่งที่มีอยู่ในแกลบได้รับความร้อนจากกระบวนการอัดสลายตัวออกมาทำหน้าที่เป็นตัวประสาน ทำให้แท่งเชื้อเพลิงแข็งที่ได้มีความแข็งแรงขึ้นไม่เปราะหรือแตกได้ง่าย ผลของงานวิจัยพบว่าการผลิตแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากผักตบชวาควรใช้แกลบเป็นส่วนผสมด้วย จะทำให้แท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นหรือช่วยเพิ่มความแข็งให้แก่แท่งเชื้อเพลิง อีกทั้งยังช่วยเพิ่มค่าความร้อนอีกด้วย อย่างไรก็ตาม อัตราส่วนผสมของแกลบไม่ควรเกินร้อยละ 50 นอกจากนี้ยังพบอีกว่าการผสมแกลบในอัตราส่วนร้อยละ 25 มีความเหมาะสมมากที่สุดในการผลิตแท่งเชื้อเพลิงแข็งที่อัตราส่วนผสมของผักตบชวามากกว่าร้อยละ 75 ทำให้ความยาวแท่งเชื้อเพลิงแข็งสั้นกว่าที่กำหนดไว้ เนื่องจากแท่งเชื้อเพลิงหักก่อนที่จะชนกับเหล็กฉากที่ติดตั้งไว้สำหรับหักท่อนเชื้อเพลิงซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวกำหนดความยาวของแท่งเชื้อเพลิงด้วย อย่างไรก็ตาม เนื่องจากผักตบชวามีความชื้นสูงมาก ต้องใช้การอบแห้งเป็นเวลานานประกอบกับต้องใช้แกลบเป็นส่วนผสม เพื่อเป็นตัวประสานให้เป็นแท่ง เป็นเหตุให้ต้นทุนการผลิตเชื้อเพลิงจึงสูง

มีงานวิจัยทำเชื้อเพลิงแข็งจากเปลือกทุเรียน โดยการนำเปลือกทุเรียนที่เหลือทิ้งมาบดย่อยด้วยเครื่องหั่นย่อยซากพืชให้มีขนาดประมาณ 8 มิลลิเมตร นำไปตากแดดให้มีความชื้นพอเหมาะต่อการอัดแท่ง ผลงานวิจัยจากการนำเปลือกทุเรียนทั้งสองสายพันธุ์ คือ พันธุ์ชะนีและพันธุ์หมอนทอง มาอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงแล้วได้เชื้อเพลิงที่มีคุณภาพดีและไม่แตกต่างกัน สรุปว่าเปลือกทุเรียนสามารถนำมาผลิตเป็นแท่งเชื้อเพลิงเพื่อใช้เป็นพลังงานความร้อนในครัวเรือนแทนฟืนและถ่านได้

มีงานวิจัยทำเชื้อเพลิงแข็งจากเส้นใยและกากปาล์มน้ำมัน พบว่า เชื้อเพลิงแข็งที่ผลิตได้โดยไม่เติมตัวประสาน เชื้อเพลิงแข็งเกิดการแตกหักทั้งหมด จึงต้องมีการเติมตัวประสาน ได้แก่ แป้ง, กลีเซอริน ผลงานวิจัยพบว่าเชื้อเพลิงแข็งที่ได้มี ระยะเวลาเฉลี่ยในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงแข็ง 500 กรัม เท่ากับ 2 ชั่วโมง การติดไฟอยู่ในเกณฑ์ดี เมื่อเทียบกับไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีงานวิจัยทำเชื้อเพลิงแข็งจากขานอ้อยเน่าเปื่อยมาผสมกับขุยมะพร้าว เนื่องจาก ถ้าใช้ขุยมะพร้าว ล้วนๆอัดแท่งจะไม่สามารถทำได้ ทั้งนี้เกิดจากขุยมะพร้าวมีเส้นใยที่ยาวและแข็ง ซึ่งจะพันรอบเกลียว ในขณะอัดแท่ง และเมื่อมีหนาแน่นมากขึ้น จะทำให้เกลียวของเครื่องอัดหยุดหมุน สำหรับขานอ้อยถ้า ละเอียดมากๆ ก็จะมีปัญหาต่อการอัดเช่นเดียวกัน เชื้อเพลิงแข็งสามารถอัดเป็นแท่งได้โดยอาศัยความ เหนียวของยางในขานอ้อยเป็นตัวเชื่อมประสานและมีความชื้นพอดี เมื่ออัดออกมาเป็นแท่งแข็งก็จะได้แท่ง อัดเชื้อเพลิงที่ใช้ประโยชน์แทนฟืน, ถ่าน หรือแก๊สหุงต้ม ได้เป็นอย่างดี (ประลอง, 2553)

ฐิติพงศ์ กรประภากุล และนิลเนตร แซ่ฮ้อ, 2540 ได้ทำการผลิตเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่งจากทะเลาย ปาล์มน้ำมันซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตรสกัดปาล์ม โดยการนำทะเลายมาย่อย ให้มีขนาดเล็ก และทดลองอัดด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก ภายใต้ความดัน 250 - 600 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และ เป็นก้อนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.54 เซนติเมตร โดยใช้กาวและแป้งเปียกเป็นตัวประสาน ก้อนเชื้อเพลิง มีลักษณะทรงกระบอก และอัดด้วยเครื่องอัดสกรูทำที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส และ 140 องศา เซลเซียส ได้เป็นเชื้อเพลิงลักษณะเป็นแท่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 ซม. เชื้อเพลิงที่อัดได้จะถูกนำไป เก็บไว้เพื่อตรวจคุณสมบัติทางกายภาพและลักษณะการเผาไหม้ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเชื้อเพลิงอัด แท่งที่มีแป้งเปียก 20% ให้ปริมาณเถ้าต่ำสุด (5.32%) และเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีกาวแก้ว 30% จะให้ เเปอร์เซ็นต์ความร้อนต่ำสุด (0.03%) สำหรับด้านการเผาไหม้พบว่าเชื้อเพลิงทุกชนิดจะให้น้ำเร็วกว่าถ่านไม้ แต่มีควันมากกว่าในช่วงเริ่มต้นการเผา

วีระสิทธิ์ แดงประเสริฐ, 2524 ได้ทำการทดลองจากขี้เลื่อยอัด ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้ นำขี้เลื่อยมาอบให้แห้งก่อน จากนั้นนำมาเข้าเครื่องอัดแท่งที่ใช้เกลียวหมุนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า โดยมีตัวให้ ความร้อน (Heater) อยู่ที่ปลายท่ออัดที่อุณหภูมิ 220-280 องศาเซลเซียส เพื่อให้ลิกนิน (Lignin) ในขี้ เลื่อยละลายและติดกันเป็นแท่ง จากนั้นนำแท่งขี้เลื่อยที่ได้มาเผาเป็นถ่านหลังจากการเผาเป็นถ่านแล้ว น้ำหนักของถ่านจะเหลือประมาณครึ่งหนึ่งของแท่งขี้เลื่อยที่ใช้เผาแท่งถ่านจากขี้เลื่อยอัดจะมีขนาดโตกลม ประมาณ 2 นิ้ว ตรงกลางมีรูเพื่อเป็นผลทางการเผาไหม้ แท่งถ่านที่ได้จะมีความคงทนให้ความร้อนสูงและ มีระยะเวลาในการเผาไหม้นานถึงเกือบ 2 ชั่วโมง ทั้งนี้เป็นเพราะขี้เลื่อยมีความหนาแน่นมากกว่าไม้ตัวเอง นอกจากนี้ถ่านขี้เลื่อยยังมีต้นทุนต่ำอีกด้วย

กัญญา บุญเกียรติ, 2524 ศึกษาประโยชน์ของวัสดุเหลือใช้ทางอุตสาหกรรมและการเกษตรที่มี ความสำคัญทางเศรษฐกิจ 3 ชนิด คือ แกลบ ขี้เลื่อยและขานอ้อย โดยนำมาอัดเป็นก้อนขนาดใหญ่ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.54 เซนติเมตร ภายใต้ความดัน 57-1070 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สารยึดที่ใช้ ได้แก่ ขี้ผึ้งและแป้งเปียก และพบว่าขี้เลื่อยและขานอ้อยสามารถนำมาอัดติดเป็นก้อนได้โดยไม่ต้องใช้สารยึด ส่วนแกลบต้องใช้สารยึดหรือผสมกับขี้เลื่อยหรือขานอ้อย จึงจะสามารถติดกันเป็นก้อนได้ หลังจากเก็บ ตัวอย่างไว้ในถุงพลาสติกอย่างน้อย 2 เดือน แล้วนำมาศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสมบัติต่างๆ ได้แก่ น้ำหนักร้อยละที่ร้อนออกมา ความชื้น ขี้เถ้า ปริมาณกำมะถัน ค่าความร้อนและสมบัติในการเผาไหม้ สำหรับการให้ความร้อนเมื่อเทียบกับถ่านไม้พบว่าก้อนเชื้อเพลิงผสมระหว่างแกลบและขานอ้อยมีการแตก ร่วนน้อยที่สุด (1.53%) สำหรับสมบัติการเผาไหม้ไฟ พบว่าก้อนเชื้อเพลิงเกือบทุกชนิดทำให้น้ำเดือดได้เร็ว กว่าถ่านไม้และมีควันมากเมื่อเริ่มลุกไหม้

ชูฉินันท์ แจงกระโทกและคณะ, 2546 ศึกษาการเตรียมเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่ง (Briquettes) จาก ผงถ่านหินแอนทราไซต์ที่เหลือจากกระบวนการคัดแยกขนาดมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยการนำผงถ่าน หินผสมกับสารยึด (Binder) สารช่วยคงรูป (Shape stabilizer) แล้วอัดให้เป็นแท่งเพื่อความสะดวกใน การใช้งานซึ่งเน้นการผลิตในอุตสาหกรรม งานวิจัยนี้เสนอการใช้สารละลายแป้ง (Starch) และกากน้ำตาล

(Molasses) เป็นสารยึด โดยใช้ผงถ่าน (Charcoal) จากกะลามะพร้าวเป็นสารตัวเติมเพื่อช่วยในการตีไฟ และเป็นมอนต์มอริลโลไนต์ (Montmorillonite) ดินเหนียว ปูนปลาสเตอร์ (Plaster) และแกลบ (Rice Husk) เป็นสารช่วยคงรูป แล้วศึกษาชนิดและปริมาณของสารยึด และสารช่วยคงรูป รวมถึงอัตราส่วนระหว่างผงถ่านหินแอนทราไซต์ สารยึด ตัวเติม และสารช่วยคงรูปในปริมาณที่เหมาะสม จากนั้นขึ้นรูปด้วยเครื่องมือขึ้นรูป นำไปอบให้แห้งเพื่อนำไปทดสอบและเปรียบเทียบสมบัติต่างๆ ของถ่านหินอัดแห้ง ได้แก่ ความแข็งแรงกดอัด (Compressive Strength) เปอร์เซ็นต์ความเครียด ณ จุดเสียหาย (% Strain at rupture) สมบัติการเผาไหม้ (Combustion property) และค่าปริมาณความร้อนของการเผาไหม้ (Heat of combustion) โดยพบว่าชนิดของสารยึดและสารช่วยคงรูปที่เหมาะสมคือ กากน้ำตาล และมอนต์มอริลโลไนต์ ซึ่งทำให้ถ่านหินทนแรงกดอัด (Compressive Strength) สูง มีค่าเปอร์เซ็นต์ความเครียด ณ จุดเสียหาย (% Strain at rupture) ต่ำ สามารถตีไฟได้ยาวนานต่อเนื่องประมาณ 2-3 ชั่วโมง โดยคงรูปร่างเดิมหลังการเผาไหม้ และค่าปริมาณความร้อนของการเผาไหม้ของถ่านหินอัดแห้งทุกสูตรมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งปริมาณของกากน้ำตาลและมอนต์มอริลโลไนต์ที่เหมาะสมคือ 9% และ 10% wt ของของแข็งทั้งหมดตามลำดับ โดยอัตราส่วนของผงถ่านหินแอนทราไซต์ ต่อกากน้ำตาล ต่อผงถ่านกะลาต่อมอนต์มอริลโลไนต์เท่ากับ 5: 1: 3: 2 ของทั้งหมด



บทที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ตอนที่ 1 กระบวนการสกัดน้ำสับประดจากเปลือกสับประดพันธุ์ปัตตาเวีย

อุปกรณ์

- มีด
 - ถุงมือ
 - เชียง
 - ถุงดำ
 - ถุงพลาสติก
 - ขวดพลาสติก
 - เครื่องชั่งน้ำหนักตนิยม 4 ตำแหน่ง
 - หม้อไฟฟ้าที่ควบคุมอุณหภูมิได้
 - แท่งแก้ว
 - Refractometer
 - เครื่อง Hunter Lab ColorQuest XE พร้อมอุปกรณ์ประจำเครื่อง
 - เครื่องวัดค่า pH ยี่ห้อ METTLER TOLEDO
 - เครื่อง Centrifuge ยี่ห้อ Uniersal 16พร้อมอุปกรณ์ประจำเครื่อง
 - เครื่อง Evaporation ยี่ห้อ Buchi R210-R215พร้อมอุปกรณ์ประจำเครื่อง
 - กระบอกตวง 2000 ml
 - น้ำกลั่น
- #### วัสดุดิบ

ผลสับประดเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 4-6 นิ้ว หรือมีน้ำหนักผลอยู่ระหว่าง 0.8-3.0 กิโลกรัม ตามลักษณะที่ส่งโรงงาน

ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.1.1 ตอนที่ 1 สกัดน้ำสับประดโดยใช้อัตราส่วนของเปลือกต่อน้ำ 1:5

- นำสับประดมาปอกเปลือกเอาเฉพาะเปลือกโดยให้มีขนาดความหนาของเนื้อเปลือกเท่าๆกัน โดยให้มีเนื้อติดเล็กน้อยตามโรงงาน
- วัดค่าความหวานของเนื้อที่ติดเปลือกสับประดเริ่มต้นโดยใช้เครื่อง Refractometer
- นำเปลือกสับประดที่ได้มาชั่งน้ำหนักให้ได้ 0.5 กิโลกรัมและ 1 กิโลกรัม
- นำเปลือกสับประดที่ได้ใส่ตะแกรงแล้วนำไปแช่ในหม้อไฟฟ้าที่มีน้ำปริมาตร 5 ลิตรที่อุณหภูมิ 40, 60 และ 80 องศาเซลเซียส ตามลำดับ
- บันทึกค่าความหวานทุกๆ 10 นาที โดยใช้ Refractometer บันทึกจนกระทั่งค่าความหวานคงที่ (การวัดค่าความหวาน ควรวัดจากจุดเดียวกัน)
- นำเปลือกชุดที่ 1 ออกจากหม้อต้มจากนั้นใส่ชุดที่ 2 ลงไปแทน บันทึกค่าจนค่าความหวานทุกๆ 10 นาที จนค่าความหวานคงที่ จึงเปลี่ยนเป็นชุดที่ 3, 4, 5, . . . ไปแบบนี้ไปเรื่อยๆ จนค่าความหวานคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง
- นำน้ำสับประดที่ได้วัดคุณสมบัติต่างๆ ได้แก่ ค่าสี ค่าความหวาน ค่าpH % pulp content

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-จากนั้นนำไปประเหยโดยใช้เครื่อง Rotary Evaporator ให้เพื่อให้ได้ค่าความหวานเพิ่มขึ้นจนกระทั่งได้ค่าความหวานเท่ากับค่าความหวานที่น้ำสับประรดเริ่มต้นคือประมาณ 11

-จากนั้นนำน้ำสับประรดที่ได้มาวัดคุณสมบัติต่างๆ อีกครั้ง ได้แก่ ค่าสี ค่าความหวาน ค่า pH

3.1.2 ตอนที่ 2 สกัดน้ำสับประรดโดยใช้อัตราส่วนของเปลือกต่อน้ำ 0.5:5

-นำสับประรดมาปอกเปลือกเอาเฉพาะเปลือกโดยให้มีขนาดความหนาของเนื้อเปลือกเท่าๆกัน โดยให้มีเนื้อติดเล็กน้อยตามโรงงาน มาสับเป็นชิ้นย่อยๆประมาณ 1-2 เซนติเมตร

-วัดค่าความหวานของเนื้อที่ติดเปลือกสับประรดเริ่มต้นโดยใช้เครื่อง Refractometer

-นำเปลือกสับประรดที่ได้มาชั่งน้ำหนักให้ได้ 0.5 kg และ 1 kg

-นำเปลือกสับประรดที่ได้ แช่ในหม้อต้มที่มีน้ำปริมาตร 5 l ที่อุณหภูมิ 40, 60 และ 80 องศาเซลเซียสตามลำดับ

-บันทึกค่าความหวานทุกๆ 10 นาที โดยเครื่อง Refractometer บันทึกจนกระทั่งค่าความหวานคงที่ (การวัดค่าความหวาน ควรวัดจากจุดเดียวกัน)

-นำเปลือกชุดที่ 1 ออกจากหม้อต้มจากนั้นใส่ชุดที่ 2 ลงไปแทน บันทึกค่าความหวานทุกๆ 10 นาทีจนค่าความหวานคงที่ จึงเปลี่ยนเป็นชุดที่ 3, 4, 5, . . . ไปแบบนี้ไปเรื่อยๆ จนค่าความหวานคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงจากนั้นนำไปประเหยให้ได้ค่าความหวานเท่ากับค่าความหวานที่น้ำสับประรดเริ่มต้น

-นำน้ำสับประรดที่ได้วัดคุณสมบัติต่างๆ ได้แก่ ค่าสี ค่าความหวาน, ค่า pH, % pulp content

-จากนั้นนำไปประเหยโดยใช้เครื่อง Rotary Evaporator ให้เพื่อให้ได้ค่าความหวานเพิ่มขึ้นจนกระทั่งได้ค่าความหวานเท่ากับค่าความหวานที่น้ำสับประรดเริ่มต้นคือประมาณ 11

-จากนั้นนำน้ำสับประรดที่ได้มาวัดคุณสมบัติต่างๆ อีกครั้ง ได้แก่ ค่าสี ค่าความหวาน ค่า pH, % pulp content

3.2 ตอนที่ 2 การผลิตเชื้อเพลิงแข็งชีวมวลจากเปลือกสับประรดพันธุ์ปัตตาเวีย วัตถุประสงค์

-เปลือกสับประรดที่ผ่านการสกัดและเปลือกสับประรดสด

-แป้งมันสำปะหลัง

-น้ำ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

-เครื่องชั่งความละเอียด 4 ตำแหน่งยี่ห้อ DENVER INSTRUMENT รุ่น ST-234

-บีกเกอร์ขนาด 1000 ml

-ไม้บรรทัดขนาด 100 cm

-เวอร์เนียร์คาร์เปอร์

-เครื่องวัดความชื้นแบบอินฟราเรด

-อุปกรณ์ที่ใช้ผสม ประกอบด้วย

-กะละมัง

-ถุงมือ ใส่เพื่อป้องกันความคมของเปลือกสับประรดและใช้ในการผสม

-Hot plate

-หม้ออลูมิเนียมเบอร์ 24 ทรายมาลายู

-เตาถ่าน

-สังกะสีสำหรับตากสับประรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เครื่องบด ยี่ห้อ ELECKING
- เครื่องอัดใช้การอัดเกรียวหรือสกรู (Screw Extrusion) ยี่ห้อ ELECKING เพราะมีความสะดวกหลายประการและเป็นที่ยอมรับในระดับอุตสาหกรรมเกลียวที่หมุนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าบีบเข้าไปยังกระบอกอัดซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 เซนติเมตร และถูกดันออกมาทางที่รองรับไว้ที่ปลายกระบอกอัดอีกข้างหนึ่ง
- แผ่นสังกะสีขนาด 5x2 ฟุต จำนวน 6 แผ่น
- เครื่องวัดความชื้นแบบอินฟาเรด
- can อลูมิเนียม
- โถดูดความชื้น (Desiccators)
- ปากคีบ (Tong)
- ตาถ่าน
- เทอร์โมมิเตอร์
- หม้ออลูมิเนียมเบอร์ 14 ทรายมาลา
- กระบอกตวง 500 ml
- ไม้บรรทัด

วิธีการทดลอง

- นำเปลือกสับปะรดสดและเปลือกสกัดซึ่งน้ำหนักเปลือกสับปะรดสด สูตรละ 5 กิโลกรัม
- นำสับปะรดที่คัดแยกแล้วตากบนสังกะสีตามจำนวนวันที่กำหนด คือ 2, 3 และ 4 วัน สำหรับเปลือกสด ส่วนเปลือกสกัดตากเพียง 1 วัน โดยใช้สังกะสีจำนวนทั้งหมด 6 แผ่น ซึ่งมีพื้นที่สำหรับตากเปลือกสับปะรด ประมาณ 5.4 ตารางเมตร ดังนั้นสังกะสี 1 แผ่นสามารถใช้ตากเปลือกสับปะรดได้ประมาณ 5 กิโลกรัม
- นำเปลือกที่ตากมาชั่งน้ำหนักหลังตากและวัดความชื้นสุดท้ายหลังการตาก
- นำเปลือกที่ตากแล้วมาบดด้วยเครื่องบดที่มีความเร็วรอบ 1450 รอบต่อนาที เป็นการตีบด้วยความเร็วรอบสูง มีที่รับวัตถุดิบอยู่ด้านบนเมื่อทำการบดวัตถุดิบจะไหลลงด้านล่างซึ่งเป็นช่องเปิดเอียง จากนั้นชั่งน้ำหนักที่บดได้
- ชั่งแป้งมันตามสัดส่วนที่กำหนด แล้วตวงน้ำปริมาตร 150 มิลลิลิตร ละลายแป้งในน้ำ
- นำน้ำแป้งที่ไปตั้งไฟ คนเรื่อยๆจนกว่าน้ำแป้งจะข้นเหนียวเป็นกาว
- นำเปลือกสับปะรดที่บดแล้วมาผสมกับแป้งโดยสูตรที่ 1 จะผสมเปลือกสับปะรดกับแป้งด้วยอัตราส่วน 10: 0 กิโลกรัม สูตรที่ 2 10: 0.5 กิโลกรัม สูตรที่ 3 10: 1 กิโลกรัม และสูตรที่ 4 10: 1.5 กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนเปลือกสกัดจะทำการผสมเพียงสูตรที่ 2, 3 และ 4 ดังตารางที่ 3.1 เท่านั้นจากนั้นผสมให้เข้ากัน

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงอัตราส่วนที่ใช้ในการผสมแป้ง

สูตรที่	น้ำหนักที่ใช้(kg)		ปริมาณน้ำที่ใช้(ml)
	เปลือกสับปะรด	แป้ง	
1	10	0	-
2	10	0.5	150
3	10	1	150
4	10	1.5	200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-นำเปลือกสับปรดที่ผสมเรียบร้อยแล้ว มาอัดขึ้นรูปโดยเครื่องอัดแบบสกรู ซึ่งการอัดแบบนี้จะเป็นการอัดอย่างต่อเนื่อง ถ่านที่ได้จะมีรูปร่างเป็นทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5 เซนติเมตร

-โดยนำเปลือกสับปรดที่อัดขึ้นรูปมาตากแห้งบนสังกะสีซึ่งสังกะสี 1 แผ่นจะสามารถตากแห้งเชื้อเพลิงได้ประมาณ 5 กิโลกรัม โดยจะทำการตากจนความชื้นลดลงซึ่งเป็นเวลาประมาณ 4 วัน แล้วนำมาวัดความชื้นสุดท้าย และทดสอบคุณสมบัติ ได้แก่ ความหนาแน่น ค่าความต้านทานแรงกระแทก ค่าความร้อน ค่าประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อน และวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตต่อหน่วย

-การเก็บรักษา โดยเก็บในถุงพลาสติก ปิดผนึกปากถุงเพื่อป้องกันความชื้น

3.2.1 วิเคราะห์หาสมรรถนะของแท่งเชื้อเพลิงแข็ง

-หาปริมาณความชื้น (Moisture) โดยนำ can ที่สะอาดไปอบ 30 นาที ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส แล้วนำไปทำให้เย็นโดยใส่ในโถดูดความชื้น (Desiccators) 15 นาที

-ทำการตั้งค่าเครื่องวัดความชื้นแบบอินฟราเรด โดยเลือก method หลังจากนั้นกด sel จากนั้นเลือก temperature edit เพื่อกำหนดอุณหภูมิประมาณ 90 °C เลือกการหาค่าความชื้นเป็น %MC ตั้ง switch-off mode เพื่อกำหนดการใช้เวลาเป็น automatic กด กดexitหลังจากนั้นเลือก save yes เพื่อทำการบันทึก

-ใส่ตัวอย่างประมาณ 1 กรัม จากนั้นเครื่องจะคำนวณน้ำหนักตัวอย่างและวัดค่าความชื้นประมาณ 15-80 นาที แล้วแต่ปริมาณความชื้นที่มีในตัวอย่าง

-เมื่อเครื่องทำการอบและคำนวณเสร็จจะแสดงค่า %MC, เวลาที่ใช้, และน้ำหนักตัวอย่างที่เหลือ บนหน้าจอ

3.2.2 การหาค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิง (Density) (ประลอง, 2543)

-หา Bulk Density โดยนำแท่งเชื้อเพลิงแข็งมาชั่งน้ำหนัก (m) นำแท่งเชื้อเพลิงแข็งมาวัดความสูง (h) รัศมีแท่งเชื้อเพลิง(R) และรัศมีรูแกนกลาง(r) แล้วนำไปคำนวณหาปริมาตรทรงกระบอก (v) และหาความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากสูตร

$$\rho = m/v \text{ และ } V = \pi R^2 h - \pi r^2 h$$

ρ = ความหนาแน่น (g/cm³)

m = น้ำหนักของแท่งเชื้อเพลิงแข็งที่ชั่ง (g)

v = ปริมาตรของแท่งเชื้อเพลิงแข็ง (cm³)

R = รัศมีแท่งเชื้อเพลิง (cm)

r = รัศมีรูแกนกลาง (cm)

h = ความสูงของแท่งเชื้อเพลิง

-หา True Density โดยชั่งน้ำหนักแท่งเชื้อเพลิงแข็ง จากนั้นชั่งน้ำหนักแท่งเชื้อเพลิงแข็งที่อยู่ในน้ำโดยเครื่องชั่ง นำมาคำนวณหาปริมาตรและความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากสูตร

$$D = M/V \text{ และ } V = W/\rho_w$$

ρ_w = ความหนาแน่นของน้ำ (kg/m³)

V = ปริมาตรของตัวอย่าง (m³)

W = น้ำหนักที่ถูกแทนที่ด้วยตัวอย่าง (kg)

D = ความหนาแน่นของตัวอย่าง (kg/m³)

V = ปริมาตรของตัวอย่าง (m³)

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การหาค่าความร้อน (Heating Value) (ASTM D 5865)

นำแท่งเชื้อเพลิงส่งตรวจวิเคราะห์หาค่าความร้อนด้วยเครื่อง Automatic Bomb calorimeter รุ่น AC-350 ที่สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.2.4 การหาค่าประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อน (Heat Utilization Efficiency) (สิทธิชัย, 2550)

-ทำการทดสอบในสภาวะแวดล้อมที่มีพื้นที่เปิดโล่ง ไม่มีลมพัด และทำที่อุณหภูมิห้อง

-นำถ่านที่จะใช้ในการทดสอบชั่งน้ำหนักประมาณ 100 กรัม โดยจะใช้ประมาณ 3-4 ก้อน ติดไฟในเตาโดยใช้เศษไม้หรือกระดาษเพื่อช่วยให้ไฟติด

-นำหม้อออลูมิเนียมเบอร์ 14 โดยตวงน้ำจากกระบอกตวง ปริมาณน้ำที่ใช้ในการทดสอบ 300 กรัม เทน้ำลงในหม้อทำการปิดฝา ชั่งน้ำหนักหม้อพร้อมฝาและวัดอุณหภูมิน้ำตอนเริ่มต้น ทำการยกตั้งไฟ

-บันทึกเวลาเริ่มต้น จนกระทั่งน้ำเดือด และบันทึกอุณหภูมิทุก 5 นาทีจนกระทั่งน้ำเดือด

-นำฝาหม้อออกและปล่อยให้ น้ำเดือดต่อไปอีก 10 นาที หลังจากนั้นทำการบันทึกเวลา อุณหภูมิ และน้ำหนักน้ำที่เหลือ

-นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนจากสูตรการคำนวณ (สิทธิชัย, 2550)

$$HU = [(MC_p(T_2 - T_1) + (M_i)L) / M_f H] \times 100$$

HU = ประสิทธิภาพ, %(Heat Utilization Efficiency)

M = น้ำหนักน้ำเริ่มต้น (kg)

M_i = น้ำหนักเชื้อเพลิงถ่านที่ใช้ไป (kg)

M_f = น้ำหนักเชื้อเพลิง (kg)

C_p = ความร้อนจำเพาะของน้ำ = 4.184 kJ/kg°C

T₁ = อุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำ (°C)

T₂ = อุณหภูมิของน้ำเดือด (°C)

H = ค่าความร้อนของถ่าน

L = ค่าความร้อนแฝงของน้ำ

3.2.5 การหาค่าแรงกระแทกของแท่งเชื้อเพลิง (สุริยา, 2544)

-นำแท่งเชื้อเพลิงแข็งมาตัดเป็นท่อนยาวประมาณ 1 นิ้ว

-ชั่งน้ำหนักแท่งเชื้อเพลิงก่อนทดลองและบรรจุแท่งเชื้อเพลิงลงในถุงแล้วปิดผนึก

-ปล่อยให้แท่งเชื้อเพลิงแข็งให้ตกลงมาจากความสูง 200 เซนติเมตร

-เปิดถุงแล้วนำแท่งเชื้อเพลิงมาวัดด้วยตระแกรงขนาดความกว้าง 2 x 2 mm

-นำถ่านที่เหลือจากการร่อนมาชั่งน้ำหนัก แล้วคำนวณหาปริมาณถ่านที่หายไป

$$R = W_f / W_i$$

R = ค่าต้านการตกกระแทก

W_i = น้ำหนักแท่งเชื้อเพลิงก่อนทดสอบ (g)

W_f = น้ำหนักแท่งเชื้อเพลิงที่เหลือหลังทดสอบ (g)

3.2.6 การหาค่าความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระหว่างการอัด (Energy Consumption)

-ชั่งน้ำหนักก่อนหลังของตัวอย่างและบันทึกเวลาที่ใช้กับเครื่องบดและเครื่องอัด

จากสูตรการคำนวณหาจาก

เอกสารนี้ 1 ยูนิท = (กำลังไฟฟ้า (วัตต์) ของเครื่อง X จำนวนชั่วโมงที่ใช้งานในหนึ่งวัน X จำนวนวันเครื่อง) / 1000

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 ตอนที่ 1 กระบวนการสกัดน้ำสับปรดจากเปลือกสับปรดพันธุ์ปัตตาเวีย

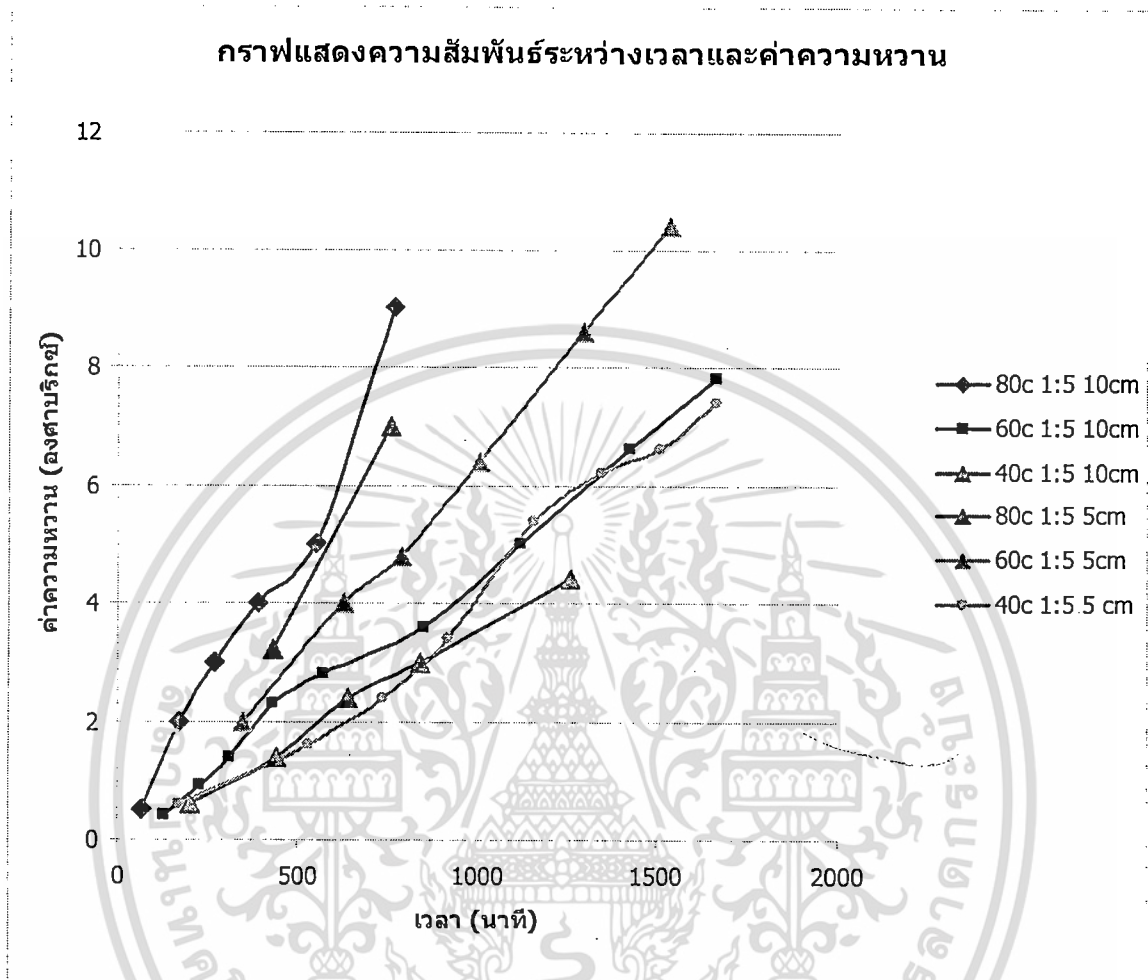
4.1.1 การศึกษาปัจจัยในการสกัดต่อคุณสมบัติค่าความหวานของน้ำจากเปลือกสับปรด

การทดลองการสกัดน้ำสับปรดจากเปลือกมีปัจจัยต่างๆ ซึ่งจะส่งผลต่อคุณสมบัติของน้ำสับปรดสกัดจากเปลือก โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณสมบัติด้านปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด หรือ ความหวาน ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่สำคัญคุณสมบัติหนึ่ง เนื่องจากค่าความหวานจะเป็นส่วนที่บอกถึงเวลาในการสกัด หรือ ประสิทธิภาพในการแพร่ของความหวานจากเปลือกมาสู่น้ำ ซึ่งปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการสกัดมีดังนี้ อุณหภูมิ สัดส่วนระหว่างของแข็งกับของเหลว และขนาดชิ้นของเปลือกสับปรด ซึ่งการทดลองได้จำแนกปัจจัยต่างๆ ออกเป็นชุดการทดลองดังนี้

- อุณหภูมิ 80°C สัดส่วนระหว่างของแข็งกับของเหลว 1:5 ขนาดชิ้นของเปลือกสับปรด 10 cm
- อุณหภูมิ 60°C สัดส่วนระหว่างของแข็งกับของเหลว 1:5 ขนาดชิ้นของเปลือกสับปรด 10 cm
- อุณหภูมิ 40°C สัดส่วนระหว่างของแข็งกับของเหลว 1:5 ขนาดชิ้นของเปลือกสับปรด 10 cm
- อุณหภูมิ 80°C สัดส่วนระหว่างของแข็งกับของเหลว 1:5 ขนาดชิ้นของเปลือกสับปรด 5 cm
- อุณหภูมิ 60°C สัดส่วนระหว่างของแข็งกับของเหลว 1:5 ขนาดชิ้นของเปลือกสับปรด 5 cm
- อุณหภูมิ 40°C สัดส่วนระหว่างของแข็งกับของเหลว 1:5 ขนาดชิ้นของเปลือกสับปรด 5 cm
- อุณหภูมิ 80°C สัดส่วนระหว่างของแข็งกับของเหลว 0.5:5 ขนาดชิ้นของเปลือกสับปรด 10 cm
- อุณหภูมิ 60°C สัดส่วนระหว่างของแข็งกับของเหลว 0.5:5 ขนาดชิ้นของเปลือกสับปรด 10 cm
- อุณหภูมิ 40°C สัดส่วนระหว่างของแข็งกับของเหลว 0.5:5 ขนาดชิ้นของเปลือกสับปรด 10 cm
- อุณหภูมิ 80°C สัดส่วนระหว่างของแข็งกับของเหลว 0.5:5 ขนาดชิ้นของเปลือกสับปรด 5 cm
- อุณหภูมิ 60°C สัดส่วนระหว่างของแข็งกับของเหลว 0.5:5 ขนาดชิ้นของเปลือกสับปรด 5 cm
- อุณหภูมิ 40°C สัดส่วนระหว่างของแข็งกับของเหลว 0.5:5 ขนาดชิ้นของเปลือกสับปรด 5 cm

ซึ่งจะเห็นว่าแต่ละชุดจะมีค่าปัจจัยที่แตกต่างกัน เพื่อศึกษาผลกระทบจากปัจจัยต่างๆที่มีต่อคุณสมบัติค่าความหวานของน้ำสับปรดสกัดจากเปลือก ซึ่งในที่นี้จะทำการทดลองทั้งหมด 2 ซ้ำด้วยกัน ดังนั้นจึงแสดงผลการทดลองสองซ้ำดังนี้

ผลการทดลองได้ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหวานและเวลาในการทดลองครั้งที่ 1 นำผลการทดลองมาสร้างกราฟเพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ โดยแบ่งออกเป็นสองตอนดังนี้

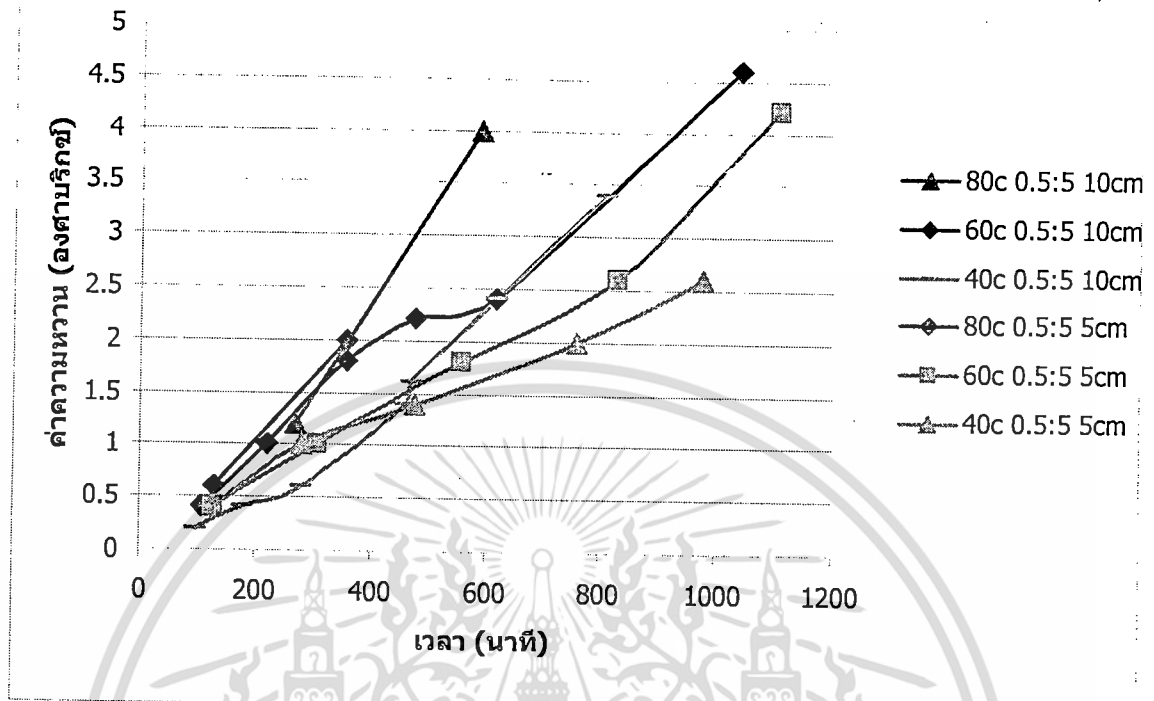


รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าความหวานที่สัดส่วน 1:5

จากกราฟจะพบว่าที่ อุณหภูมิ 80°C สัดส่วนระหว่างของแข็งกับของเหลว 1:5 ขนาดชิ้นของเปลือกสับปะรด 10 cm จะมีประสิทธิภาพในการแพร่สูงที่สุด และที่อุณหภูมิ 80°C สัดส่วนระหว่างของแข็งกับของเหลว 1:5 ขนาดชิ้นของเปลือกสับปะรด 5 cm อุณหภูมิ 60°C สัดส่วนระหว่างของแข็งกับของเหลว 1:5 ขนาดชิ้นของเปลือกสับปะรด 5 cm อุณหภูมิ 60°C สัดส่วนระหว่างของแข็งกับของเหลว 1:5 ขนาดชิ้นของเปลือกสับปะรด 10 cm อุณหภูมิ 40°C สัดส่วนระหว่างของแข็งกับของเหลว 1:5 ขนาดชิ้นของเปลือกสับปะรด 5 cm อุณหภูมิ 40°C สัดส่วนระหว่างของแข็งกับของเหลว 1:5 ขนาดชิ้นของเปลือกสับปะรด 10 cm

มีประสิทธิภาพในการแพร่รองลงมาตามลำดับ จะเห็นว่าการแพร่ที่อุณหภูมิสูงจะมีประสิทธิภาพมากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ ขณะที่ขนาดชิ้นของเปลือกสับปะรดขนาด 5 cm และ 10 cm มีอัตราการแพร่ที่ใกล้เคียงกัน

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าความหวาน



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าความหวานที่สัดส่วน 0.5:5

ในการทดลองซ้ำจากกราฟจะพบว่าที่ อุณหภูมิ 80°C สัดส่วนระหว่างของแข็งกับของเหลว 0.5:5 ขนาดขึ้นของเปลือกสับปะรด 5 cm จะมีประสิทธิภาพในการแพร่มากที่สุดใกล้เคียงกับ ขนาดขึ้นของเปลือกสับปะรด 10 cm และ

อุณหภูมิ 60°C สัดส่วนระหว่างของแข็งกับของเหลว 0.5:5 ขนาดขึ้นของเปลือกสับปะรด 5 cm

อุณหภูมิ 60°C สัดส่วนระหว่างของแข็งกับของเหลว 0.5:5 ขนาดขึ้นของเปลือกสับปะรด 10 cm

อุณหภูมิ 40°C สัดส่วนระหว่างของแข็งกับของเหลว 0.5:5 ขนาดขึ้นของเปลือกสับปะรด 5 cm

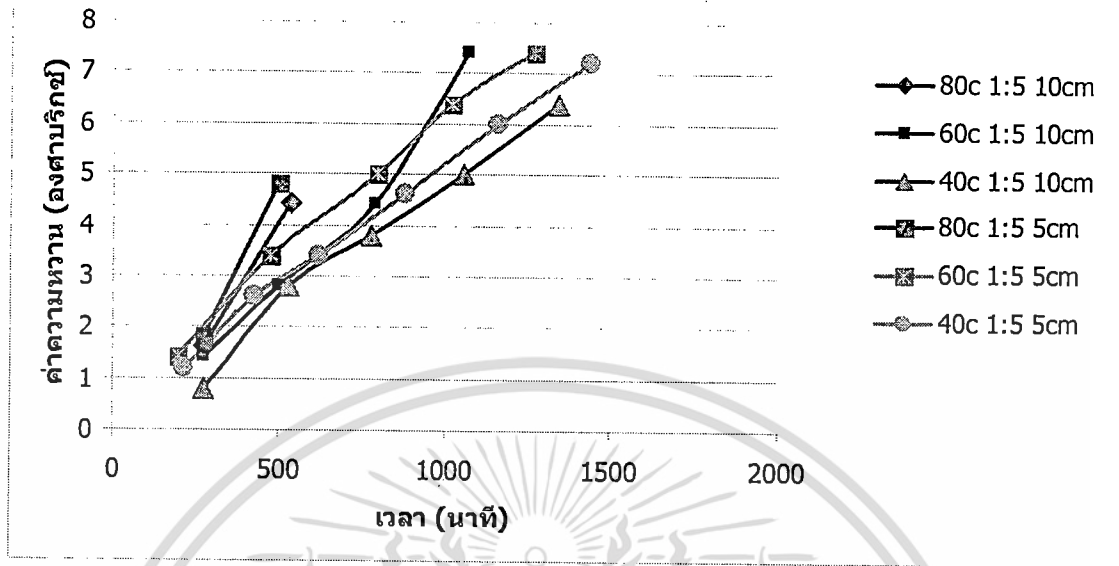
อุณหภูมิ 40°C สัดส่วนระหว่างของแข็งกับของเหลว 0.5:5 ขนาดขึ้นของเปลือกสับปะรด 10 cm

มีประสิทธิภาพรองลงมาตามลำดับ ซึ่งก็เป็นไปตามดังที่ได้กล่าวไว้

จากกราฟและข้อมูลการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิสูงขึ้นเนื้อเล็กและใหญ่จะให้ผลของอัตราการแพร่ใกล้เคียงกัน ขณะที่อุณหภูมิต่ำขนาดขึ้นเนื้อเล็กจะมีประสิทธิภาพในการแพร่มากที่สุดส่วนเท่ากัน

จากนั้นทำการสร้างกราฟจากข้อมูลเพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์และเข้าใจโดยแบ่งออกเป็นสองตอนตามตารางข้อมูล

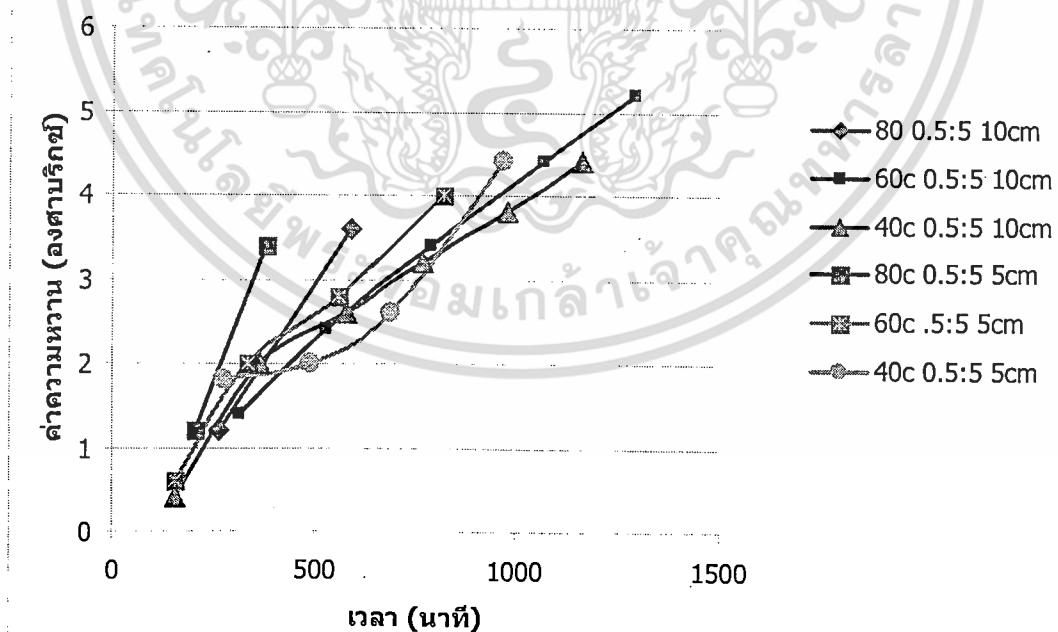
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าความหวาน



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหวานกับเวลาในการทดลองซ้ำที่สัดส่วน 1:5

ผลที่ได้ ใกล้เคียงกับการทดลองครั้งที่ 1 และ 2 โดยที่ อุณหภูมิสูงจะมีผลอัตราการแพร่มากกว่า อุณหภูมิต่ำที่ชัดเจน ขณะที่ขนาดชิ้นเนื้อ 5 cm และ 10 cm มีอัตราการแพร่ใกล้เคียงกัน

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าความหวาน

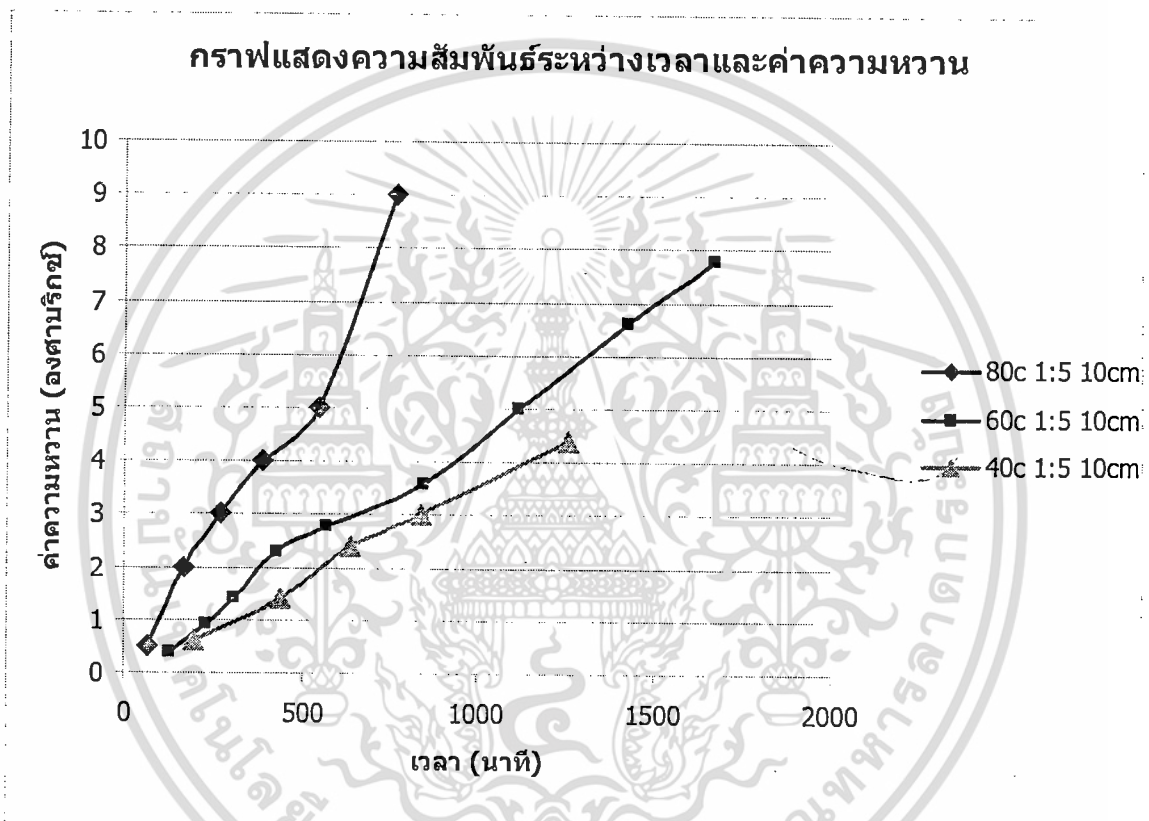


รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหวานกับเวลาในการทดลองซ้ำที่สัดส่วน 0.5:5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟการทดลองซ้ำที่ 2 พบว่าผลการทดลองนั้นใกล้เคียงกับการทดลองซ้ำที่ 1 คือเมื่ออุณหภูมิสูง ขนาดชิ้นเล็กมีประสิทธิภาพในการแพร่มาก

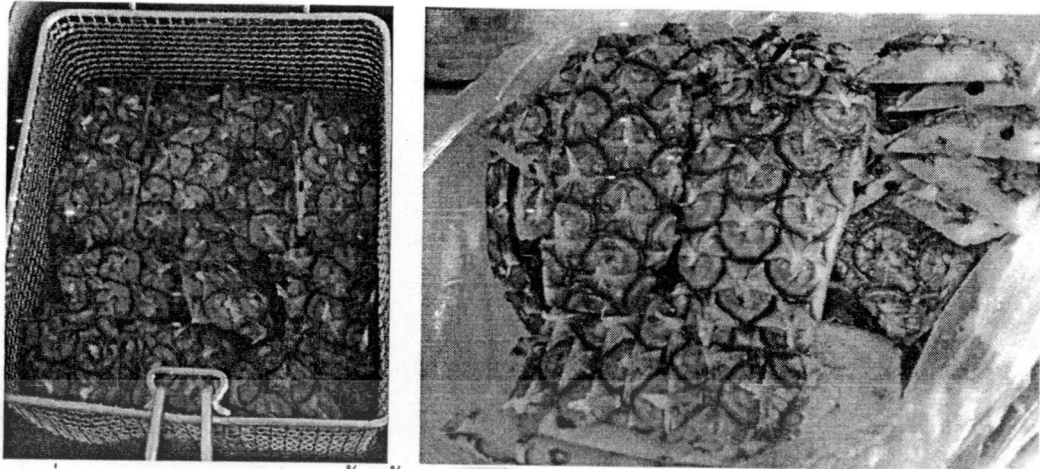
4.1.2 ปัจจัยทางด้านอุณหภูมิที่ส่งผลต่อคุณสมบัติทางด้านค่าความหวานของการสกัด อุณหภูมิที่เลือกใช้ในการศึกษาการสกัดน้ำสับปรดจากเปลือกคือ 40, 60, 80 °C ซึ่งในที่นี้เราจะยกตัวอย่างที่อุณหภูมิ 80°C สัดส่วนระหว่างของแข็งกับของเหลว 1:5 ขนาดชิ้นของเปลือกสับปรด 10 cm อุณหภูมิ 60°C สัดส่วนระหว่างของแข็งกับของเหลว 1:5 ขนาดชิ้นของเปลือกสับปรด 10 cm อุณหภูมิ 40°C สัดส่วนระหว่างของแข็งกับของเหลว 1:5 ขนาดชิ้นของเปลือกสับปรด 10 cm เนื่องจากจะเห็นความแตกต่างได้ชัดเจน



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหวานเฉลี่ยกับเวลา ณ อุณหภูมิที่ต่างกัน

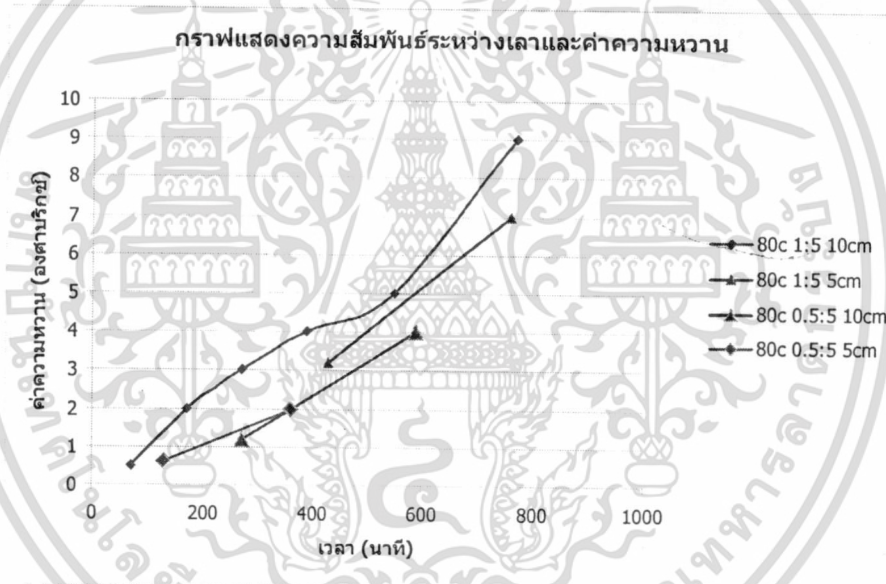
จากกราฟจะพบว่าที่อุณหภูมิ 80°C จะมีประสิทธิภาพในการแพร่มากที่สุด รองลงมาคือที่อุณหภูมิ 60°C และ 40°C ตามลำดับ จึงสามารถสรุปได้ว่า อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดสูงจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดได้ คือจะสามารถสกัดได้ในระยะเวลาที่สั้นลง

4.1.3 ปัจจัยทางด้านสัดส่วนระหว่างของแข็งกับของเหลวที่ส่งผลต่อคุณสมบัติทางด้านค่าความหวาน สัดส่วนระหว่างของแข็งกับของเหลวในที่นี้ของแข็งคือเปลือกของสับปรด ส่วนของเหลวคือน้ำ ซึ่งสัดส่วนระหว่างของแข็งกับของเหลวที่เลือกใช้คือ เปลือก 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 5 ลิตร และ เปลือก 0.5 กิโลกรัมต่อน้ำ 5 ลิตร



รูปที่ 4.6 ภาพแสดงขนาดของชิ้นเนื้อเปลือกที่ 5 cm (รูปซ้ายมือ) และ 10 cm (รูปขวามือ)

เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงจะมีการแพร่ที่ดี ดังนั้นจึงยกตัวอย่างที่อุณหภูมิสูงมาพิจารณา

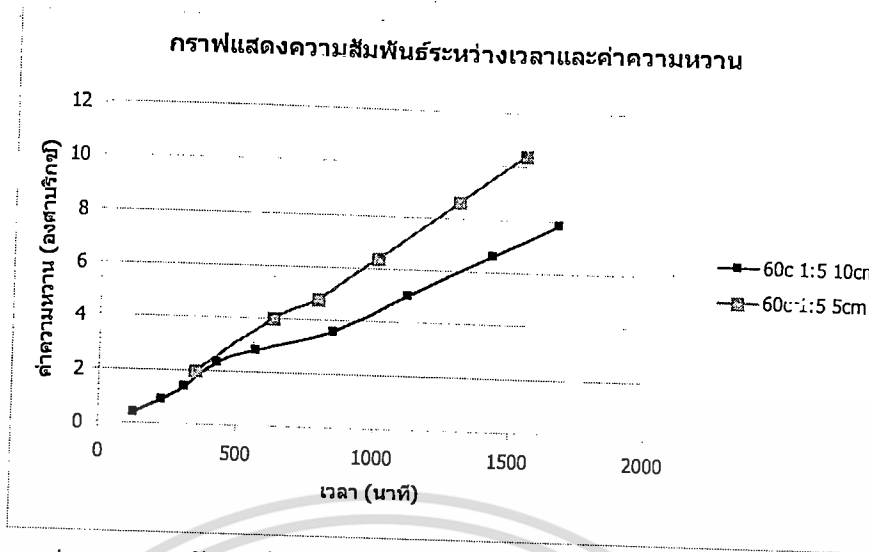


รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหวานกับเวลาที่อุณหภูมิ 80 °C ที่สัดส่วนระหว่างของแข็งกับของเหลว และขนาดชิ้นต่างกัน

จากกราฟจะพบว่าที่สัดส่วนของของแข็งที่ 1:5 จะมีการแพร่ที่ดีกว่าสัดส่วนของของแข็งที่ 0.5 : 5 ซึ่งจะสามารถกล่าวได้ว่าที่สัดส่วนของของแข็งมากจะมีประสิทธิภาพในการแพร่ที่ดีกว่าสัดส่วนของของแข็งน้อย

4.1.4 ปัจจัยทางด้านขนาดชิ้นที่ส่งผลต่อคุณสมบัติทางด้านค่าความหวาน ขนาดชิ้นของเปลือกสับปะรดที่เลือกใช้คือ ที่ความยาวของเปลือก 10 cm และ 5 cm ซึ่งความหวานนั้นขึ้นอยู่กับวิธีการปอกซึ่งปอกตามโรงงานคือ ปอกให้เห็นตาสับปะรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



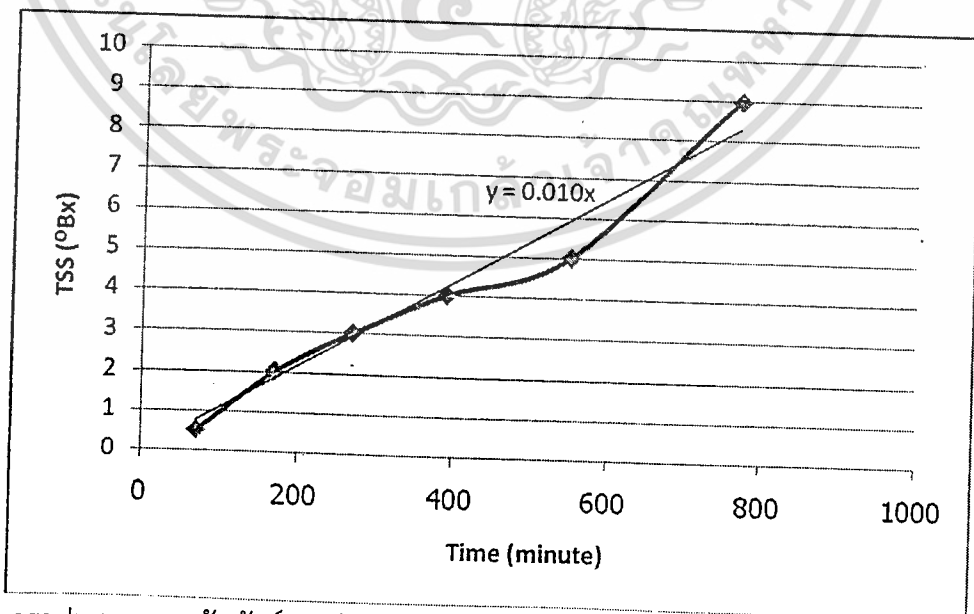
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าความหวาน ณ อุณหภูมิ 60 °C สัดส่วนเท่ากัน ขนาดขึ้นต่างกัน

จากกราฟพบว่าที่อุณหภูมิเท่ากัน สัดส่วนเท่ากัน เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการแพร่ที่ขนาดของขึ้นเนื้อต่างกันพบว่าที่ขนาดขึ้นเนื้อ 5 cm จะมีประสิทธิภาพในการแพร่มากกว่าที่ขนาดขึ้นเนื้อ 10 cm ซึ่งจะสามารถสรุปได้ว่าที่ขึ้นเนื้อเล็กประสิทธิภาพในการแพร่ก็จะดีกว่าขนาดขึ้นเนื้อที่ใหญ่

การสร้างโมเดล สำหรับการทำนายค่าความหวานจากการแพร่ ที่สภาวะต่างๆ

ถ้ากำหนดให้ TSS คือปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด หรือ ความหวาน (°Bx) และ t คือ เวลาที่ใช้ในการสกัด (นาท) สามารถสร้างโมเดลแยกตามสภาวะต่างๆได้ดังนี้

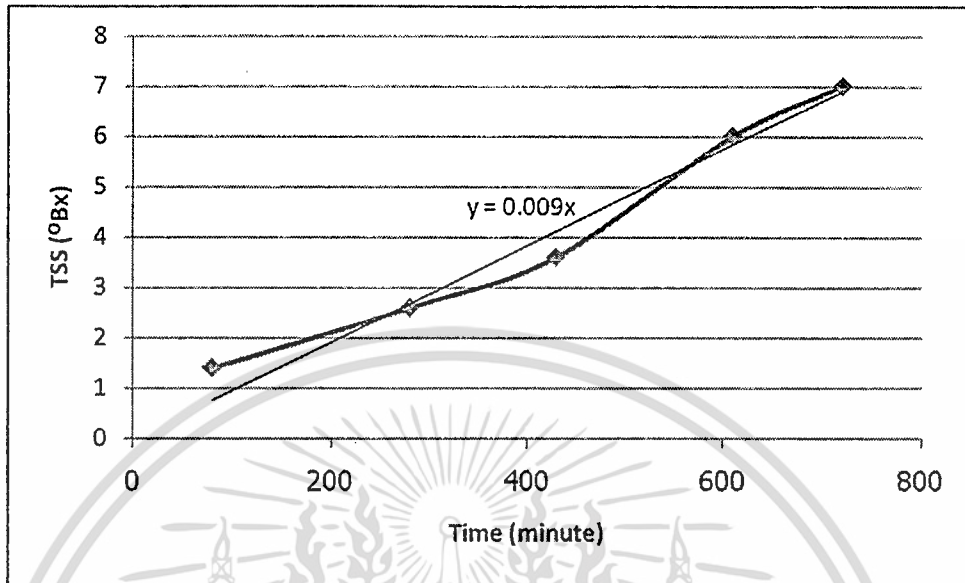
1. อุณหภูมิ 80°C อัตราส่วนเปลือกต่อน้ำ 1:5 ขนาดขึ้นเปลือก 10 cm จากการศึกษาทดลองจะได้โมเดลตามเส้นแนวโน้มคือ $TSS = 0.010t$



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าความหวานที่อุณหภูมิ 80°C อัตราส่วนเปลือกต่อน้ำ 1:5 ขนาดขึ้นเปลือก 10 cm

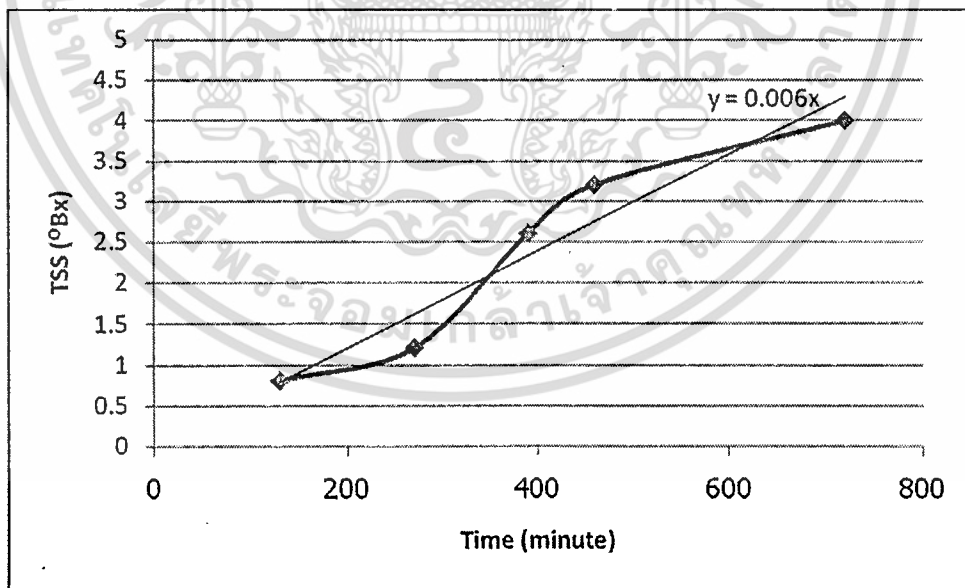
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. อุณหภูมิ 80°C อัตราส่วนเปลือกต่อน้ำ 1:5 ขนาดชิ้นเปลือก 5 cm
จากการทดลองจะได้โมเดลตามเส้นแนวโน้มคือ $\text{TSS} = 0.009t$



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าความหวานที่อุณหภูมิ 80°C อัตราส่วนเปลือกต่อน้ำ 1:5 ขนาดชิ้นเปลือก 5 cm

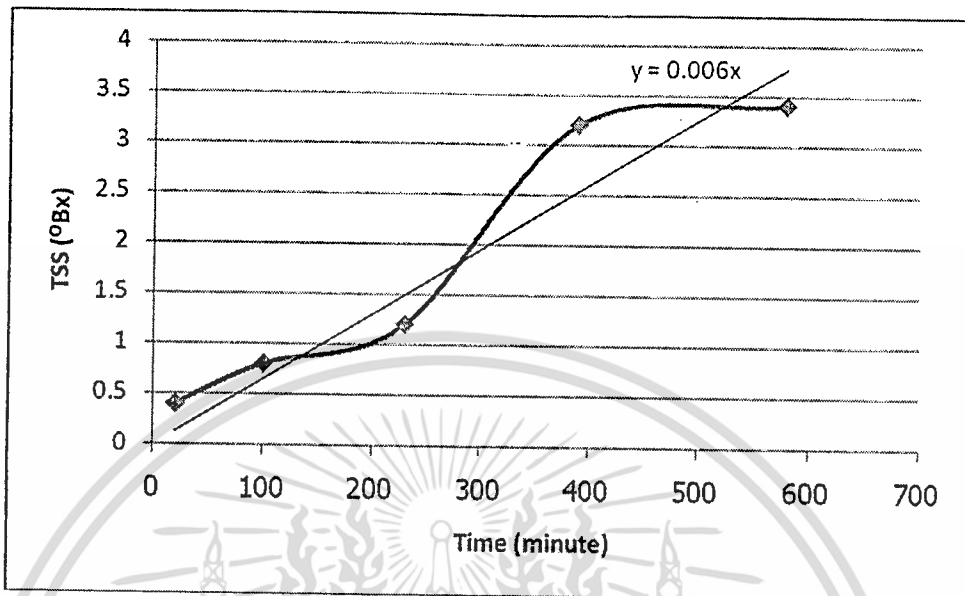
3. อุณหภูมิ 80°C อัตราส่วนเปลือกต่อน้ำ 0.5:5 ขนาดชิ้นเปลือก 10 cm
จากการทดลองจะได้โมเดลตามเส้นแนวโน้มคือ $\text{TSS} = 0.006t$



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าความหวานที่อุณหภูมิ 80°C อัตราส่วนเปลือกต่อน้ำ 0.5:5 ขนาดชิ้นเปลือก 10 cm

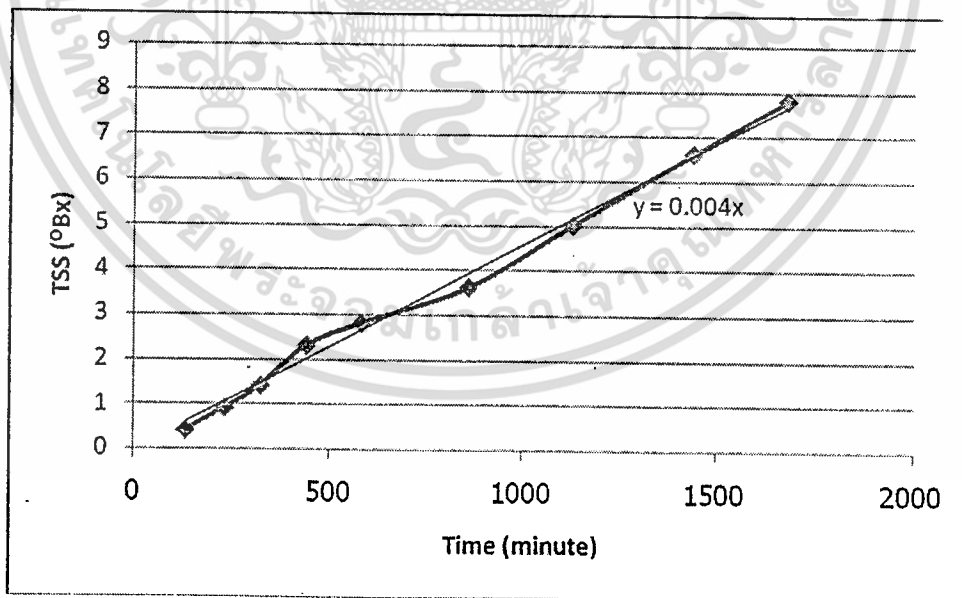
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. อุณหภูมิ 80°C อัตราส่วนเปลือกต่อน้ำ 0.5:5 ขนาดชิ้นเปลือก 5 cm
จากการทดลองจะได้โมเดลตามเส้นแนวโน้มคือ $TSS = 0.006t$



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าความหวานที่อุณหภูมิ 80°C อัตราส่วนเปลือกต่อน้ำ 0.5:5 ขนาดชิ้นเปลือก 5 cm

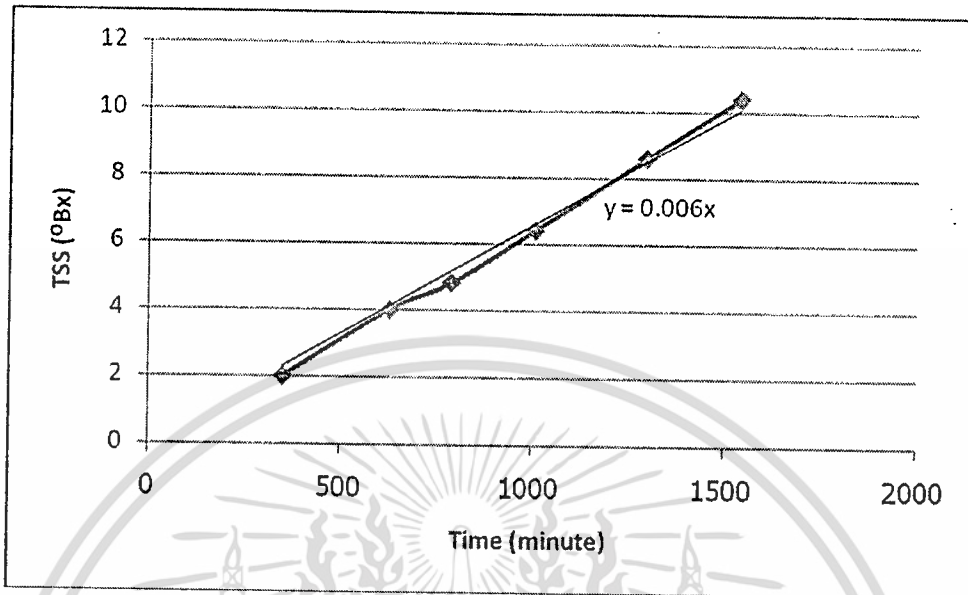
5. อุณหภูมิ 60°C อัตราส่วนเปลือกต่อน้ำ 1:5 ขนาดชิ้นเปลือก 10 cm
จากการทดลองจะได้โมเดลตามเส้นแนวโน้มคือ $TSS = 0.004t$



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าความหวานที่อุณหภูมิ 60°C อัตราส่วนเปลือกต่อน้ำ 1:5 ขนาดชิ้นเปลือก 10 cm

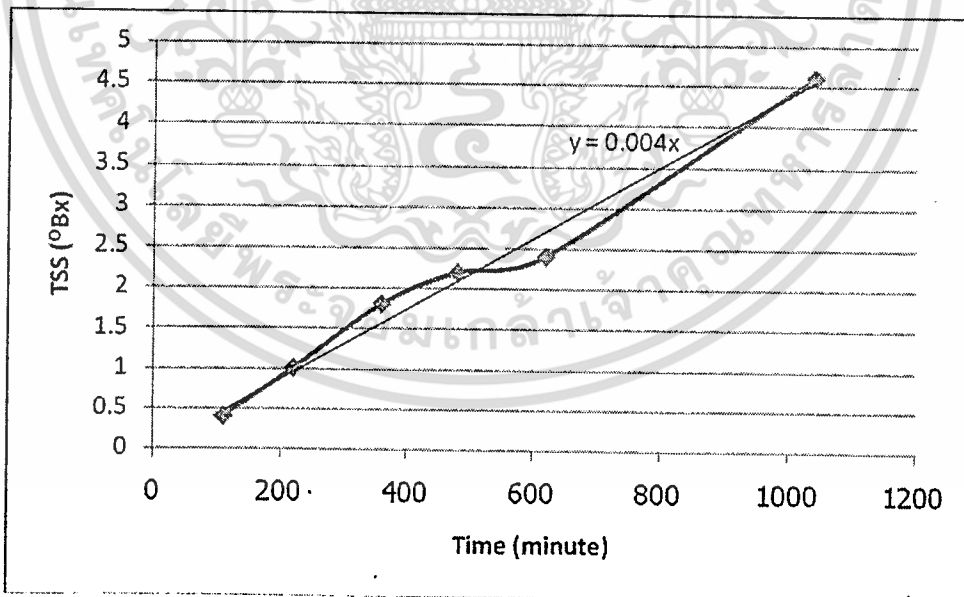
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. อุณหภูมิ 60°C อัตราส่วนเปลือกต่อน้ำ 1:5 ขนาดชิ้นเปลือก 5 cm
จากการทดลองจะได้โมเดลตามเส้นแนวโน้มคือ $TSS = 0.006t$



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าความหวานที่อุณหภูมิ 60°C อัตราส่วนเปลือกต่อน้ำ 1:5 ขนาดชิ้นเปลือก 5 cm

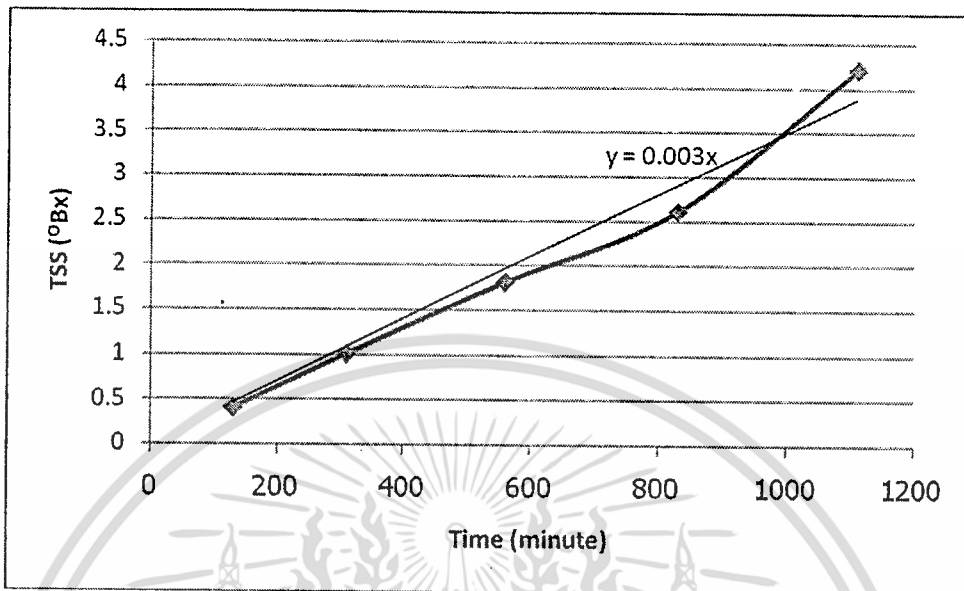
7. อุณหภูมิ 60°C อัตราส่วนเปลือกต่อน้ำ 0.5:5 ขนาดชิ้นเปลือก 10 cm
จากการทดลองจะได้โมเดลตามเส้นแนวโน้มคือ $TSS = 0.004t$



รูปที่ 4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าความหวานที่อุณหภูมิ 60°C อัตราส่วนเปลือกต่อน้ำ 0.5:5 ขนาดชิ้นเปลือก 10 cm

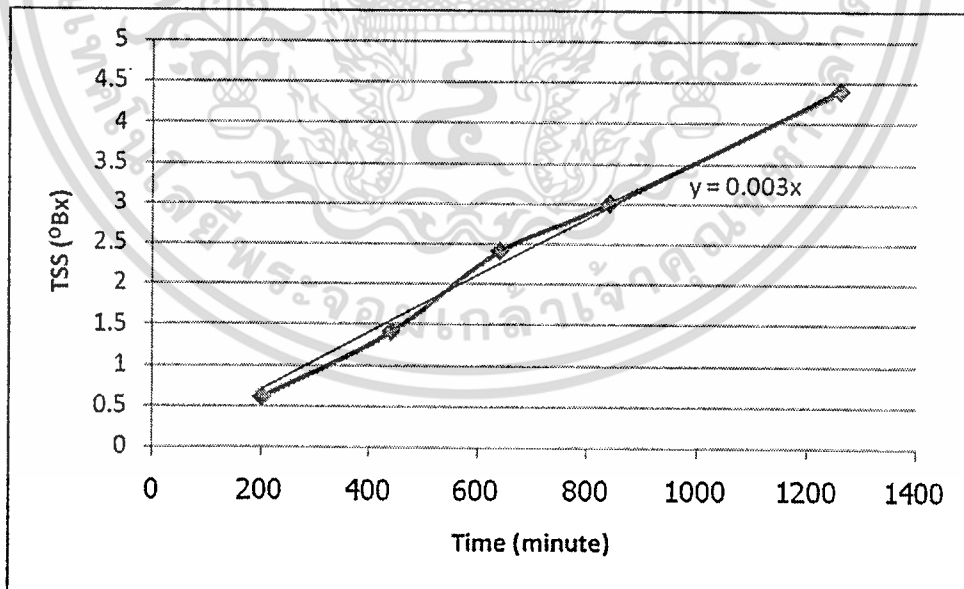
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. อุณหภูมิ 60°C อัตราส่วนเปลือกต่อน้ำ 0.5:5 ขนาดชิ้นเปลือก 5 cm
จากการทดลองจะได้โมเดลตามเส้นแนวโน้มคือ $\text{TSS} = 0.003t$



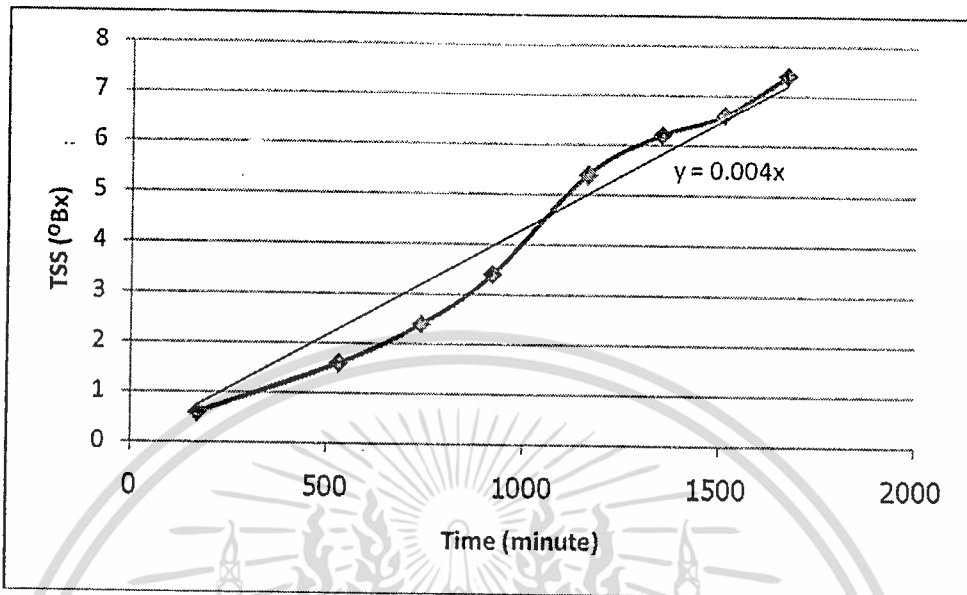
รูปที่ 4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าความหวานที่อุณหภูมิ 60°C อัตราส่วนเปลือกต่อน้ำ 0.5:5 ขนาดชิ้นเปลือก 5 cm

9. อุณหภูมิ 40°C อัตราส่วนเปลือกต่อน้ำ 1:5 ขนาดชิ้นเปลือก 10 cm
จากการทดลองจะได้โมเดลตามเส้นแนวโน้มคือ $\text{TSS} = 0.003t$



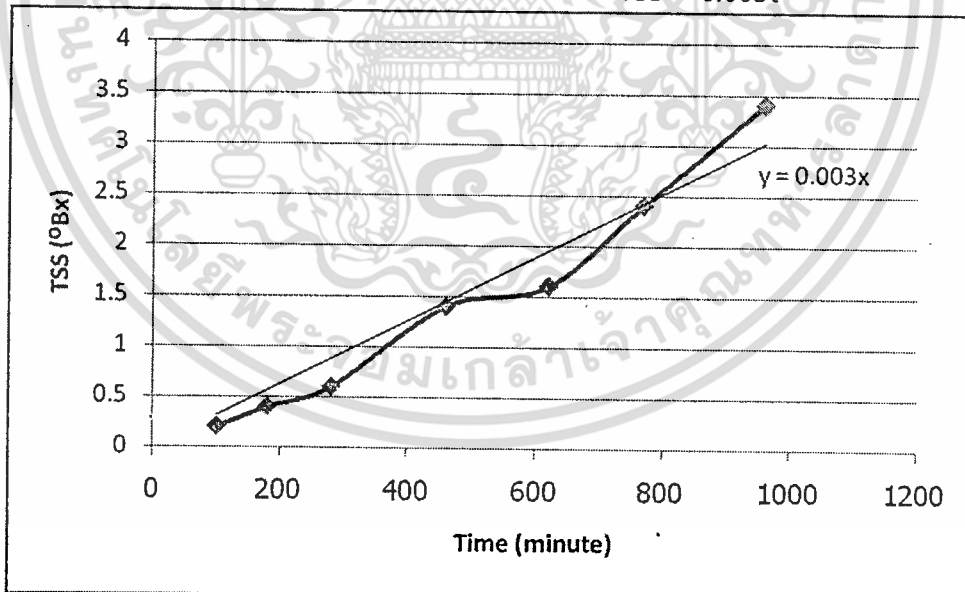
รูปที่ 4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าความหวานที่อุณหภูมิ 40°C อัตราส่วนเปลือกต่อน้ำ 1:5 ขนาดชิ้นเปลือก 10 cm

10. อุณหภูมิ 40°C อัตราส่วนเปลือกต่อน้ำ 1:5 ขนาดชิ้นเปลือก 5 cm
จากการทดลองจะได้โมเดลตามเส้นแนวโน้มคือ $TSS = 0.004t$



รูปที่ 4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าความหวานที่อุณหภูมิ 40°C อัตราส่วนเปลือกต่อน้ำ 1:5 ขนาดชิ้นเปลือก 5 cm

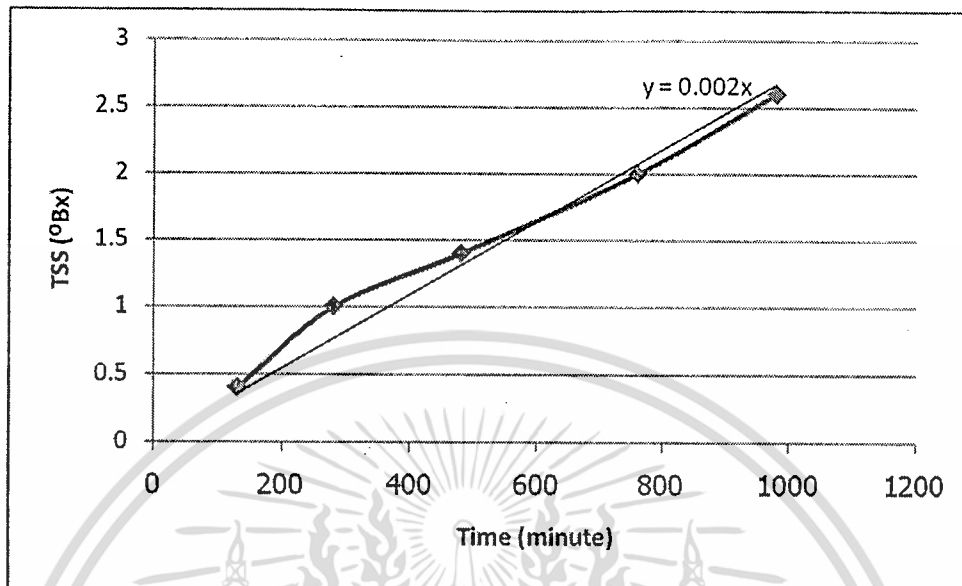
11. อุณหภูมิ 40°C อัตราส่วนเปลือกต่อน้ำ 0.5:5 ขนาดชิ้นเปลือก 10 cm
จากการทดลองจะได้โมเดลตามเส้นแนวโน้มคือ $TSS = 0.003t$



รูปที่ 4.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าความหวานที่อุณหภูมิ 40°C อัตราส่วนเปลือกต่อน้ำ 0.5:5 ขนาดชิ้นเปลือก 10 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. อุณหภูมิ 40°C อัตราส่วนเปลือกต่อน้ำ 0.5:5 ขนาดชิ้นเปลือก 5 cm
จากการทดลองจะได้โมเดลตามเส้นแนวโน้มคือ $TSS = 0.002t$



รูปที่ 4.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าความหวานที่อุณหภูมิ 40°C อัตราส่วนเปลือกต่อน้ำ 0.5:5 ขนาดชิ้นเปลือก 5 cm

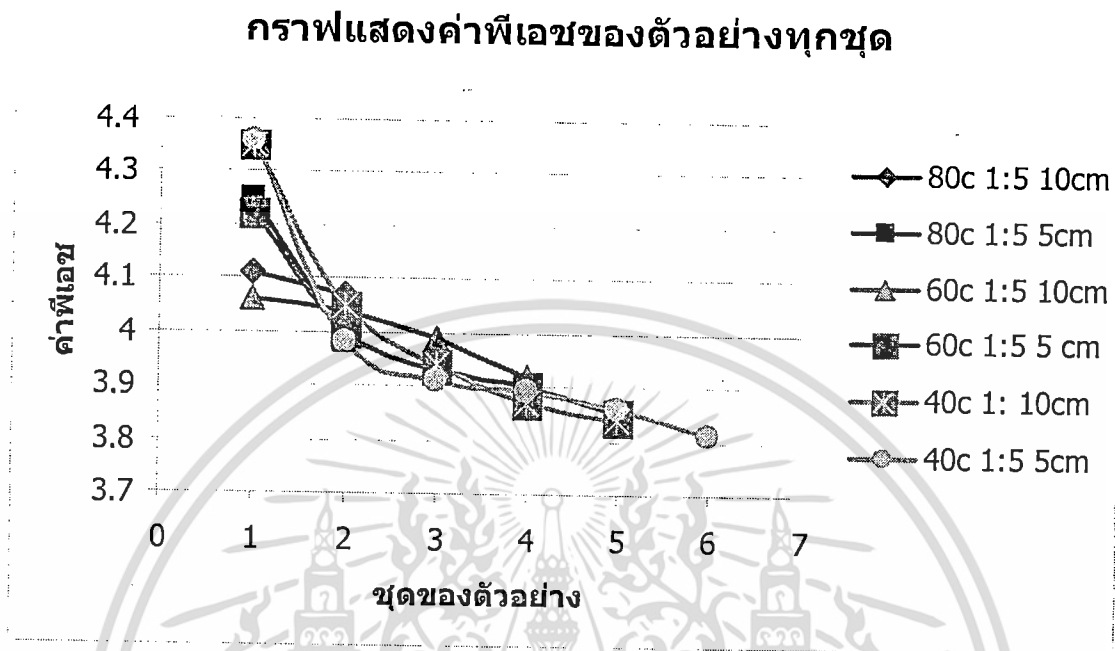
สรุปโมเดลทำนายความหวาน ณ สภาวะต่างๆที่ใช้ในการสกัดได้ดังนี้

80 °C สัตส่วนเปลือก : น้ำ 1:5 ขนาดชิ้น 10 cm	$TSS = 0.010t$
80 °C สัตส่วนเปลือก : น้ำ 1:5 ขนาดชิ้น 5 cm	$TSS = 0.009t$
80 °C สัตส่วนเปลือก : น้ำ 0.5:5 ขนาดชิ้น 10 cm	$TSS = 0.006t$
80 °C สัตส่วนเปลือก : น้ำ 0.5:5 ขนาดชิ้น 5 cm	$TSS = 0.006t$
60 °C สัตส่วนเปลือก : น้ำ 1:5 ขนาดชิ้น 10 cm	$TSS = 0.004t$
60 °C สัตส่วนเปลือก : น้ำ 1:5 ขนาดชิ้น 5 cm	$TSS = 0.006t$
60 °C สัตส่วนเปลือก : น้ำ 0.5:5 ขนาดชิ้น 10 cm	$TSS = 0.004t$
60 °C สัตส่วนเปลือก : น้ำ 0.5:5 ขนาดชิ้น 5 cm	$TSS = 0.003t$
40 °C สัตส่วนเปลือก : น้ำ 1:5 ขนาดชิ้น 10 cm	$TSS = 0.003t$
40 °C สัตส่วนเปลือก : น้ำ 1:5 ขนาดชิ้น 5 cm	$TSS = 0.004t$
40 °C สัตส่วนเปลือก : น้ำ 0.5:5 ขนาดชิ้น 10 cm	$TSS = 0.003t$
40 °C สัตส่วนเปลือก : น้ำ 0.5:5 ขนาดชิ้น 5 cm	$TSS = 0.002t$

เมื่อเปรียบเทียบสมการ โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอิสระ จะพบว่าอุณหภูมิมีผลต่ออัตราการแพร่ โดยที่ 80°C จะมีประสิทธิภาพในการแพร่มากที่สุด รองลงมาคือที่อุณหภูมิ 60°C และ 40°C ตามลำดับ นอกจากนี้สัดส่วนของเปลือกต่อน้ำ ก็มีผลชัดเจนต่ออัตราการแพร่ โดยที่ 1:5 จะมีการแพร่ที่ดีกว่าสัดส่วนของของแข็งที่ 0.5 : 5 แต่ในขณะที่ขนาดชิ้นเนื้อได้ผลใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.5. การศึกษาปัจจัยในการสกัดต่อคุณสมบัติค่า pH ของน้ำจากเปลือกสับประรด จากผลการทดลองพิจารณาค่า pH ณ สถานะที่แตกต่างกัน ได้ผลดังแสดงในรูป

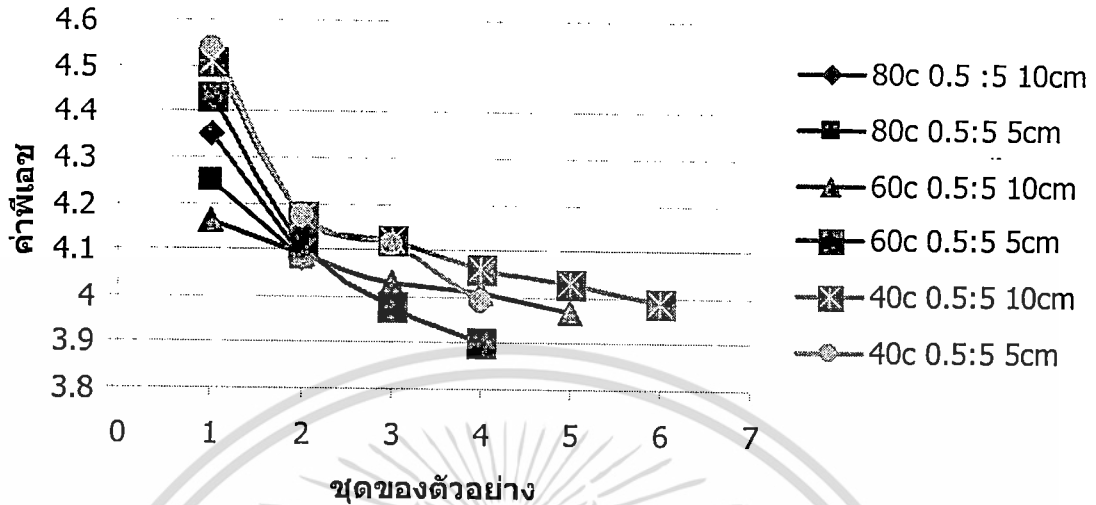


รูปที่ 4.21 กราฟแสดงค่า pH ณ สถานะที่แตกต่างกัน

จากผลที่ได้จะเห็นว่าค่า pH ของน้ำสับประรดที่ได้จากการสกัด จะมีค่าลดลงตามเวลาที่ทำการสกัด โดยพบว่าการสกัดที่อุณหภูมิสูง pH จะลดลงเร็วกว่าที่อุณหภูมิต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟแสดงค่าพีเอช



รูปที่ 4.22 กราฟแสดงค่า pH ณ สภาพที่ต่างกัน ในการทำซ้ำ

จากกราฟจะเห็นว่าค่า pH ของแต่ละชุดการทดสอบที่สภาวะต่างกันมีค่า pH ที่ใกล้เคียงกัน และมีค่าเข้าใกล้ pH ของตัวอย่างน้ำสับปรดสด ซึ่งค่า pH จะลดลงเมื่อระยะเวลาในการทำการสกัดเพิ่มขึ้น หรือมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น

4.1.6 การศึกษาปัจจัยในการสกัดต่อคุณสมบัติค่าสีของน้ำจากเปลือกสับปรด

ค่าสีเป็นตัวแปรหนึ่งที่สำคัญที่นำมาพิจารณาร่วมกับในการทดลองนี้จะใช้ค่า L,a,b ในการวัดสี ซึ่งจะบ่งบอกถึงความเป็นสีขาว-ดำ สีแดง-น้ำเงิน หรือบอกถึงสีเขียว-เหลือง ได้ผลค่าสีต่างๆออกมาตามตารางที่ 4.1

เมื่อพิจารณาค่า L พบว่า น้ำสับปรดสดจะมีค่าสูงที่สุด ในขณะที่น้ำสับปรดจากเปลือกจะมีค่า L ที่ต่ำกว่าในทุกสภาวะ และจากผลจะเห็นว่า ในสัดส่วน เปลือกต่อน้ำ 1:5 เมื่อใช้อุณหภูมิในการสกัดสูงก็จะมีผลให้ค่า L ลดลง แต่ในสัดส่วนเปลือกต่อน้ำ 0.5:5 ค่า L จะไม่ต่างกันมาก จะเห็นว่าน้ำสับปรดจากเปลือกจะมีค่า L ที่น้อยกว่า หมายถึงน้ำสับปรดจากเปลือกมีสีคล้ำมากกว่าน้ำสับปรดสด

เมื่อพิจารณาค่า a น้ำสับปรดสดจะมีค่า -0.69 จะเห็นว่ามีความแตกต่างไปจากน้ำสับปรดจากเปลือก โดยน้ำสับปรดจากเปลือกเกือบทั้งหมดจะมีค่า a ที่น้อยกว่า หมายถึงน้ำสับปรดจากเปลือกมีสีเขียวมากกว่า

เมื่อพิจารณาค่า b น้ำสับปรดสดจะมีค่า 46 จะเห็นว่ามีความแตกต่างไปจากน้ำสับปรดจากเปลือก โดยน้ำสับปรดจากเปลือกจะมีค่า b ที่ไม่สม่ำเสมอ มีทั้งมากกว่าและน้อยกว่า กล่าวได้ว่า ค่าสีเหลืองจะมีค่าไม่แน่นอน ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่แตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาทั้งหมดแล้วจะเห็นว่า สีของน้ำสับปรดจากเปลือกมีความแตกต่างจากสีน้ำสับปรดสด อย่างไรก็ตาม ถ้าพิจารณาจากตาเปล่าจะเห็นว่า การใช้อุณหภูมิในการสกัดต่ำ จะได้สีของน้ำสับปรดจากเปลือกใกล้เคียงกับน้ำสับปรดสดมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าสีของน้ำสับปรดจากเปลือกที่สภาวะต่างๆเทียบกับน้ำสับปรดสด

	L	a	b
น้ำสับปรดจากเปลือก 80 °C, 1:5, 10 cm	27.73	13.59	51.66
น้ำสับปรดจากเปลือก 60 °C, 1:5, 10 cm	29.75	6.68	48.63
น้ำสับปรดจากเปลือก 40 °C, 1:5, 10 cm	33.89	-1.47	19.77
น้ำสับปรดจากเปลือก 80 °C, 1:5, 5 cm	26.75	8.4	53.52
น้ำสับปรดจากเปลือก 60 °C, 1:5, 5 cm	36.19	-1.47	41.41
น้ำสับปรดจากเปลือก 40 °C, 1:5, 5 cm	35.02	-1.96	35.05
น้ำสับปรดจากเปลือก 80 °C, 0.5:5, 10 cm	36.35	-2.01	21.08
น้ำสับปรดจากเปลือก 60 °C, 0.5:5, 10 cm	34.98	-1.79	25.27
น้ำสับปรดจากเปลือก 40 °C, 0.5:5, 10 cm	32.08	-2.69	34.98
น้ำสับปรดจากเปลือก 80 °C, 0.5:5, 5 cm	34.94	-1.36	35.46
น้ำสับปรดจากเปลือก 60 °C, 0.5:5, 5 cm	31.75	-2.52	54.15
น้ำสับปรดจากเปลือก 40 °C, 0.5:5, 5 cm	35.95	-2.8	27.9
น้ำสับปรดสด	66.67	-0.69	46

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิ 40°C สัดส่วนระหว่างของแข็งกับของเหลว 1:5 ขนาดชั้นของเปลือกสับปรด 5 cm เมื่อนำน้ำสับปรดจากเปลือกที่ได้ไปผ่านกระบวนการระเหยเพื่อทำให้มีความหวานเท่ากับน้ำสับปรดสด จะได้สีเหลืองแกมเขียว และออกสีคล้ำกว่าน้ำสับปรดสดดังแสดงในรูป 4.23



(ก)

(ข)

(ค)

รูปที่ 4.23 รูปแสดงสีของน้ำสับปรดสกัดจากเปลือกที่ อุณหภูมิ 40°C สัดส่วนระหว่างของแข็งกับของเหลว 1:5 ขนาดชั้นของเปลือกสับปรด 5 cm ก่อนการระเหย (ก) หลังการระเหย (ข) และเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน น้ำสับปรดสด (ค) ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.7 การศึกษาปัจจัยในการสกัดต่อคุณสมบัติค่า % pulp ของน้ำจากเปลือกสับประรด จากการทดลองพบว่าไม่มี % pulp เกิดขึ้นจากการสกัด

4.2 ตอนที่ 2 การผลิตเชื้อเพลิงแข็งชีวมวลจากเปลือกสับประรดพันธุ์ปัตตาเวีย

จากการทดลองเป็นการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการนำเปลือกสับประรดมาใช้ทำเป็นแท่งเชื้อเพลิงแข็ง โดยในการทดลองจะใช้เปลือกสับประรดสดและเปลือกสับประรดที่ผ่านกระบวนการสกัดมาแล้ว นำมาตากแห้งแล้วผสมแบ่งโดยใช้อัตราส่วนต่างๆ

จากนั้นทำการบดและอัดแล้วนำไปตากแห้งและนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆ ได้แก่ ความชื้น ความหนาแน่น ค่าความร้อน ค่าประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อน แรงกระแทก ค่าความสิ้นเปลืองพลังงาน ซึ่งสามารถวิเคราะห์ผลการทดลองได้ดังนี้

4.2.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (Moisture)

4.2.1.1 เปลือกสับประรดสด

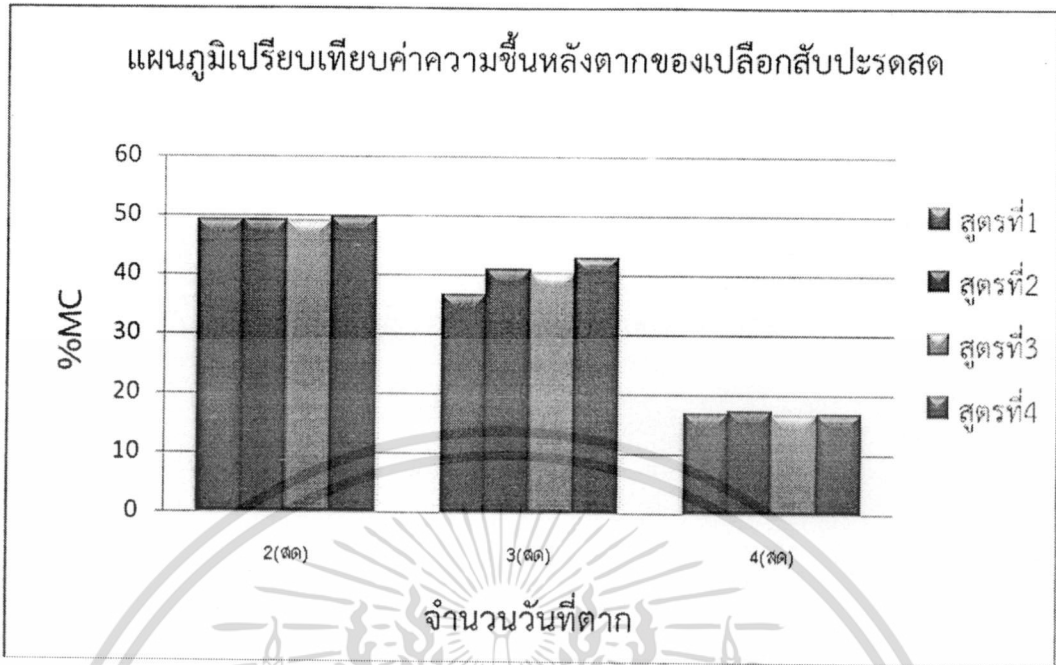
จากการนำเปลือกสับประรดสดมาตากแดดเป็นเวลา 4 วัน เพื่อศึกษากราฟการทำแห้ง (drying curve) โดยมีอุณหภูมิระหว่างทดลองประมาณ $34-35^{\circ}\text{C}$ เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้มีความชื้นมากเราจึงต้องนำมาตากแดดก่อน เพื่อให้ได้ความชื้นที่เหมาะสม พบว่าระยะเวลาการตากและอุณหภูมิขณะตากมีผลต่อปริมาณความชื้นที่ลดลงดังรูปที่ 4.24



รูปที่ 4.24 กราฟแสดงค่าความชื้นหลังการตาก 4 วันของเปลือกสด

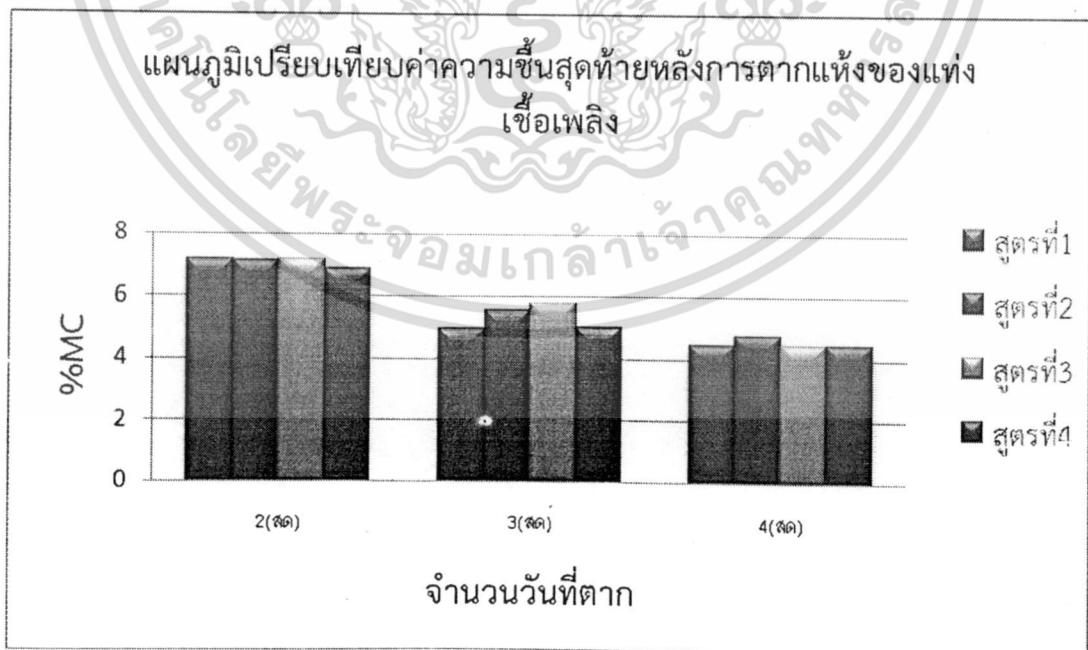
จากรูปที่ 4.24 การศึกษาอัตราการลดลงของปริมาณความชื้นของเปลือกสับประรดสดโดยการนำเปลือกสับประรดสดไปตากแดดที่อุณหภูมิประมาณ $34-35^{\circ}\text{C}$ จะเห็นว่าเปลือกสดที่ยังไม่ผ่านการตาก มีปริมาณความชื้นประมาณ 80% ซึ่งถือว่าสูงมาก จึงยังไม่เหมาะที่จะนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง เนื่องจากเมื่อนำมาขึ้นรูปแล้วจะไม่สามารถคงสภาพได้หลังการอัดแท่ง เราจึงนำไปตากแดดก่อน หลังการตาก 4 วันความชื้นจะลดลงเหลือประมาณ 15% ซึ่งเป็นความชื้นที่เหมาะสมที่สุดสำหรับนำมาผลิตเป็นแท่งเชื้อเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.25 แสดงการเปรียบเทียบค่าความชื้นของเปลือกสับประรดสดตามระยะเวลาการตากแห้ง

จากรูปที่ 4.25 แสดงค่าความชื้นของเปลือกสับประรดสดในแต่ละสูตรตามระยะเวลาการตากแห้ง พบว่าสูตรที่ 1 จะมีความชื้นต่ำลงเร็วกว่าสูตรอื่นๆเล็กน้อย เนื่องจากไม่มีการผสมแป้งที่นำมาทำเป็นกาวแป้งเปียก สูตรที่ 4 จะมีความชื้นต่ำลงช้ากว่าสูตรอื่นๆ เนื่องจากปริมาณน้ำที่ผสมแป้งมีปริมาณมากกว่า แต่เมื่อครบเวลา 4 วันแล้วจะเห็นว่าความชื้นในแต่ละสูตรมีค่าไม่ต่างกัน



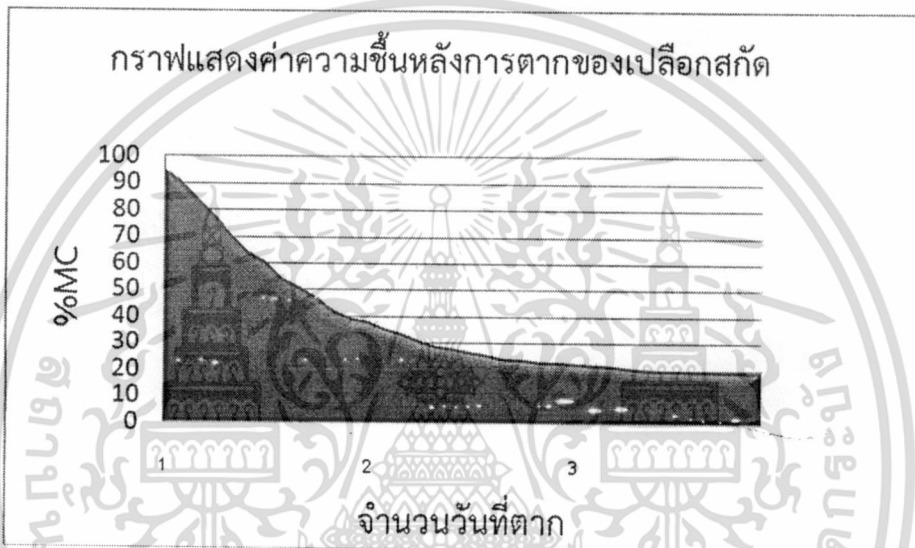
รูปที่ 4.26 แสดงการค่าความชื้นสุดท้ายหลังการตากแห้งของแห้งเชื้อเพลิงเปลือกสด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.26 จะเห็นว่าเมื่อนำแห้งเชื้อเพลิงไปตากแห้ง ปริมาณความชื้นสุดท้ายหลังการตากแห้งของแห้งเชื้อเพลิงแข็งที่ได้จากเปลือกสับประรดสดในแต่ละสูตรมีค่าใกล้เคียงกันมาก คือประมาณ 4 - 7% ถือว่า ยังไม่เกินมาตรฐานความชื้นสุดท้ายของแห้งเชื้อเพลิงแข็งที่ มผช. 238-2547 กำหนด คือ 8%

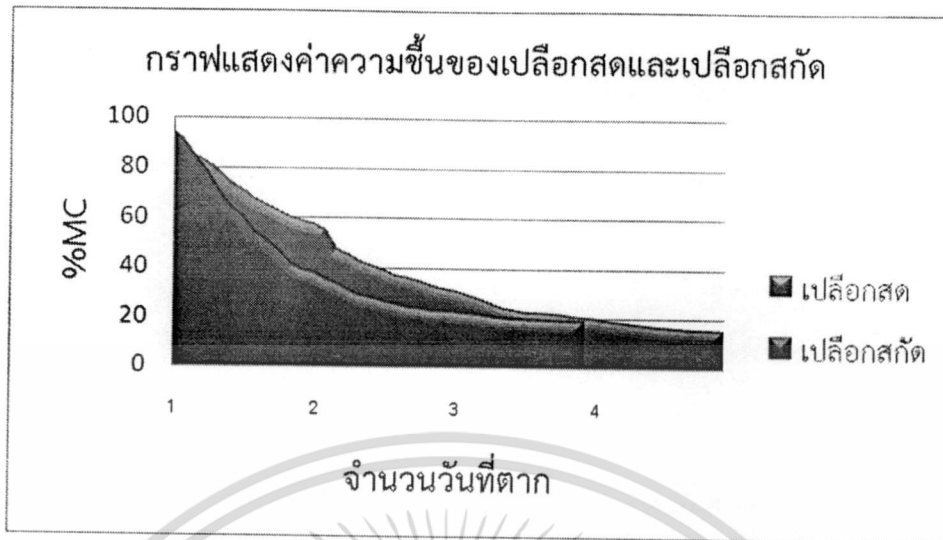
4.2.1.2 เปลือกสับประรดที่ผ่านกระบวนการสกัด

จากการนำเปลือกสับประรดที่ผ่านกระบวนการสกัดมาตากแดด เพื่อศึกษาอัตราการแห้ง (drying curve) โดยมีอุณหภูมิระหว่างทดลองประมาณ 34-35°C เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ยังมีความชื้นมากเหมือนกับเปลือกสับประรดสด เราจึงต้องนำมาตากแดดก่อนเช่นกัน เพื่อให้ได้ความชื้นที่เหมาะสมก่อนทำการอัดแห้ง พบว่าระยะเวลาการตากและอุณหภูมิขณะตากมีผลต่อปริมาณความชื้นที่ลดลงดังรูปที่ 4.27



รูปที่ 4.27 กราฟแห้งแสดงค่าความชื้นสุดท้ายหลังการอัดแห้งของเปลือกสกัด

จากการศึกษาอัตราการลดลงของความชื้นของเปลือกสับประรดที่ผ่านกระบวนการสกัดพบว่า มีอัตราการลดลงของความชื้นที่รวดเร็วกว่า จากความชื้นประมาณ 90% ลดลงเหลือประมาณ 40% ในวันแรก ดังนั้น เปลือกที่นำมาใช้ผลิตเชื้อเพลิงแข็งของเปลือกที่ผ่านการสกัดไม่ต้องใช้เวลาในการตากนานเท่าเปลือกสับประรดสด สามารถใช้เวลาการตาก 3 วัน ก็เพียงพอดังรูปที่ 4.28



รูปที่ 4.28 แสดงการเปรียบเทียบค่าความชื้นของเปลือกสั้บประดสดและเปลือกสั้บประดที่ผ่านกระบวนการสั้ด
 หมายเหตุ* ผู้ทดลองได้ทำการทดลองในช่วงระยะเวลาที่มีอุณหภูมิประมาณ 33-35 °C หากทดลองตากในช่วงเวลาอื่นอาจได้ผลการทดลองที่แตกต่างไป



รูปที่ 4.29 แสดงผลค่าความชื้นสุดท้ายหลังการตากแห้งของแห้งเชื้อเพลิงเปลือกสั้บประดที่ผ่านกระบวนการสั้ด

จากการทดลองอัดแห้งเปลือกสั้บประดที่ผ่านกระบวนการสั้ดในสูตรที่ 1 พบว่า เปลือกสั้บประดที่ผ่านกระบวนการสั้ดไม่สามารถอัดเป็นแห้งได้ กล่าวคือจำเป็นต้องมีสารช่วยเกาะยึดเป็นส่วนผสม จากรูปที่ 4.29 เปรียบเทียบสูตร 2, 3 และ 4 ภายหลังจากตากแห้ง 1 วัน จะเห็นว่า ปริมาณความชื้นสุดท้ายของแห้งเชื้อเพลิงจากเปลือกสั้บประดที่ผ่านกระบวนการสั้ด มีค่าประมาณ 5% ซึ่งถือว่าใกล้เคียงกับแห้งเชื้อเพลิงที่ได้จากเปลือกสดและยังไม่เกินมาตรฐานความชื้นสุดท้ายของแห้งเชื้อเพลิงแข็งที่ มผช. 238-2547 กำหนด คือ 8%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ผลการวิเคราะห์ความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิง (Density)

จากการนำแท่งเชื้อเพลิงแข็งที่ตากแห้งแล้วในแต่ละสูตร มาทดสอบหาความหนาแน่นโดยวิธี วัด Bulk Density และ True Density พบว่าได้ความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงแข็งที่มีความแตกต่างกัน ดังตารางที่ 4.2 และตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.2 แสดงความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากเปลือกสด

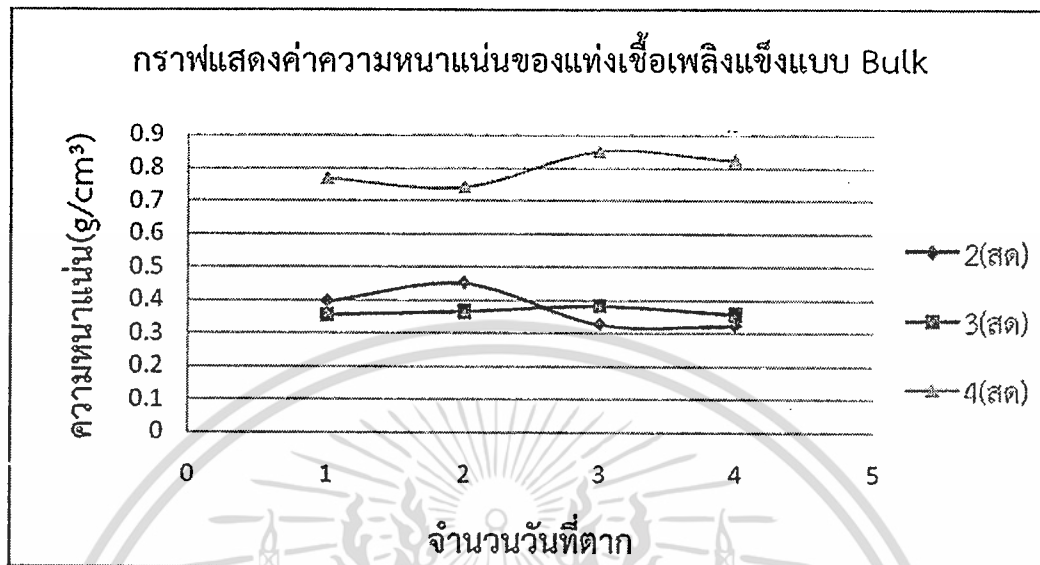
จำนวนวันที่ตาก	สูตรที่	ความหนาแน่นเฉลี่ย(g/cm ³)	
		แบบbulk	แบบtrue
2	1	0.39	1.07
	2	0.45	1.04
	3	0.33	1.06
	4	0.32	1.05
3	1	0.35	1.28
	2	0.36	1.03
	3	0.38	1.14
	4	0.36	1.04
4	1	0.77	1.15
	2	0.74	1.13
	3	0.85	1.10
	4	0.82	1.12

ตารางที่ 4.3 แสดงความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากเปลือกสับปะรดที่ผ่านกระบวนการสกัด

จำนวนวันที่ตาก	สูตรที่	ความหนาแน่นเฉลี่ย(g/m ³)	
		แบบbulk	แบบtrue
1	2	0.30	0.82
	3	0.34	0.82
	4	0.46	0.93

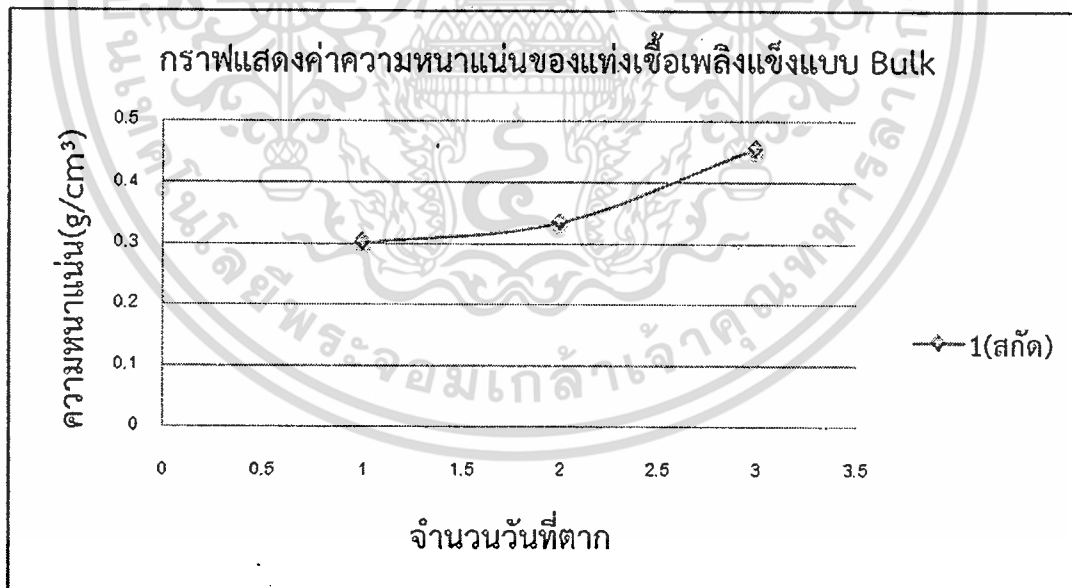
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการนำข้อมูลที่ได้ในตารางที่ 4.2 และ 4.3 มาเปรียบเทียบโดยใช้กราฟเส้นแสดงความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงแข็งในแต่ละสูตร ให้ผลดังรูป



รูปที่ 4.30 กราฟแสดงค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงเปลือกสดแบบ Bulk Density

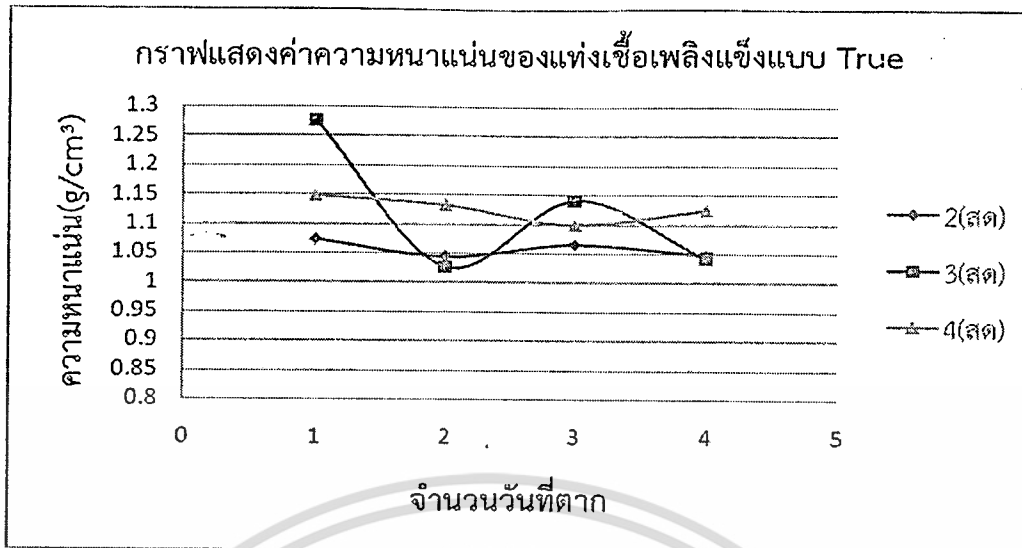
จะเห็นว่า การเพิ่มสารยึดเกาะ (แป้ง) จะมีผลทำให้ความหนาแน่นแบบ bulk สูงขึ้น ทั้งนี้อธิบายได้ว่ามีแป้งทำให้การยึดเกาะกันมากขึ้น ส่งผลทำให้เกิดช่องว่างของอากาศภายในน้อยลง



รูปที่ 4.31 กราฟแสดงค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงเปลือกสับปะรดที่ผ่านกระบวนการสกัดแบบ Bulk Density

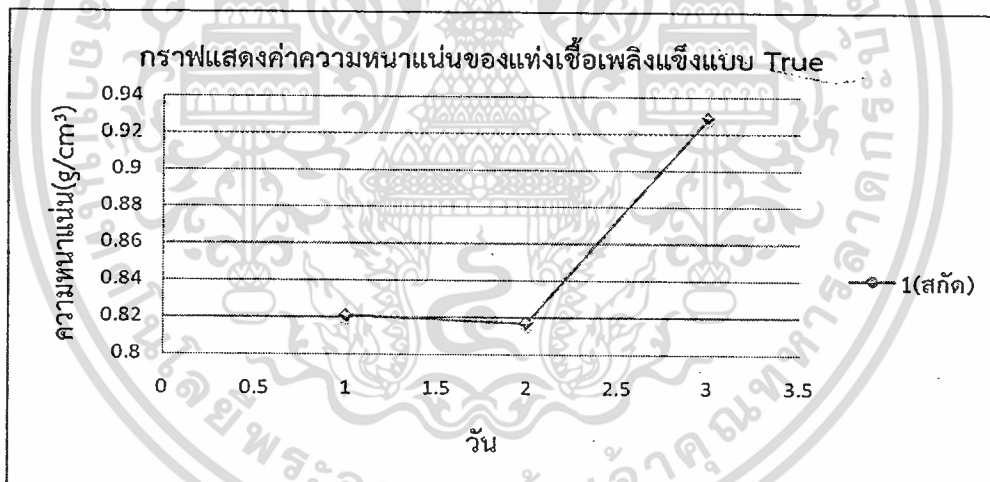
จะเห็นว่า ความชื้นลดลงจะมีผลทำให้ความหนาแน่นแบบ bulk สูงขึ้น ทั้งนี้อธิบายได้ว่าเปลือกที่มีความแห้งกว่าจะสามารถอัดตัวได้แน่นมากขึ้น ส่งผลทำให้เกิดช่องว่างของอากาศภายในน้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.32 กราฟแสดงค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงเปลือกสดแบบ True Density

จะเห็นว่า การเพิ่มสารยัดเกาะ (แป้ง) ไม่ได้มีผลทำให้ความหนาแน่นแบบ true สูงขึ้น ทั้งนี้อธิบายได้ว่า แท่งเชื้อเพลิงที่ได้มีขนาดปริมาตรของแท่งเหมือนกัน โดยมีน้ำหนักของแท่งเชื้อเพลิงไม่แตกต่างกันในสูตรผสมต่างๆ



รูปที่ 4.33 กราฟแสดงค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงเปลือกสดแบบ True Density

จะเห็นว่า ความชื้นลดลงจะมีผลทำให้ความหนาแน่นแบบ true สูงขึ้น ทั้งนี้อธิบายได้ว่าเปลือกที่มีความแห้งกว่าจะสามารถอัดตัวได้แน่นมากขึ้นทำให้มีน้ำหนักมากขึ้น ในขณะที่รูปทรงของแท่งเชื้อเพลิงไม่เปลี่ยนแปลง

จากกราฟแสดงค่าความหนาแน่น ทั้งแบบ Bulk Density และแบบ True Density จะเห็นว่า ทั้ง 2 วิธีให้ค่าที่แตกต่างกัน โดยแบบ Bulk Density จะเป็นการหาความหนาแน่น โดยใช้ปริมาตรที่คิดรวมรูพรุน ส่วนแบบ True Density เป็นการคิดปริมาตรจริงตามรูปทรงของแท่งเชื้อเพลิง ทำให้มีปริมาตรที่น้อยกว่า ส่งผลให้มีค่าความหนาแน่นที่มากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

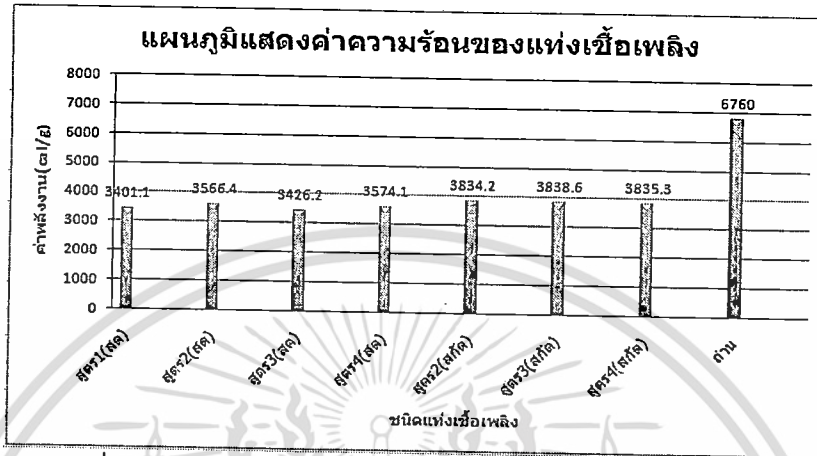
4.2.3 ผลการวิเคราะห์ทดสอบค่าความร้อน

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงที่ได้จากเปลือกสดและเปลือกสับปรดที่ผ่านกระบวนการสกัด

ชนิดตัวอย่าง	ซ้ำที่	น้ำหนัก(g)	ค่าพลังงาน(cal/g)	เฉลี่ย(cal/g)
เปลือกสด ไม่ผสมแป้ง	1	0.53	3408.1	3401.1
	2	0.51	3396.5	
	3	0.51	3398.7	
เปลือกสด ผสมแป้ง 5%	1	0.51	3564.4	3566.4
	2	0.52	3569.5	
	3	0.52	3565.2	
เปลือกสด ผสมแป้ง10%	1	0.52	3416.5	3426.2
	2	0.52	3422.2	
	3	0.53	3440	
เปลือกสด ผสมแป้ง15%	1	0.52	3564.3	3574.1
	2	0.51	3570.8	
	3	0.52	3587.3	
เปลือกสับปรดที่ ผ่านกระบวนการ สกัดผสมแป้ง5%	1	0.52	3846	3834.2
	2	0.50	3826.7	
	3	0.50	3829.8	
เปลือกสับปรดที่ ผ่านกระบวนการ สกัดผสมแป้ง10%	1	0.52	3835.7	3838.6
	2	0.52	3844.5	
	3	0.51	3835.7	
เปลือกสับปรดที่ ผ่านกระบวนการ สกัดผสมแป้ง15%	1	0.51	3838.2	3835.3
	2	0.52	3840.7	
	3	0.51	3827	
ถ่าน	1	0.52	6764.2	6760
	2	0.51	6736	
	3	0.51	6796.7	

จากตารางที่ 4.4 จะเห็นว่าค่าความร้อนที่วิเคราะห์ได้ด้วยเครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ จะมีค่าใกล้เคียงกันสำหรับแท่งเชื้อเพลิงแต่ละสูตรทั้งจากเปลือกสดและเปลือกสับปรดที่ผ่านกระบวนการสกัด เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้โดยไม่ผ่านการอนุมัติจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่เปลือกสับปะรดที่ผ่านกระบวนการสกัดจะให้ค่าความร้อนที่มากกว่าเปลือกสดเล็กน้อยคือแห้งเชื้อเพลิง จากเปลือกสดได้ค่าความร้อนประมาณประมาณ 3400-3500 cal/g ส่วนแห้งเชื้อเพลิงจากเปลือกสับปะรด ที่ผ่านกระบวนการสกัดได้ค่าความร้อนประมาณประมาณ 3800 cal/gและเมื่อเปรียบเทียบกับถ่านที่ใช้ โดยทั่วไปแล้วพบว่าเชื้อเพลิงแข็งทั้ง 2 ชนิด ให้ค่าความร้อนที่ต่ำกว่าถ่านเล็กน้อยดังรูปที่ 4.34



รูปที่ 4.34 แผนภูมิแสดงค่าความร้อนของแห้งเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ

4.2.4 ผลการวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อน

จากการทดลองหาประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนโดยการต้มน้ำ พบว่า เเปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพของความร้อนในแต่ละสูตรมีค่าใกล้เคียงกัน คือ แห้งเชื้อเพลิงจากเปลือกสดจะได้ค่าประมาณ 27 ส่วนแห้งเชื้อเพลิงจากเปลือกสับปะรดที่ผ่านกระบวนการสกัดจะได้ค่าประมาณ 30 ซึ่งจะเห็นว่า ปริมาณแป้งไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพของความร้อน แต่ชนิดของเปลือกที่ใช้มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพของความร้อน

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของแห้งเชื้อเพลิง

ชนิดของแห้งเชื้อเพลิง	จำนวนวันที่ตาก	สูตรที่	อุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำ (°C)	อุณหภูมิ น้ำเดือด (°C)	น้ำหนักเริ่มต้น (g)	น้ำหนักสุดท้าย (g)	ค่าความร้อน (kj/kg)	% ประสิทธิภาพ
เปลือกสด	4	1	31	79	104.50	42.04	14230.20	26.57
		2	31	84	128.70	57.33	14921.82	27.31
		3	30	83	119.20	51.89	14335.22	27.92
		4	30	84	115.00	55.38	14954.03	29.15
เปลือกสกัด	1	2	31	91	104.40	54.93	16042.29	29.73
		3	31	92	103.80	56.34	16060.70	30.78
		4	31	90	108.70	58.45	16046.90	30.47
ถ่าน	-	-	30	94	58.90	46.40	28283.84	37.66

หมายเหตุ* น้ำหนักที่แสดง คือ น้ำหนักของผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงนั้น ไม่นับถ่านหินไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 ผลการวิเคราะห์การทดสอบแรงกระแทก

จากการทดสอบแรงกระแทกพบว่าค่าการด้านการตกกระแทกของเชื้อเพลิงแต่ละชนิดมีค่าใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 0.994 – 1.000 ซึ่งจากมาตรฐานค่าแรงด้านการกระแทกควรอยู่ในช่วง 0.5000 – 1.000 แสดงว่าแท่งเชื้อเพลิงที่ได้มีความสามารถในการทนต่อแรงกระแทกได้มาก ทำให้ง่ายต่อการขนส่งและการนำไปใช้ ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าผลการทดสอบแรงกระแทกของแท่งเชื้อเพลิง

ชนิดของเปลือก	จำนวนวันที่ตาก	สูตรที่	น้ำหนัก(kg)		ค่าแรงกระแทก
			ก่อน	หลัง	
เปลือกสด	4	1	0.05	0.05	1.00
		2	0.05	0.05	1.00
		3	0.06	0.06	1.00
		4	0.05	0.05	1.00
เปลือกสับปรดที่ผ่านกระบวนการสกัด	1	2	0.02	0.02	0.99
		3	0.02	0.02	0.99
		4	0.02	0.02	1.00
ถ่าน	-	-	0.06	0.06	1.00

หมายเหตุ* น้ำหนักที่แสดง คือ น้ำหนักของผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิง

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในกระบวนการสกัดน้ำสับปะรดจากเปลือกสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย ปัจจัยทางด้านอุณหภูมิในการทำการสกัดต่อคุณสมบัติทางด้านค่าความหวานที่อุณหภูมิสูงจะมีประสิทธิภาพในการสกัดมากกว่า ผลการทดลองที่ 80 องศาเซลเซียส จะมีประสิทธิภาพในการสกัดมากที่สุด สามารถสกัดได้ในระยะเวลาสั้นและได้ค่าความหวานที่สูง ปัจจัยทางด้านอุณหภูมิต่อคุณสมบัติทางด้านค่าสี ที่อุณหภูมิต่ำจะมีค่าสีที่ใกล้เคียงกับน้ำสับปะรดสดมากกว่า ผลการทดลองที่ 40 องศาเซลเซียสจะมีค่าสีที่ใกล้เคียงกับน้ำสับปะรดสดมากที่สุด ปัจจัยทางด้านสัดส่วนระหว่างเปลือกและน้ำ พบว่าอัตราส่วนของสัดส่วนระหว่างเปลือกและน้ำ ถ้าใช้เปลือกมากก็จะประสิทธิภาพในการสกัดมากกว่า ผลการทดลองที่ 1: 5 จะสามารถทำการสกัดได้ดีกว่าที่สัดส่วน 0.5: 5 ปัจจัยทางด้านขนาดชิ้นของเปลือกสับปะรด เมื่อทำการสกัดโดยใช้ขนาดของชิ้นเปลือกที่ขนาดชิ้นเปลือก 5 เซนติเมตร และขนาดของชิ้นเนื้อที่ 10 เซนติเมตร จะมีประสิทธิภาพในการสกัดใกล้เคียงกัน จะเห็นว่า กระบวนการสกัดน้ำสับปะรดมีความเป็นไปได้จริง อย่างไรก็ตามผลงานวิจัยนี้พบว่ายังมีปัญหาด้านสีของผลิตภัณฑ์ จำเป็นที่จะต้องทำการค้นคว้าวิจัยต่อ เพื่อปรับปรุงให้ได้คุณภาพเป็นที่ยอมรับ

ในการผลิตเชื้อเพลิงแข็งชีวมวลจากเปลือกสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด พบว่า ระยะเวลาการตากแดดที่เหมาะสมสำหรับเปลือกสด คือ ตากแดด 4 วัน และสำหรับเปลือกสับปะรดที่ผ่านกระบวนการสกัด ใช้เวลาตากแดด 1 วัน เปลือกสับปะรดที่ผ่านกระบวนการสกัดจำเป็นต้องผสมแป้งจึงจะสามารถผลิตเป็นแท่งเชื้อเพลิงได้ แท่งเปลือกสับปะรดอัดที่ได้เมื่อนำไปทดสอบคุณสมบัติต่างๆ ได้แก่ ค่าความหนาแน่น ค่าความร้อน ค่าประสิทธิภาพการใช้งานความร้อน และแรงกระแทก พบว่ามีคุณสมบัติใช้เป็นแท่งเชื้อเพลิงได้ ดังนั้นจะเห็นว่า การผลิตเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด สามารถนำมาใช้ได้จริง และนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนฟืนและถ่านได้ สามารถทำได้ง่าย อย่างไรก็ตามผลงานวิจัยนี้พบว่าในกระบวนการผลิต การใช้เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงต้องใช้พลังงานไฟฟ้าอันเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิต จึงน่าที่จะหากระบวนการผลิตหรือออกแบบเครื่องอัดแท่งที่ไม่สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า จะทำให้เกิดประโยชน์อย่างสูง ซึ่งน่าจะเป็นหัวข้อวิจัยที่สมควรทำการค้นคว้าวิจัยต่อไป

บรรณานุกรม

- American Society for Testing and Material (ASTM) (1999). Standard Test Method for Gross Calorific value of Coal and Coke: ASTM D 5865. Annual Book of ASTM Standard, vol. 05.05, USA.: american Society for Testing and Material.
- Baydar, N. G., Ozkan, G., & Sagdic, O. (2004). Total phenolic contents and antibacterial activities of grape (*Vitis vinifera* L.) extracts. *Food Control*, 15, 335–339.
- Bruniche-Olsen, H. (1962). Solid-liquid extraction. Thesis report. Danemarks tekniske Hojskole. Copenhagen: Nyt Nordisk Forlag-Arnold Busck.
- Bucic-Kojic, A., Planinic, M., Tomas, S., Bilic, M., & Velic, D. (2007). Study of solid-liquid extraction kinetics of total polyphenols from grape seeds. *Journal of Food Engineering* 81, 236–242.
- Cacace, J. E., & Mazza, G. (2003). Mass transfer process during extraction of phenolic compounds from milled berries. *Journal of Food Engineering*, 59, 379–389.
- Charlarmchat, Y., Fincan, M., & Dejmek, P. (2004). Pulsed electric field treatment for solid-liquid extraction of red beetroot pigment: mathematical modelling of mass transfer. *Journal of Food Engineering*, 64, 229–236.
- Heim, K. E., Tagliaferro, A. R., & Bobilya, D. J. (2002). Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 13, 572–584.
- Lapornik, B., Prosek, M., & Golc Wondra, A. (2005). Comparison of extracts prepared from plant by-products using different solvent and extraction time. *Journal of Food Engineering*, 71, 214–222.
- Lee, W.C., Yusof, S., Hamid, N.S.A., & Baharin, B.S. (2006). Optimizing conditions for hot water extraction of banana juice using response surface methodology (RSM). *Journal of Food Engineering* 75, 473–479.
- Lopez, N., Puertolas, E., Condon, S., Raso, J., & lvarez, I. A. (2009). Enhancement of the solid-liquid extraction of sucrose from sugar beet (*Beta vulgaris*) by pulsed electric fields. *LWT - Food Science and Technology* 42, 1674–1680.
- Nayak, C. A., Chethana, S., Rastogi, N.K., & Raghavarao, K.S.M.S.. (2006) Enhanced mass transfer during solid-liquid extraction of gamma-irradiated red beetroot. *Radiation Physics and Chemistry* 75, 173–178.
- Palma, M., Pineiro, Z., & Barroso, C. G. (2001). Stability of phenolic compounds during extraction with superheated solvents. *Journal of Chromatography A*, 921, 169–174.
- Pekic, B., Kovac, V., Alonso, E., & Revilla, E. (1998). Study of the extraction of proanthocyanidins from grape seeds. *Food Chemistry*, 61(1/2), 201–206.
- เอกส Schwartzberg, H. G., & Chao, R. Y. (1982). Solute diffusivities in leaching processes. *Journal of Food Science*, 53, 100–104.
- ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Food Technology, 36(2), 73–86.

Sin, H.N., Yusof a, S., Sheikh Abdul Hamid, N., & Abd. Rahman, R. (2006). Optimization of hot water extraction for sapodilla juice using response surface methodology. *Journal of Food Engineering* 74, 352–358.

Stangler Herodez, S., Hadolin, M., Skerget, M., & Knez, Z. (2003). Solvent extraction study of antioxidants from balm (*Melissa officinalis* L.) leaves. *Food Chemistry*, 80, 275–282.

Yilmaz, Y., & Toledo, R. T. (2004). Major flavonoids in grape seeds and skins: antioxidant capacity of catechin, epicatechin, and gallic Acid. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 255–260.

กรมป่าไม้. 2539. สถิติการป่าไม้ของประเทศไทย ปี 2539. ส่วนศูนย์ข้อมูลกลาง, สำนักสารสนเทศ, กรมป่าไม้

กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. 2539. รายงานพลังงานของประเทศไทยปี 2539. กระทรวง
วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

กรมวิชาการเกษตร. 2554. สับปะรด. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:

<http://www.doae.go.th/library/html/detail/Pineappl/pine23.htm>.

กัญญา บุญเกียรติ. 2524. ถ่านจากขี้เลื่อย. ในเอกสารประกอบการประชุมสัมมนาทางวิชาการ
เรื่อง เตาเผาเศรษฐกิจและเชื้อเพลิงถ่าน, หน้า 41-45. กรุงเทพฯ: องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้.

กิติพงษ์ ถือสัตย์. 2547. การศึกษาศักยภาพทางการตลาดและความเป็นไปได้ของธุรกิจถ่านอัด
แท่งจากขี้ข้าวโพดในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา. นครราชสีมา

เกษตร ทองเครือ. 2541. การปลูกสับปะรด. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:

<http://web.ku.ac.th/agri/pineapple/index.html>, 1 สิงหาคม 2553.

คมสรณ์ จันทรดีอด, คุณาวรรณ อารยะนรากุล และอรกานต์ รุ่งพิบูลโสภิชฐ์. 2545. เชื้อเพลิง
แข็งอัดแท่งจากผงถ่านแอนทราไซต์. โครงการพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมี

อุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ชัยชาญ ฤทธิเกรียงไกร. 2547. พลังงานทดแทน: พลังงานชีวมวลกับศักยภาพในประเทศไทย.

[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://teenet.chiangmai.ac.th/emac/journal/2004/23/02.php>.

ชิงชิง ทองดี. ประธานสมาคม ผู้ส่งออกผลไม้ไทย. 2553. สัมภาษณ์, หนังสือพิมพ์ประชาชาติธุรกิจ,
วันที่ 11 กุมภาพันธ์.

ชูฉันทน์ แจงกระโทก, ธนารัตน์ ศรีรัตนพิบูล, นภาพร บัวจง. 2546. เชื้อเพลิงอัดแท่งจากผงถ่าน
หินแอนทราไซต์โดยใช้แป้งและกากน้ำตาลเป็นสารยึด. โครงการพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ฐิติพงศ์ กรประภากุล และนิลเนตร แซ่อึ้ง. 2540. การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากทะเลสาบปาล์ม
น้ำมัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

“เตาอังโล่.” 2553. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- http://jarukiat.blogspot.com/2010_06_01_archive.html
- ธีระ วงศ์สมุทร. รัฐมนตรีว่าการกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2553. สัมภาษณ์, หนังสือพิมพ์โพสทูเดย์, วันที่ 5 กุมภาพันธ์.
- บริษัท กุญบุรีผลไม้ จำกัด. 2554. ราคา सबปะรด. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.kuifeedpineapple.com/home.htm>.
- ประลอง ดำรงค์ไทย. 2553. แห่งเชื้อเพลิงเขียวเพื่อทดแทนฟืนและถ่าน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.forest.go.th/research/knowledge/green_fuel.htm, 1 สิงหาคม 2553.
- “แป้ง.” 2554. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.google.co.th/imgres?imgurl=http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/80/Amylopektin_Sessel.svg.
- มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม. 2553ก. เทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากชีวมวลและก๊าซชีวภาพ. กรุงเทพมหานคร: มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม
- มูลนิธิพลังงานและสิ่งแวดล้อม. 2553ข. ปัญหาและจุดเรียนรู้ที่ได้จากโครงการการผลิตพลังงานจาก ชีวมวลในประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร: มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม.
- วัฒนา เสถียรสวัสดิ์. 2529. รายงานวิจัยเรื่องเชื้อเพลิงเขียว (โครงการเชื้อเพลิงแข็ง.) ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- วัฒนา เสถียรสวัสดิ์และคณะ. 2539. โครงการเชื้อเพลิงแข็ง. รายงานวิจัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.
- วิจิตร วังไฉ. 2545. सबปะรดพืชอุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร: เจริญรัฐการพิมพ์.
- วิหขุดา เงินงามจรัสพงศ์. 2535. คาร์โบไฮเดรต. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://sites.google.com/site/witchuda2535/home/kharbohidert>.
- วีรสิทธิ์ แดงประเสริฐ. 2524. แห่งเชื้อเพลิงทางเศรษฐกิจ. ในเอกสารประกอบการประชุมสัมมนาทางวิชาการเรื่อง เตาเผาเศรษฐกิจและเชื้อเพลิงถ่าน. กรุงเทพมหานคร: องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้
- คันสนีย์ เกษตรสินสมบัติ. 2550. จุดกำเนิด सबปะรดไทย. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://gotoknow.org/blog/sansanee/112530?page=1>.
- ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย. 2544. การศึกษาความเหมาะสมการผลิตไฟฟ้าระบบความร้อนร่วมจากเชื้อเพลิงชีวมวล. Biomass CHP Workshop. The Energy Conservation of Thailand. March 19-23, 2001. กรุงเทพฯ
- ศูนย์ส่งเสริมพลังงานชีวมวล. 2549. ชีวมวล. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: คิว พรินท์ แมเนจเม้นท์.
- สนธิสุข ธีระชัยชยุติ. 2543. การถ่ายเทโมเมนตัม ความร้อนและมวล. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ, 182 หน้า.
- สิทธิชัย ทองทา. 2550. แห่งเชื้อเพลิงเขียว เพื่อทดแทนฟืนและถ่าน. คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- สุรียา ชัยเดชทยากุล. 2544. การทำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากส่วนผสมกากตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสีย และเศษขี้เถ้าของโรงงานผลิตเยื่อกระดาษ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหิดล
- โสภิตา บุญเอกทรัพย์และคณะ. 2554. การสกัดแป้งจากหัวมันสำปะหลัง. [ออนไลน์]. เข้าถึง

ได้จาก: <http://www.kmutt.ac.th/rippc/prog17t.htm>

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. 2545. การส่งเสริมการใช้พลังงานจากชีวมวลของประเทศ
ไทย. วารสารนโยบายพลังงาน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:

<http://www.eppo.go.th/vrs/VRS55-06-biomass.html>.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547ก. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่ง.

[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.tisi.go.th/otop/pdf_file/tcps238_47.pdf.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547ข. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านไม้หุงต้ม.

[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.tisi.go.th/otop/pdf_file/tcps238_47.pdf.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของถ่านอัดแท่ง
มผช. 238-2547. กรุงเทพฯ

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2553. สับปะรด. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:

http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export_result.php, 1 สิงหาคม
2553.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ตารางที่ ก1 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาเก็บค่าความหวาน ณ ปัจจัยที่ต่างกัน

อุณหภูมิ (°C)	สัดส่วน เปลือก / น้ำ (kg/l)	ขนาดเปลือก (cm)	ชุดที่	เวลา (นาที/ชุด)	ความหวาน (°Brix)
80	1:5	10	1	70	0.5
			2	100	2
			3	100	3
			4	120	4
			5	160	5
			6	220	9
60	1:5	10	1	130	0.4
			2	100	0.9
			3	90	1.4
			4	120	2.3
			5	140	2.8
			6	280	3.6
			7	270	5
			8	310	6.6
			9	240	7.8
40	1:5	10	1	200	0.6
			2	240	1.4
			3	200	2.4
			4	200	3
			5	420	4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก2 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับค่าความหวาน ณ ปัจจัยที่ต่างกัน

อุณหภูมิ (°C)	สัดส่วน เปลือก / น้ำ (kg/l)	ขนาดเปลือก (cm)	ชุดที่	เวลา (นาที/ชุด)	ความหวาน (°Brix)
80	1 : 5	5	1	430	3.2
			2	330	7
60	1 : 5	5	1	350	2
			2	280	4
			3	160	4.8
			4	220	6.4
			5	290	8.6
			6	240	10.4
40	1 : 5	5	1	170	0.6
			2	360	1.6
			3	210	2.4
			4	180	3.4
			5	240	5.4
			6	190	6.2
			7	160	6.6
			8	160	7.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก3 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับค่าความหวาน ณ ปัจจัยที่ต่างกัน

อุณหภูมิ (°C)	สัดส่วน เปลือก / น้ำ (kg/l)	ขนาดเปลือก (cm)	ชุดที่	เวลา (นาที/ชุด)	ความหวาน (°Brix)
80	0.5 : 5	10	1	270	1.2
			2	320	4
60	0.5 : 5	10	1	110	0.4
			2	110	1
			3	140	1.8
			4	120	2.2
			5	140	2.4
			6	420	4.6
40	0.5 : 5	10	1	100	0.2
			2	80	0.4
			3	100	0.6
			4	180	1.4
			5	10	1.6
			6	150	2.4
			7	190	3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก4 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาเก็บค่าความหวาน ณ ปัจจัยที่ต่างกัน

อุณหภูมิ (°C)	สัดส่วน เปลือก / น้ำ (kg/l)	ขนาดเปลือก (cm)	ชุดที่	เวลา (นาที/ชุด)	ความหวาน (°Brix)
80	0.5 : 5	5	1	130	0.6
			2	230	2
60	0.5 : 5	5	1	130	0.4
			2	180	1
			3	250	1.8
			4	270	2.6
			5	280	4.2
40	0.5 : 5	5	1	130	0.4
			2	150	1
			3	200	1.4
			4	280	2
			5	220	2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก5 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหวานกับเวลาในการทดลองซ้ำ

อุณหภูมิ (°C)	สัดส่วน เปลือก / น้ำ (kg/l)	ขนาดเปลือก (cm)	ชุดที่	เวลา (นาที/ชุด)	ความหวาน (°Brix)
80	1 : 5	10	1	280	1.6
			2	260	4.4
60	1 : 5	10	1	280	1.4
			2	220	2.8
			3	290	4.4
			4	280	7.4
40	1 : 5	10	1	280	0.8
			2	250	2.8
			3	250	3.8
			4	280	5
			5	280	6.4
80	1 : 5	5	1	280	1.8
			2	220	4.8
60	1 : 5	5	1	200	1.4
			2	280	3.4
			3	320	5
			4	220	6.4
			5	250	7.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก6 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหวานกับเวลาในการทดลองซ้ำที่ 2

อุณหภูมิ (°C)	สัดส่วน เปลือก / น้ำ (kg/l)	ขนาดเปลือก (cm)	ชุดที่	เวลา (นาที/ชุด)	ความหวาน (°Brix)
40	1 : 5	5	1	220	1.2
			2	210	2.6
			3	190	3.4
			4	260	4.6
			5	280	6
			6	280	7.2
80	0.5 : 5	10	1	270	1.2
			2	320	3.6
60	0.5 : 5	10	1	320	1.4
			2	210	2.4
			3	260	3.4
			4	280	4.4
			5	220	5.2
40	0.5 : 5	10	1	160	0.4
			2	210	2
			3	210	2.6
			4	190	3.2
			5	210	3.8
			6	180	4.4
80	0.5 : 5	5	1	210	1.2
			2	170	3.4
60	0.5 : 5	5	1	160	0.6
			2	180	2
			3	220	2.8
			4	260	4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก6 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหวานกับเวลาในการทดลองซ้ำ (ต่อ)

อุณหภูมิ (°C)	สัดส่วน เปลือก / น้ำ (kg/L)	ขนาดเปลือก (cm)	ชุดที่	เวลา (นาที/ชุด)	ความหวาน (°Brix)
40	0.5 : 5	5	1	280	1.8
			2	210	2
			3	200	2.6
			4	280	4.4

ตารางที่ ก7 ตารางแสดงค่า pH ก่อนและหลังการระเหยในการทดลองซ้ำที่ 1

อุณหภูมิ (°C)	S/L (kg/L)	ขนาดชิ้น (cm)	ค่า pH	อุณหภูมิ (°C)	S/L (kg/L)	ขนาดชิ้น (cm)	ค่า pH
80	1 : 5	10	4.40	80	1 : 5	10	3.79
60	1 : 5	10	4.05	60	1 : 5	10	3.91
40	1 : 5	10	3.75	40	1 : 5	10	3.66
80	1 : 5	5	3.90	80	1 : 5	5	3.74
60	1 : 5	5	3.96	60	1 : 5	5	3.75
40	1 : 5	5	3.90	40	1 : 5	5	3.73
80	0.5 : 5	10	4.03	80	0.5 : 5	10	3.86
60	0.5 : 5	10	4.09	60	0.5 : 5	10	3.90
40	0.5 : 5	10	4.02	40	0.5 : 5	10	3.80
80	0.5 : 5	5	4.10	80	0.5 : 5	5	3.95
60	0.5 : 5	5	4.13	60	0.5 : 5	5	3.90
40	0.5 : 5	5	3.97	40	0.5 : 5	5	3.74

หมายเหตุ ค่า pH ของน้ำสับประดจริงมีค่าประมาณ 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก8 ตารางแสดงค่า pH ของการทดลองซ้ำที่ 2 ณ ปัจจัยที่ต่างกัน

อุณหภูมิ (°C)	S/L (kg/)	ขนาดขึ้น (cm)	ค่า pH	อุณหภูมิ (°C)	L/S (kg/)	ขนาดขึ้น (cm)	ค่า pH
80	1: 5	10	4.11	80	1: 5	5	4.25
80	1: 5	10	4.07	80	1: 5	5	3.98
80	1: 5	10	-	80	1: 5	5	-
80	1: 5	10	-	80	1: 5	5	-
80	1: 5	10	-	80	1: 5	5	-
80	1: 5	10	-	80	1: 5	5	-
60	1: 5	10	4.06	60	1: 5	5	4.22
60	1: 5	10	4.04	60	1: 5	5	4
60	1: 5	10	3.99	60	1: 5	5	3.93
60	1: 5	10	3.92	60	1: 5	5	3.9
60	1: 5	10	-	60	1: 5	5	3.85
60	1: 5	10	-	60	1: 5	5	-
40	1: 5	10	4.35	40	1: 5	5	4.36
40	1: 5	10	4.05	40	1: 5	5	3.98
40	1: 5	10	3.94	40	1: 5	5	3.91
40	1: 5	10	3.87	40	1: 5	5	3.89
40	1: 5	10	3.84	40	1: 5	5	3.86
40	1: 5	10	-	40	1: 5	5	3.81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก9 ตารางแสดงค่า pH ของการทดลองซ้ำที่ 2 ณ ปัจจัยที่ต่างกัน

อุณหภูมิ (°C)	S/L (kg/)	ขนาดชิ้น (cm)	ค่า pH	อุณหภูมิ (°C)	L/S (kg/)	ขนาดชิ้น (cm)	ค่า pH
80	0.5 : 5	10	4.35	80	0.5 : 5	5	4.25
80	0.5 : 5	10	4.08	80	0.5 : 5	5	4.08
80	0.5 : 5	10	-	80	0.5 : 5	5	-
80	0.5 : 5	10	-	80	0.5 : 5	5	-
80	0.5 : 5	10	-	80	0.5 : 5	5	-
80	0.5 : 5	10	-	80	0.5 : 5	5	-
60	0.5 : 5	10	4.16	60	0.5 : 5	5	4.43
60	0.5 : 5	10	4.09	60	0.5 : 5	5	4.11
60	0.5 : 5	10	4.03	60	0.5 : 5	5	3.98
60	0.5 : 5	10	4.01	60	0.5 : 5	5	3.90
60	0.5 : 5	10	3.97	60	0.5 : 5	5	-
60	0.5 : 5	10	-	60	0.5 : 5	5	-
40	0.5 : 5	10	4.51	40	0.5 : 5	5	4.54
40	0.5 : 5	10	4.17	40	0.5 : 5	5	4.17
40	0.5 : 5	10	4.12	40	0.5 : 5	5	4.11
40	0.5 : 5	10	4.06	40	0.5 : 5	5	3.99
40	0.5 : 5	10	4.03	40	0.5 : 5	5	-
40	0.5 : 5	10	3.99	40	0.5 : 5	5	-

ตารางที่ ก10 ตารางแสดงค่าสี่เป็นค่าของ L,a,b ของน้ำสับประตสกัดจากเปลือกก่อนทำการระเหย

อุณหภูมิ (°C)	S/L (kg/)	ขนาดชิ้น (cm)	L	a	b
80	1:5	10	70.70	13.59	71.66
60	1:5	10	75.85	6.68	68.63
40	1:5	10	86.43	-1.47	19.77
80	1:5	5	68.20	8.40	63.52
60	1:5	5	92.28	-1.47	41.41
40	1:5	5	89.31	-1.96	35.05
80	0.5 : 5	10	92.69	-2.01	21.08
60	0.5 : 5	10	89.19	-1.79	25.27
40	0.5 : 5	10	81.80	-2.69	34.98
80	0.5 : 5	5	89.09	-1.36	35.46
60	0.5 : 5	5	80.95	2.52	54.15
40	0.5 : 5	5	91.68	-2.80	27.90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก11 ตารางแสดงค่าสี่เป็นค่าของ L,a,b ของน้ำสับปรดสกัดจากเปลือกหลังทำการระเหย

อุณหภูมิ (°C)	S/L (kg/)	ขนาดชิ้น (cm)	L	a	b
80	1:5	10	118.62	56.39	157.89
60	1:5	10	149.63	36.61	172.39
40	1:5	10	95.18	18.18	97.64
80	1:5	5	155.70	29.20	155.77
60	1:5	5	127.21	49.88	166.09
40	1:5	5	137.04	30.17	145.98
80	0.5 : 5	10	137.36	28.65	137.64
60	0.5 : 5	10	131.89	41.19	158.79
40	0.5 : 5	10	65.89	36.72	98.16
80	0.5 : 5	5	112.38	47.71	144.55
60	0.5 : 5	5	110.67	51.32	154.22
40	0.5 : 5	5	79.47	33.47	110.33

หมายเหตุ ค่า L ตัวอย่างน้ำสับปรดจริงประมาณ 170
 ค่า a ตัวอย่างน้ำสับปรดจริงประมาณ -0.69
 ค่า b ตัวอย่างน้ำสับปรดจริงประมาณ 46

ตารางที่ ก12 ตารางแสดงค่าสี่การทดลองซ้ำครั้งที่ 2 ชุดที่ 1

อุณหภูมิ	S/L	ขนาดชิ้น	L	a	b
80	1:5	10	88.33	-2.26	27.20
60	1:5	10	94.58	-2.38	23.10
40	1:5	10	103.67	-1.45	6.36
80	1:5	5	104.59	-1.73	6.80
60	1:5	5	100.86	-2.35	8.25
40	1:5	5	102.54	-1.39	4.70
80	0.5 : 5	10	100.57	-4.01	13.48
60	0.5 : 5	10	100.98	-0.05	9.43
40	0.5 : 5	10	102.42	-1.36	3.65
80	0.5 : 5	5	99.76	-4.44	16.53
60	0.5 : 5	5	101.80	-1.75	5.37
40	0.5 : 5	5	101.17	-1.41	5.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก13 ตารางแสดงค่าสีการทดลองซ้ำครั้งที่ 2 ชุดที่ 2

อุณหภูมิ	S/L	ขนาดชั้น	L	a	b
80	1:5	10	186.22	0.22	117.74
60	1:5	10	186.72	-11.17	75.16
40	1:5	10	218.93	-8.94	28.17
80	1:5	5	201.51	-12.63	55.27
60	1:5	5	185.60	14.44	86.14
40	1:5	5	230.18	-4.48	27.94
80	0.5 : 5	10	172.52	5.55	128.43
60	0.5 : 5	10	176.09	15.31	85.69
40	0.5 : 5	10	231.61	-8.57	32.21
80	0.5 : 5	5	187.62	-15.00	59.32
60	0.5 : 5	5	177.99	-11.96	21.56
40	0.5 : 5	5	229.95	-5.18	30.87

ตารางที่ ก14 ตารางแสดงค่าสีการทดลองซ้ำครั้งที่ 2 ชุดที่ 3

อุณหภูมิ	S/L	ขนาดชั้น	L	a	b
80	1:5	10	-	-	-
60	1:5	10	160.33	-1.01	84.846
40	1:5	10	151.9667	0.47	36.79
80	1:5	5	-	-	-
60	1:5	5	173.2333	-8.19	55.49
40	1:05	5	187.8167	-6.05	30.306
80	0.5 : 5	10	-	-	-
60	0.5 : 5	10	169.8033	-11.5633	40.0766
40	0.5 : 5	10	172.5633	-1.87333	34.6866
80	0.5 : 5	5	-	-	-
60	0.5 : 5	5	181.93	-6.58	62.11333
40	0.5 : 5	5	172.8867	-1.95667	34.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก15 ตารางแสดงค่าสีการทดลองซ้ำครั้งที่ 2 ชุดที่ 4

อุณหภูมิ	S/L	ขนาดชิ้น	L	a	b
80.00	0.05	10.00	-	-	-
60.00	0.05	10.00	156.48	0.91	93.17
40.00	0.05	10.00	149.53	-2.34	45.98
80.00	0.05	5.00	-	-	-
60.00	0.05	5.00	167.82	-4.51	76.60
40.00	0.05	5.00	172.40	-8.07	48.47
80.00	0.5 : 5	10.00	-	-	-
60.00	0.5 : 5	10.00	158.81	-6.27	50.90
40.00	0.5 : 5	10.00	165.25	-4.19	39.84
80.00	0.5 : 5	5.00	-	-	-
60.00	0.5 : 5	5.00	172.99	1.11	78.77
40.00	0.5 : 5	5.00	155.41	-4.08	47.32

ตารางที่ ก16 ตารางแสดงค่าสีการทดลองซ้ำครั้งที่ 2 ชุดที่ 5

อุณหภูมิ	S/L	ขนาดชิ้น	L	a	b
80.00	0.05	10.00	-	-	-
60.00	0.05	10.00	-	-	-
40.00	0.05	10.00	139.71	-4.11	59.88
80.00	0.05	5.00	-	-	-
60.00	0.05	5.00	154.82	-2.11	83.84
40.00	0.05	5.00	158.18	-6.71	55.51
80.00	0.5 : 5	10.00	-	-	-
60.00	0.5 : 5	10.00	164.92	-2.04	76.88
40.00	0.5 : 5	10.00	149.86	-4.35	42.96
80.00	0.5 : 5	5.00	-	-	-
60.00	0.5 : 5	5.00	-	-	-
40.00	0.5 : 5	5.00	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก17 ตารางแสดงค่าสีการทดลองซ้ำครั้งที่ 2 ชุดที่ 6

อุณหภูมิ	S/L	ขนาดชิ้น	L	a	b
80.00	0.05	10.00	-	-	-
60.00	0.05	10.00	-	-	-
40.00	0.05	10.00	-	-	-
80.00	0.05	5.00	-	-	-
60.00	0.05	5.00	-	-	-
40.00	0.05	5.00	138.44	-4.32	62.78
80.00	0.5 : 5	10.00	-	-	-
60.00	0.5 : 5	10.00	-	-	-
40.00	0.5 : 5	10.00	133.33	-6.15	52.51
80.00	0.5 : 5	5.00	-	-	-
60.00	0.5 : 5	5.00	-	-	-
40.00	0.5 : 5	5.00	-	-	-

ตารางที่ ก18 ตารางแสดงค่าสีการทดลองซ้ำครั้งที่ 2 หลังการระเหย

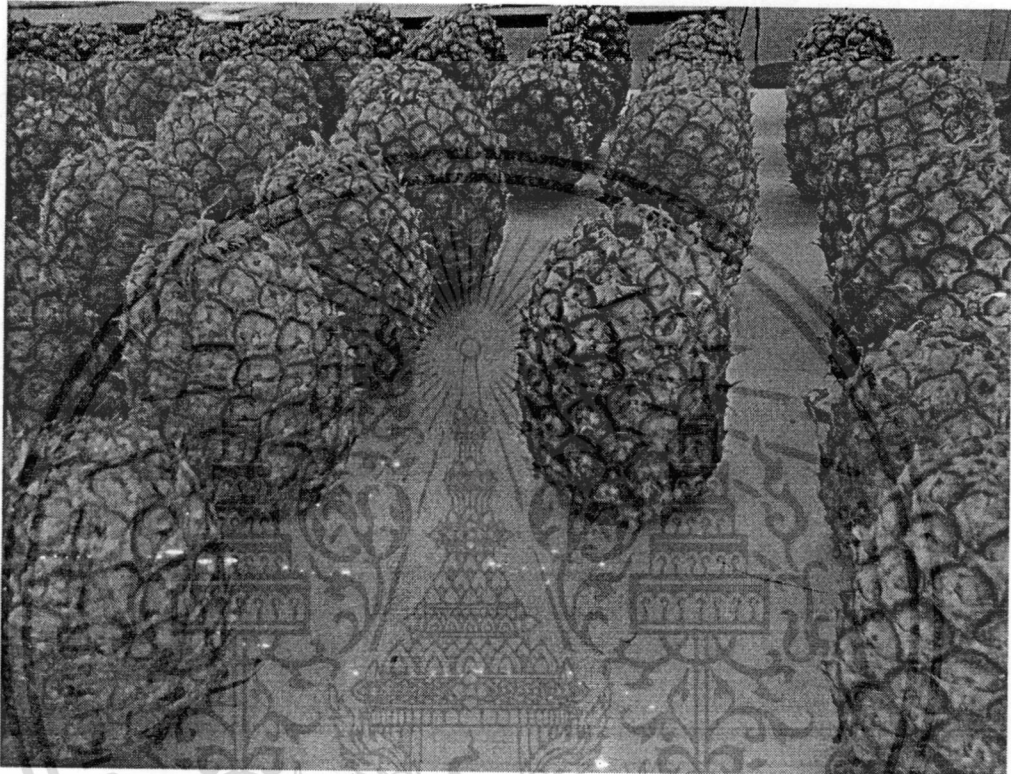
อุณหภูมิ	S/L	ขนาดชิ้น	L	a	b
80.00	0.05	10.00	113.38	26.70	126.56
60.00	0.05	10.00	100.82	25.32	115.43
40.00	0.05	10.00	111.42	7.35	85.41
80.00	0.05	5.00	151.11	3.17	106.40
60.00	0.05	5.00	163.92	0.62	108.78
40.00	0.05	5.00	162.91	-3.13	95.32
80.00	0.5 : 5	10.00	101.88	17.02	112.61
60.00	0.5 : 5	10.00	146.71	4.37	116.29
40.00	0.5 : 5	10.00	59.95	13.74	71.28
80.00	0.5 : 5	5.00	123.78	16.04	129.03
60.00	0.5 : 5	5.00	103.29	20.60	115.27
40.00	0.5 : 5	5.00	64.01	12.78	72.88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

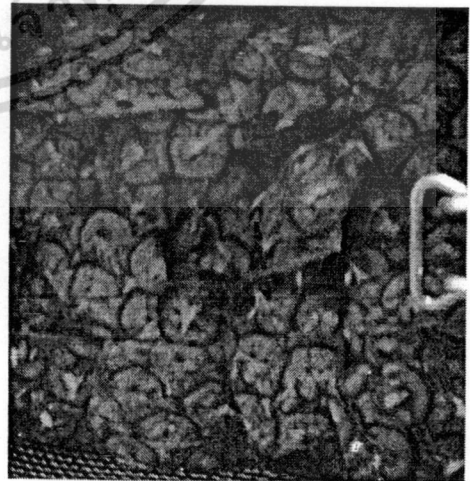
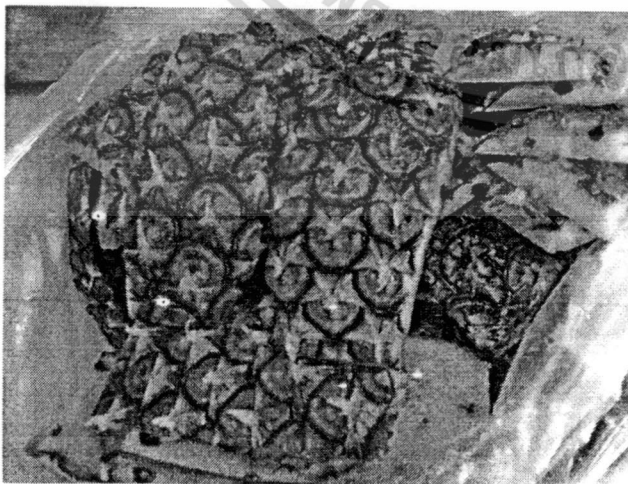
ขั้นตอนการสกัด

ขั้นตอนที่ 1 คัดเลือกเปลือกสับปะรด



รูปที่ ข1 สับปะรดที่ใช้ในการทดลอง

ขั้นตอนที่ 2 ปอกเปลือกและหั่นให้ได้ขนาด 10 cm และ 5 cm



รูปที่ ข2 เปลือกสับปะรดที่ใช้ในการทดลอง

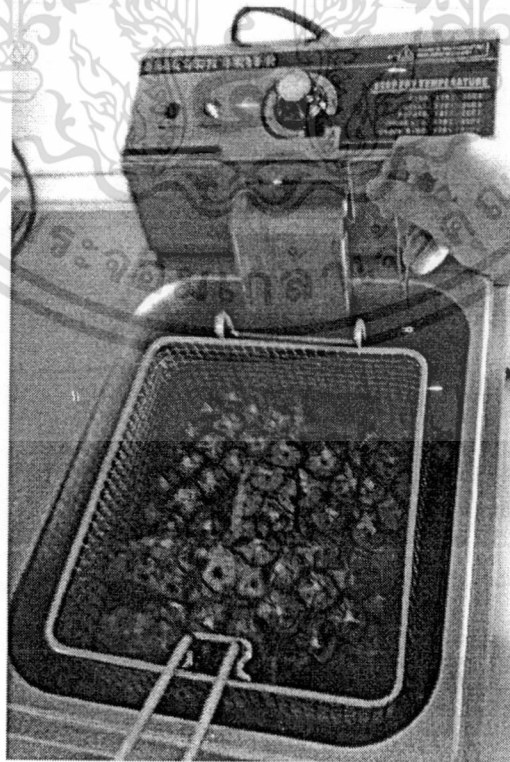
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 3 นำเปลือกที่ได้มาใส่ตะแกรง



รูปที่ ข3 เปลือกสับปรดจัดเรียงในตะแกรง

ขั้นตอนที่ 4 ใส่ตะแกรงลงในหม้อต้มไฟฟ้าที่บรรจุน้ำเพื่อสกัด 5 ลิตร



รูปที่ ข4 เปลือกสับปรดในหม้อต้มเตรียมสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ในเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 5 ปิดฝาหม้อเพื่อทำการสกัด



รูปที่ ข5 ลักษณะหม้อขณะสกัด

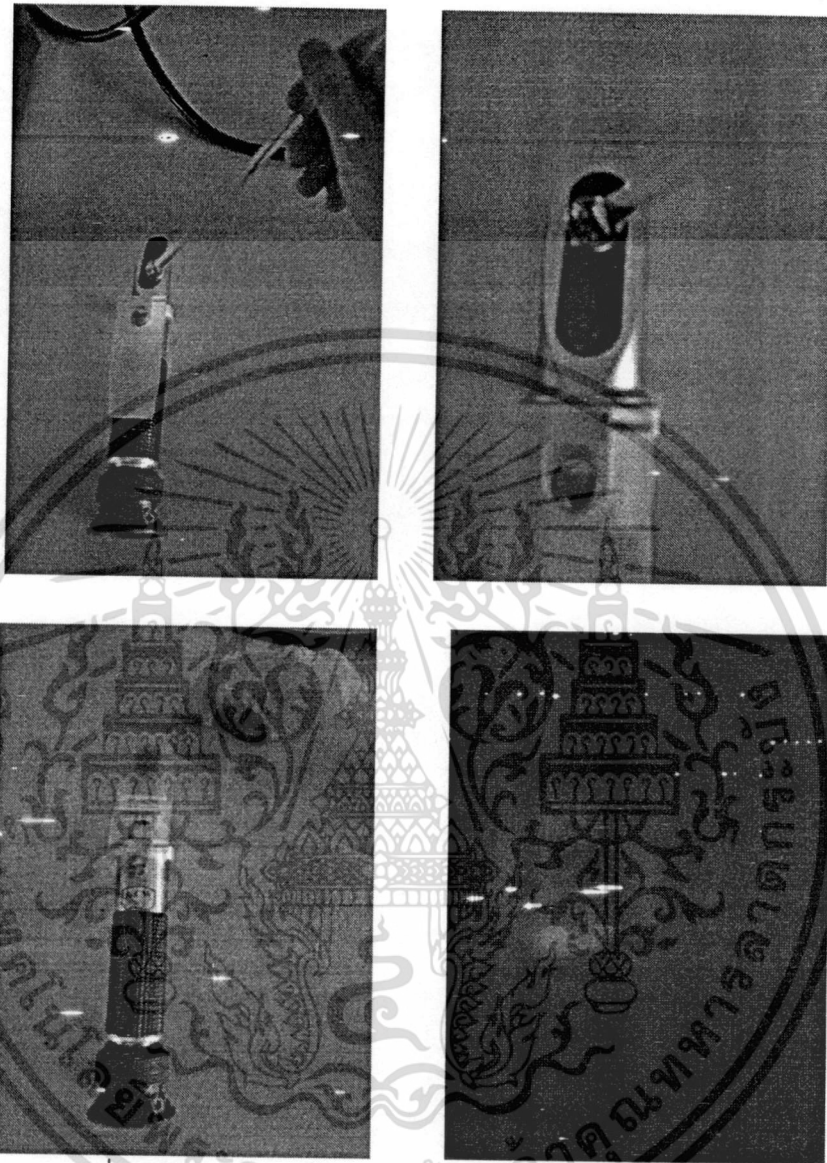
ขั้นตอนที่ 6 ทำการตรวจค่าความหวานโดยใช้แท่งแก้วจุ่มตรวจ ณ ตำแหน่งเดิม



รูปที่ ข6 ตำแหน่งตรวจค่าความหวาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

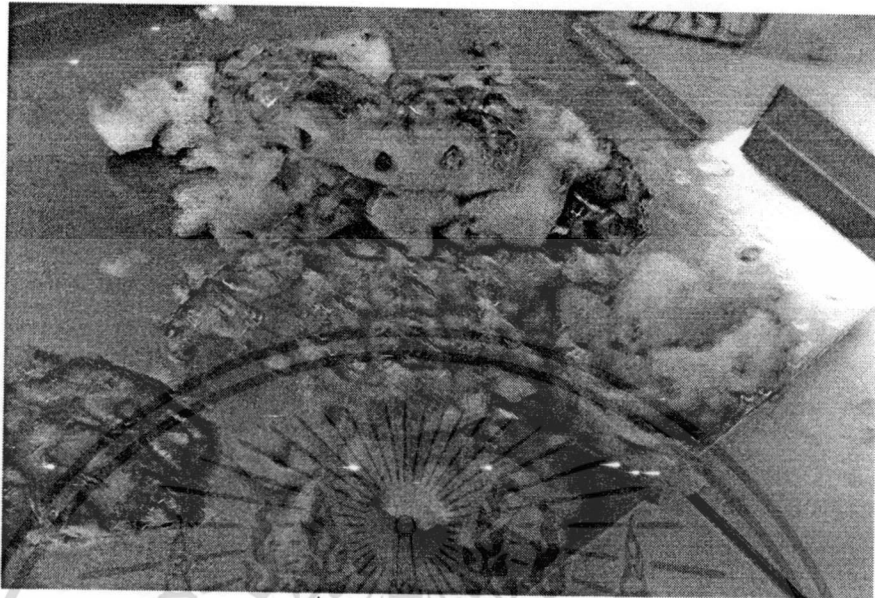
ขั้นตอนที่ 7 ตรวจสอบค่าความหวานโดยใช้ Hand Refractometer จนได้ค่าความหวานคงที่



รูปที่ ข7 การตรวจค่าความหวานด้วย Hand Refractometer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 8 เมื่อความหวานคงที่ ให้ทำการยกตะแกรงขึ้น แล้วนำเปลือกมาบิบเพื่อเอาน้ำที่ติดเปลือกออก



รูปที่ ข8 สับปะรดหลังการบิบ

ขั้นตอนที่ 9 จะได้น้ำสับปะรดสกัดจากเปลือกทำการวัดปริมาณ และค่าความหวาน จากนั้นเปลี่ยนชุดใหม่ ใส่ลงไปแทนทำจนกระทั่งได้ค่าความหวานคงที่



รูปที่ ข9 น้ำสับปะรดหลังการสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

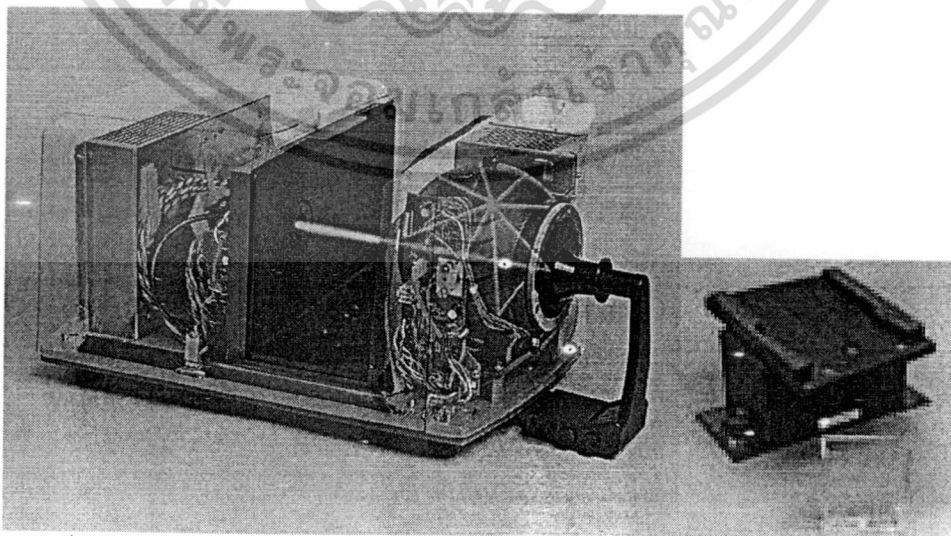
ขั้นตอนที่ 10 นำน้ำสับประรดสกัดจากเปลือกที่ได้มาตรวจคุณสมบัติด้านค่าพีเอช ค่าสี และ % pulp



รูปที่ ข10 เครื่อง Centrifuge Uniersal 16ตรวจคุณสมบัติค่า % pulp



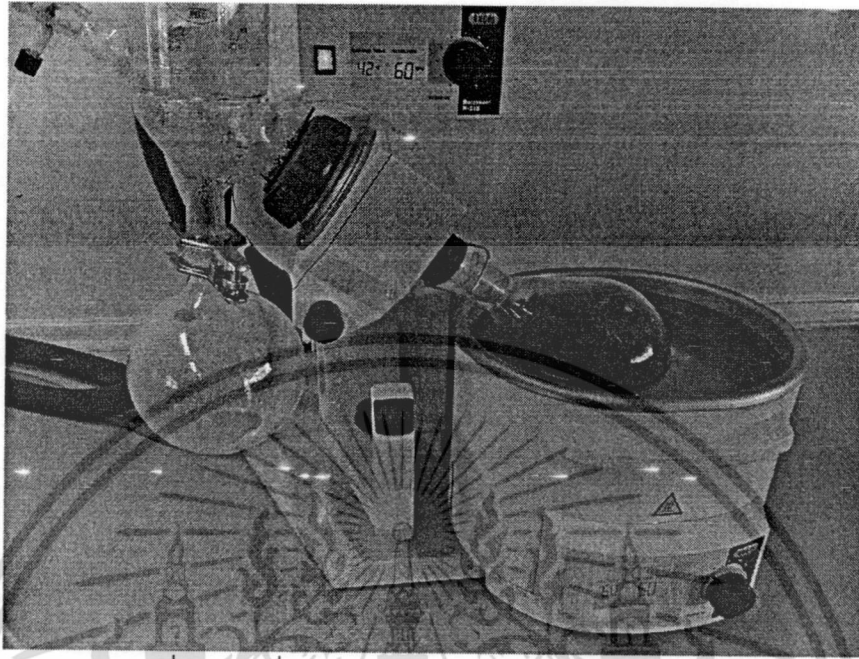
รูปที่ ข11 เครื่อง pH meter METTLER TOLEDO ตรวจคุณสมบัติค่า pH



รูปที่ ข12 เครื่อง Hunter Lab ColorQuest XE ตรวจคุณสมบัติค่าสี (ด้านขวา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 11 จากนั้นนำน้ำสับปะรดสกัดจากเปลือกที่ได้มาระเหยให้ได้อัตราความหวานเท่ากับน้ำสับปะรดจริง



รูปที่ ข13 เครื่อง Rotary Evaporation R-210/R-215

ขั้นตอนที่ 12 นำน้ำสับปะรดที่ได้จากการสกัดที่ระเหยแล้วไปตรวจวัดคุณสมบัติค่าสี ค่าพีเอช และค่า %pulp

ขั้นตอนที่ 13 วิเคราะห์ผลการทดลอง

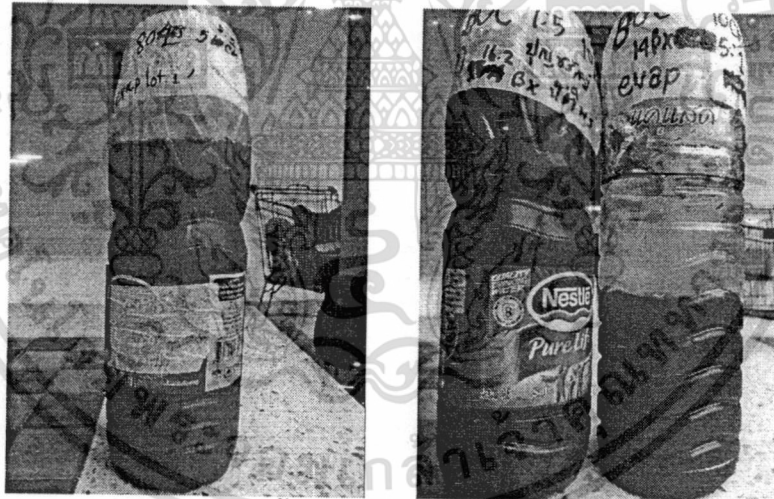
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค



รูปที่ ค1 น้ำสับปะรดที่สกัดจากเปลือกที่

อุณหภูมิ 80 °C สกัดส่วนระหว่างของแข็งของเหลว 0.5 : 5 ขนาดชั้น 5 cm (รูปซ้าย)
 อุณหภูมิ 80 °C สกัดส่วนระหว่างของแข็งของเหลว 0.5 : 5 ขนาดชั้น 10 cm (รูปขวา)



รูปที่ ค2 น้ำสับปะรดที่สกัดจากเปลือกที่

อุณหภูมิ 80 °C สกัดส่วนระหว่างของแข็งของเหลว 1 : 5 ขนาดชั้น 5 cm (รูปซ้าย)
 อุณหภูมิ 80 °C สกัดส่วนระหว่างของแข็งของเหลว 1 : 5 ขนาดชั้น 10 cm (รูปขวา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค3 น้ำสับปะรดที่สกัดจากเปลือกที่

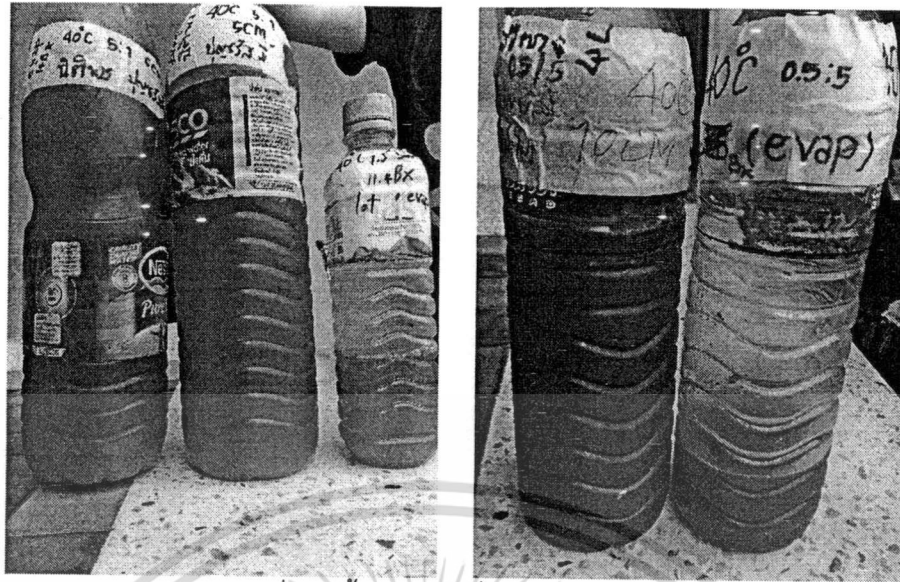
อุณหภูมิ 60 °C สัดส่วนระหว่างของแข็งของเหลว 1 : 5 ขนาดชั้น 10 cm (รูปซ้าย)
 อุณหภูมิ 60 °C สัดส่วนระหว่างของแข็งของเหลว 1 : 5 ขนาดชั้น 5 cm (รูปขวา)



รูปที่ ค4 น้ำสับปะรดที่สกัดจากเปลือกที่

อุณหภูมิ 60 °C สัดส่วนระหว่างของแข็งของเหลว 0.5 : 5 ขนาดชั้น 10 cm (รูปซ้าย)
 อุณหภูมิ 60 °C สัดส่วนระหว่างของแข็งของเหลว 0.5 : 5 ขนาดชั้น 5 cm (รูปขวา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค5 น้ำสับปะรดที่สกัดจากเปลือกที่

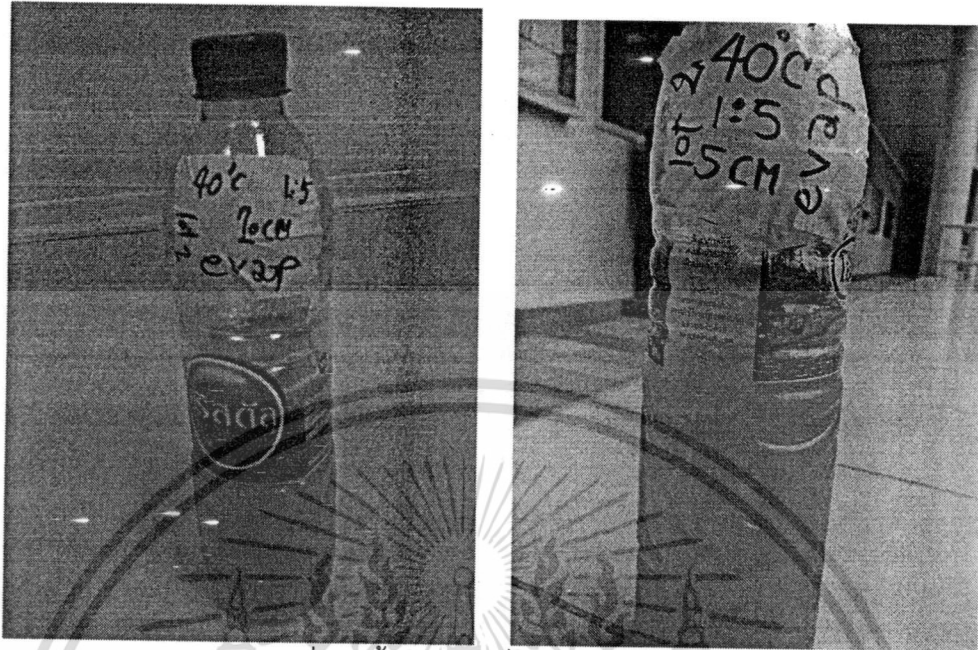
อุณหภูมิ 40 °C สัดส่วนระหว่างของแข็งของเหลว 1 : 5 ขนาดชั้น 5 cm (รูปซ้าย)
 อุณหภูมิ 40 °C สัดส่วนระหว่างของแข็งของเหลว 0.5 : 5 ขนาดชั้น 10cm (รูปขวา)



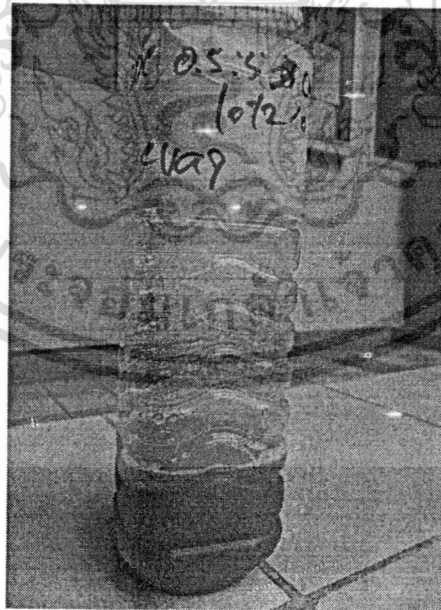
รูปที่ ค6 น้ำสับปะรดที่สกัดจากเปลือกที่

อุณหภูมิ 40 °C สัดส่วนระหว่างของแข็งของเหลว 0.5 : 5 ขนาดชั้น 5 cm (รูปซ้าย)
 อุณหภูมิ 40 °C สัดส่วนระหว่างของแข็งของเหลว 1 : 5 ขนาดชั้น 10 cm (รูปขวา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

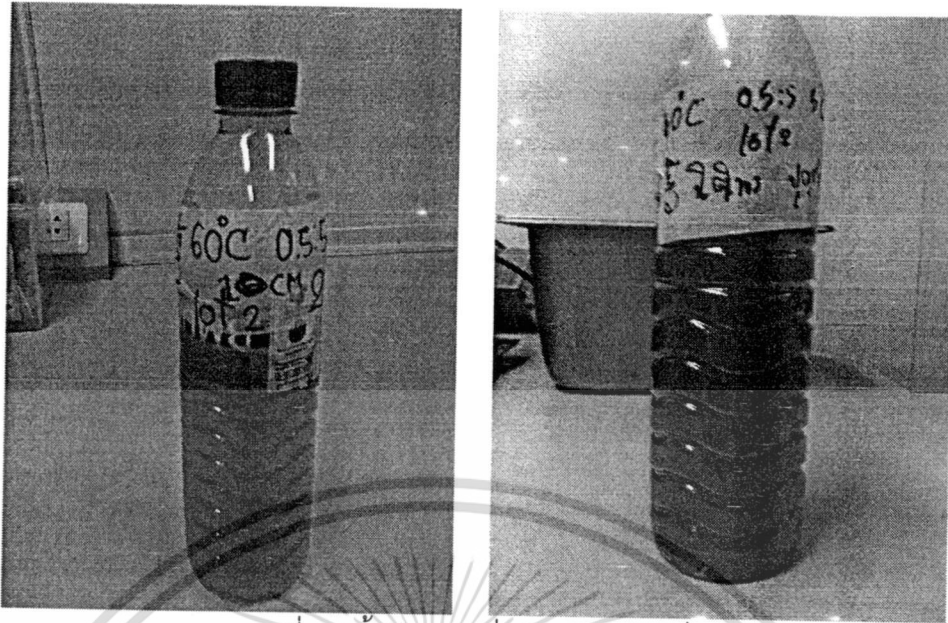


รูปที่ ค7 น้ำสับปะรดที่สกัดจากเปลือกที่ อุณหภูมิ 40 °C สกัดส่วนระหว่างของแข็งของเหลว 1 : 5 ขนาดขึ้น 10 cm (รูปซ้าย)
อุณหภูมิ 40 °C สกัดส่วนระหว่างของแข็งของเหลว 1 : 5 ขนาดขึ้น 5 cm (รูปขวา)

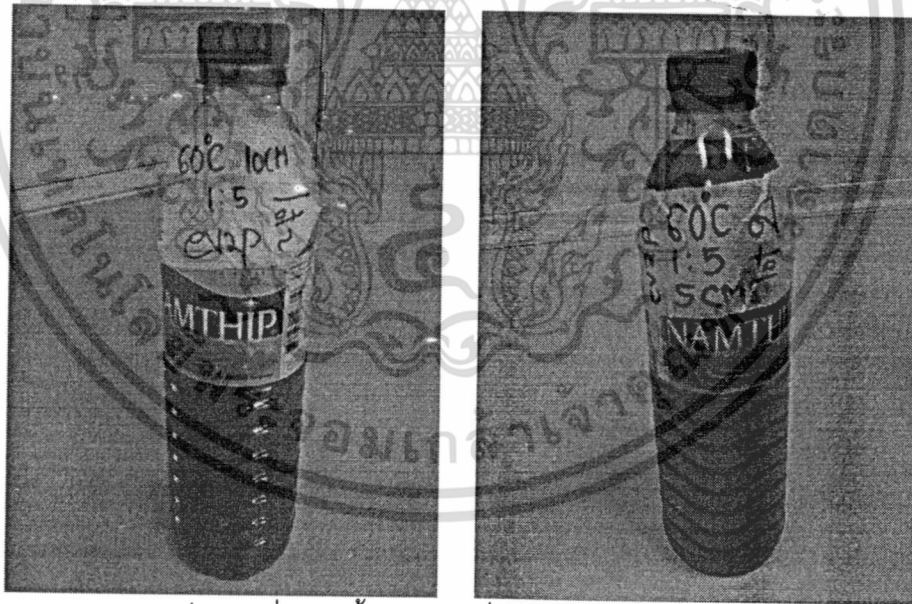


รูปที่ ค8 น้ำสับปะรดที่สกัดจากเปลือกที่ อุณหภูมิ 40 °C สกัดส่วนระหว่างของแข็งของเหลว 0.5 : 5 ขนาดขึ้น 10 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

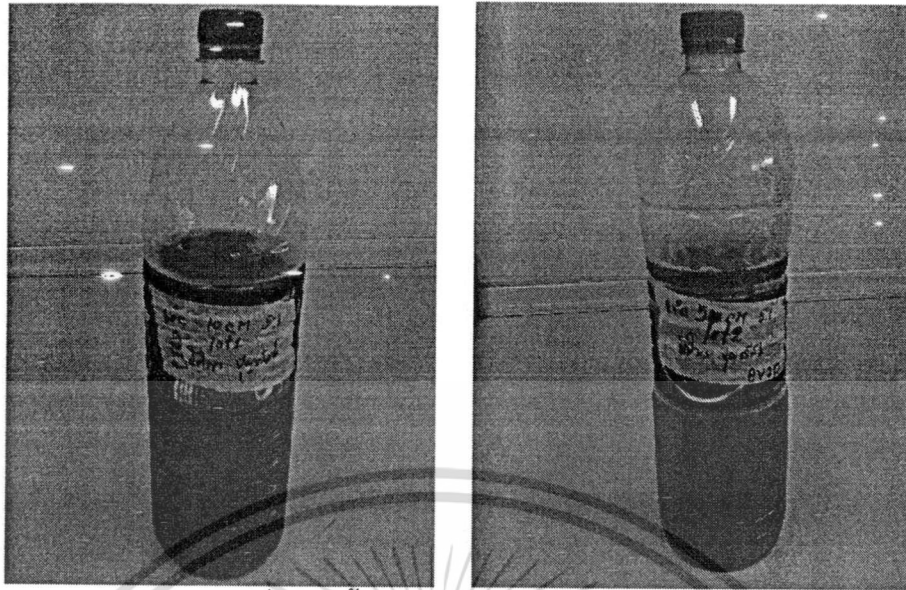


รูปที่ ค9 น้ำสับปะรดที่สกัดจากเปลือกที่
อุณหภูมิ 60 °C สัดส่วนระหว่างของแข็งของเหลว 0.5 : 5 ขนาดชั้น 10 cm (รูปซ้าย)
อุณหภูมิ 60 °C สัดส่วนระหว่างของแข็งของเหลว 0.5 : 5 ขนาดชั้น 5 cm (รูปขวา)

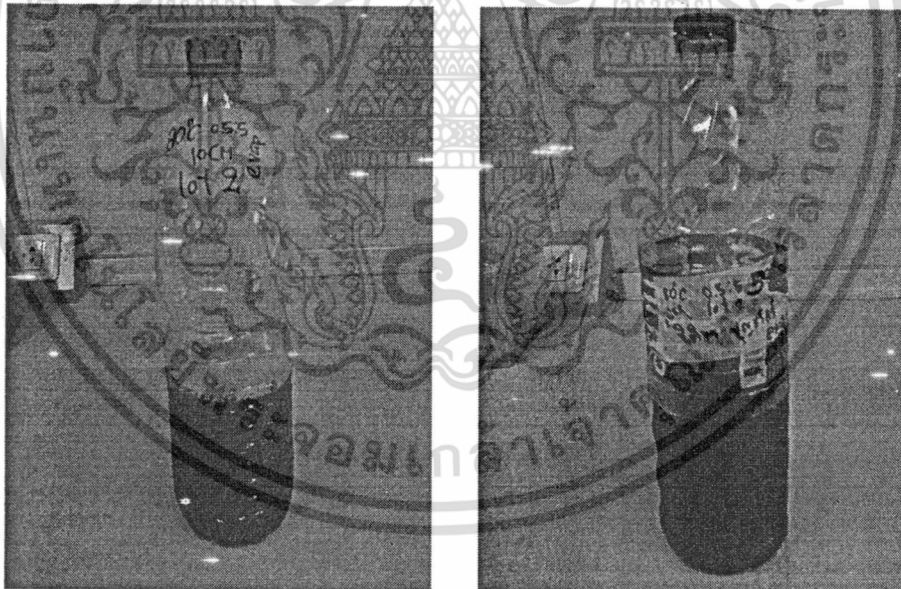


รูปที่ ค10 น้ำสับปะรดที่สกัดจากเปลือกที่
อุณหภูมิ 60 °C สัดส่วนระหว่างของแข็งของเหลว 1 : 5 ขนาดชั้น 10 cm (รูปซ้าย)
อุณหภูมิ 60 °C สัดส่วนระหว่างของแข็งของเหลว 1 : 5 ขนาดชั้น 5 cm (รูปขวา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค11 น้ำสับปรดที่สกัดจากเปลือกที่
อุณหภูมิ 80 °C สัดส่วนระหว่างของแข็งของเหลว 1 : 5 ขนาดขึ้น 10 cm (รูปซ้าย)
อุณหภูมิ 80 °C สัดส่วนระหว่างของแข็งของเหลว 1 : 5 ขนาดขึ้น 5 cm (รูปขวา)



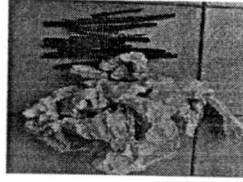
รูปที่ ค12 น้ำสับปรดที่สกัดจากเปลือกที่
อุณหภูมิ 80 °C สัดส่วนระหว่างของแข็งของเหลว 0.5 : 5 ขนาดขึ้น 10 cm (รูปซ้าย)
อุณหภูมิ 80 °C สัดส่วนระหว่างของแข็งของเหลว 0.5 : 5 ขนาดขึ้น 5 cm (รูปขวา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

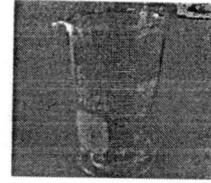
ภาคผนวก ง



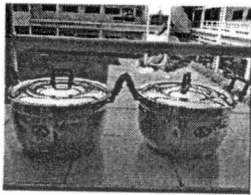
เตา



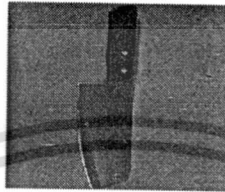
กระดาชและเศษไม้



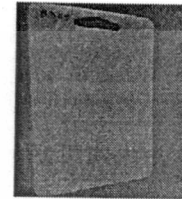
บีกเกอร์



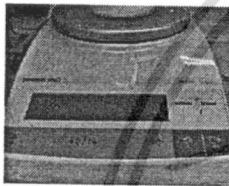
หม้อ



มีด



เขียง



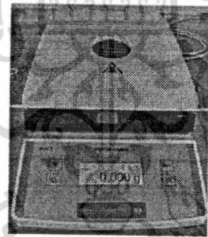
เครื่องชั่ง



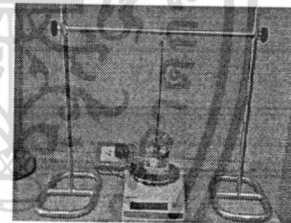
กะละมังใช้ผสม



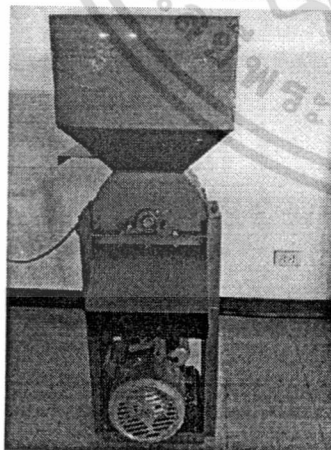
ลังกะสีสำหรับตาก



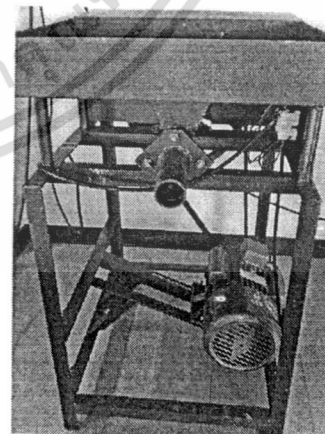
เครื่องวัดความชื้น



อุปกรณ์วัดความหนาแน่น



เครื่องบด



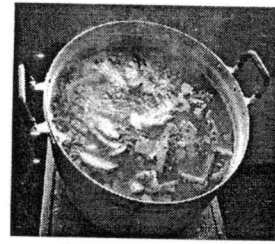
เครื่องอัด

รูปที่ ง1 อุปกรณ์และเครื่องจักรที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



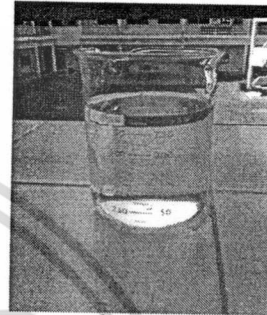
เปลือกสับประดสด



เปลือกสับประดสกัด

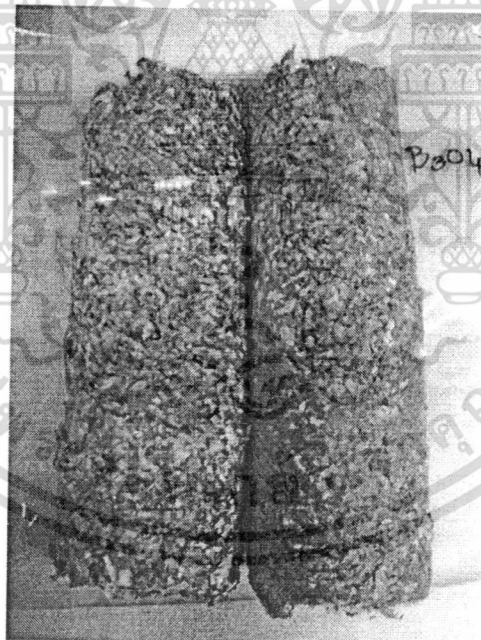


แป้งมันสำปะหลัง



น้ำเปล่า

รูปที่ ๓2 วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ ๓3 เชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกสับประด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 ตัวอย่างแท่งเชื้อเพลิงที่มีความยาวขนาด 1 นิ้ว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ1 แสดงระยะเวลาที่ใช้ในการตาก น้ำหนัก และเวลาที่ใช้ในการบดและอัด

No	จำนวนวันที่ตาก	สูตรที่	น้ำหนัก(kg)												เวลาที่ใช้(min)					
			ก่อนตาก			หลังตาก			หลังบด			หลังอัด			เครื่องบด			เครื่องอัด		
			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2
1	1	1	5	5	2.53	2.33	2.43	1.93	2.16	2.05	1.36	1.05	1.44	1.28	1.36	2.42	3.57	3.00		
2	1	2	5	5	2.59	2.51	2.55	2.21	2.20	2.21	1.46	1.52	1.56	1.43	1.50	3.44	3.21	3.33		
3	1	3	5	5	2.46	2.38	2.42	1.92	2.15	2.04	1.34	1.49	1.34	1.22	1.28	4.06	3.43	3.75		
4	1	4	5	5	2.43	2.40	2.42	1.92	2.25	2.09	1.24	1.20	1.46	1.54	1.50	2.56	2.44	2.50		
5	2	1	5	5	1.63	1.58	1.60	1.22	1.07	1.15	0.85	0.88	1.26	1.12	1.19	4.12	3.12	3.62		
6	2	2	5	5	1.49	1.67	1.58	1.23	1.26	1.25	0.98	0.94	1.42	1.48	1.45	4.06	3.27	3.67		
7	2	3	5	5	1.46	1.74	1.60	1.43	1.72	1.57	1.02	1.38	1.33	1.49	1.41	3.58	2.54	3.06		
8	2	4	5	5	1.41	1.61	1.51	1.41	1.28	1.35	1.28	1.31	1.27	1.40	1.34	3.44	3.06	3.25		
9	3	1	5	5	1.45	1.41	1.43	1.13	1.24	1.19	1.01	1.09	1.25	1.38	1.32	3.42	3.47	3.45		
10	3	2	5	5	1.44	1.29	1.36	1.00	1.26	1.13	1.02	1.10	1.45	1.32	1.39	3.52	4.21	3.87		
11	3	3	5	5	1.32	1.30	1.31	1.18	1.29	1.23	1.32	1.23	1.22	1.16	1.19	4.23	3.21	3.72		
12	3	4	5	5	1.47	1.31	1.39	1.23	1.25	1.24	1.08	1.16	1.26	1.37	1.32	3.41	5.10	4.26		
13	4	1	5	5	0.93	0.98	0.96	0.75	0.86	0.80	0.70	0.75	1.33	1.51	1.42	2.20	2.38	2.29		
14	4	2	5	5	0.98	0.90	0.94	0.93	0.77	0.85	0.90	0.81	1.42	1.34	1.38	2.45	2.53	2.49		
15	4	3	5	5	0.95	0.95	0.95	0.94	0.90	0.92	0.92	0.91	1.23	1.28	1.26	2.29	2.39	2.34		
16	4	4	5	5	0.83	0.99	0.91	0.79	0.94	0.87	0.78	0.84	1.13	1.16	1.15	2.18	2.36	2.27		
17	1	2	5	5	2.67	2.55	2.61	2.32	2.35	2.34	2.28	2.25	1.48	1.17	1.33	2.44	2.33	2.39		
18	1	3	5	5	2.42	2.38	2.40	2.23	2.17	2.20	2.21	2.17	1.22	1.24	1.23	2.35	2.47	2.41		
19	1	4	5	5	2.58	2.47	2.53	2.40	2.32	2.36	2.27	2.23	1.56	1.19	1.36	2.38	2.30	2.34		

ตารางที่ จ2 แสดงอัตราการผลิตและเปอร์เซ็นต์การสูญเสียของเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่งสูตรต่างๆ

No	จำนวนวันที่ตาก	สูตรที่	อัตราการผลิต(kg/min)		%Loss	
			เครื่องบด	เครื่องอัด	เครื่องบด	เครื่องอัด
1	1	1	1.50	0.35	18.86	48.59
2		2	1.48	0.46	15.51	31.36
3		3	1.59	0.40	18.82	26.78
4		4	1.39	0.48	15.89	42.57
5	2	1	0.96	0.24	39.87	23.10
6		2	0.86	0.26	26.85	24.56
7		3	1.12	0.45	1.50	12.36
8		4	1.01	0.40	12.20	2.94
9	3	1	0.90	0.32	20.18	8.51
10		2	0.82	0.29	20.56	2.35
11		3	1.04	0.33	6.07	0.62
12		4	0.94	0.27	11.84	6.29
13	4	1	0.57	0.33	18.83	6.99
14		2	0.61	0.33	10.58	3.92
15		3	0.73	0.39	3.50	1.78
16		4	0.76	0.37	4.78	2.92
17	1	2	1.76	0.94	11.78	3.64
18		3	1.79	0.90	9.09	1.36
19	1	4	1.72	0.95	6.99	5.72

จากตารางจะพบว่าอัตราการผลิตของเปลือกสักัดจะสูงกว่าเปลือกสด อัตราการบดของเปลือกสักัดจะสูงกว่าเปลือกสด การบดก็เช่นเดียวกัน และเมื่อพิจารณาตามสูตรต่างๆจะพบว่าเปลือกสักัดสูตร 2 มีอัตราการบดสูงสุดคือ 1.72 กิโลกรัมต่อนาที อัตราการอัดที่ดีที่สุดคือ เปลือกสักัดสูตร 3 มีอัตราการอัด 0.95 กิโลกรัม/นาที และมีอัตราการสูญเสียที่ต่ำสุดคือ สูตรที่ 3 ของการตาก 3 วัน ที่ 0.62% อัตราการสูญเสียสูงสุด คือ สูตร 1 ของการตาก 1 วัน ที่ 48.59%

ประวัตินักวิจัย

หัวหน้าโครงการ

- ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายสนธิสุข ธีระชัยชยุติ
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr.Scritisuk Teerachaichayut
- เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3-1002-01948-41-2
- หน่วยงานและสถานที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

โทรศัพท์ 02-3298000 ext. 7267 โทรสาร 02-3298627

E-mail : ktsontis@kmitl.ac.th

4. ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
ปร.ด	เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2550
วศ.ม.	วิศวกรรมเคมี	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2537
วศ.บ	วิศวกรรมเกษตร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2529

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา).....การถ่ายเทความร้อน.....

.....การตรวจสอบคุณภาพแบบไม่ทำลาย NIRS.....

ชื่องานวิจัยที่เผยแพร่

1 สนธิสุข ธีระชัยชยุติ. 2535. อุตสาหกรรมน้ำผลไม้ไทย: อะไรคืออะไร.วารสารการวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 7(1): 67-70.

2 ศรีศักดิ์ ตรังวัชรกุล, ชลิต ชูประทีป, สนธิสุข ธีระชัยชยุติ. 2535.โรงงานนำทางผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้ วท.วารสารการวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 7(1): 73-82.

3 สนธิสุข ธีระชัยชยุติ, ดำรงชัย สิทธิสำอางค์, เพ็ญศิริ อนันต์รักสกุล, พรภัทรา ศรีนรคุตร, ยุพาภรณ์ ทับนาโคก. 2536. การวิจัยเครื่องเคลือบแบบต่อเนื่องชนิดเคลือบเค็มสำหรับอาหารขบเคี้ยว. โครงการวิจัยที่ ภ.32-06, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 36 หน้า

4 สนธิสุข ธีระชัยชยุติ. 2547. ประเมินผลเทคนิคการแช่แข็งข้าวโพดอ่อน. วารสารพระจอมเกล้าลาดกระบัง 12(2): 39-41.

5 วารุณี ธนะแพสย์, สนธิสุข ธีระชัยชยุติ, ศุมาพร เกษมสำราญ, and Young Kil Kwon. 2548. การตรวจสอบคุณภาพภายในของส้มโดยวิธีไม่ทำลายด้วยเทคนิคแสงย่านใกล้อินฟราเรดในช่วงคลื่นสั้น. สัมมนาวิชาการ วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว ครั้งที่ 3, 10-11ตุลาคม 2548, หน้า 57. ประโยชน์ด้านการค้า

เอทิกเก็ตของส้มที่ผ่านการแปรรูป.....
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6 สนธิสุข ชีระชัยชยติ, วารุณี ณะแพสย์, อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล, ศุมาพร เกษม
 สำราญ. 2551. การหาปริมาณน้ำตาลที่ละลายน้ำได้ในผลมังคุดแบบไม่ทำลายโดยใช้เทคนิคแสงย่านความ
 ยาวคลื่นใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้น. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 39(3 พิเศษ): 156-159.

7 Teerachaichayut, S., K. Y. Kil, A. Terdwongworakul, W. Thanapase and Y. Nakanishi. 2007. Non-destructive prediction of translucent flesh disorder in intact mangosteen by short wavelength near infrared spectroscopy. *Postharvest Biology and Technology* 43. 202-206.

8 Teerachaichayut, S., A. Terdwongworakul, and S. Pathaveerat. 2008. Multiple Parameters for Prediction of Translucent Flesh in Mangosteens. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*. Vol.X. Manuscript FP 08 007.

9 Teerachaichayut S., W. Thanapase, K. Shigefuji, T. Otoi, Y. Nitta, S. Saranwong, and S. Kawano. 2008. Online Near Infrared Detection of Translucent and Gamboge Mangosteen. *Proceeding of The First Asian NIR Symposium and The 24th Japanese NIR Forum*, Tsukuba city, Japan, 10-14 November. 158-159.

10 Kasemsumran, S., W. Thanapase, S. Teerachaichayut, A. Terdwongworakul, K. Y. Kil, K. Shigefuji, and Y. Nakanishi. 2006. Nondestructive Internal Quality Evaluation of Thai Orange Fruit using Short Wavelength Near Infrared Spectroscopy. *Japan-Korea Joint Symposium on Near Infrared Spectroscopy*, Hanyang University, Korea, 28-30 June. 284-285.

11 Thanapase, W., S. Kaseamsumran, A. Janhira, S. Teerachaichayut, K. Shigefuji, K. Kiji, Y. Nitta, S. Saranwong and S. Kawano. 2009. Recent collaborative researches between Japan and Thailand on NIR applications for Tropical Fruits. *Proceedings of the 25th NIR Forum*. Japan, 13-15 May. 31-35.

12 Teerachaichayut, S., A. Terdwongworakul, J. Phonudom and W. Uamsatianporn. 2009. The Robustness of PLS Models for Soluble Solids Content of Mangosteen using Near Infrared Reflectance Spectroscopy. *Global Science Books, Fresh Produce* 3(1): 60-63.

13 สนธิสุข ชีระชัยชยติ, วารุณี ณะแพสย์, อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล และ ศุมาพร เกษม
 สำราญ. 2552. การประเมินปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมังคุดแบบไม่ทำลายโดยใช้แสงย่านความ
 ยาวคลื่นใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้น. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 40(1): 55-64.

14 สนธิสุข ชีระชัยชยติ, วารุณี ณะแพสย์ และ อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล. 2552. การตรวจสอบคุณภาพภายในของผลมังคุดด้วยสเปกตรัมในย่านความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรด. *วารสารอุตสาหกรรมเกษตรพระจอมเกล้า*. 1(1): 42-48.

15 สนธิสุข ชีระชัยชยติ, อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล, จุฑามาศ ผลอุดม และวรรณชยา เอื้ออม
 เสถียรพร. 2553. การทำนายอาการเนื้อแก้วจากน้ำมังคุดโดยใช้เทคนิคการดูดกลืนแสงในช่วงความยาว
 คลื่นใกล้อินฟราเรด. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร* 41(1 พิเศษ): 385-388.

16 ขนิษฐา แสงแก้ว และ สนธิสุข ชีระชัยชยติ, 2553. คุณสมบัติทางกายภาพของเปลือก
 มังคุดภายหลังการตกกระทบ. *วารสารอุตสาหกรรมเกษตรพระจอมเกล้า*. 2(1): 27-35.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

17 วารุณี ธนะแพสย์, สนธิสุข ชีระชัยชยติ, อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล, ศุมาพร เกษมสำราญ, อาทิตย์ จันทร์หิรัญ, ศรินนภา ศรีณย์วงศ์, สุมิโอะ คาวาโน, ยูกิ นิตตะ, คาซุเอกิ ชิจิฟูจิ และ คาซุเอกิ คิจิ. 2553. การคัดแยกเนื้อแก้วและยางไหลในมังคุดแบบไม่ทำลายโดยวิธีการวัดการดูดกลืนแสงในย่านใกล้อินฟราเรด. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 41(1พิเศษ): 369-372.

18 Teerachaichayut, S., A. Terdwongworakul, W. Thanapase, K. Saengkaew and R. Suwapanich. 2010. Feasibility of visible and SW-NIR spectroscopy to detect gamboge disorder in mangosteen fruits. Proceedings of the 2nd Asian Symposium on Near Infrared Spectroscopy, China, 15-18 Oct. 81-82.

19 Teerachaichayut, S, W. Thanapase, S. Kasemsumran, K. Shigefuji, K. Kiji, Y. Nitta, S. Saranwong and S. Kawano. 2010. The methods of illumination and scanning for detecting internal disorders and quality of mangosteen by near infrared spectroscopy. Near Infrared Spectroscopy: Proceedings of the 14th International Conference. IM Publications LLP, West Sussex, UK., 219-223.

20 สนธิสุข ชีระชัยชยติ, อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล, วารุณี ธนะแพสย์ และ ขนิษฐา แสงแก้ว. 2554. ความเป็นไปได้ในการคัดแยกผลมังคุดเปลือกแข็งแบบไม่ทำลายด้วยเทคนิคการวิเคราะห์พหุตัวแปร. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 42 (1 พิเศษ): 143-146.

21 Teerachaichayut, S., A. Terdwongworakul, W. Thanapase and K. Kiji. 2011. Non-destructive prediction of hardening pericarp disorder in intact mangosteen by near infrared transmittance spectroscopy. Journal of Food Engineering-106: 206-211.

22 สนธิสุข ชีระชัยชยติ. 2554. การตรวจสอบคุณภาพผลไม้โดยใช้เนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโกปี.วารสารอุตสาหกรรมเกษตรพระจอมเกล้า 3(1): 44-52

23 สนธิสุข ชีระชัยชยติ, อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล และวารุณี ธนะแพสย์. 2554. ความเป็นไปได้ในการประเมินระดับอาการยางไหลในผลมังคุดแบบไม่ทำลายโดยใช้สมการหลายตัวแปร. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 42 (3 พิเศษ): 173-176.

24 นารถระพี นาคะวัจนะ, อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล, อาทิตย์ จันทร์หิรัญ, สนธิสุข ชีระชัยชยติ และ ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์. 2554. การศึกษาการใช้เทคนิคสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้เพื่อทำนายปริมาณเนื้อแก้วในผลมังคุด. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 42 (1พิเศษ) : 123-126.

25 Terdwongworakul, A., N. Nakawajana, S. Teerachaichayut, A. Janhiran. 2012. Determination of translucent content in mangosteen by means of near infrared transmittance. Journal of Food Engineering 109: 114-119.

26 Teerachaichayut, S., A. Terdwongworakul. 2012. Empirical investigation of the optimal fruit presentation in near infrared transmittance for mangosteen quality evaluation. NIR news 23(1) :8-18.

27 สนธิสุข ชีระชัยชยติ. 2555. การตรวจสอบคุณภาพภายในของผลมังคุดแบบไม่ทำลาย. วารสารการวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 27 (1): 55-60.

28 Teerachaichayut, S., K. Petcharaporn and S. Suktanarak. 2012. Calibration model of soluble solids content for Intact Tomato by Transmittance SW-NIR

Spectroscopy. Proceedings of the 3rd Asian Symposium on Near Infrared Spectroscopy, Thailand, 14-18 May. 120-121.

29. Teerachaichayut, S., A. Terdwongworakul, K. Keawsumnuak, M. Rangsi and K. Seangkeaw. 2012. A Feasibility Study for the Nondestructive Detection of Granulation in Tangerine Fruit Using a Capacitance based Technique. Proceedings of the CIGR-AgEng 2012: International Conference of Agricultural Engineering, Spain, 8-12 July, P0122.

30. Terdwongworakul A., S. Teerachaichayut, S. Noypitak. 2012. Non-Destructive Classification of Translucent Flesh Mangosteen by Near Infrared Interactance. Proceedings of the CIGR-AgEng 2012: International Conference of Agricultural Engineering, Spain, 8-12 July. C0059.

31. กัญญาพัชร เพชรภรณ์ และ สนธิสุข ชีระชัยชยุติ. 2555. ผลกระทบของการเกิดเชื้อราภายในมะเขือเทศต่อคุณสมบัติทางเคมี. การประชุมวิชาการอุตสาหกรรมเกษตร สจล. ครั้งที่ 1, 7 กันยายน 2555, คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ. 279-284.

32. ศรัณญา วอชวา และ สนธิสุข ชีระชัยชยุติ. 2555. การศึกษาสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในมังคุดเปลือกแข็งภายหลังการตกกระทบ. การประชุมวิชาการอุตสาหกรรมเกษตร สจล. ครั้งที่ 1, 7 กันยายน 2555, คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ. 285-290.

33. Nandee S. and S. Teerachaichayut. 2012. Brix-acid ratio detection for pomegranates using multivariate equation. International Conference on Nutrition and Food Sciences, July 23-24. IPCBEE vol.39 (2012) IACSIT Press, Singapore. 82-86.

34. Suktanarak S. and S. Teerachaichayut. 2012. Detection for Moisture Content of Sweet Tamarind flesh by Transmittance Short Wavelength Near Infrared Spectroscopy. International Conference on Nutrition and Food Sciences, July 23-24. IPCBEE vol.39 (2012) iACSIT Press, Singapore. 71-75.