สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

แบบจำลองสำหรับการทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดเพื่อผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ด้วยถังทำแห้งสุญญากาศร่วมกับฮีทเตอร์แบบอินฟราเรดแบบมีใบการกวน

MODELING OF COCONUT FLAKE DRYING FOR VIRGIN COCONUT OIL USING INFRARED-VACUUM VESSEL WITH STIRRER

T117875

มงกล สกุลทองอร่าม

MONGKOL SKUNTHONGARLAM

วท.
ม1152
2554

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 117875
วัน,เดือน,ปี 22 ส.ค. 2554

b.12348879
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

KMITL-2011-EN-M-100-088

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MODELING OF COCONUT FLAKE DRYING FOR VIRGIN COCONUT OIL USING INFRARED-VACUUM VESSEL WITH STIRRER

MONGKOL SKUNTHONGARLAM

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF ENGINEERING IN AGRICULTURAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

KMITL-2011-EN-M-100-088

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2011

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	แบบจำลองสำหรับการทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดเพื่อผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ด้วยถังทำแห้งสุญญากาศร่วมกับฮีทเตอร์แบบอินฟราเรดแบบมีใบกวน
นักศึกษา	นายมงคล สกุลทองอร่าม
รหัสประจำตัว	52611511
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมเกษตร
พ.ศ.	2554
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.ปานมนัส ศิริสมบูรณ์

บทคัดย่อ

จลน์ศาสตร์การทำแห้งของเนื้อมะพร้าวสำหรับเครื่องทำแห้งสุญญากาศเพื่อการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ความดัน 30 mmHg มีความเร็วรอบของใบกวน 200 rpm และเวลาการทำแห้ง 90นาที ที่อุณหภูมิ 55 และ 65 $^{\circ}$C ทั้งนี้โดยใช้เนื้อมะพร้าวขูด 0.5 kg จากการทดลอง พบว่าระดับความชื้นสมดุลอยู่ที่ 1.7 %db การทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดปรากฏช่วงการลดลงอย่างรวดเร็วในกราฟการทำแห้ง เนื่องจากความชื้นและอัตราการทำแห้งรับอิทธิพลจาก อุณหภูมิ, ความเร็วรอบ การเพิ่มอุณหภูมิเป็นการเพิ่มอัตราการทำแห้ง จากการวิเคราะห์ non-linear regression พบว่า แบบจำลองสมการแบบ three-parameter function ให้ค่าที่เพียงพอสำหรับการอธิบายพฤติกรรมการทำแห้งของเนื้อมะพร้าวขูด โดยให้ค่า R^2 เท่ากับ 0.995 และค่า Reduced chi-square values เท่ากับ 0.00038675, 0.000460981

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Modeling of coconut flake drying for virgin coconut oil using infrared-vacuum vessel with stirrer
Student	Mr.Mongkol Skunthongarlam
Student ID.	52611511
Degree	Master of Engineering
Program	Agricultural Engineering
Year	2011
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Panmanas Sirisomboon

ABSTRACT

The drying kinetics of the coconut flakes for virgin coconut oil production were investigated in a vacuum dryer at 30 mmHg with agitation speed of 200 rpm and drying time of 90 minutes at the drying air temperatures of 55 and 65 ^{o}C. The amount of coconut flakes was 0.5 kg at each time of experiment. The equilibrium moister content was found at 1.7 %db. The coconut flakes drying occurred in the falling rate period. The moisture content of coconut flakes and drying rate were influenced by the drying air temperature and agitation speed. Increase in the drying air temperature caused an increase drying rate. Based on non-linear regression analysis, the three-parameter function model was considered adequate to describe the drying behavior of coconut flakes with R^2 of 0.995 and Reduced chi-square values of 0.00038675, 0.000460981

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.ปานมนัส ศิริสมบูรณ์ ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะช่วยแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้และประการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

คณะผู้วิจัยขอบพระคุณเป็นอย่างสูงสำหรับทุนสนับสนุนงานวิจัย จากงบประมาณรายได้ประจำปี 2553 ของคณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ให้การสนับสนุนการวิจัยนี้

ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้อง ๆ ที่คณะวิศวกรรมเกษตรทุกคน

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทประสาทวิชาความรู้และถ่านทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

มงคล สกุลทองอร่าม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....IX

สารบัญรูป.....XII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของเรื่อง.....1

1.2 วัตถุประสงค์.....5

1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....5

1.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....5

1.5 ขอบเขตการวิจัย.....9

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....11

2.1 มะพร้าว.....11

2.2 น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์.....12

2.2.1. องค์ประกอบของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (Virgin Coconut Oil).....12

2.2.2. บทบาทของน้ำมันมะพร้าวต่อสุขภาพ.....15

2.2.6. บทบาทของน้ำมันมะพร้าวต่อความงาม.....18

2.3 หลักการของระบบสุญญากาศ.....20

2.3.1 ระบบสุญญากาศ (Vacuum system).....20

2.3.2 เครื่องทำแห้งแบบสุญญากาศ (Vacuum drying).....20

2.3.3 ปั๊มกลสุญญากาศ (Mechanical vacuum pump).....20

2.4 ทฤษฎีกระบวนการถ่ายเทความร้อน.....21

2.4.1 การพาความร้อน (Convection).....21

2.4.2 การนำความร้อน (Conduction).....22

2.4.3 การแผ่รังสี.....23

2.5 รังสีอินฟราเรด (Infrared radiation).....26

2.5.1 เครื่องมือการให้ความร้อนโดยใช้รังสีอินฟราเรด.....27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

2.6 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการทำแห้ง (Drying fundamentals)....27
2.7 การทำแห้งของผลิตผลทางการเกษตร....30
2.7.1 ความสำคัญของการทำแห้ง....30
2.7.2 ความชื้นในวัสดุ....31
2.7.3 วิธีการหาความชื้นในเมล็ดพืชและอาหาร....31
2.8 การกรอง (Filtration)....34
2.9 การหาค่าความชื้นสมดุล (สำหรับหาอัตราส่วนความชื้น)....34
2.10 คุณลักษณะเชิงคุณภาพในการตรวจสอบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ผลิตได้....34
2.11 แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์สำหรับการทำแห้งแบบแผ่นที่นำมาประยุกต์ใช้....35
2.12 เครื่องมือที่ใช้ในการผสม (mixing equipment)....36
บทที่3 วิธีการคำนวณและการออกแบบ....46
3.1 แนวความคิดในการออกแบบ....46
3.2 การคำนวณหาขนาดของถังสุญญากาศ....46
3.2.1 หาปริมาตรของถัง....47
3.2.2 ขนาดถัง....48
3.2.3 หาความหนาของถัง....48
3.3 การออกแบบใบกวน....49
3.3.1 รูปร่าง....49
3.3.2 การคำนวณหาขนาดเพลาใบกวน....51
3.4 การคำนวณหากำลังขับมอเตอร์....53
3.5 การคำนวณหาขนาดของอินฟราเรดฮีทเตอร์ที่ใช้ทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูด....54
3.5.1 หาภาระความร้อนที่ใช้เพิ่มอุณหภูมิของเนื้อมะพร้าวขูด....54
3.5.2 ความร้อนสูญเสียที่ผนังรอบ....54
3.6 ส่วนประกอบของ เครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ....57
3.6.1. ถัง....57
3.6.2. ฝาถัง....57
3.6.3 ใบกวน โดยใบกวนจะต่อเข้ากับมอเตอร์....58
3.6.4. มอเตอร์และชุดขาตั้ง....58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

3.6.5. อินฟราเรดฮีทเตอร์ติดกับฝาถัง.....59
3.6.6. เครื่องควบคุมอุณหภูมิ.....59
3.6.7. ปั๊มสุญญากาศ.....60
3.6.8. ปั๊มน้ำ.....60
3.6.9. ชุดแลกเปลี่ยนความร้อน (คอนเดนเซอร์).....61
3.6.10. อินเวอร์เตอร์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์.....61
3.6.11. เครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ.....62
บทที่ 4 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....63
4.1 การทดสอบสภาวะที่เหมาะสม.....63
4.1.1 วัสดุ.....63
4.1.2อุปกรณ์.....63
4.1.3 สภาวะการทดลอง.....64
4.1.4 วิธีการทดลอง.....65
4.2 การวัดความชื้นวัสดุ.....66
4.2.1 วัสดุ.....67
4.2.2 อุปกรณ์.....67
4.2.3 ขั้นตอนในการวัดความชื้น.....67
4.3 การวัดความชื้นสมดุลของวัสดุ.....67
4.3.1 วัสดุ.....67
4.3.2 อุปกรณ์.....67
4.3.3 ขั้นตอนในการหาความชื้นสมดุล.....67
4.4 การทดสอบคุณภาพของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์.....68
4.5 สูตรที่ใช้ในหาค่าต่างๆในการทดลอง.....68
4.5.1 การหาความชื้นในวัสดุ.....68
4.5.2 สูตรการหาค่าอัตราส่วนความชื้น (Moisture ratio).....68
4.5.3 สูตรการหาค่าอัตราการทำแห้ง (Drying rate).....69
4.5.4 สูตรการหาค่า กำลังไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องทำแห้ง.....69
4.5.5 การแปลงความชื้นฐานเปียกเป็นความชื้นฐานแห้ง.....69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทที่ 5 ผลการทดลอง....71
5.1 สภาวะที่เหมาะสมเพื่อการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์....71
5.2 อุณหภูมิเมื่อเทียบกับเวลาของอากาศภายในถัง....72
5.3 ผลการวัดความชื้นฐานแห้งเมื่อเทียบกับเวลาทำแห้ง....73
5.4 อัตราส่วนความชื้น (Moisture ratio, MR)....74
5.5 อัตราการทำแห้ง (Drying rate)....75
5.6 กำลังไฟฟ้าที่ใช้เมื่อเทียบกับเวลาในการทดลอง....76
5.7 ปริมาณน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์....77
5.8 การทดสอบคุณภาพของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์....78
5.9 ผลการหาความชื้นสมดุล....78
5.10 แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ของการทำแห้งแบบแผ่นบาง....79
บทที่ 6 สรุป....81
6.1 สรุป....81
6.2 ข้อเสนอแนะ....81
เอกสารอ้างอิง....82
ภาคผนวก....86
ภาคผนวก ก แผนผังระบบของเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ....87
ภาคผนวก ข ข้อมูลจากการทดลองต่างๆ....90
ภาคผนวก ค วิธีการหาค่า กำลังไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ....103
ภาคผนวก ง ผลการทดลองที่ล้มเหลวของน้ำมันมะพร้าวผสมกะทิ ณ สภาวะต่างๆของเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ....105
ภาคผนวก จ รูปแบบส่วนประกอบของ เครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ....109
ภาคผนวก ฉ ใบรายงานผลการทดสอบและมาตรฐาน APCC สำหรับน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์และคำอธิบาย....119
ภาคผนวก ช กราฟที่สำคัญต่างๆ....126
ภาคผนวก ซ ผลงานวิจัยที่ได้รับการเผยแพร่....129
ประวัติผู้เขียน....140

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 ปริมาณการนำเข้า ส่งออก น้ำมันมะพร้าว....2
2.1 องค์ประกอบของกรดไขมันของน้ำมันพืชบางชนิด....12
2.2 ปริมาณคอเลสตอรอลในน้ำมันชนิดต่างๆ....17
2.3 ค่าความสามารถในการแผ่รังสีโดยประมาณในกระบวนการแปรรูปอาหาร....25
2.4 สมบัติของเครื่องแผ่รังสีอินฟราเรด....28
2.5 แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์สำหรับการทำแห้งแบบแผ่นที่นำมาใช้กับการทำเนื้อมะพร้าวขูด....35
2.6 ข้อดีและข้อจำกัดของเครื่องผสมของเหลว....37
5.1 ผลการทดลองที่ได้ ณ สภาวะต่างๆของเครื่อง....71
5.2 ผลการทดสอบค่าของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ผลิตได้....78
5.3 แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์สำหรับการทำแห้งแบบบางสำหรับเนื้อมะพร้าวขูด....79
5.4 แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์สำหรับการทำแห้งแบบแผ่นที่นำมาใช้กับการทำเนื้อมะพร้าวขูด....79
ข1 ข้อมูลดิบการวัดความชื้นฐานเปียกของเนื้อมะพร้าวขูด ก่อนและหลังการทดลองที่สภาวะของเครื่องทำแห้ง อุณหภูมิที่ตั้ง 55 °C ความเร็วรอบที่ใช้ 200 rpm เวลาทำแห้ง 90 min....91
ข2 ข้อมูลดิบการวัดความชื้นฐานเปียกของเนื้อมะพร้าวขูด ก่อนและหลังการทดลองสภาวะของเครื่องทำแห้ง อุณหภูมิที่ตั้ง65 °C ความเร็วรอบที่ใช้ 200 rpm เวลาทำแห้ง 90 min....92
ข3 ข้อมูลดิบการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักเนื้อมะพร้าวขูด อุณหภูมิและกระแสสภาวะของเครื่องทำแห้ง อุณหภูมิที่ตั้ง 55 °C ความเร็วรอบ 200 rpm เวลาทำแห้ง 90 min ซ้ำที่1....93
ข4 ข้อมูลดิบการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักเนื้อมะพร้าวขูด อุณหภูมิและกระแสสภาวะของเครื่องทำแห้ง อุณหภูมิที่ตั้ง 55 °C ความเร็วรอบ 200 rpm เวลาทำแห้ง 90 min ซ้ำที่2....94
ข5 ข้อมูลดิบการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักเนื้อมะพร้าวขูด อุณหภูมิและกระแสสภาวะของเครื่องทำแห้ง อุณหภูมิที่ตั้ง 55 °C ความเร็วรอบ 200 rpm เวลาทำแห้ง 90 min ซ้ำที่3....95
ข6 ความชื้นของเนื้อมะพร้าวขูดภายในถังเมื่อเวลาผ่านไปสภาวะของเครื่องทำแห้ง อุณหภูมิที่ตั้ง 55 °C ความเร็วรอบที่ใช้ 200 rpm เวลาทำแห้ง 90 นาที....96
ข7 ข้อมูลดิบการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักเนื้อมะพร้าวขูด อุณหภูมิและกระแส....97
ข8 ข้อมูลดิบการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักเนื้อมะพร้าวขูด อุณหภูมิและกระแสสภาวะของเครื่องทำแห้ง อุณหภูมิที่ตั้ง 65 °C ความเร็วรอบ 200 rpm เวลาทำแห้ง 90 min ซ้ำที่2....98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

ข9 ข้อมูลดิบการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักเนื้อมะพร้าวขูด อุณหภูมิและกระแสสภาวะของเครื่องทำแห้ง อุณหภูมิที่ตั้ง 65 °C ความเร็วรอบ 200 rpm เวลาทำแห้ง 90 min ซ้ำที่3.....99

ข10 ความชื้นของเนื้อมะพร้าวขูดภายในถังเมื่อเวลาผ่านไปสภาวะของเครื่องทำแห้ง อุณหภูมิที่ตั้ง 65 °C ความเร็วรอบที่ใช้ 200 rpm เวลาทำแห้ง 90 นาที.....100

ข11 อัตราส่วนความชื้น (MR) ที่อุณหภูมิตั้งต่างๆ โดยค่า Me = 1.7% สำหรับทั้ง 2 อุณหภูมิ.....101

ข12 อัตราการทำแห้ง DR(%/min).....102

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ความแตกต่างของโมเลกุลไขมันในการเปลี่ยนเป็นพลังงาน. 13
2.2 การเผาผลาญอาหารให้เป็นพลังงาน....14
2.3 การเปลี่ยนแปลงของมวลและอุณหภูมิกับเวลาในการทำแห้ง....28
2.4 เส้นลักษณะเฉพาะของการทำแห้ง....29
2.5 ใบพัดเรืองชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการผสม.. 38
2.6 ถังผสมที่มีแผ่นกั้น และตัวกวนที่เป็นแบบใบพัดพัดเรืองชนิด 3 ใบโดยมีลักษณะการไหลตามแนวแกน....38
2.7 ใบกวนแบบใบพาย....39
2.8 ใบพัดชนิดกังหันต่างๆ....40
2.9 ถังผสมที่มีใบพัดกังหันชนิด 6 ใบซึ่งมีจานที่แสดงการไหล....40
2.10 ลักษณะการเกิดการไหลแบบหมุนวน. 41
2.11 ใบพัดที่ติดตั้ง ณ ตำแหน่งที่อยู่ห่างจากศูนย์กลาง....42
2.12 ใบพัดที่เข้าทางด้านข้าง ในการผสมโด เพสต์ หรือของเหลวที่มีความหนืดสูง....42
2.13 เครื่องนวดสำหรับเพสต์... 43
2.14 หม้อผสมของโดและเพสต์. 44
2.15 ใบกวนแบบต่างๆ ของโดและเพสต์... 44
2.16 รูปร่างของเครื่องผสมแบบที่ทำให้เกิดการกลิ้งไปมา....45
2.17 แผนภาพของเครื่องผสมริบบอน.. 45
3.1 ลักษณะใบกวนของเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบสุญญากาศแบบน้ำร้อน....50
3.2 ถัง....57
3.3 ฝาถัง....57
3.4 ใบกวน....58
3.5 มอเตอร์....58
3.6 ฮีทเตอร์....59
3.7 เครื่องควบคุมอุณหภูมิ....59
3.8 ปั๊มสุญญากาศ....60
3.9 ปั๊มน้ำ....60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

3.10 ชุดแลกเปลี่ยนความร้อน... 61
3.11 อินเวอร์เตอร์ปรับความเร็วรอบบมอเตอร์.....61
3.12 เครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ.....62
5.1 การเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิ 55 °C และอุณหภูมิ 65 °C เวลา ที่เวลาในการทำแห้ง 90 นาที ความเร็วรอบ 200 rpm.....72
5.2 เปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานแห้งของเนื้อมะพร้าวขูดกับเวลา.....73
5.3 อัตราส่วนความชื้นกับเวลาการทำแห้ง ณ อุณหภูมิต่างๆ.....74
5.4 อัตราการทำแห้งเทียบกันเวลาการทำแห้ง ณ อุณหภูมิต่างๆ.....75
5.5 ความสัมพันธ์ระหว่าง กำลังไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่องทำแห้ง.....76
5.6 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ต่อน้ำหนักมะพร้าวขูด.....77
ก1 แผนผังระบบของเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศและอุปกรณ์ส่วนควบ.....88
ก2 แผนผังการทดลองของเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ.....89
จ1 ผลการทดลองล้มเหลว ณ สภาวะ ตั้งอุณหภูมิ 55 °C ความเร็วรอบ 200 rpm เวลาที่ใช้ในการทำแห้ง 45 นาที.....106
จ2 ผลการทดลองล้มเหลว ณ สภาวะ ตั้งอุณหภูมิ 55 °C ความเร็วรอบ 200 rpm เวลาที่ใช้ในการทำแห้ง 60 นาที.....106
จ3 ผลการทดลองล้มเหลว ณ สภาวะ ตั้งอุณหภูมิ 55 °C ความเร็วรอบ 100 rpm เวลาที่ใช้ในการทำแห้ง 90 นาที.....107
จ4 ผลการทดลองล้มเหลว ณ สภาวะ ตั้งอุณหภูมิ 65 °C ความเร็วรอบ 200 rpm เวลาที่ใช้ในการทำแห้ง 45 นาที.....107
จ5 ผลการทดลองล้มเหลว ณ สภาวะ ตั้งอุณหภูมิ 65 °C ความเร็วรอบ 200 rpm เวลาที่ใช้ในการทำแห้ง 60 นาที.....108
จ6 ผลการทดลองล้มเหลว ณ สภาวะ ตั้งอุณหภูมิ 65 °C ความเร็วรอบ 100 rpm เวลาที่ใช้ในการทำแห้ง 90 นาที.....108
ฉ1 แบบ ถัง.....110
ฉ2 แบบ ฝา.. 111
ฉ3 แบบ ฝากวน 3 มิติ.....112

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

ฉ4 แบบ ถังทำแห้ง 3 มิติ....113

ฉ5 แบบ ใบกวน 3 มิติ....114

ฉ6 แบบ โครงเหล็ก....115

ฉ7 แบบ โครงเหล็กประกอบกับถัง, ฝา, ใบกวนและมอเตอร์ 3มิติ....116

ฉ8 แบบ โครงเหล็กประกอบกับถัง, ฝา, ใบกวนและมอเตอร์ 3 มิติ....117

ฉ9 แบบ โครงเหล็กประกอบกับถัง, ฝา, ใบกวนและมอเตอร์ 3 มิติ....118

ช1 ใบรายงานผลการวัดค่า Free Fatty Acid (as Lauric acid)และค่า Peroxide 55°C....120

ช2 ใบรายงานผลการวัดค่า Free Fatty Acid (as Lauric acid)และค่า Peroxide 65°C....121

ช3 มาตรฐาน APCC สำหรับน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์....122

ซ1 จุดเดือดของน้ำ ณ ระดับอุณหภูมิและความดันต่างๆ....127

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของเรื่อง

จากการเปิดเขตการค้าเสรีไทยจีนส่งผลให้ผักและผลไม้ของจีนซึ่งมีราคาสินค้าถูกกว่าในประเทศไทย ทำให้สินค้าภายในประเทศมีมูลค่าเทียบเคียงกับสินค้าจากจีน ซึ่งส่งผลกระทบต่อเกษตรกรไทยเป็นอย่างมาก ดังนั้น การแปรรูปผลผลิตภายในประเทศ ที่มีเฉพะประเทศไทยหรือกลุ่มอาเซียน จึงเป็นทางออกที่สำคัญประการหนึ่งของการแก้ปัญหาในปัจจุบันนี้ และยังเป็นโอกาสในการเพิ่มขีดความสามารถในการพัฒนาผลผลิต และผลิตภัณฑ์ต่างๆภายในประเทศ ซึ่งมะพร้าว ก็เป็นหนึ่งในผลผลิตเกษตรที่ประเทศไทย มีพื้นที่ศักยภาพในการปลูกมะพร้าวสูง และมีความหลากหลายทางสายพันธุ์มะพร้าวมากที่สุดแห่งหนึ่งในโลก

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

ในทางการแพทย์ทั้งแพทย์แผนไทยและแพทย์แผนปัจจุบัน ได้มีการนำน้ำมันมะพร้าวมาใช้ประโยชน์ดังนี้ คือ ใช้รักษาแผลเรื้อรัง รักษาเกลื้อน แก้ปวดฟัน รักษาเล็บแตก รักษาดางทูม รักษาแผลเป็น แก้รังแค รักษาน้ำกัดเท้า รักษาฝ่ามือแตกและเล็บขบ เป็นต้น จากข้อมูลที่ผิดๆ เกี่ยวกับน้ำมันมะพร้าวว่าเป็นต้นเหตุที่สำคัญของการเกิดโรคหัวใจ จึงไม่แปลกที่ว่าคนส่วนใหญ่หลีกเลี่ยงการบริโภคน้ำมันมะพร้าวและกะทิหันไปบริโภคน้ำมันอย่างอื่นแทน แต่ที่จริงแล้วจากการศึกษาของ Dr. Enig แพทย์ชาวอเมริกัน และนักวิทยาศาสตร์อีกหลายคนพบว่าน้ำมันมะพร้าวต่างหากที่เป็นตัวป้องกันโรคหัวใจ คุณสมบัติของน้ำมันมะพร้าวมีมากมายหลายประการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกเหนือจากการนำมาทำเป็นอาหาร เครื่องสำอาง และยารักษาโรค ซึ่งนักวิจัยพบว่านอกจากน้ำมันมะพร้าวจะมีคุณสมบัติป้องกันโรคหัวใจ ยิ่งไปกว่านั้นน้ำมันมะพร้าวยังช่วยในการสร้าง

ตารางที่ 1.1 ปริมาณการนำเข้า ส่งออก น้ำมันมะพร้าว [2]

	ส่งออก	นำเข้า
2543	98,812,033	3,115,411
2544	114,542,341	9,809,536
2545	51,201,935	7,224,583
2546	43,289,831	3,732,369
2547	70,205,273	3,386,928
2548	62,756,768	1,598,377
2549	24,792,080	46,175,530
2550	120,623,485	98,286,161
2551	120,623,485	113,411,984
2552	44,406,304	73,474,745

หน่วย : บาท

ภูมิคุ้มกันโรค ช่วยให้ร่างกายมีความสามารถในการต่อต้านเชื้อโรคตลอดจนอนุมูลอิสระที่ทำให้เนื้อเยื่อเสื่อมสภาพ ในน้ำมันมะพร้าวประกอบด้วยคุณสมบัติเด่นที่ไม่มีในน้ำมันพืชอื่น คือ เป็นกรดไขมันอิ่มตัว เป็นกรดไขมันขนาดกลาง ซึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานได้อย่างรวดเร็ว เพิ่มอัตราเมตาบอลิสซึมซึ่งช่วยในการเผาผลาญพลังงานให้เร็วขึ้น และยังช่วยเผาผลาญไขมันที่สะสมไว้แต่เดิม ทำให้ร่างกายผอมลง มีกรดลอริกสูงมากซึ่งเป็นสารตัวเดียวกันกับน้ำนมมารดามีฤทธิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการฆ่าเชื้อโรค และเป็นสารฆ่าไวรัส มีวิตามินอีที่มีประสิทธิภาพซึ่งวิตามินอีจะทำหน้าที่เป็น Antioxidant ที่ต่อต้านอนุมูลอิสระช่วยให้ผิวพรรณดูอ่อนกว่าวัย บทบาทของน้ำมันมะพร้าวที่มีต่อการรักษาโรคไม่ติดเชื้อหรือโรคที่ไม่ได้มีสาเหตุมาจากเชื้อโรค เช่น สามารถใช้รักษาโรคหัวใจ โรคมะเร็ง โรคเบาหวาน โรคอ้วน ความพิเศษของน้ำมันมะพร้าวอีกอย่างหนึ่งก็คือการฆ่าเชื้อโรคคือจะฆ่าเฉพาะเชื้อที่มีไขมันเป็นเกราะหุ้มเยื่อบุเซล ไม่ฆ่าเชื้อที่เป็นประโยชน์ ไม่เกิดการดื้อยา ไม่เป็นพิษต่อร่างกาย ส่วนในด้านความงามน้ำมันมะพร้าวยังช่วยให้รูปร่างสมส่วน แข็งแรง ผิวพรรณงดงาม และเส้นผมมีสุขภาพดี [3, 4, 5, 6]

จากข้อมูล ตารางที่1 พบว่า ในปีหลังๆ ประเทศไทยมีปริมาณการนำเข้าน้ำมันมะพร้าวมากขึ้น และมีการส่งออกน้อยลง ทั้งนี้เป็นเพราะ มะพร้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่ให้ผลตอบแทนน้อยกว่าพืชเศรษฐกิจตัวอื่นเช่น ยาง, มันสำปะหลัง และอ้อย เป็นต้น ซึ่งพืชเหล่านี้ ยังถือว่าเป็นพืชพลังงานทดแทนอีกด้วย ทำให้ความต้องการของพืชดังกล่าวในตลาดโลกมีความต้องการสูงขึ้นเป็นอย่างมาก จากการที่หลายๆประเทศมีการขยายตัวทางเศรษฐกิจ และราคาน้ำมันดิบมีความผันผวนสูง จึงเป็นเหตุให้มีการผลิตน้ำมันมะพร้าวน้อยลง นำเข้าน้ำมันมะพร้าวมากขึ้น

จากการศึกษาหาข้อมูลเกี่ยวกับมะพร้าวพบว่าคนส่วนใหญ่มีการตื่นตัวและเริ่มหันมาบริโภคมะพร้าวและกะทิกันมากขึ้น โดยเฉพาะในประเทศที่พัฒนาแล้วอย่างประเทศสหรัฐอเมริกามีการตื่นตัวอย่างมากเกี่ยวกับการบริโภคมะพร้าวและกะทิเนื่องจากมะพร้าวมีสรรพคุณมากมายทั้งด้านความงาม ด้านการรักษาโรค เมื่อรับประทานเป็นประจำจะช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคต่างๆ บำรุงผิวพรรณ และไม่ทำให้อ้วน เป็นต้น ส่วนในด้านตลาดการส่งออกน้ำมันมะพร้าวก็มีการเติบโตขึ้นเรื่อยๆ สามารถทำรายได้ให้กับประเทศปีละหลายหมื่นล้านบาท ทำให้เกษตรกรชาวสวนมะพร้าวให้มีรายได้เพิ่มมากขึ้น เป็นการเพิ่มมูลค่าของสินค้ากระตุ้นเศรษฐกิจภายในประเทศและยังทำให้คนส่วนใหญ่ที่ไม่ค่อยใส่ใจสุขภาพหันมาใส่ใจสุขภาพกันมากขึ้นช่วยให้ประเทศไม่ต้องเสียงบประมาณการนำเข้ายารักษาโรคจากต่างประเทศมากจนเกินไป

นอกจากนี้ อาหารที่มีน้ำมันมะพร้าว (พลังงานจากไขมัน 38.4% ซึ่งมี Polyunsaturated/Saturated fatty acid (P/S) ratio 0.14) สามารถลดความเข้มข้นของ Plasma ของ Tissue plasminogen activator antigen ซึ่งอาจมีผลกระทบทางบวกต่อระบบการสร้างเกร็ดเลือด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Fibrinolytic system) และความเข้มข้นของ Fasting lipoprotein (a) เมื่อเทียบกับอาหารแบบที่มี P/S ratio 1.9 ซึ่งมีพลังงานจากไขมัน 38.2% [7] หลังจากบริโภคไขมันอิ่มตัว โดยเฉพาะอย่างยิ่ง Stearic Fat พบว่าการเพิ่มการตกตะกอนของเลือด (Blood coagulation) ลดลงมากกว่าหลังจากบริโภคไขมันไม่อิ่มตัว ประเภท Oleic, trans 18:1 และ Linoleic ทั้งนี้โดยพิจารณาจากค่า ปัจจัยการตกตะกอนของเลือดที่ถูกกระตุ้น (Activated blood coagulation factor, FVIIa) [8]

การผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ปัจจุบันทำอยู่ 2 วิธี วิธีแรกคือ สกัดแบบเปียก การคั้นกะทิแล้วทิ้งให้แยกชั้น ข้อเสียของวิธีนี้คือใช้เวลานาน น้ำมันมะพร้าวอยู่รวมกับน้ำเป็นอิมัลชัน ทำให้ต้องมีขั้นตอนการแยกน้ำมันออกจากน้ำ และโปรตีน นอกจากนี้น้ำมันยังสัมผัสกับน้ำระหว่างการทิ้งให้แยกชั้น ซึ่งทำให้เกิด hydrolysis และสูญเสียคุณภาพได้ อีกวิธีหนึ่งคือ การหีบเย็น เริ่มจากการนำมะพร้าวขูดมาทำให้แห้ง แล้วจึงหีบน้ำมันมะพร้าวออกจากมะพร้าวขูดแห้ง

การทำแห้งมะพร้าวขูดเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากเนื่องจาก เนื้อมะพร้าวขูดสด มีอายุการเก็บสั้น การทำแห้งเป็นการลดความชื้นจากเนื้อมะพร้าวเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ที่ทำให้น้ำมันเสื่อมคุณภาพ เช่น การเหม็นหืน การเกิดกรดไขมันอิสระ มะพร้าวขูดแห้งสามารถเก็บรักษาไว้เพื่อรอการผลิตต่อไปได้ ดังนั้นอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำแห้งจึงเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญ การเลือกใช้ต้องคำนึงถึง ต้นทุนเครื่องจักร พลังงานที่ใช้ และที่สำคัญที่สุดคือต้องไม่ทำลายคุณภาพของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่จะสกัดในขั้นตอนต่อไป อุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดคือ 50-60 องศาเซลเซียส [9] จากออกแบบสร้างและทดสอบ เครื่องอบแห้งมะพร้าวขูดแบบวอเตอร์แจคเก็ตแทงค์ด้วยระบบสุญญากาศ (เครื่องอบแห้งมะพร้าวขูดแบบวอเตอร์แจคเก็ตแทงค์ด้วยระบบสุญญากาศสามารถนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์อย่างอื่นก็ได้ที่ต้องการการอบแห้ง[10] เช่น น้ำมันพืชใช้แล้วเพื่อทำไบโอดีเซล เป็นต้น) พบว่าภาวะสุญญากาศสามารถลดเวลาในการอบแห้งได้จริง ซึ่งใช้เวลาในการอบแห้งเพียง 30 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับการนำมะพร้าวขูดไปทำแห้งด้วยอินฟราเรดซึ่งเป็นตัวทำความร้อนแล้วปล่อยเนื้อมะพร้าวขูดไหลบนสายพาน ใช้เวลาในการอบแห้งมะพร้าวขูดถึง 45 นาที จึงถึงความชื้นมะพร้าวขูดที่ต้องการสำหรับการทำน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ดังนั้นเครื่องอบแห้งมะพร้าวขูดแบบวอเตอร์แจคเก็ตแทงค์ด้วยระบบสุญญากาศ สามารถ ลดเวลาในการผลิตช่วงอบแห้งถึง 15 นาที คิดเป็นการลดเวลาในการผลิตถึง 33 เปอร์เซ็นต์จากการอบแห้งด้วยอินฟราเรดเพียงอย่างเดียว แต่ด้วยคุณสมบัติของเครื่องอบแห้งมะพร้าวขูดแบบวอเตอร์แจคเกตแทงค์ด้วยระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุญญากาศพบว่า มีขั้นตอนในการเตรียมเครื่องก่อนดำเนินการผลิตที่มีขั้นตอนมากมายและการควบคุมอุณหภูมิน้ำในถังแจคเกตนั้นก็มีกระบวนการมาก จึงเกิดแนวคิดการพัฒนาเพื่อความยั่งยืนที่จะลดขั้นตอนการเตรียมการผลิตให้สะดวกขึ้นให้เหมาะสมจนสามารถให้ประชาชนและชุมชนในชนบทสามารถใช้งานได้ง่ายยิ่งๆขึ้นไป จึงได้พัฒนากระบวนผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์โดยการออกแบบ สร้าง และทดสอบ เครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบอินฟราเรดและระบบสุญญากาศขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ใน การทำแห้งที่เหมาะสมสำหรับการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ แบบบีบเย็น ด้วย เครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบอินฟราเรดและระบบสุญญากาศ
2. เลือกสมการเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการทำนายการทำแห้งสำหรับเนื้อมะพร้าวขูดด้วย เครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบอินฟราเรดและระบบสุญญากาศ
3. เพื่อให้เครื่องสามารถให้ผลผลิตเป็นน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่มีคุณภาพดีและถูกสุขลักษณะ

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

เนื่องจากในการทำแห้งมะพร้าวขูดแบบอินฟราเรดปกติใช้ มะพร้าวขูดเกลี่ยบนสายพานแล้วให้ความร้อนด้วยอินฟราเรดด้านบน ทำให้สิ้นเปลืองพื้นที่ในโรงงาน และใช้เวลาในการอบแห้งนานประมาณ 45 นาที ดังนั้น แนวคิดในเรื่องการทำแห้งที่มีลักษณะเป็นถัง และอยู่ในสภาวะสุญญากาศ จะสามารถช่วยลดเวลาในการทำแห้งและพื้นที่ทำงานได้ เพราะสภาวะสุญญากาศสามารถให้ความร้อนได้เร็วกว่าปกติ เนื่องมาจากความดันต่ำทำให้จุดเดือดของเหลวระเหยออกได้รวดเร็ว และถังบรรจุรูปร่าง ทรงกระบอกสามารถเพิ่มปริมาณของวัตถุดิบในแต่ละครั้งได้มาก

1.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Mongpraneet [11] การเร่งการทำแห้งของต้นหอมด้วยรังสีอินฟราเรดภายใต้สภาวะสุญญากาศ การแผ่รังสีอินฟราเรดนั้นมีลักษณะที่ดีของการแผ่รังสีและมีอัตราการแปรเปลี่ยน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลังงานที่สูง ที่ทำมาจากแหล่งแผ่รังสีที่ฉาบด้วยเซรามิค ระดับความเข้มข้นการแผ่รังสีส่งผลอย่างค่อยเป็นค่อยไปต่ออัตราการทำแห้ง และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ พฤติกรรมของการทำแห้ง นั้นแบ่งเป็น 3ช่วง ได้แก่ ช่วงอัตราการเพิ่ม ช่วงอัตราคงที่ และช่วงอัตราลดลง การแผ่รังสียังส่งผลสำคัญต่อต้นหอมที่มีปริมาณคลอโรฟิลด์ที่กำลังไฟฟ้า 70 W หรือมากกว่า ไม่มีความแตกต่างกันมาก แต่แตกต่างจาก 40 -60 W และช่วง 40 – 80 W ต้องใช้เวลาในการทำแห้งมาก ทำให้ปริมาณคลอโรฟิลของต้นหอมรวมลดลง และระดับอุณหภูมิสูงจะลดสารสีที่อยู่ในคลอโรฟิลล์ และอุณหภูมิสูงก็ส่งผลต่อการลดลงของคุณสมบัติการเสียน้ำ การทำแห้งที่เวลานานและอุณหภูมิสูงทำให้ต้นหอมสูญเสียความสามารถในการดูดซับน้ำกลับคืน (Rehydration) ที่กำลังไฟฟ้า 70 W ต้นหอมมีสภาพสดคล้ายเดิมเมื่อดูดซับน้ำกลับคืน

Zheng, Li, and Da [12] การทำแห้งด้วยไมโครเวฟและสุญญากาศได้ถูกทดสอบ ว่าเป็นวิธีที่มีประสิทธิผล สำหรับ การทำแห้งน้ำผึ้งคุณสูงได้ดี น้ำผึ้งที่เป็นของเหลวได้ถูกให้ความร้อนและนำน้ำออก ด้วย ระบบดังกล่าว เพื่อให้ความชื้น ลดน้อยลงกว่า 2.5 % ภายในเวลาประมาณ 10 นาที กราฟการทำแห้ง และ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปของ ตัวอย่าง ระหว่างการทำแห้งด้วยระบบที่สภาวะต่างๆกัน ดังนี้ พลังงานที่ใช้ของไมโครเวฟ, ระดับความดันสุญญากาศต่างๆ และความหนาของตัวอย่างขนาดต่างๆ น้ำตาลฟรักโตส, กลูโคส, มอลโตส และ ซูโครสที่อยู่ภายในน้ำผึ้งเหลวและน้ำผึ้งแห้ง ถูกวัดด้วย วิธี high-performance liquid chromatography (HPLC) สารระเหยในน้ำผึ้งเหลวและน้ำผึ้งแห้ง ถูกทำให้เข้มข้นด้วย solid-phase micro extraction (SPME) แยกและวิเคราะห์ ด้วย gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) ตัวอย่างที่มีความหนาน้อยกว่า 8 mm และความดันสุญญากาศ 30 mbar เหมาะสำหรับการทำแห้งด้วยวิธีนี้ อุณหภูมิ ณ ตรงกลางของตัวอย่าง มีค่าใกล้เคียง อุณหภูมิที่ผิว อุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงระหว่าง 30 ถึง 50 °C ด้วยอัตราการระเหยน้ำที่สูงกว่า โดยไม่มีการ ดาดเดนนิ่ง (การคล้ำของวัสดุ) ของน้ำผึ้ง ระหว่าง การทำแห้งด้วยระบบดังกล่าว ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ของ ปริมาณน้ำตาลฟรักโตส, กลูโคส, มอลโตส และ ซูโครสในน้ำผึ้งหลังผ่าน การทำแห้ง สารระเหยที่เป็นกรด, แอลกอฮอล์, อัลดีไฮด์ และ เอสเตอร์ต่างๆ ที่เป็นสารที่ทำให้เกิดกลิ่น (ของสารประกอบอโรม่า) ของน้ำผึ้งเหลวที่ถูกใช้ และ ปริมาณของแอลกอฮอล์ และ เอสเตอร์ต่างๆ เปลี่ยนแปลงเล็กน้อย แต่ กรดต่างๆ ลดลงอย่างมาก ในทางตรงกันข้าม อัลดีไฮด์และ คีโตนต่างๆ เพิ่มขึ้นอย่างมาก ในน้ำผึ้งระหว่างที่ถูกทำแห้งด้วยระบบดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zaki,N.A.M., Muhamad, I.I. and Salleh [13] ลักษณะต่างๆของการทำแห้ง มะละกอ ด้วยวิธี การทำแห้งแบบไมโครเวฟและสุญญากาศ การทำแห้งแบบไมโครเวฟและสุญญากาศได้เป็นที่สนใจของนักวิจัยอาหารต่างๆมากขึ้น พลังงานไมโครเวฟ และความดันของระบบ เป็นส่วนประกอบหลักที่เพิ่มความมั่นใจต่อคุณภาพของสินค้าที่เพิ่มขึ้น เป้าหมายของโครงการนี้คือศึกษา ผลกระทบของ พลังงานไมโครเวฟและความดันของระบบที่ใช้ต่อการทำแห้งมะละกอ ตัวอย่างของมะละกอ ถูกทำแห้งใน เครื่องทำแห้งไมโครเวฟและสุญญากาศ ที่พลังงานระดับต่างๆ 110, 380 และ 750 W และที่ความดันต่างๆ 200, 450 และ 700 mmHg เพื่อนำไปสู่เป้าหมายคือการลดความชื้นถึง 90% อัตราการทำแห้ง เพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มพลังงานไมโครเวฟ ขณะที่ ความดันของระบบไม่ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการลดลงของความชื้น ระดับพลังงานไมโครเวฟที่สูงขึ้นส่งผลต่อผลให้ เวลาการทำแห้งของมะละกอลดลง กระบวนการการทำแห้งของตัวอย่างทั้งหมดเกิดขึ้นในช่วงอัตราการทำแห้งสูงขึ้นและปริมาณน้ำลดลง (Falling rate period)

Swasdisevi [14] การใช้รังสีอินฟราเรดร่วมกับการทำแห้งในสภาพวะสุญญากาศได้รับการสนใจเพิ่มขึ้น เพราะ วิธีนี้พิสูจน์ประสิทธิภาพการทำแห้ง ผลไม้บางชนิดที่นำมาทำเป็นขนมขบเขี้ยวปราศจากไขมันได้ การศึกษานี้เน้นการทดลอง การศึกษานี้เกี่ยวกับโมเดลเชิงคณิตศาสตร์ที่สามารถทำนายผลการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้นและอุณหภูมิของวัสดุอาหาร โมเดล (กล้วย) ภายใต้ การทำแห้งร่วมกันระหว่าง อินฟราเรดและสุญญากาศ ที่ถูกการพัฒนาขึ้น ซึ่งผลลัพธ์จากการทำนายได้เปรียบเทียบกับผลลัพธ์ทางการทดลอง ที่ความดันสัมบูรณ์ต่างๆ ได้แก่ 5, 10, และ 15 kPa ในห้องทำแห้ง และกล้วยมีการควบคุมอุณหภูมิศูนย์กลางที่ 50, 55 และ 60 °C

Jena and Das [15] ศึกษาเกี่ยวกับ กากมะพร้าวอัด ซึ่งคือของเหลือที่ได้หลังจากการคั้นน้ำกะทิจากเนื้อมะพร้าว ความชื้นเริ่มต้นของกากมะพร้าวอัดมีค่าประมาณ 1.038 ±0.029 kg-water.kg-dry solid^{-1} และถูกทำให้ลดลงต่ำกว่า 0.3 kg- water.kg-dry solid^{-1} ในงานชิ้นนี้กากมะพร้าวอัดถูกทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งในสุญญากาศแลปสเกล เพื่อให้ความชื้นน้อยกว่า0.02kg-water.kg-dry solid^{-1} ลักษณะการทำแห้งของกากมะพร้าวอัดที่ภายใต้สภาวะต่างๆ ได้แก่ความหนาของกากมะพร้าวอัด (2,3 และ 4mm) และอุณหภูมิของภาชนะที่รองรับกากมะพร้าวอัดในห้องสุญญากาศ (65, 70 และ 75 °C) ที่ความดัน 65 mmHg แบบจำลองการทำแห้งแบบต่างๆถูกนำมาใช้เพื่อจำลองจากข้อมูลการทำแห้ง และเมื่อพิจารณา การลดลงของสัมประสิทธิการแพร่ความชื้นจึงได้เสนอ (reduce moisture diffusivity) ที่ความชื้นต่ำจึงได้เสนอ แบบจำลองใหม่ การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำนายที่ดีกว่าแบบจำลองแบบอื่นๆ ค่าเปอร์เซ็นต์เบี่ยงเบนสัมพันธ์ (Relative deviation percent) ระหว่างอัตราส่วนความชื้นที่ทำนายและของที่วัดได้จริงที่เวลาการทำแห้งต่างๆกันของแบบจำลองนี้มีค่าอยู่ในช่วง 3-15% ค่าการแพร่ความชื้นประสิทธิผล (Effective moisture diffusivity) ที่คำนวณจากกฎ Fick เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 7.026×10^{-10} -3.326×10^{-9} $m^2 s^{-1}$ ซึ่ง ค่านี้เองแปรผันตามความหนาและอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น

Lee and Kim [16] ศึกษาเกี่ยวกับ การทำแห้งหัวไชเท้าสไลด์ที่มีความหนา 4 และ 6 mm ในช่วงอุณหภูมิของอากาศ 40-60 °C ภายในเครื่องทำแห้งสุญญากาศขนาดห้องปฏิบัติการ โดยพิจารณาผลกระทบจากอุณหภูมิและความหนา การถ่ายเทความชื้นจากหัวไชเท้าสไลด์ได้ถูกอธิบายจากการประยุกต์ใช้แบบจำลอง Fick's diffusion และการเปลี่ยนแปลงของค่าการแพร่ความชื้นประสิทธิผล (effective diffusivity) ในช่วง 6.92×10^{-9} และ 14.59×10^{-9} m^2/s โดยค่าการแพร่ความชื้นประสิทธิผล (effective diffusivity) เพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ขั้นตอน non-linear regression ใช้สำหรับฟิตแบบจำลอง การทำแห้งแบบชั้นบางทั้ง 9 แบบจำลอง โดยแบบจำลองทั้งหลายได้ถูกเปรียบเทียบด้วยค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆได้แก่ mean relative percent deviation, root mean square error และ reduce chi-squared และพบว่า แบบจำลองของ logarithmic แสดงการฟิตที่ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองแบอื่นๆที่ได้จากข้อมูลของการทำแห้งที่ทดลอง

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของการทำแห้งสุญญากาศกับกล้วยสไลด์บาง [17] Mousa and Farid [18] ได้ศึกษาการอบแห้งชิ้นกล้วยหอมโดยใช้รังสีไมโครเวฟร่วมกับสภาวะสุญญากาศที่ความดัน 30, 50 และ 101kPa แหล่งรังสีไมโครเวฟได้จากเตาอบไมโครเวฟยี่ห้อ Sanyo ขนาด 650 W โดยจำกัดกำลังไฟฟ้าสูงสุดอยู่ที่ 35% จากการทดลองพบว่า การใช้รังสีไมโครเวฟในการอบแห้งนั้นสามารถช่วยลดเวลาในการอบแห้งได้เป็นอย่างดี และถ้าหากลดความดันลงเรื่อยๆ ช่วยลดเวลาในการอบแห้งลงตามลำดับ และที่ความดันต่ำลงนั้นอุณหภูมิของวัสดุที่ทำการอบแห้งมีค่าต่ำลงตามการลดลงของความดัน

Fasina, Tyler, Packard and Zheng [19] ได้ศึกษาการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดของข้าวบาร์เลย์โดยใช้ระบบการเผาไหม้โพรเพนเพื่อผลิตรังสีอินฟราเรดขนาดห้องปฏิบัติการ จากการศึกษาพบว่า อุณหภูมิของแหล่งพลังงาน ระยะห่างระหว่างแหล่งพลังงานและผลิตภัณฑ์ และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาการอบแห้ง มีผลต่ออุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ที่ถูกอบแห้งเป็นอย่างสำคัญ เนื่องจากอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของแหล่งพลังงาน และตามการลดลงของระยะห่างระหว่างแหล่งพลังงาน และระยะห่างระหว่างแหล่งพลังงานและตำแหน่งของผลิตภัณฑ์ไม่มีผลต่อความชื้นของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ ถึงแม้ว่าจะเพิ่มอุณหภูมิของแหล่งพลังงานลดระยะห่างระหว่างแหล่งพลังงานกับตำแหน่งของผลิตภัณฑ์ก็ตาม แต่ไปทำให้อุณหภูมิผลิตภัณฑ์สูงขึ้น

Afzal, Abe and Hikida [20] ได้ศึกษาการอบแห้งข้าวบาร์เลย์จากความชื้น 18% w.b. ลดลงเป็น 15% w.b. โดยใช้รังสีอินฟราเรดแบบคลื่นยาวร่วมกับการพาอากาศโดยการบังคับ การศึกษาพบว่าอัตราการอบแห้งเร็วกว่าและปริมาณการใช้พลังงานลดลงน้อยกว่าการอบแห้งแบบพาความร้อนเพียงอย่าง และความเร็วอากาศมีผลต่อปริมาณการใช้พลังงานอย่างมาก ส่วนคุณภาพของข้าวบาร์เลย (ความงอก) (germination) และความหนาแน่นปรากฏ นั้นลดลงตามการเพิ่มขึ้นของความเข้มของการแผ่รังสีอินฟราเรด โดยความเข้มของการแผ่รังสีที่เหมาะสมที่ส่งผลทำให้คุณภาพของข้าวบาร์เลย์สูงคือ ไม่เกิน 0.333 $W.cm^{-2}$ ซึ่งทำให้ความงอกสูงกว่า 95%

Nindo, Kudo and Bekki [21] ได้พบว่า ความลึกของการทะลุทะลวงของรังสีอินฟราเรดย่านไกลทะลุทะลวงลงไปภายในเมล็ดพืชเพียงแค่ 1-2 mm เท่านั้น ดังนั้นกระบวนการทำแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดไกลจึงเหมาะสมกับชั้นบางของเม็ดขนาดเล็ก เช่น ข้าว ข้าวสาลี

การผลิตน้ำมันมะพร้าวบีบเย็นคุณภาพสูง โดย ลลิตา อัตนโถ [9] สรุป หลักการที่สำคัญของการผลิตน้ำมันมะพร้าวบีบเย็นคุณภาพสูง คือ ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ โดยใช้เนื้อมะพร้าวสดที่มีคุณภาพเป็นวัตถุดิบเริ่มต้น โดยต้องเข้าขั้นตอนการอบที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียสทันทีหลังจากการกะเทาะเปลือกจนได้เนื้อมะพร้าวแห้งที่มีความชื้นอยู่ในช่วง 10-20% โดยน้ำหนัก ซึ่งเป็นความชื้นที่เหมาะสม สำหรับการสกัดน้ำมันด้วยเครื่องบีบอัดแบบสกรู

1.5 ขอบเขตการวิจัย

1. ศึกษา ออกแบบ และสร้างเครื่องทำแห้งมะพร้าวขูด ด้วยตัวทำความร้อนแบบอินฟราเรด อุณหภูมิตั้งที่ใช้ในการทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดไม่เกิน 65 องศาเซลเซียส
2. การใช้ความดันสุญญากาศ(ความดันต่ำ) ด้วยปั๊มสุญญากาศ ขนาด1hp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ใช้กำลังผลิตสำหรับในห้องทดลองเพื่อเป็นต้นแบบสำหรับออกแบบในระดับชุมชนต่อไป
4. ศึกษาเวลา, อุณหภูมิ และความเร็วรอบที่เหมาะสมสำหรับเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูด
5. งานวิจัยสร้างแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์สำหรับการทำแห้งแบบบางสำหรับเนื้อมะพร้าวขูดด้วยวิธี 4 วิธี Newton [22], Handerson and Pabis [23], Two terms [24], three-parameter function

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 มะพร้าว

มะพร้าวเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญชนิดหนึ่ง ที่มีการใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง ทั้งในด้านการบริโภคและเป็นวัตถุดิบเพื่อการอุตสาหกรรม ความต้องการมะพร้าวมีมากขึ้นทุกปี แต่ผลผลิตมีแนวโน้มลดลงจนไม่พอบริโภคในประเทศ ต้องนำเข้าทั้งมะพร้าวผลและผลิตภัณฑ์มะพร้าวมากขึ้น ซึ่งสามารถดูได้จากตารางที่1.1 ที่ทำให้ทราบว่า ปริมาณการนำเข้าน้ำมันมะพร้าว ปี2552 มีการนำเข้ามามากกว่าส่งออก

ในปัจจุบัน 2554 ที่ราคาอาหาร พืชผลทางการเกษตร และราคาน้ำมันมีราคาสูงขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์จากมะพร้าวเองได้รับผลกระทบในแง่ของต้นทุนต้องปรับราคาสินค้าเพิ่มขึ้น เพื่อตอบรับกับการเปลี่ยนแปลงของเศรษฐกิจไทย ซึ่งเป็นผลบวกต่อเกษตรกรและผู้ประกอบการไทย อย่างไรก็ตาม เพื่อผลักดันให้ผลผลิตของไทยมีการพัฒนาการในการแปรรูปมากยิ่งขึ้น น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์จึงเป็นทางเลือกอันดับต้นๆ ในการเพิ่มมูลค่าในเชิงเศรษฐกิจให้แก่เศรษฐกิจโดยรวมของประเทศ เพราะเป็นสินค้าที่เน้นในเชิงคุณภาพ มิใช่ราคาในการแข่งขันและเป็นส่วนประกอบสำคัญในผลิตภัฑณ์ ทั้งทางการแพทย์ และการเสริมความงามต่างๆ จึงเป็นปัจจัยที่สามารถเพิ่มมูลค่าได้อย่างยั่งยืน

ดังนั้น เมื่อผลิตภัณฑ์จากการแปรรูปมะพร้าวมีราคาดีและคุณภาพสูงการปลูกมะพร้าวจะเป็นอาชีพที่มั่นคงและทำรายได้ให้แก่เกษตรกรผู้ปลูกไม่แพ้ไม้ผลเศรษฐกิจชนิดอื่นๆต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ [1]

ส่วนประกอบของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีสารที่มีลักษณะเด่นๆ ตามตารางที่2.1 ดังนี้

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของกรดไขมันของน้ำมันพืชบางชนิด [1]

	Coconut Oil	Palm Kernel Oil	Palm Oil	Olive Oil	Soybean Oil
A. Saturated					
C6:0 Caproic	0.50	0.30	-	-	-
C8:0 Caprylic	8.00	3.90	-	-	-
C10:0 Capric	7.00	4.00	-	-	-
C12:0 Lauric	48.00	49.60	0.30	-	
C14:0 Myristic	17.00	16.00	1.10	-	0.10
C16:0 Palmitic	9.00	8.00	45.20	14.00	10.50
C18:0 Stearic	2.00	2.40	4.70	2.00	3.20
C20:0 Arachidic	0.10	0.10	0.20	-	0.20
B. Unsaturated					
C16:1 Palmitoleic	0.10	-	-	1.00	-
C18:1 Oleic	6.00	13.70	38.8	71.00	22.30
C18:2 Linoleic	2.30	2.00	9.40	10.00	54.50
C18:3 Linolenic	-	-	0.30	0.80	8.30
C20:4 Arachidonic	-	-	-	-	0.90
% Unsaturated	8.40	15.70	48.50	82.80	90.80

2.2.1 องค์ประกอบของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (Virgin Coconut Oil)

1. กรดไขมันอิ่มตัว

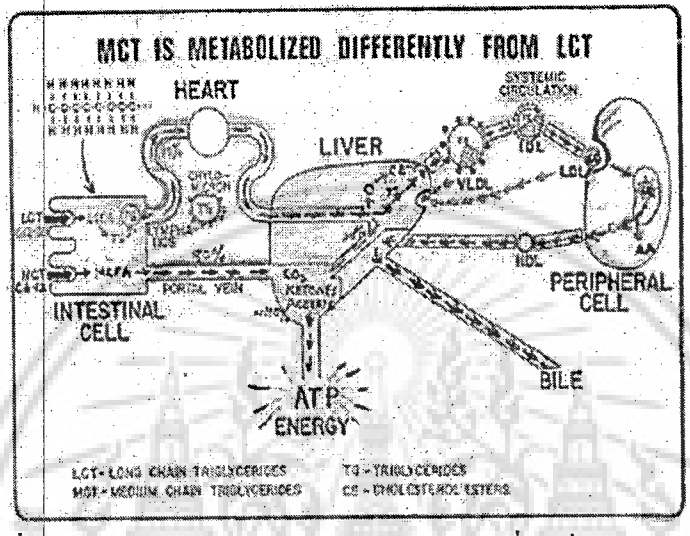
เนื่องจากน้ำมันมะพร้าวประกอบด้วยกรดไขมันที่อิ่มตัวโดยที่พันธะ (bond) ที่จับกันระหว่าง อะตอมของคาร์บอนเป็นพันธะเดี่ยว (single bond) ทำให้มีความเสถียรหรืออยู่ตัว (stability) สูงจึงไม่ถูกอะตอม ของไฮโดรเจนและออกซิเจนเข้าไปแทรก ซึ่งเรียกว่า hydrogenation และ oxidation ได้ง่าย ๆ และ ไม่มีกลิ่นหืนเหมือนน้ำมันไม่อิ่มตัวโดยเฉพาะพวกที่เป็นน้ำมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (polyunsaturated oil) ซึ่งมีพันธะคู่หลายตำแหน่งเมื่อถูกความร้อนสูงจะทำให้เกิดเป็นเกิดเป็น trans fatty acids ซึ่งเป็นกรดไขมันชนิดทำให้เกิดผลร้าย ต่อร่างกายมากมาย เช่น ทำลาย เยื่อหุ้มเซลล์ (membrane) อันเป็นผลทำให้เซลล์อ่อนแอจนเชื้อโรคและสารพิษ เข้าไปได้สะดวก ก่อให้เกิดโรคมะเร็ง เปลี่ยนแปลงกลไกของร่างกายในการขจัดคอเลสเตอรอลโดยการขัดขวาง การเปลี่ยนไปเป็นพลังงานในตับ จึงทำให้มีปริมาณคอเลสเตอรอลเพิ่มขึ้นในกระแสโลหิต ลดปริมาณและคุณภาพของนมน้ำเหลืองของมารดา เพิ่มโอกาสเป็นโรคเบาหวาน ลดปริมาณของฮอร์โมนเทสโตสเตอโรล ในเพศชาย เป็นต้น

2. กรดไขมันขนาดกลาง

การที่กรดไขมันในน้ำมันมะพร้าวที่โมเลกุลขนาดกลาง ทำให้มีคุณลักษณะดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

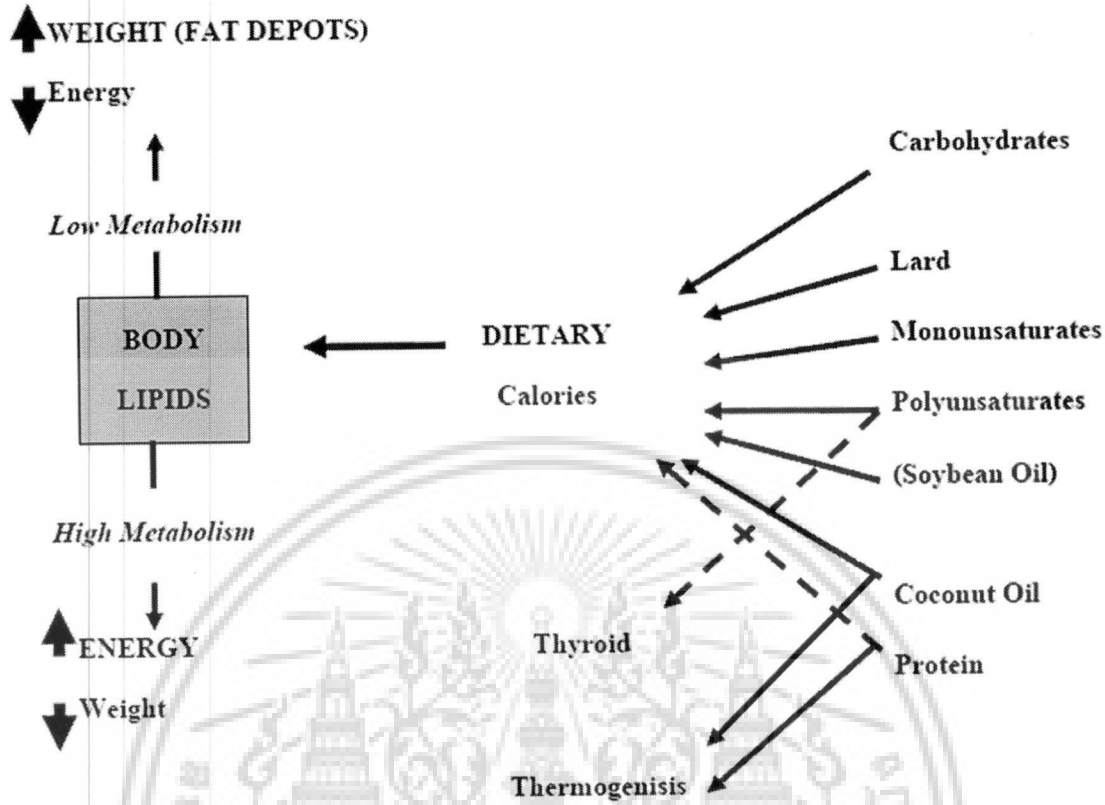
1) เปลี่ยนเป็นพลังงานได้อย่างรวดเร็ว: ร่างกายของมนุษย์สามารถเปลี่ยนน้ำมันมะพร้าวให้ เป็นพลังงานอย่างรวดเร็ว เนื่องจากส่วนใหญ่ของกรดไขมันของน้ำมันมะพร้าวมีโมเลกุลขนาดกลาง (C8 – C14) เมื่อเราบริโภคเข้าไป มันจะผ่านจากกระเพาะอาหารไปยังลำไส้ แล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานที่ตับ อย่างรวดเร็ว (ภายในหนึ่งชั่วโมง) ทำให้ไม่มีไขมันเหลือสะสมในร่างกาย ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ความแตกต่างของโมเลกุลไขมันในการเปลี่ยนเป็นพลังงาน[1]

2) เพิ่มอัตราเมตาบอลิซึม น้ำมันมะพร้าวยังไปเร่งอัตราการเผาผลาญอาหารให้เป็นพลังงาน หรือเมตาบอลิซึม (metabolism) เพราะมันมีผลทำให้เกิดความร้อนสูง (thermogenesis) โดยไปกระตุ้นต่อมไทรอยด์ให้ทำงานเร็วขึ้น คล้ายกับบุคคลประเภทไฮเปอร์ไทรอยด์ (hyperthyroid) ที่ต่อมไทรอยด์ทำงานในอัตราที่สูงกว่าคนธรรมดา บุคคลพวกนี้จึงใช้พลังงานมาก ทำให้เป็นคนกระฉับกระเฉง (active) และไม่อ้วน เพราะน้ำมันมะพร้าวที่ บริโภคเข้าไปถูกเผาผลาญเป็นพลังงานหมดไม่สะสมเป็นไขมันในร่างกาย ดังรูปที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 การเผาผลาญอาหารให้เป็นพลังงาน [1]

3) ช่วยลดน้ำหนัก: การบริโภคน้ำมันมะพร้าว สามารถลด ความอ้วนจากผลของการเกิดความร้อนสูงในร่างกาย โดยการไปนำไขมันที่ร่างกายสะสมไว้ในส่วนต่าง ๆ ของ ร่างกาย ออกมาใช้เป็นพลังงาน

3. กรดลอริกและโมโนลอริก

น้ำมันมะพร้าวมีกรดลอริก (lauric acid) อยู่ประมาณ 50 % มีประโยชน์ดังนี้

1) สร้างภูมิคุ้มกัน: เมื่อเราบริโภคน้ำมันมะพร้าวเข้าไปในร่างกาย กรดลอริกในน้ำมันมะพร้าว จะเปลี่ยนเป็นโมโนกลีเซอไรด์ (monoglyceride) ที่มีชื่อว่า โมโนลอริน (monolaurin) ซึ่งเป็นสารตัวเดียวกับที่อยู่ในน้ำนมมารดา ที่ช่วยสร้างภูมิคุ้มกันให้กับทารกในระยะ 6 เดือนแรก ที่ร่างกายยังไม่สร้าง ระบบภูมิคุ้มกันโรค

2) ฆ่าเชื้อโรค : โมโนลอรินเป็นสารปฏิชีวนะที่ทำลายเชื้อโรคทุกชนิด ที่ดีกว่ายาปฏิชีวนะ ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา ยีสต์ โปรโตซัว และไวรัส ไวรัสบางชนิด ที่ยาปฏิชีวนะทั่วไป ทำลายไม่ได้เนื่องจากมีเกราะที่เป็นไขมันห่อหุ้ม (lipid-coated membrane) แต่เกราะนี้ก็จะถูกละลายโดยน้ำมันมะพร้าวเพื่อเปิดโอกาสให้โมโนลอรินเข้าไปฆ่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื้อโรค สารปฏิชีวนะในน้ำมันมะพร้าวไม่เป็นพิษต่อ มนุษย์ และจะถูกสร้างขึ้นในร่างกายของมนุษย์เมื่อบริโภคอาหารที่มีกรดลอริก อีกทั้งไม่เป็นอันตรายต่อแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ในลำไส้

4. กรดคาปริกและโมโนคาปริน

กรดคาปริก มีอยู่เพียง 6-7 % แต่กรดคาปริก (capric acid) ช่วยเสริมประสิทธิภาพของ โมโนลอริน โดยการเปลี่ยนเป็นสาร โมโนคาปริน (monocaprin) เมื่อน้ำมันมะพร้าวถูกบริโภคเข้าไปในร่างกาย ซึ่งมีฤทธิ์เช่นเดียวกันกับโมโนลอริน เพราะประสิทธิภาพของการทำงานของโมโนลอริน และ โมโนคาปรินขึ้นอยู่กับปริมาณที่มีอยู่

5. วิตามิน ในน้ำมันมะพร้าวมีหน้าที่ดังนี้

1) ต่อต้านอนุมูลอิสระ : วิตามินอี ทำหน้าที่เป็นสารต่อต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) โดยการป้องกันเซลล์ไม่ให้ถูกเติมออกซิเจน และเป็นตัวต่อต้านอนุมูลอิสระ (free radicals) ซึ่งเกิดจากมลพิษในสิ่งแวดล้อม อาหารและเครื่องดื่ม การสูบบุหรี่ รังสี ความเครียด ฯลฯ โดยปกติร่างกายของมนุษย์มีสาร ต่อต้านอนุมูลอิสระคอยทำลายอนุมูลอิสระอยู่แล้ว แต่เมื่อบริโภคน้ำมันพืชประเภทไม่อิ่มตัวซึ่งถูกเติมออกซิเจน(oxidized) ได้ง่าย ๆ ตั้งแต่เริ่มสกัด ตลอดจนระหว่างการขนส่ง การวางจำหน่าย และการเก็บรักษาก่อนบริโภคจึงเกิดเป็นอนุมูลอิสระได้ง่าย อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นน่าจะไปลบล้างประสิทธิภาพ (neutralize) ของสารต้านอนุมูลอิสระที่มีอยู่ในร่างกาย ทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดผลเสียแก่เซลล์และเนื้อเยื่อ เนื่องจากอนุมูลอิสระ เป็นโมเลกุลที่เปลี่ยนสภาพโดยสูญเสียอีเล็กตรอน (electron) จึงไปจับกับโมเลกุลที่อยู่ใกล้เคียงต่อไปเรื่อย ๆ เกิดเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ เป็นผลทำให้เซลล์ผิดปกติไป เช่น เยื่อบุเซลล์ฉีกขาด เปลี่ยนสารพันธุกรรมในนิวเคลียส เกิดการกลายพันธุ์ ทำให้เกิดโรคที่เกี่ยวกับความเสื่อม (degenerative diseases) เช่น โรคหัวใจ มะเร็ง ไขข้ออักเสบ เบาหวาน โรคภูมิแพ้ ชราภาพก่อนวัย เป็นต้น

2) สารโทโคไทรอีนอล (tocotrienol) วิตามินอีในน้ำมันมะพร้าว มีสารโทโคไทรอีนอล ซึ่งเป็นรูปของวิตามินอีที่มีอานุภาพสูงกว่าสารโทโคเฟอรอล (tocopherol) ซึ่งอยู่ในวิตามินอีทั่วไป โดยเฉพาะที่มี อยู่ในเครื่องสำอางรักษาผิวถึง 40-60 เท่า ด้วยเหตุนี้น้ำมันมะพร้าวจึงต่อต้านอนุมูลอิสระได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.2.2 บทบาทของน้ำมันมะพร้าวต่อสุขภาพ

สุขภาพที่ดีของมนุษย์ ขึ้นอยู่กับสถานภาพ 4 ประการคือ

1. การรักษาสุขภาพให้แข็งแรง

จากบทบาททางสรีรวิทยาของน้ำมันมะพร้าวที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ทำให้ผู้บริโภคน้ำมันมะพร้าวมีสุขภาพดี แข็งแรง เพราะได้พลังงานทันทีที่บริโภคน้ำมันมะพร้าว นอกจากนั้นน้ำมันมะพร้าวยังมี คุณทางอาหาร โดยเฉพาะวิตามิน และเกลือแร่ ที่ช่วยให้ร่างกายแข็งแรง อีกทั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยังช่วยเพิ่มคุณค่าของอาหาร โดย การเพิ่มการดูดวิตามิน เกลือแร่ และกรดอะมิโน เนื่องจากน้ำมันมะพร้าวเป็นโมเลกุลขนาดเล็ก จึงถูกย่อยง่าย และเคลื่อนที่เร็วไปตามของเหลวในร่างกาย จึงเป็นที่นิยมใช้หุงต้มอาหารสำหรับคนไข้ที่มีปัญหาการย่อยไขมัน และยังใช้ในสูตรน้ำนม เพื่อให้ไขมันที่จำเป็นแก่เด็กทารก และช่วยในการดูดซึมแคลเซียม และแมกนีเซียม ซึ่งจำเป็นสำหรับการพัฒนากระดูก

2. ช่วยให้ปลอดจากโรคไม่ติดเชื้อ

โรคไม่ติดเชื้อที่ น้ำมันมะพร้าวมีส่วนในการลดอัตราการเกิด ได้แก่

2.1 โรคหัวใจ : จากผลการวิเคราะห์พบว่า น้ำมันมะพร้าวมีคอเลสเตอรอลน้อยมาก เพราะมีเพียง 14 ส่วนในล้านซึ่งน้อยกว่าน้ำมันถั่วเหลือง ซึ่งมี 28 ส่วน และที่สำคัญคือ เมื่อบริโภคน้ำมันมะพร้าวเข้าไป ในร่างกาย ก็ไม่ได้เปลี่ยนเป็นคอเลสเตอรอลในกระแสโลหิต อีกทั้งยังไม่ได้ทำให้หลอดเลือดแข็งตัวเหมือนกับ น้ำมันพืชประเภทไม่อิ่มตัว เช่นน้ำมันถั่วเหลืองที่ถูกเติมไฮโดรเจน (hydrogenate) ในขบวนการผลิต และถูก เติมออกซิเจน (oxidize) ระหว่างเดินทางก่อนถูกบริโภค จนเกิดเป็นtrans fatty acids ซึ่งเป็นตัวการทำให้เกิด ลิ่มเลือด และไปอุดตันหลอดเลือด นอกจากนั้นน้ำมันมะพร้าวยังมีวิตามินอีที่ช่วยขยายหลอดเลือดและป้องกัน การแข็งตัวของหลอดเลือดที่เป็นสาเหตุของโรคหัวใจ นักโภชนาการสมัยใหม่จึงสรุปว่า น้ำมันมะพร้าวช่วยทำให้ หัวใจมีสุขภาพดี เพราะเป็นหนึ่งในสองชนิดของน้ำมันบริโภค ซึ่งช่วยลดความหนืด (stickiness) ของเลือดที่ เป็นสาเหตุของโรคหัวใจ

2.2 โรคมะเร็ง: น้ำมันมะพร้าวมีประสิทธิภาพในการป้องกันไม่ให้เกิดโรคมะเร็ง ด้วยกลไก 2 วิธี คือ

(1) เนื่องจากเป็นน้ำมันประเภทอิ่มตัวจึงไม่ถูกเติมไฮโดรเจน (hydrogenate) และแตกตัวเมื่อถูกกับอุณหภูมิสูง

(2) มีวิตามินอีช่วยต่อต้านอนุมูลอิสระที่เป็นสาเหตุของการกลายพันธุ์ของยีน เกิดเป็นเซลล์มะเร็ง และการทำร้ายเซลล์ การใช้น้ำมันมะพร้าวชโลมตัว ก็ช่วยป้องกันมะเร็งผิวหนังได้ดีกว่ายา ทากันแดดราคาแพง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ตารางที่ 2.2 แสดง ปริมาณคอเลสตอรอลในน้ำมันชนิดต่างๆ[1]

ชนิดของน้ำมัน	ปริมาณคอเลสเตอรอล (ส่วนต่อล้าน)
น้ำมันมะพร้าว	14
น้ำมันปาล์ม	18
น้ำมันถั่วเหลือง	28
น้ำมันข้าวโพด	50
เนยเหลว	3,150
น้ำมันหมู	3,500

2.3 โรคอ้วน: โรคอ้วนนั้นมีความสัมพันธ์กับสภาพต่าง ๆ เช่น การมีไขมันในเลือดสูง เป็น โรคเบาหวานมีความดันโลหิตสูง เป็นโรคหัวใจและหลอดเลือด ตลอดจนโรคข้ออักเสบ ภาวะหยุดหายใจ ขณะหลับ ฯลฯ การบริโภคน้ำมันมะพร้าวจะช่วยทำให้ร่างกายเกิดความร้อนสูง (ในขบวนการ thermogenesis) ทำให้ร่างกายมีอัตราการเผาผลาญอาหาร หรือเมตาบอลิซึม (metabolism) สูงเกิดเป็นพลังงานสำหรับใช้ในการดำรงชีวิต อีกทั้งยังช่วยทำลายไขมันที่ร่างกาย สะสมอยู่ นำไปใช้เป็นพลังงาน ดังนั้น ผู้บริโภคน้ำมันมะพร้าว เป็นประจำจึงไม่อ้วน

2.4 โรคเบาหวาน: ผลพลอยได้ของการเพิ่มอัตราการเผาผลาญอาหารให้เป็นพลังงานจาก การบริโภคน้ำมันมะพร้าวทำให้ร่างกายไม่สะสมน้ำตาล เพราะถูกใช้ไปเป็นพลังงานหมด อีกทั้ง ยังไม่ทำให้ผู้ป่วยอยากรับประทานอาหารที่เป็นแป้งหรือน้ำตาล จึงช่วยลดอัตราการเกิด โรคเบาหวานไปได้โดยปริยาย

2.5 โรคปวดเมื่อย โรคชราภาพก่อนวัย โรคมะเร็งผิวหนัง และโรคกระดูก: น้ำมัน มะพร้าว เป็นน้ำมันที่ถูกดูดซึมเข้าทางผิวหนังได้ดี เพราะมีขนาดของโมเลกุลเล็กจึงนิยมใช้นวด ตัวให้หายปวดเมื่อย และผ่อนคลายความเครียด อีกทั้งยังปกป้องการทำลายของแสง อัลตราไวโอเลตที่ทำให้ผิวหนังเหี่ยวย่นแก่ก่อนวัย และเป็นมะเร็งผิวหนัง ช่วยเสริมสร้าง พัฒนาการของกระดูกให้แข็งแรง แพทย์แผนไทยจึงนิยมนำน้ำมันมะพร้าวมาประกอบเป็นสูตรยา แผนโบราณในการรักษาโรคที่เกี่ยวกับกระดูก อันเนื่องมาจากการประสบอุบัติเหตุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

117875

2.6 ช่วยให้ร่างกายปลอดจากโรคติดเชื้อ

จุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อโรคเป็นสาเหตุของโรคของมนุษย์มากมายเหลือคณานับ แต่ก็แปลกที่เด็ก ทารกแรกคลอดที่ดูดน้ำนมมารดาเป็นประจำมักไม่ค่อยเป็นโรคเหล่านี้ ทั้งนี้ก็เพราะมีภูมิคุ้มกันที่ได้มาจากน้ำนม มารดา ได้มีการค้นพบว่าสารสำคัญในนมน้ำเหลือง (cholostum) ของมารดานี้ คือ กรดลอริก ซึ่งเมื่อเข้าไป ในร่างกายก็เปลี่ยนไปเป็นสารโมโนลอริน ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารปฏิชีวนะนั่นเอง ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบ ของน้ำมันมะพร้าวพบว่ามีกรดลอริกสูงมากถึง 48-53% ซึ่งมากกว่าในน้ำนมมารดามาก ในปัจจุบันวงการ แพทย์สมัยใหม่ได้แนะนำให้ประชาชนกินยาเม็ดที่มีโมโนลอรินเพื่อเพิ่มภูมิคุ้มกันโรค

2.2.6. บทบาทของน้ำมันมะพร้าวต่อความงาม

น้ำมันมะพร้าวเป็นน้ำมันที่ได้จากธรรมชาติปราศจากสารเคมีสังเคราะห์ใด ๆ เจือปน โดยเฉพาะยากำจัดศัตรูพืช ซึ่งมักจะมีอยู่ในน้ำมันพืชอื่น ๆ เนื่องจากกรดไขมันในน้ำมันมะพร้าวมีขนาดโมเลกุลที่เล็ก ทำให้ถูกดูดซึมเข้าไปได้ง่าย เราสามารถใช้น้ำมันมะพร้าวในสภาพที่สกัดได้ตามธรรมชาติทันที โดย ไม่ต้องทำให้บริสุทธิ์ ฟอกสี และกำจัดกลิ่น ดังเช่นน้ำมันพืชอื่น ๆ จึงปลอดภัยจากอันตรายจากสารเคมี น้ำมันมะพร้าวมีบทบาทต่อความงาม ในเรื่องดังต่อไปนี้

1. รูปร่างได้สัดส่วน ไม่อ้วน แต่แข็งแรง

เนื่องจากน้ำมันมะพร้าวที่เราบริโภคเข้าไปสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานได้ทันที จึงไม่มีไขมันสะสมในร่างกาย อีกทั้งยังกระตุ้นให้ต่อมไทรอยด์ทำงานดีขึ้น จึงนำเอาไขมันที่ร่างกายสะสมไว้ก่อนหน้า ไปใช้ เผาผลาญให้เกิดพลังงาน จึงช่วยลดความอ้วนได้ ดังนั้นผู้ที่บริโภคน้ำมันมะพร้าวเป็นประจำจึงไม่อ้วน (เพราะไม่มีไขมันสะสม) แต่ร่างกายก็สันทัดสมส่วน และแข็งแรง

2. ผิวสวย

การนวดหรือชโลมตัวด้วยน้ำมันมะพร้าว ช่วยให้ผิวสวย เพราะ :

2.1 ผิวดูอ่อนวัย: น้ำมันมะพร้าวที่ใช้ชโลมตัว ทั้งในรูปน้ำมันมะพร้าวสด ๆ หรือในรูปของผลิตภัณฑ์น้ำมันมะพร้าว เช่น ครีม และโลชั่นจะทำให้ผิวพรรณนุ่มไม่แตกแห้งเป็นกระ หรือฝ้า แต่ชุ่มชื้นและผิวเนียน ปราศจากริ้วรอยเหี่ยวย่น ทั้งนี้เพราะน้ำมันมะพร้าวมีวิตามินอีที่มีอานุภาพมากกว่าวิตามินอีใน เครื่องสำอางช่วยต่อต้านอนุมูลอิสระที่เป็นตัวการที่ทำให้เกิดการเสื่อมของเซลล์ผิวหนัง ป้องกันการเสื่อมโทรมของเซลล์จากขบวนการเติมออกซิเจน (Oxidation) ช่วยกำจัดเซลล์ผิวหนังที่ตายแล้วและทับถมกันจนทำให้ ผิวแห้ง ขณะเดียวกันก็ช่วยกระตุ้นให้มีการสร้างเซลล์ใหม่ขึ้นมาแทนที่จึงทำให้ผิวพรรณดูอ่อนกว่าวัย

2.2 ผิวนุ่มและเนียน: ตามปกติผิวหนังจะสูญเสียความชื้นเพราะถูกแดดและลม น้ำมันมะพร้าวมีคุณสมบัติเป็นสารรักษาความชุ่มชื้น (Moisturizer) จึงช่วยให้ผิวหนังนุ่มและเนียน

2.3 ช่วยป้องกันและรักษาฝ้า และกระ: อนุมูลอิสระเป็นตัวการอันหนึ่งของการเกิดฝ้าและกระ วิตามินอีในน้ำมันมะพร้าวจะทำหน้าที่ทำลายอนุมูลอิสระเหล่านี้ สามารถใช้นำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มะพร้าวเป็นยา กันแดดได้ดีอีกทั้งยังไม่เหนียวเหนอะหนะเหมือนยากันแดดบางชนิด และราคาก็ถูกกว่า

3. ผมงาม

เนื่องจากน้ำมันมะพร้าวเป็นน้ำมันพืชที่มีคุณสมบัติเป็นตัวเพิ่มความชุ่มชื้น (Moisturizer) อีกทั้งยังมีสารปฏิชีวนะ (จากโมโนลอริน) และสาร antioxidant (จากสารโทโคทรินอลในวิตามินอี) จึงมีส่วน ทำให้ผมงาม จากคุณสมบัติดังต่อไปนี้:

3.1 ช่วยปรับสภาพของผม: น้ำมันมะพร้าวเป็นน้ำมัน hair conditioner ที่ช่วยทำให้ผมนุ่มดำ เป็นเงางาม เพราะมีวิตามินอีที่ช่วยเสริมการเจริญของเส้นผม

3.2 ช่วยรักษาสุขภาพของหนังศีรษะ: น้ำมันมะพร้าวช่วยรักษาสุขภาพของหนังศีรษะทั้งนี้ เพราะน้ำมันมะพร้าวมีสารปฏิชีวนะที่คอยทำลายเชื้อโรค หนังศีรษะจึงไม่มีรังแค และมีวิตามินอีที่ต่อต้าน อนุมูลอิสระ หนังศีรษะจึงไม่เหี่ยวย่นแต่มีสุขภาพดี

3.3 ช่วยให้เส้นผมมีสุขภาพดี: เส้นผมประกอบด้วยส่วนนอก (culticle) ที่ทำหน้าที่ หุ้มส่วนใน (cortex) หากส่วนนอกอยู่ในสภาพดี ไม่ฉีกขาด เส้นผมก็จะปกติ มีความยืดหยุ่น (elasticity) ทนทานต่อการบิดงอและมีความเหนียว ส่วนในซึ่งประกอบด้วยโปรตีนที่เรียกว่า เคอราทิน (keratin) ที่มีประกอบด้วยเส้นเล็ก ๆ มัดรวมกัน โปรตีนของเส้นผมจะสูญเสียหรือสลายตัวไปตามอายุขัย แต่อาจเร็วขึ้นจาก การไม่รักษาผมให้ดี และการทำร้ายเส้นผม เช่น จากการดัดผม การย้อมผมด้วยน้ำยาเคมี แม้กระทั่งการหวีผม ที่ใช้หวีที่คม น้ำมันมะพร้าวจึงช่วยลดปริมาณการสูญเสียของเส้นผม เพราะน้ำมันมะพร้าวมีคุณสมบัติยึดเกาะ (affinity) กับโปรตีนของเส้นผมได้ดี อีกทั้งยังมีขนาดเล็กจึงแทรกซึมเข้าไปในเส้นผมได้สะดวก ในขณะที่ น้ำมันทานตะวันและน้ำมันแร่ (mineral oil) ซึ่งเป็นที่นิยมใช้เป็นส่วนประกอบในอุตสาหกรรมน้ำมันใส่ผม ไม่ได้มีส่วนช่วยแต่อย่างใด เพราะไม่สามารถซึมเข้าไปในเส้นผมได้เหมือนน้ำมะพร้าว จากที่ได้กล่าวมาจะเห็นได้ว่า น้ำมันมะพร้าวมีบทบาทอย่างมากต่อสุขภาพ และความงามของ มนุษย์ไม่ว่าจะใช้ในการบริโภคเป็นอาหาร หรืออาหารที่เป็นยาด้วย (nutraceutical หรือ functional food) และการใช้ภายนอกโดยการใช้ถูนวดตัว หรือชโลมผม เป็นต้น จากข้อมูลทั้งหมดหวังว่าจะจุดประกายกระตุ้น ให้ทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องหันกลับมาทบทวนข้อมูลเชิงวิชาการเพื่อทำการวิจัยและพัฒนาน้ำมันมะพร้าวซึ่งมีบทบาท สำคัญในการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน เนื่องจากสภาพประเทศไทยมีแหล่งมะพร้าวที่สามารถตอบสนอง ความต้องการของคนในประเทศและต่างประเทศได้ จึงควรช่วยกันสนับสนุน ให้น้ำมันมะพร้าวกลับมาเป็นที่ นิยมใช้และพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่แพร่หลายในอนาคตต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 หลักการของระบบสุญญากาศ [25]

2.3.1 ระบบสุญญากาศ (Vacuum system)

ระบบสุญญากาศ จะได้แรงทำงานจากแรงดันบรรยากาศ โดยแรงดันของระบบถูกลดลงเรื่อยๆจนกระทั่งระดับต่ำกว่าแรงดันบรรยากาศที่อยู่รอบๆทำให้ได้แรงดันที่มากกว่าสามารถนำไปใช้งานได้ หลักการเบื้องต้นโดยการให้ปั๊มสุญญากาศดูดอากาศออกจากระบบทำให้เกิดความแตกต่างของความดันภายในระบบและแรงดันบรรยากาศรอบๆ

2.3.2 เครื่องทำแห้งแบบสุญญากาศ (Vacuum drying)

เครื่องทำแห้งแบบสุญญากาศ หมายถึง การดึงความชื้นออก เกิดขึ้นที่ ที่ไม่มีออกซิเจน เพราะฉะนั้น การเสื่อมสภาพเนื่องจากออกซิเจน หรือการที่ไขมันจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนและการทำให้เปลี่ยนสีลดลง เครื่องทำแห้งแบบนี้ใช้ในการทำแห้งภายใต้สภาวะความดันต่ำกว่าความดันบรรยากาศโดยให้ความร้อนในการทำแห้ง เหมาะสำหรับวัสดุเปียก ข้อดีของเครื่องนี้จะใช้อุณหภูมิในการทำแห้งต่ำ ระเหยน้ำที่อุณหภูมิต่ำไม่มีออกซิเจนอยู่ภายในวัสดุชื้น

2.3.3 ปั๊มกลสุญญากาศ (Mechanical vacuum pump)

ปั๊มกลโรตารี (Mechanical rotary pump)

ปั๊มกลเป็นปั๊มที่ใช้ในการสร้างสุญญากาศขั้นต้น สามารถสร้างสุญญากาศไม่ต่ำกว่าประมาณ 10^{-3} torr (1torr = 1.3158×10^{-3} atm)

หลักการง่ายๆคือ ก๊าซหรืออากาศในภาชนะจะถูกขับออกโดยการเคลื่อนไหวของลูกสูบทำให้ก๊าซในห้องสูบมีความดันเพิ่มมากขึ้นจนมากกว่า ความดันบรรยากาศภายนอก ก๊าซจะถูกขับออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ทฤษฎีกระบวนการถ่ายเทความร้อน [26]

การถ่ายเทความร้อนมี 3 แบบ

2.4.1 การพาความร้อน (Convection)

การพาความร้อน คือ การให้ความร้อนแก่ตัวกลาง โดยส่วนมากเป็นของไหล เช่น อากาศ หรือ น้ำ) จากนั้นก็จะพาตัวกลางที่ทำให้ความร้อนเคลื่อนที่เข้าสู่เป้าหมาย ข้อเสียของวิธีนี้คือ ความร้อนของวัสดุเป้าหมายจะขึ้นช้า และจะมีการสูญเสียความร้อนมาก อย่างไรก็ดีวิธีนี้ยังคงเป็นที่นิยมที่สุดเนื่องจากเป็นระบบที่ง่ายต่อการเข้าใจ สามารถหาแหล่งความร้อนได้ง่าย เช่น น้ำมัน ก๊าซหรือฮีทเตอร์ทั่วไป

การพาโดยบังคับ (Force convection)

การพาโดยบังคับ คือ การเคลื่อนที่ของความร้อนระหว่างผิวของของแข็ง โดยกลไกภายนอก เช่น พัดลม

การพาโดยธรรมชาติ (Free of natural convection)

การพาโดยธรรมชาติ คือ การเคลื่อนที่ของระหว่างผิวของแข็งและของไหลโดยไม่มีกลไกใดๆที่ทำให้ของไหลเคลื่อนที่ แต่ของไหลที่อยู่ใกล้ผิวของของแข็งก็อาจเคลื่อนที่ได้โดยแรงลอยตัวของของไหลเอง

การคำนวณอัตราการเคลื่อนที่ของความร้อนโดยการพา ดังนี้ คือ

$$q = h_c A\left(T_h - T_c\right) \tag{2.1}$$

เมื่อ q คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนต่อหน่วยพื้นที่ $\left(\mathrm{W}\right)$

h_c คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อน $\left(\mathrm{W/m^2K}\right)$

A คือ พื้นที่หน้าตัดที่ความร้อนเคลื่อนที่ $\left(\mathrm{m^2}\right)$

T_h คือ อุณหภูมิที่ร้อนกว่า $\left(\mathrm{K}\right)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

T_c คือ อุณหภูมิที่เย็นกว่า (K)

2.4.2 การนำความร้อน (Conduction)

การนำความร้อน จะคล้ายกับการพาความร้อน แต่จะใช้ตัวกลางที่มีการนำความร้อนได้ดี ซึ่งมักจะเป็นโลหะ ความร้อนจะถูกนำมาจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง โดยที่ตัวกลางเองจะไม่เคลื่อนที่

สมการคำนวณของการนำความร้อน ดังนี้ คือ

$$Q = -kA\left[\frac{dT}{dX}\right] \tag{2.2}$$

เมื่อ Q คือ อัตราการถ่ายเทความร้อน (W)

k คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อน $(\mathrm{W/mK})$

A คือ พื้นที่ตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของความร้อน (m^2)

$\left[\frac{dT}{dX}\right]$ คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิกับระยะทาง

ก. การนำความร้อนผ่านผนังราบชั้นเดียว

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

$$Q = \left[\frac{kA}{I}\right](T_1 - T_2) \tag{2.3}$$

เมื่อ Q คือ อัตราการถ่ายเทความร้อน (W)

k คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อน $(\mathrm{W/mK})$

A คือ พื้นที่ตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของความร้อน (m^2)

$T_1 - T_2$ คือ ความแตกต่างของอุณหภูมิ (K)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

l คือ ความยาวหรือความหนา (m)

การนำความร้อนผ่านผนังหลายชั้น

โดยปกติแล้วเรามักจะต้องการให้มีการสูญเสียความร้อนน้อยที่สุด ซึ่งจะทำได้โดยการใช้ผนังที่ทำด้วยวัสดุที่เป็นฉนวนกันความร้อน คือ วัสดุที่มีค่า k ต่ำ แต่วัสดุที่มีค่า k ต่ำมักจะไม่แข็งแรง ไม่เหมาะจะนำมาเป็นโครงสร้าง ในทางปฏิบัติมักใช้วัตถุดิบมากกว่า 1 ชนิด ในการสร้างผนัง ซึ่งมักประกอบด้วยวัสดุที่แข็งแกร่ง เช่น โลหะ และบุด้วยฉนวนกันความร้อน ดังนั้นจึงควรมีสมการที่ใช้คำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่มีหลายชั้น

$$q_x = \frac{T_{\alpha 1} - T_{\alpha 4}}{\sum R_t} \tag{2.4}$$

$$R_t = \frac{1}{h_1 A} + \frac{L_1}{K_A A} + \frac{L_2}{K_B A} + \frac{L_3}{K_C A} + \ldots$$

เมื่อ q_x คือ อัตราการถ่ายเทความร้อน (W)

$T_{\alpha 1} - T_{\alpha 4}$ คือ ความแตกต่างของอุณหภูมิ (K)

k คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อน $(\mathrm{W/mK})$

h คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อน $(\mathrm{W/m^2K})$

2.4.3 การแผ่รังสี [24]

การแผ่รังสีความร้อน คือ พลังงานที่ถูกส่งออกไปโดยที่อุณหภูมิจำกัดแน่นอน ถึงแม้ว่าเราจะเน้นการแผ่รังสีจาวัตถุแข็งก็ตาม การส่งออกของรังสีอาจเกิดขึ้นได้จากของเหลวและก๊าซ ดังนั้น โดยไม่คำนึงถึงรูปของสาร การส่งออกรังสีหรือว่าเป็นการเปลี่ยนการจัดเรียงตัวของอิเล็กตรอนขององค์ประกอบอะตอมหรือโมเลกุล พลังงานของสนามการแผ่รังสีนั้นจะถูกนำออกไป โดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ในขณะที่การถ่ายพลังงานโดยการนำหรือการพาต้องการวัตถุตัวกลางแต่การแผ่รังสีไม่ต้องการ ในความเป็นจริงการถ่ายเทโดยการแผ่รังสีเกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดในสุญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลังงานอินฟราเรดเป็นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งแผ่ออกมาโดยวัตถุร้อน วัตถุจะดูดซับพลังงานจากรังสีและทำให้วัตถุร้อนขึ้น อัตราการถ่ายเทความร้อนขึ้นอยู่กับ

1. อุณหภูมิผิวหน้าของวัตถุที่ให้ความร้อนและรับความร้อน
2. คุณสมบัติผิวหน้าของวัตถุทั้งสอง
3. รูปร่างของวัตถุที่แผ่และรับรังสี

ปริมาณความร้อนที่แผ่ออกจากวัตถุแผ่รังสีสมบูรณ์ (perfect radiator) ที่เรียกว่า วัตถุดำ (black body)สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการสเตฟาน-โบลแมน (Stefan-Boltzman) ดังต่อไปนี้

$$Q = \sigma A T^4 \tag{2.5}$$

เมื่อ Q คือ อัตราการแผ่นความร้อน $\left(\mathrm{J/s}\right)$

σ คือ ค่าคงที่สเตฟาน-โบลแมน ซึ่งมีค่าเท่ากับ $5.7\mathrm{x}10^{-8}$ $\left(\mathrm{J/sm^2K^4}\right)$

A คือ พื้นที่ผิว $\left(\mathrm{m^2}\right)$

$T(\mathrm{K}=^{o}\mathrm{C}+273)$ คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์

สามารถใช้สมการนี้ได้กับวัตถุดูดซับสัมบูรณ์ที่เรียกว่าวัตถุดำ (black body)

อย่างไรก็ตาม เครื่องแผ่รังสีความร้อนไม่ใช่วัตถุแผ่รังสีแบบสัมบูรณ์ และอาหารก็ไม่ใช่วัตถุดูดซับรังสีสัมบูรณ์แม้วัตถุเหล่านี้จะแผ่หรือดูดซับรังสีจากค่าสูงสุดตามทฤษฎีในอัตราส่วนที่คงที่ จากแนวคิดนี้จึงมีการใช้คำว่า วัตถุเทา (grey body) และดัดแปลงสมการสเตฟาน-โบลแมน ดังต่อไปนี้

$$Q = \varepsilon \sigma A T^4 \tag{2.6}$$

เมื่อ ε คือ ความสามารถในการแผ่รังสี (emissivity) ของวัตถุเทาซึ่งแสดงเป็นตัวเลข 0 ถึง 1 (ตารางที่ 2.3)

ความสามารถในการแผ่รังสีจะแตกต่างกันขึ้นกับอุณหภูมิของวัตถุเทาและความยาวคลื่นของรังสีที่แผ่ออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณของรังสีที่ถูกดูดซับโดยวัตถุเทาเรียกว่า ความสามารถในการดูดซับ (absorptivity) แสดงโดย α และมีค่าทางตัวเลขเท่ากับความสามารถในการแผ่รังสี รังสีที่ไม่ถูกดูดซับจะสะท้อนออกมาและแสดงค่าได้ในรูปของความสามารถในการสะท้อน (reflectivity) เท่ากับ $1-\alpha$ ปริมาณพลังงานที่ถูกดูดซับหรือระดับการทำให้ร้อนจะแตกต่างกันจากศูนย์ถึงการดูดซับโดยสมบูรณ์ ค่านี้ถูกกำหนดโดยองค์ประกอบในอาหารและความยาวคลื่น ความยาวคลื่นของรังสีอินฟราเรดกำหนด โดยอุณหภูมิของต้นกำเนิดรังสี อุณหภูมิที่สูงกว่าจะให้ความยาวคลื่นที่สั้นกว่าและการแทรกผ่านที่ลึกกว่า อัตราสุทธิของการถ่ายเทความร้อนสู่อาหารจึงเท่ากับอัตราการดูดซับลบจากอัตราการแผ่รังสี

ตารางที่ 2.3 ค่าความสามารถในการแผ่รังสีโดยประมาณในกระบวนการแปรรูปอาหาร [28][29]

วัตถุ	ความสามารถในการแผ่รังสี
ขนมปังไหม้ดำ	1.00
โดขนมปัง	0.85
น้ำ	0.96
น้ำแข็ง	0.97
เนื้อไม่ติดมัน	0.74
ไขมันวัว	0.78
กระดาษขาว	0.90
โลหะหรือไม้ที่ทาสีแล้ว	0.90
โลหะที่ไม่ได้ขัดเงา	0.7-0.25
โลหะขัดเงา	<0.05

$$Q=\varepsilon\sigma A\left(T_1^4-T_2^4\right) \tag{2.7}$$

เมื่อ T_1 คือ อุณหภูมิของวัตถุแผ่รังสี (K)

T_2 คือ อุณหภูมิของวัตถุดูดซับรังสี (K)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 รังสีอินฟราเรด (Infrared radiation) [27]

พลังงานจากรังสีไมโครเวฟและรังสีอินฟราเรดเป็น 2 รูปแบบของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งถูกถ่ายทอดในรูปคลื่นผ่านเข้าไปในอาหารและเปลี่ยนเป็นความร้อน ข้อแตกต่างที่สำคัญระหว่างพลังงานไมโครเวฟและอินฟราเรดได้แก่

1. รังสีไมโครเวฟเกิดขึ้นในช่วงคลื่นความถี่เฉพาะซึ่งอยู่ระหว่างคลื่นวิทยุและคลื่นอินฟราเรดโดยมีความยาวคลื่นประมาณ 0.025-0.75 เมตร ในขณะที่ความร้อนจากการแผ่รังสีความร้อนมีช่วงความถี่คลื่นกว้างกว่า คือความยาวของคลื่นวิทยุอยู่ในหลักกิโลเมตร และคลื่นอินฟราเรดอยู่ในหลักไมโครเมตร เนื่องจากความถี่คลื่นไมโครเวฟจะใกล้เคียงกับคลื่นวิทยุและซ้อนกับคลื่นเรดาร์ ทำให้เกิดการรบกวนระบบสื่อสารได้ ดังนั้นในสหรัฐอเมริกา จึงมีการจำกัดการใช้คลื่นไมโครเวฟให้อยู่ภายใต้คณะกรรมการการสื่อสารแห่งรัฐ สำหรับการใช้คลื่นไมโครเวฟในอาหาร ในสหรัฐอเมริกาอนุญาตให้ใช้ความถี่ 2450 MHz และ 915 MHz ในขณะที่ในยุโรปอาจมีการใช้คลื่นความถี่ 896 MHz ด้วย
2. ความลึกของการทะลุทะลวงเข้าไปในอาหารเกี่ยวข้องโดยตรงกับความถี่คลื่น คลื่นไมโครเวฟซึ่งมีความถี่ต่ำกว่าจึงสามารถทะลุทะลวงเข้าไปในอาหารได้ลึกกว่าคลื่นอินฟราเรด
3. คลื่นไมโครเวฟจะไปเหนี่ยวนำการเสียดสีของโมเลกุลของน้ำทำให้เกิดความร้อน ในขณะที่พลังงานอินฟราเรดทำให้เกิดความร้อนโดยการถูกดูดซับและเปลี่ยนเป็นความร้อน
4. ปริมาณการให้ความร้อนโดยไมโครเวฟอาจกำหนดโดยความชื้นในอาหาร ในขณะที่พลังงานจากการแผ่รังอินฟราเรดจะขึ้นอยู่กับลักษณะผิวหน้าและสีของอาหาร
5. ในกรณีที่ใช้รังสีอินฟราเรด ค่าการนำความร้อนของอาหารมีความสำคัญกว่าในกรณีของการใช้คลื่นไมโครเวฟ เนื่องจากพลังงานอินฟราเรดมีอำนาจในการทะลุทะลวงต่ำ การใช้รังสีอินฟราเรดในการให้ความร้อนจะทำให้อาหารร้อนที่ผิวเท่านั้น ในขณะที่รังสีไมโครเวฟจะให้ความร้อนทั่วชิ้นอาหาร
6. นิยมใช้คลื่นไมโครเวฟในการถนอมรักษาอาหาร เช่น การกำจัดน้ำ การลวก การพาสเจอไรซ์ ในขณะที่นิยมใช้รังสีอินฟราเรดในการเปลี่ยนแปลงคุณภาพการบริโภคของอาหาร เช่น กลิ่น รส หรือสีผิว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 เครื่องมือการให้ความร้อนโดยใช้รังสีอินฟราเรด

เครื่องให้ความร้อนโดยใช้รังสีความร้อนหรือรังสีอินฟราเรดแบ่งออกเป็น เครื่องให้ความร้อนแบบโลหะทรงกระบอกหรือโลหะแบน เครื่องทำความร้อนเซรามิก หลอดควอทซ์หรือฮาโลเจนซึ่งใช้ฟิลาเมนท์ไฟฟ้า

การประยุกต์ใช้รังสีอินฟราเรดที่สำคัญในอุตสาหกรรมได้แก่ การทำแห้งอาหารที่มีความชื้นต่ำ เช่น ผงโกโก้ แป้ง เมล็ดธัญพืช มอลท์ ผลิตภัณฑ์พาสตาและผงชา ผลิตภัณฑ์จะเคลื่อนที่บนสายพานผ่านเข้าไปในอุโมงค์ภายใต้เครื่องทำความร้อนโดยรังสีที่ติดตั้งเรียงกัน [30] นอกจากนั้นการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งประกอบด้วยพลังงานอินฟราเรดประมาณ 48% ในการตากแห้งนับเป็นวิธีที่สำคัญในหลายประเทศ มีการใช้พลังงานจากรังสีความร้อนในเครื่องทำแห้งสุญญากาศ เครื่องทำแห้งแบบถาดและเครื่องทำแห้งแบบระเหิด อย่างไรก็ตามไม่นิยมใช้รังสีอินฟราเรดเพียงอย่างเดียวในการทำแห้ง อาหารแข็งชิ้นๆ เนื่องจากความลึกของการแทรกผ่านความร้อนจำกัด มีการใช้รังสีอินฟราเรดในตู้อบและย่างรวมทั้งการให้ความร้อนในการบรรจุโดยใช้ฟิล์มหด *(shrink film)* โดยสมบัติของเครื่องแผ่รังสีอินฟราเรดสามารถบ่งชี้ถึงความสามารถในการเลือกที่เหมาะสมให้แก่ วัสดุที่จะนำมาทำแห้งต่างๆ ดังตารางที่ 2.4

2.6 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการทำแห้ง (Drying fundamentals) [27]

การทำแห้ง คือ กระบวนการที่ความร้อนถูกถ่ายเทด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งไปยังวัสดุที่มีความชื้นเพื่อไล่ความชื้นโดยการระเหย ความร้อนที่วัสดุชื้นได้รับนี้จะนำไปเป็นความร้อนแฝงของการระเหยในกระบวนการทำแห้งจะเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของอากาศชื้น

เงื่อนไขการทำแห้งแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

เงื่อนไขภายนอกวัสดุ เช่น วิธีถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุ วิธีกำจัดความชื้นที่ระเหยออกมาจากวัสดุ ความชื้นอิ่มตัวของอากาศร้อน ความดัน และอุณหภูมิของการทำแห้ง

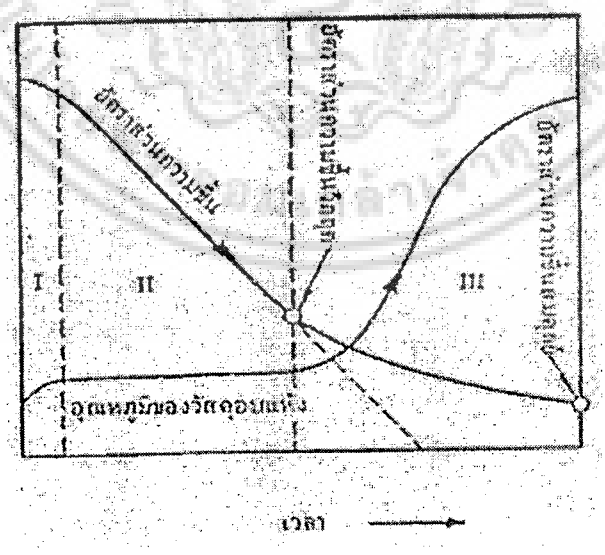
เงื่อนไขภายในวัสดุ เช่น ความพรุนของของแข็ง การนำความร้อนของวัสดุชื้น อุณหภูมิของวัสดุชื้น อัตราส่วนความชื้น และอัตราส่วนความชื้นสมดุล

ตารางที่ 2.4 สมบัติของเครื่องแผ่รังสีอินฟราเรด [31]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

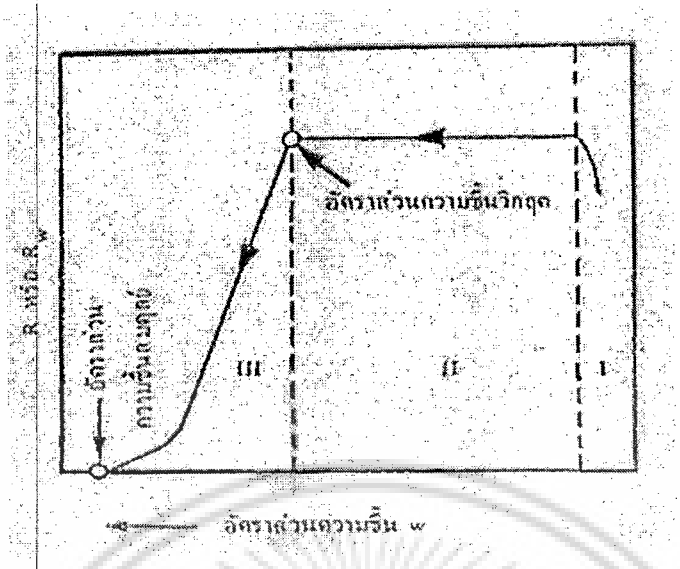
ต้นกำเนิดรังสี (emitter)	อุณหภูมิสูงสุดในการใช้งาน (°C)	ความเข้มสูงสุด (kW/m^2)	อุณหภูมิสูงสุดของกระบวนการ (°C)	ความร้อนจากการแผ่รังสี (%)	ความร้อนจากการพา (%)	เวลาในการให้ความร้อนและทำให้เย็น (s)	อายุการใช้งาน
คลื่นความถี่สั้น							
ดวงไฟร้อน	2,200	10	300	75	25	1	5,000 ชั่วโมง
ปืนIR	2,300	2	4,600	98	2	1	
แท่งควอทซ์	2,200	80	600	80	20	1	5,000 ชั่วโมง
คลื่นความถี่ปานกลาง							
แท่งควอทซ์	950	60	500	55	45	30	หลายปี
คลื่นความถี่ยาว							
Element	800	40	500	50	50	<120	หลายปี
เซรามิก	700	40	400	50	50	<120	หลายปี

ในการทำแห้งวัสดุเปียกชื้นจะกระทำภายใต้เงื่อนไขการทำแห้งที่คงที่ เช่น ความชื้น ความเร็วลม อุณหภูมิ ความดัน ฯลฯ ถ้าทำการทดลองวัดการเปลี่ยนแปลงมวลและอุณหภูมิของวัสดุทำแห้งกับเวลาจะได้เส้นกราฟมีลักษณะดังรูปที่ 2.3 หรือวัดอัตราการทำแห้งกับอัตราส่วนความชื้นจะได้เส้นกราฟที่เรียกว่า เส้นลักษณะเฉพาะของการทำแห้ง



รูปที่ 2.3 การเปลี่ยนแปลงของมวลและอุณหภูมิกับเวลาในการทำแห้ง [15]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 เส้นลักษณะเฉพาะของการทำแห้ง [15]

จากรูปที่ 2.3 และ 2.4 พบว่าการทำแห้งแบ่งออกเป็น 3 ช่วงใหญ่ๆดังนี้

ก. ช่วงการให้ความร้อนเบื้องต้นแก่วัสดุ

ข. ช่วงการทำแห้งที่ความเร็วคงที่

ค. ช่วงการทำแห้งที่ความเร็วลดลง

มีรายละเอียดดังนี้

ก. ช่วงการให้ความร้อนเบื้องต้นแก่วัสดุ

ที่ผิวของวัสดุความชื้นจะอยู่ในรูปของเหลว ถ้านำวัสดุมาอบภายใต้สภาวะการทำแห้งคงที่ อุณหภูมิของวัสดุจะมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของกระแสลมร้อนช่วงเวลาที่วัสดุใช้เพื่อเพิ่มอุณหภูมิจนถึงค่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกนี้คือ ช่วงที่I ดังรูปที่ 2.3 และ 2.4

ข. ช่วงการทำแห้งที่ความเร็วคงที่

เนื่องจากความร้อนที่ถ่ายเทจากอากาศมายังวัสดุชื้นทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลขึ้นพร้อมกัน ในช่วงนี้ความร้อนทั้งหมดที่วัสดุได้รับจะถูกใช้ในการระเหยน้ำ หรือของเหลวออกจากวัสดุชื้น ความร้อนที่วัสดุได้รับในช่วงนี้คือ ความร้อนแฝงในการระเหยนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการทำแห้งในช่วงนี้จึงไม่ขึ้นกับเงื่อนไขภายในวัสดุ แต่ขึ้นกับเงื่อนไขภายนอกวัสดุที่ใช้ในการทำแห้งช่วงการทำแห้งที่ใช้ความเร็วคงที่ คือ ช่วงที่ II แสดงดังรูปที่ 2.3 และ 2.4

ค. ช่วงการทำแห้งที่ความเร็วลดลง

ในขั้นตอนที่มีความชื้นที่อยู่ในรูปของเหลวในวัสดุจะระเหยหมดเนื่องจากการถ่ายเทความร้อนของของเหลวจากส่วนในของวัสดุเกิดขึ้นไม่ทันกับการระเหยของของเหลวหรือน้ำจากผิวของวัสดุจะทำให้อัตราการทำแห้งในวัสดุลดลง และเรียกอัตราส่วนความชื้นที่เปลี่ยนจากช่วงของการทำแห้งที่ความเร็วคงที่เป็นช่วงการทำแห้งที่ความเร็วลดลงว่า อัตราส่วนความชื้นวิกฤต หลังจุดนี้วัสดุจะแห้งและอุณหภูมิของวัสดุจะเริ่มสูงขึ้นจนสมดุลกับอากาศขาเข้า เรียกอัตราส่วนความชื้นที่จุดสมดุลนี้ว่า อัตราส่วนความชื้นสมดุล ช่วงการทำแห้งที่ความเร็วลดลง คือ ช่วงที่ III ดังแสดงในรูปที่ 2.3 และ 2.4

2.7 การทำแห้งของผลิตผลทางการเกษตร [32]

2.7.1 ความสำคัญของการทำแห้ง

การทำแห้งคือกระบวนการลดความชื้นซึ่งส่วนใหญ่ใช้การถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุที่ชื้น เพื่อไล่ความชื้นออกโดยการระเหย โดยใช้ความร้อนที่ได้รับเป็นความร้อนแฝงของการระเหย วัสดุทำแห้งมีมากมายหลายชนิด ประโยชน์ของการทำแห้งเมล็ดพืชและอาหารอาจสรุปได้ตามลำดับความสำคัญดังต่อไปนี้

1) เพื่อการถนอมรักษาอาหาร อาหารที่แห้งแล้วสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานโดยไม่เสียเนื่องจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์มีน้อย
2) เพื่อลดปริมาตรและน้ำหนัก อาหารที่แห้งแล้วจะมีปริมาตรและน้ำหนักลดลงทำให้สามารถลดต้นทุนในการเก็บรักษาและการขนส่ง
3) เพื่อช่วยให้กระบวนการผลิตดีขึ้น ในกรณีนี้อาจจะไม่จริงเสมอไปทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตนั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 ความชื้นในวัสดุ

ความชื้นเป็นตัวบอกปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในวัสดุเมื่อเทียบกับมวลของวัสดุชื้นหรือแห้ง ความชื้นในวัสดุสามารถแสดงได้เป็น 2 แบบ คือ

ความชื้นฐานเปียก

$$M_W = \frac{W - D}{W} \tag{2.8}$$

เมื่อ M_W คือ ความชื้นฐานเปียก, เศษส่วน

W คือ มวลของวัสดุชื้น, kg

D คือ มวลของวัสดุแห้ง (ไม่มีความชื้น), kg

ความชื้นแบบนี้นิยมใช้กันในวงการค้า โดยทั่วไปจะอ้างในรูปแบบของเปอร์เซ็นต์ 100 M_W

ความชื้นฐานแห้ง

$$M_D = \frac{W - D}{D} \tag{2.9}$$

ความชื้นแบบนี้นิยมใช้กันในการวิเคราะห์กระบวนการทำแห้งทางทฤษฎี เพราะช่วยให้การคำนวณสะดวกขึ้น ซึ่งเป็นเพราะมวลของวัสดุแห้งจะมีค่าคงที่หรือเกือบคงที่ระหว่างการทำแห้ง ที่ว่าเกือบคงที่นี้ เพราะผลิตผลทางการเกษตรเป็นสิ่งมีชีวิต มีการหายใจ ดังนั้นจึงมีการเผาผลาญสารอาหาร ทำให้มวลแห้งลดลง ส่วนใหญ่แล้วมวลแห้งจะลดลงเพียงเล็กน้อย

2.7.3 วิธีการหาความชื้นในเมล็ดพืชและอาหาร

การหาความชื้นอาจแบ่งได้เป็น 2 วิธีคือ วิธีตรงและวิธีอ้อม การเก็บตัวอย่างเพื่อหาความชื้นเป็นปัญหาที่สำคัญอันหนึ่ง เนื่องจากอาจได้ตัวอย่างที่ไม่ได้เป็นตัวแทนที่เหมาะสมของเมล็ดพืชหรืออาหารทั้งหมด นอกจากนี้ควรเก็บตัวอย่างไว้ในภาชนะที่สามารถป้องกันมิให้เกิดการถ่ายเทความชื้นระหว่างตัวอย่างและอากาศก่อนที่จะทำการหาความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีตรง

วิธีการหาความชื้นโดยตรงมีหลายวิธี เช่น การใช้ตู้อบ การกลั่น การใช้สารดูด ความชื้นในห้องสุญญากาศ เป็นต้น วิธีตรงเป็นวิธีที่ใช้เวลา แต่มีความถูกต้องสูง สามารถใช้อ้างอิงได้

การใช้ตู้อบ

การหาความชื้นของเมล็ดพืชอาจทำได้โดยใช้ตู้อบ ในกรณีแรกเมล็ดพืชจะถูกบดให้ละเอียดและใส่ตู้อบที่อุณหภูมิ 130°C เป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง ในกรณีที่สองนำเมล็ดพืชที่ไม่ได้บดใส่ไว้ในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 72-96 ชั่วโมง ตัวเลขที่กล่าวนี้เป็นเพียงข้อแนะนำเท่านั้น ความแตกต่างอาจเกิดขึ้นได้สำหรับมาตรฐานของแต่ละประเทศ รายละเอียดวิธีการหาความชื้นอาจหาอ่านได้จากมาตรฐานของ Association of Official Agricultural Chemists [33]

ในกรณีที่เมล็ดพืชมีความชื้นสูงจะต้องแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือ ใส่ตัวอย่างเมล็ดพืชในตู้ทำแห้งเพื่อให้ความชื้นลดลงช่วงหนึ่งก่อน จากนั้นจึงนำตัวอย่างที่มีความชื้นลดลง บ้างแล้วมาบดให้ละเอียดและอบให้แห้งต่อไป ความชื้นในเมล็ดพืชสามารถคำนวณได้จากมวลของน้ำที่หายไป

การหาความชื้นอาจทำได้โดยการใช้ตู้อบสุญญากาศ โดยบดตัวอย่างเมล็ดพืชให้ละเอียดและใส่ไว้ในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 °C ที่ความดันสัมบูรณ์ 25mmHg เป็นเวลา 5 ชั่วโมง แล้วนำออกจากตู้อบไปเก็บไว้ในภาชนะที่ปิดได้สนิท (อาจมีตัวดูดความชื้นด้วย) เมื่อตัวอย่างเมล็ดพืชเย็นลงแล้วก็ทำการชั่งน้ำหนัก เพื่อนำค่าที่ได้ไปใช้ในการคำนวณหาความชื้นต่อไป

สำหรับอาหารอื่นบางอย่างมีข้อแนะนำให้บดอาหารให้ละเอียดแล้วนำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิและเวลาอยู่ในตู้อบดังต่อไปนี้ [34]

ผลไม้แห้ง	อบที่	70°C	เป็นเวลา 5 ชั่วโมงในตู้อบสุญญากาศ
นมผงแห้ง	อบที่	100 °C	เป็นเวลา 5 ชั่วโมงในตู้อบสุญญากาศ
กากน้ำตาล	อบที่	70°C	เป็นเวลา 2 ชั่วโมงในตู้อบสุญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้วิธีกลั่น

วิธีกลั่นนี้ทำได้โดยใส่ตัวอย่างอาหารไว้ในน้ำมันและทำให้ร้อน เนื่องจากน้ำมีจุดเดือดต่ำกว่าน้ำมัน ดังนั้นน้ำจึงระเหยออกมาก่อน โดยผ่านไอน้ำเข้าเครื่องควบแน่นจะได้หยดน้ำ น้ำส่วนนี้คือปริมาณน้ำที่มีอยู่ในอาหาร

วิธีการกลั่นแบบ Brown-Duvel เป็นวิธีที่ยอมรับกันทั่วไป ในกรณีของข้าวใช้ ตัวอย่างข้าว 100 g ใส่ไว้ในน้ำมัน 150 ml และทำให้ร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 190 °c สำหรับข้าวเปลือก และที่อุณหภูมิ 200 °c สำหรับข้าวสาร น้ำที่ระเหยออกมาจะไหลไปตามท่อ และถูกทำให้เย็นลงจนถึงจุดควบแน่น วิธีนี้จะใช้เวลาประมาณ 30 นาที

วิธีการกลั่นแบบ Toluene ก็เป็นที่ยอมรับกัน รายละเอียดอาจหาอ่านได้จากเอกสารอ้างอิง [30]

วิธีอ้อม

การหาความชื้นของวัสดุอาจทำได้โดยการวัดคุณสมบัติบางอย่างซึ่งขึ้นอยู่กับความชื้น เช่นความต้านทานทางไฟฟ้า หรือคุณสมบัติทางไดอิเลคทริก (dielectric)

วิธีนี้เป็นวิธีที่สามารถทำได้รวดเร็วอาจจะใช้เวลาเพียง 1 นาที เท่านั้น ข้อเสียคือ ความชื้นที่หาได้อาจจะไม่ถูกต้องนัก นอกจากนี้คุณสมบัติเหล่านี้ยังแปรเปลี่ยนตามอุณหภูมิและความหนาแน่นของการบรรจุได้ด้วย เครื่องมือเหล่านี้ควรได้รับตรวจสอบความถูกต้องเป็นครั้งคราว ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ แม้ว่าการวัดความชื้นโดยวิธีอ้อมจะมีความคลาดเคลื่อนบ้าง แต่ก็เป็นที่ยอมรับกันในวงการค้าทั่วไป เนื่องจากทำได้รวดเร็ว ไม่ต้องรอเป็นเวลาหลายชั่วโมง หรือเป็นวัน ดังเช่นกรณีการใช้ตู้อบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 การกรอง (Filtration) [27]

การกรองเป็นกรรมวิธีการทำของเหลวให้ใสโดยการกำจัดอนุภาคเล็กๆของเของแข็งซึ่งมีความเข้มข้นต่ำ เช่น ไวน์ เบียร์ น้ำมันและน้ำเชื่อม หรือเพื่อแยกของเหลวออกจากของแข็งโดยการกรองเนื้ออาหาร เช่น น้ำผลไม้

ทฤษฎี

เมื่อสารแขวนลอยเคลื่อนที่ผ่านแผ่นกรอง อนุภาคแรกจะถูกจับอยู่ในตัวกลางการกรองเป็นผลให้พื้นที่ที่ของเหลวสามารถเคลื่อนที่ผ่านแผ่นกรองได้ลดลง ดังนั้นความต้านทานการไหลจึงเพิ่มขึ้น จึงต้องมีการเพิ่มความแตกต่างของความดันเพื่อรักษาอัตราการไหลของสารที่กรองได้ แสดงอัตราเร็วของการกรองได้ดังต่อไปนี้

$$\text{อัตราเร็วของการกรอง} = \frac{\text{แรงขับเคลื่อน (ความแตกต่างของความดันหน้าตัดของที่กรอง)}}{\text{ความต้านทานต่อการไหล}} \qquad (2.10)$$

2.9 การหาค่าความชื้นสมดุล (สำหรับหาอัตราส่วนความชื้น)

Wu, Orikasa,Ogawa and Tagawa [35] แสดงถึงวิธีการหาค่าความชื้นสมดุลของวัสดุทางการเกษตรของเครื่องทำแห้งนั้นๆโดยการทำแห้ง ณ อุณหภูมิตั้ง จนกระทั่งน้ำหนักของวัสดุทางการเกษตรไม่เปลี่ยนแปลง (ในงานวิจัยใช้เวลา 1 ชั่วโมง) จึงนำ วัสดุทางการเกษตรที่ผ่านการทำแห้งแล้วไปหาความชื้นด้วยวิธีหาความชื้นของวัสดุตามวิธีข้างต้นจึงสามารถหาค่าความชื้นสมดุลของวัสดุที่เครื่องทำแห้งที่สภาวะต่างๆได้

2.10 คุณลักษณะเชิงคุณภาพในการตรวจสอบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ผลิตได้ [36]

Free Fatty Acid

คือค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณกรดไขมันอิสระ ซึ่งค่ายิ่งน้อยโอกาสที่จะทำปฏิกิริยากับสารอื่นๆ นั้นจะน้อยตามไปด้วย ดังนั้นจึงสามารถรักษาคุณภาพได้คงที่อยู่ได้นาน ซึ่งน้ำมันที่เป็นชนิด Extra virgin oil จะต้องมีค่านี้ต่ำกว่า 0.5% เป็นอย่างน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Peroxide value

คือค่าที่บ่งบอกถึงความเสถียรของน้ำมันมะพร้าวต่อการทำปฏิกิริยา oxidation โดยค่ายิ่งต่ำจะสามารถเก็บไว้ได้นานโดยไม่มีกลิ่นหืนและสีของน้ำมันไม่มีการ เปลี่ยนแปลง โดยสามารถใช้ได้โดยตรงกับผิวเพื่อเพื่อต่อต้านอนุมูลอิสระได้อีกด้วย

2.11 แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์สำหรับการทำแห้งแบบแผ่นที่นำมาประยุกต์ใช้

ตารางที่ 2.5 แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์สำหรับการทำแห้งแบบแผ่นที่นำมาใช้กับการทำเนื้อมะพร้าวขูด [15]

	Model name	Model	References
1	Newton	$MR = \exp(-kt^n)$	O'Callaghan, Menzies and Bailey (1971) [22]
2	Handerson and Pabis	$MR = a\exp(-kt)$	Page(1949) [23]
3	Two terms	$MR = a\exp(-kt) + b\exp(-k_0 t)$	Henderson and Pabis (1961) [24]
4	three-parameter function	$MR = \exp(a + bx + cx^2)$	-

จากข้อมูลอัตราส่วนความชื้นสามารถสร้างแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมได้โดยใช้โปรแกรม ORIGIN PRO 8.0 ด้วยการ Fitting exponential โดยได้ค่า สัมประสิทธิ์การพิจารณา (R^2) (coefficient of determination) โดยคำนวณจากสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (R) (coefficient of correlation) ซึ่งเป็นค่าที่หลักในการเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมกับกราฟอัตราส่วนการทำแห้ง โดยค่ายิ่งเข้าใกล้1มากยิ่งดีและค่า reduced chi-square(χ^2) สำหรับพิจารณาความพอดีของกราฟกับสมการ โดยค่า reduced chi-square มีค่ายิ่งน้อยยิ่งมีความพอดีต่อกราฟมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตร สัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (R) (coefficient of correlation)

$$R=\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(X_i-\bar{X}\right)\left(Y_i-\bar{Y}\right)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\left(X_i-\bar{X}\right)^2}\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\left(Y_i-\bar{Y}\right)^2}} \tag{2.11}$$

สูตร reduced chi-square(χ^2)

$$\chi^2=\frac{1}{\upsilon}\sum_{i=1}^{k}\left(\frac{X_i-\mu_i}{\sigma_i}\right)^2 \tag{2.12}$$

2.12 เครื่องมือที่ใช้ในการผสม (mixing equipment) [37]

ในอุตสาหกรรมอาหาร ได้มีการออกแบบและผลิตเครื่องผสมออกมาเป็นจำนวนมากการเลือกชนิดและขนาดของเครื่องผสมที่ถูกต้องขึ้นกับชนิดและปริมาณของอาหารที่จะนำมาผสม และความเร็วของการปฏิบัติงานเพื่อให้ได้ระดับของการผสมที่ต้องการ โดยใช้พลังงานน้อยที่สุด เครื่องผสมจะแบ่งออกตามลักษณะการทำงานสำหรับอาหารต่อไปนี้

(1) ของเหลวที่มีความหนืดต่ำ

(2) ของเหลวหรือเพสต์ที่มีความหนืดสูง

(3) อาหารผงที่แห้งหรือของแข็งที่เป็นชิ้น

เครื่องผสมสำหรับของเหลวที่มีความหนืดต่ำหรือปานกลาง (*mixers for low- or medirm-viscosity liquids)*

เครื่องผสมหลายตัวที่มีการออกแบบเพื่อผสมของเหลวในภาชนะที่มีแผ่นกั้นก็ได้ ข้อดีและข้อจำกัดของแต่ประเภทตามลักษณะการใช้งานสรุปดังแสดงในตารางที่ 2.6

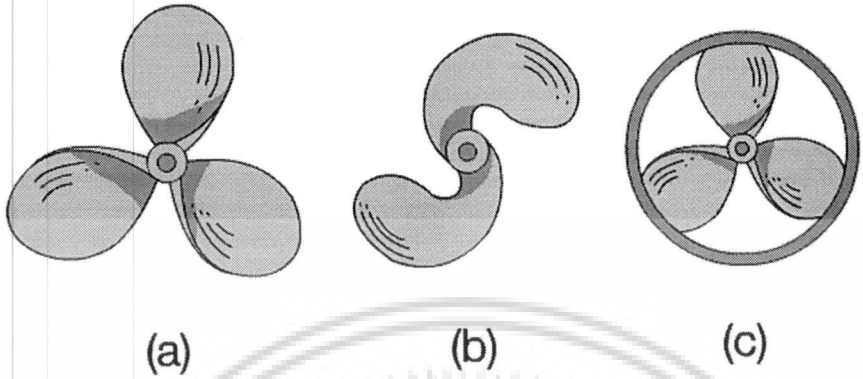
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 ข้อดีและข้อจำกัดของเครื่องผสมของเหลว

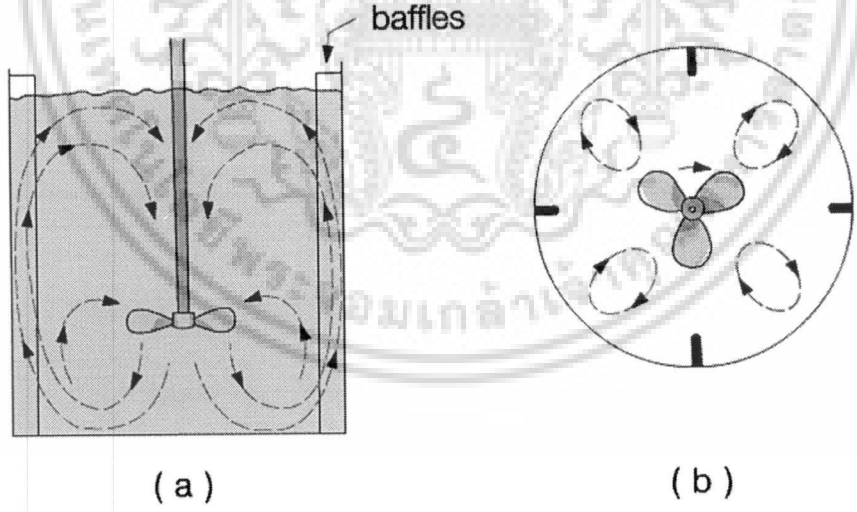
Type of mixer	Advantages	Limitations
Paddle agitator	Good radial andRotational flow,Cheap	Poor perpendicular flow,high vortex risk at higher Speeds
Multiple-paddle Agitator	Good flow in all three directions	More expensive higher energy Requirements
Propeller impeller	Good flow in all three directions	More expensive than paddle agitator
Turbine agitator	Very good mixing	Expensive and risk Of blockage

1 เครื่องกวนชนิดใบพัดเรือ (propeller agitator) เป็นใบพัดความเร็วสูงไหลตามแนวแกน เหมาะสมสำหรับของเหลวที่มีความหนืดต่ำ สำหรับใบพัดเรือขนาดเล็กจะหมุนด้วยความเร็วเท่ากับของมอเตอร์ (1,150 หรือ 1,750 rpm) ถ้าเป็นใบพัดเรือขนาดใหญ่จะหมุนที่ 400-800 rpm . ระยะทางที่ใบพัดหมุน 1 รอบแล้วนำของเหลวเคลื่อนไปตามความยาวจะขึ้นกับมุมความชันของใบพัดเรือ อัตราส่วนของระยะทางนี่ต่อเส้นผ่าศูนย์กลางของใบพัดเรียกว่า pitch ของใบพัด รูปที่ 2.5เป็นใบพัดเรือแบบต่างๆ และลักษณะการไหลในถังผสมที่มีแผ่นกั้นโดยการติดตั้งใบพัดเรือที่ศูนย์กลาง ของถังผสมดังแสดงในรูปที่ 2.6 ลักษณะการไหลชนิดนี้เรียกว่า axial flow เนื่องจากของไหลไหลลงที่แกนกลางหรือเพลาของใบพัดเรือ และไหลขึ้นที่ด้านข้างของถังผสมดังแสดงในภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ใบพัดเรืองชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการผสม (a) ใบพัด 3 ใบชนิดมาตรฐาน (b) weedless (c) guraded

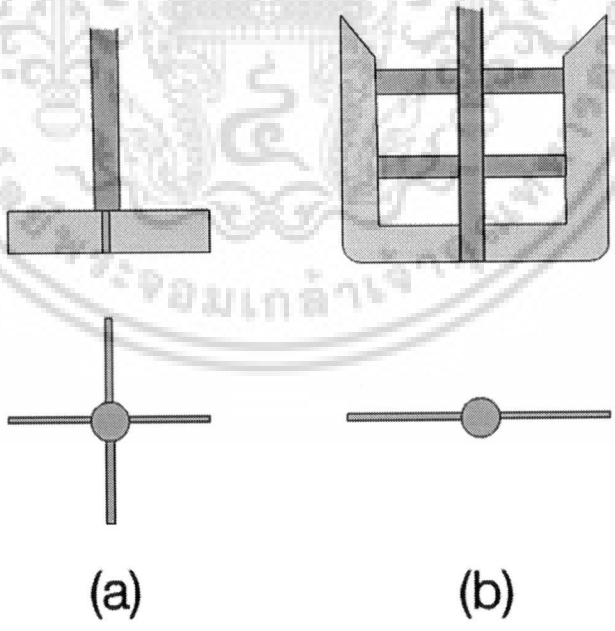


รูปที่ 2.6 ถังผสมที่มีแผ่นกั้น และตัวกวนที่เป็นแบบใบพัดพัดเรืองชนิด 3 ใบโดยมีลักษณะการไหลตามแนวแกน (a) side view (b) top view

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

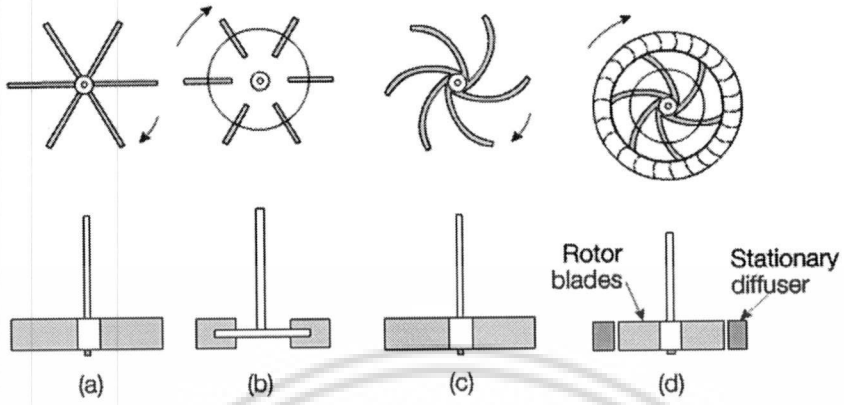
2 เครื่องกวนชนิดใบพาย (paddle agitator) เป็นเครื่องกวนแบบง่ายๆ ประกอบด้วยใบพัดคล้ายใบพายที่แบนหมุนรอบเพลาในแกนตั้งมักนิยมใช้ใบพายแบบ 2 หรือ 4 ใบดังแสดงในภาพที่ 10.5 ซึ่งหมุนด้วยความเร็วต่ำถึงปานกลางประมาณ 20-200 รอบต่อนาที ณ ศูนย์กลางของถังผสม ซึ่งจะดันของเหลวในแนวรัศมี โดยไม่มีการเคลื่อนในแนวดิ่ง ยกเว้นใบพัดแบบ pitch ความยาวทั้งหมดของใบพัดชนิดนี้เป็น 50-80 % ของเส้นผ่าศูนย์กลางของถังผสม และความกว้างของใบพายเป็น 1/6 ถึง 1/10 ของความยาว การกวนที่ความเร็วต่ำมักใช้ในถังผสมที่ไม่มีแผ่นกั้น แต่ที่ความเร็วสูงขึ้นต้องใช้แผ่นกั้นเนื่องจากของเหลวจะหมุนวนรอบซึ่งมีผล ด้านการผสมเกิดขึ้นเล็กน้อยถ้าไม่มีแผ่นกั้น

3 เครื่องกวนชนิดใบพัดกังหัน (turbine agitator) ดังแสดงในภาพที่ 10.6 ประกอบด้วยใบพัดคล้ายใบพายหลายใบแต่ใบพัดสั้นกว่าและหมุนด้วยความเร็วสูงบนเพลาที่ติดตั้งอยู่ตรงกลางของถังผสม เส้นผ่าศูนย์กลางของใบพัดกังหันปกติจะมีขนาดประมาณ 30-50 % ของเส้นผ่าศูนย์กลางของถังผสม ใบพัดกังหันสามารถใช้กับของเหลวที่มีความหนืดในช่วงกว้าง ลักษณะการไหลของถังผสมแบบใบพัดกังหันชนิดใบแบน 6 ใบซึ่งมีจำนวนจานด้วย ดังแสดงในภาพที่ 2.9

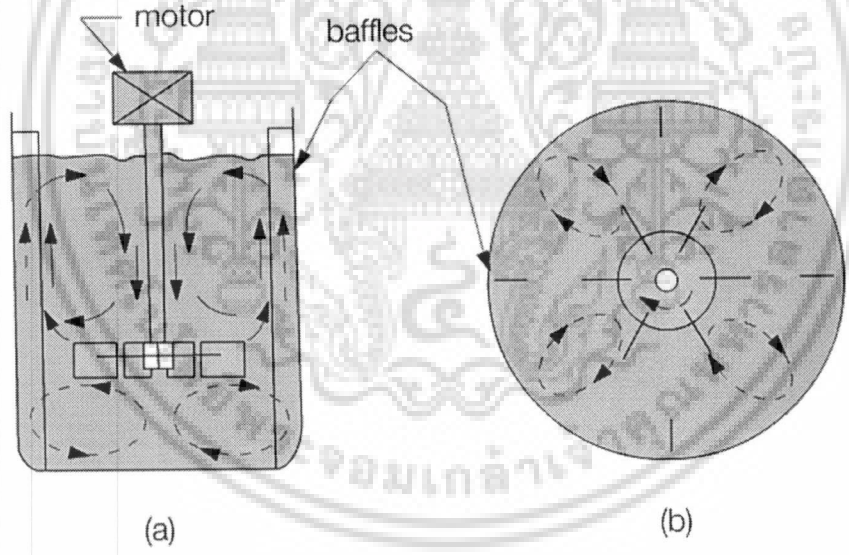


รูปที่ 2.7 ใบกวนแบบใบพาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 ใบพัดชนิดกังหันต่างๆ

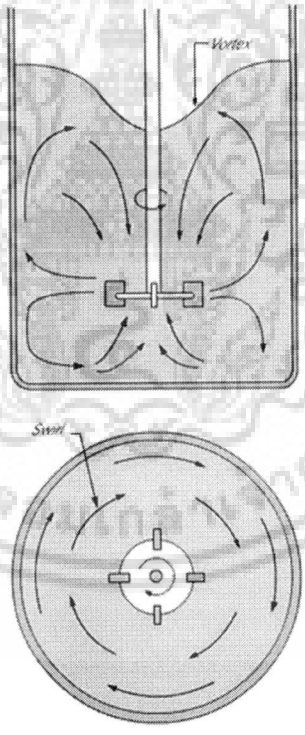


รูปที่ 2.9 ถังผสมที่มีใบพัดกังหันชนิด 6 ใบซึ่งมีจานที่แสดงการไหล (a) side view (b) bottom view

ในการผสมของเหลว ลักษณะการไหลในถังผสมขึ้นกับชนิดของใบพัด ลักษณะเฉพาะของของไหล ขนาดและสัดส่วนของถังผสม แผ่นกั้นและตัวกวน ความเร็วของของไหลที่จุดใดๆ ในถังประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ คือ (1) ความเร็วในแนวรัศมี (radial) และกระทำในทิศทางที่ตั้งฉากกับเพลาของใบพัด (2) ความเร็วในแนวตามความยาว (longitudinal) และกระทำใน

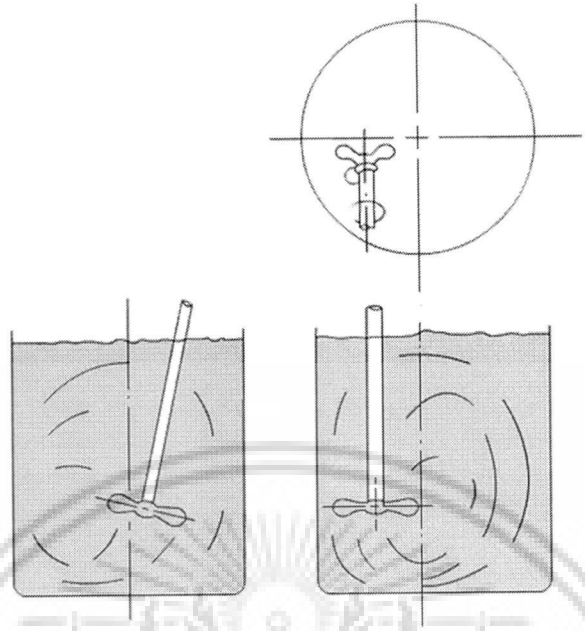
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทิศทางที่ตั้งฉากกับเพลา และ (3) ความเร็วในแนวสัมผัสหรือหมุน (tangential or rotational) และกระทำในทิศทางที่สัมผัสกับทางเดินวงกลมรอบๆ เพลาของในพัด ในกรณีที่เพลาอยู่ในแนวตั้ง องค์ประกอบของความเร็วในแนวรัศมีและในแนวตามความยาวมีประโยชน์และให้การไหล ที่จำเป็นต่าการผสมเมื่อแกนของใบพัดติดตั้งที่กึ่งกลางของถังผสมในแนวตั้ง องค์ประกอบของความเร็วในแนวสัมผัสจะก่อให้เกิดข้อเสีย เนื่องจากการไหลในแนวสัมผัสตามทางเดินที่เป็นวงกลมรอบเพลา ก่อให้เกิดน้ำวน (vortex) ขึ้นที่ผิวของของเหลวดังแสดงในภาพที่ 2.10 จึงจำเป็นต้องหลีกเลี่ยงแบบการไหลในลักษณะการวนรอบๆ ถังผสมซึ่งมีผลต่อการผสมน้อยมาก ดังนั้นการทำลายการไหลลักษณะนี้กระทำได้ง่ายโดยติดตั้งใบพัดให้ห่างจากศูนย์ กลางของถังผสม (รูปที่ 2.11) สำหรับถังผสมขนาดเล็ก ถ้าเป็นถังผสมขนาดใหญ่ขึ้นอาจมีการติดตั้งแผ่นกั้นที่ผนังของถังผสม (รูปที่ 2.6) หรือใบพัดอาจติดตั้งที่ด้านข้างของถังผสม โดยมีเพลาในแนวนอน (รูปที่ 2.12)

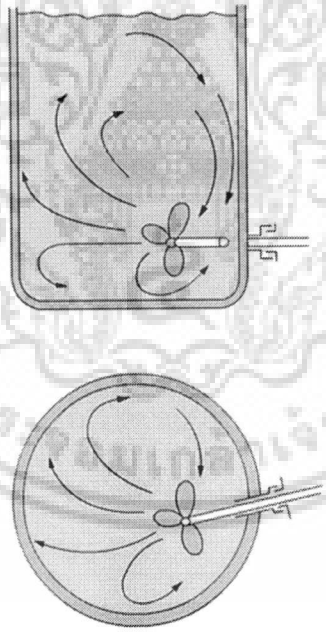


รูปที่ 2.10 ลักษณะการเกิดการไหลแบบหมุนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 ใบพัดที่ติดตั้ง ณ ตำแหน่งที่อยู่ห่างจากศูนย์กลาง

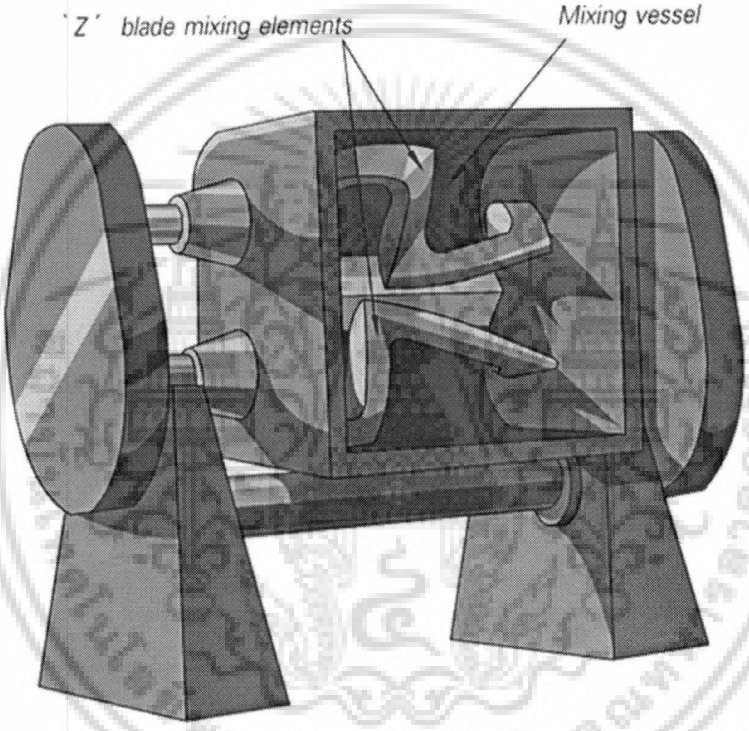


รูปที่ 2.12 ใบพัดที่เข้าทางด้านข้าง ในการผสมโด เพสต์ หรือของเหลวที่มีความหนืดสูง

จำเป็นต้องผสมในเครื่องที่ต้องใช้กำลังมากเพื่อที่สารหรืออาหารถูกแบ่ง พับ หรือรวมกลับเข้ามาใหม่ และส่วนต่างๆ เข้าแทนที่กันโดยผิวที่เกิดขึ้นใหม่ควรจะรวมกลับเข้ามาใหม่ให้บ่อยที่สุด เนื่องจากความต้องการในด้านกำลังงานที่ค่อนข้างมาก กำลังงานจะแผ่กระจายออกไป

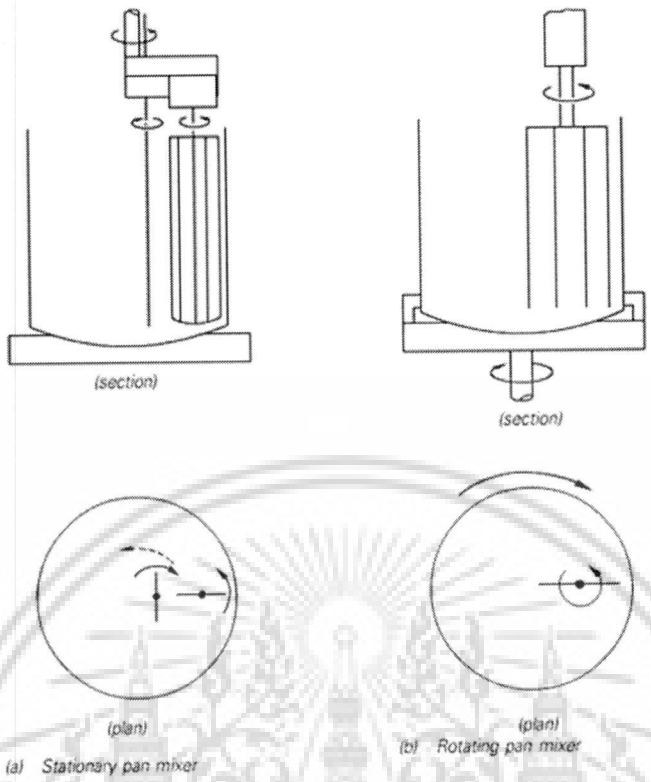
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปของความร้อนซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์ร้อนขึ้น ดังนั้นเครื่องชนิดนี้บางเครื่องจึงมีแจ็คเก็ตน้ำเย็นหุ้มเครื่องเพื่อ กำจัดความร้อนออก เครื่องที่นิยมใช้กันมากสำหรับโดและเพสต์คือ เครื่องนวด (kneader) ดังแสดงในรูปที่ 2.13 ประกอบด้วยแขน 2 อัน ซึ่งอาจหมุนด้วยความเร็วแตกต่างกันส่วนใหญ่ในอัตราส่วนของ 3 : 2 นอกจากนี้ยังมีหม้อผสมซึ่งมี 2 ประเภทคือ แบบที่หม้ออยู่นิ่งและใบกวนหมุน (รูปที่ 2.14(a)) และแบบที่หม้อติดตั้งอยู่กับตัวหมุนและใบกวนก็หมุนด้วย (รูปที่ 2.14(b)) ใบกวนอาจมีหลายลักษณะ (รูปที่ 2.15) ขึ้นกับหน้าที่ในการผสมวัตถุดิบ

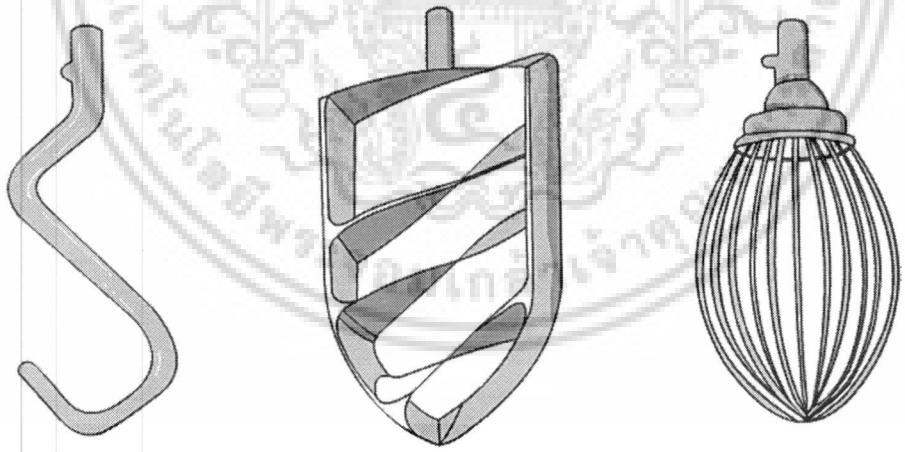


รูปที่ 2.13 เครื่องนวดสำหรับเพสต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 หม้อผสมของโดและเพสต์

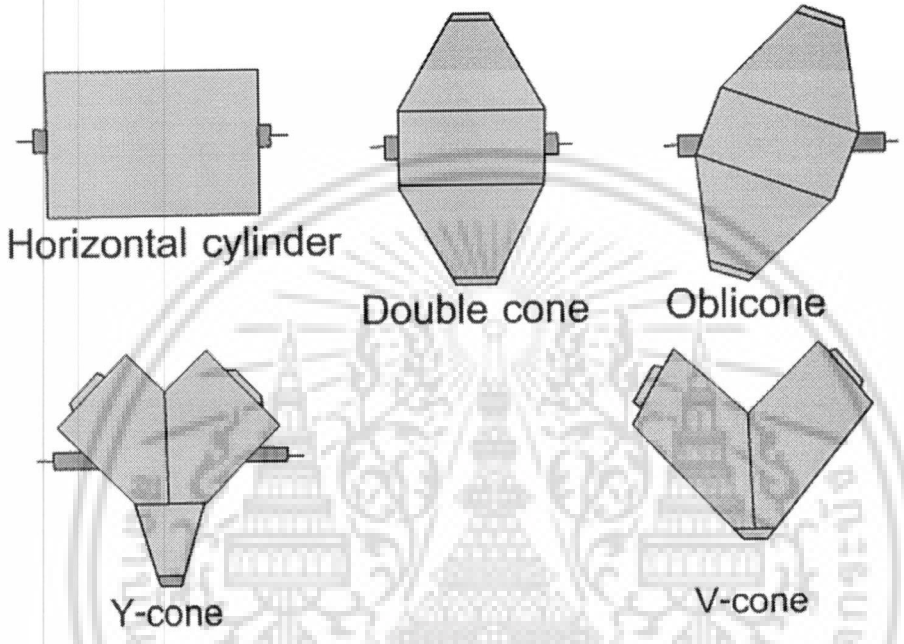


รูปที่ 2.15 ใบกวนแบบต่างๆ ของโดและเพสต์

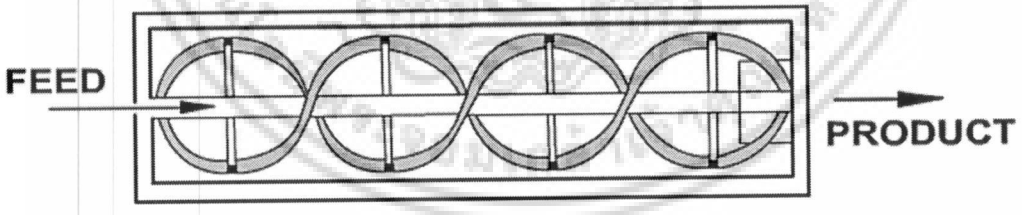
เครื่องผสมสำหรับอาหารผงที่แห้งหรือของแข็งที่เป็นชิ้น (particles and powders mixers)
ลักษณะของเครื่องผสมชนิดนี้คือ การแทนที่ของผสมส่วนหนึ่งด้วยของผสมส่วนอื่นเครื่องที่ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่สุดซึ่งเหมาะ สำหรับการผสมคือ การทำให้อาหารกลิ้งไปมา อย่างไรก็ตาม เครื่องชนิดนี้ไม่ได้ใช้เพื่อทำให้อนุภาคที่เกาะกันเป็นกลุ่ม (agglomerates) แยกออกจากกัน แบบที่ใช้กันมากในอุตสาหกรรมคือ เครื่องผสมแบบดับเบิลโคลน (double-come blender) ดังแสดงในรูปที่ 2.16 ซึ่งประกอบด้วยกรวย 2 อันยึดให้ติดกัน และทำให้หมุนเพื่อทำการผสมอาจมีการใช้แผ่นกั้นด้านในร่วมด้วย



รูปที่ 2.16 รูปร่างของเครื่องผสมแบบที่ทำให้เกิดการกลิ้งไปมา



รูปที่ 2.17 แผนภาพของเครื่องผสมริบบอน

เครื่องผสมของแข็งอีกชนิดหนึ่งซึ่งภาชนะจะอยู่นิ่ง และระยะทางที่สารเคลื่อนที่เกิดจากอุปกรณ์ที่อยู่ด้านใน เช่น เครื่องผสมริบบอนดังแสดงในรูปที่ 2.17 ซึ่งมีสกรู 2 ตัวยึดอยู่ที่เพลาซึ่งหมุน สกรูตัวหนึ่งอยู่ด้านซ้ายและอีกตัวอยู่ด้านขวา ขณะที่เพลาหมุน อนุภาคของอาหารก็จะเคลื่อนที่ในทิศทางตรงกันข้าม ทำให้การผสมเกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการคำนวณและการออกแบบ

3.1 แนวความคิดในการออกแบบ

1. ถังหรือภาชนะที่ใช้ในการทำแห้งระบบสุญญากาศต้องทนแรงดันสุญญากาศได้
2. ใบกวนภายในถังสุญญากาศต้องทำให้เนื้อมะพร้าวขูด เกิดการเคลื่อนที่เพื่อเพิ่มการถ่ายเทความร้อนของเนื้อมะพร้าวขูดกันเอง ในถังทำแห้งระบบสุญญากาศ
3. เพลาใบกวนต้องสามารถทนต่อแรงบิดได้
4. ปริมาณวัตถุดิบที่จะทำการทำแห้งระบบสุญญากาศคือ 0.5 kg
5. ต้องเลือกใช้วัสดุ Stainless Steel AISI Grade 304 เป็นวัสดุในการสร้างถังและใบกวน ซึ่งไม่ทำปฏิกิริยากับเนื้อมะพร้าวขูด
6. ฮีทเตอร์ให้ความร้อนเพียงพอต่อการทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดและใช้อินฟราเรดฮีทเตอร์เป็นแหล่งกำเนิดความร้อน

3.2 การคำนวณหาขนาดของถังสุญญากาศ [26]

3.2.1 หาปริมาตรของถัง

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

เทียบ 436.81 g = 1 L

1000 g = 2.289 L หรือ 2289 cm^3

ดังนั้นถ้าใช้ เนื้อมะพร้าวขูด 500 g มีปริมาตรถังเท่ากับ 1.1445 L หรือ 1144.5 cm^3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากการหาปริมาตรถังสำหรับ อินฟราเรดฮีทเตอร์ ต้องมีลักษณะเตี้ย เพื่อให้ฮีทเตอร์ใกล้พอกับวัสดุที่ได้รับการถ่ายเทความร้อนได้ ดังนั้นปริมาณเนื้อมะพร้าวขูดต่อปริมาตรถังที่ใช้จึงมีค่าน้อย ในที่นี้ กำหนดค่า ไว้ประมาณ 30%

ดังนั้น ถ้าเนื้อมะพร้าวขูด 30% จะเท่ากับ 1.1445 L

ดังนั้น ปริมาตรของถัง 100% จะเท่ากับ 3.815 L หรือ 3815 cm^3

3.2.2 ขนาดถัง

ได้ทำการออกแบบถังน้ำและถังความดันให้มีความสามารถที่จะรองรับน้ำหนักของมะพร้าวขูดได้ประมาณ 0.5 กิโลกรัม ทั้งนี้ถังที่ออกแบบจะต้องสามารถรองรับปริมาตรของมะพร้าวขูด ที่จะใช้ในระบบ

เนื่องจากอินฟราเรดฮีทเตอร์ มีระยะการแผ่รังสีที่สั้น จึงจะสามารถถ่ายเทความร้อนได้ดี โดยทั่วไปในอุตสาหกรรม อินฟราเรดฮีทเตอร์ ขนาดเล็กที่ เลือกใช้นั้นมีระยะในการแผ่รังสีที่เหมาะสม คือ 15 cm

ดังนั้นถังที่ได้ออกมาจึงมีถังที่มีขนาดพิเศษไม่มีขายตามท้องตลาด จึงต้องทำการสั่งทำพิเศษในการคำนวณหาขนาดของถังมีวิธีการคำนวณดังนี้

จากอัตราส่วนที่ใช้ r: h

1: 1

จากสูตร

$$v = \pi r^2 \times h \qquad (3.1)$$

เมื่อ r = รัศมีของถัง cm

h = ความสูงของถัง cm

v = ปริมาตรภายในถัง cm^3

$$r = h$$

$$v = \pi (h)^2 \times h$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$v = \pi h^3$$

$$h^3 = \frac{3815}{\pi}$$

$$h = \sqrt[3]{\frac{3815}{\pi}}$$

$$h \approx 11 \text{ cm}$$

และ กำหนดให้ค่า r $\approx$ 11

3.2.3 หาความหนาของถัง

ค่า Yield strength (σ_y) ของStainless Steel AISI Grade 304 มีค่า 205 MPa = 205 N/ mm^2 [37]

N = ค่าความปลอดภัย เลือก 5

r_i = รัศมีของถัง 11 cm

P = ผลต่างทางความดันภายในและภายนอกถังซึ่งความดันภายในถังสุญญากาศเท่ากับ 0 ความดันภายนอกถังประมาณเท่ากับ 1 bar หรือ 0.1 N/ mm^2

จากสูตร

$$\sigma_{tL} = \frac{Pr_i}{2t} \tag{3.2}$$

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

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

$$= \frac{(0.1)(110)}{2(41)}$$

$$\therefore t = 0.13 \text{ mm}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจาก ทางโรงงานผลิตถัง ไม่มีความหนาที่ดังกล่าวจึงใช้ ความหนาสำหรับ Stainless Steel AISI Grade 304 ตามท้องตลาด คือ 2 mm

3.3 การออกแบบใบกวน

3.3.1 รูปร่าง

ในการกวนต้องการให้เนื้อมะพร้าวขูดเกิดการเคลื่อนที่ ทุกส่วนภายในถังเพื่อช่วยในการดูดความชื้นเมื่อทำการสุญญากาศเอาความชื้นออก

แนวคิดการเลือกประเภทใบกวน จากบทที่2 ในเรื่องเครื่องมือที่ใช้ในการผสม พบว่า แบบใบกวน แบบใบพัดเรือ, แบบใบพาย, แบบใบพัดกังหัน เป็นแบบใบกวนที่เหมาะสมกับของเหลวที่มีความหนืดปานกลาง แบบใบกวนเครื่องนวด, แบบใบกวนที่ผสมโดห์ เป็นแบบใบกวนที่เหมาะสมต่อของเหลวหรือเพสต์ที่มีความหนืดสูง และแบบเครื่องผสมสำหรับอาหารผลที่แห้งหรือของแข็งที่เป็นชิ้น นั้นแบบเครื่องผสมริบบบอน มีความใกล้เคียงมากที่สุด แต่มีข้อเสียคือการทำให้อนุภาคที่ถูกกวนผสมมีอนุภาคเกาะกันเป็นกลุ่ม

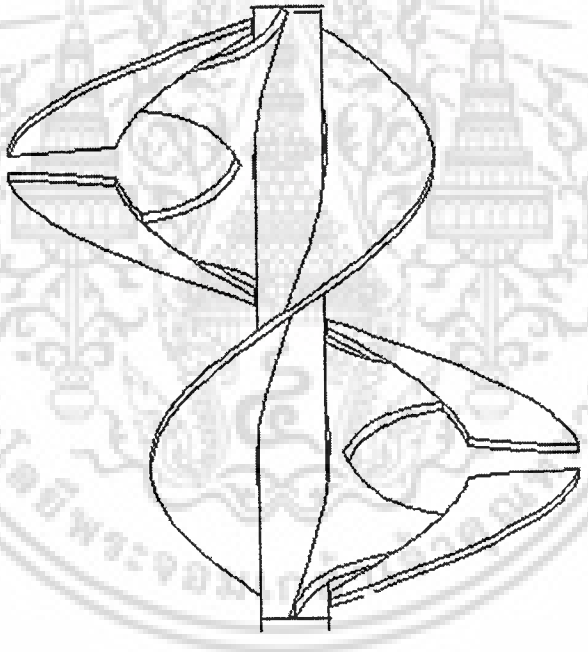
อย่างไรก็ตามจุดประสงค์ของการออกแบบใบกวน จากทฤษฎี การออกแบบใบกวนเพื่อผสมนั้น ไม่สอดคล้อง เนื่องจากผิดวัตถุประสงค์ของใบกวนของเครื่องผสม ที่มีหน้าที่ผสมของเหลวให้เข้ากันหรือการแทนที่ของผสมส่วนอื่นๆ ซึ่งจุดประสงค์แตกต่างจากในงานวิจัยชิ้นนี้ คือ การกวนให้เนื้อมะพร้าวขูดด้านล่าง มีการเคลื่อนที่ไหลตามใบกวนไปสู่ด้านบน เพื่อให้ เนื้อมะพร้าวขูดได้รับความร้อนแบบการแผ่รังสี จากด้านล่างสู่ด้านบน ดังนั้นการออกแบบใบกวนสำหรับเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดในงานวิจัยชิ้นนี้ ต้องได้รับการออกแบบเฉพาะเครื่อง คือ ใบกวนมีหน้าที่ทำให้ เนื้อมะพร้าวขูดเมื่อถูกกวนไหลจากด้านล่างขึ้นสู่บนไปตามใบกวนชั้นนอกและชั้น ดังนั้นต้นแบบใบกวนของเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบสุญญากาศแบบใช้น้ำร้อน [10] เป็นแหล่งอ้างอิงที่น่าเชื่อถือสำหรับในการเลือกมาใช้เป็นหลักในการออกแบบ เพราะ ได้ผลสัมฤทธิ์ในการทดลองและมีลักษณะคือดันเนื้อมะพร้าวขูดจากด้านล่างสู่ด้านบนไปตามใบกวนใบในและใบนอก

ความเร็วรอบของใบกวน ในแต่ละประเภทนั้นมีความเร็วรอบที่เหมาะสมอยู่ อย่างไรก็ตาม ความเร็วรอบที่ใช้ต้องขึ้นอยู่กับลักษณะของวัสดุที่นำมากวนด้วย เมื่ออ้างอิงจากเครื่องทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบสุญญากาศแบบใช้น้ำร้อน [10] พบว่า ความเร็วรอบที่ระดับ 100 rpm และ 200 rpm นั้นเพียงพอต่อน้ำหนักเนื้อมะพร้าวขูด 1 kg (ที่ระดับความเร็วสูงกว่าระดับดังกล่าวจะทำให้เนื้อมะพร้าวขูดเกิดการกระจายเนื่องจากแรงเหวี่ยงไปติดอินฟราเรดทำให้เกิดการไหม้ได้ง่าย) ดังนั้น ในงานวิจัยชิ้นนี้ จึงเลือก ความเร็วรอบดังกลาวสำหรับในการทดลอง

จากถังสูง 25 cm โดยมีระยะของอินฟราเรดฮีทเตอร์ 15 cm (ระดับความสูงที่เหมาะสมของอินฟราเรดฮีทเตอร์) จึงเหลือความสูง 10 cm สำหรับการติดตั้งใบกวน ดังนั้นจึงใช้ใบกวนที่มีความสูง 10 cm และให้มีช่องว่าง 1 cm สำหรับใส่เทอร์โมคัปเปิ้ลวัด อุณหภูมิเนื้อมะพร้าวขูดเล็กน้อย



รูปที่ 3.1 ลักษณะใบกวนของเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบสุญญากาศแบบน้ำร้อน

ความสูง 10 cm

เส้นผ่าศูนย์กลางใบกวนประมาณ 25 cm

ใบกวนแบบเกลียวในและเกลียงนอก 1 รอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะห่างระหว่างใบในและใบนอก 3 cm

รูปแบบขนาดของใบกวน เป็นเกลียวใบในและใบนอก 1 รอบ เมื่อเกิดการหมุนของใบกวน ใบกวนจะดันเนื้อมะพร้าวขูดไหลตามใบขึ้นไปยังด้านบน และเนื้อมะพร้าวขูดจะตกลงสู่ด้านล่างเมื่อสิ้นสุดปลายเกลียวทั้งด้านในและด้านนอก

3.3.2 การคำนวณหาขนาดเพลาใบกวน [39]

เนื่องจากเพลาที่ใช้ขับใบกวนเกิดแรงบิดเพียงอย่างเดียว จึงใช้ทฤษฎีของการบิดเข้ามาคำนวณขนาดของเพลา เริ่มจากคำนวณหาขนาดของมอเตอร์ซึ่งค่าที่คำนวณได้คือ เลือกใช้มอเตอร์ขนาด 1/4 HP ซึ่งเป็นขนาดที่สามารถหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด ให้กำลังขับ (WP) เท่ากับ 186.5 Nm/s ซึ่งเพียงพอในการขับใบกวน ค่าความเร็วรอบสูงสุดจากการทดลองที่ใช้ขับใบกวนเท่ากับ 200 รอบ/นาที

หาขนาดของเพลา

จากสูตร

$$\tau_d = \frac{Tr}{J} \tag{3.3}$$

$$\tau_d = \frac{\tau y}{N} \;;\; \tau_y = 0.6\ \sigma y$$

เมื่อ T = โมเมนต์บิด (Nm)

r = รัศมีท่อกลม (cm)

J = โมเมนต์เฉื่อยเชิงขั้วของพื้นที่

$= \frac{\pi}{32} d^4$ สำหรับท่อกลม

d = เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (cm)

Stain steel AISI Grade 304 มีค่าเท่ากับ 205 MPa หรือมีค่าเท่ากับ 205 N/mm^2

ค่าความปลอดภัย (N) เท่ากับ 5 [38]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

จากสูตร

$$P = \frac{2n\pi t}{60} \quad (3.4)$$

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

$$J = \frac{\pi}{32} d^4 \quad (3.5)$$

$$r = \frac{d}{2}$$

แทนค่าสมการ(3.4) และสมการ (3.5) ลงในสมการที่ (3.3)

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

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

P=186.5 Nm/s = 186500 Nmm/s

$$d^3 = \frac{16\left(\frac{60 \times 186500}{2 \times 200 \times \pi}\right)}{\pi \times 24.6}$$

$$\therefore d = 16.26 \text{ mm}$$

∴ เลือกใช้เพลาขนาด 20 mm ในการขับใบกวน เนื่องจากต้องใช้ขนาดตามท้องตลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การคำนวณหากำลังขับมอเตอร์ [38]

จากสูตร

$$P = \frac{2\pi nT}{60} \tag{3.4}$$

เมื่อ r = รัศมีของถังภายใน = 11 cm หรือ 0.11 m

n = ความเร็วรอบ (200 rpm)

T = แรงบิด (N.m)

หา T

$$T = F \times r \tag{3.6}$$

เมื่อ T = แรงบิด (N.m)

r = รัศมีของถังภายใน = 11 cm หรือ 0.11 m

F = แรง (N)

$$T = 9.81 m/s^2 \times 0.5 kg \times 0.11 m$$

$$T = 0.54 \quad N.m$$

หา P

$$P = \frac{2 \times 200 \times 3.14 \times 0.54 N.m}{60 s}$$

P = 11.34 N.m/s หรือ 11.34 W

เทียบ 746 W = 1 HP

11.34 W = 0.015 HP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

∴ เลือกใช้มอเตอร์ขนาด 1/4 แรงม้า เป็นขั้นต่ำเมื่อใช้ในการกวนเนื้อมะพร้าวขูด เนื่องจากเผื่อ ไว้สำห 4รับกวนวัสดุที่มีความหนืดสูงเช่น เนื้อมะพร้าวขูดจึง เลือก มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้าแทน

3.5 การคำนวณหาขนาดของอินฟราเรดฮีทเตอร์ที่ใช้ทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูด [40]

จากสูตร

ภาระความร้อนของเนื้อมะพร้าวขูด = (ความร้อนที่ได้จากอินฟราเรดฮีทเตอร์) - (ความร้อนสูญเสียจากผนังโดยรอบ) (3.7)

3.5.1 หาภาระความร้อนที่ใช้เพิ่มอุณหภูมิของเนื้อมะพร้าวขูด

จากสูตร

$$Q = mC\Delta T \tag{3.8}$$

เมื่อ Q = ค่าความร้อน (kJ)

m = มวลของเนื้อมะพร้าวขูด (kg)

C = ความจุความร้อนจำเพาะของเนื้อมะพร้าวขูด (kJ/ kg. °C) [41]

ΔT = อุณหภูมิเพิ่มขึ้น (ถึงอุณหภูมิที่ต้องการ) (°C)

แทนค่า น้ำหนักของเนื้อมะพร้าวขูด 0.5 kg ความจุความร้อนจำเพาะของเนื้อมะพร้าวขูด 2.85 kJ/ kg. °C [41] อุณหภูมิห้องปกติ 25°C อุณหภูมิที่ต้องการ 65°C

$$Q = 0.5 \times 2.85 \times (65 - 25)$$

$$Q = 42.75 \text{ kJ}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อต้องการทราบ Power (W) ที่ต้องการให้เนื้อมะพร้าวขูดมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ โดยใช้เวลา 1 นาที คิดเป็น $1\times60=60$ วินาที ดังนั้นค่า Power (W) มีค่าเท่ากับ $\left(\frac{42.75\times1000}{60}\right)=712.5$ W

3.5.2 ความร้อนสูญเสียที่ผนังโดยรอบ

จากสูตร

$$Q=UA\Delta T \tag{3.9}$$

เมื่อ Q = อัตราการถ่ายเทความร้อน (W)

A = พื้นที่ผิวของผนังที่มีการถ่ายเทความร้อน (m^2)

U = สัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนทั้งหมด = 14.2 (W/m^2K)[42]

ΔT = ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างผิว (K)

การหาพื้นที่ผิวของผนังที่มีการถ่ายเทความร้อน

จากสูตร

$$A=2\pi r\times h \tag{3.10}$$

เมื่อ A = พื้นที่ผิวที่ใช้ในการถ่ายเทความร้อน (m^2)

r = รัศมีภายนอก (m)

h = ความสูงของถังภายนอก (m)

แทนค่า r = 0.11 (m) $h=0.10\,(m)$

$$A=(2\times\pi\times0.11)\times(0.11)$$

$$A=0.0691\ m^2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหา ΔT

อุณหภูมิภายนอกถัง 25°C และอุณหภูมิภายในถัง ประมาณ65°C ดังนั้น ΔT จึงมีค่าเท่ากับ $80 - 25 = 40°C$

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

$$Q = 14.2 \times 0.0691 \times 40$$

$$Q = 39.25\ \mathrm{W}$$

ดังนั้นความร้อนสูญเสียที่ผนังรอบถัง มีค่าเท่ากับ Power 39.25 W

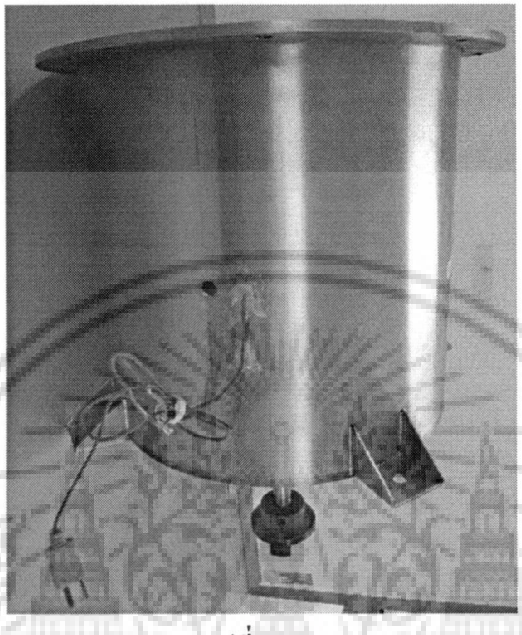
นำค่า กำลังไฟฟ้า ทั้ง 2 ค่า มาเลือกอินฟราเรดฮีทเตอร์

แทนค่า ได้ กำลังไฟฟ้าของอินฟราเรดฮีทเตอร์ เท่ากับ 752 W ซึ่งไม่มีขาย ตามทั่วไป จึงใช้ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ขนาด 800 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

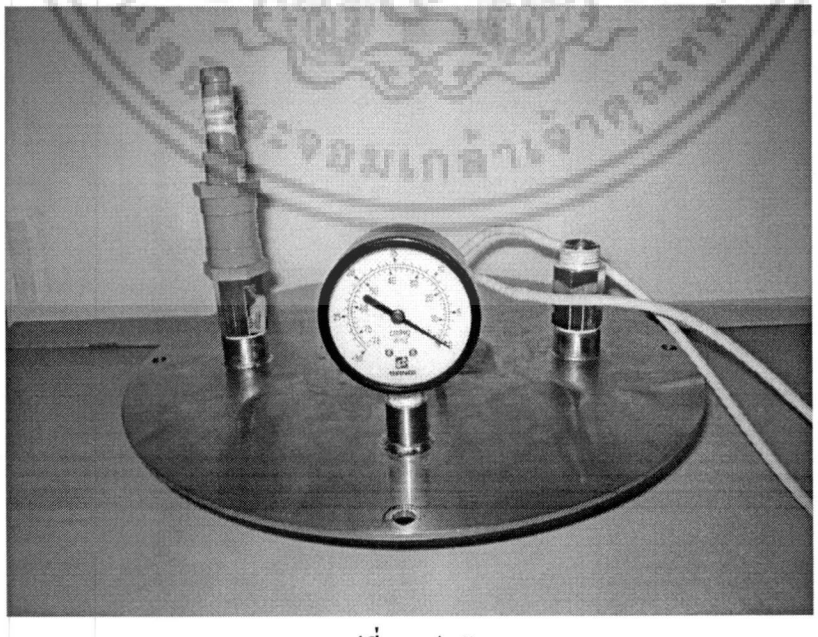
3.6 ส่วนประกอบของ เครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ

3.6.1. ถัง



รูปที่ 3.2 ถัง

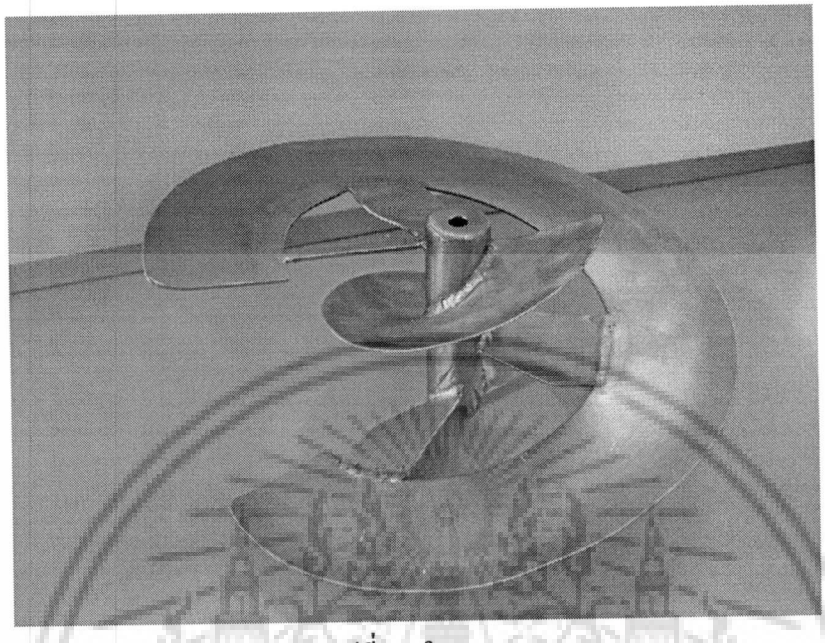
3.6.2. ฝาถัง



รูปที่ 3.3 ฝาถัง

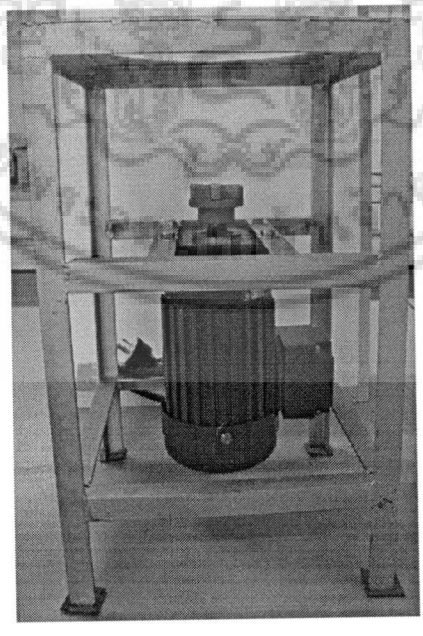
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.3 ใบกวน โดยใบกวนจะต่อเข้ากับมอเตอร์



รูปที่ 3.4 ใบกวน

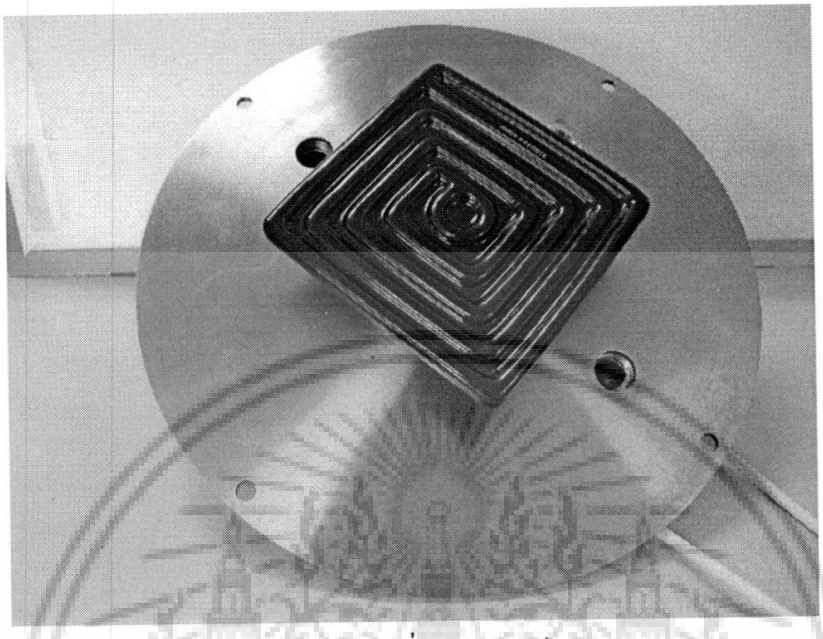
3.6.4. มอเตอร์และชุดขาตั้ง



รูปที่ 3.5 มอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.5. อินฟราเรดฮีทเตอร์ติดกับฝาถัง



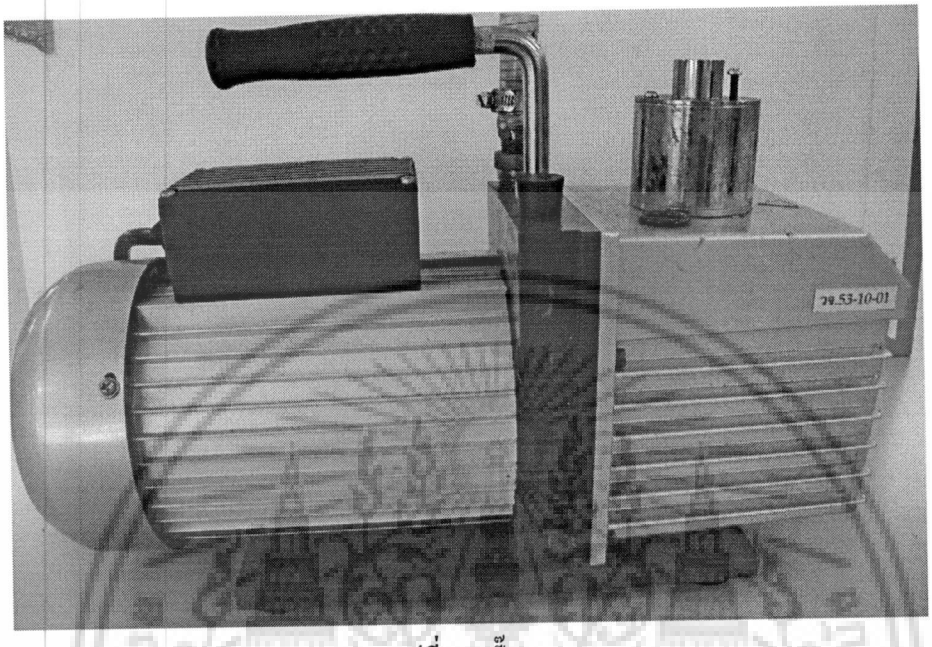
รูปที่ 3.6 ฮีทเตอร์

3.6.6. เครื่องควบคุมอุณหภูมิ

รูปที่ 3.7 เครื่องควบคุมอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.7. ปั๊มสุญญากาศ



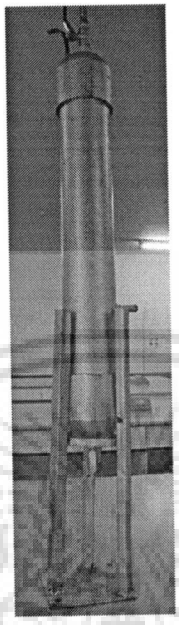
รูปที่ 3.8 ปั๊มสุญญากาศ

3.6.8. ปั๊มน้ำ

รูปที่ 3.9 ปั๊มน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.9. ชุดแลกเปลี่ยนความร้อน (คอนเดนเซอร์)



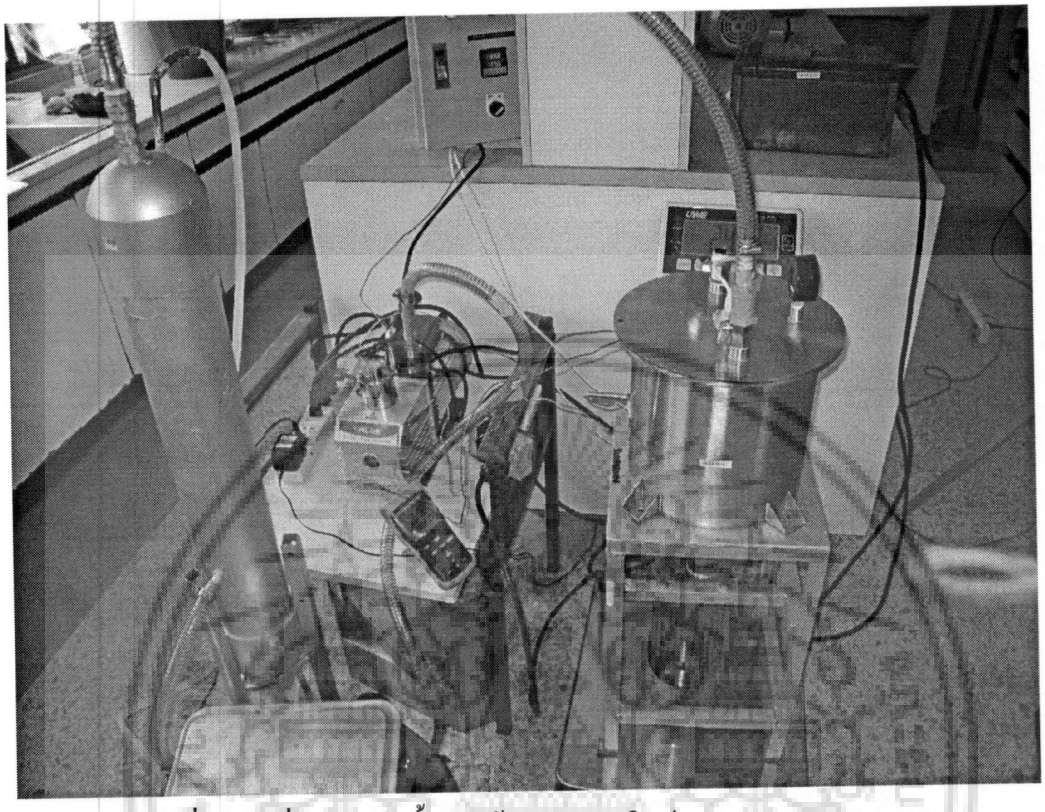
รูปที่ 3.10 ชุดแลกเปลี่ยนความร้อน

3.6.10. อินเวอร์เตอร์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์

รูปที่ 3.11 อินเวอร์เตอร์ปรับความเร็วรอบบมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.11. เครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ



รูปที่ 3.12 เครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

4.1 การทดสอบสภาวะที่เหมาะสม

การทดสอบสภาวะที่เหมาะสมของเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ การทดลองได้ทดสอบที่ความดันสุญญากาศคงที่ ประมาณ30 mmHg ตั้งเครื่องควบคุมอุณหภูมิ 2 ระดับ ได้แก่ 55 °C และ 65 °C (เพื่อทดสอบค่าพลังงาน) และใช้เวลาในการทำแห้ง 3 ระดับ ได้แก่ 45, 60 และ 90 min (เพื่อทดสอบเวลาที่เหมาะสม) และสามารถเปลี่ยนความเร็วรอบใบกวนได้ 2 ระดับ ได้แก่ 100 และ 200 rpm (เพื่อทดสอบความเร็วรอบที่เหมาะสม) การทดลองทำทั้งหมด 3 ซ้ำ

โดยที่ความดันสุญญากาศ 30 mmHg น้ำเดือดที่อุณหภูมิ29 °C คำนวณจาก การหาจุดเดือด [43]

4.1.1 วัสดุ

1. เนื้อมะพร้าวขูดใหม่ จากตลาดหัวตะเข้ เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร
2. น้ำแข็งก้อนน้ำหนัก 15 kg

4.1.2อุปกรณ์

1. เครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ และอุปกรณ์ส่วนควบ
2. เทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล (Fluke thermocouple Thermometer 51/52II, USA) พร้อมสายเทอร์โมคัปเปิล 2 สาย จำนวน 1 เครื่อง
3. ถังพลาสติกใส่น้ำแข็ง กว้าง 37 cm ยาว 53 cm สูง 30 cm จำนวน 1 ใบ
4. เครื่องอัดไฮดรอลิก จำนวน 1 เครื่อง
5. ถาดสแตนเลส จำนวน 1 ถาด
6. แผ่นสแตนเลส กว้าง 20 cm ยาว 20 cm หนา 10 mm จำนวน 2 แผ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ผ้าขาวบาง จำนวน 1 ผืน
8. แคลมป์มิเตอร์ (Clamp meter 322 Fluke, USA)
9. เครื่องชั่งไฟฟ้าแบบท่าน (UWE Model MFA (TAIWAN)) (รับน้ำหนักได้สูงสุด 60 kg อ่านได้ละเอียด 0.01 kg) สำหรับชั่งน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไปของเนื้อมะพร้าวขูด
10. เครื่องชั่งไฟฟ้า (Adventurer OHAUS Model AR2140 (USA)) (รับน้ำหนักได้สูงสุด 210g อ่านได้ละเอียด 0.0001 kg)
11. ปั๊มสุญญากาศ VE280 (CHINA) 760W 8.0CFM
12. เครื่องกรองสุญญากาศ
13. น้ำแข็ง 15 kg

4.1.3 สภาวะการทดลอง

ตัวแปรควบคุม

1. ความดัน 30 mmHg
2. ปริมาณเนื้อมะพร้าวขูด 0.5 kg

ตัวแปรอิสระ

1. เวลาทำแห้ง 45, 60 และ 90 min
2. ความเร็วรอบใบกวน 100 และ 200 rpm
3. อุณหภูมิตั้ง 55 และ 65 °C

ตัวแปรตาม

1. ลักษณะของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์
2. อุณหภูมิภายในถังทำแห้ง
3. ความชื้นภายในถังทำแห้ง
4. อัตราส่วนความชื้นภายในทำแห้ง
5. อัตราทำแห้งภายในทำแห้ง
6. การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำแห้ง
7. การใช้พลังงานไฟฟ้า (หน่วย) รวมพลังงานที่สูญเสียจากคอนเดนเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ปริมาณน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์
9. สมบัติเชิงคุณภาพของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์
10. แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ของการทำแห้ง

4.1.4 วิธีการทดลอง

1. ติดตั้งเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ และอุปกรณ์ส่วนควบดังรูปที่ 3.11
2. นำเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศวางบนตาชั่ง
3. ชั่งน้ำหนักเนื้อมะพร้าวขูด ประมาณ 500 g และบันทึกผล
4. สุ่มตัวอย่าง เนื้อมะพร้าวขูด จำนวน 3 ตัวอย่าง น้ำหนักประมาณ0.5 – 1 g ชั่งน้ำหนักและบันทึกผล
5. นำตัวอย่างเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 80 °C และบันทึกเวลา
6. นำเนื้อมะพร้าวขูดใส่ลงในถังภายใน จากนั้นปิดฝา
7. ตั้งค่าอินเวอร์เตอร์เพื่อปรับความเร็วรอบและ ตั้งค่าฮีทเตอร์เพื่อปรับอุณหภูมิ
8. เปิดปั๊มสุญญากาศ, เปิดมอเตอร์ที่ตั้งความเร็วรอบด้วยอินเวอเตอร์, เปิดเครื่องควบคุมอุณหภูมิฮีทเตอร์ และเปิดปั๊มน้ำ
9. บันทึกค่า อุณหภูมิภายในถัง 2 ตำแหน่งได้แก่ ด้านบน และด้านล่างภายในถัง, บันทึกน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไปของเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ, บันทึกค่ากระแสของเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศและอุปกรณ์ที่ใช้ทั้งหมด ตามเวลาที่เปลี่ยนแปลง จนกระทั่งถึงเวลาในการทำแห้งที่ต้องการ
10. สุ่มตัวอย่าง เนื้อมะพร้าวขูดหลังทำแห้ง จำนวน 3 ตัวอย่าง น้ำหนักประมาณ0.5 – 1 g ชั่งน้ำหนักและบันทึกผล
11. นำตัวอย่างเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 80 °C และบันทึกเวลา
12. นำเนื้อมะพร้าวขูดที่ได้ หีบด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก จะได้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีลักษณะขุ่น
13. นำน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีลักษณะขุ่น กรองด้วยเครื่องกรองสุญญากาศ
14. ชั่งน้ำหนัก น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ได้ และบันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15. ทำทุกสภาวะการทดลอง

4.2 การวัดความชื้นวัสดุ

4.2.1 วัสดุ

1. มะพร้าวขูด

4.2.2 อุปกรณ์

1. ถาดแก้ว
2. เครื่องชั่งไฟฟ้า (Adventurer OHAUS Model AR2140 (USA)) (รับน้ำหนักได้สูงสุด 210g อ่านได้ละเอียด 0.0001 kg)
3. ตู้อบแห้งแบบลมร้อน (ULM 500, Memmert, USA)

4.2.3 ขั้นตอนในการวัดความชื้น

1. เขียนหมายเลขถาดแก้ว และนำใส่โหลดูดความชื้น เป็นเวลาอย่างน้อย 30 นาที
2. นำถาดแก้วชั่งน้ำหนัก และบันทึกค่า
3. นำเนื้อมะพร้าวขูดที่สุ่มตัวอย่าง มาชั่งน้ำหนักประมาณ 0.5 – 1 g และบันทึกค่า และเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 80 °C
4. เมื่อครบ 24 hrs. จึงนำตัวอย่างออกจากตู้ทำแห้ง ใส่โหลดูดความชื้น ทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นชั่งน้ำหนัก และบันทึกค่า
5. นำเข้าตู้ทำแห้ง อีก1 วัน
6. จากนั้นทำซ้ำข้อ4 จนน้ำหนักที่ชั่งหลังอบครบ 3 ครั้ง
7. จากนั้นนำค่ามาคำนวณเพื่อ หาความชื้นฐานแห้งของเนื้อมะพร้าวขูดก่อนทำแห้งและหลังทำแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การวัดความชื้นสมดุลของวัสดุ

4.3.1 วัสดุ

1. มะพร้าวขูด

4.3.2 อุปกรณ์

1. เครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ และอุปกรณ์ส่วนควบ
2. ถาดแก้ว
3. เครื่องชั่งไฟฟ้า (Adventurer OHAUS Model AR2140 (USA)) (รับน้ำหนักได้สูงสุด 210g อ่านได้ละเอียด 0.0001 kg)
4. ตู้อบแห้งแบบลมร้อน (ULM 500, Memmert, USA)
5. ถังพลาสติกใส่น้ำแข็ง กว้าง 37 cm ยาว 53 cm สูง 30 cm จำนวน 1 ใบ
6. น้ำแข็ง 15 kg

4.3.3 ขั้นตอนในการหาความชื้นสมดุล

1. ทำการทดลองหาความชื้นสมดุลเหมือนกับวิธีการทดลอง โดยทำกับสภาวะที่สามารถผลิตมะพร้าวบริสุทธิ์ได้เท่านั้น
2. หลังจากสิ้นสุดการทดลอง ให้ทดลองต่อโดยเพิ่มเวลาทำแห้ง ขณะเดียวกันตรวจน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงของเนื้อมะพร้าวขูดแห้ง จนไม่มีการเปลี่ยนแปลง (สำหรับเนื้อมะพร้าวขูด ใช้เวลา 3 ชั่วโมง)
3. นำมะพร้าวขูด หาความชื้นด้วยวิธีการหาความชื้น
4. ความชื้นที่ได้คือความชื้นฐานแห้งของเนื้อมะพร้าวขูดของสภาวะนั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทดสอบคุณภาพของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์

ส่งตัวอย่าง ทางบริษัท SGS ซึ่งเป็นบริษัทวัดคุณภาพทางโภชนการของอาหาร และบอกค่าที่ต้องการวัดแก่ทางบริษัท สำหรับน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์คือค่า Free Fatty Acid และ Peroxide โดย 1 ตัวอย่างของ 1 สภาวะ น้ำหนักไม่น้อยกว่า 400 กรัม เมื่อทางบริษัทวิเคราะห์เสร็จสิ้น จะดำเนินการส่งใบรายงานผล

4.5 สูตรที่ใช้ในหาค่าต่างๆในการทดลอง

4.5.1 การหาความชื้นในวัสดุ

ความชื้นเป็นตัวบอกปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในวัสดุเมื่อเทียบกับมวลของวัสดุชื้นหรือแห้ง ความชื้นในวัสดุ

ความชื้นฐานแห้ง

$$M_D = \frac{W - D}{D} \tag{4.1}$$

เมื่อ M_W คือ ความชื้นฐานเปียก, เศษส่วน

W คือ มวลของวัสดุชื้น, kg

D คือ มวลของวัสดุแห้ง (ไม่มีความชื้น), kg

4.5.2 สูตรการหาค่าอัตราส่วนความชื้น (Moisture ratio) [15]

ใช้สำหรับเปรียบเทียบกราฟของการทำแห้งต่างๆ ณ จุดเริ่มต้นเดียวกัน ซึ่งแตกต่างกับกราฟของความชื้นกับเวลาทำแห้งที่ จุดเริ่มต้นไม่เท่ากันตามความชื้นเริ่มต้น

$$M_R = \frac{M_{in} - M_e}{M_i - M_e} \tag{4.2}$$

เมื่อ M_R คือ อัตราส่วนความชื้น

M_{in} คือ ความชื้นฐานแห้ง ณ เวลานั้นๆ, % Mdb

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

M_e คือ ความชื้นฐานแห้งสมดุล, % Mdb

M_i คือ ความชื้นฐานแห้งเริ่มต้น, % Mdb

4.5.3 สูตรการหาค่าอัตราการทำแห้ง (Drying rate) [15]

ใช้สำหรับหาว่าการทำแห้งในเวลาหนึ่งๆมีค่ามากน้อยเท่าใด

$$DR = \frac{M_t - M_{t+dt}}{dt} \tag{4.3}$$

เมื่อ DR คือ อัตราการทำแห้ง, %M db/min

M_t คือ ความชื้นฐานแห้งที่เวลา t, %M db

M_{t+dt} คือ ความชื้นฐานแห้งที่เวลา t+dt, %M db

dt คือ เวลาทำแห้งที่เปลี่ยนแปลง, min

4.5.4 สูตรการหาค่า กำลังไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องทำแห้ง

$$P = IVCOS\theta \tag{4.4}$$

เมื่อ P = กำลังไฟฟ้า (W)

I =กระแสของเครื่องที่ได้มาจากการวัด (A)

V = ความต่างศักย์ มีค่าเท่ากับ 220 V

$COS\theta$ = ค่าพาวเวอร์แฟคเตอร์การใช้ไฟฟ้าของตึกที่ทำการทดลอง (0.95)

4.5.5 การแปลงความชื้นฐานเปียกเป็นความชื้นฐานแห้ง [44]

สูตร

$$MC_{wb} = \frac{100 \times MC_{db}}{100 + MC_{db}} \tag{4.8}$$

$$MC_{db} = \frac{100 \times MC_{wb}}{100 - MC_{wb}} \tag{4.9}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ MC_{db} คือ ความชื้นฐานแห้ง, Mdb

MC_{wb} คือ ความชื้นฐานเปียก, Mwb

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ผลการทดลอง

5.1 สภาวะที่เหมาะสมเพื่อการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์

จากการทดลองของเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ ณ สภาวะต่างๆดังตารางที่5.1 แสดงถึง สภาวะที่เหมาะสมต่อเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ เพื่อการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ คือ ความเร็วรอบที่เหมาะสม 200 rpm และ เวลาในการทำแห้งที่เหมาะสม 90 นาที โดยใช้ความดัน 30 mmHg (ความดัน ดังกล่าวเกิดจากการรั่วของอากาศเนื่องจากรูเสียบ และทำให้ความดันภายในมีค่าดังกล่าว ดังนั้นถ้าไม่ใช้อุปกรณ์วัดความดันภายในถังทำแห้งจะต่ำกว่านี้ อย่างไรก็ตามความดันที่ต่ำส่งผลเสียต่อเครื่องทำแห้งเนื่องจาก เนื้อมะพร้าวขูดบริเวณก้นถังจะมีความเย็นเกินไปจนความร้อนจากฮีทเตอร์ไม่สามารถส่งถึงได้แม้จะมีการกวนภายในถังแล้วก็ตาม สังเกตได้จากกราฟอุณหภูมิภายในถัง และ [13] จะพบว่า ความดันสุญญากาศภายในถังมีผลต่อการทำแห้ง โดยความดันภายในถังไม่จำเป็นต้องอยู่ระดับลึกสุดเสมอไป)

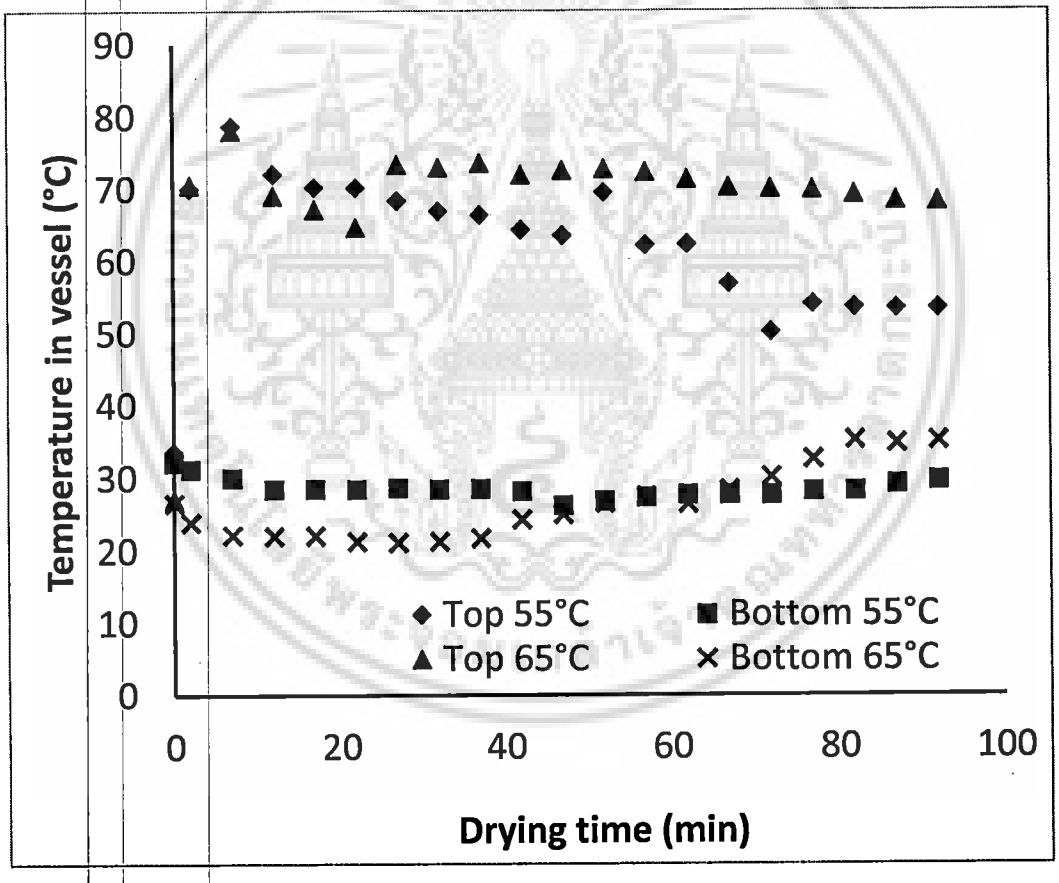
ตารางที่ 5.1 ผลการทดลองที่ได้ ณ สภาวะต่างๆของเครื่อง

เวลาในการทำแห้ง (นาที)	ความเร็วรอบใบกวน 100 rpm		ความเร็วรอบใบกวน 200 rpm	
	อุณหภูมิ 55 °C	อุณหภูมิ 65 °C	อุณหภูมิ 55 °C	อุณหภูมิ 65 °C
45	-	-	ไม่ได้	ไม่ได้
60	-	-	ไม่ได้	ไม่ได้
90	ไม่ได้	ไม่ได้	ได้	ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหตุผลที่สภาวะอื่นๆ ไม่สามารถผลิตเนื้อมะพร้าวขูดที่มีความชื้นน้อยเพียงพอ สำหรับหีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ เพราะ เวลาในการทำแห้งที่น้อยเกินไปในสภาวะความดันต่ำ ทำให้การะเหยไม่ทันกับความต้องการ ความเร็วรอบที่ไม่เหมาะสมทำให้การกระจายของเนื้อมะพร้าวขูดภายในถังไม่สามารถถ่ายเทความร้อนระหว่างกันได้ จากการกระจุกตัวของเนื้อมะพร้าวขูด ทำให้น้ำภายในเนื้อมะพร้าวขูดที่กระจุกตัวไม่สามารถระเหยออกมาจากเนื้อมะพร้าวขูดได้ ผลลัพธ์ที่ได้จึงเป็นกะทิและน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ปะปนกันอย่างชัดเจน

5.2 อุณหภูมิเมื่อเทียบกับเวลาของอากาศภายในถัง



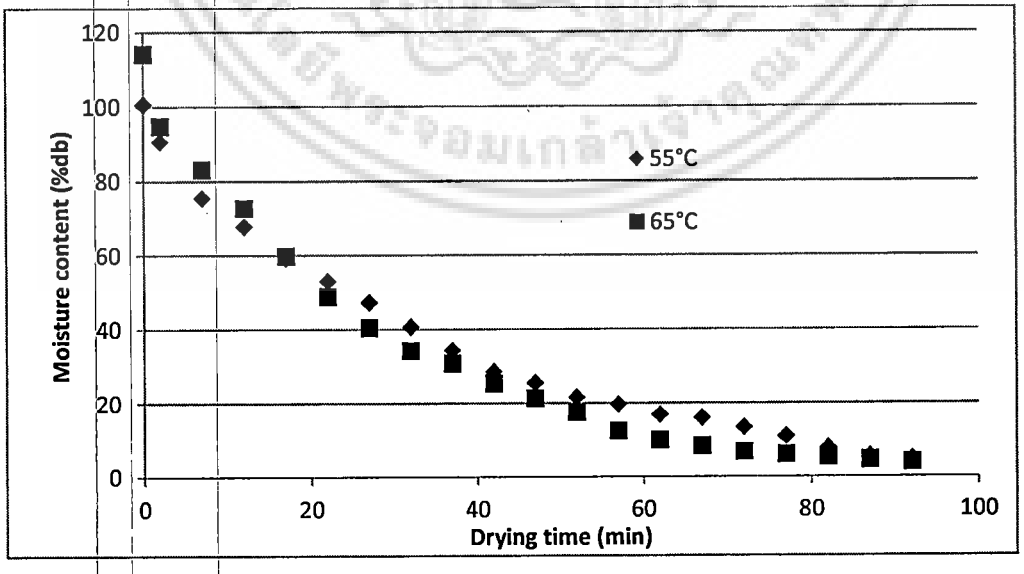
รูปที่ 5.1 การเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิ 55 °C และอุณหภูมิ 65 °C เวลา ที่เวลาในการทำแห้ง 90 นาที ความเร็วรอบ 200 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่5.1 พบว่า อุณหภูมิที่วัดเหนือเนื้อมะพร้าวขูด โดยอุณหภูมิตั้ง65 °C มีแนวโน้มอุณหภูมิคงที่ ที่อุณหภูมิ 70 °C แต่เมื่อพิจารณาอุณหภูมิตั้ง55 °C กลับพบว่าอุณหภูมิที่วัดเหนือเนื้อมะพร้าวขูดมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆเมื่อเวลาทำแห้งผ่านไป เนื่องมาจาก ภายในห้องทำแห้งสุญญากาศ ความร้อนที่มาพร้อมกับการระเหยและอากาศถูกดูดออกไปจนฮีทเตอร์ที่มีอุณหภูมิตั้ง 55 °C ไม่สามารถให้พลังงานความร้อนที่จะรักษาระดับอุณหภูมิได้ ดังนั้นอุณหภูมิที่วัดเหนือเนื้อมะพร้าวขูดจึงลดลง

ในช่วงเริ่มต้นของการทำแห้ง อุณหภูมิบริเวณก้นถังของถังทำแห้งสุญญากาศ พบว่า ณ อุณหภูมิตั้ง65 °C มีอุณหภูมิบริเวณก้นถังของถังทำแห้งสุญญากาศ มีแนวโน้มลดลงในช่วงแรกและเมื่อเวลาผ่านไป40นาที จึงมีแนวโน้มสูงขึ้น เพราะในช่วงเริ่มต้นของการทำแห้งสุญญากาศน้ำในเนื้อมะพร้าวขูดยังมีปริมาณมาก และที่ความดันต่ำ น้ำในเนื้อมะพร้าวขูดค่อยๆระเหยออกและถูกดูดออกด้วยปั๊มสุญญากาศ เมื่อเนื้อมะพร้าวขูดมีน้ำลดลง ความร้อนจากการแผ่รังสีของฮีทเตอร์ก็ส่งถึงเนื้อมะพร้าวขูดที่ด้านล่างของถังและส่งผลต่ออุณหภูมิของก้นถังทำแห้งสุญญากาศ นอกจากนี้ที่ช่วงเวลาประมาณ40นาที บ่งบอกถึงปริมาณน้ำที่ระเหยจากเนื้อมะพร้าวขูดอย่างมีนัยสำคัญ โดยในส่วนของอุณหภูมิตั้ง55 °C มีแนวโน้มลดลงและเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไปในลักษณะที่ค่อยเป็นค่อยไป

5.3 ผลการวัดความชื้นฐานแห้งเมื่อเทียบกับเวลาทำแห้ง



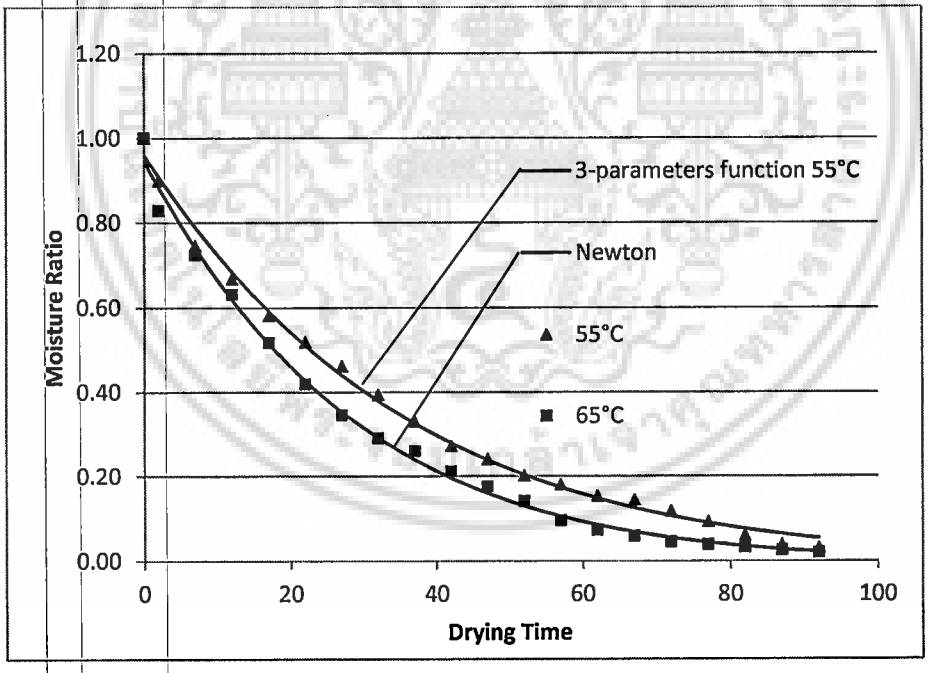
รูปที่ 5.2 เปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานแห้งของเนื้อมะพร้าวขูดกับเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่5.2 แสดง เปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานแห้งของ เครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ ที่มีการตั้งอุณหภูมิ 65 °C และ55 °C ที่ความเร็วรอบใบกวน 200 rpm และใช้เวลาในการทำแห้ง 90 นาที ความดัน 30 mmHg โดยแนวโน้มของเปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานแห้งของ การตั้งอุณหภูมิ 65 °C ลดลงเร็วกว่า เปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานแห้งของ การตั้งอุณหภูมิ 55 °C ทั้งนี้ เพราะ อุณหภูมิที่ตั้งไว้มากกว่า ทำให้พลังงานความร้อน ส่งผลต่อน้ำในเนื้อมะพร้าวขูดระเหยได้เร็วกว่า ณ ความดันต่ำเท่ากัน

นอกจากนี้ การลงลงของเปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานแห้งดังกล่าวเป็นลักษณะการลดลงอย่างรวดเร็วและจะสังเกตได้ว่าแนวโน้มของกราฟมีลักษณะเหมือนกับกราฟของการทำแห้งแบบอินฟราเรดร่วมกับสุญญากาศที่วัสดุทางการเกษตรมีขนาดเล็กและเป็นแผ่น [11,15,16]ยังยืนยันอีกว่า ถังในรูปทรงกระบอกโดยมีการกวนเนื้อมะพร้าวขูดสอดคล้องกัน

5.4 อัตราส่วนความชื้น (Moisture ratio, MR)

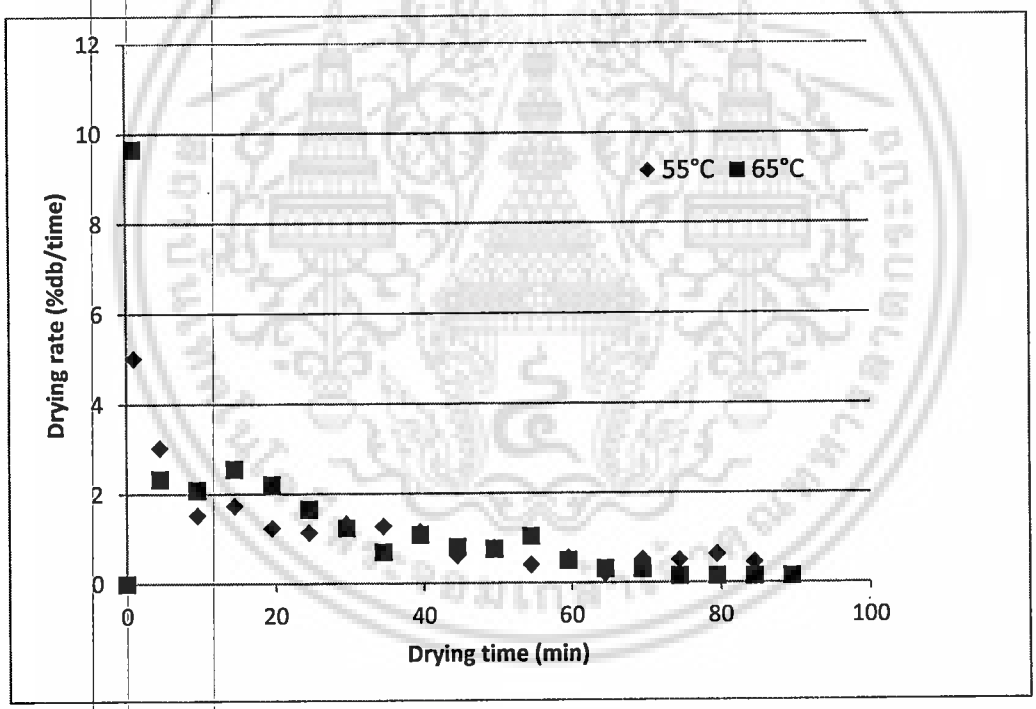


รูปที่ 5.3 อัตราส่วนความชื้นกับเวลาการทำแห้ง ณ อุณหภูมิต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณอัตราส่วนความชื้นจากสมการ4.2 ได้กราฟอัตราส่วนความชื้นกับเวลาทำแห้ง แสดงถึง อุณหภูมิตั้งที่65 °C ที่มีความชันของกราฟชันกว่า กราฟที่อุณหภูมิตั้ง55 °C แสดงถึงการทำแห้งที่รวดเร็วกว่าโดยเฉพาะในช่วง20นาทีแรกของการทำแห้ง แต่หลังจาก 20นาทีผ่านไป แนวโน้มของกราฟที่อุณหภูมิตั้ง65 °C มีความชันลดน้อยลงจนเข้าสู่ช่วงสมดุลโดยใกล้เคียงกับกราฟที่อุณหภูมิตั้ง55 °C ดังนั้นการเพิ่มอุณหภูมิ เป็นการลดเวลาในการทำแห้งเช่นกัน เหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะ การเพิ่มอุณหภูมิเป็นการทำให้ความดันไอภายในเนื้อวัสดุเพิ่มขึ้นส่งผลให้น้ำในเนื้อวัสดุออกมามากขึ้นจึงทำแห้งได้เร็วกว่า เช่นเดียวกับการทำแห้งกับ แผ่นหัวไชเท้า [16]

5.5 อัตราการทำแห้ง (Drying rate)



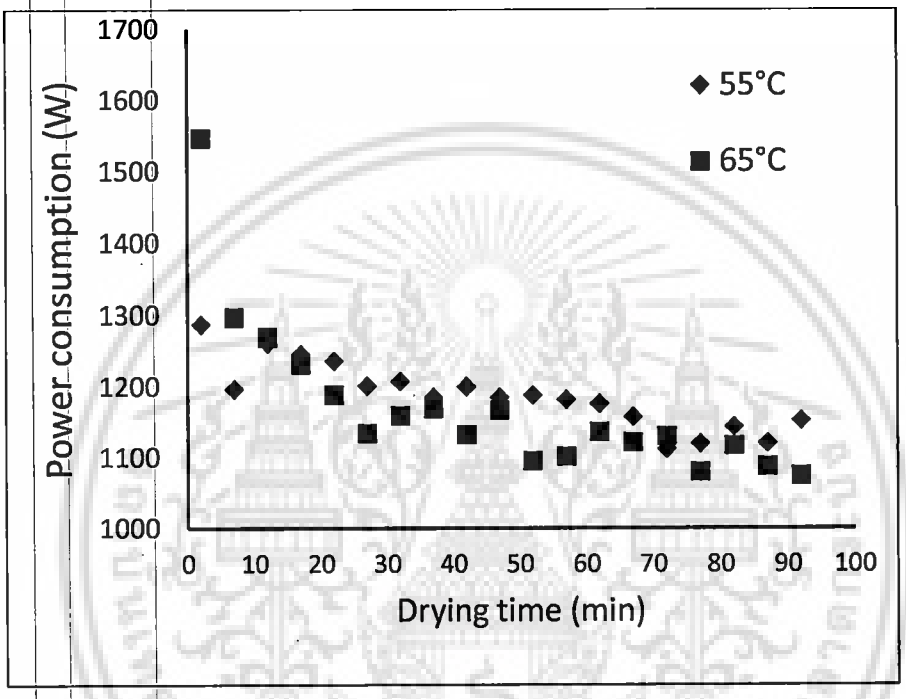
รูปที่ 5.4 อัตราการทำแห้งเทียบกันเวลาการทำแห้ง ณ อุณหภูมิต่างๆ

อัตราการทำแห้งของเนื้อมะพร้าวขูดที่ถูกคำนวณจากสมการ4.3 อัตราการทำแห้งเทียบกับเวลาแสดงถึง ในช่วงเริ่มแรก 0 – 5 นาทีแรก ของการทำแห้งอัตราการทำแห้งมีค่าสูง ทั้ง 2 ค่าของอุณหภูมิตั้ง 55°C และ 65 °C และค่อยๆลดลงเมื่อเวลาผ่านไป จะเห็นว่าอัตราการทำแห้งที่อุณหภูมิตั้ง 65 °C มีค่าสูงกว่าที่ 55 °C ซึ่งสอดคล้องกับรูปที่ 5.3ของอัตราส่วนความชื้นที่ กราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของอุณหภูมิตั้ง 65°C มีความชันมากกว่า จึงสามารถสรุปได้ว่า อุณหภูมิการทำแห้งที่สูงนั้นทำให้อัตราการทำแห้งสูงขึ้นตามไปด้วย

5.6 กำลังไฟฟ้าที่ใช้เมื่อเทียบกับเวลาในการทดลอง



รูปที่ 5.5 ความสัมพันธ์ระหว่าง กำลังไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่องทำแห้ง

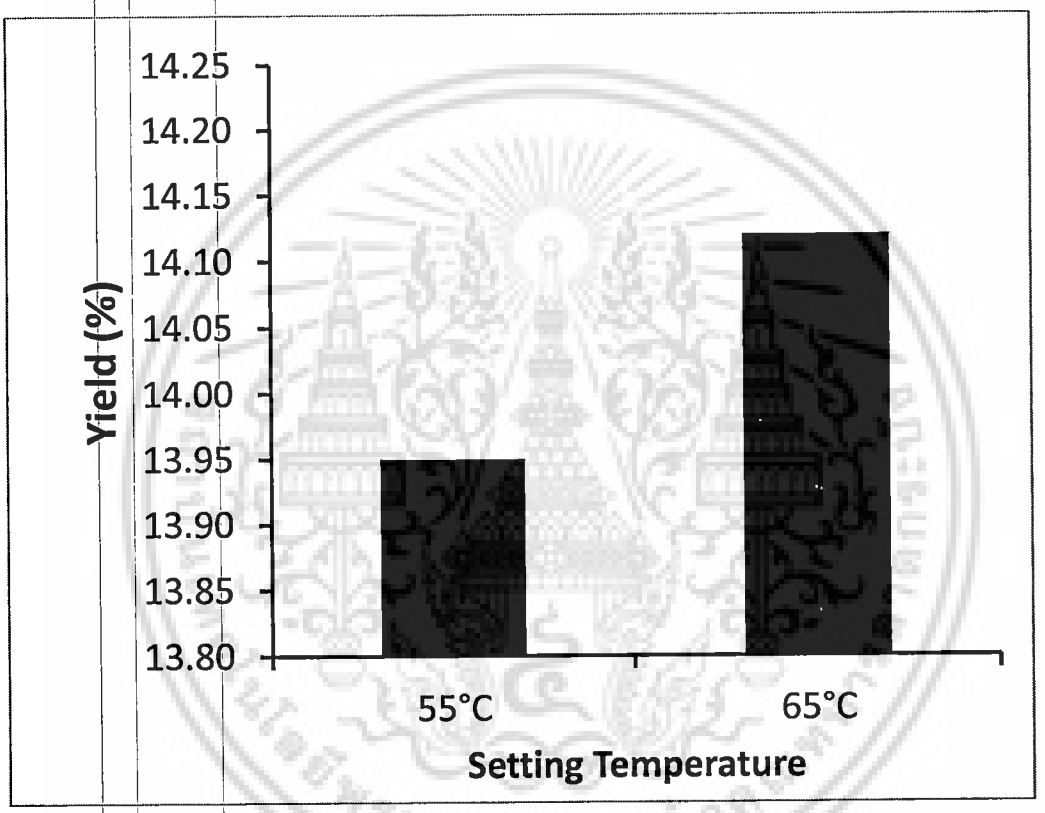
การใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศพิจารณาจากสมการ 4.4 ที่อุณหภูมิ 55 °C และ 65 °C โดย การใช้กำลังไฟฟ้ามีการลดลงเมื่อเวลาทำแห้งผ่านไป โดยมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยจากเวลาทั้งหมด มีค่าเท่ากับ 1,202.6 และ 1,199.2 W ตามลำดับ จากค่าดังกล่าวมีความแตกต่างกันน้อยมาก

การใช้กำลังไฟฟ้ามีค่าสูง ในช่วงแรกในตอนเปิดเครื่อง 0-2 นาทีแรก แล้วลดลงอย่างรวดเร็ว แนวโน้มการใช้กำลังไฟฟ้าลดลงในช่วงเวลาต่อมาเนื่องมาจาก มีการระเหยของไอน้ำมากในช่วงแรกทำให้อุณหภูมิในถังลดต่ำลงทำให้ฮีทเตอร์ต้องใช้พลังงานมากในการชดเชยอุณหภูมิ หลังงจากนั้นอัตราการระเหยน้อยลง การลดอุณหภูมิน้อยลงจึงต้องชดเชยอุณหภูมิน้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้กำลังไฟฟ้าของอุณหภูมิตั้ง 65 °C มีแนวโน้มที่น้อยกว่า อุณหภูมิตั้ง 55 °C ทั้งนี้จากอุณหภูมิตั้ง 65 °C ใช้อุณหภูมิสำหรับการระเหยไอน้ำภายในเครื่องได้มากกว่า อุณหภูมิตั้ง 55 °C ทำให้กำลังไฟฟ้าที่ใช้เมื่อเวลาทำแห้งผ่านไป ใช้กำลังไฟฟ้าน้อยกว่า

5.7 ปริมาณน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์



รูปที่ 5.7 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ต่อน้ำหนักมะพร้าวขูด

จากรูปที่ 5.7 แสดงปริมาณน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ได้ เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ต่อน้ำหนักมะพร้าวขูด พบว่า การทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูด ที่สภาวะ เครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ ที่มีการตั้งอุณหภูมิ 65 °Cและ55 °Cที่ความเร็วรอบใบกวน 200 rpm และใช้เวลาในการทำแห้ง 90 นาที ให้ค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ต่อน้ำหนักมะพร้าวขูด ที่ใกล้เคียงกัน คือ 13.95 และ 14.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

5.8 การทดสอบคุณภาพของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์

ตารางที่ 5.2 ผลการทดสอบค่าของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ผลิตได้

Test items	Method	55 °C	65 °C	Units
Free Fatty Acid (as lauric acid)	AOCS Ca 5a-40	0.1	0.1	%
Peroxide Value	AOCS Cd 8-53	0.82	Not detected	meq/kg

จากตารางที่ 5.2 พบว่า น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ได้เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ของมาตรฐาน APCC STANDARD [36] ในส่วนคุณลักษณะเชิงคุณภาพพบว่า น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ผลิตได้มีมาตรฐานเชิงคุณภาพตรงตามเกณฑ์ APCC STANDARD ดังกล่าว ในสภาวะการทดลองที่มีการตั้งอุณหภูมิ 65 °Cและ55 °Cที่ความเร็วรอบใบกวน 200 rpm และใช้เวลาในการทำแห้ง 90 นาที โดยทั่วค่าPeroxide สำหรับน้ำมันที่ผลิตเสร็จใหม่ต้องมีค่าน้อยกว่า 10 milliequivalents /kg [45] ค่า Free Fatty Acid ต้องน้อยกว่า 0.5% [36] นอกจากนี้ จากผลการวัดคุณสมบัติดังกล่าวนี้ สามารสรุปได้อีกว่า เนื้อมะพร้าวขูดตามตลาดสดทั่วไปเหมาะสมเพียงพอต่อการนำมาผลิตเป็นน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่มีคุณภาพอีกด้วย

5.9 ผลการหาความชื้นสมดุล

ความชื้นสมดุลที่ได้จากการทดลองที่เวลาทำแห้ง 90 นาที และความเร็วรอบ 200 rpm ที่อุณหภูมิ 55°C เท่ากับ 1.68% และ ที่อุณหภูมิ 65°C เท่ากับ 1.71% ค่าที่ได้มีความใกล้เคียงกัน ดังนั้นค่าความชื้นสมดุลมีค่าประมาณ 1.7%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.10 แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ของการทำแห้งแบบแผ่นบาง

ตารางที่ 5.3 แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์สำหรับการทำแห้งแบบบางสำหรับเนื้อมะพร้าวขูด

55'c	a	b	C	d	k	R^2	X^2
Newton					0.0308	0.994	5.16E-04
Handerson and Pabis	0.96949				0.0298	0.995	4.06E-04
Twoterms	0.48475				0.0298	0.995	4.57E-04
three-parameter function	-0.04093	-2.79E-02	-3.58E-05			0.995	3.87E-04
65'c							
Newton					-0.9749	0.995	4.34E-04
Handerson and Pabis	0.95822				0.0376	0.994	4.90E-04
Twoterms	0.48747				0.0349	0.994	4.92E-04
three-parameter function	-0.05412	-3.48E-02	-6.30E-05			0.995	4.61E-04

ตารางที่ 5.4 แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์สำหรับการทำแห้งแบบแผ่นที่นำมาใช้กับการทำเนื้อมะพร้าวขูด [16]

	Model name	Model	References
1	Newton	$MR = \exp(-kt^n)$	O'Callaghan, Menzies and Bailey (1971) [19]
2	Handerson and Pabis	$MR = a\exp(-kt)$	Page(1949) [19]
3	Two terms	$MR = a\exp(-kt) + b\exp(-k_0 t)$	Henderson and Pabis (1961) [19]
4	three-parameter function	$MR = \exp(a + bx + cx^2)$	-

จากข้อมูลความชื้นฐานแห้งของเนื้อมะพร้าวขูดที่ถูกทำแห้งได้ถูกแปลงให้อยู่ในรูปของอัตราส่วนความชื้นและนำแบบจำลองการทำแห้งสำหรับการทำแห้งแบบแผ่นบางในตารางที่ 4.3.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อหาความเหมาะแม่นยำของแบบจำลองในการทำนาย โดยตารางที่ 5.3ได้แสดงค่าที่สำหรับพิจารณาแบบจำลองได้แก่ค่าสัมประสิทธิการพิจารณา (R^2) และค่า reduced chi-square(x^2) สำหรับพิจารณาความพอดีของกราฟกับสมการ โดยค่า reduced chi-square มีค่ายิ่งน้อยยิ่งดี เมื่อพิจารณาจากค่าสำคัญในการพิจารณาแบบจำลองการทำแห้งพบว่า ค่าสัมประสิทธิการพิจารณาของทุกแบบจำลองอยู่ในช่วง0.994 - 0.995 และค่า reduced chi-square อยู่ในช่วง 0.00038675 - 0.000516018ที่อุณหภูมิตั้ง 55°C และ 65 °C เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิการพิจารณา พบว่าแบบจำลองทั้ง4แบบจำลองให้ค่าที่ใกล้เคียงกันมาก แต่เมื่อพิจารณา ค่า reduced chi-square พบว่าแบบจำลองแบบ three-parameter function และแบบ Newton ให้ช่วงค่าที่น้อยที่สุดคือ 0.00039 , 0.00043 ดังนั้นจากผลลัพธ์ดังกล่าว แบบจำลองแบบ three-parameter function และแบบบ Newton เป็นแบบจำลองที่เหมาะสมที่เป็นตัวแทน พฤติกรรมการทำแห้งของเนื้อมะพร้าวขูดด้วยระบบสุญญากาศร่วมกับอินฟราเรดฮีทเตอร์ ที่อุณหภูมิตั้ง 55°C และ 65 °C เมื่อ ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่6

สรุป

6.1 สรุป

สภาวะที่เหมาะสมที่สุดของเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบอินฟราเรดและพบว่า การตั้งอุณหภูมิ 55 °C ที่ความเร็วรอบใบกวน 200 rpm และใช้เวลาในการทำแห้ง 90 นาที ความดัน 30 mmHg สามารถผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ได้ โดยไม่เกิดกะทิในระหว่างหีบน้ำมัน ดังนั้นปัจจัยที่สำคัญต่อการทำแห้งเมื่อพิจารณาตัวแปรตาม คือ ความเร็วรอบในการกวนและเวลาในการทำแห้งที่เหมาะสม เพื่อให้เนื้อมะพร้าวขูดภายในถังแห้งได้อย่างสม่ำเสมอทั่วถึงกัน ปริมาณน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ได้ มีประมาณ 14% และคุณสมบัติเชิงคุณภาพของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

การพิจารณาแบบจำลองการทำแห้งแบบแผ่นที่เหมาะสมกับเนื้อมะพร้าวขูดพบว่า สมการ $MR = \exp(a + bx + cx^2)$ ซึ่งเป็นแบบจำลองแบบ three-parameter function เหมาะสมต่อการอธิบายพฤติกรรมการทำแห้งดังกล่าว

6.2 ข้อเสนอแนะ

1. เปลี่ยนขนาดของฮีทเตอร์ให้มีกำลังวัตต์มากกว่าที่ใช้ในงานวิจัย เพื่อเพิ่มการแผ่รังสีความร้อนและลดเวลาในการทำแห้งได้
2. ออกแบบใบกวนใหม่ให้มีการกวนได้ดี เพื่อการถ่ายเทความร้อนระหว่างมะพร้าวขูดได้ดีขึ้น โดยพยายามลดจุดที่ทำให้เนื้อมะพร้าวติดค้างได้
3. ออกแบบถังใหม่เพื่อการแผ่รังสีได้ดีกว่าแบบถัง เพราะแบบถังมีข้อจำกัดที่ความสูงของตัวถังทำให้ การแผ่รังสีส่งไปถึงก้นถังได้ยากถ้าถังมีความสูง
4. การเพิ่มทอร์กและความเร็วรอบของมอเตอร์อาจสามารถแก้ปัญหา เรื่องการถ่ายเทความร้อนเพื่อให้เนื้อมะพร้าวขูดแห้งได้ทั่วถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1 ณรงค์ โฉมเฉลา. 2548. “มหัศจรรย์น้ำมันมะพร้าว” . วารสารพืชปลูกพื้นเมืองไทย ปีที่1 (ฉบับที่2 – ฉบับพิเศษ เรื่องมะพร้าว)

2 ปริมาณการนำเข้า ส่งออก น้ำมันมะพร้าวปี. 2553. ศูนย์สถิติการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปีเพาะปลูก กรุงเทพมหานคร.

3 Enig, M.G. 1996.Health and Nutritional Benefits from Coconut Oil:An Important Functional Food for the 21st Century, AVOC (ASEAN Vegetable Oil Club) Lauric Oils Symposium, Ho chi Min, Vietnam, 25 April 1996.

4 Enig, M.G. 1999. Coconut: In Support of Good Health in the 21st Century. 36th Meeting of APCC.

5 Enig, M.G. 2000. Know Your Fats: The Complete Primer for Understanding the Nutrition of Fat, Oils and Cholesterol: Bethesda Press, Bethesda, MD, USA.

6 Enig, M.G.; and Fallon, S. 1998. The Oiling of America. Nexus Magazine, Part 1, p.7.

7 THE LINK BETWEEN TRANS FAT AND CORONARY HEART DISEASE. [Online].Available : http://www.squidoo.com/transfats

8 ภาวะระดับไขมันในเลือดผิดปกติ (dyslipidemia). [Online] Available : http://www.thailabonline.com/lipidnemia.htm

9 ลลิตา อัตนโถ. 2002. การผลิตน้ำมันมะพร้าวบีบเย็นคุณภาพสูง. P 67-72. แกะกล่องงานวิจัย

10 นายกฤษณะ จินดาวงษ์, นายวิโรจน์ พุทธินาถ และนายสมเจตน์ มีบุญรอด. 2551. "เครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบสุญญากาศ". ปริญญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

11 Mongpraneet, S., Abe, T., Tsurusaki. T. 2002. “Accelerated drying of welsh onion by far infrared radiation under vacuum conditions”. Journal of food engineering. 55 (2002) p147-156

12 Zheng, W.C., Li, J.S. and Da, W.S. 2008. “Preparation of dry honey by microwave–vacuum drying”. Journal of Food Engineering. 84 (2008) p582–590

13 Zaki,N.A.M., Muhamad, I.I. and Salleh, L.M.2007. “Drying characteristics of papaya (carica papaya l.) During microwave-vacuum treatment”. International Journal of Engineering and Technology, Vol. 4, No.1, 2007, pp. 15-21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14 Swasdisevi, T., Devahastin, S., Sa-Adchoma, P and Soponronnarit, S.2009. "Mathematical modeling of combined far-infrared and vacuum drying banana slice". Journal of Food Engineering. 92 (2009) p100–106

15 Jena, S. and Das, H. 2007. Modelling for vacuum drying characteristics of coconut presscake. Journal of Food Engineering. 79 (2007) 92-99

16 Jun Ho Lee and Hue Jeong Kim. 2009. Vacuum drying kinectics of Asian white radish (Raphanus sativus L.) slices. LWT – Food Science and Technology. 42 (2009) 180-186

17 นายฤทธิไกร งามชุ่ม. 2547. "การอบแห้งกล้วยหอมหั่นบางด้วยเครื่องอบแห้งสุญญากาศร่วมกับรังสีอินฟราเรดไกล. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

18 Mousa, N and Farid, M. 2002. MICROWAVE VACUUM DRYING OF BANANA SLICES. Drying Technology: An International Journal, 1532-2300, Volume 20, Issue 10, Pages 2055 – 2066

19 Fasina, O.O., Tyler, R.T., Packard, M.D. and Zheng, G.H... 1999. Infrared heating of hulless and pearled barley. Journal of food engineering. 23:135–151

20 Afzal,T. M., Abe, T. and Hikida, Y.. 1999. Energy and quality aspects during combined FIR-convection drying of barley. Journal of Food Engineering. 42(4), 177-182

21 Nindo, C.I., Kudo, Y. and Bekki, E. 1995. Test model for studying sun drying of raw rough rice using far-infrared radiation. Drying Technology, 13(1&2): 225-238.

22 O'Callaghan, J. R., Menzies, D.J., and Bailey, P.H. .1971. Digital simulation of agricultural dryer performance. Journal of Agricultural Engineering Research, 16, 223-244.

23 Handerson, S.M. and and Pabis, S. 1961. Grain drying theory. II. Temperature effects on drying coefficients. Journal of Agricultural Engineering Research, 6, 169-174.

24 Handerson, S. M. .1974. Progress in developing the thin-layer drying equation. Transactions of the ASAE, 17, 1167-1172.

25 ชัยวิทย์ ศิลาวัชนาไนย. 2525. ฟิสิกส์และเทคโนโลยีระบบสุญญากาศ. สงขลา : ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

26 นายแก่นศักดิ์ พึ่งศักดิ์และคณะ. 2547. "เครื่องผลิตซุปงาอัตโนมัติ" วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

27 ผศ.ดร. วิไล รังสาดทอง.เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. พิมพ์ครั้งที่4 กรุงเทพ 2547 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ตักซ์แอน์เจอร์นัลพับบลิเคชั่นจำกัด

28 Earle, R. L. .1983. Unit operations in food processing, 2nd edn. Pergamon Press, Oxford.

29 Lewis, M.J. .1987. Physical properties of foods and food processing systems. Ellis Horwood, Chichest, West Sussex; VCH, Weinheim.

30 RICHARD E. HARRIS and D. M. GINSBERG. 1969. "Transmission of Far-Infrared Radiation through Thin Films of Superconducting Amorphous Bismuth and Gallium and Beta-Phase Gallium". Phys. Rev. 188(2). 737-744

31 Anon. 1981. The application of infrared heating to industrial processes. British National Committee for Electroheat, 30 Millbank, London SW1P4RD

32 สมชาติ โสภณรณฤทธิ์. 2540. การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท

33 Anon, 1960. Official and Tentative Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists, 9th ed. Published by the Association of Official Agricultural Chemists, P.O. Box 540, Benjamin Franklin Station, Washington, D.C.

34 Handerson, S.M. and R.L. Perry, 1974. Agricultural Process Engineering, 2nd ed, pp 298-299.

35 Wu, L., Orikasa,T. ,Ogawa, Y. and Tagawa, A. 2007 Vacuum drying characteristics of eggplants. Journal of Food Engineering 83. 422-429.

36 ผลการวิจัยองค์ประกอบของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ และคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ [Online]. Available: http://www.coconut-virgin.com/research.html

37 เครื่องผสมสำหรับของเหลวหรือเพสต์ที่มีความหนืดสูง [Online]. Available:http://203.158.253.5/wbi/Engineer/%E0%B8%A7%E0%B8%B4%E0%B8%A8%E0%B8%A7%E0%B8%81%E0%B8%A3%E0%B8%A3%E0%B8%A1%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%81%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B8%AA%E0%B8%A0%E0%B8%B2%E0%B8%9E%E0%B8%9C%E0%B8%A5%E0%B8%B4%E0%B8%95%E0%B8%9C%E0%B8%A5%E0%B9%80%E0%B8%81%E0%B8%A9%E0%B8%95%E0%B8%A3%201/unit1008.htm

38 Mechanical Properties [Online]. Available:http://www.stainless-steel-tube.org/304-Stainless-Steel-Tube-Pipe-Tubing.htm

39 วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และ ชาญ ถนัดงาม.2537.การออกแบบเครื่องจักรกล เล่มที่ 1. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ : บริษัท เอช.เอ็น.กรุ๊ป จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

40 อัครเดช สินธุภัค. 2532. “การทำความเย็น” กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

41 Food and Foodstuff - Specific Heat Capacities. [Online]. Available: http://www.engineeringtoolbox.com/specific-heat-capacity-food-d_295.html

42 Rough Over all heat transfer coefficients applied. [Online]. Available: http://www.engineeringtoolbox.com/overall-heat-transfer-coefficients-d_284.html

43 BOILING POINT CALCULATOR. [Online] Available :http://www.trimen.pl/witek/calculators/wrzenie.html

44 Moisture content calculations. [Online] Available : http://www.knowledgebank.irri.org/rkb/index.php/contributions-and-references/further-information/31

45 Peroxide Value. [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Peroxide_value

46 จุดเดือดของน้ำ ณ ระดับอุณหภูมิและความดันต่างๆ. [Online]. Available: http://www.engineeringtoolbox.com]

47 คุณลักษณะต่างๆของวัสดุที่ใช้เป็นอินฟราเรดฮีทเตอร์ . [Online]. Available: http://www.deltat.com/ceramic_infrared_heaters.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

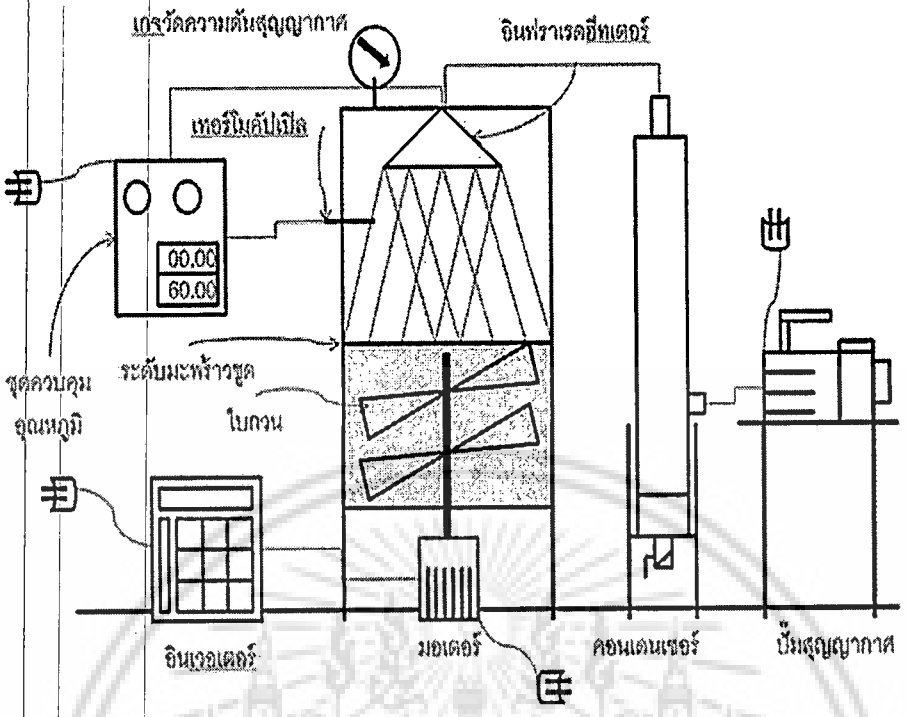
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

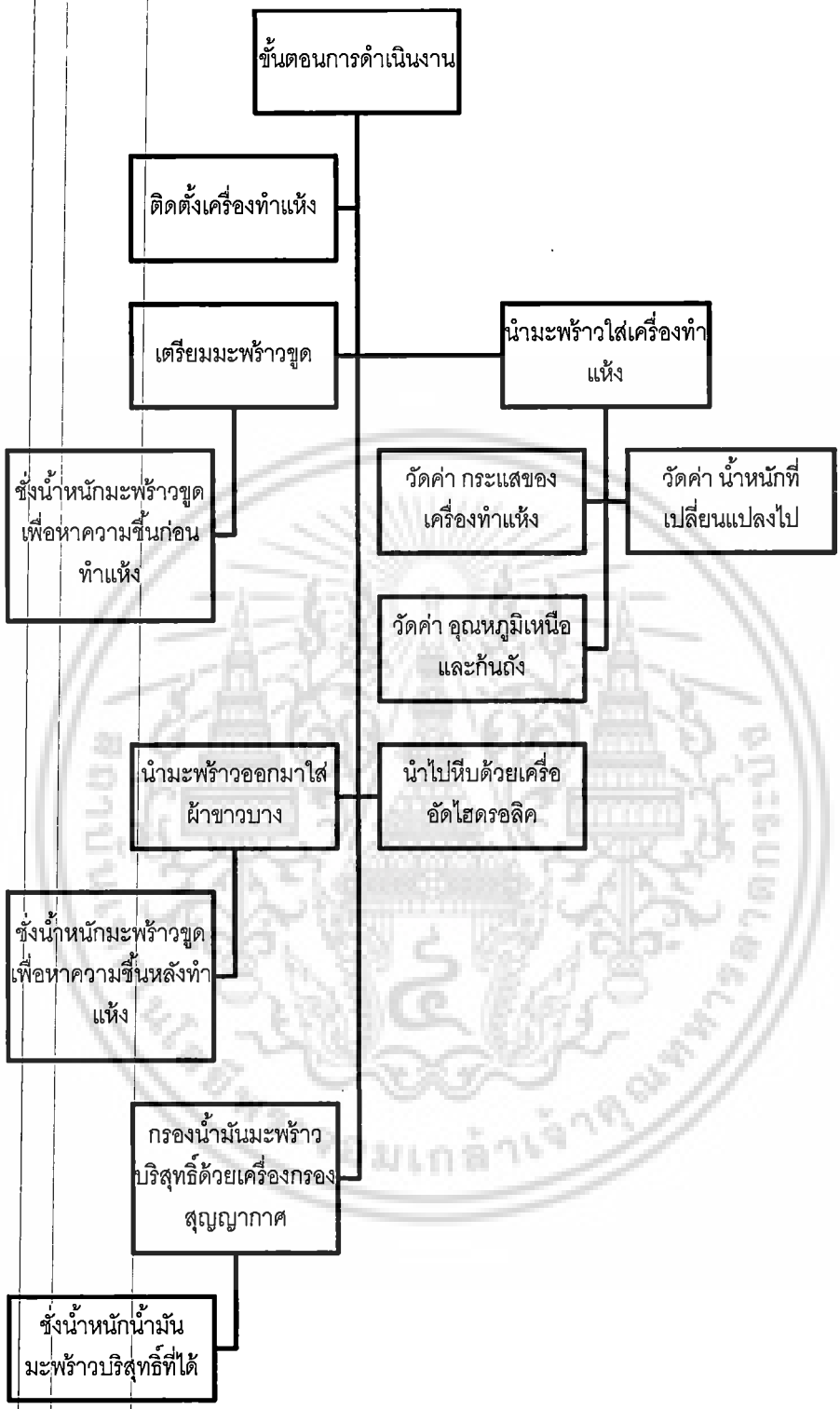
แผนผังระบบของเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก1 แผนผังระบบของเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศและอุปกรณ์ส่วนควบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก2 แผนผังการทดลองของเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ข้อมูลจากการทดลองต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข1 ข้อมูลดิบการวัดความชื้นฐานเปียกของเนื้อมะพร้าวขูด ก่อนและหลังการทดลองที่สภาวะของเครื่องทำแห้ง อุณหภูมิที่ตั้ง 55 °C ความเร็วรอบที่ใช้ 200 rpm เวลาทำแห้ง 90 min

ครั้งที่	ตัวอย่าง	นน.ถาด+ฝา (g)	นน.ถาด+ฝา+มะพร้าวก่อนเข้าตู้อบแห้ง	นน.ถาด+ฝา+มะพร้าวแห้ง 72 hr (g)	นน.ถาด+ฝา+มะพร้าวแห้ง เพิ่ม 24 hr (g)	นน.ถาด+ฝา+มะพร้าวแห้ง เพิ่ม 24 hr (g)	% ความชื้นฐานเปียก
1	1	45.1458	45.8403	45.4791	45.478	45.478	52.10%
	2	46.8241	47.7581	47.2786	47.2785	47.278	51.40%
	3	46.9052	47.7967	47.3236	47.3233	47.322	53.10%
					%ความชื้นฐานเปียกเฉลี่ย		52.20%
	4	44.8999	45.1765	45.1558	45.1555	45.1558	7.50%
	5	42.4262	42.7545	42.6985	42.6985	42.6965	17.30%
	6	44.2753	44.5265	44.5101	44.5095	44.5105	6.60%
					%ความชื้นฐานเปียกเฉลี่ย		10.40%
2	1	44.0633	44.5802	44.3231	44.3231	44.323	49.70%
	2	43.5866	44.2908	43.9223	43.9223	43.92	52.40%
	3	45.014	46.4336	45.7325	45.7305	45.7327	49.40%
					%ความชื้นฐานเปียกเฉลี่ย		50.50%
	4	43.4542	43.707	43.6929	43.6929	43.6931	5.60%
	5	45.7063	46.3628	46.3333	46.322	46.322	5.60%
	6	51.0687	51.5666	51.5405	51.5405	51.5406	5.20%
					%ความชื้นฐานเปียกเฉลี่ย		5.50%
3	1	44.8268	45.4047	45.122	45.1205	45.1205	49.10%
	2	44.1434	45.0961	44.6355	44.635	44.6355	48.40%
	3	45.5874	46.4615	46.0557	46.0532	46.0532	46.60%
					%ความชื้นฐานเปียกเฉลี่ย		48.00%
	4	44.1863	44.5826	44.5585	44.5555	44.5555	6.60%
	5	44.599	44.79	44.7784	44.776	44.7765	6.80%
	6	44.6214	44.846	44.8323	44.832	44.832	6.20%
					%ความชื้นฐานเปียกเฉลี่ย		6.50%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข2 ข้อมูลดิบการวัดความชื้นฐานเปียกของเนื้อมะพร้าวขูด ก่อนและหลังการทดลองสภาวะของเครื่องทำแห้ง อุณหภูมิที่ตั้ง65 °C ความเร็วรอบที่ใช้ 200 rpm เวลาทำแห้ง 90 min

ครั้งที่	ตัวอย่าง	นน.ถาด+ฝา (g)	นน.ถาด+ฝา+มะพร้าวก่อนเข้าตู้อบแห้ง	นน.ถาด+ฝา+มะพร้าวแห้ง 72 hr (g)	นน.ถาด+ฝา+มะพร้าวแห้ง เพิ่ม 24 hr (g)	นน.ถาด+ฝา+มะพร้าวแห้ง เพิ่ม 24 hr (g)	% ความชื้นฐานเปียก
1	1	90.2977	90.7764	90.5350	90.5320	90.5320	50.8%
	2	87.9914	88.8483	88.4065	88.4065	88.4060	51.6%
	3	89.2774	90.7762	89.9332	89.9300	89.9320	56.3%
				%ความชื้นฐานเปียกเฉลี่ย			52.9%
	4	86.0561	86.5613	86.5134	86.5130	86.5130	9.5%
	5	77.6588	78.2858	78.2461	78.2455	78.2457	6.4%
	6	90.6206	90.9221	90.8996	90.8995	90.8990	7.5%
				%ความชื้นฐานเปียกเฉลี่ย			7.8%
2	1	91.5169	92.4351	91.9412	91.9402	91.9400	53.9%
	2	76.1611	77.2403	76.6995	76.6985	76.6989	50.2%
	3	90.2311	91.3333	90.6813	90.6813	90.6813	59.2%
				%ความชื้นฐานเปียกเฉลี่ย			54.4%
	4	92.2264	92.7314	92.7097	92.7096	92.7096	4.3%
	5	96.4713	97.1232	97.0902	97.0902	97.0902	5.1%
	6	93.9730	94.5499	94.5257	94.5257	94.5256	4.2%
				%ความชื้นฐานเปียกเฉลี่ย			4.5%
3	1	90.4200	91.9040	91.1013	91.1013	91.1000	54.1%
	2	87.6416	89.5343	88.5213	88.5195	88.5195	53.6%
	3	77.2263	79.0140	78.1171	78.1170	78.1170	50.2%
				%ความชื้นฐานเปียกเฉลี่ย			52.6%
	4	90.2538	90.6048	90.5861	90.5861	90.5861	5.3%
	5	93.7783	94.0281	94.0143	94.0143	94.0142	5.5%
	6	90.6305	90.9028	90.8897	90.8895	90.8897	4.8%
				%ความชื้นฐานเปียกเฉลี่ย			5.2%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข3 ข้อมูลดิบการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักเนื้อมะพร้าวขูด อุณหภูมิและกระแส

สภาวะของเครื่องทำแห้ง อุณหภูมิที่ตั้ง 55 °C ความเร็วรอบ 200 rpm เวลาทำแห้ง 90 min ซ้ำที่1

	เวลา(min)	น้ำหนักมะพร้าวที่เปลี่ยนแปลง(kg)	อุณหภูมิ (°C)		กระแส(A)	
			เหนือ	ก้นถัง		
1	0	24.59	30.10	30.20	6.00	
	2	24.57	76.50	30.60	6.12	
	7	24.55	88.80	28.50	5.54	
	12	24.52	77.70	26.30	6.08	
	17	24.50	74.50	27.30	6.25	
	22	24.48	75.40	27.60	5.91	
	27	24.46	73.70	26.60	5.86	
	32	24.44	68.50	26.60	5.81	
	37	24.43	66.90	26.50	5.50	
	42	24.42	66.50	26.70	5.62	
	47	24.41	65.50	27.10	5.71	
	52	24.41	88.40	22.80	5.70	
	57	24.40	69.00	24.50	5.62	
	62	24.39	71.60	25.00	5.72	
	67	24.39	71.30	26.00	5.45	
	72	24.38	63.50	27.30	5.35	
	77	24.37	65.50	28.80	5.34	
	82	24.36	66.00	29.40	5.64	
	87	24.35	65.40	32.10	5.30	
	92	24.34	66.20	33.00	5.66	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข4 ข้อมูลดิบการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักเนื้อมะพร้าวขูด อุณหภูมิและกระแส

สภาวะของเครื่องทำแห้ง อุณหภูมิที่ตั้ง 55 °C ความเร็วรอบ 200 rpm เวลาทำแห้ง 90 min ซ้ำที่2

	เวลา(min)	น้ำหนักมะพร้าวที่เปลี่ยนแปลง(kg)	อุณหภูมิ (°C)		กระแส(A)	
			เหนือ	ก้นถัง		
2	0	24.60	33.6	31.60	8	
	2	24.59	51.3	33.00	6.16	
	7	24.57	61	33.40	5.89	
	12	24.56	57.5	31.20	6.2	
	17	24.54	55.2	30.50	5.87	
	22	24.53	57.9	29.90	6.1	
	27	24.52	54.3	30.80	5.76	
	32	24.50	57.5	30.30	5.91	
	37	24.48	57	30.50	5.93	
	42	24.46	55.8	30.10	5.97	
	47	24.44	54.6	30.00	5.69	
	52	24.41	53.6	30.40	5.71	
	57	24.41	52.7	30.30	5.67	
	62	24.40	51.8	30.90	5.58	
	67	24.40	36.3	29.60	5.7	
	72	24.39	24.9	27.80	5.13	
	77	24.38	34.5	27.30	5.25	
	82	24.37	34.2	27.30	5.34	
	87	24.36	33.9	27.80	5.3	
	92	24.36	33.8	28.60	5.27	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข5 ข้อมูลดิบการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักเนื้อมะพร้าวขูด อุณหภูมิและกระแส

สภาวะของเครื่องทำแห้ง อุณหภูมิที่ตั้ง 55 °C ความเร็วรอบ 200 rpm เวลาทำแห้ง 90 min ซ้ำที่3

	เวลา(min)	น้ำหนักมะพร้าวที่เปลี่ยนแปลง(kg)	อุณหภูมิ (°C)		กระแส(A)	
			เหนือ	ก้นถัง		
3	0	24.55	37	34.70	7.5	
	2	24.54	82.3	30.10	6.19	
	7	24.51	86.3	28.20	5.75	
	12	24.51	80.9	28.00	5.82	
	17	24.50	80.9	27.80	5.76	
	22	24.49	77.2	28.00	5.73	
	27	24.48	77	28.60	5.62	
	32	24.47	74.6	28.50	5.61	
	37	24.45	75.1	28.60	5.58	
	42	24.43	70.4	27.70	5.63	
	47	24.43	70.2	21.50	5.61	
	52	24.42	66.3	27.30	5.64	
	57	24.41	64.6	27.30	5.67	
	62	24.40	63.3	27.20	5.58	
	67	24.39	62.8	27.60	5.46	
	72	24.38	61.9	27.90	5.48	
	77	24.37	61.9	28.30	5.48	
	82	24.35	60.3	27.90	5.43	
	87	24.34	60.7	27.40	5.48	
	92	24.34	60.1	27.30	5.61	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข6 ความชื้นของเนื้อมะพร้าวขูดภายในถังเมื่อเวลาผ่านไป

สภาวะของเครื่องทำแห้ง อุณหภูมิที่ตั้ง 55 °C ความเร็วรอบที่ใช้ 200 rpm เวลาทำแห้ง 90 นาที

%ความชื้นฐานเปียก

เวลาทำแห้ง (นาที)	ซ้ำ1	ซ้ำ2	ซ้ำ3	เฉลี่ย
0	52.1	50.2	48	50.1
2	48.3	48.2	46.0	47.5
7	44.5	44.3	40.0	42.9
12	38.8	42.4	40.0	40.4
17	35.0	38.4	38.0	37.1
22	31.2	36.5	36.0	34.6
27	27.4	34.5	34.0	32.0
32	23.6	30.6	32.0	28.7
37	21.7	26.7	28.0	25.5
42	19.8	22.8	24.0	22.2
47	17.9	18.9	24.0	20.2
52	17.9	13.0	22.0	17.6
57	16.0	13.0	20.0	16.3
62	14.1	11.0	18.0	14.4
67	14.1	11.0	16.0	13.7
72	12.2	9.1	14.0	11.7
77	10.3	7.1	12.0	9.8
82	8.4	5.2	8.0	7.2
87	6.5	3.2	6.0	5.2
92	4.6	3.2	6.0	4.6

%ความชื้นฐานแห้ง

เวลาทำแห้ง (นาที)	ซ้ำ1	ซ้ำ2	ซ้ำ3	เฉลี่ย
0	108.8	100.8	92.3	100.6
2	93.4	93.2	85.2	90.6
7	80.2	79.6	66.7	75.5
12	63.4	73.5	66.7	67.8
17	53.8	62.5	61.3	59.2
22	45.3	57.5	56.2	53.0
27	37.7	52.7	51.5	47.3
32	30.9	44.1	47.0	40.7
37	27.7	36.4	38.9	34.3
42	24.7	29.5	31.6	28.6
47	21.8	23.2	31.6	25.5
52	21.8	14.9	28.2	21.6
57	19.0	14.9	25.0	19.6
62	16.4	12.4	21.9	16.9
67	16.4	12.4	19.0	15.9
72	13.9	10.0	16.3	13.4
77	11.5	7.7	13.6	10.9
82	9.1	5.4	8.7	7.8
87	6.9	3.3	6.4	5.5
92	4.8	3.3	6.4	4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข7 ข้อมูลดิบการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักเนื้อมะพร้าวขูด อุณหภูมิและกระแส

สภาวะของเครื่องทำแห้ง อุณหภูมิที่ตั้ง 65 °C ความเร็วรอบ 200 rpm เวลาทำแห้ง 90 min ซ้ำที่1

	เวลา(min)	น้ำหนักมะพร้าวที่เปลี่ยนแปลง(kg)	อุณหภูมิ (°C)		กระแส(A)
			เหนือ	ก้นถัง	
1	0	24.38	26.4	26.80	7.48
	2	24.36	78.3	27.00	7.48
	7	24.35	61.7	21.40	5.98
	12	24.33	79.7	20.70	8.81
	17	24.30	74.6	22.20	5.73
	22	24.28	63.4	21.25	5.35
	27	24.26	65.1	21.80	5.28
	32	24.25	65.2	21.30	5.11
	37	24.24	70.1	21.30	5.56
	42	24.22	68.5	24.30	5.27
	47	24.20	69.8	23.50	5.5
	52	24.19	69.2	24.70	5.03
	57	24.17	67.5	25.40	5.03
	62	24.16	66.8	25.50	5.34
	67	24.16	64.5	26.70	5.31
	72	24.15	64	27.00	5.33
	77	24.15	63.6	29.40	5.3
	82	24.14	64	31.30	5.37
	87	24.14	63.5	32.80	5.34
	92	24.14	65	33.50	4.88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข8 ข้อมูลดิบการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักเนื้อมะพร้าวขูด อุณหภูมิและกระแส

สภาวะของเครื่องทำแห้ง อุณหภูมิที่ตั้ง 65 °C ความเร็วรอบ 200 rpm เวลาทำแห้ง 90 min ซ้ำที่2

	เวลา(min)	น้ำหนักมะพร้าวที่เปลี่ยนแปลง(kg)	อุณหภูมิ (°C)		กระแส(A)	
			เหนือ	ก้นถัง		
2	0	24.31	27.20	24.50	7.74	
	2	24.28	75.30	23.70	7.52	
	7	24.26	59.20	22.30	6.44	
	12	24.24	62.80	20.90	6.08	
	17	24.22	61.40	20.20	6.02	
	22	24.20	65.00	18.70	5.77	
	27	24.18	64.40	17.80	5.14	
	32	24.16	64.60	18.40	5.84	
	37	24.15	63.80	19.60	5.57	
	42	24.13	63.70	23.60	5.35	
	47	24.12	65.10	26.30	5.64	
	52	24.11	66.70	29.10	5.53	
	57	24.08	68.40	30.90	5.2	
	62	24.08	67.70	27.00	5.39	
	67	24.07	68.90	29.90	5.24	
	72	24.07	69.00	32.20	5.34	
	77	24.06	67.40	34.60	5.25	
	82	24.06	67.40	39.30	5.27	
	87	24.06	66.80	35.90	4.89	
	92	24.05	68.30	36.30	5.19	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข9 ข้อมูลดิบการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักเนื้อมะพร้าวขูด อุณหภูมิและกระแส

สภาวะของเครื่องทำแห้ง อุณหภูมิที่ตั้ง 65 °C ความเร็วรอบ 200 rpm เวลาทำแห้ง 90 min ซ้ำที่3

	เวลา(min)	น้ำหนักมะพร้าวที่เปลี่ยนแปลง(kg)	อุณหภูมิ (°C)		กระแส(A)	
			เหนือ	ก้นถัง		
3	0	24.40	27.8	28.40	7.1	
	2	24.38	58.0	21.10	7.2	
	7	24.36	113.4	22.90	6.2	
	12	24.35	64.7	24.50	6.07	
	17	24.33	65.4	23.90	5.93	
	22	24.30	65.5	23.90	5.94	
	27	24.28	90.6	23.80	5.86	
	32	24.26	89.0	24.20	5.69	
	37	24.25	86.7	24.30	5.66	
	42	24.24	83.5	24.90	5.63	
	47	24.23	82.6	25.20	5.61	
	52	24.21	82.1	25.70	5.16	
	57	24.20	80.9	26.00	5.58	
	62	24.18	79.2	26.70	5.58	
	67	24.17	77.0	28.40	5.55	
	72	24.16	76.8	31.00	5.55	
	77	24.16	78.5	33.60	4.95	
	82	24.16	76.0	34.80	5.39	
	87	24.15	74.6	35.30	5.38	
	92	24.15	71.2	35.40	5.35	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข10 ความชื้นของเนื้อมะพร้าวขูดภายในถังเมื่อเวลาผ่านไป

สภาวะของเครื่องทำแห้ง อุณหภูมิที่ตั้ง 65 °C ความเร็วรอบที่ใช้ 200 rpm เวลาทำแห้ง 90 นาที

%ความชื้นฐานเปียก

เวลาทำแห้ง (นาที)	ซ้ำ1	ซ้ำ2	ซ้ำ3	เฉลี่ย
0	52.9	54.4	52.6	53.3
2	48.9	48.6	48.6	48.7
7	46.9	44.7	44.6	45.4
12	42.8	40.8	42.6	42.1
17	36.8	36.9	38.7	37.5
22	32.8	33.0	32.7	32.8
27	28.7	29.1	28.7	28.9
32	26.7	25.2	24.7	25.6
37	24.7	23.3	22.7	23.6
42	20.7	19.4	20.7	20.3
47	16.7	17.5	18.7	17.6
52	14.7	15.5	14.8	15.0
57	10.6	9.7	12.8	11.0
62	8.6	9.7	8.8	9.0
67	8.6	7.8	6.8	7.7
72	6.6	7.8	4.8	6.4
77	6.6	5.8	4.8	5.7
82	4.6	5.8	4.8	5.1
87	4.6	5.8	2.8	4.4
92	4.6	3.9	2.8	3.8

%ความชื้นฐานแห้ง

เวลาทำแห้ง (นาที)	ซ้ำ1	ซ้ำ2	ซ้ำ3	เฉลี่ย
0	112.3	119.3	111.0	114.2
2	95.6	94.4	94.6	94.9
7	88.2	80.8	80.6	83.2
12	74.9	68.9	74.3	72.7
17	58.2	58.5	63.0	59.9
22	48.7	49.3	48.5	48.9
27	40.3	41.1	40.2	40.6
32	36.5	33.8	32.8	34.4
37	32.8	30.4	29.4	30.9
42	26.1	24.1	26.1	25.4
47	20.0	21.2	23.1	21.4
52	17.2	18.4	17.3	17.6
57	11.9	10.7	14.6	12.4
62	9.4	10.7	9.6	9.9
67	9.4	8.4	7.3	8.4
72	7.1	8.4	5.0	6.8
77	7.1	6.2	5.0	6.1
82	4.8	6.2	5.0	5.3
87	4.8	6.2	2.9	4.6
92	4.8	4.0	2.9	3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข11 อัตราส่วนความชื้น (MR) ที่อุณหภูมิต้งต่างๆ โดยค่า M_e = 1.7% สำหรับทั้ง 2 อุณหภูมิ

Setting Temp55 °C		Setting Temp 65 °C	
Time(min)	MR	Time(min)	MR
0	1.00	0	1.00
2	0.90	2	0.83
7	0.75	7	0.72
12	0.67	12	0.63
17	0.58	17	0.52
22	0.52	22	0.42
27	0.46	27	0.35
32	0.39	32	0.29
37	0.33	37	0.26
42	0.27	42	0.21
47	0.24	47	0.18
52	0.20	52	0.14
57	0.18	57	0.10
62	0.15	62	0.07
67	0.14	67	0.06
72	0.12	72	0.05
77	0.09	77	0.04
82	0.06	82	0.03
87	0.04	87	0.03
92	0.03	92	0.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข12 อัตราการทำแห้ง DR(%/min)

Setting Temp55 °C		Setting Temp 65 °C	
Time(min)	DR(%/min)	Time(min)	DR(%/min)
0	5.0%	0	9.7%
2	3.0%	2	2.3%
7	1.5%	7	2.1%
12	1.7%	12	2.6%
17	1.2%	17	2.2%
22	1.1%	22	1.7%
27	1.3%	27	1.2%
32	1.3%	32	0.7%
37	1.2%	37	1.1%
42	0.6%	42	0.8%
47	0.8%	47	0.8%
52	0.4%	52	1.0%
57	0.5%	57	0.5%
62	0.2%	62	0.3%
67	0.5%	67	0.3%
72	0.5%	72	0.1%
77	0.6%	77	0.2%
82	0.4%	82	0.1%
87	0.1%	87	0.1%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

วิธีการหาค่า กำลังไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตร หาค่า กำลังไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ คือ

$$P = IVCOS\theta \quad \text{(ค1)}$$

เมื่อ P = กำลังไฟฟ้า (W)

I =กระแสของเครื่องที่ได้มาจากการวัด (A)

V = ความต่างศักย์ มีค่าเท่ากับ 220 V

$COS\theta$ = ค่าพาวเวอร์แฟคเตอร์ของตึกที่ทำการทดลอง มีค่าเท่ากับ 0.95

ตัวอย่าง การหากำลังไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่อง

แทนค่า I =7.74 A

V = 220 V

$COS\theta$ = 0.95

ลงในสมการที่

$$P = 7.74 \times 220 \times 0.95$$

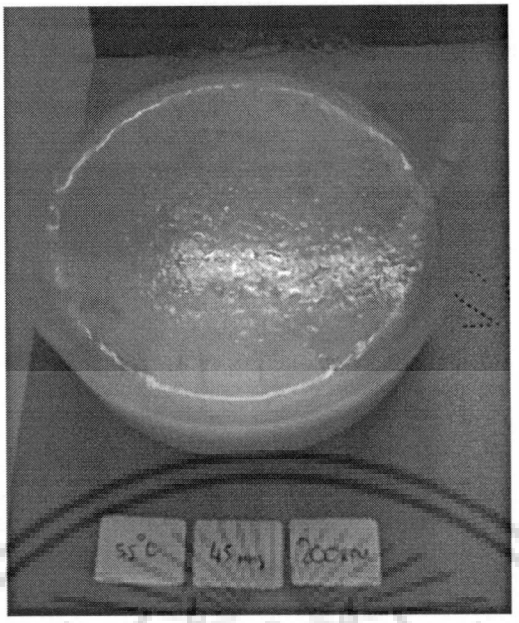
$$P = 1617.66\,\text{W}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ผลการทดลองที่ได้มีเหลวของน้ำมันมะพร้าวผสมกะทิ ณ สภาวะต่างๆของเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ

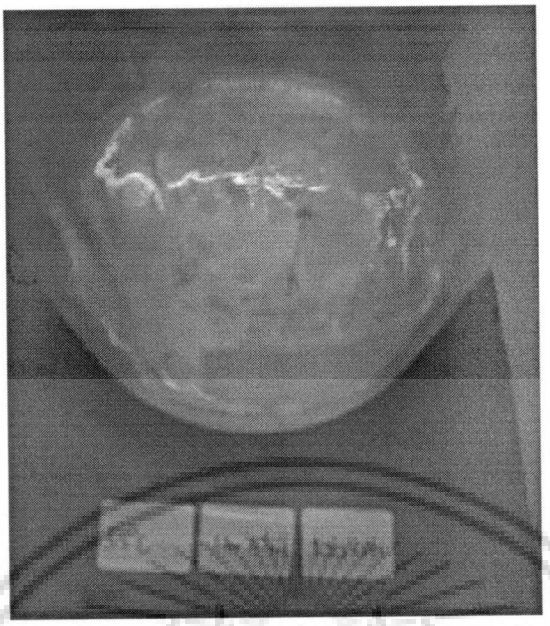
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง1 ผลการทดลองล้มเหลว ณ สภาวะ ตั้งอุณหภูมิ 55 °C ความเร็วรอบ 200 rpm เวลาที่ใช้ในการทำแห้ง 45 นาที

รูปที่ ง2 ผลการทดลองล้มเหลว ณ สภาวะ ตั้งอุณหภูมิ 55 °C ความเร็วรอบ 200 rpm เวลาที่ใช้ในการทำแห้ง 60 นาที

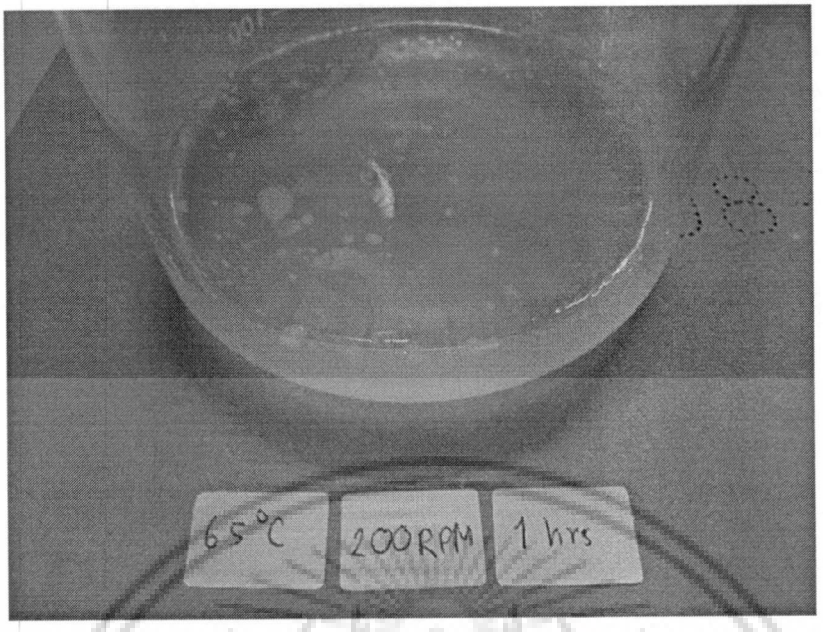
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



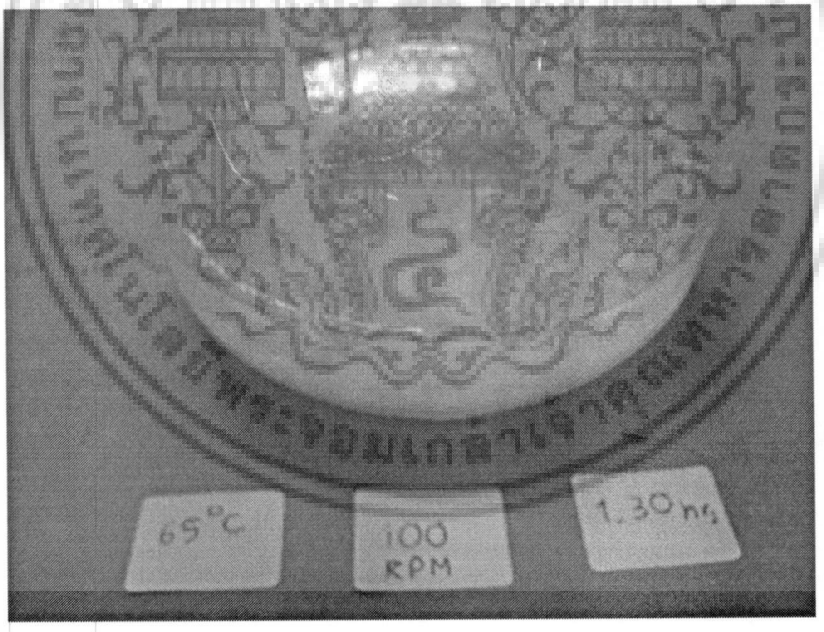
รูปที่ ง3 ผลการทดลองล้มเหลว ณ สภาวะ ตั้งอุณหภูมิ 55 °C ความเร็วรอบ 100 rpm เวลาที่ใช้ในการทำแห้ง 90 นาที

รูปที่ ง4 ผลการทดลองล้มเหลว ณ สภาวะ ตั้งอุณหภูมิ 65 °C ความเร็วรอบ 200 rpm เวลาที่ใช้ในการทำแห้ง 45 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง5 ผลการทดลองล้มเหลว ณ สภาวะ ตั้งอุณหภูมิ 65 °C ความเร็วรอบ 200 rpm เวลาที่ใช้ในการทำแห้ง 60 นาที



รูปที่ ง6 ผลการทดลองล้มเหลว ณ สภาวะ ตั้งอุณหภูมิ 65 °C ความเร็วรอบ 100 rpm เวลาที่ใช้ในการทำแห้ง 90 นาที

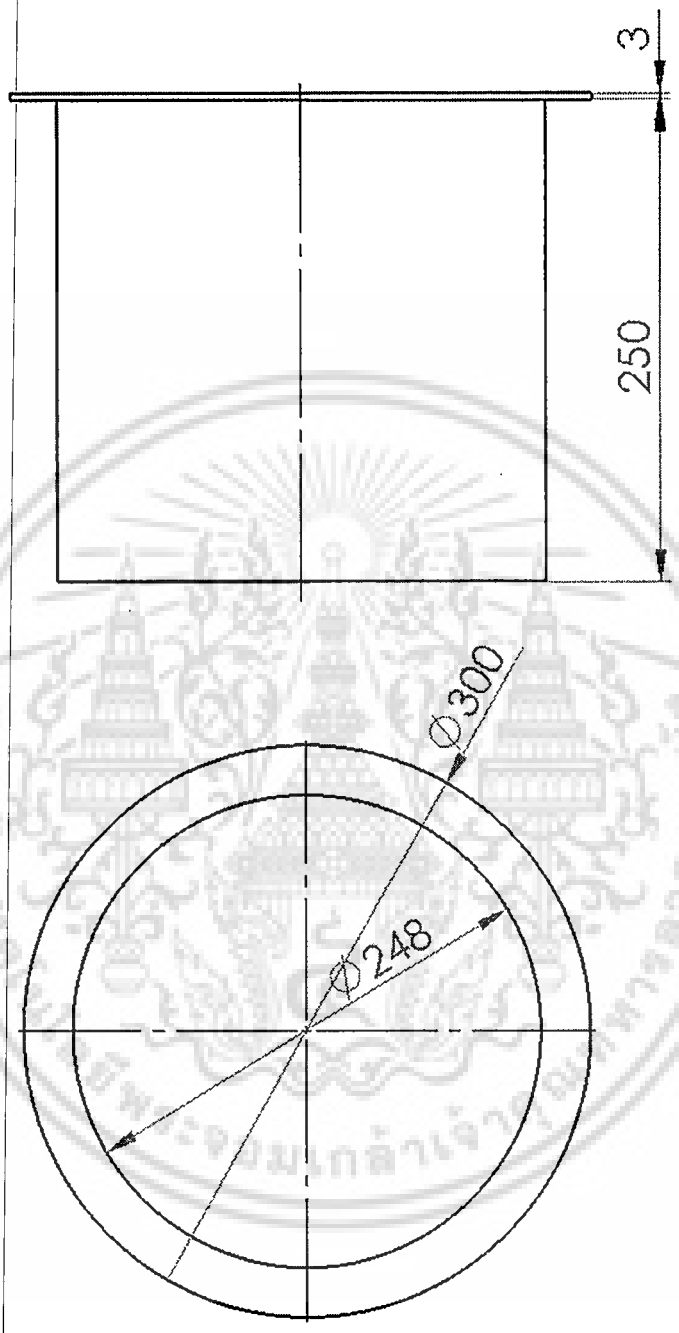
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

รูปแบบส่วนประกอบของ เครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

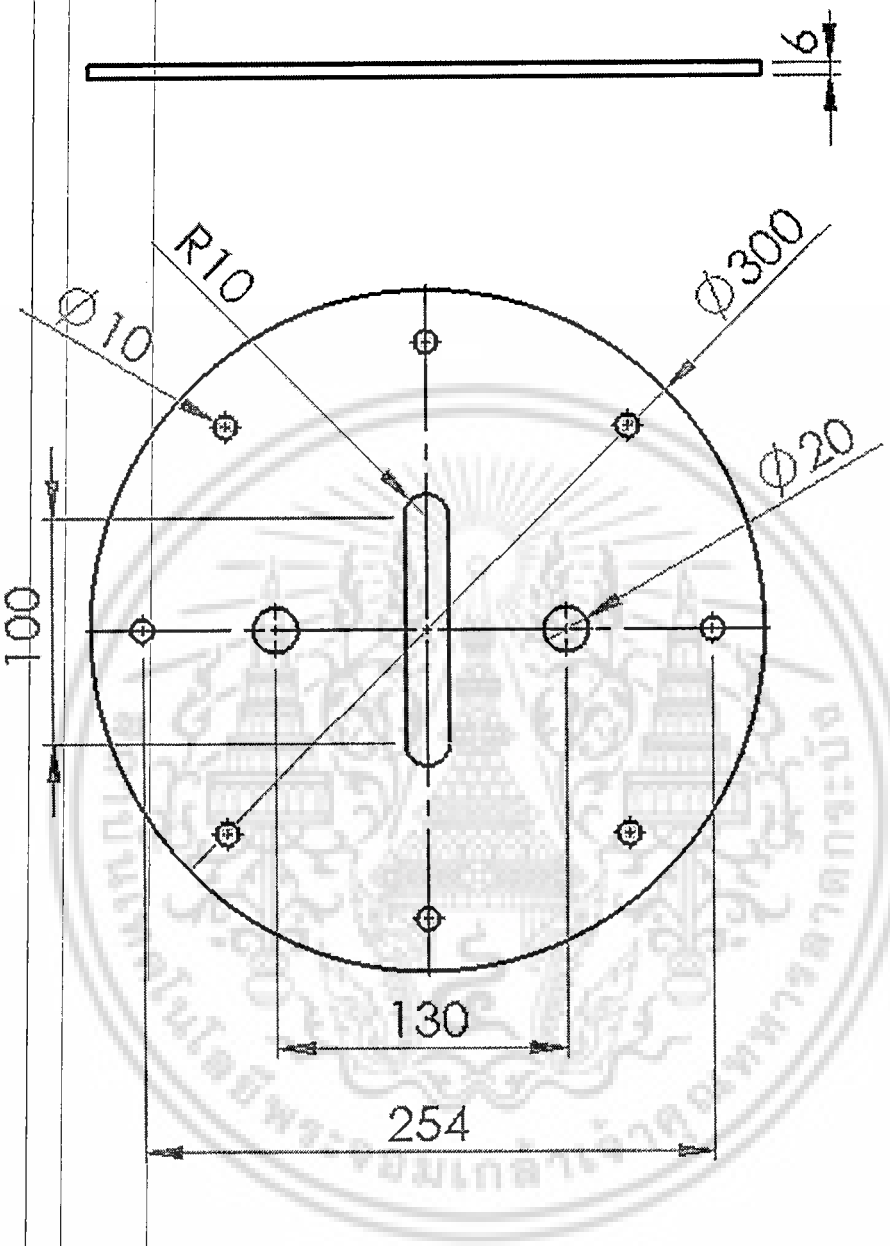
แบบ ถัง หน่วย mm



รูปที่ จ1 แบบ ถัง

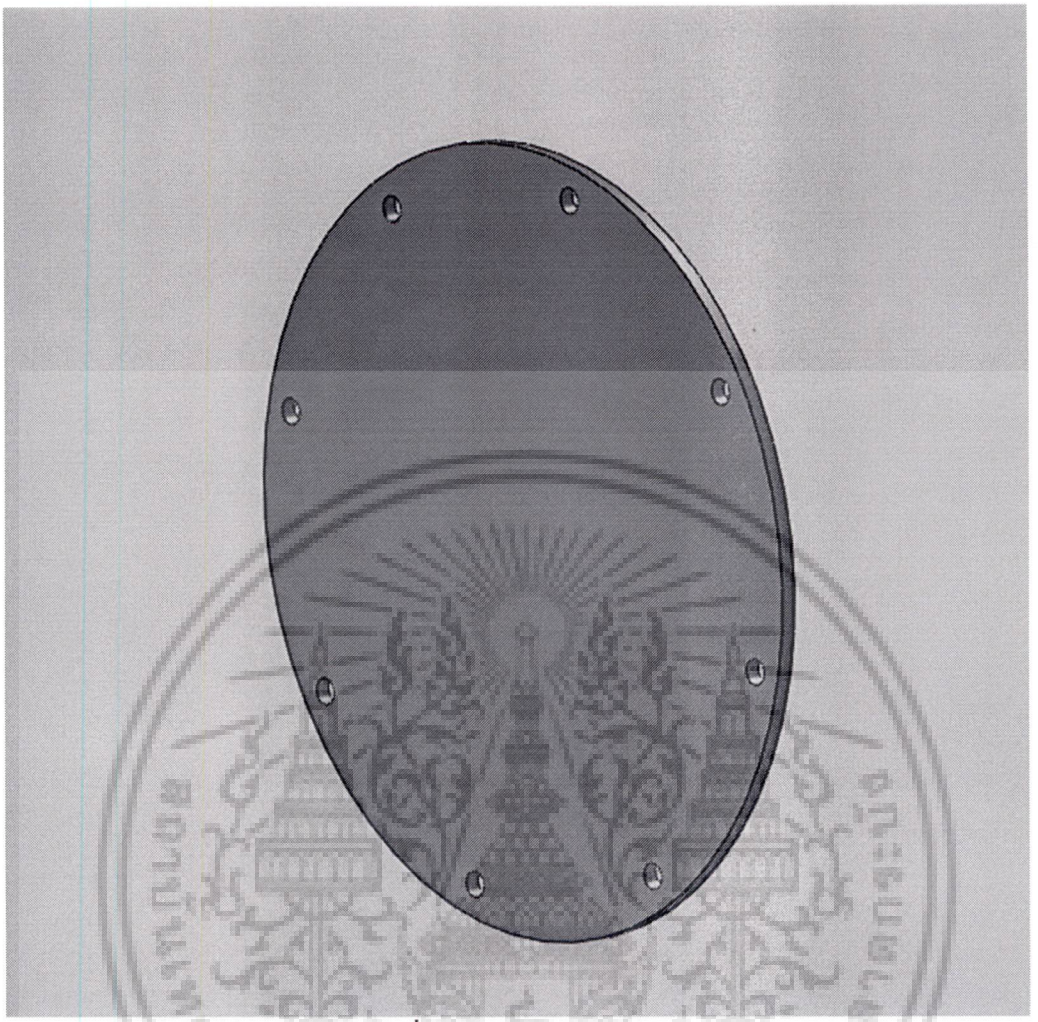
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบ ฝาถัง หน่วย mm



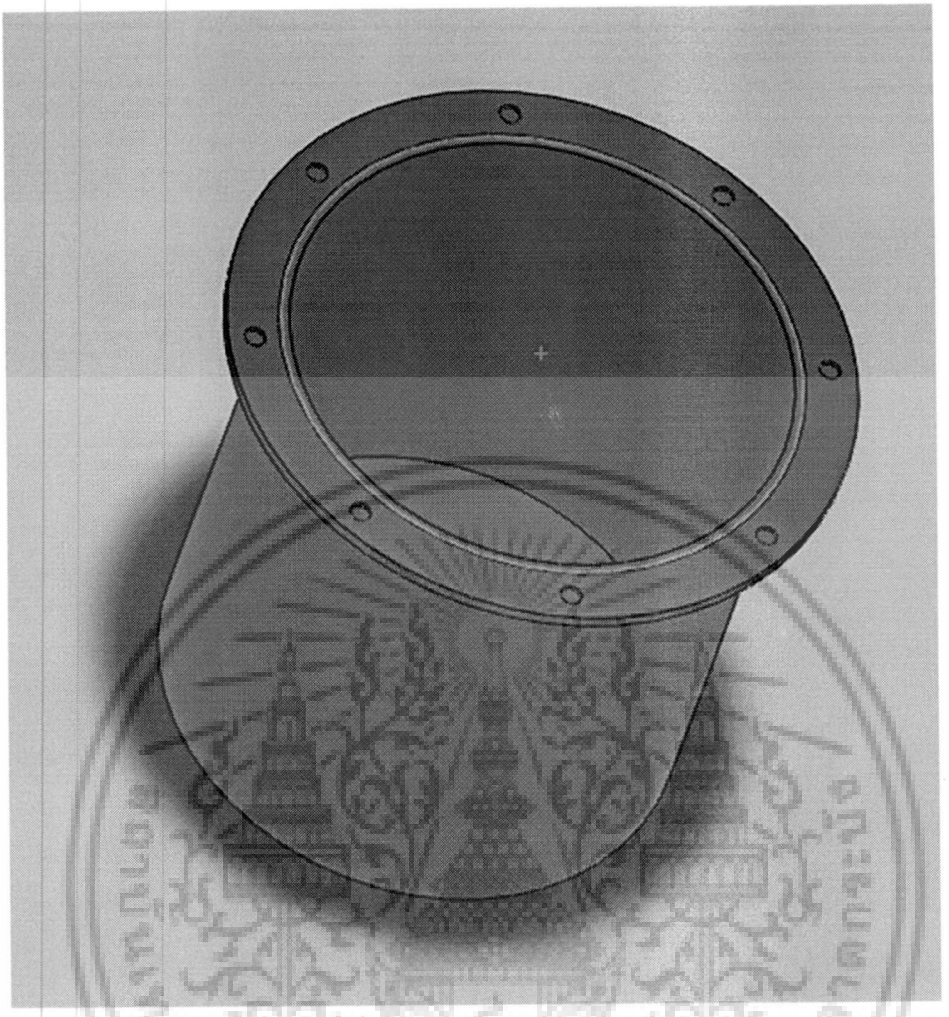
รูปที่ จ2 แบบ ฝา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



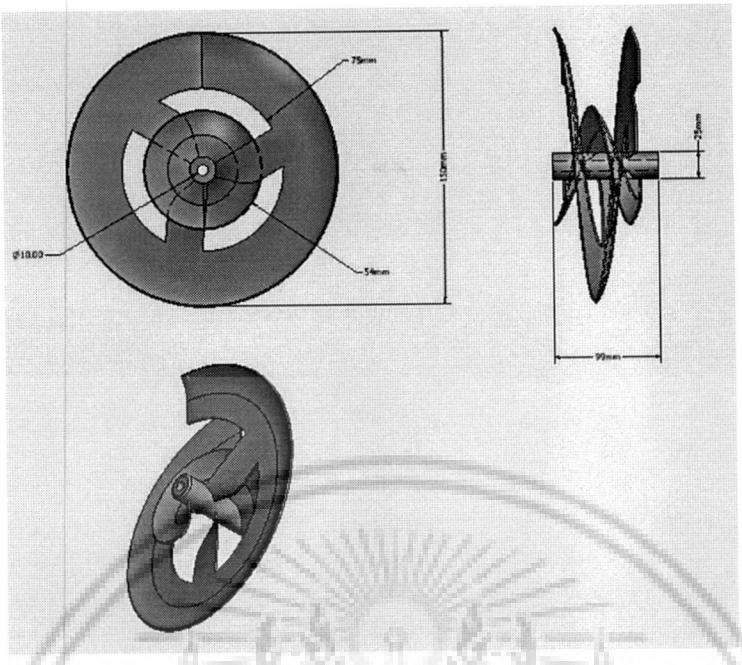
รูปที่ จ3 แบบ ฝากวน 3 มิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



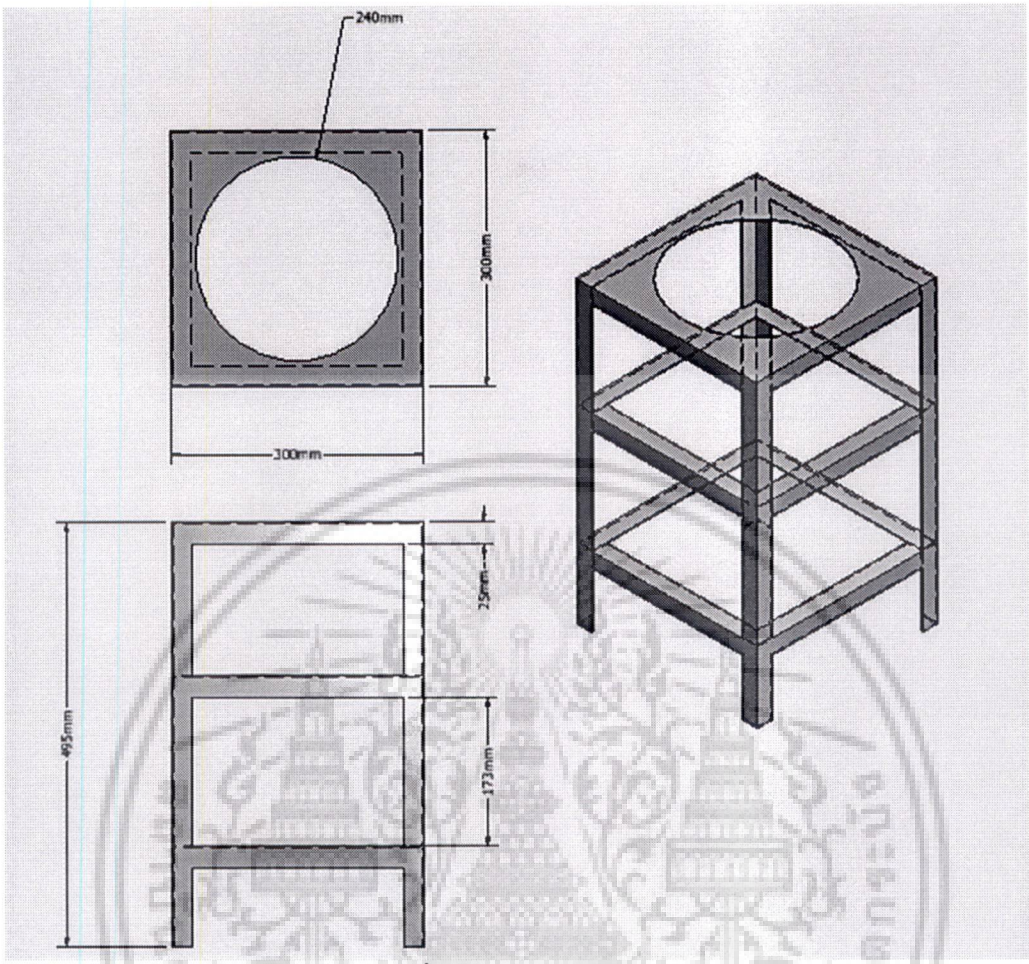
รูปที่ จ4 แบบ ถังทำแห้ง 3 มิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



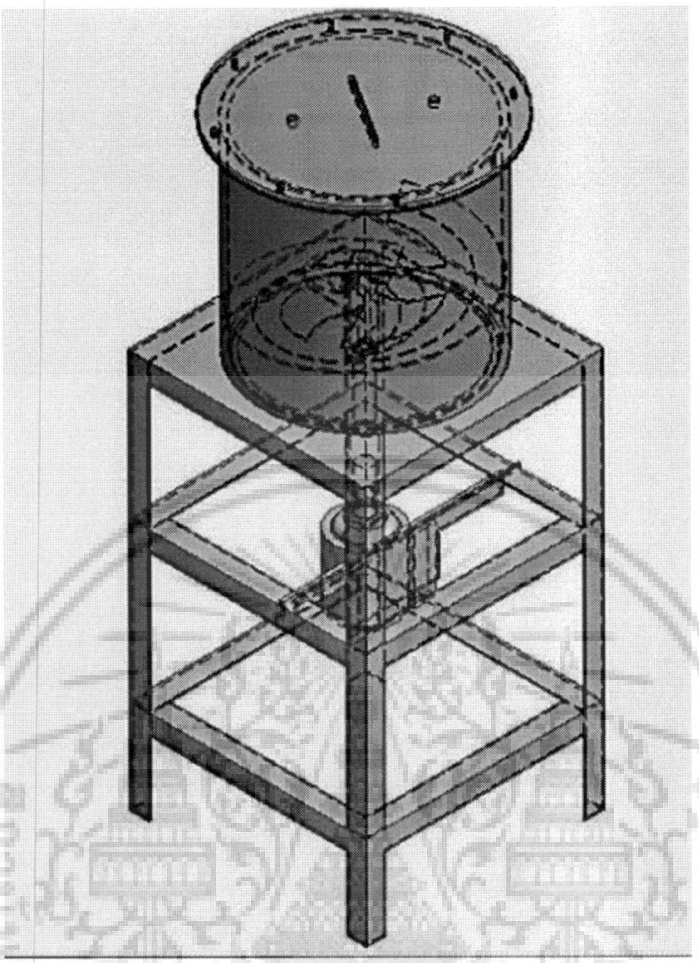
รูปที่ จ5 แบบ ใบกวน 3 มิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



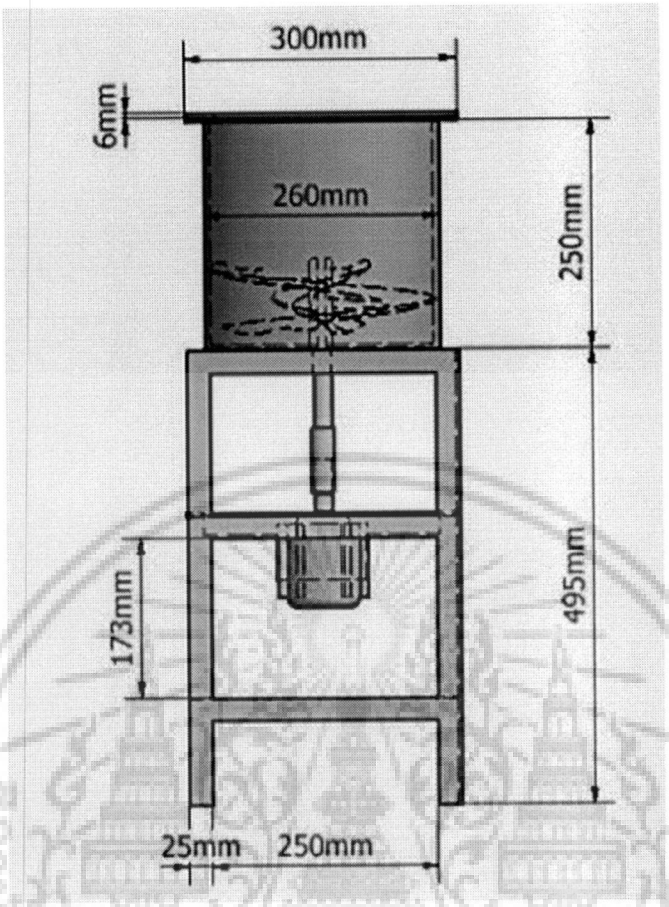
รูปที่ จ6 แบบ โครงเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



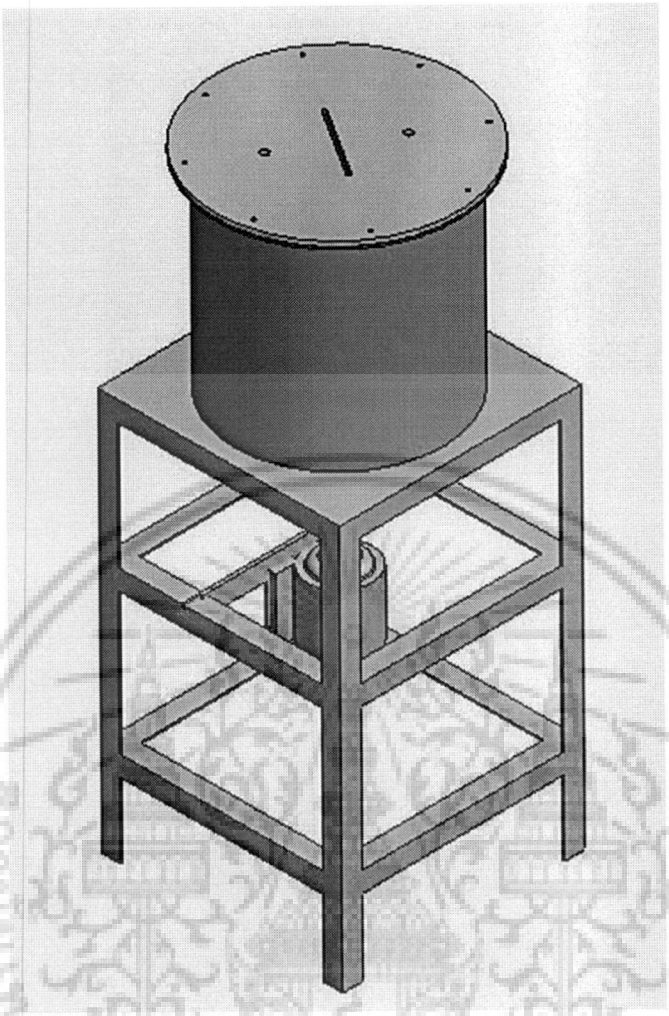
รูปที่ จ7 แบบ โครงเหล็กประกอบกับถัง, ฝา, ใบกวนและมอเตอร์ 3มิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ8 แบบ โครงเหล็กประกอบกับถัง, ฝา, ใบกวนและมอเตอร์ 3 มิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ9 แบบ โครงเหล็กประกอบกับถัง, ฝา, ใบกวนและมอเตอร์ 3 มิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

ใบรายงานผลการทดสอบและมาตรฐาน APCC สำหรับน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ และคำอธิบาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SGS

Test Report 1945137 Date : 13-Jan-2011 **Page 1 of 1**

Client : King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
1 Chalongkrung Rd.
Ladkrabang , Bangkok Thailand Bangkok 10520 Thailand

The following sample(s) was/were submitted and identified by client as:

Sample Description : น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ จากการทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดในสภาวะสูญญากาศร่วมกับอินฟราเรดอิมิตเตอร์ ที่อุณหภูมิควบคุม 55 °C ความเร็วรอบใบกวน 200 รอบต่อนาที เวลา 90 นาที
Sample No. : 1993587
Sample Condition : Sample is contained in glass bottle.
Date Received : 10-Jan-2011 Date Commenced : 11-Jan-2011

Test Items	Method	Results	Units
Free Fatty Acid (as lauric acid)	AOCS Ca 5a-40	0.10	%
Peroxide Value	AOCS Cd 8-53	0.82	meq/Kg

End of Report

Signed for and on behalf of
SGS (Thailand) Limited

Kanogkarn T.

Kanogkarn Thongluang
Agri/Food Laboratory Assistant Manager

164685D This document is issued by its Company under its General Conditions of Service accessible at http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm. Attention is drawn to the limitation of liability, indemnification and jurisdiction issues defined therein. Any holder of this document is advised that information contained hereon reflects the Company's findings at the time of its intervention only and within the limits of Client's instructions, if any. The Company's sole responsibility is to its Client and this document does not exonerate parties to a transaction from exercising all their rights and obligations under the transaction documents. Any unauthorized alteration, forgery or falsification of the content or appearance of this document is unlawful and offenders may be prosecuted to the fullest extent of the law. Unless otherwise stated the results shown in this test report refer only to the sample(s) tested and such sample(s) are retained for 45 days only.

SGS (Thailand) Limited | Laboratory Services 41/23 Soi Rama III 58 Rama III Road Chongnonsee Yannawa Bangkok 10120
t +66 (0)2 683 05 41 294 74 85-90 f +66 (0)2 294 74 84 683 07 58 www.sgs.com

Member of the SGS Group

รูปที่ ฉ1 ใบรายงานผลการวัดค่า Free Fatty Acid (as Lauric acid)และค่า Peroxide

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SGS

Test Report 1945138 Date : 13-Jan-2011 Page 1 of 1

Client : King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
1 Chalongkrung Rd.
Ladkrabang , Bangkok Thailand Bangkok 10520 Thailand

The following sample(s) was/were submitted and identified by client as:

Sample Description : น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ จากการทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดในสภาวะสุญญากาศร่วมกับอินฟราเรดเอ็มเตอร์ ที่อุณหภูมิควบคุม 65 °C ความเร็วรอบในถาด 200 รอบต่อนาที เวลา 90 นาที
Sample No. : 1993598
Sample Condition : Sample is contained in glass bottle.
Date Received : 10-Jan-2011 Date Commenced : 11-Jan-2011

Test Items	Method	Results	Units
Free Fatty Acid (as lauric acid)	AOCS Ca 5a-40	0.10	%
Peroxide Value	AOCS Cd 8-53	Not detected	meq/Kg

End of Report

Signed for and on behalf of
SGS (Thailand) Limited

Kanogkarn T.

Kanogkarn Thongluang
Agri/Food Laboratory Assistant Manager

This document is issued by the Company under its General Conditions of Service accessible at http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm. Attention is drawn to the limitation of liability, indemnification and jurisdiction issues defined therein. Any holder of this document is advised that information contained hereon reflects the Company's findings at the time of its intervention only and within the limits of Client's instruction, if any. The Company's sole responsibility is to its Client and this document does not exonerate parties to a transaction from exercising all their rights and obligations under the transaction documents. Any unauthorized alteration, forgery or falsification of the content or appearance of this document is unlawful and offenders may be prosecuted to the fullest extent of law.
Unless otherwise stated the results shown in this test report refer only to the sample(s) tested and such sample(s) are retained for 15 days only.

SGS (Thailand) Limited | Laboratory Services 41/23 Soi Rama III 58 Rama III Road Chongnonsee Yannawa Bangkok 10120
t +66 (0)2 683 05 41 294 74 65-90 f +66 (0)2 294 74 84 683 07 58 www.sgs.com
Member of the SGS Group

รูปที่ ฉ2 ใบรายงานผลการวัดค่า Free Fatty Acid (as Lauric acid)และค่า Peroxide

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APCC STANDARDS FOR VIRGIN COCONUT OIL

1. Scope

This Standard applies to virgin coconut oil.

2. Description

Coconut oil is derived from the kernel/meat/copra of the coconut (*Cocos nucifera* L.). Virgin coconut oil is obtained from the fresh and mature kernel of coconut by mechanical or natural means with or without the application of heat, which does not lead to alteration of the oil. Virgin coconut oil is suitable for human consumption in its natural state.

3. Essential Composition and Quality Factors

	Interim APCC Standards
Identity Characteristics	
Relative density	0.915 - 0.920
Refractive index at 40°C	1.4480 - 1.4492
Moisture % wt. max.	0.1 - 0.5
Insoluble impurities per cent by mass max.	0.05
Saponification Value	250 - 260 min
Iodine value	4.1 - 11.00
Unsaponifiable matter % by mass. max.	0.2 - 0.5
Specific gravity at 30 deg./ 30 deg. C	0.915 - 0.920
Acid Value max.	0.5
Polenske Value min.	13
GLC Ranges of Fatty Acid Composition (%)	
C 6:0	0.4 - 0.6
C 8:0	5.0 - 10.0
C 10:0	4.5 - 8.0
C 12:0	43.0 - 53.0
C 14:0	16.0 - 21.0
C 16:0	7.5 - 10.0
C 18:0	2.0 - 4.0
C 18:1	5.0 - 10.0
C 18:2	1.0 - 2.5
C 18:3 – C 24:1	< 0.5

รูปที่ ฉ3 มาตรฐาน APCC สำหรับน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ หน้า1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Quality Characteristics	water clean
Colour	≤ 0.5%
Free Fatty Acid	≤3 meq/kg oil
Peroxide Value	< 10 cfu
Total Plate Count	
Odour and Taste	Free from foreign and rancid odour and taste
Contaminants	0.2 %
Matter volatile at 105°C	5 mg/kg
Iron: (Fe)	0.4 mg/kg
Copper	0.1 mg/kg
Lead	0.1 mg/kg
Arsenic	

4. **Food Additives**

None Permitted

5. **Hygiene**

It is recommended that the product be prepared in accordance with the GMP and HACCP standards.

6. **Labelling**

The name of the food on the label shall be "Virgin Coconut Oil.". The provisions of the General Standard for the labeling of Prepackaged Foods (CODEX STAN 1 – 1985 (Rev. 1-1991)) shall apply.

7. **Methods of Analysis and Sampling**

Based on Codex Alimentarius (Volume 13).

รูปที่ ฉ3 มาตรฐาน APCC สำหรับน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ หน้า2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำอธิบายความหมายต่างๆของค่าในน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ [33]

Lauric acid

คือกรดไขมันอิ่มตัวสายโซ่ปานกลาง สามารถเปลี่ยนไปเป็นพลังงานที่ตับอย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นกรดไขมันอิ่มตัวที่มีคุณสมบัติทางด้านสุขภาพและความงามที่ดีที่สุด ตัวหนึ่ง กรดลอลิคเป็นตัวที่ทำให้น้ำมันมะพร้าวมีคุณสมบัติเด่นกว่าน้ำมันชนิดอื่นๆ โดยค่านี้สูงจะทำให้น้ำมันมะพร้าวมีประสิทธิภาพที่ดี โดยทั่วไปจะอยู่ในช่วง 50-53% ของปริมาณกรดไขมันทั้งหมด

Free Fatty Acid

คือค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณกรดไขมันอิสระ ซึ่งค่ายิ่งน้อยโอกาสที่จะทำปฏิกิริยากับสารอื่นๆ นั้นจะน้อยตามไปด้วย ดังนั้นจึงสามารถรักษาคุณภาพได้คงที่อยู่ได้นาน ซึ่งน้ำมันที่เป็นชนิด Extra virgin oil จะต้องมีค่านี้ต่ำกว่า 0.5% เป็นอย่างน้อย

Peroxide value

คือค่าที่บ่งบอกถึงความเสถียรของน้ำมันมะพร้าวต่อการทำปฏิกิริยา oxidation โดยค่ายิ่งต่ำจะสามารถเก็บไว้ได้นานโดยไม่มีกลิ่นหืนและสีของน้ำมันไม่มีการ เปลี่ยนแปลง โดยสามารถใช้ได้โดยตรงกับผิวเพื่อเพื่อต่อต้านอนุมูลอิสระได้อีกด้วย

Iodine value

คือค่าที่บ่งบอกถึงจำนวนพันธะคู่ในน้ำมันมะพร้าวที่ทำปฏิกิริยากับสาร ไอโอดีน โดยค่านี้ยิ่งต่ำจะทำให้น้ำมันมะพร้าวมีความเสถียรมากยิ่งขึ้น (ไม่มีกลิ่นหืน สีของน้ำมันไม่เปลี่ยนแปลงแม้จะเก็บไว้เป็นระยะเวลานาน) โดยทางเราใช้การทดสอบไอโอดีนแบบวิจส์ IV (Wijs method)

Saponification value

คือจำนวนมิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ทำปฏิกริยากับน้ำมันมะพร้าว ปริมาณ 1 กรัม ซึ่งค่านี้สามารถบ่งบอกถึงน้ำหนักโมเลกุลของกรดไขมันในน้ำมันมะพร้าว ซึ่งจะทำให้เราทราบถึงความยาวของสายโซ่ของกรดไขมันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Vitamin E (alpha-tocopherol)

คือสารที่ช่วยต่อต้านอนุมูลอิสระและพบได้ทั่วไปในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง ช่วยป้องกันและซ่อมแซมการสึกหรอของเส้นผม ผิว และเล็บได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วยป้องกันและยับยั้งการเสื่อมสภาพของผิว ช่วยชะลอความแก่โดย Vitamin E ที่อยู่ในรูป alpha-tocopherol จะมีประสิทธิภาพมากที่สุดเมื่อเทียบกับรูปแบบอื่นๆ โดยจะต้องเป็นกระบวนการสกัดเย็น ถึงจะสามารถรักษา Vitamin E ตัวนี้ไว้ได้ในปริมาณสูงที่สุด

Moisture and Volatile Matter

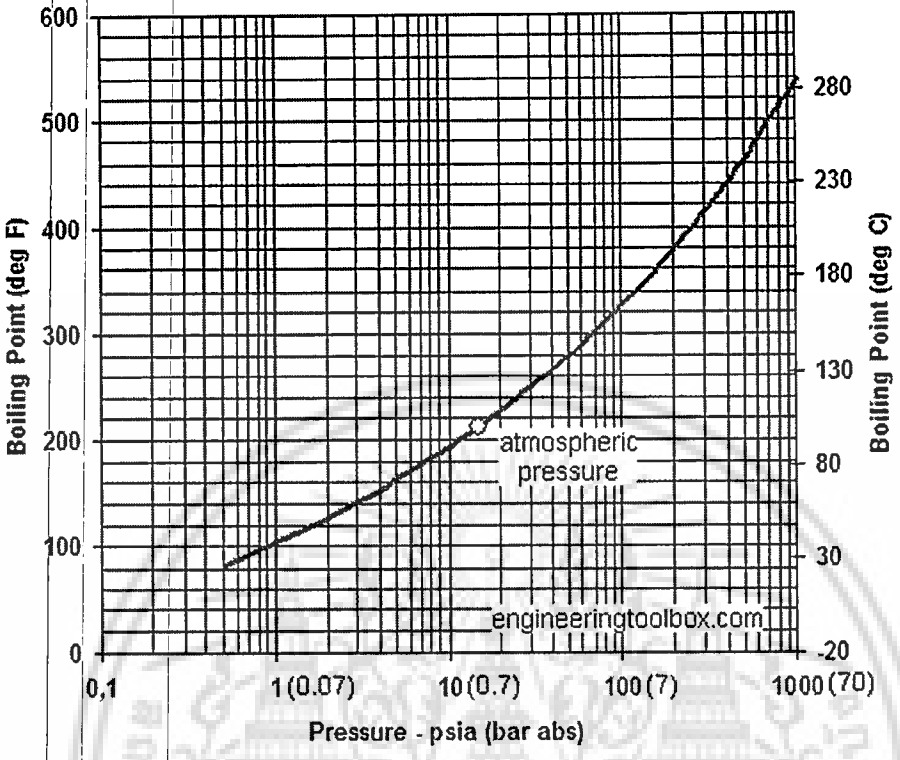
คือค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณความชื้นและปริมาณสารที่ระเหยได้ที่พบในน้ำมัน มะพร้าวบริสุทธิ์ โดยถ้าค่านี้มีปริมาณสูง จะทำให้เกิดการเหม็นหืนได้ง่าย เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ซึ่งจะไปทำปฏิกริยากับน้ำ ส่งผลให้น้ำมันมะพร้าวเหม็นหืนเร็วยิ่งขึ้นกว่าปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช

กราฟที่สำคัญต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ช1 จุดเดือดของน้ำ ณ ระดับอุณหภูมิและความดันต่างๆ[46]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ช2 คุณลักษณะต่างๆของวัสดุที่ใช้เป็นอินฟราเรดฮีทเตอร์ [47]

	Metal Sheath	Quartz Tube	Quartz Lamp	Catalytic	Flat Faced Panel	Ceramic
Radiant Efficiency	56 %	61 %	86 %	80 %	88 %	96 %
Physical Strength	High	Low	Very Low	High	Medium	Medium
Heat-Up / Cool-down	Slow	Fast	Very Fast	Very Slow	Slow	Slow
Temperature	1400°F	1600°F	4000°F	800°F	1600°F	1300°F
Color Sensitivity	Low	Low	High	Low	Low	Low

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ซ

ผลงานวิจัยที่ได้รับการเผยแพร่

1. สมรรถนะของเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบสุญญากาศร่วมกับการนำความร้อนด้วยน้ำร้อน
2. The optimal condition for coconut flakes dryer with vacuum and infrared heater

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยครั้งที่ 11 ประจำปี 2553
6 – 7 พฤษภาคม 2553 อาคารสุนทรภู่ มหาวิทยาลัย ม.เกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

สมรรถนะของเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบสุญญากาศร่วมกับการนำความร้อนด้วยน้ำร้อน
Performance of Machine for Drying Coconut Flakes with Vacuum and Hot water

ปานมนัส ศิริสมบูรณ์[1] และ มงคล สกุลทองอร่าม[2*]
Panmanas Sirisomboon[1] and Mongkol Skunthongarlam[2*]

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมรรถนะของเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบสุญญากาศร่วมกับการนำความร้อนด้วยน้ำร้อน ทดสอบที่ความดันสุญญากาศสัมพัทธ์ 730 มิลลิเมตรปรอท อุณหภูมิน้ำร้อนในถังน้ำอุณหภูมิ 68.5 – 71.5 °ซ. และอุณหภูมิทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูด 55 °ซ. โดยมีการเปลี่ยนความเร็วรอบในการกวน ระดับ 0, 50, 100 รอบ/นาที ตามลำดับ และปริมาณเนื้อมะพร้าวขูด 0.5, 1 กก. ตามลำดับ เพื่อวัดปริมาณน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ได้ (ก./ก. เนื้อมะพร้าวขูด) ผลจากการทดลองพบว่า กราฟของจลน์ศาสตร์ของการทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดด้วยระบบดังกล่าวมีแนวโน้มเป็นเส้นตรง ความเร็วรอบในการกวนระดับ 100 รอบ/นาที และปริมาณเนื้อมะพร้าวขูด 0.5 กก. ให้ปริมาณน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มากที่สุด (0.15 ก./ก. เนื้อมะพร้าวขูด) เมื่อไม่ได้กวนจะได้กะทิแทนน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์

คำสำคัญ: ความเร็วรอบในการกวน ปริมาณน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ เนื้อมะพร้าวขูด

ABSTRACT

The objective of this research aimed to study the performance of drying machine with vacuum system and hot water for coconut flakes. The performance testwas conducted atvacuum pressure of 730 mmHg, heated water temperature of 68.5 - 71.5 °C and temperature of drying coconut flakes 55 °C at 3 different stirring paddle speeds of 0, 50, 100 rpm and the amount of coconut flakes of 0.5 and 1 kg. The amount of virgin coconut oil (g/g coconut flakes) was measured at those different conditions. The vacuum drying kinetic curve showed its trend to be straight line. The experiment condition of 50 rpm paddle stirring speed with 1 kg coconut flakes provided the maximum virgin coconut of 0.15 g/g coconut flakes oil yield and the experiment with no stirring paddle speed provided the coconut milk not oil.

Keywords: Paddle speed, virgin coconut oil yield, coconut flakes

บทนำ

จากการเปิดเขตการค้าเสรีไทยจีนส่งผลให้ผักและผลไม้ของจีนซึ่งมีราคาสินค้าถูกกว่าในประเทศไทย ทำให้สินค้าภายในประเทศมีมูลค่าเทียบเคียงกับสินค้าจากจีน ซึ่งส่งผลกระทบต่อเกษตรกรไทยมาก ดังนั้นการแปรรูปผลผลิตภายในประเทศ ที่มีเฉพาะประเทศไทยหรือกลุ่มอาเซียน จึงเป็นทางออกที่สำคัญประการหนึ่งของการแก้ปัญหาในปัจจุบันนี้และยังเป็นโอกาสในการเพิ่มขีดความสามารถในการพัฒนาผลผลิต และผลิตภัณฑ์ต่างๆภายในประเทศ ซึ่งมะพร้าว ก็เป็นหนึ่งในผลผลิตเกษตรที่ประเทศไทย มีพื้นที่ศักยภาพในการปลูกมะพร้าวสูง และมีความหลากหลายทางสายพันธุ์มะพร้าวมากที่สุดแห่งหนึ่งในโลก

มะพร้าวถือเป็นต้นไม้มหัศจรรย์ที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ทั้งต้นตั้งแต่ราก ลำต้น ผล ใบ และเส้นใยต่าง ๆ ในประเทศไทยได้มีการนำเอามะพร้าวมาสกัดทำเป็นน้ำมันมะพร้าวมานานกว่า 700 ปี น้ำมันมะพร้าวถูกนำไปใช้เป็น

[1]Associate professor, Curriculum of Agricultural Engineering Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, KingMongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, 10520
[2]Master student, Curriculum of Agricultural Engineering Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, 10520
*Corresponding author, Email: MONGKOLBEST@HOTMAIL.COM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งอาหาร เครื่องสำอาง ตลอดจนยารักษาโรค ทำให้คนไทยไม่ค่อยมีปัญหาด้านสุขภาพมากมายเช่นทุกวันนี้ จนต่อมาเมื่อเกิดการเข้าใจผิดเกี่ยวกับน้ำมันมะพร้าว จึงทำให้ผู้คนส่วนใหญ่บริโภคมะพร้าวและกะทิน้อยลง (ณรงค์, 2548)

น้ำมันมะพร้าวบีบเย็น (Cold-pressed coconut oil) โดยกระบวนการบีบที่ไม่ผ่านความร้อนสูง ผลิตจากเนื้อมะพร้าวสดเป็นน้ำมันมะพร้าวที่บริสุทธิ์ที่สุด สีใสเหมือนน้ำ มีวิตามินอี และไม่เกิดกระบวนการเติมออกซิเจน (Oxidation) มีค่า peroxide และกรดไขมันอิสระต่ำ มีกลิ่นมะพร้าวอย่างอ่อนๆ ถึงแรง (ขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิต) มีความชื้นไม่เกิน 0.1 % เรียกน้ำมันมะพร้าวชนิดนี้ว่า น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (Virgin coconut oil) (ณรงค์, 2548)

น้ำมัน มะพร้าวมีกรดไขมันชนิดพิเศษ มีจำนวนอะตอมสั้นและขนาดกลางซึ่ง 2 ใน 3 ส่วนเป็นขนาดกลาง 6-12 ตัว (medium-chain fatty acid) ซึ่งเป็นผลดี เพราะขนาดกรดไขมันชนิดนี้ สามารถถูกดูดซึมผ่านเข้ากระบวนการสันดาปในร่างกายเราได้ ทำให้ลดอันตรายต่อเซลล์ไปได้ (ณรงค์, 2548)

กรด ไขมันในมะพร้าวนี้ 50 % เป็นกรดลอริค (Lauric acid) ซึ่งเปลี่ยนเป็น monolaurin ในร่างกาย กรดนี้มีผลในการต้านเชื้อแบคทีเรีย ยีสต์ รา และไวรัสชนิดมีเปลือกหุ้ม เช่น เชื้อไวรัสเอดส์ เริม ไข้หวัดใหญ่ เป็นต้น น้ำมันมะพร้าวยังมีกรดคาปริค (capric acid) ประมาณ 7 % ซึ่งช่วยต้านเชื้อไวรัสและแบคทีเรียได้เช่นกัน (ณรงค์, 2548)

การทำแห้งมะพร้าวขูดเป็นขั้นตอนที่สำคัญมาก เนื่องจาก เนื้อมะพร้าวขูดสด มีอายุการเก็บสั้น การทำแห้งเป็นการลดความชื้นจากเนื้อมะพร้าวเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ที่ทำให้น้ำมันเสื่อมคุณภาพ เช่น การเหม็นหืน การเกิดกรดไขมันอิสระ มะพร้าวขูดแห้งสามารถเก็บรักษาไว้เพื่อรอการผลิตต่อไปได้ การทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดเพื่อผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ จะลดความชื้นลงเหลือ 10 -20 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก (ลลิตา, 2548)

ระบบสุญญากาศ มีหลักการเบื้องต้นโดยการให้ปั๊มสุญญากาศดูดอากาศออกจากระบบทำให้เกิดความแตกต่างของความดันภายในระบบและแรงดันบรรยากาศรอบๆ (ชัยวิทย์, 2526)

การลดความชื้นที่ระดับความดันสุญญากาศ เป็นการลดความชื้นที่อุณหภูมิต่ำ ส่งผลให้ลดการเสื่อมคุณภาพของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ได้และยังเป็นการเพิ่มระบบปิดให้แก่การทำแห้งเป็นการลดการปนเปื้อนแบคทีเรียอีกทางหนึ่ง (จิฑูร, 2531)

การกวนภายในถังเป็นการเพิ่มภาระถ่ายเทความร้อนอีกทางหนึ่งส่งผลให้การทำแห้งนั้นเร็วยิ่งขึ้นและได้ผลผลิตที่มีคุณภาพดีขึ้น

สำหรับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ เพื่อหาสมรรถนะของเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบสุญญากาศร่วมกับการนำความร้อนด้วยน้ำร้อนที่ความเร็วรอบในการกวน 0, 50 และ 100 รอบนาที ตามปริมาณมะพร้าวขูดที่ใช้ 0.5 กก. และ 1 กก. ตามลำดับ

อุปกรณ์และวิธีการ

หลักการที่สำคัญของการผลิตน้ำมันมะพร้าวบีบเย็นคุณภาพสูง

กรรมวิธีการผลิตน้ำมันมะพร้าวบีบเย็นคุณภาพสูงที่คณะวิจัยทดลอง เป็นวิธีการบีบน้ำมันโดยเครื่องอัดไฮดรอลิค จากเนื้อมะพร้าวสดที่ผ่านการขูดและการทำแห้งอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูด คือ 55 °ซ. ที่ระดับสุญญากาศสัมพัทธ์ 730 มิลลิเมตรปรอทและจะใช้เวลาในการอบสั้นและเป็นการทำแห้งในระบบปิดซึ่งจะช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดการปนเปื้อนของแบคทีเรีย ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้น้ำมันมีสีเหลือง

จุดสำคัญของขั้นตอนการผลิตน้ำมันมะพร้าวด้วยวิธีการนี้ คือ ระดับสุญญากาศที่สอดคล้องกับอุณหภูมิการทำแห้ง อุณหภูมิในการทำแห้ง และปริมาณความชื้นของเนื้อมะพร้าวหลังการทำแห้ง

ซึ่งขั้นตอนที่สำคัญของการผลิต ได้แก่ การเตรียมวัสดุ การทำแห้ง การบีบสกัดน้ำมัน และการกรอง โดยขนาดถังภายในสำหรับบรรจุเนื้อมะพร้าวขูด มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 24.3 ซม. และสูง 16 ซม. และขนาดถังภายนอกสำหรับบรรจุน้ำร้อน มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 26.8 ซม. และสูง 27ซม.

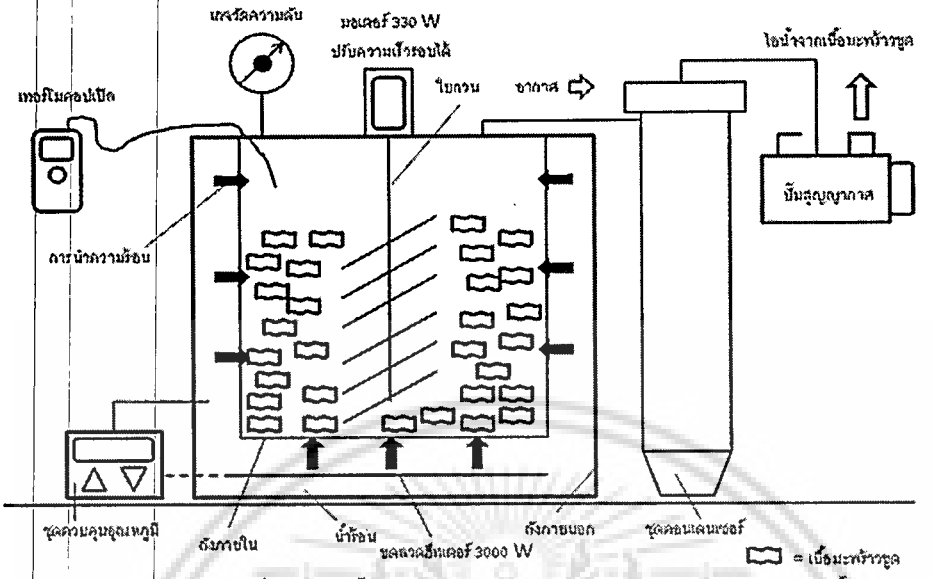
การเตรียมวัสดุ

มะพร้าวขูดที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นมะพร้าวขูดสดจากตลาดหัวตะเข้ เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร มะพร้าวขูดสดที่ได้นำมาแบ่งออกเป็นสองชุด ชุดแรกทำการหาค่าความชื้นเริ่มต้น ส่วนมะพร้าวขูดอีกชุดหนึ่งนำไปทำการทดลองทำแห้งแบบระบบสุญญากาศร่วมกับการนำความร้อนด้วยน้ำร้อน ค่าความชื้นเริ่มต้นที่ใช้ในการทดลองหาโดยการทำแห้งในตู้อบ (Memmert, USA) ที่อุณหภูมิ 105 °ซ. เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จากตัวอย่าง 3 ซ้ำ

การทำแห้ง

เครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบสุญญากาศร่วมกับการนำความร้อนด้วยน้ำร้อนที่ใช้ในการทดลอง มีการเตรียมน้ำร้อนก่อน ด้วยการตั้งค่าอุณหภูมิจากชุดควบคุมอุณหภูมิของน้ำร้อน ที่อุณหภูมิ ประมาณ 70 °ซ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1 ชุดการทดลองเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวชุดระบบสุญญากาศร่วมกับการนำความร้อนด้วยน้ำร้อน

เมื่ออุณหภูมิน้ำในถังภายนอกถึงอุณหภูมิที่กำหนด จึงทำการเปิดปั๊มสุญญากาศ เพื่อลดความดันสุญญากาศสัมพัทธ์ของถังภายในถังที่ 730 มิลลิเมตรปรอท จนกระทั่งอุณหภูมิของถังภายในมีค่าประมาณ 55 °ซ.

ขั้นตอนนี้ มีการทดลอง ความเร็วรอบในการกวน 0, 5 และ 10 รอบ/นาที ตามปริมาณมะพร้าวชุดที่ใช้ 0.5 กก. และ 1 กก. ตามลำดับ การสุ่มตัวอย่าง 3 ตัวอย่างๆละประมาณ 0.5-1 ก.โดยชั่งด้วยเครื่องชั่งอิเลคทรอนิคส์ (Shimadzu, BX 3000, Japan) ความละเอียด 0.001 ก. เพื่อวัดความชื้นเนื้อมะพร้าวชุดทุกๆ 15 นาที กระทั่งเวลาในการทดลองครบ 60 นาที การทดลองทำ 1 ซ้ำ

การบีบน้ำมัน

นำเนื้อมะพร้าวชุดแห้งหุ้มด้วยผ้าขาวบางก่อนนำไปทำการเข้าเครื่องอัดไฮดรอลิคด้วยความดันเท่ากันทุกๆ สภาวะ

การกรอง

น้ำมันมะพร้าวที่ได้กรองด้วยชุดกรองแบบสุญญากาศด้วยกระดาษกรอง (Glass microfibre filters, Whatman, England) จะได้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ที่ใส เหมือนน้ำ

ผลการทดลองและวิจารณ์

ลักษณะการถ่ายเทความร้อนภายในถัง

จากการทดลอง เมื่อเริ่มเปิดปั๊มสุญญากาศและมอเตอร์ที่ความเร็วรอบ 0, 50 และ 100 รอบ/นาที ตามปริมาณมะพร้าวชุดที่ใช้ 0.5 กก. และ 1 กก. ตามลำดับ

จากภาพที่ 2 อุณหภูมิน้ำของถังภายนอกประมาณ70 °ซ. อุณหภูมิมะพร้าวชุดภายในถัง จะต่ำลงในช่วงแรกเนื่องจากน้ำที่มีอยู่ในเนื้อมะพร้าวชุด ถูกดูดออกด้วยปั๊มสุญญากาศทำให้อุณหภูมิภายในถังต่ำลง เมื่อเริ่มทำการสุญญากาศไปเรื่อยๆ น้ำที่มีอยู่ในเนื้อมะพร้าวชุด มีปริมาณลดน้อยลง ทำให้ ส่งผลต่ออุณหภูมิน้ำของถังภายนอกถ่ายเทความร้อน เข้ามาสู่ถังภายในทำให้อุณหภูมิของมะพร้าวชุดภายในถังเพิ่มขึ้นตามหลักการการนำความร้อน ที่พลังงานความร้อนถ่ายเทภายในวัตถุหนึ่ง ๆ หรือระหว่างวัตถุสองชิ้นที่สัมผัสกัน โดยมีทิศทางของการเคลื่อนที่ของพลังงานความร้อนจากบริเวณที่มีอุณหภูมิไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า โดยที่ตัวกลางไม่มีการเคลื่อนที่ (มนตรี, 2541)

ปริมาณน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณการใช้เนื้อมะพร้าวชุด 0.5กก., 100 รอบ/นาที ได้ปริมาณน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ 78.69 ก. คิดเป็นอัตราส่วนน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ 0.15 (ก./ก. เนื้อมะพร้าวชุด) เนื้อมะพร้าวชุดซึ่งมาก

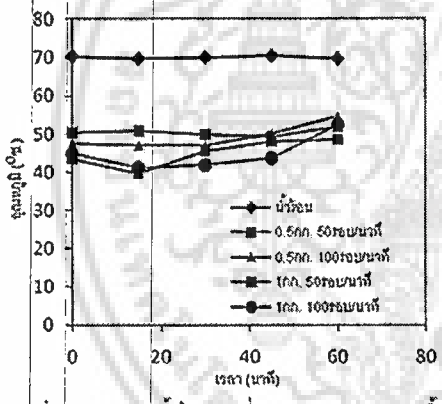
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 ปริมาณน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (ก./ก.เนื้อมะพร้าวขูด) ที่ได้จากสภาวะการทดลองทำแห้งที่ระดับสุญญากาศ 730 มิลิเมตรปรอท ที่ความเร็วรอบการกวนต่างๆ

	ความเร็วรอบ				
	100 รอบ/นาที		50 รอบ/นาที		0 รอบ/นาที
ปริมาณเนื้อมะพร้าวขูดเริ่มต้นเฉลี่ย (ก.)	514.96	997.30	978.34	510.00	491.22
ปริมาณน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์เฉลี่ย (ก.)	78.69	123.53	127.19	62.22	150.33
ปริมาณน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (ก./ก.เนื้อมะพร้าวขูด)	0.15	0.12	0.13	0.12	0 (เป็นกะทิ)

ที่สุด และปริมาณการใส่เนื้อมะพร้าวขูด 0.5กก, 50รอบ/นาที และ 1กก, 50รอบ/นาที และ 1กก, 100รอบ/นาที ได้ปริมาณน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ คิดเป็นปริมาณน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ 0.12, 0.13 และ 0.12 g/g เนื้อมะพร้าวขูด ตามลำดับซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน

สาเหตุที่ได้ปริมาณน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (ก./ก. เนื้อมะพร้าวขูด) ที่ปริมาณเนื้อมะพร้าวขูด 0.5กก, 100รอบ/นาที มากที่สุด อาจเป็นเพราะ ปริมาตรการถ่ายเทความร้อนภายในถังที่มากกว่าปริมาณเนื้อมะพร้าวขูด 1กก, 100รอบ/นาที ทำให้การถ่ายเทความร้อนภายในถังได้รวดเร็วกว่า



ภาพที่ 2 อุณหภูมิน้ำร้อนเฉลี่ยและอุณหภูมิของเนื้อมะพร้าวขูดในถังภายใน 0.5กก.และ 1กก.ที่ความเร็วรอบ 50 รอบ/นาที และ 100รอบ/นาที

ความชื้นฐานเปียกของเนื้อมะพร้าวขูดขณะทำแห้ง

ความชื้นฐานเปียกเริ่มต้นของเนื้อมะพร้าวขูด มีค่าอยู่ในช่วง 51 – 53 เปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานเปียก ซึ่งภาพที่ 3 แสดง จลน์ศาสตร์ของการทำแห้งของเนื้อมะพร้าวขูดด้วยระบบสุญญากาศร่วมกับการนำความร้อนด้วยน้ำร้อนที่สภาวะต่างๆ สังเกตเห็นว่า ความชื้นฐานเปียกที่ลดลงตามเวลา มีแนวโน้มเป็นลักษณะเส้นตรง

ผลการวัดอุณหภูมิน้ำของถังภายนอกและอุณหภูมิของเนื้อมะพร้าวขูดของถังภายใน

เมื่อเปรียบเทียบกับลักษณะการทำแห้งทั่วไปที่มีช่วงการทำแห้ง 3 ช่วงได้แก่ ช่วงการให้ความร้อนเบื้องต้นแก่วัสดุ ช่วงการทำแห้งที่ความเร็วคงที่ และช่วงการทำแห้งที่ความเร็วลดลง ดังภาพที่ 4 (รุ่งนภา, 2541) พบว่า การทำแห้งด้วยการใช้เครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบสุญญากาศร่วมกับการนำความร้อนด้วยน้ำร้อน ซึ่งไม่ตรงกับการทำแห้งของวัสดุทางการเกษตรทั่วไปที่เป็นระบบเปิดไม่อยู่ในภาวะสุญญากาศ

จากการลดลงของความดันด้วยระบบสุญญากาศและทำแห้งร่วมกันนั้น ทำให้ช่วงการให้ความร้อนเบื้องต้นของวัสดุนั้นได้รวมเข้าสู่ช่วงการทำแห้งที่ความเร็วลดลงคงที่ และช่วงการทำแห้งที่ความเร็วลดลง ไม่ได้ทำการทำแห้งต่อไปเรื่อยๆ เพราะเนื้อมะพร้าวขูดจะมีความชื้นต่ำกว่า 10-20 เปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานเปียก ซึ่งเกินความต้องการในการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์แบบบีบเย็น ซึ่งการทดลองครั้งนี้ใช้เวลาสำหรับในการทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูด 45 นาที ก็เพียงพอต่อการทำน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์แบบบีบเย็น

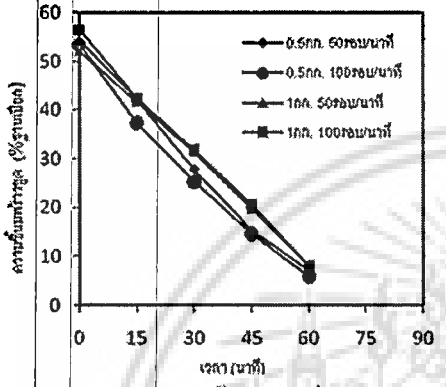
ลักษณะการกวนที่มีผลต่อเนื้อมะพร้าวขูด

การกวนเนื้อมะพร้าวขูดระหว่างการทำแห้งในระบบสุญญากาศเป็นการช่วยการถ่ายเทความร้อนของเนื้อมะพร้าวขูด เป็นไปอย่างสม่ำเสมอมากขึ้น ถ้าไม่มีการกวนเนื้อมะพร้าวขูดภายในถังส่วนใหญ่ จะไม่มีการระเหยน้ำส่งผลต่อการบีบน้ำมัน โดยได้กะทิแทนน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ เนื่องจาก เนื้อมะพร้าวขูดจะจับตัวเป็นก้อนภายใน

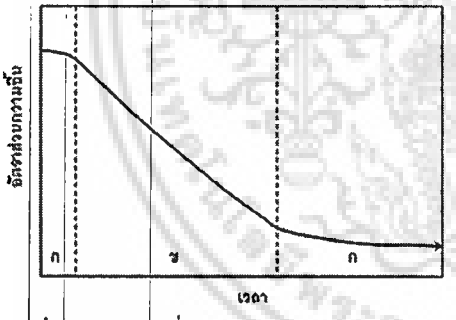
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถังทำให้การถ่ายเทความร้อนไม่ทั่วถึง อีกทั้งการใช้ระบบสุญญากาศขณะที่การถ่ายเทความร้อนด้วยการนำความร้อนไม่ทั่วถึง ทำให้เนื้อมะพร้าวขูดมีความชื้นสูง

จากตารางที่ 1 และ ภาพที่ 2 พบว่า การกวนเนื้อมะพร้าวขูด 50 และ 100 รอบต่อนาที ไม่มีผลต่ออุณหภูมิของเนื้อมะพร้าวขูดในถังภายใน แต่ปริมาณเนื้อมะพร้าวขูด 0.5 และ 1 กก. มีผลมากกว่า และจากการสังเกต พบว่า มีเนื้อมะพร้าวขูดชื้น ติดอยู่ที่ร่องของใบกวนบ้างเล็กน้อย



ภาพที่ 3 เปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานเปียกที่ ปริมาณมะพร้าวขูดในถังภายใน 0.5กก., 1กก.ที่ความเร็วรอบ 50รอบ/นาที, 100รอบ/นาที



ภาพที่ 4 แสดงการเปลี่ยนแปลงของมวลและอุณหภูมิกับเวลาในการทำแห้ง แบ่งเป็น 3 ช่วง ก) ช่วงการให้ความร้อนเบื้องต้นแก่วัสดุ ข) ช่วงการทำแห้งที่ความเร็วคงที่ ค) ช่วงการทำแห้งที่ความเร็วลดลง (รุ่งนภา, 2541)

สรุป

จากการทดลองหา สมรรถนะของเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบสุญญากาศร่วมกับการนำความร้อนด้วยน้ำร้อน พบว่า การเปลี่ยนแปลงความชื้นขณะทำแห้งตามเวลา มีแนวโน้มลดลงตามแบบสมการเส้นตรง ซึ่งต่างกับการทำแห้งด้วยความร้อนทั่วไปและสภาวะที่เหมาะสมกับวัสดุในการทำแห้งนี้คือ ความเร็วรอบในการกวนระดับ 100 รอบ/นาที และ ปริมาณเนื้อมะพร้าวขูด 0.5 กก. ให้ ปริมาณน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มากที่สุด (0.15 ก./ก. เนื้อมะพร้าวขูด) เมื่อไม่มีการกวน เมื่อนำไปหีบจะได้กะทิแทนน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ดังนั้น ในระบบปิดแบบการใช้สุญญากาศนั้น ต้องมีการกวนภายในถัง เพื่อเพิ่มการถ่ายเทความร้อนและระบายความชื้นให้มากขึ้น

นอกจากนี้ การทำแห้งด้วยการใช้เครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบสุญญากาศร่วมกับการนำความร้อนด้วยน้ำร้อนยังสามารถประยุกต์ใช้ทำแห้งกับวัสดุทางการเกษตรทั่วไปได้

คำขอบคุณ

คณะวิจัย ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้เงินสนับสนุนโครงการด้วยงบประมาณรายได้ คณะวิศวกรรมศาสตร์ปี 2553

เอกสารอ้างอิง

ชัยวิทย์ ศิลาวัชนาไนย. 2526. ฟิสิกส์และเทคโนโลยีของระบบสุญญากาศ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา

ณรงค์ โฉมเฉลา. 2548.มหัศจรรย์น้ำมันมะพร้าว.วารสารพืชปลูกพื้นเมืองไทย ปีที่ 1 (ฉบับที่2-ฉบับพิเศษ เรื่องมะพร้าว)

มนตรี พิรุณเกษตร. 2541. "เทอร์โม-ความร้อนประยุกต์". ซีเอ็ด. กรุงเทพฯ

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2541. วิศวกรรมอาหาร: หน่วยปฏิบัติการในอุตสาหกรรม. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

ลลิตา อัตนโถ. 2548 .การผลิตน้ำมันมะพร้าวบีบเย็นคุณภาพสูง. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 20, 2548: 67-72

วิทูร รัตนศักดิ์. 2531. "สุญญากาศกับการใช้งาน." วารสารเทคนิค. 5(39): 65-72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The 12th Annual Conference of Thai Society of Agricultural Engineering
"International Conference in Agricultural Engineering" (Novelty, Clean and Sustainable)
Chon-Chan Pattaya Resort, Chonburi, Thailand; 31 March-1 April 2011

The optimal condition for coconut flakes dryer with vacuum and infrared heater

Panmanas SIRISOMBOON[1], **Mongkol SKUNTHONGARLAM*[1]**

Abstract

Using of far infrared radiation for drying in the vacuum chamber has been increased because this method proved effective drying. Therefore, this study aimed to dry coconut flakes to produce virgin coconut oil by using far infrared radiation with drying in the vacuum chamber. The machine performance test was done. The heater temperature set points were 55 and 65 °C. The speed of the agitator in the coconut flakes was 100 and 200 rpm. Drying time were 45, 60 and 90 minutes. The vacuum pressure was 30 mmHg. The results showed that the best operating condition for producing virgin coconut oil was the heater set point of 65 °C, drying time of 90 minutes and agitation speed of 200 rpm. For other conditions, the coconut milk mixed with oil was obtained instead of virgin coconut oil. The oil yield was 14% by weight of coconut flakes.

[Keywords] Virgin coconut oil, vacuum, infrared, dryer.

I Introduction

From opening the Free Trade Area (FTA) with China, a huge amount of China' s fruits and vegetables were imported to Thailand due to their cheaper price. Hence, the domestic Thai fruits and vegetables were reduced in price which effected significantly on Thai farmers. As Thailand is in ASEAN, the key to compete is the improvement of the packaging and distributing of the product, product processing and quality insurance [Anon, 2010].

Coconut is one of the agricultural products with high productivity in Thailand and Thailand has several varieties of coconuts in the world. From [Chomechaloa, 2005], Coconut is a miracle tree that can benefit both from roots, trunk, fruit, stems of leaf and fibers. In Thailand, extraction of coconut oil has been done over 700 years and coconut oil was used as food, cosmetics and medicines. In the past, Thai people rarely had health problems, much unlike today. With a misunderstanding about coconut oil makes most people consume less coconut and coconut milk. Virgin Coconut oil productions have been done by 2 methods. The first method is the fermentation of coconut milk, and then left for the oil and water to be segregated. The disadvantages of this method are time consuming and coconut oil is combined to be emulsion with water [Anon, 2002]. Alternatively, second method is a cold extraction by drying the coconut flakes at low temperature and then extracting the oil from dried coconut flakes. As a result, the virgin coconut oil is obtained [Attanatoe, 2002].

The coconut flakes drying processes are a very important step since the fresh coconut flakes have a short shelf-life. Drying reduces the moisture from the coconut flakes to be produce to be virgin coconut oil. It can also stop the growth of microorganisms and inhibition of enzymes that cause oil deterioration, such as rancid and the free fatty acids. Dried coconut flakes then can be kept for the oil production. Therefore, equipment used in the drying process is important. The equipment cost, energy consumption and most important, qualities of coconut oil are to be put into consideration. The optimum temperature for drying coconut flakes is 50-60 °C [Attanatoe, 2002].

Recently, far infrared radiation has been widespread applied in agro and food industries. The heat sources enhance the entire process of drying technology over the other heat source. [Ginzburg, 1969]. Energy of infrared radiation penetrates through the material. Radiation is converted to heat, so materials can be heated quickly with consistent power from the source. The radiation can pass to material directly without considering of the air around and it can pass through vacuum. The power consumption of far infrared drying process is less than that of hot air drying [Mongpraneet et al., 2002]. Many researchers have found the application of far infrared drying on many kinds of food such as potato [Afzal and Abe ., 1998], barley [Afzal and Abe, 2000], banana [Swasdisevi, T. Swasdisevia T., Devahastinb S., Sa-Adchoma P. and Soponronnarita S., 2009], onion [Mongpraneet et al., 2002] and rice [Abe and

* Corresponding author, Tel.: (66)86577-6723; Fax: (66)2329-8336 E-mail address: mongkolbest@hotmail.com
1 Curriculum of Agricultural Engineering, School of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, 10520, Thailand.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

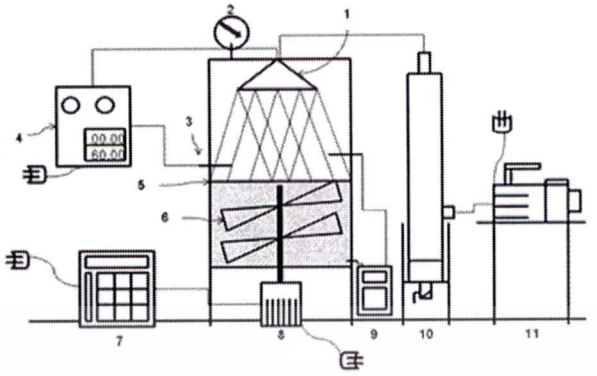


Fig. 1 a diagram of the coconut flakes vacuum dryer with an infrared heater 1. Infrared heater 2. Vacuum gauge 3. Thermocouple for temperature-controller 4. Temperature controller 5. Coconut flakes surface level 6. Agitator 7. Inverter 8. Gear motor 9. Thermocouples 10. Condenser 11. Vacuum pump

Afzal, 1997].

Vacuum drying means to drav moisture from materials in a chamber where there is no oxygen. Vacuum dryer is used under pressures

below atmospheric pressure. The advantage of this method is the evaporation is occurred at low temperature. It avoids oxygen food degradation. [Rattanasak, 1988]

When we compare between drying at the atmospheric pressure and at vacuum pressure, the latter provides high rate, lower temperature, and no oxygen drying. These may help in increasing of the quality and nutritional value of products of a wide range of raw materials. There are several researches [Arevalo-Pinedo and Murr, 2006a, 2007b, Bazyma et al., 2006, Cui et al., 2004, Jaya and Das, 2003, Methakhup et al., 2005] on vacuum drying kinetic analysis for fruits and vegetables which indicated that the different vacuum drying conditions affected the quality of products.

Many researchers have taken advantage of synergies between far infrared with vacuum. The result of vacuum drying of onion and welsh [Mongpraneet et al., 2002] showed that the heat concentrations of radiation affected the drying rate significantly and affected the quality of the product through drying. [Swasdisevi, T. Swasdisevia T., Devahastinb S., Sa-Adchoma P. and Soponronnarita S., 2009], reported that the far infrared drying experiment consumed the energy input less than that of the hot air drying for evaporating water. However, its performance decreased with increasing distance between the heat source and drying material.

The purpose of this study was to find the optimal condition of dried coconut flakes under vacuum pressure combined with infrared heater. This will lead to the development of the coconut flakes dryer for production of good quality of virgin coconut oil.

II Materials and methods

1. Experiment equipment

Diagram of the coconut flakes dryer with vacuum and infrared heater is shown in Fig. 1. Drying chamber was made of stainless steel (SS304) and had 24 cm in diameter and 25 cm height. The 800 W infrared heater is a heat source via radiation (FQFB-1800, Germany). The distance between the far infrared heater and the surface of coconut flakes was about 15 cm. There were 2 thermocouples (51/52II, Fluke, USA) that were installed on above the coconut flakes and at the bottom of chamber. The type K thermocouple for temperature controller (Maxtech, PID temperature controller, Taiwan) was used to control the temperature in drying chamber. To create a vacuum in the drying chamber, the vacuum pump (VE280, Value, China) was used. The agitator was powered by a gear motor (STS, 1/4hp, Taiwan) and the rotation speed of agitator was controlled by the inverter (AF-500, Sumitomo Heavy Industries., LTD, Japan).

2. Materials

White coconut flakes were bought from Hua Takhe market, the local markets in Lalkrabang district, Bangkok, Thialand. It is important to dry the coconut flakes within 3 hours to prevent rancidity.

3. Methods

(1) Moisture content determination

Coconut flakes samples were weighted approximately 5g for 3 samples with an electric balance (BX300, Shimadzu

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Drying Time (min)	Agitator speed 100 rpm		Agitator speed 200 rpm	
	55 °C	65 °C	55 °C	65 °C
45	*	*	Coconut milk mixed with virgin coconut oil	Coconut milk mixed with virgin coconut oil
60	*	*	Coconut milk mixed with virgin coconut oil	Coconut milk mixed with virgin coconut oil
90	Coconut milk mixed with virgin coconut oil	Coconut milk mixed with virgin coconut oil	**Virgin coconut oil**	**Virgin coconut oil**

* No experiment

Table 1 Extracted virgin coconut oil obtained at different drying condition of coconut flakes

Corporation, Japan). The samples were put in hot air oven (ULM 500, Memmert, USA) at 80 °C until constant weight.

(2) Equipment installation

The installation of a coconut flakes dryer was consisted of 4 steps. The first step was the connecting of an agitator impeller within the vacuum chamber. The second step was putting the chamber on the motor base. The third step was putting the cover, in which the infrared heater and vacuum gauge had been installed, over the chamber. The fourth step was connecting the condenser and vacuum pump to the chamber. In the condenser, the cold water was supplied to condense the vapor obtained from the vacuum chamber.

(3) Experiment procedures

The 0.5 kg coconut flakes weighed by electronic balance (Adventurer, ARC120, OHAUS, USA) was put into the vacuum chamber and then the temperature controller of the infrared heater was set at 55 or 65 °C and the speed of agitator was set at 100 or 200 rpm. The vacuum pressure for experiments was set at 30 mmHg. The experiments were conducted for 45, 60 or 90 min. Change of the mass of the coconut flakes samples during drying in the vacuum chamber were continuously weighed by the electronic balance and maximum capacity of 60 kg with resolutions of 0.01kg (WUE, MFA, Taiwan) for monitoring the evaporation of water in the coconut flakes dryer and the mass were recorded every 5 min.

The current input to the system was measured by digital clamp meter (TESTO 3010, USA) and was recorded every 5 min for calculating the electrical consumption (P) by the following formula:

$$P=IVCOS\theta \quad (1)$$

where I is the current measured (A), V is the voltage supplied (220V) and COSθ is the power factor (0.95).

(4) Extraction and filtration of virgin coconut oil

After each condition of the experiments were done, the dried coconut flakes were pressed by a hydraulic machine for extracting (or producing) virgin coconut oil. Then, the oil was filtered by vacuum filter using vacuum pump (Air Admiral, Cole Parmer, USA)

III Results and Discussion

1. Appearance of extracted virgin coconut oil from dried coconut flakes

From Table 1, the workable conditions for coconut flakes dryer was at the setting temperature of 55 and 65 °C with the agitator speed of 200 rpm and drying time of 90 min.

On drying time of 45 and 60 min, the results showed that some coconut milk came out with virgin coconut oil. This result was the same as when the agitator speed was set at 100 rpm. The reasons behind the failing results were from two reasons. The first reason was that all coconut flakes (0.5 kg) need time for nearly absolute drying. The second reason was that the agitation speed in the dryer was not enough for coconut flakes in order to transfer heat from space and between the flakes

2. Change of moisture content of dried coconut flakes in vacuum-infrared drying chamber

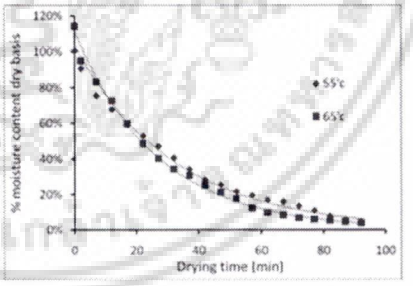


Fig. 2 Change of moisture content of coconut flakes in the vacuum-infrared dryer with time at 30 mmHg and 200 rpm agitator speed

Fig. 2 showed the changed the moisture content (dry basis) of dried coconut flakes with time at 55 °C and 65 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

at 200 rpm agitator speed and drying time of 90 min. The moisture content of coconut flakes at the different time which drying at 65 °C was lower than that at 55 °C.

Hence, at the high temperatures the heat effect evaporates more.

3. Temperature of coconut flakes in vacuum-infrared dryer

Fig. 3, the temperature above coconut flakes surface at the top of vacuum chamber was reduced with drying time.

At 55 °C setting temperature, the temperature reduction was higher than that at the 65 °C setting temperature. This might be because when drying process occurred in the vacuum-infrared chamber, the heat was taken along with the vapor evaporated, hence the temperature reduced. Though, the vapor evaporated more at 65 °C setting temperature. But at 65 °C, the heat supplied by infrared heater was more than that at 55 °C

At the beginning of the drying time, the temperature at the bottom of vacuum-infrared chamber of both setting temperature was reduced due to the rapid evaporation of water in coconut flakes. During the first 30 min of drying time, the temperature at the bottom of the chamber at 65 °C setting temperature was still decreased due to the same reason. After 30 min of drying, the water in the coconut flakes had been hardly removed because the water on the surface of coconut flakes was reduced, and the inside water was difficult to move out from the flakes. Hence, less evaporation and the heat supplied could reach the bottom of the chamber. Therefore the temperature at the bottom of the chamber was getting higher. The changed temperature at the top and bottom of 55 °C setting temperature was slower though.

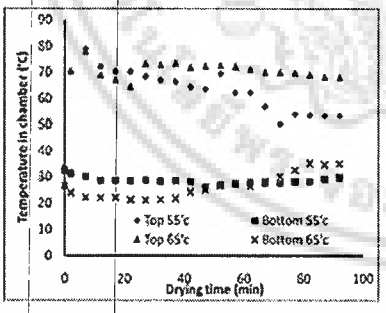


Fig. 3 Change of temperature of the coconut flakes measured on the top and bottom the vacuum-infrared dryer

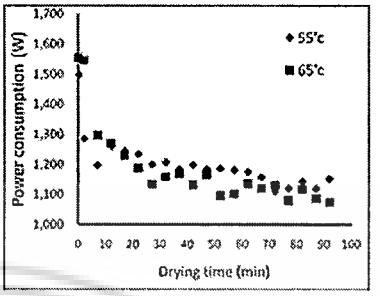


Figure 4 Electrical power consumption of the coconut flakes dryer by vacuum-infrared heater

4. Electrical consumption

Electrical power consumption for dried coconut flakes at setting temperature 55 °C and 65 °C was 1202.6 and 1199.2 watts by average, respectively. The power consumption with drying time was reduced rapidly at the beginning because of the rapid water evaporation. Then, it was reduced gradually water evaporation. It seemed that the reduction of electrical consumtion at 65 °C setting temperature was slightly higher than that at 55 °C setting temperature because the temperature in the chamber (Top) was nearly constant compared to that at 55 °C (Fig. 3) which is constantly decreased which needed more power supply to maintain the setting temperature. Hence, suitable the setting temperature for drying coconut flakes should be 65 °C. This temperature also provided higher heating rate (Fig. 2).

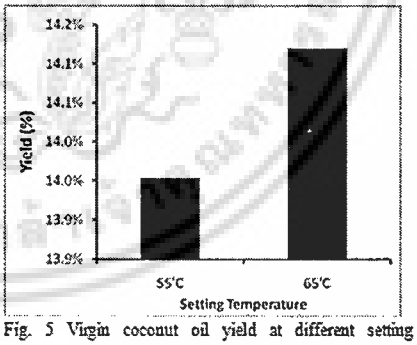


Fig. 5 Virgin coconut oil yield at different setting temperatures at 30 mmHg and 200 rpm agitator speed

5. Virgin coconut oil yield at different drying conditions

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fig. 5 showed the amount of produced virgin coconut oil obtained from 55 °C and 65 °C setting temperature. The obtained virgin coconut oil yields were 13.95% and 14.12%, respectively.

IV Conclusions

The optimal condition for coconut flakes dryer with vacuum-and infrared heater which produced virgin coconut oil was at the setting temperature of 65 °C, the agitator speed of 200 rpm and 90 min of the drying time. This drying time is 2.7 times less than the drying by hot air drying at 50-60 °C (4 hr) which were the study of Attanatoe, 2002. The virgin coconut oil yield was around 14% by weight of coconut flakes. The average electrical power consumption was totally 1200 watts.

Using of vacuum chamber with infrared heater for coconut flakes drying could produce virgin coconut oil satisfactory. However, this method should be improved by reducing the temperature different between the bottom and the above of surface of coconut flakes in the vacuum chamber. The reduction of the thickness of the coconut flakes layer should solved this problem.

V Acknowledgement

The research group is very grateful for research funding from annual revenue of Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang in the year 2010

References

Anon, 2010. Thai Farmers Research Center 2553, FTA year 2553, boosts Thai exports to the market dialogue partners, http://www.bangkokbiznews.com/home/detail/finance/research/20100507/111006/FTA-%E0%B8%9B%E0%B8%B5-2553-%E2%80%A6-%E0%B8%9B%E0%B8%B1%E0%B8%88%E0%B8%88%E0%B8%B1%E0%B8%A2%E0%B8%AB%E0%B8%99%E0%B8%B8%E0%B8%99%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%AA%E0%B9%88%E0%B8%87%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%81%E0%B9%84%E0%B8%9B%E0%B8%97%E0%B8%A2%E0%B9%84%E0%B8%9B%E0%B8%95%E0%B8%A5%E0%B8%B2%E0%B8%94%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8%97%E0%B8%A8%E0%B8%84%E0%B8%B9%E0%B9%88%E0%B8%84%E0%B9%80%E0%B8%88%E0%B8%A3%E0%B8%B5%E0%B8%B2.html (in Thai)

Anon, 2002. How to extract virgin coconut oil by fermentation. http://www.ismed.or.th/SME2/src/bin/controller.php?view=knowledgeInsite.KnowledgeDetail&p=&nid=&tid=60&id=292&left=70&right=71&level=3&lv1=3

Abe, T and Afzal, T.M., 1997. Thin-layer infrared radiation drying of rough rice. Journal of Agricultural Engineering Research 67, 289-297.

Afzal, T.M and Abe, T., 1998. Diffusion in potato during far infrared radiation drying. Journal of Food Engineering 37, 353-365.

Afzal, T.M and Abe, T., 2000. Simulation of moisture changes in barley during far infrared radiation drying. Computers and Electronics in Agriculture, 26, 137-145.

Arevalo-Pinedo and A., Murr, F. E. M. 2006. Kinetics of vacuum drying of pumpkin (*Cucurbita maxima*): Modeling with shrinkage. Journal of Food Engineering, 76 (4), 562-567.

Arevalo-Pinedo and A., Murr, F. E. M. 2007. Influence of pre-treatments on the drying kinetics during vacuum drying of carrot and pumpkin. Journal of Food Engineering, 80 (1), 152-156.

Attanatoe, Lalita. 2002. The production of high quality cold pressed coconut oil. pp. 67-72. Research in box http://www.pdfdownload.org/pdf2html/pdf2html.php?url=http%3A%2F%2Fopac.tistr.or.th%2FMultimedia%2FSTJN%2F4802%2F4802-12.pdf&images=yes (in Thai).

Baryma, LA., Gunkov, VP., Baiteev, AV., Lyashenko, AM., Lyakhno, V and Kutuvoy, VA. 2006. The investigation of low temperature vacuum drying processes of agricultural materials. Journal of Food Engineering, 74 (3), 410-415.

Chomechalon, Narong. 2005. Wonderful coconut oil. Journal of Thai native crops year 1 (issue 2 - Special Issue on coconut.) (in Thai)

Cui, Z. W., Xu, S. Y and Sun, D. W. 2004. Microwave-vacuum drying kinetics of carrot slices. Journal of Food Engineering, 65 (2), 157-164.

Ginzburg, A.S. 1969. Application of infrared radiation in food processing. Chemical and Process Engineering Series. Leonard Hill, London.

Jaya, S., Das, H. 2003. A vacuum drying model for mango pulp. Drying Technology, 21 (7), 1215-1234.

Methakhup, S., Chiewchan and N., Devahastin, S. 2005. Effects of drying methods and conditions on drying kinetics and quality of Indian gooseberry flake. LWT - Food Science and Technology, 38 (6), 579-587.

Mongpraneet, S. and Abe, T., Tsurusaki, T. 2002. Accelerated drying of welsh onion by far infrared radiation under vacuum conditions. Journal of Food Engineering 55, 147-156.

Rattanasak, Withun. 1988. Vacuum to use. Technique. 5 (39): 65-72. (in Thai)

Swarditevi, T., Swarditevia T., Devahastinb S., Sa-Adchoma P. and Soponronnarita S. 2009. Mathematical modeling of combined far-infrared and vacuum drying banana slice. Journal of Food Engineering 92, 100-106.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายมงคล สกุลทองอร่าม
วัน เดือน ปีเกิด	12 กันยายน 2528 ที่ นครราชสีมา
ที่อยู่	19/120 ซอยนาคนิวาส37 หมู่6
	แขวงลาดพร้าว เขตลาดพร้าว กรุงเทพฯ 10230 โทร.0-2936-7281
ประวัติการศึกษา	2551 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
	2554 วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
	หลักสูตรวิศวกรรมเกษตร
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประสบการณ์การทำงานและผลงานวิจัย

พ.ศ.2551	ผลงานการออกแบบเครื่องผลิตเนยแข็งขนาดเล็กสำหรับใช้ในงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้