

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัย

เครื่องทำแห้งเห็ดมะพร้าวด้วยความดันสูญญากาศร่วมกับคลื่นอินฟราเรด
เพื่อการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์

Coconut flake dryer for virgin coconut oil production using vacuum
pressure and infrared heater



ชื่อผู้วิจัย 1. นางสาว ปานมนัส ศิริสมบูรณ์
2. นาง พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์

RCH
TP
363
พ 547ค

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 114552
วัน,เดือน,ปี 21 ส.ค. 2554

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณรายได้ ประจำปี 2553
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12292187
b.....
i.....

เครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวชุดด้วยความดันสุญญากาศร่วมกับคลื่นอินฟราเรด เพื่อการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบ สร้าง และทดสอบ เครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวชุดด้วยความดันสุญญากาศร่วมกับคลื่นอินฟราเรดเพื่อการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ซึ่งประกอบด้วย 1) ชุดถังทำแห้ง เป็นถังสุญญากาศเส้นผ่าศูนย์กลาง 248 mm สูง 250 mm หนา 2 mm ออกแบบเพื่อบรรจุมะพร้าวจำนวนประมาณ 0.5 kg ขนาดฝาถัง เส้นผ่าศูนย์กลาง 300 mm หนา 6 mm ฝาถังจะมีการติดตั้ง เกจวัดความดัน วาล์วระบายอากาศ วาล์วต่อกับปั๊มสุญญากาศ ภายในถังมีใบกวน เป็นเกลียว 2 ชั้น เกลียวลำเลียงนอก เส้นผ่าศูนย์กลาง 95 mm เกลียวลำเลียงในเส้นผ่าศูนย์กลาง 48 mm ขนาดเพลลาใบกวนเส้นผ่าศูนย์กลาง 22 mm 2) ชุดมอเตอร์ 0.25 HP ต่อกับอินเวอร์เตอร์เพื่อปรับความเร็วรอบได้ 3) ถังควบคุมอุณหภูมิและฮีตเตอร์อินฟราเรดขนาด 800 W 4) ปั๊มสุญญากาศ ขนาด 1 HP มีอัตราการไหล 8 cfm การทดสอบสมรรถนะของเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวชุด ใช้เนื้อมะพร้าวชุดที่ประมาณ 0.5 kg ทดสอบที่ความดันสุญญากาศประมาณ 30 mm Hg ตั้งเครื่องควบคุมอุณหภูมิที่ 55 และ 65°C โดยเปลี่ยนความเร็วรอบทั้งหมด 2 ระดับ 100 และ 200 rpm ที่เวลาทำแห้ง 45, 60 และ 90 นาที จากการทดลองพบว่า ได้สภาวะที่เหมาะสม สำหรับการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ที่สภาวะสุญญากาศ ที่มีการตั้งอุณหภูมิ 55 °C และ 65 °C ที่ความเร็วรอบใบกวน 200 rpm และใช้เวลาในการทำแห้ง 90 นาที เท่านั้น เปอร์เซ็นต์น้ำหนักของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ต่อน้ำหนักมะพร้าวชุด มีค่า ประมาณ 14 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ต่อน้ำหนักมะพร้าวชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Coconut flake dryer for virgin coconut oil production using vacuum pressure and infrared heater

Abstract

This research was aimed to design, fabricate, and test the coconut flake dryer using vacuum pressure and infrared heater for virgin coconut oil production. The dryer consisted of 1) drying vacuum vessel for containing not more than 0.5 kg coconut flake (248 mm diameter, 250 mm height and 2 mm thick). Cover of the vessel had 300 mm diameter and 6 mm thick. At the cover, there was pressure gage, air releasing valve, valve that connect to vacuum pump. Inside the inner bucket, there was stirring double screw blade (outside blade had 95 mm diameter, inside blade had 48 mm diameter and screw shaft had 22 mm diameter) 2) 0.25 HP motor connected to inverter for controlling speed 3) 800 Watt infrared heater and controller. 4) Vacuum pump of 1 HP with 8 cfm flow rate. The performance test was done using approximately 0.5 kg coconut flake at vacuum pressure of 30 mmHg, the set point of the temperature control at 55 and 65 °C, at 2 different stirrer speeds (100 and 200 rpm) and at 3 different drying durations (45, 60, and 90 minutes). The best condition for virgin coconut oil production was at 55 and 65 °C with 200 rpm stirrer revolution speed with the drying duration of 90 minutes. The oil yield was around 14 % by weight of the coconut flakes.

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัย (รศ. ดร. ปานมนัส ศิริสมบุญณ์ และ ผศ. ดร. พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์) และคณะผู้ช่วยวิจัย (นาย มงคล สกุลทองอร่าม) ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่สนับสนุนงบประมาณเพื่อการวิจัยจากเงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ ประจำปี 2553



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
ปก.....	I
บทคัดย่อภาษาไทย.....	II
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	III
กิตติกรรมประกาศ.....	IV
สารบัญ.....	V
สารบัญตาราง.....	IX
สารบัญรูป.....	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของเรื่อง	1
1.2 วัตถุประสงค์	5
1.3 สมมติฐานของการศึกษา	5
1.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
1.5 ขอบเขตการวิจัย	7
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	8
2.1 มะพร้าว	8
2.2 องค์ประกอบของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (Virgin Coconut Oil)	9
2.2.1. กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acids)	9
2.2.2. กรดลอริก (lauric acid)	9
2.2.3. วิตามินอี (vitamin E)	10
2.2.4. บทบาททางสรีรวิทยาของน้ำมันมะพร้าว	10
2.2.5. บทบาทของน้ำมันมะพร้าวต่อสุขภาพ	13
2.2.6. ช่วยให้ร่างกายปลอดจากโรคติดเชื้อ	15
2.2.7. การรักษาโรค	16
2.2.8. บทบาทของน้ำมันมะพร้าวต่อความงาม	16
2.3 หลักการของระบบสุญญากาศ [OK]	18
2.3.1 ระบบสุญญากาศ (Vacuum system)	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 เครื่องทำแห้งแบบสุญญากาศ (Vacuum drying)	18
2.3.3 ปั๊มกลสุญญากาศ (Mechanical vacuum pump)	19
2.4 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการทำแห้ง (Drying fundamentals)	21
2.5 ทฤษฎีกระบวนการถ่ายเทความร้อน	23
2.5.1 การพาความร้อน (Convection)	23
2.5.2 การนำความร้อน (Conduction)	24
2.5.3 การแผ่รังสี	25
2.6 การทำแห้งของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร	28
2.6.1 ความสำคัญของการทำแห้ง	29
2.6.2 ความชื้นในวัสดุ	29
2.7 รังสีอินฟราเรด (Infrared radiation)	32
2.8 การกรอง (Filtration)	34
บทที่ 3 วิธีการคำนวณและการออกแบบ	35
3.1 แนวความคิดในการออกแบบ	35
3.2 การคำนวณหาขนาดของถังสุญญากาศ	35
3.2.1 หาปริมาตรของถัง	35
3.2.2 ขนาดถัง	36
3.2.3 หาความหนาของถัง	37
3.3 การออกแบบใบกวน	38
3.3.1 รูปร่าง	38
3.3.2 การคำนวณหาขนาดเพลาใบกวน	38
3.4 การคำนวณหากำลังขับเคลื่อน	39
3.5 การคำนวณหาขนาดของอินฟราเรดฮีทเตอร์ที่ใช้ทำแห้งเนื้อมะพร้าวชูด	40
3.5.1 หาภาระความร้อนที่ใช้เพิ่มอุณหภูมิของเนื้อมะพร้าวชูด	40
3.5.2 ความร้อนสูญเสียที่ผนังรอบ	41
3.6 แบบส่วนประกอบของ เครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวชูดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ	43
3.6.1 แบบ ถัง	43
3.6.2 แบบ ฝาถัง	44
3.6.3 แบบ ใบกวน	45

เอกสารนี้เป็น 3.7 ส่วนประกอบของ เครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวชูดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ 46
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.1	ถึง	46
3.7.2	ฝาถัง	46
3.7.3	ใบกวน	47
3.7.4	มอเตอร์และชุดขาตั้ง	47
3.7.5	อินฟราเรดฮีทเตอร์ติดกับฝาถัง	48
3.7.6	เครื่องควบคุมอุณหภูมิ	48
3.7.7	ปั๊มสุญญากาศ	49
3.7.8	ปั๊มน้ำ	49
3.7.9	ชุดแลกเปลี่ยนความร้อน	50
3.7.10	อินเวอร์เตอร์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์	50
3.7.11	เครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวชุดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ	51
บทที่ 4 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง		52
4.1	การทดสอบสมรรถนะ	52
4.2	วัสดุ	52
4.3	อุปกรณ์	52
4.4	วิธีการทดลอง	53
4.5	การวัดความชื้นวัสดุ	53
4.5.1	วัสดุ	53
4.5.2	อุปกรณ์	54
4.5.3	ขั้นตอนในการวัดความชื้น	54
4.6	ผลการทดลองที่เหมาะสมเพื่อการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ณ สถานะต่างๆ	54
4.7	ผลการวัดอุณหภูมิเมื่อเทียบกับเวลาของอากาศภายในถังของเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวชุดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ	55
4.7.1	อุณหภูมิ 55 °C เวลาในการทำแห้ง 90 นาที ความเร็วรอบ 200 rpm	55
4.7.2	อุณหภูมิ 65 °C เวลาในการทำแห้ง 90 นาที ความเร็วรอบ 200 rpm	55
4.7.3	เปรียบเทียบอุณหภูมิ 55 °C และอุณหภูมิ 65 °C เวลา ที่เวลาในการทำแห้ง 90 นาที ความเร็วรอบ 200 rpm	56
4.8	ผลการวัดความชื้นฐานแห้งเมื่อเทียบกับเวลาของเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวชุดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ	57
4.9	ผลการวัด พลังงานไฟฟ้าที่ใช้เมื่อเทียบกับเวลาในการทดลองของเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าว	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้
 ใ้ในทางอื่นใดได้ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ	
4.10 ผลการวัด ปริมาณน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ณ สภาวะต่างๆ	59
บทที่ 5 สรุป	60
5.1 สรุป	60
5.2 ข้อเสนอแนะ	60
บรรณานุกรม	61
ภาคผนวก	64
ภาคผนวก ก แผนผังระบบของเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวชุดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ	65
ภาคผนวก ข ข้อมูลจากการทดลองต่างๆ	68
ภาคผนวก ค วิธีการหาค่า กำลังไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวชุดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ	79
ภาคผนวก ง การหาพลังงานของน้ำแข็งที่ระเหย ระหว่างการทำแห้งของเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวชุดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ	81
ภาคผนวก จ รูป ผลการทดลองที่ล้มเหลวของน้ำมันมะพร้าวผสมกะทิ ณ สภาวะต่างๆ ของเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวชุดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ	83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 1 ปริมาณการนำเข้า ส่งออก น้ำมันมะพร้าว	2
ตาราง 2.1 องค์ประกอบของกรดไขมันของน้ำมันพืชบางชนิด	10
ตาราง 2.2 แสดง ปริมาณคอเลสเตอรอลในน้ำมันชนิดต่างๆ	14
ตาราง 2.3 ค่าความสามารถในการแผ่รังสีโดยประมาณในกระบวนการแปรรูปอาหาร ที่มา : Earle (1973) และ Lewis (1987)	27
ตารางที่ 2.4 คุณสมบัติของเครื่องแผ่รังสีอินฟราเรด	33
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองที่ได้ ณ สภาวะต่างๆของเครื่อง	54
ตารางที่ภาคผนวก ข ข้อมูลจากการทดลองต่างๆ	68
ตารางที่ง1 พลังงานจลน์จากร้อนแผ่รังสีการละลายของน้ำแข็งระหว่างการทำแห้ง	82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.1 ความแตกต่างของโมเลกุลไขมันในการเปลี่ยนเป็นพลังงาน	11
รูปที่ 2.2 การเผาผลาญอาหารให้เป็นพลังงาน	12
รูปที่ 2.3 การเปลี่ยนแปลงของมวลและอุณหภูมิกับเวลาในการทำแห้ง	21
รูปที่ 2.4 เส้นลักษณะเฉพาะของการทำแห้ง	22
รูปที่ 3.1 แบบ ถัง	43
รูปที่ 3.2 แบบ ฝา	44
รูปที่ 3.3 แบบ ใบกวน	45
รูปที่ 3.6 ถัง	46
รูปที่ 3.7 ฝาถัง	46
รูปที่ 3.8 ใบกวน	47
รูปที่ 3.9 มอเตอร์	47
รูปที่ 3.10 ฮีทเตอร์	48
รูปที่ 3.11 เครื่องควบคุมอุณหภูมิ	48
รูปที่ 3.12 ปุ่มสัญญาณ	49
รูปที่ 3.13 ปุ่มน้ำ	49
รูปที่ 3.14 ชุดแลกเปลี่ยนความร้อน	50
รูปที่ 3.15 อินเวอร์เตอร์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์	50
รูปที่ 3.16 เครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวชุดระบบอินฟราเรดและสัญญาณ	51
รูปที่ 4.1 อุณหภูมิ 55 °C เวลาในการทำแห้ง 90 นาที ความเร็วรอบ 200 rpm	55
รูปที่ 4.2 อุณหภูมิ 65 °C เวลาในการทำแห้ง 90 นาที ความเร็วรอบ 200 rpm	55
รูปที่ 4.3 การเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิ 55 °C และอุณหภูมิ 65 °C เวลา ที่เวลาในการทำแห้ง 90 นาที ความเร็วรอบ 200 rpm	56
รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่าง เปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานแห้งของเนื้อมะพร้าวชุดกับเวลา	57
รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่าง พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่องทำแห้งและอุปกรณ์ส่วนควบ	58
รูปที่ 4.6 ปริมาณน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ได้จากการทำ 3 ชั่วโมง และ เปอร์เซ็นต์น้ำหนักของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ต่อน้ำหนักมะพร้าวชุด	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ก1 แผนผังระบบของเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวชุดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศและอุปกรณ์ส่วนควบ	66
รูปที่ก2 แผนผังการทดลองของเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวชุดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ	67
รูปที่จ1 ณ สภาวะ ตั้งอุณหภูมิ 55 °C ความเร็วรอบ 200 rpm เวลาที่ใช้ในการทำแห้ง 45 นาที	84
รูปที่จ2 ณ สภาวะ ตั้งอุณหภูมิ 55 °C ความเร็วรอบ 200 rpm เวลาที่ใช้ในการทำแห้ง 60 นาที	84
รูปที่จ3 ณ สภาวะ ตั้งอุณหภูมิ 55 °C ความเร็วรอบ 100 rpm เวลาที่ใช้ในการทำแห้ง 90 นาที	85
รูปที่จ4 ณ สภาวะ ตั้งอุณหภูมิ 65 °C ความเร็วรอบ 200 rpm เวลาที่ใช้ในการทำแห้ง 45 นาที	85
รูปที่จ5 ณ สภาวะ ตั้งอุณหภูมิ 65 °C ความเร็วรอบ 200 rpm เวลาที่ใช้ในการทำแห้ง 60 นาที	86
รูปที่จ6 ณ สภาวะ ตั้งอุณหภูมิ 65 °C ความเร็วรอบ 100 rpm เวลาที่ใช้ในการทำแห้ง 90 นาที	86



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของเรื่อง

จากการเปิดเขตการค้าเสรีไทยจีนส่งผลให้ผักและผลไม้ของจีนซึ่งมีราคาสินค้าถูกกว่าในประเทศไทย ทำให้สินค้าภายในประเทศมีมูลค่าเทียบเคียงกับสินค้าจากจีน ซึ่งส่งผลกระทบต่อเกษตรกรไทยเป็นอย่างมาก ดังนั้น การแปรรูปผลผลิตภายในประเทศ ที่มีเฉพาะประเทศไทยหรือกลุ่มอาเซียน จึงเป็นทางออกที่สำคัญประการหนึ่งของการแก้ปัญหาในปัจจุบันนี้ และยังเป็นโอกาสในการเพิ่มขีดความสามารถในการพัฒนาผลผลิต และผลิตภัณฑ์ต่างๆ ภายในประเทศ ซึ่ง มะพร้าว ก็เป็นหนึ่งในผลผลิตเกษตรที่ประเทศไทย มีพื้นที่ศักยภาพในการปลูกมะพร้าวสูง และมีความหลากหลายทางสายพันธุ์มะพร้าวมากที่สุดแห่งหนึ่งในโลก

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

ในทางการแพทย์ทั้งแพทย์แผนไทยและแพทย์แผนปัจจุบัน ได้มีการนำน้ำมันมะพร้าวมาใช้ประโยชน์ดังนี้ คือ ใช้รักษาแผลเรื้อรัง รักษาเกื้ออื่น แก้ปวดฟัน รักษาเล็บแตก รักษาคางทูม รักษาแผลเป็น แก้รังแค รักษาหน้ากัศเห่า รักษาฝ่ามือแตกและเล็บขบ เป็นต้น จากข้อมูลที่ผิดๆเกี่ยวกับน้ำมันมะพร้าวว่าเป็นต้นเหตุที่สำคัญของการเกิดโรคหัวใจ จึงไม่แปลกที่ว่าคนส่วนใหญ่หลีกเลี่ยงการบริโภคน้ำมันมะพร้าวและกะทิหันไปบริโภคน้ำมันอย่างอื่นแทน แต่ที่จริงแล้วจากการศึกษาของ Dr. Enig แพทย์ชาวอเมริกัน และนักวิทยาศาสตร์อีกหลายคนพบว่าน้ำมันมะพร้าวต่างหากที่เป็นตัวป้องกันโรคหัวใจ คุณสมบัติของน้ำมันมะพร้าวมี

มากมายหลายประการนอกเหนือจากการนำมาทำเป็นอาหาร เครื่องสำอาง และยารักษาโรค ซึ่งเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นักวิจัยพบว่านอกจากน้ำมันมะพร้าวจะมีคุณสมบัติป้องกันโรคหัวใจ ยิ่งไปกว่านั้นน้ำมันมะพร้าวยังช่วยในการสร้าง

	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

ตารางที่ 1 ปริมาณการนำเข้า ส่งออก น้ำมันมะพร้าว [2]

ภูมิคุ้มกันโรค ช่วยให้ร่างกายมีความสามารถในการต่อต้านเชื้อโรคตลอดจนอนุมูลอิสระที่ทำให้เนื้อเยื่อเสื่อมสภาพ ในน้ำมันมะพร้าวประกอบด้วยคุณสมบัติเด่นที่ไม่มีในน้ำมันพืชอื่น คือ เป็นกรดไขมันอิ่มตัว เป็นกรดไขมันขนาดกลาง ซึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานได้อย่างรวดเร็ว เพิ่มอัตราเผาผลาญไขมันซึ่งช่วยในการเผาผลาญพลังงานให้เร็วขึ้น และยังช่วยเผาผลาญไขมันที่สะสมไว้แต่เดิม ทำให้ร่างกายผอมลง มีกรดลอริกสูงมากซึ่งเป็นสารตัวเดียวกับน้ำมันมะพร้าวที่มีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อโรค และเป็นสารฆ่าไวรัส มีวิตามินอีที่มีประสิทธิภาพซึ่งวิตามินอี

จะทำหน้าที่เป็น Antioxidant ที่ต่อต้านอนุมูลอิสระช่วยให้ผิวพรรณดูอ่อนกว่าวัย บทบาทของน้ำมันมะพร้าวที่มีต่อการรักษาโรคไม่ติดเชื้อหรือโรคที่ไม่ได้มีสาเหตุมาจากเชื้อโรค เช่น สามารถใช้รักษาโรคหัวใจ โรคมะเร็ง โรคเบาหวาน โรคอ้วน ความพิเศษของน้ำมันมะพร้าวอีกอย่างหนึ่งก็คือการฆ่าเชื้อโรค คือจะฆ่าเฉพาะเชื้อที่มีไขมันเป็นเกราะหุ้มเยื่อบุเซลล์ ไม่ฆ่าเชื้อที่เป็นประโยชน์ ไม่เกิดการดื้อยา ไม่เป็นพิษต่อร่างกาย ส่วนในด้านความงามน้ำมันมะพร้าวยังช่วยให้รูปร่างสมส่วน แข็งแรง ผิวพรรณงดงาม และเส้นผมมีสุขภาพดี [3, 4, 5, 6, อ้างโดย 1]

จากข้อมูล ตารางที่ 1 พบว่า ในปีหลังๆ ประเทศไทยมีปริมาณการนำเข้าน้ำมันมะพร้าว เยอะขึ้น และมีการส่งออกน้อยลง ทั้งนี้เป็นเพราะ มะพร้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่ให้ผลตอบแทน น้อยกว่าพืชเศรษฐกิจตัวอื่นเช่น ยาง, มันสำปะหลัง และอ้อย เป็นต้น ซึ่งพืชเหล่านี้ ยังถือว่าเป็น พืชพลังงานทดแทนอีกด้วย ทำให้ความต้องการของพืชดังกล่าวในตลาดโลกมีความต้องการ สูงขึ้นเป็นอย่างมาก จากการที่หลายประเทศมีการขยายตัวทางเศรษฐกิจ และราคาน้ำมันดิบมี ความผันผวนสูง จึงเป็นเหตุให้มีการผลิตน้ำมันมะพร้าวส่งออก นำเข้าน้ำมันมะพร้าวมากขึ้น

จากการศึกษาหาข้อมูลเกี่ยวกับมะพร้าวพบว่าคนส่วนใหญ่มีการตื่นตัวและเริ่มหันมา บริโภคมะพร้าวและกะทิกันมากขึ้น โดยเฉพาะในประเทศที่พัฒนาแล้วอย่างประเทศ สหรัฐอเมริกามีการตื่นตัวอย่างมากเกี่ยวกับการบริโภคมะพร้าวและกะทิเนื่องจากมะพร้าวมี สรรพคุณมากมายทั้งด้านความงาม ด้านการรักษาโรค เมื่อรับประทานเป็นประจำจะช่วยลด ความเสี่ยงของการเกิดโรคต่างๆ บำรุงผิวพรรณ และไม่ทำให้อ้วน เป็นต้น ส่วนในด้านตลาด การส่งออกน้ำมันมะพร้าวก็มีการเติบโตขึ้นเรื่อยๆ สามารถทำรายได้ให้กับประเทศปีละหลาย หมื่นล้านบาท ทำให้เกษตรกรชาวสวนมะพร้าวให้มีรายได้เพิ่มมากขึ้น เป็นการเพิ่มมูลค่าของ สินค้า กระตุ้นเศรษฐกิจภายในประเทศและยังทำให้คนส่วนใหญ่ที่ไม่ค่อยใส่ใจสุขภาพหันมา ใส่ใจสุขภาพกันมากขึ้นช่วยให้ประเทศไม่ต้องเสียงบประมาณการนำเข้ายารักษาโรคจาก ต่างประเทศมากเกินไป

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบที่มี P/S ratio 1.9 ซึ่งมีพลังงานจากไขมัน 38.2% [7] หลังจากบริโภคไขมันอิ่มตัว โดยเฉพาะอย่างยิ่ง Stearic Fat พบว่าการเพิ่มการตกตะกอนของเลือด (Blood coagulation) ลดลงมากกว่าหลังจากบริโภคไขมันไม่อิ่มตัว ประเภท Oleic, trans 18:1 และ Linoleic ทั้งนี้ โดยพิจารณาจากค่า ปัจจัยการตกตะกอนของเลือดที่ถูกกระตุ้น (Activated blood coagulation factor, FVIIa) [8]

การผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ปัจจุบันทำอยู่ 2 วิธี วิธีแรกคือ สกัดแบบเปียก การ คั้นกะทิแล้วทิ้งให้แยกชั้น ข้อเสียของวิธีนี้คือใช้เวลานาน น้ำมันมะพร้าวอยู่รวมกับน้ำเป็น อิมัลชัน ทำให้ต้องมีขั้นตอนการแยกน้ำมันออกจากน้ำ และ โปรตีน นอกจากนี้ น้ำมันยังสัมผัส กับน้ำระหว่างการทิ้งให้แยกชั้น ซึ่งทำให้เกิด hydrolysis และสูญเสียคุณภาพได้ อีกวิธีหนึ่งคือ การหีบเย็น เริ่มจากการนำมะพร้าวขูดมาทำให้แห้ง แล้วจึงหีบน้ำมันมะพร้าวออกจากมะพร้าว ขูดแห้ง

การทำแห้งมะพร้าวขูดเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากเนื่องจาก เนื้อมะพร้าวขูดสด มีอายุ การเก็บสั้น การทำแห้งเป็นการลดความชื้นจากเนื้อมะพร้าวเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของ จุลินทรีย์ และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่ทำให้ไขมันเสื่อมคุณภาพ เช่น การเหม็นหืน การ เกิดกรดไขมันอิสระ มะพร้าวขูดแห้งสามารถเก็บรักษาไว้เพื่อรอการผลิตต่อไปได้ ดังนั้น อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำแห้งจึงเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญ การเลือกใช้ต้องคำนึงถึง ต้นทุนเครื่องจักร พลังงานที่ใช้ และที่สำคัญที่สุดคือต้องไม่ทำลายคุณภาพของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่จะสกัด ในขั้นตอนต่อไป อุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดคือ 50-60 องศาเซลเซียส [9] จากออกแบบ สร้างและทดสอบ เครื่องอบแห้งมะพร้าวขูดแบบวอเตอร์แจกเก็ตแทงค์) ประกอบด้วยระบบสุญญากาศ (เครื่องอบแห้งมะพร้าวขูดแบบวอเตอร์แจกเก็ตแทงค์ด้วยระบบ สุญญากาศสามารถนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์อย่างอื่นก็ได้ที่ต้องการการอบแห้ง เช่น น้ำมันพืชใช้ แล้วเพื่อทำ ไบโอดีเซล เป็นต้น) พบว่าภาวะสุญญากาศสามารถลดเวลาในการอบแห้งได้จริง ซึ่งใช้เวลาในการอบแห้งเพียง 30 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับการนำมะพร้าวขูดไปทำแห้งด้วย อินฟราเรดซึ่งเป็นตัวทำความร้อนแล้วปล่อยเนื้อมะพร้าวขูดไหลบนสายพาน ใช้เวลาในการ อบแห้งมะพร้าวขูดถึง 45 นาที จึงถึงความชื้นมะพร้าวขูดที่ต้องการสำหรับการทำน้ำมัน มะพร้าวบริสุทธิ์ ดังนั้นเครื่องอบแห้งมะพร้าวขูดแบบวอเตอร์แจกเก็ตแทงค์ด้วยระบบ

เอกสารนี้เป็นสุญญากาศ สามารถ ลดเวลาในการผลิตช่วงอบแห้งถึง 15 นาที คิดเป็นการลดเวลาในการผลิต ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังช่วยลดการอบแห้งด้วยอินฟราเรดเพียงอย่างเดียว แต่ด้วยคุณสมบัติของเครื่อง

อบแห้งมะพร้าวชุคแบบวอเตอร์เจคเกตแทงค์ด้วยระบบสุญญากาศพบว่า มีขั้นตอนในการเตรียมเครื่องก่อนดำเนินการผลิตที่มีขั้นตอนมากมายและการควบคุมอุณหภูมิในถังเจคเกตนั้นก็มีการควบคุมมาก จึงเกิดแนวคิดการพัฒนาเพื่อความยั่งยืน ที่จะลดขั้นตอนการเตรียมการผลิตให้สะดวกขึ้นให้เหมาะสมจนสามารถให้ประชาชนและชุมชนในชนบทสามารถใช้งานได้ ง่ายยิ่งขึ้นไป จึง ได้พัฒนากระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์โดยการออกแบบ สร้าง และ ทดสอบ เครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวชุดระบบอินฟราเรดและระบบสุญญากาศขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในในทำแห้งที่เหมาะสมสำหรับการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์แบบบีบเย็น ด้วย เครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวชุดระบบอินฟราเรดและระบบสุญญากาศ
2. เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวชุดที่เหมาะสมสำหรับระดับชุมชนที่สามารถให้ปริมาณน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มาก มีคุณภาพดีและถูกสุขลักษณะ และราคาเครื่องมีความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ และยังเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์จากมะพร้าว

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

เนื่องจากในการทำแห้งมะพร้าวชุดแบบอินฟราเรดปกติใช้ มะพร้าวชุดวางบนสายพานแล้วให้ความร้อนด้วยอินฟราเรดด้านบน ทำให้สิ้นเปลืองพื้นที่ในโรงงาน และใช้เวลาในการอบแห้งนานประมาณ 45 นาที ดังนั้น แนวคิดในเรื่องการอบแห้งที่มีลักษณะเป็นถัง และ อยู่ในสถานะสุญญากาศ จะสามารถช่วยลดเวลาในการทำแห้งและพื้นที่ทำงานได้ เพราะสถานะสุญญากาศสามารถให้ความร้อนได้เร็วกว่าปกติ เนื่องมาจากความดันต่ำทำให้จุดเดือดของเหลวต่ำ ระเหยออกได้รวดเร็ว และถึงบรรจุรูปร่าง ทรงกระบอกสามารถเพิ่มปริมาณของวัตถุดิบในแต่ละครั้งได้มาก

1.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การเร่งการอบแห้งของต้นหอมด้วยรังสีอินฟราเรดภายใต้สถานะสุญญากาศ การแผ่รังสีอินฟราเรดนั้นมีลักษณะที่ดีของการแผ่รังสีและมีอัตราการแปรเปลี่ยนพลังงานที่สูง ที่ทำมาจากแหล่งแผ่รังสีที่ฉาบด้วยเซรามิก ระดับความเข้มข้นการแผ่รังสีส่งผลอย่างค่อยเป็นค่อยไปว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปต่ออัตราการทำแห้ง และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ พฤติกรรมของการอบแห้ง นั้นแบ่งเป็น 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงอัตราการเพิ่ม ช่วงอัตราคงที่ และช่วงอัตราการลดลง การแผ่รังสียังส่งผลสำคัญต่อ ต้นหอมที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ และอุณหภูมิสูงก็ส่งผลต่อการลดลงของคุณสมบัติการเสียน้ำ [10]

การทำแห้งด้วยไมโครเวฟและสุญญากาศได้ถูกทดสอบว่าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูง สำหรับการทำแห้งน้ำผึ้งคุณภาพสูงได้ดี น้ำผึ้งที่เป็นของเหลวถูกให้ความร้อนและนำน้ำออก ด้วยระบบดังกล่าว เพื่อให้ ความชื้น ลดน้อยลงกว่า 2.5 % ภายในเวลาประมาณ 10 นาที อุณหภูมิ ณ ตรงกลางของตัวอย่าง มีค่าเท่ากับ อุณหภูมิที่ผิว อุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงระหว่าง 30 ถึง 50 องศา เซลเซียส ด้วย อัตราการระเหยน้ำที่สูงกว่า ขณะที่ไม่มีการdarkening (การดำ ของวัสดุ) ของน้ำผึ้ง ระหว่าง การทำแห้งด้วยระบบดังกล่าว ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ของ ปริมาณน้ำตาลของฟรักโตส, กลูโคส, มอลโตส และ ซูโครสในน้ำผึ้งหลังผ่าน การทำแห้งด้วยระบบดังกล่าว สารระเหยที่เป็นกรด, แอลกอฮอล์, อัลดีไฮด์ และ เอสเตอร์ ต่างๆ สร้าง ปริมาณของสารประกอบโรมา ของน้ำผึ้งเหลวที่ถูกใช้ และ ปริมาณของ แอลกอฮอล์ และ เอสเตอร์ต่างๆ เปลี่ยนแปลงเล็กน้อย แต่ กรดต่างๆ ลดลงอย่างมาก ในทางตรงกันข้าม อัลดีไฮด์และ คีโตนต่างๆ เพิ่มขึ้นอย่างมาก [11]

ลักษณะต่างๆของการทำแห้ง มะละกอ ด้วยวิธี การทำแห้งแบบไมโครเวฟและสุญญากาศ การทำแห้งแบบไมโครเวฟและสุญญากาศได้เป็นที่สนใจของนักวิจัยอาหารต่างๆ มากขึ้น พลังงานไมโครเวฟ และความดันของระบบ เป็นส่วนประกอบหลักที่เพิ่มความมั่นใจต่อคุณภาพของสินค้าที่ถูกเพิ่มขึ้น เป้าหมายของโครงการนี้คือศึกษา ผลกระทบของ พลังงานไมโครเวฟและความดันของระบบที่ใช้ต่อ การทำแห้งมะละกอ ตัวอย่างของมะละกอ ถูกทำแห้งใน เครื่องทำแห้งไมโครเวฟและสุญญากาศ ที่พลังงานระดับต่างๆ 110, 380 และ 750 วัตต์ และที่ความดันต่างๆ 200, 450 และ 700 มิลลิเมตรปรอท เพื่อนำ ไปสู่เป้าหมายคือ การลดความชื้นถึง 90 % อัตราการทำแห้ง เพิ่มขึ้น เมื่อ เพิ่มพลังงาน ไมโครเวฟ ขณะที่ ความดันของระบบ ไม่ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญ ต่อการลดลงของความชื้น ระดับพลังงานไมโครเวฟที่สูงกว่า ส่งผลต่อผลลัพธ์ ต่อเวลาการทำแห้งของมะละกอ กระบวนการการทำแห้งของตัวอย่างทั้งหมด เกิดขึ้นในช่วงอัตราลด ต่ำลง [12]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้รังสีอินฟราเรดร่วมกับการทำแห้งในสถานะสุญญากาศได้รับการสนใจเพิ่มขึ้น เพราะ วิธีนี้พิชิตข้อจำกัดประสิทธิภาพการทำแห้ง ผลไม้บางชนิดที่นำมาทำเป็นขนมขบเคี้ยวปราศจากไขมันได้ ดังนั้นการศึกษาส่วนใหญ่จึงเน้นธรรมชาติของการทดลอง การศึกษานี้เกี่ยวกับ โมเดลเชิงคณิตศาสตร์ ที่สามารถทำนายผลการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้นและอุณหภูมิของวัสดุอาหาร โมเดล (กล้วย) ภายใต้งานทำแห้งร่วมกันระหว่าง อินฟราเรดและสุญญากาศ ที่ถูกการพัฒนาขึ้น ซึ่งผลลัพธ์จากการทำนายได้เปรียบเทียบกับผลลัพธ์ทางการทดลอง ที่ความดันสัมบูรณ์ต่างๆ ได้แก่ 5, 10, และ 15 kPa ในห้องทำแห้ง และกล้วยมีการควบคุมอุณหภูมิศูนย์กลางที่ 50, 55 และ 60 °C เมื่อเปรียบเทียบ ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองกับผลลัพธ์ที่ได้จากการทำนาย พบว่า โมเดลที่สร้างขึ้นมา เพียงพอต่อการทำนายการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้น แต่อุณหภูมิที่ได้จากโมเดลสูงกว่าที่ได้จากการทดลองที่ 50 นาทีแรก ของการทำแห้งแต่หลังจากนั้น โมเดลสามารถทำนายอุณหภูมิได้ดีขึ้น [13]

1.5 ขอบเขตการวิจัย

1. ศึกษา ออกแบบ และสร้างเครื่องทำแห้งมะพร้าวชูด ด้วยตัวทำความร้อนแบบอินฟราเรด อุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้งเนื้อมะพร้าวชูดไม่เกิน 65 องศาเซลเซียส
2. ศึกษาเวลาและความเร็วรอบที่เหมาะสมสำหรับทำแห้งเนื้อมะพร้าวชูดด้วยเครื่องทำแห้งมะพร้าวชูดที่สร้างขึ้น
3. ใช้กำลังผลิตสำหรับในห้องทดลองเพื่อเป็นแนวทางสำหรับออกแบบในระดับชุมชนต่อไป

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 มะพร้าว

มะพร้าวเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญชนิดหนึ่ง ที่มีการใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง ทั้งในด้านการบริโภคและเป็นวัตถุดิบเพื่อการอุตสาหกรรม ความต้องการมะพร้าวมีมากขึ้นทุกปี แต่ผลผลิตมีแนวโน้มลดลงจนไม่พอบริโภคในประเทศ ต้องนำเข้าทั้งมะพร้าวผลและผลิตภัณฑ์มะพร้าวมากขึ้น จากรายงานขององค์การอาหารและเกษตรแห่งประชาชาติ (F.A.O.) คาดว่า ในอนาคต ประเทศไทยจะขาดแคลนมะพร้าวคิดเป็นเนื้อมะพร้าวแห้งประมาณ 330,000 ตัน หากยังปล่อยให้สภาพสวนมะพร้าวเป็นเช่นนี้อยู่ต่อไป แม้ว่าปริมาณผลผลิตของมะพร้าวในประเทศไทยในรอบหลายปีที่ผ่านมา มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่เป็นการเพิ่มขึ้นเนื่องจากการขยายพื้นที่ปลูก มิใช่เป็นการเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ให้สูงขึ้น ความเป็นจริงแล้วผลผลิตต่อไร่มีแนวโน้มลดลง ในปัจจุบันการขยายพื้นที่เพาะปลูกให้มากขึ้นเป็นการยากที่จะกระทำต่อไปได้ เพราะพื้นที่จำกัด อาจสืบเนื่องมาจากสวนมะพร้าวส่วนใหญ่แล้วเป็นสวนขนาดเล็กมีเนื้อที่ถือครองครองน้อย รายได้ต่ำ และรายได้จากการจำหน่ายต่อพื้นที่เมื่อเปรียบเทียบกับพืชอื่นๆ แล้วน้อยกว่ามาก จึงทำให้ชาวสวนหมดกำลังใจหันไปประกอบอาชีพอื่น ขาดความสนใจที่จะปรับปรุงดูแลสวนมะพร้าวที่ตนมีอยู่ อาจกล่าวได้ว่าสภาพการทำสวนมะพร้าวเมื่อสร้างสวนแล้ว ก็ปล่อยให้มะพร้าวเจริญเติบโตไปตามธรรมชาติ มีการกำจัดวัชพืชเป็นครั้งคราว เกษตรกรส่วนใหญ่ยังไม่รู้จักวิธีการบำรุงรักษาสวน การคัดเลือกพันธุ์ปลูก ทำให้ดินมะพร้าวทรุดโทรม เป็นแหล่งสะสมของโรคและแมลง ผลผลิตมะพร้าวในสวนลดลง ดังนั้นเกษตรกรชาวสวน จะต้องมีความรู้และเข้าใจหลักปฏิบัติในการปลูกและดูแลรักษาสวน เพื่อให้ต้นมะพร้าวเจริญเติบโตได้ดี ผลผลิตเร็ว ให้ผลผลิตสูงตามที่ต้องการ เนื่องจากปริมาณความต้องการมะพร้าวที่เพิ่มขึ้น ประกอบกับน้ำมันมะพร้าวและน้ำมันพืชทั่วไปในตลาดโลกก็มีราคาสูง จึงเป็นโอกาสดีถ้าหากเกษตรกรชาวสวนจะหันมาสนใจเพิ่มผลผลิตโดยการปรับปรุงสวนไม่ว่ากรณีใดๆก็ตาม ถึงแม้ว่าขณะนี้สวนมะพร้าวส่วนใหญ่ยังไม่ค่อยมีปัญหา และต้องจำไว้ถึงคำว่า เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ มะพร้าวที่มีอยู่เดิมให้สูงขึ้น และยังไม่สายเกินไปสำหรับผู้ที่จะสร้างสวนมะพร้าวใหม่ เพราะ

ตลาดยังมีความต้องการอีกมาก รัฐบาลเองก็มีการประกันราคามะพร้าว เพื่อให้ชาวสวนมั่นใจว่าจะไม่ประสบปัญหาเรื่องราคาตกต่ำ จึงหวังว่าการปลูกมะพร้าวจะเป็นอาชีพที่มั่นคงและทำรายได้ให้แก่เกษตรกรผู้ปลูกไม่แพ้ไม้ผลเศรษฐกิจชนิดอื่นๆต่อไป [14]

2.2 องค์ประกอบของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (Virgin Coconut Oil) [1]

ส่วนประกอบของน้ำมันมะพร้าวมีสารที่มีลักษณะเด่น ๆ ดังนี้

2.2.1. กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acids)

น้ำมันมะพร้าว ประกอบด้วยกรดไขมันที่อิ่มตัว กว่า 90 % อะตอมของธาตุคาร์บอนของกรดไขมันที่อิ่มตัวจะต่อกันเป็นเส้น (chain) โดยมีพันธะเดี่ยว (single bond) จับกันเองเป็นเส้นยาวตามจำนวนของคาร์บอน แต่ละอะตอมของคาร์บอนจะมีไฮโดรเจนติดอยู่ 2 ตัว เนื่องจากแต่ละอะตอมของคาร์บอนไม่สามารถรับไฮโดรเจนได้อีกเพราะไม่มีพันธะว่าง จึงเรียกน้ำมันที่มีกรดไขมันประเภทนี้ว่า “น้ำมันอิ่มตัว” กรดไขมันอิ่มตัวในน้ำมันมะพร้าวส่วนใหญ่ มีจำนวนอะตอมของคาร์บอน 8 – 14 ตัว กรดไขมันที่สำคัญได้แก่ กรดคาปริก (capric acid – C10) กรดลอริก (Lauric acid – C12) และกรดไมริสติก (myristic acid – C14) ทำให้โมเลกุลมีความยาวของเส้น (chain) ขนาดปานกลางนอกจากนี้ น้ำมันมะพร้าวยังประกอบไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) แต่มีเพียง 9 % ซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (monounsaturated fatty acid) คือ กรดไขมันที่มีอะตอมของคาร์บอน 1 ตัว ไม่มีไฮโดรเจน 2 ตัวมาจับ จึงต้องจับคู่กันเองด้วยพันธะคู่ (double bond) จึงเป็น กรดไขมันที่มีพันธะคู่เพียงหนึ่งคู่ กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (polyunsaturated fatty acid) คือ กรดไขมันที่มีพันธะคู่มากกว่า 1 คู่ ส่วนใหญ่กรดไขมันไม่อิ่มตัวจะมีจำนวนอะตอมของคาร์บอนมาก จึงทำให้โมเลกุลมีความยาวมาก เช่นกรดลินโนเลอิก (linoleic acid – C18)

2.2.2. กรดลอริก (lauric acid)

น้ำมันมะพร้าวเป็นน้ำมันจากพืชชนิดเดียวในโลกที่มีกรดลอริก อยู่ในปริมาณที่สูงมาก ประมาณ 48 – 53 % และกรดลอริกนี้เอง ที่ทำให้น้ำมันมะพร้าวมีคุณสมบัติพิเศษในการเสริมสุขภาพและความงามของมนุษย์ น้ำมันมะพร้าวยังมีกรดคาปริก (capric acid) ซึ่งแม้ว่าจะมีน้อยกว่ากรดลอริก คือ มีเพียง 6-7 % แต่ก็ช่วยเสริมประสิทธิภาพของกรดลอริก

	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

ตาราง 2.1 องค์ประกอบของกรดไขมันของน้ำมันพืชบางชนิด [1]

2.2.3. วิตามินอี (vitamin E)

น้ำมันมะพร้าวที่ไม่ผ่านขบวนการ RBD ยังคงมีวิตามินอีเหลืออยู่ และก็เป็นอีกสิ่งหนึ่งที่ทำให้ น้ำมันมะพร้าวโดดเด่นกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่น ๆ

2.2.4 บทบาททางสรีรวิทยาของน้ำมันมะพร้าว

น้ำมันมะพร้าวเป็นน้ำมันพืชที่มีองค์ประกอบที่แตกต่างไปจากน้ำมันพืชชนิดอื่น ๆ ดังได้กล่าว มาแล้ว และแต่ละองค์ประกอบก็มีบทบาททางสรีรวิทยาที่เสริมให้น้ำมันมะพร้าวเป็นน้ำมันที่ดีที่สุดสำหรับ สุขภาพและความงามของผู้บริโภค ดังคำอธิบายต่อไปนี้

1. ความอิมตัว

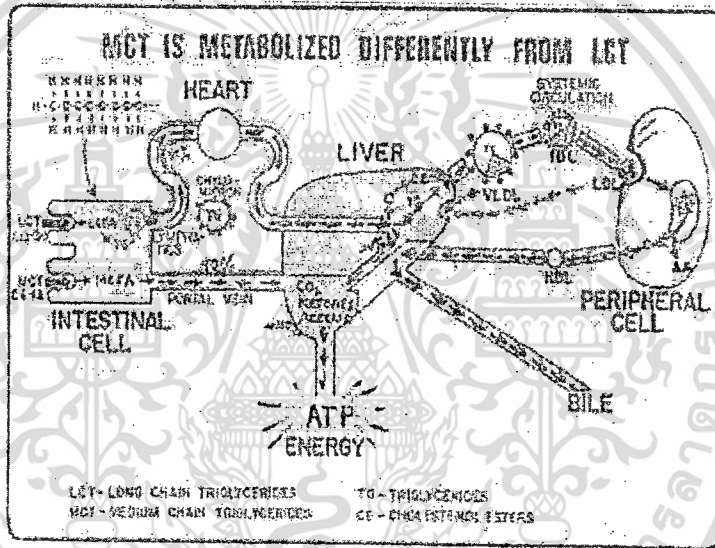
เนื่องจากน้ำมันมะพร้าวประกอบด้วยกรดไขมันที่อิมตัว โดยที่พันธะ (bond) ที่จับกันระหว่าง อะตอมของคาร์บอนเป็นพันธะเดี่ยว (single bond) ทำให้มีความเสถียรหรืออยู่ตัว (stability) สูงจึงไม่ถูกอะตอมของไฮโดรเจนและออกซิเจนเข้าไปแทรก ซึ่งเรียกว่า hydrogenation และ oxidation ได้ง่าย ๆ และ ไม่มีกลิ่นหืนเหมือนน้ำมันไม่อิมตัวโดยเฉพาะพวกที่เป็นน้ำมันไม่อิมตัวเชิงซ้อน (polyunsaturated oil) ซึ่งมีพันธะคู่หลาย ตำแหน่งเมื่อถูกความร้อนสูงจะทำให้เกิดเป็นเกิดเป็น trans fatty acids ซึ่งเป็นกรดไขมันชนิดทำให้เกิดผลร้ายต่อร่างกายมากมาย เช่น ทำลาย เยื่อหุ้มเซลล์ (membrane) อันเป็นผลทำให้เซลล์อ่อนแอจนเชื้อโรคและสารพิษ เข้าไปได้สะดวก ก่อให้เกิดโรคมะเร็ง เปลี่ยนแปลงกลไกของร่างกายในการขจัดคอเลสเตอรอลโดยการขัดขวาง การเปลี่ยนไปเป็นพลังงานในตับ จึงทำให้มีปริมาณ

คอเลสเตอรอลเพิ่มขึ้นในกระแสโลหิต ลดปริมาณและคุณภาพของนม น้ำเหลืองของมารดา เพิ่มโอกาสเป็นโรคเบาหวาน ลดปริมาณของฮอร์โมนเทสโตสเตอโรล ในเพศชาย เป็นต้น

2. กรดไขมันขนาดกลาง

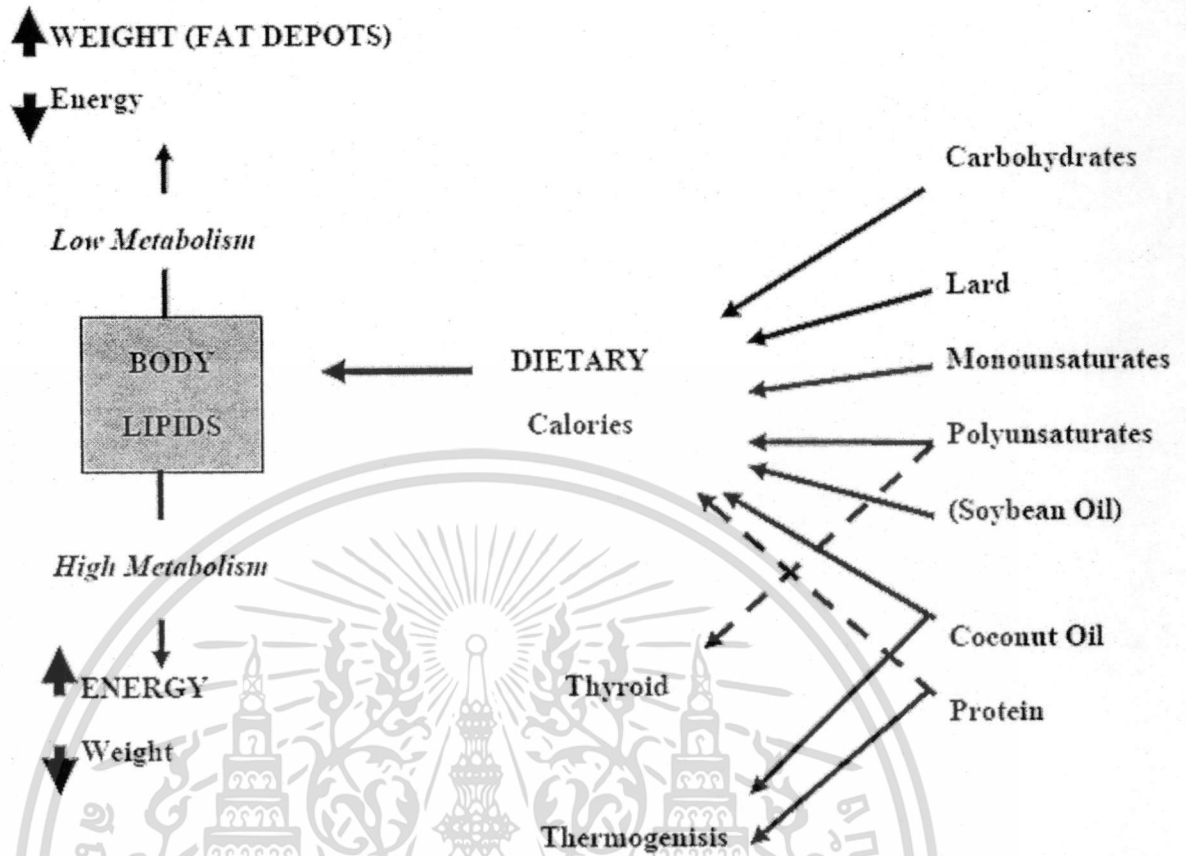
การที่กรดไขมันในน้ำมันมะพร้าวที่โมเลกุลขนาดกลาง มีส่วนอย่างมากที่ทำให้มีคุณสมบัติ เป็นเลิศ ดังจะเห็นได้จากกรณีดังต่อไปนี้

2.1 เปลี่ยนเป็นพลังงานได้อย่างรวดเร็ว: ร่างกายของมนุษย์สามารถเปลี่ยนน้ำมันมะพร้าวให้เป็นพลังงานอย่างรวดเร็ว เนื่องจากส่วนใหญ่ของกรดไขมันของน้ำมันมะพร้าวมีโมเลกุลขนาดกลาง (C8 - C14) เมื่อเรบริโภคเข้าไปมันจะผ่านจากกระเพาะอาหารไปยังลำไส้ แล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานที่ดับอย่างรวดเร็ว (ภายในหนึ่งชั่วโมง) ทำให้ไม่มีไขมันเหลือสะสมในร่างกาย ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ความแตกต่างของโมเลกุลไขมันในการเปลี่ยนเป็นพลังงาน[1]

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



รูปที่ 2.2 การเผาผลาญอาหารให้เป็นพลังงาน [1]

2.3 ช่วยลดน้ำหนัก: การบริโภคน้ำมันมะพร้าว นอกจากจะไม่ทำให้อ้วนแล้ว ยังสามารถลดความอ้วนจากผลของการเกิดความร้อนสูงในร่างกาย โดยการไปนำไขมันที่ร่างกายสะสมไว้ในส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ออกมาใช้เป็นพลังงาน ดังนั้นน้ำมันมะพร้าวจึงช่วยลดความอ้วนได้ จนมีคำที่ว่า "Eat Fat - Look Thin"

3. กรดลอริกและโมนอลอริก

น้ำมันมะพร้าวมีกรดลอริก (lauric acid) อยู่ประมาณ 50 % กรดนี้ มีส่วนที่ทำให้ไขมันมะพร้าวดีเด่นกว่าไขมันพืชชนิดอื่น ๆ เพราะมีความสามารถพิเศษ คือ

3.1 สร้างภูมิคุ้มกัน : เมื่อเราบริโภคน้ำมันมะพร้าวเข้าไปในร่างกาย กรดลอริกในน้ำมันมะพร้าว จะเปลี่ยนเป็น โมโนกลีเซอไรด์ (monoglyceride) ที่มีชื่อว่า โมโนลอริน (monolaurin) ซึ่งเป็นสารตัวเดียวกับที่อยู่ในน้ำมันมมารดา ที่ช่วยสร้างภูมิคุ้มกันให้กับทารกในระยะ 6 เดือนแรก ที่ร่างกายยังไม่สร้าง ระบบภูมิคุ้มกันโรค

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

เอกสารนี้เป็นสารปฏิชีวนะในน้ำมันมะพร้าว ไม่เป็นพิษต่อมนุษย์ และจะถูกสร้างขึ้นในร่างกายของมนุษย์ไม่ว่ากรณีใดๆ เมื่อบริโภคอาหารที่มีกรดลอริก อีกทั้งไม่เป็นอันตรายต่อแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ในลำไส้

4. กรดคาปริกและโมนคาปรีน

แม้ว่าจะมีอยู่เพียง 6-7 % แต่กรดคาปริก (capric acid) ก็ช่วยเสริมประสิทธิภาพของโมนลอรีน โดยการเปลี่ยนเป็นสารโมนคาปรีน (monocaprin) เมื่อน้ำมันมะพร้าวถูกบริโภคเข้าไปในร่างกาย ซึ่งมีฤทธิ์เช่นเดียวกับโมนลอรีน ทั้งนี้ก็เพราะประสิทธิภาพของการทำงานของโมนลอรีน และ โมนคาปรีนขึ้นอยู่กับปริมาณที่มีอยู่

5. วิตามิน

น้ำมันมะพร้าว ที่ผลิตจากมะพร้าวแห้งที่เก็บไว้นาน ๆ จะมีจุลินทรีย์ปนเปื้อน เมื่อนำไปสกัดน้ำมันมะพร้าวโดยวิธีหีบหรือ การใช้ตัวทำละลาย จึงสูญเสียคุณสมบัติที่ดี โดยเฉพาะสิ่งที่ทำให้ไม่หืน และเมื่อถูกนำไปผ่านขบวนการทางเคมี RBD ก่อนที่จะนำไปบริโภคจะสูญเสียวิตามินอีไป แต่ก็ยังเป็นน้ำมันที่ดีต่อสุขภาพ ทรานส์ไขมันที่ไม่ได้ถูกเปลี่ยนแปลงทางเคมีโดยขบวนการเติม ไฮโดรเจนหรือเติมสารกันเสีย (preservatives) เพื่อรักษาสภาพให้คงทนและไม่หืน แต่น้ำมันมะพร้าว บริสุทธิ์ ซึ่งสกัดได้โดยวิธีหมัก หรือวิธีบีบเย็นไม่ใช้อุณหภูมิสูง และไม่ผ่านขบวนการทางเคมี จะยังคงมี วิตามินอีเหลืออยู่ วิตามินอีในน้ำมันมะพร้าว มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

5.1ต่อต้านอนุมูลอิสระ : วิตามินอี ทำหน้าที่เป็นสารต่อต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) โดยการป้องกันเซลล์ไม่ให้ถูกเติมออกซิเจน และเป็นตัวต่อต้านอนุมูลอิสระ (free radicals) ซึ่งเกิดจากมลพิษในสิ่งแวดล้อม อาหารและเครื่องดื่ม การสูบบุหรี่ รังสี ความเครียด ฯลฯ โดยปกติร่างกายของมนุษย์มีสารต่อต้านอนุมูลอิสระคอยทำลายอนุมูลอิสระอยู่แล้ว แต่เมื่อบริโภคน้ำมันพืชประเภทไม่อิ่มตัวซึ่งถูกเติมออกซิเจน(oxidized) ได้ง่าย ๆ ตั้งแต่เริ่มสกัด ตลอดจนระหว่างการขนส่ง การวางจำหน่าย และการเก็บรักษาก่อนบริโภคจึงเกิดเป็นอนุมูลอิสระได้ง่าย อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นน่าจะไปปลงล้างประสิทธิภาพ (neutralize) ของสารต้านอนุมูลอิสระที่มีอยู่ในร่างกาย ทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดผลเสียแก่เซลล์และเนื้อเยื่อ เนื่องจากอนุมูลอิสระเป็นโมเลกุลที่เปลี่ยนสภาพโดยสูญเสียอิเล็กตรอน (electron) จึงไปจับกับโมเลกุลที่อยู่ใกล้เคียงต่อไปเรื่อย ๆ เกิดเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ เป็นผลทำให้เซลล์ผิดปกติไป เช่น เยื่อเซลล์ฉีกขาด เปลี่ยนสารพันธุกรรมใน นิวเคลียส เกิดการกลายพันธุ์ ทำให้เกิดโรคที่เกี่ยวกับความเสื่อม (degenerative diseases) เช่น โรคหัวใจ มะเร็ง ไขข้ออักเสบ เบาหวาน โรคภูมิแพ้ ฆราภาพก่อนวัย เป็นต้น

5.2 สารโทโคโทรอินอล (tocotrienol) วิตามินอีในน้ำมันมะพร้าว มีสารโทโคโทรอินอล ซึ่งเป็นรูปของวิตามินอีที่มีอานุภาพสูงกว่าสารโทโคเฟอรอล (tocopherol) ซึ่งอยู่ในวิตามินอีทั่วไป โดยเฉพาะที่มี อยู่ในเครื่องสำอางรักษาผิวถึง 40-60 เท่า ด้วยเหตุนี้ น้ำมันมะพร้าวจึงต่อต้านอนุมูลอิสระได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณี 2.2.5 บทบาทของน้ำมันมะพร้าวต่อสุขภาพ ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุขภาพที่ดีของมนุษย์ ขึ้นอยู่กับสถานภาพ 4 ประการคือ

1. การรักษาสุขภาพให้แข็งแรง

จากบทบาททางสรีรวิทยาของน้ำมันมะพร้าวที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ทำให้ผู้บริโภค น้ำมันมะพร้าวมีสุขภาพดี แข็งแรง เพราะได้พลังงานทันทีที่บริโภค น้ำมันมะพร้าว นอกจากนั้น น้ำมันมะพร้าวยังมีคุณค่าทางอาหาร โดยเฉพาะวิตามิน และเกลือแร่ ที่ช่วยให้ร่างกายแข็งแรง อีกทั้งยังช่วยเพิ่มคุณค่าของอาหาร โดยการเพิ่มการดูดวิตามิน เกลือแร่ และ กรดอะมิโน เนื่องจากน้ำมันมะพร้าวเป็น โมเลกุลขนาดเล็ก จึงถูกย่อยง่าย และเคลื่อนที่เร็วไป ตามของเหลวในร่างกาย จึงเป็นที่นิยมใช้หุงต้มอาหารสำหรับคนไข้ที่มีปัญหาการย่อยไขมัน และยังใช้ในสูตรน้ำมัน เพื่อให้ไขมันที่จำเป็นแก่เด็กทารก และช่วยในการดูดซึมแคลเซียม และแมกนีเซียม ซึ่งจำเป็นสำหรับการพัฒนากระดูก

2. ช่วยให้ออกห่างจากโรคไม่ติดต่อ

โรคไม่ติดต่อที่ น้ำมันมะพร้าวมีส่วนในการลดอัตราการเกิด ได้แก่

2.1 โรคหัวใจ : จากผลการวิเคราะห์พบว่า น้ำมันมะพร้าวมีคอเลสเตอรอลน้อยมาก เพราะมี เพียง 14 ส่วนในล้านซึ่งน้อยกว่าน้ำมันถั่วเหลือง ซึ่งมี 28 ส่วน และที่สำคัญคือ เมื่อบริโภค น้ำมันมะพร้าวเข้าไป ในร่างกาย ก็ไม่ได้เปลี่ยนเป็นคอเลสเตอรอลในกระแสโลหิต อีกทั้งยัง ไม่ได้ทำให้หลอดเลือดแข็งตัวเหมือนกับ น้ำมันพืชประเภทไม่อิ่มตัว เช่นน้ำมันถั่วเหลืองที่ถูก เดิมไฮโดรเจน (hydrogenate) ในขบวนการผลิต และถูก เดิมออกซิเจน (oxidize) ระหว่าง เดินทางก่อนถูกบริโภค จนเกิดเป็นtrans fatty acids ซึ่งเป็นตัวการทำให้เกิด ลิ่มเลือด และไป อุดตันหลอดเลือด นอกจากนั้นน้ำมันมะพร้าวยังมีวิตามินอีที่ช่วยขยายหลอดเลือดและป้องกันการ แข็งตัวของหลอดเลือดที่เป็นสาเหตุของโรคหัวใจ นักโภชนาการสมัยใหม่จึงสรุปว่า น้ำมัน มะพร้าวช่วยทำให้ หัวใจมีสุขภาพดี เพราะเป็นหนึ่งในสองชนิดของน้ำมันบริโภค ซึ่งช่วยลด ความหนืด (stickiness) ของเลือดที่ เป็นสาเหตุของโรคหัวใจ

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น โปรดอย่านำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิ ตีตาราง 2.2 ปริมาณคอเลสเตอรอลในน้ำมันชนิดต่างๆ[1] รังที่มีการนำไปใช้

2.2 โรคมะเร็ง: น้ำมันมะพร้าวมีประสิทธิภาพในการป้องกันไม่ให้เกิดโรคมะเร็ง ด้วยกลไก 2 วิธี คือ

- (1) เนื่องจากเป็นน้ำมันประเภทอิ่มตัวจึงไม่ถูกเติมไฮโดรเจน (hydrogenate) และแตกตัว เมื่อถูกกับอนุมูลอิสระสูง
- (2) มีวิตามินอีช่วยต่อต้านอนุมูลอิสระที่เป็นสาเหตุของการกลายพันธุ์ของยีน เกิดเป็นเซลล์มะเร็ง และการทำร้ายเซลล์ การใช้ น้ำมันมะพร้าวขโคมตัว ก็ช่วยป้องกันมะเร็งผิวหนังได้ดีกว่ายา ทากันแดดราคาแพง

2.3 โรคอ้วน: โรคอ้วนนั้นมีความสัมพันธ์กับสภาพต่าง ๆ เช่น การมีไขมันในเลือดสูงเป็นโรคเบาหวานมีความดันโลหิตสูง เป็นโรคหัวใจและหลอดเลือด ตลอดจนโรคข้ออักเสบ ภาวะหยุดหายใจ ขณะหลับ ฯลฯ การบริโภคน้ำมันมะพร้าวจะช่วยทำให้ร่างกายเกิดความร้อนสูง (ในขบวนการ thermogenesis) ทำให้ร่างกายมีอัตราการเผาผลาญอาหาร หรือเมตาบอลิซึม (metabolism) สูงเกิดเป็นพลังงานสำหรับการดำรงชีวิต อีกทั้งยังช่วยทำลายไขมันที่ร่างกายสะสมอยู่ นำไปใช้เป็นพลังงาน ดังนั้น ผู้บริโภคน้ำมันมะพร้าว เป็นประจำจึงไม่อ้วน

2.4 โรคเบาหวาน: ผลพลอยได้ของการเพิ่มอัตราการเผาผลาญอาหารให้เป็นพลังงานจากการบริโภคน้ำมันมะพร้าวทำให้ร่างกายไม่สะสมน้ำตาล เพราะถูกใช้ไปเป็นพลังงานหมด อีกทั้งยังไม่ทำให้ผู้ป่วยอยากรับประทานอาหารที่เป็นแป้งหรือน้ำตาล จึงช่วยลดอัตราการเกิดโรคเบาหวานไปได้โดยปริยาย

2.5 โรคปวดเมื่อย โรคชราภาพก่อนวัย โรคมะเร็งผิวหนัง และ โรคกระดูก: น้ำมันมะพร้าว เป็นน้ำมันที่ถูกดูดซึมเข้าทางผิวหนังได้ดี เพราะมีขนาดของโมเลกุลเล็กจึงนิยมใช้นวดตัวให้หายปวดเมื่อย และผ่อนคลายความเครียด อีกทั้งยังปกป้องการทำลายของแสงอัลตราไวโอเล็ตที่ทำให้ผิวหนังเหี่ยวย่นแก่ก่อนวัย และเป็นมะเร็งผิวหนัง ช่วยเสริมสร้างพัฒนาการของกระดูกให้แข็งแรง แพทย์แผนไทยจึงนิยมนำน้ำมันมะพร้าวมาประกอบเป็นสูตรยาแผนโบราณในการรักษาโรคที่เกี่ยวกับกระดูก อันเนื่องมาจากการประสบอุบัติเหตุ

2.2.6. ช่วยให้ร่างกายปลอดจากโรคติดเชื้อ

จุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อโรคเป็นสาเหตุของโรคของมนุษย์มากมายเหลือคณานับ แต่ก็แปลกที่เด็กทารกแรกคลอดที่ดูคน่านมมารดาเป็นประจำมักไม่ค่อยเป็นโรคเหล่านี้ ทั้งนี้ก็เพราะมีภูมิคุ้มกันที่ได้มาจากน้ำนม มารดา ได้มีการค้นพบว่าสารสำคัญในนม น้ำเหลือง (cholostum) ของมารดา คือ กรดลอริก ซึ่งเมื่อเข้าไป ในร่างกายก็เปลี่ยนไปเป็นสารโมโนลอรีน ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารปฏิชีวนะนั่นเอง ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบ ของน้ำมันมะพร้าวพบว่า มีกรดลอริกสูงมากถึง 48-53% ซึ่งมากกว่าในน้ำนมมารดา ในปัจจุบันวงการ แพทย์สมัยใหม่

ได้แนะนำให้ประชาชนกินยาเม็ดที่มีโมโนลอรีนเพื่อเพิ่มภูมิคุ้มกันโรค นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะวิธีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.7. การรักษาโรค

จากการที่น้ำมันมะพร้าวมีคุณสมบัติเป็นยาฆ่าเชื้อ และสามารถถูกดูดซึมเข้าไปในร่างกายได้ดี และรวดเร็ว ตำราอายุรเวทของอินเดียจึงได้ใช้น้ำมันมะพร้าวรักษาโรคมามากกว่า 4,000 ปี แพทย์แผนไทย ก็ได้ใช้น้ำมันมะพร้าวรักษาโรคทั้งภายในและภายนอกมาเป็นเวลาช้านาน เช่น ในตำราพระโอสถพระนารายณ์ ตั้งแต่สมัยกรุงศรีอยุธยาได้ใช้น้ำมันมะพร้าวเป็นยานวดแก้ปวดเมื่อย ยารักษาโรคกระดูก ยารักษาแผลเน่าเปื่อย

ส่วนตำราแพทย์แผนไทยในปัจจุบันก็แนะนำให้ใช้น้ำมันมะพร้าวรักษาโรคกระดูกที่เกิดจากอุบัติเหตุ รักษาเม็ดผดผื่นคัน ลมบริวรอย แผลฟกช้ำ ซ่อมแซมส่วนสึกหรอ และป้องกันแสงแดด และความร้อน แม้กระทั่ง แพทย์แผนปัจจุบันชาวตะวันตก ก็ให้คนไข้ที่มีปัญหาเกี่ยวกับการย่อยอาหารหรือการดูดซึมอาหาร เด็กทารก รวมทั้งเด็กเล็กที่ไม่สามารถย่อยไขมัน กินน้ำมันมะพร้าวเป็นยารักษาโรค ศักยภาพของน้ำมันมะพร้าวในการ รักษาโรคมิดังนี้

4.1 โรคที่เกิดจากการติดเชื้อต่าง ๆ เชื้อโรคที่ครดลอริกในน้ำมันมะพร้าวสามารถทำลายได้ ได้แก่ เชื้อแบคทีเรีย เชื้อราและยีสต์ เชื้อโปรโตซัว และเชื้อไวรัส โมโนลอรินหรือสารปฏิชีวนะในน้ำมันมะพร้าว มีจุดเด่นสองประการ คือ ไม่ทำให้เกิดการดื้อยาของเชื้อโรค และสามารถฆ่าเชื้อโรคบางชนิดที่มี เกราะไขมันห่อหุ้มเซลล์ ที่ยาปฏิชีวนะธรรมดา ไม่สามารถฆ่าได้ แต่น้ำมันมะพร้าว สามารถละลายเกราะ ไขมันนี้ได้ แล้วจึงเข้าไปฆ่าเชื้อโรคเหล่านี้ เท่าที่ได้มีการวิจัยพบว่า เชื้อโรคที่มีเกราะ ไขมันห่อหุ้มนี้เป็น โรคร้ายในปัจจุบันที่รักษายากมาก เพราะทำลายมันไม่ได้ อย่างดีก็หยุดไม่ให้มันขยายพันธุ์โรคเหล่านี้ เช่น ไวรัสโรคเอดส์ โรค SARS ซึ่ง ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ และกำลังมีการทดลองเพิ่มเติมเพื่อยืนยันผล

4.2 โรคผิวหนัง ผิวหนังที่ถูกอนุมูลอิสระเข้าทำลาย หรือจากการถูกทำร้าย จนเกิดเป็นแผลที่เชื้อโรคจะเข้าทำลายต่อ โมโนลอรินในน้ำมันมะพร้าว ซึ่งเป็นสารปฏิชีวนะจะช่วยกำจัดเชื้อโรคเหล่านี้

4.3 รังแคหนังศีรษะ น้ำมันมะพร้าวมีสารปฏิชีวนะที่ทำลายเชื้อโรคที่ทำให้เกิดรังแค หากขโหลมผสมด้วยน้ำมันมะพร้าวจะช่วยรักษารังแคหนังศีรษะได้

2.2.8. บทบาทของน้ำมันมะพร้าวต่อความงาม

น้ำมันมะพร้าวเป็นน้ำมันที่ได้จากธรรมชาติปราศจากสารเคมีสังเคราะห์ใด ๆ เจือปน โดยเฉพาะยากำจัดศัตรูพืช ซึ่งมักจะมียูอยู่ในน้ำมันพืชอื่น ๆ เนื่องจากกรดไขมันในน้ำมันมะพร้าวมีขนาดโมเลกุล ที่เล็ก ทำให้ถูกดูดซึมเข้าไปได้ง่าย เราสามารถใช้น้ำมันมะพร้าวในสภาพที่สกัดได้ตามธรรมชาติทันที โดย ไม่ต้องทำให้บริสุทธิ์ ฟอกสี และกำจัดกลิ่น ดังเช่น น้ำมันพืชอื่น ๆ จึงปลอดภัยจากอันตรายจากสารเคมี น้ำมันมะพร้าวมีบทบาทต่อความงาม ใน

เอกสารนี้เป็นเรื่องดังต่อไปนี้ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. รูปร่างได้สัดส่วน ไม่อ้วน แต่แข็งแรง

เนื่องจากน้ำมันมะพร้าวที่เรบริโภคเข้าไปสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานได้ทันที จึงไม่มีไขมันสะสมในร่างกาย อีกทั้งยังกระตุ้นให้ต่อมไทรอยด์ทำงานดีขึ้น จึงนำเอาไขมันที่ร่างกายสะสมไว้ก่อนหน้า ไปใช้เผาผลาญให้เกิดพลังงาน จึงช่วยลดความอ้วนได้ ดังนั้นผู้ที่บริโภคน้ำมันมะพร้าวเป็นประจำจึงไม่อ้วน (เพราะไม่มีไขมันสะสม) แต่ร่างกายก็สันทัดสมส่วน และแข็งแรง

2. ผิวสวย

การนวดหรือชโลมตัวด้วยน้ำมันมะพร้าว ช่วยให้ผิวสวย เพราะ :

2.1 ผิวคู่อ่อนวัย: น้ำมันมะพร้าวที่ใช้ชโลมตัว ทั้งในรูปแบบน้ำมันมะพร้าวสด ๆ หรือในรูปของผลิตภัณฑ์น้ำมันมะพร้าว เช่น ครีม และ โลชั่นจะทำให้ผิวพรรณนุ่มไม่แตกแห้งเป็นกระ หรือฝ้า แต่ชุ่มชื้นและผิวเนียน ปราศจากริ้วรอยเหี่ยวย่น ทั้งนี้เพราะน้ำมันมะพร้าวมีวิตามินอีที่มีอานุภาพมากกว่าวิตามินอีใน เครื่องสำอางช่วยต่อต้านอนุมูลอิสระที่เป็นตัวการที่ทำให้เกิดการเสื่อมของเซลล์ผิวหนัง ป้องกันการเสื่อมโทรมของเซลล์จากขบวนการเติมออกซิเจน (Oxidation) ช่วยกำจัดเซลล์ผิวหนังที่ตายแล้วและทับถมกันจนทำให้ ผิวแห้ง ขณะเดียวกันก็ช่วยกระตุ้นให้มีการสร้างเซลล์ใหม่ขึ้นมาแทนที่จึงทำให้ผิวพรรณคู่อ่อนกว่าวัย

2.2 ผิวนุ่มและเนียน: ตามปกติผิวหนังจะสูญเสียความชื้นเพราะถูกแดดและลม น้ำมันมะพร้าวมีคุณสมบัติเป็นสารรักษาความชุ่มชื้น (Moisturizer) จึงช่วยให้ผิวหนังนุ่มและเนียน

2.3 ช่วยป้องกันและรักษาฝ้า และกระ: อนุมูลอิสระเป็นตัวการอันหนึ่งของการเกิดฝ้า และกระ วิตามินอีในน้ำมันมะพร้าวจะทำหน้าที่ทำลายอนุมูลอิสระเหล่านี้ สามารถใช้น้ำมันมะพร้าวเป็นยา กันแดดได้ดีอีกทั้งยังไม่เหนียวเหนอะหนะเหมือนยากันแดดบางชนิด และราคาก็ถูกกว่า

3. ผมงาม

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

3.1 ช่วยปรับสภาพของผม: น้ำมันมะพร้าวเป็นน้ำมัน hair conditioner ที่ช่วยทำให้ผมนุ่มดำ เป็นเงางาม เพราะมีวิตามินอีที่ช่วยเสริมการเจริญของเส้นผม

3.2 ช่วยรักษาสุขภาพของหนังศีรษะ: น้ำมันมะพร้าวช่วยรักษาสุขภาพของหนังศีรษะทั้งนี้ เพราะน้ำมันมะพร้าวมีสารปฏิชีวนะที่คอยทำลายเชื้อ โรค หนังศีรษะจึงไม่มีรังแค และมีวิตามินอีที่ต่อต้าน อนุมูลอิสระ หนังศีรษะจึงไม่เหี่ยวย่นแต่มีสุขภาพดี

3.3 ช่วยให้เส้นผมมีสุขภาพดี: เส้นผมประกอบด้วยส่วนนอก (cuticle) ที่ทำหน้าที่ หุ้มส่วนใน (cortex) หากส่วนนอกอยู่ในสภาพดี ไม่ฉีกขาด เส้นผมก็จะปกติ มีความยืดหยุ่น (elasticity)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อแจกจ่ายให้สมาชิกหอสมุดฯ อย่างไม่หวังผลตอบแทนต่อการบิคงอและมีความเหนียว ส่วนในซึ่งประกอบด้วยโปรตีนที่เรียกว่า เคอราทิน (keratin) ที่มีประกอบด้วยเส้นเล็ก ๆ มัดรวมกัน โปรตีนของเส้นผมจะสูญเสียหรือสลายตัวไป

ตามอายุขัย แต่อาจเร็วขึ้นจาก การไม่รักษาผมให้ดี และการทำร้ายเส้นผม เช่น จากการตัดผม การย้อมผมด้วยน้ำยาเคมี แม้กระทั่งการหวีผม ที่ใช้หวีที่คม น้ำมันมะพร้าวจึงช่วยลดปริมาณ การสูญเสียของเส้นผม เพราะน้ำมันมะพร้าวมีคุณสมบัติยึดเกาะ (affinity) กับ โปรตีนของเส้นผม ได้ดี อีกทั้งยังมีขนาดเล็กจึงแทรกซึมเข้าไปในเส้นผมได้สะดวก ในขณะที่ น้ำมันทานตะวัน และน้ำมันแร่ (mineral oil) ซึ่งเป็นที่นิยมใช้เป็นส่วนประกอบในอุตสาหกรรมน้ำมันใส่ผม ไม่ได้มีส่วนช่วยแต่อย่างใด เพราะไม่สามารถซึมเข้าไปในเส้นผมได้เหมือนน้ำมันมะพร้าว จากที่ ได้กล่าวมาจะเห็นได้ว่า น้ำมันมะพร้าวมีบทบาทอย่างมากต่อสุขภาพ และความงามของ มนุษย์ ไม่ว่าจะใช้ในการบริโภคเป็นอาหาร หรืออาหารที่เป็นยาด้วย (nutraceutical หรือ functional food) และการใช้ภายนอกโดยการใช้นวดตัว หรือชโลมผม เป็นต้น จากข้อมูลทั้งหมดหวังว่า จะจุดประกายกระตุ้น ให้ทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องหันกลับมาทบทวนข้อมูลเชิงวิชาการเพื่อทำการวิจัย และพัฒนา น้ำมันมะพร้าวซึ่งมีบทบาท สำคัญในการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน เนื่องจากสภาพ ประเทศไทยมีแหล่งมะพร้าวที่สามารถตอบสนอง ความต้องการของคนในประเทศและ ต่างประเทศได้ จึงควรช่วยกันสนับสนุน ให้น้ำมันมะพร้าวกลับมาเป็นที่ นิยมใช้และพัฒนา เป็นผลิตภัณฑ์ที่แพร่หลายในอนาคตต่อไป

2.3 หลักการของระบบสุญญากาศ [14]

2.3.1 ระบบสุญญากาศ (Vacuum system)

ระบบสุญญากาศ จะได้แรงทำงานจากแรงดันบรรยากาศ โดยแรงดันของระบบถูก ลดลงเรื่อยๆจนกระทั่งระดับต่ำกว่าแรงดันบรรยากาศที่อยู่รอบๆทำให้ได้แรงดันที่มากกว่า สามารถนำไปใช้งาน ได้ หลักการเบื้องต้น โดยการให้ปั๊มสุญญากาศดูดอากาศออกจากระบบทำ ให้เกิดความแตกต่างของความดันภายในระบบและแรงดันบรรยากาศรอบๆ

2.3.2 เครื่องทำแห้งแบบสุญญากาศ (Vacuum drying)

เครื่องทำแห้งแบบสุญญากาศ หมายถึง การดึงความชื้นออก เกิดขึ้นที่ ที่ไม่มีออกซิเจน เพราะฉะนั้น การเสื่อมสภาพเนื่องจากออกซิเจน หรือการที่ไขมันจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจน และการทำให้เปลี่ยนสีลดลง เครื่องทำแห้งแบบนี้ใช้ในการทำแห้งภายใต้สภาวะความดันต่ำกว่าความดันบรรยากาศโดยให้ความร้อนในการทำแห้ง เหมาะสำหรับวัสดุเปื่อย ซ้อติของ เครื่องนี้จะใช้อุณหภูมิในการทำแห้งต่ำ ระบายน้ำที่อุณหภูมิต่ำไม่มีออกซิเจนอยู่ในวัสดุขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 ปั๊มกลสุญญากาศ (Mechanical vacuum pump)

ปั๊มกลโรตารี (Mechanical rotary pump)

ปั๊มกลเป็นปั๊มที่ใช้ในการสร้างสุญญากาศขั้นต้น สามารถสร้างสุญญากาศไม่ต่ำกว่า ประมาณ 10^3 torr ($1 \text{ torr} = 1.3158 \times 10^{-3} \text{ atm}$)

หลักการง่ายก็คือ ก๊าซหรืออากาศในภาชนะจะถูกขับออกโดยการเคลื่อนไหวนៃของลูกสูบ ทำให้ก๊าซในห้องสูบมีความดันเพิ่มมากขึ้นจนมากกว่า ความดันบรรยากาศภายนอก ก๊าซจะถูกขับออกมา

ปั๊มกลโรตารีแบบแวน (Rotary vane pump)

ปั๊มประกอบด้วยภาชนะทำด้วยโลหะเป็นรูปทรงกระบอกกลวง เรียกว่าสเตเตอร์ (stator, A) ภายในทรงกระบอกกลวงมีแท่งโลหะรูปทรงกระบอกหมุนได้โดยมอเตอร์ไฟฟ้า เรียกว่า โรเตอร์ (rotor, B) แกนของโรเตอร์อยู่ในตำแหน่งที่ทำให้มันแตะผิวของสเตเตอร์พอดี มีช่องห่างเพียง ประมาณ 0.001 นิ้ว บริเวณที่แตะผิวด้านบนนี้เรียกว่า top seal rotor จะถูกเจาะเป็นร่องเพื่อติดแวน (van, C) 2 อัน แวน 2 อันนี้จะถูกดันด้วยสปริงให้แตะกับผิวสเตเตอร์ตลอดเวลา

การทำงานอาจแบ่งเป็น จังหวะ a,b,c คือ

- โรเตอร์จะหมุนตามเข็มนาฬิกา ทำให้ก๊าซถูกดูดออกจากภาชนะสุญญากาศเข้าตัวปั๊มทางช่อง D
- เมื่อโรเตอร์หมุนไปเกือบ 180° ก๊าซที่ถูกดูดเข้าจะถูกอัด แล้วส่งออกทางลิ้น E (discharge valve) ปกติลิ้นนี้จะปิดและมีน้ำมันปั๊มอยู่โดยรอบ ก๊าซที่ถูกขับออกจากปั๊มนี้จะต้องมีความดันเหนือความดันบรรยากาศปกติเล็กน้อย
- ก๊าซถูกอัดส่งออกจนเกือบหมด ก๊าซจากภาชนะสุญญากาศจะถูกแวนดูดเข้าไปยังช่องว่างในสเตเตอร์อีกครั้งหนึ่ง

โรเตอร์จะหมุนเร็วหลายร้อยหลายพันรอบต่อนาที จึงขับก๊าซออกจากภาชนะสุญญากาศได้เร็ว

น้ำมันปั๊มบางส่วนสามารถเล็ดลอดผ่านเข้าไปในสเตเตอร์ได้เล็กน้อย เพื่อใช้เป็นตัวหล่อลื่นระหว่างแวนกับผิวสเตเตอร์ อัตราส่วนระหว่างความดันก๊าซที่ถูกขับออกกับก๊าซที่ถูกดูดเข้า เรียกว่า อัตราส่วนการอัดปั๊ม (pump compression ratio) ดังนั้นในการสร้างความดันราว 10^{-2} torr ปั๊มจะต้องมีอัตราส่วนการอัดถึง 5 เท่า

ปั๊มกลโรตารีแบบแวนนี้ คิดประดิษฐ์ขึ้นโดย Gaede ในปี ค.ศ. 1905 และเป็นแบบที่นิยมใช้กันในห้องปฏิบัติการวิจัย

ประสิทธิภาพของปั๊มขึ้นอยู่กับ

- 1) ผิวของสเตเตอร์และโรเตอร์จะต้องสะอาด มันเรียบและที่ซึ่ลด้านบนจะต้องไม่สึกกร่อนง่าย
- 2) การซีลระหว่างสเตออร์กับโรเตอร์ อาศัยน้ำมันเป็นตัวซีลหล่อลื่น และระบายความร้อนไปในตัว
- 3) ก๊าซที่อัดเพื่อขับออกจากปั๊มอาจมีไอน้ำปะปนอยู่ ไอน้ำหรือไอของของเหลวนี้อาจจะละลายในน้ำมันที่ความดันสูง จึงไม่ถูกขับออกโดยง่าย แต่จะถูกนำกลับเข้าไปในห้องสเตเตอร์ได้อีก ทำให้ประสิทธิภาพการปั๊มลดลง วิธีแก้ให้ใช้ก๊าซบัลลาสต์ (gas ballast)
- 4) การรั่วของก๊าซที่ถูกอัดที่ซึ่ลตอนบน และซีลระหว่างแวนกับสเตเตอร์

แวนในปั๊มแบบเก่ามักทำด้วยเหล็ก จึงเป็นตัวจำกัดขนาดปั๊มและความเร็วรอบของปั๊ม ปั๊มแบบใหม่ใช้แวนทำด้วยพลาสติก มีน้ำหนักเบา

ปั๊มกลโรตารีส่วนใหญ่ใช้สายพานเป็นตัวส่งกำลังจากมอเตอร์ไปยังโรเตอร์ ความเร็วรอบมีค่าระหว่าง 350 – 750 rpm (ตัวอย่างปั๊มรุ่น EDM ของบริษัท Edwards) ใช้แกนต่อมอเตอร์เข้ากับโรเตอร์โดยตรง (directdrive) เมื่อใช้มอเตอร์ 4 ขั้วจะให้ความเร็วรอบถึง 1450 rpm เมื่อใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับความถี่ 50 Hz ที่ความเร็วรอบสูงจะมีเสียงดังอันเกิดจากการน็อกไฮดรอลิก และเสียงที่ซ่องขับก๊าซออก การน็อกไฮดรอลิกเกิดจากน้ำมันปั๊มมากเกินไป แต่ถ้าน้ำมันน้อยเกินไปจะทำให้การซีลบกพร่อง และไม่พอเพียงสำหรับการหล่อลื่น

2.4 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการทำแห้ง (Drying fundamentals) [15]

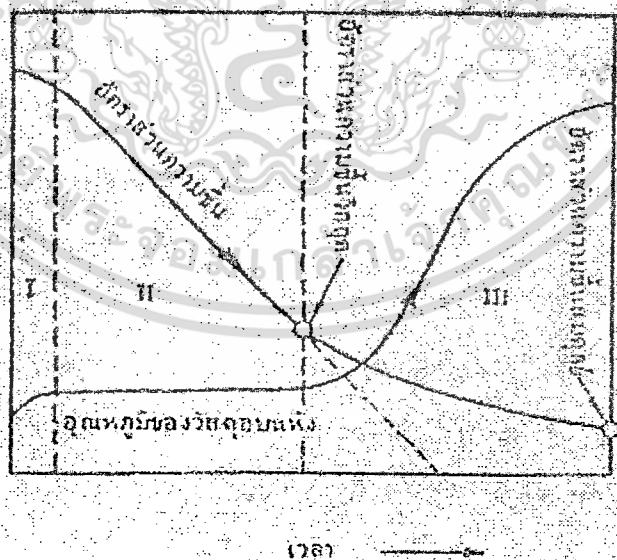
การทำแห้ง คือ กระบวนการที่ความร้อนถูกถ่ายเทด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งไปยังวัสดุที่มีความชื้นเพื่อให้ความชื้นโดยการระเหย ความร้อนที่วัสดุชั้นได้รับนี้จะนำไปเป็นความร้อนแฝงของการระเหยในกระบวนการทำแห้งจะเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของอากาศชื้น

เงื่อนไขการทำแห้งแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

เงื่อนไขภายนอกวัสดุ เช่น วิธีถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุ วิธีกำจัดความชื้นที่ระเหยออกมาจากวัสดุ ความชื้นอิ่มตัวของอากาศร้อน ความดัน และอุณหภูมิของการทำแห้ง

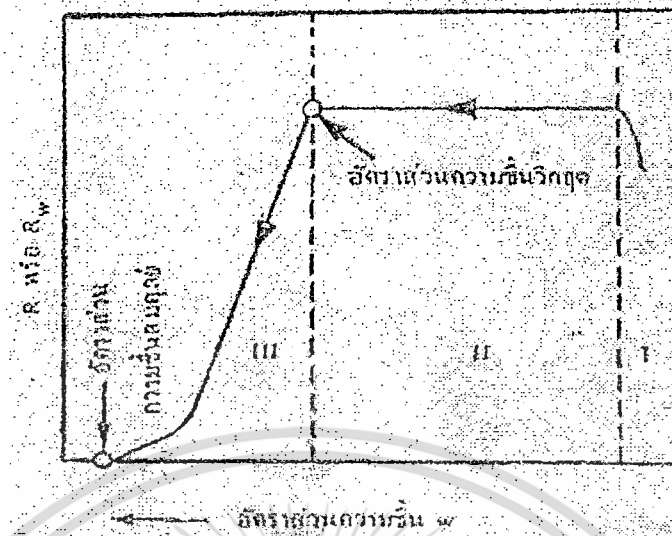
เงื่อนไขภายในวัสดุ เช่น ความพรุนของของแข็ง การนำความร้อนของวัสดุชั้น อุณหภูมิของวัสดุชั้น อัตราส่วนความชื้น และอัตราส่วนความชื้นสมดุล

ในการทำแห้งวัสดุเปียกขึ้นจะกระทำภายใต้เงื่อนไขการทำแห้งที่คงที่ เช่น ความชื้น ความเร็วลม อุณหภูมิ ความดัน ฯลฯ ถ้าทำการทดลองวัดการเปลี่ยนแปลงมวลและอุณหภูมิของวัสดุทำแห้งกับเวลาจะได้เส้นกราฟมีลักษณะดังรูปที่ 2.3 หรือวัดอัตราการทำแห้งกับอัตราส่วนความชื้นจะได้เส้นกราฟที่เรียกว่า เส้นลักษณะเฉพาะของการทำแห้ง



รูปที่ 2.3 การเปลี่ยนแปลงของมวลและอุณหภูมิกับเวลาในการทำแห้ง [15]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น 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 อุณหภูมิของวัสดุจะมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของกระแสลมร้อนช่วงเวลาที่ใช้เพื่อเพิ่มอุณหภูมิจนถึงค่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกนี้คือ ช่วงที่ I ดังรูปที่ 2.3 และ 2.4

- ข. ช่วงการทำแห้งที่ความเร็วคงที่

เนื่องจากความร้อนที่ถ่ายเทจากอากาศมายังวัสดุขึ้นทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลขึ้นพร้อมกัน ในช่วงนี้ความร้อนทั้งหมดที่วัสดุได้รับจะถูกใช้ในการระเหยน้ำหรือ ของเหลวออกจากวัสดุขึ้น ความร้อนที่วัสดุได้รับในช่วงนี้คือ ความร้อนแฝงในการระเหยนั่นเองอัตราการทำแห้งในช่วงนี้จึง ไม่ขึ้นกับเงื่อนไขภายในวัสดุ แต่ขึ้นกับเงื่อนไขภายนอก

วัสดุที่ใช้ในการทำแห้งช่วงการทำให้วัสดุขึ้นที่ ใช้ความเร็วคงที่ คือ ช่วงที่ II แสดงดังรูปที่ 2.3 และ 2.4

ค. ช่วงการทำแห้งที่ความเร็วลดลง

ในขั้นตอนที่มีความชื้นที่อยู่ในรูปของเหลวในวัสดุจะระเหยหมดเนื่องจากการถ่ายเทความร้อนของของเหลวจากส่วนในของวัสดุเกิดขึ้นไม่ทันกับการระเหยของของเหลวหรือน้ำจากผิวของวัสดุจะทำให้อัตราการแห้งในวัสดุลดลง และเรียกอัตราส่วนความชื้นที่เปลี่ยนจากช่วงของการทำแห้งที่ความเร็วคงที่เป็นช่วงการทำแห้งที่ความเร็วลดลงว่า อัตราส่วนความชื้นวิกฤต หลังจากนั้นวัสดุจะแห้งและอุณหภูมิของวัสดุจะเริ่มสูงขึ้นจนสมดุลกับอากาศเข้า เรียกอัตราส่วนความชื้นที่จุดสมดุลนี้ว่า อัตราส่วนความชื้นสมดุล ช่วงการทำแห้งที่ความเร็วลดลง คือ ช่วงที่ III ดังแสดงในรูปที่ 2.3 และ 2.4

2.5 ทฤษฎีกระบวนการถ่ายเทความร้อน [16]

การถ่ายเทความร้อนมี 3 แบบ

2.5.1 การพาความร้อน (Convection)

การพาความร้อน คือ การให้ความร้อนแก่ตัวกลาง โดยส่วนมากเป็นของไหล เช่น อากาศ หรือ น้ำ)จากนั้นก็พาตัวกลางที่ทำให้ความร้อนเคลื่อนที่เข้าสู่เป้าหมาย ข้อเสียของวิธีนี้คือ ความร้อนของวัสดุเป้าหมายจะขึ้นช้า และจะมีการสูญเสียความร้อนมาก อย่างไรก็ตามวิธีนี้ยังคงเป็นที่นิยมที่สุดเนื่องจากเป็นระบบที่ง่ายต่อการเข้าใจ สามารถหาแหล่งความร้อนได้ง่าย เช่น น้ำมัน แก๊สหรือฮีตเตอร์ทั่วไป

การพาโดยบังคับ (Force convection)

การพาโดยบังคับ คือ การเคลื่อนที่ของความร้อนระหว่างผิวของของแข็ง โดยกลไกภายนอก เช่น พัดลม

การพาโดยธรรมชาติ (Free of natural convection)

การพาโดยธรรมชาติ คือ การเคลื่อนที่ของระหว่างผิวของแข็งและของไหลโดยไม่มีกลไกใดๆที่ทำให้ของไหลเคลื่อนที่ แต่ของไหลที่อยู่ใกล้ผิวของของแข็งก็อาจเคลื่อนที่ได้โดย

การคำนวณอัตราการเคลื่อนที่ของความร้อนโดยการพา ดังนี้ คือ

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

- เมื่อ q คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนต่อหน่วยพื้นที่ (W)
- h_c คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อน ($W / m^2 \text{ } ^\circ K$)
- A คือ พื้นที่หน้าตัดที่ความร้อนเคลื่อนที่ (m^2)
- T_h คือ อุณหภูมิที่ร้อนกว่า ($^\circ K$)
- T_c คือ อุณหภูมิที่เย็นกว่า ($^\circ K$)

2.5.2 การนำความร้อน (Conduction)

การนำความร้อน จะคล้ายกับการพาความร้อน แต่จะใช้ตัวกลางที่มีการนำความร้อนได้ดีซึ่งมักจะเป็น โลหะ ความร้อนจะถูกนำมาจากด้านหนึ่ง ไปยังอีกด้านหนึ่ง โดยที่ตัวกลางเองจะไม่เคลื่อนที่

สมการคำนวณของการนำความร้อน ดังนี้ คือ

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

- เมื่อ Q คือ อัตราการถ่ายเทความร้อน (W)
- k คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อน ($W / m \text{ } ^\circ K$)
- A คือ พื้นที่ตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของความร้อน (m^2)

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

ก. การนำความร้อนผ่านผนังราบชั้นเดียว

เราพิจารณาเฉพาะการเคลื่อนที่ของความร้อนในทิศทาง X หรือ อาจกล่าวได้ว่า อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงเฉพาะในทิศทาง X และอุณหภูมิมีค่าคงที่ในทิศทาง Y และ Z และในผนังไม่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ หากมีผู้ใดละเมิดลิขสิทธิ์โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใด แหล่งจ่ายพลังงานอื่น จากเงื่อนไขเหล่านี้ และจากสถานะสมมุติเสมอเราได้ว่า รังสีที่มีการนำไปใช้

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

เมื่อ Q คือ อัตราการถ่ายเทความร้อน (W)

k คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อน ($W/m^{\circ}K$)

A คือ พื้นที่ตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของความร้อน (m^2)

$T_1 - T_2$ คือ ความแตกต่างของอุณหภูมิ ($^{\circ}K$)

I คือ ความยาวหรือความหนา (m)

การนำความร้อนผ่านผนังหลายชั้น

โดยปกติแล้วเรามักจะต้องการให้มีการสูญเสียความร้อนน้อยที่สุด ซึ่งจะทำให้ได้โดยการใช้ผนังที่ทำด้วยวัสดุที่เป็นฉนวนกันความร้อน คือ วัสดุที่มีค่า k ต่ำ แต่วัสดุที่มีค่า k ต่ำมักจะไม่มีแข็งแรง ไม่เหมาะจะนำมาเป็นโครงสร้าง ในทางปฏิบัติมักใช้วัสดุฉนวนมากกว่า 1 ชนิด ในการสร้างผนัง ซึ่งมักประกอบด้วยวัสดุที่แข็งแรง เช่น โลหะ และบุด้วยฉนวนกันความร้อน ดังนั้นจึงควรมีสมการที่ใช้คำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่มีหลายชั้น

$$q_x = \frac{T_{\alpha 1} - T_{\alpha 4}}{\sum R_r} \dots \dots \dots (4)$$

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

เมื่อ q_x คือ อัตราการถ่ายเทความร้อน (W)

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

k คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อน ($W/m^{\circ}K$)

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

2.5.3 การแผ่รังสี [17]

เอกสารนี้เป็นเอกสารการแผ่รังสีความร้อน คือ พลังงานที่ถูกส่งออกไปโดยที่อุณหภูมิจำกัดแน่นอน อย่างไรก็ตามการแผ่รังสีความร้อนเกิดขึ้นได้ตลอดเวลาแม้ว่าเราจะเน้นการแผ่รังสีจากวัตถุแข็งก็ตาม การส่งออกของรังสีอาจเกิดขึ้นได้จากของเหลว

และก๊าซ ดังนั้น โดยไม่คำนึงถึงรูปของสาร การส่งออกรังสีหรือว่าเป็นการเปลี่ยนการจัดเรียงตัวของอิเล็กตรอนขององค์ประกอบอะตอมหรือ โมเลกุล พลังงานของสนามการแผ่รังสีนั้นจะถูกนำออกไป โดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ในขณะที่การถ่ายพลังงานโดยการนำหรือการพา ต้องการวัตถุตัวกลางแต่การแผ่รังสีไม่ต้องการ ในความเป็นจริงการถ่ายเทโดยการแผ่รังสีเกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดในสุญญากาศ

พลังงานอินฟราเรดเป็นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งแผ่ออกมาโดยวัตถุร้อน วัตถุจะดูดซับพลังงานจากรังสีและทำให้วัตถุร้อนขึ้น อัตราการถ่ายเทความร้อนขึ้นอยู่กับ

1. อุณหภูมิผิวหน้าของวัตถุที่ให้ความร้อนและรับความร้อน
2. คุณสมบัติผิวหน้าของวัตถุทั้งสอง
3. รูปร่างของวัตถุที่แผ่และรับรังสี

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

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

เมื่อ Q คือ อัตราการแผ่ความร้อน (J/s)

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

A คือ พื้นที่ผิว (m^2)

$T(K = ^\circ C + 273)$ คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์

สามารถใช้สมการนี้ได้กับวัตถุดูดซับสมบูรณ์ที่เรียกว่าวัตถุดำ (black body)

อย่างไรก็ตาม เครื่องแผ่รังสีความร้อนไม่ใช่วัตถุแผ่รังสีแบบสมบูรณ์ และอาหารก็ไม่ใช่วัตถุดูดซับรังสีสมบูรณ์แม้วัตถุเหล่านี้จะแผ่หรือดูดซับรังสีจากค่าสูงสุดตามทฤษฎีในอัตราส่วนที่คงที่ จากแนวคิดนี้จึงมีการใช้คำว่า วัตถุเทา (grey body) และดัดแปลงสมการสเตฟาน-โบลแมน ดังต่อไปนี้

$$Q = \epsilon \sigma AT^4 \dots\dots\dots (6)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

ความสามารถในการแผ่รังสีจะแตกต่างกันขึ้นกับอุณหภูมิของวัตถุเทาและความยาวคลื่นของรังสีที่แผ่ออกมา

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

ตาราง 2.3 ค่าความสามารถในการแผ่รังสีโดยประมาณในกระบวนการแปรรูปอาหาร [18][19]

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

$$Q = \epsilon\sigma A(T_1^4 - T_2^4) \dots\dots\dots(7)$$

เมื่อ T_1^4 คือ อุณหภูมิของวัตถุแผ่รังสี ($^{\circ}K$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

T_2^4 คือ อุณหภูมิของวัตถุดูดซับรังสี ($^{\circ}K$)

2.6 การทำแห้งของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร[20]

การทำแห้งคือกระบวนการลดความชื้น ซึ่งส่วนใหญ่ใช้การถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุที่ชื้น เพื่อไล่ความชื้นออกโดยการระเหย โดยใช้ความร้อนที่ได้รับเป็นความร้อนแฝงของการระเหย ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรส่วนใหญ่จะมีความชื้นค่อนข้างสูงขณะทำการเก็บเกี่ยว ทำให้เก็บรักษาไม่ได้นาน การทำแห้งจะช่วยให้สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้เป็นระยะเวลายาวนานขึ้น ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่สำคัญและต้องทำการทำแห้งได้แก่ ธัญพืชชนิดต่างๆ เช่น ข้าว ข้าวโพด เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ผลไม้แช่อิ่มต่างๆ เช่น สับปะรดแช่อิ่ม มะละกอแช่อิ่ม มะม่วงแช่อิ่ม เป็นต้น

การทำแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรเป็นกระบวนการหนึ่งในงานด้านเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการรักษาคุณภาพ ลดความสูญเสีย และยืดเวลาการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ เทคโนโลยีการทำแห้งเป็นสิ่งที่ไม่สลับซับซ้อน แต่การวางแผนการดำเนินการทำแห้ง (drying strategy) ภายใต้สภาวะอากาศและเงื่อนไขที่กำหนด เป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องศึกษา ทั้งนี้เพื่อให้ได้วิธีการดำเนินการที่เหมาะสมที่สุด

นอกจากการศึกษาด้านการวางแผนการดำเนินการทำแห้งแล้ว การพิจารณาชนิดของพลังงานที่ใช้ในการทำแห้งก็เป็นสิ่งจำเป็นเช่นกัน เป็นที่ทราบกันดีว่ากระบวนการทำแห้งใช้พลังงานที่ค่อนข้างสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการอื่นๆ ในเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว พลังงานที่ใช้แบ่งได้เป็นสองชนิดคือ ความร้อนที่ใช้ในการทำให้อากาศร้อน และพลังงานกลที่ใช้ในการขับเคลื่อนซึ่งส่วนมากมักจะเป็นไฟฟ้า ความร้อนที่ใช้อาจได้จาก ไฟฟ้า น้ำมันเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ เช่น ก๊าซ น้ำมัน ของเหลือใช้จากการเกษตร และพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น สำหรับประเทศไทยซึ่งต้องพึ่งการนำเข้าพลังงานเป็นจำนวนมาก การศึกษาการเผาไหม้ของเหลือใช้จากการเกษตร และการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในรูปของความร้อน นับว่าน่าสนใจมาก เพราะจะสามารถช่วยลดการนำเข้าพลังงานได้

2.6.1 ความสำคัญของการทำแห้ง

การทำแห้งคือกระบวนการลดความชื้นซึ่งส่วนใหญ่ใช้การถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุที่ชื้น เพื่อไล่ความชื้นออกโดยการระเหย โดยใช้ความร้อนที่ได้รับเป็นความร้อนแฝงของการ

ระเหย วัสดุทำแห้งมีมากมายหลายชนิด ประโยชน์ของการทำแห้งเมล็ดพืชและอาหารอาจสรุปได้ตามลำดับความสำคัญดังต่อไปนี้

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

ในกรณีของเมล็ดพืชเกษตรกรสามารถที่จะเก็บเกี่ยวเมื่อเมล็ดพืชยังมีความชื้นสูงอยู่ ทำให้ลดการสูญเสียของเมล็ดพืชอันเนื่องจากการร่วงหล่นก่อน ระหว่างและหลังเก็บเกี่ยว การเก็บเกี่ยวที่เร็วขึ้นอาจช่วยให้เกษตรกรสามารถปลูกพืชครั้งสองได้อย่างผล การทำแห้งที่ถูกหลักยังสามารถช่วยเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดสูง ทำให้สามารถนำไปเพาะปลูกได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมล็ดพืชที่ทำแห้งแล้วมีคุณภาพสูงและสามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน ทำให้เกษตรกรสามารถรอเวลาขายในขณะที่ผลิตผลมีราคาดี

2.6.2 ความชื้นในวัสดุ

ความชื้นเป็นตัวบอกปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในวัสดุเมื่อเทียบกับมวลของวัสดุชื้นหรือแห้ง ความชื้นในวัสดุสามารถแสดงได้เป็น 2 แบบ คือ

ความชื้นฐานเปียก

$$M_w = \frac{W - D}{W} \dots\dots\dots (8)$$

เมื่อ M_w คือ ความชื้นฐานเปียก, เศษส่วน

W คือ มวลของวัสดุ, kg

D คือ มวลของวัสดุแห้ง (ไม่มีความชื้น), kg

ความชื้นแบบนี้นิยมใช้กันในวงการค้า โดยทั่วไปจะอ้างในรูปแบบของเปอร์เซ็นต์ $100 M_w$

$$M_D = \frac{W - D}{D} \dots\dots\dots (9)$$

ความชื้นแบบนี้นิยมใช้กันในการวิเคราะห์กระบวนการทำแห้งทางทฤษฎี เพราะช่วยให้การคำนวณสะดวกขึ้น ซึ่งเป็นเพราะมวลของวัสดุแห้งจะมีค่าคงที่หรือเกือบคงที่ระหว่างการทำแห้ง ที่ว่าเกือบคงที่นี้ เพราะผลผลิตทางการเกษตรเป็นสิ่งมีชีวิต มีการหายใจ ดังนั้นจึงมีการเผาผลาญสารอาหาร ทำให้มวลแห้งลดลง ส่วนใหญ่แล้วมวลแห้งจะลดลงเพียงเล็กน้อย

วิธีการหาความชื้นในเมล็ดพืชและอาหาร

การหาความชื้นอาจแบ่งได้เป็น 2 วิธีคือ วิธีตรงและวิธีอ้อม การเก็บตัวอย่างเพื่อหาความชื้นเป็นปัญหาที่สำคัญอันหนึ่ง เนื่องจากอาจได้ตัวอย่างที่ไม่ได้เป็นตัวแทนที่เหมาะสมของเมล็ดพืชหรืออาหารทั้งหมด นอกจากนี้ควรเก็บตัวอย่างไว้ในภาชนะที่สามารถป้องกันมิให้เกิดการถ่ายเทความชื้นระหว่างตัวอย่างและอากาศก่อนที่จะทำการหาความชื้น

วิธีตรง

วิธีการหาความชื้นโดยตรงมีหลายวิธี เช่น การใช้ตู้อบ การกลั่น การใช้สารดูดความชื้นในห้องสูญญากาศ เป็นต้น วิธีตรงเป็นวิธีที่ใช้เวลา แต่มีความถูกต้องสูง สามารถใช้อ้างอิงได้

การใช้ตู้อบ

การหาความชื้นของเมล็ดพืชอาจทำได้โดยใช้ตู้อบ ในกรณีแรกเมล็ดพืชจะถูกอบให้ละเอียดและใส่ตู้อบที่อุณหภูมิ 130°C เป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง ในกรณีที่สองนำเมล็ดพืชที่ไม่ได้บดใส่ไว้ในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 72-96 ชั่วโมง ตัวเลขที่กล่าวนี้เป็นเพียงข้อเสนอเท่านั้น ความแตกต่างอาจเกิดขึ้นได้สำหรับมาตรฐานของแต่ละประเทศ รายละเอียดวิธีการหาความชื้นอาจหาอ่านได้จากมาตรฐานของ Association of Official Agricultural Chemists [21].

ในกรณีที่เมล็ดพืชมีความชื้นสูงจะต้องแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือ ใส่ตัวอย่างเมล็ดพืชในตู้ทำแห้งเพื่อให้ความชื้นลดลงช่วยหนึ่งก่อน จากนั้นจึงนำตัวอย่างที่มีความชื้นลดลง บ้างแล้วมาบดให้ละเอียดและอบให้แห้งต่อไป ความชื้นในเมล็ดพืชสามารถคำนวณได้จากมวลของน้ำที่

หายไป

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

สำหรับอาหารอื่นบางอย่างมีข้อแนะนำให้บดอาหารให้ละเอียดแล้วนำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิและเวลาอยู่ในตู้อบดังต่อไปนี้ [22]

ผลไม้แห้ง อบที่ 70 °C เป็นเวลา 5 ชั่วโมงในตู้อบสุญญากาศ

นมผงแห้ง อบที่ 100 °C เป็นเวลา 5 ชั่วโมงในตู้อบสุญญากาศ

กากน้ำตาล อบที่ 70 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมงในตู้อบสุญญากาศ

การใช้วิธีกลั่น

วิธีกลั่นนี้ทำได้โดยใส่ตัวอย่างอาหารไว้ในน้ำมันและทำให้ร้อน เนื่องจากน้ำมันมีจุดเดือดต่ำกว่าน้ำมัน ดังนั้นน้ำจึงระเหยออกมาก่อน โดยผ่านไอน้ำเข้าเครื่องควบแน่นจะได้หยดน้ำ น้ำส่วนนี้คือปริมาณน้ำที่มีอยู่ในอาหาร

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

วิธีการกลั่นแบบ Toluene ก็เป็นที่ยอมรับกัน รายละเอียดอาจหาอ่านได้จากเอกสารอ้างอิง [22]

วิธีอ้อม

การหาความชื้นของวัสดุอาจทำได้โดยการวัดคุณสมบัติบางอย่างซึ่งขึ้นอยู่กับความชื้น เช่นความต้านทานทางไฟฟ้า หรือคุณสมบัติทางไดอิเล็กทริก (dielectric)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

2.7 รังสีอินฟราเรด (Infrared radiation) [17]

พลังงานจากรังสีไมโครเวฟและรังสีอินฟราเรดเป็น 2 รูปแบบของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งถูกถ่ายทอดในรูปคลื่นผ่านเข้าไปในอาหารและเปลี่ยนเป็นความร้อน ข้อแตกต่างที่สำคัญระหว่างพลังงานไมโครเวฟและอินฟราเรดได้แก่

1. รังสีไมโครเวฟเกิดขึ้นในช่วงคลื่นความถี่เฉพาะซึ่งอยู่ระหว่างคลื่นวิทยุและคลื่นอินฟราเรด โดยมีความยาวคลื่นประมาณ 0.025-0.75 เมตร ในขณะที่ความร้อนจากการแผ่รังสีความร้อนมีช่วงความถี่คลื่นกว้างกว่า คือความยาวของคลื่นวิทยุอยู่ในหลักกิโลเมตร และคลื่นอินฟราเรดอยู่ในหลักไมโครเมตร เนื่องจากความถี่คลื่นไมโครเวฟจะใกล้เคียงกับคลื่นวิทยุและซ้อนทับคลื่นเรดาร์ ทำให้เกิดการรบกวนระบบสื่อสารได้ ดังนั้นในสหรัฐอเมริกา จึงมีการจำกัดการใช้คลื่นไมโครเวฟให้อยู่ภายใต้คณะกรรมการการสื่อสารแห่งรัฐ สำหรับการนำคลื่นไมโครเวฟในอาหาร ในสหรัฐอเมริกาอนุญาตให้ใช้ความถี่ 2450 MHz และ 915 MHz ในขณะที่ในยุโรปอาจมีการใช้คลื่นความถี่ 896 MHz ด้วย
2. ความลึกของการทะลุทะลวงเข้าไปในอาหารเกี่ยวข้องโดยตรงกับความถี่คลื่น คลื่นไมโครเวฟซึ่งมีความถี่ต่ำกว่าจึงสามารถทะลุทะลวงเข้าไปในอาหารได้ลึกกว่าคลื่นอินฟราเรด
3. คลื่นไมโครเวฟจะไปเหนี่ยวนำการเสียดสีของโมเลกุลของน้ำทำให้เกิดความร้อน ในขณะที่พลังงานอินฟราเรดทำให้เกิดความร้อนโดยการดูดซับและเปลี่ยนเป็นความร้อน
4. ปริมาณการให้ความร้อนโดยไมโครเวฟอาจกำหนดโดยความชื้นในอาหาร ในขณะที่พลังงานจากการแผ่รังสีอินฟราเรดจะขึ้นอยู่กับลักษณะผิวหน้าและสีของอาหาร
5. ในกรณีที่ใช้รังสีอินฟราเรด ค่าการนำความร้อนของอาหารมีความสำคัญกว่าในกรณีของการใช้คลื่นไมโครเวฟ เนื่องจากพลังงานอินฟราเรดมีอำนาจในการทะลุทะลวงต่ำ การใช้รังสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินฟราเรดในการให้ความร้อนจะทำให้อาหารร้อนที่ผิวเท่านั้น ในขณะที่รังสีไมโครเวฟจะให้ความร้อนทั่วชิ้นอาหาร

6. นิยมใช้คลื่นไมโครเวฟในการถนอมรักษาอาหาร เช่น การกำจัดน้ำ การลวก การพาสเจอร์ไรซ์ ในขณะที่นิยมใช้รังสีอินฟราเรดในการเปลี่ยนแปลงคุณภาพการบริโภคของอาหาร เช่น กลิ่น รส หรือสีผิว

เครื่องให้ความร้อน โดยใช้รังสีความร้อนหรือรังสีอินฟราเรดแบ่งออกเป็นเครื่องให้ความร้อนแบบโลหะทรงกระบอกหรือโลหะแบน เครื่องทำความร้อนเซรามิก หลอดควอทซ์หรือฮาโลเจนซึ่งใช้ฟิลาเมนต์ไฟฟ้า

การประยุกต์ใช้รังสีอินฟราเรดที่สำคัญในอุตสาหกรรมได้แก่ การทำแห้งอาหารที่มีความชื้นต่ำ เช่น ผงโกโก้ แป้ง เมล็ดธัญพืช มอลต์ ผลิตภัณฑ์พาสตาและผงชา ผลิตภัณฑ์จะเคลื่อนที่บนสายพานผ่านเข้าไปในอุโมงค์ภายใต้เครื่องทำความร้อน โดยรังสีที่ติดตั้งเรียงกัน นอกจากนั้นการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งประกอบด้วยพลังงานอินฟราเรดประมาณ 48% ในการตากแห้งนับเป็นวิธีที่สำคัญ ในหลายประเทศ มีการใช้พลังงานจากรังสีความร้อนในเครื่องทำแห้งสุญญากาศ เครื่องทำแห้งแบบถาดและเครื่องทำแห้งแบบระเหิด อย่างไรก็ตามไม่นิยมใช้รังสีอินฟราเรดเพียงอย่างเดียวในการทำแห้ง อาหารแข็งขึ้นๆ เนื่องจากความลึกของการแทรกผ่านความร้อนจำกัด มีการใช้รังสีอินฟราเรดในตู้อบและอย่างรวมทั้งการให้ความร้อนในการบรรจุโดยใช้ฟิล์มหด (*shrink film*)

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

ตารางที่ 2.4 คุณสมบัติของเครื่องแผ่รังสีอินฟราเรด [23]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 การกรอง (Filtration) [17]

การกรองเป็นกรรมวิธีการทำของเหลวให้ใสโดยการกำจัดอนุภาคเล็กๆของของแข็งซึ่งมีความเข้มข้นต่ำ เช่น ไวน์ เบียร์ น้ำมันและน้ำเชื่อม หรือเพื่อแยกของเหลวออกจากของแข็งโดยการกรองเนื้ออาหาร เช่น น้ำผลไม้

เมื่อสารแขวนลอยเคลื่อนที่ผ่านแผ่นกรอง อนุภาคแรกจะถูกจับอยู่ในตัวกลางการกรองเป็นผลให้พื้นที่ที่ของเหลวสามารถเคลื่อนที่ผ่านแผ่นกรองได้ลดลง ดังนั้นความต้านทานการไหลจึงเพิ่มขึ้น จึงต้องมีการเพิ่มความแตกต่างของความดันเพื่อรักษาอัตราการไหลของสารที่กรองได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการคำนวณและการออกแบบ

3.1 แนวความคิดในการออกแบบ

1. ถังหรือภาชนะที่ใช้ในการทำแห้งระบบสุญญากาศต้องทนแรงดันสุญญากาศได้
2. ไบคอนภายในถังสุญญากาศต้องทำให้เนื้อมะพร้าวชูด เกิดการเคลื่อนที่เพื่อเพิ่มการถ่ายเทความร้อนของเนื้อมะพร้าวชูดกันเอง ในถังทำแห้งระบบสุญญากาศ
3. เพลาไบคอนต้องสามารถทนต่อแรงบิดได้
4. ปริมาตรของผลิตภัณฑ์ที่จะทำการทำแห้งระบบสุญญากาศคือ 0.5 kg
5. ต้องเลือกใช้วัสดุ Stainless Steel AISI Grade 304 เป็นวัสดุในการสร้างถังและไบคอน ซึ่งไม่ทำปฏิกิริยากับเนื้อมะพร้าวชูด

3.2 การคำนวณหาขนาดของถังสุญญากาศ[18]

3.2.1 หาปริมาตรของถัง

โดยการนำมะพร้าวชูด 1 kg มาบรรจุในกระป๋องดวงขนาด 1 ลิตร และนำไปแช่ น้ำหนักเป็นจำนวน 3 ครั้งแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยจะได้เท่ากับ 436.81 g หรือเท่ากับ 1 ลิตร

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

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

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

เนื่องจากการหาปริมาตรถังสำหรับ อินฟราเรดฮีทเตอร์ ต้องมีลักษณะเตี้ย เพื่อให้ฮีทเตอร์ใกล้พอกับวัสดุที่ได้รับการถ่ายเทความร้อนได้ ดังนั้นปริมาณเนื้อมะพร้าวชูดต่อปริมาตรถังที่ใช้จึงมีค่าน้อย ในที่นี้ กำหนดค่า ไว้ประมาณ 30%

ดังนั้น ถ้าเนื้อมะพร้าวชูด 30% จะเท่ากับ 1.1445 L

ดังนั้น ปริมาตรของถัง 100% จะเท่ากับ 3.815 L หรือ 3815 cm³

3.2.2 ขนาดถัง

ได้ทำการออกแบบแบบถังน้ำและถังความดันให้มีความสามารถที่จะรองรับน้ำหนักของมะพร้าวชูดได้ประมาณ 0.5 กิโลกรัม ทั้งนี้ถังที่ออกแบบจะต้องสามารถรองรับปริมาตรของมะพร้าวชูด ที่จะใช้ในระบบ

เนื่องจากอินฟราเรดฮีทเตอร์ มีระยะเวลาแผ่รังสีที่สั้น จึงจะสามารถถ่ายเทความร้อนได้ดี โดยทั่วไปในอุตสาหกรรม อินฟราเรดฮีทเตอร์ ขนาดเล็กที่ เลือกใช้นั้นมีระยะเวลาในการแผ่รังสีที่เหมาะสม คือ 15 cm

ดังนั้นถังที่ได้ออกมาจึงมีถังที่มีขนาดพิเศษไม่มีขายตามท้องตลาด จึงต้องทำการสั่งทำพิเศษในการคำนวณหาขนาดของถังมีวิธีการคำนวณดังนี้



จากสูตร

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

เมื่อ r = รัศมีของถัง cm

h = ความสูงของถัง cm

v = ปริมาตรของถังภายใน cm³

$$r = h$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ $V = \pi(h)^2 \times h$ เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V = \pi h^3$$

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

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

$$h \approx 10 \text{ cm}$$

และ กำหนดให้ค่า $r \approx 11 \text{ cm}$

3.2.3 ทหาความหนาของถัง

ค่า Yield strength (σ_y) ของ Stainless Steel AISI Grade 304 มีค่า $205 \text{ Mpa} = 205 \text{ N/mm}^2$ [24]

N = ค่าความปลอดภัย เลือก 5

r_i = รัศมีของถัง 11 cm

P = ผลต่างทางความดันภายในและภายนอกถังซึ่งความดันภายในถึงสูญญากาศ เท่ากับ 0 ความดันภายนอกถึงประมาณเท่ากับ 1 bar หรือ 0.1 N/mm^2

จากสูตร

$$\sigma_{IL} = \frac{Pr_i}{2t} \dots\dots\dots (12)$$

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

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

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสาร เนื่องจาก ทางโรงงานผลิตถัง ไม่มีความหนาที่ดังกล่าวจึงใช้ ความหนาสำหรับ การการค้า
ไม่ว่ากรณีใดก็ตาม Stainless Steel AISI Grade 304 ตามที่องค์การคือ 2 mm ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบใบกวน

3.3.1 รูปร่าง

ในการกวนต้องการให้เนื้อมะพร้าวชูดเกิดการเคลื่อนที่ ทุกส่วนภายในถังเพื่อช่วยในการดูดความชื้นเมื่อทำการสุญญากาศเอาความชื้นออก

3.3.2 การคำนวณหาขนาดเพลลาใบกวน [25]

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

หาขนาดของเพลลา

จากสูตร

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

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

เมื่อ T = โมเมนต์บิด (Nm)

r = รัศมีที่อกกลม (cm)

J = โมเมนต์เฉื่อยเชิงขั้วของพื้นที่

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 d = เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (cm)
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

ค่าความปลอดภัย (N) เท่ากับ 5 [24]

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

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

จากสูตร

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

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

แทนค่าสมการ(14) และสมการ (15) ลงในสมการที่ (13)

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

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

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

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

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

\(\therefore\) เลือกใช้เพลขนาด 20 mm ในการขับใบกวน เนื่องจากต้องใช้ขนาดตามท้องตลาด

3.4 การคำนวณหาค่าลึงซ์บมอเตอร์ [25]

จากสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ $P = \frac{2\pi nT}{60}$ การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาต (16) นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $r =$ รัศมีของถังภายใน = 11 cm หรือ 0.11 m

$n =$ ความเร็วรอบ (200รอบ/นาที)

$T =$ แรงบิด

หา T

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

$$T = 0.54\text{ N.m}$$

หา P

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

$$P = 11.34\text{ N.m/s หรือ } 11.34\text{ W}$$

$$\text{เทียบ } \frac{11.34\text{ W}}{746\text{ W}} = 1\text{ HP}$$

$$11.34\text{ W} = 0.015\text{ HP}$$

∴ เลือกใช้มอเตอร์ขนาด 1/4 แรงม้า เป็นขั้นต่ำเมื่อใช้ในการกวนเนื้อมะพร้าวชูด

3.5 การคำนวณหาขนาดของอินฟราเรดฮีตเตอร์ที่ใช้ทำแห้งเนื้อมะพร้าวชูด [26]

จากสูตร ภาระความร้อนของเนื้อมะพร้าวชูด = (ความร้อนที่ได้จากอินฟราเรดฮีตเตอร์) - (ความร้อนสูญเสียจากผนังรอบ)(17)

3.5.1 หาภาระความร้อนที่ใช้เพิ่มอุณหภูมิของเนื้อมะพร้าวชูด

จากสูตร

$$Q = mC\Delta T \text{ (18)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสาร $Q =$ ค่าความร้อน (kJ) งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

m = มวลของเนื้อมะพร้าวชูด (kg)

C = ความจุความร้อนจำเพาะของเนื้อมะพร้าวชูด ($\text{kJ}/\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}$) [27]

ΔT = อุณหภูมิเพิ่มขึ้น (ถึงอุณหภูมิที่ต้องการ) ($^{\circ}\text{C}$)

แทนค่า น้ำหนักของเนื้อมะพร้าวชูด 0.5 kg ความจุความร้อนจำเพาะของเนื้อมะพร้าวชูด

$2.85\text{kJ}/\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}$ อุณหภูมิห้องปกติ 25°C อุณหภูมิที่ต้องการ 65°C

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

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

เมื่อต้องการทราบ Power (W) ที่ต้องการให้เนื้อมะพร้าวชูดมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ โดยใช้เวลา 1 นาที คิดเป็น $1 \times 60 = 60$ วินาที ดังนั้นค่า Power (W) มีค่าเท่ากับ

$$\left(\frac{42.75 \times 1000}{60} \right) = 712.5 \text{ W}$$

3.5.2 ความร้อนสูญเสียที่ผนังรอบ

จากสูตร

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

เมื่อ Q = อัตราการถ่ายเทความร้อน (W)

A = พื้นที่ผิวของผนังที่มีการถ่ายเทความร้อน (m^2)

U = สัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนทั้งหมด = $14.2 \text{ (W}/\text{m}^2\text{K)}$ [28]

ΔT = ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างผิว (K)

การทำพื้นที่ผิวของผนังที่มีการถ่ายเทความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดจากสูตร อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

เมื่อ $A =$ พื้นที่ผิวที่ใช้ในการถ่ายเทความร้อน (m^2)

$r =$ รัศมีภายนอก (m)

$h =$ ความสูงของถังภายนอก (m)

แทนค่า $r = 0.11 (m)$ $h = 0.10 (m)$

$$A = (2 \times \pi \times 0.11) \times (0.10)$$

$$A = 0.0691 m^2$$

การหา ΔT

อุณหภูมิภายนอกถึง $25^\circ C$ และอุณหภูมิภายในถึง ประมาณ $65^\circ C$ ดังนั้น ΔT จึงมี
ค่าเท่ากับ $80 - 25 = 40^\circ C$

แทนค่า $U = 1.290 W/m^2 K$ $A = 0.0691 m^2$ $\Delta T = 55^\circ C$

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

$$Q = 39.25 W$$

ดังนั้นความร้อนสูญเสียที่ผนังรอบถัง มีค่าเท่ากับ Power $39.25 W$

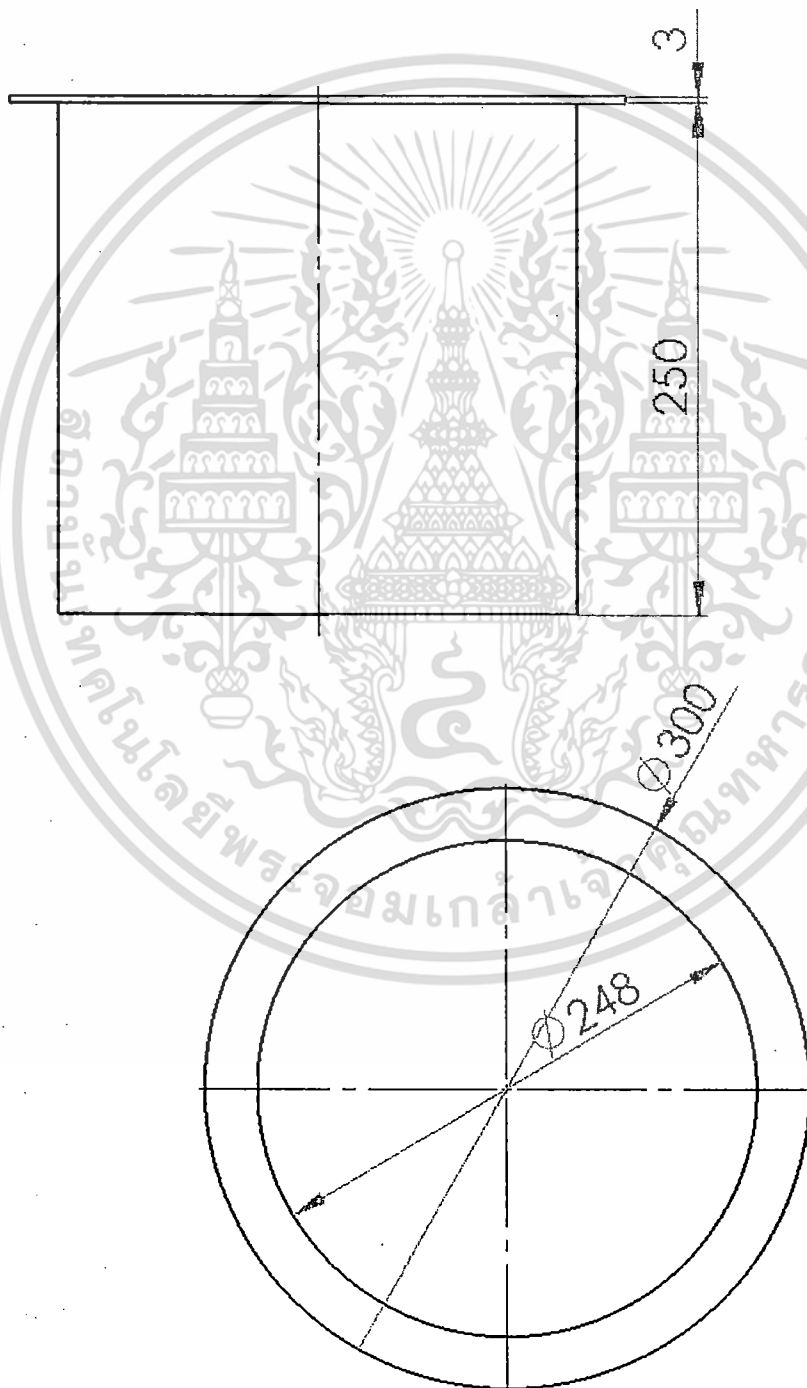
นำค่า กำลังไฟฟ้า ทั้ง 2 ค่า มาเลือกอินฟราเรดฮีทเตอร์ จากสมการที่ 17

แทนค่า ได้ กำลังไฟฟ้าของอินฟราเรดฮีทเตอร์ เท่ากับ 752 วัตต์ ซึ่งไม่มีขาย ตามทั่วไป จึงใช้

ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ขนาด 800 วัตต์

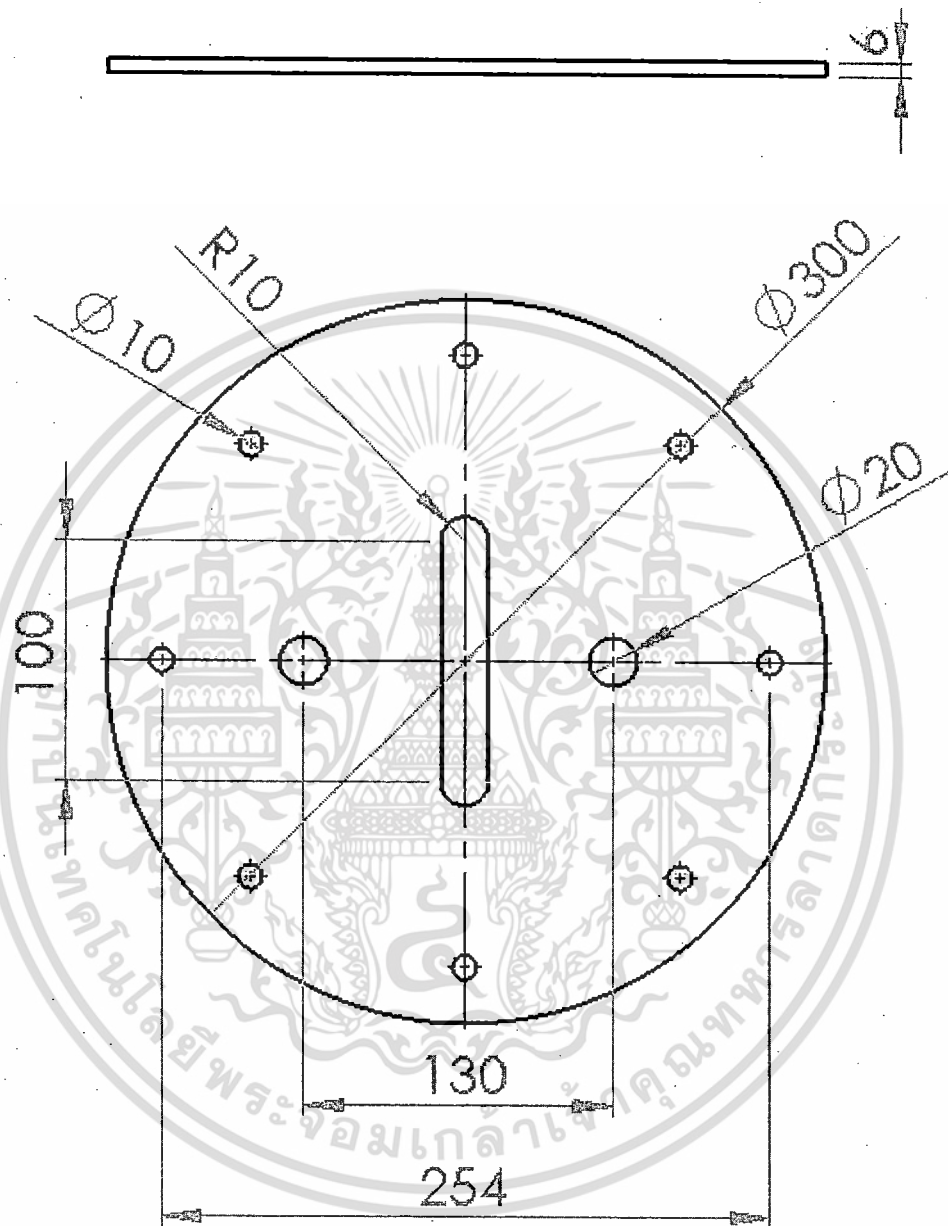
3.6 แบบส่วนประกอบของ เครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวระบบอินฟราเรดและ สูญญากาศ

3.6.1 แบบ ถัง หน่วย mm



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อข้อมูลเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 3.1 แบบ ถัง
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

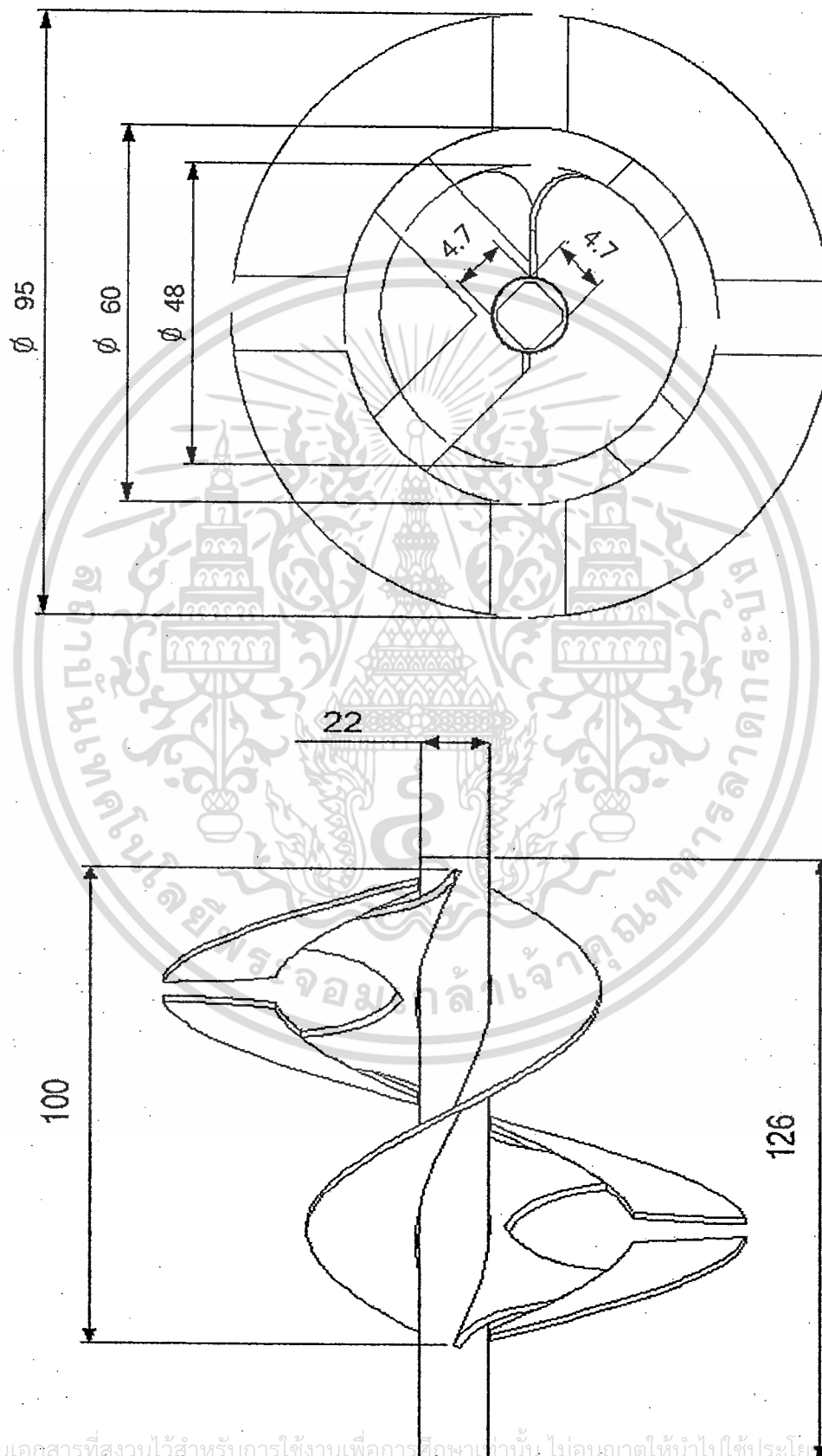
3.6.2 แบบ ฝาถัง หน่วย mm



รูปที่ 3.2 แบบ ฝา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.3 แบบ ใบกวน หน่วย mm

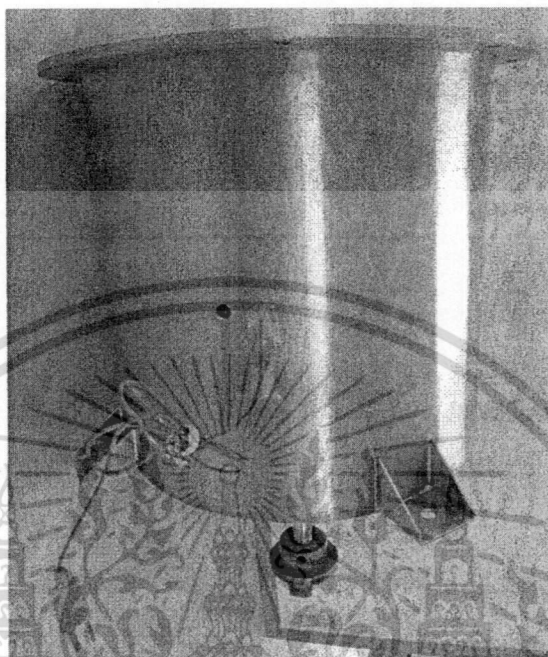


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่สามารถนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องแจ้งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.3 แบบ ใบกวน

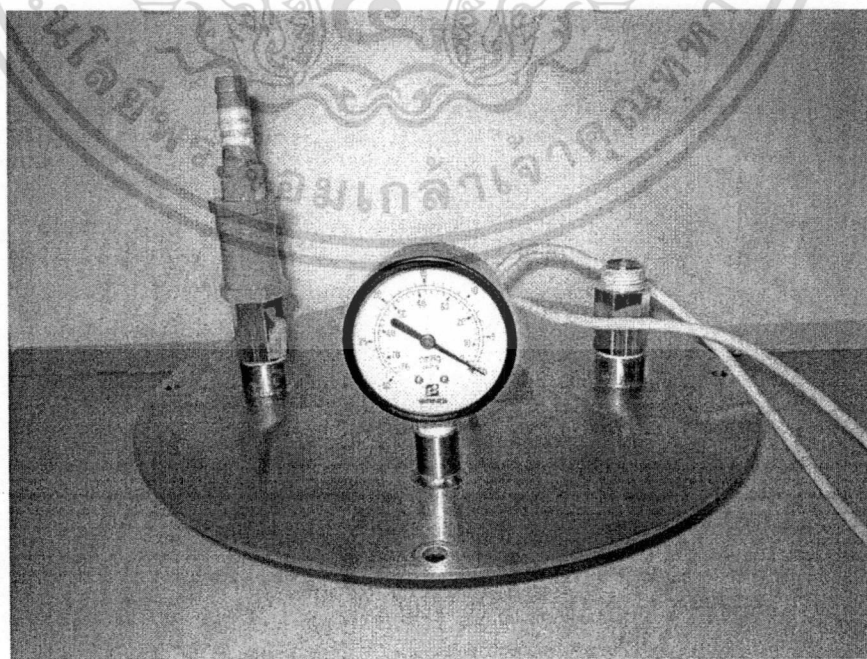
3.7 ส่วนประกอบของ เครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวชุดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ

3.7.1 ถัง



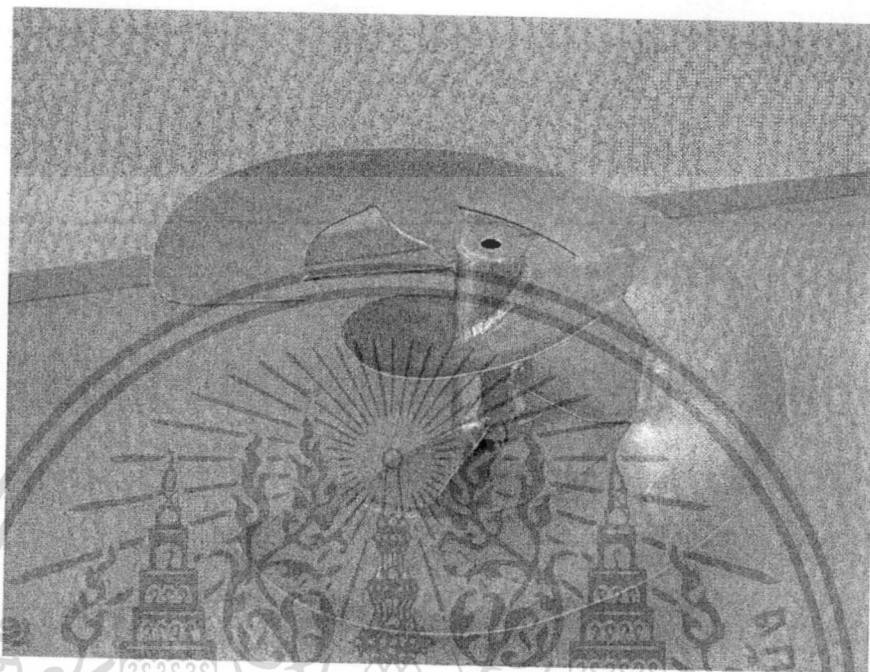
รูปที่ 3.6 ถัง

3.7.2 ฝาถัง



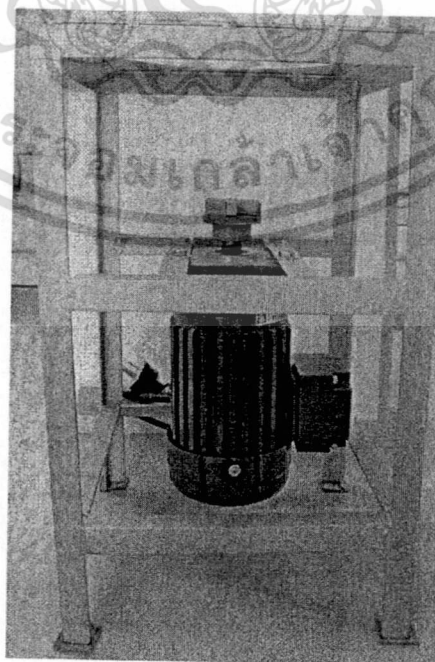
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา **รูปที่ 3.7 ฝาถัง**เจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.3 ไบกวน โดยไบกวนจะต่อเข้ากับมอเตอร์



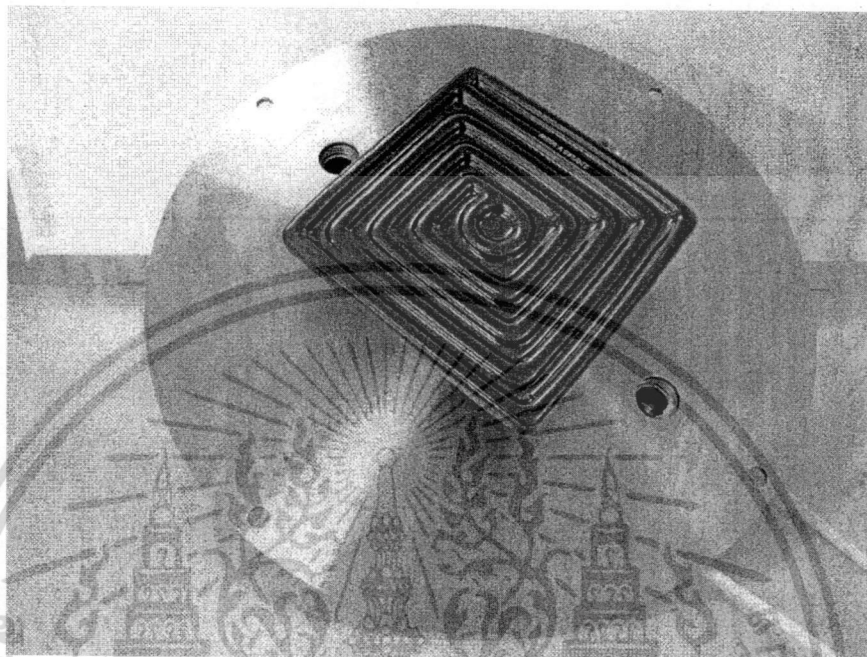
รูปที่ 3.8 ไบกวน

3.7.4 มอเตอร์และชุดขาตั้ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา **รูปที่ 3.9 มอเตอร์** ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.5 อินฟราเรดฮีเตอร์ติดกับฝาถัง



รูปที่ 3.10 ฮีเตอร์

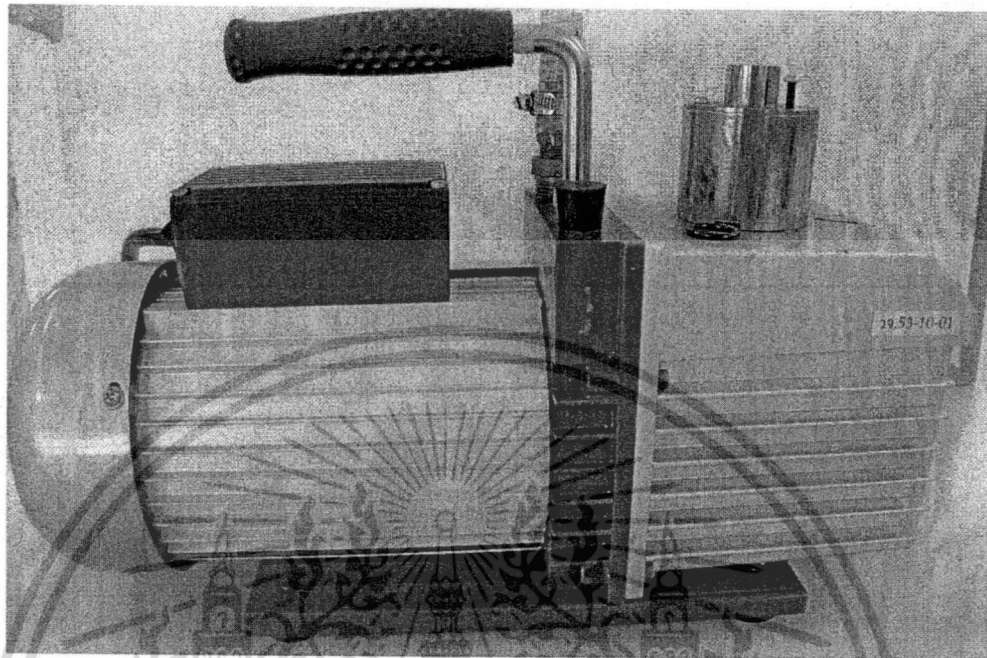
3.7.6 เครื่องควบคุมอุณหภูมิ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงแก้ไข และแจ้งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

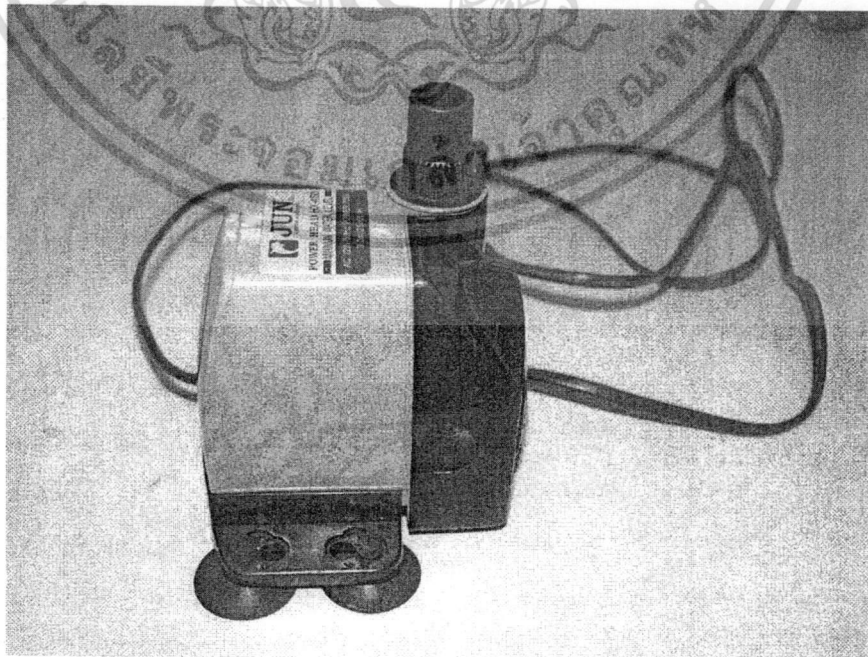
รูปที่ 3.11 เครื่องควบคุมอุณหภูมิ

3.7.7 ปีมสูญญากาศ



รูปที่ 3.12 ปีมสูญญากาศ

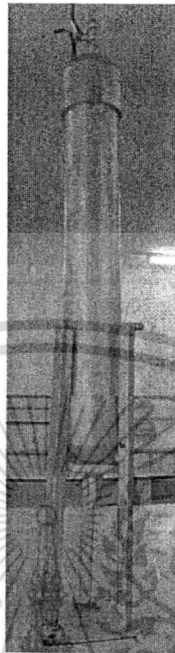
3.7.8 ปีมน้ำ



รูปที่ 3.13 ปีมน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.9 ชุดแลกเปลี่ยนความร้อน



รูปที่ 3.14 ชุดแลกเปลี่ยนความร้อน

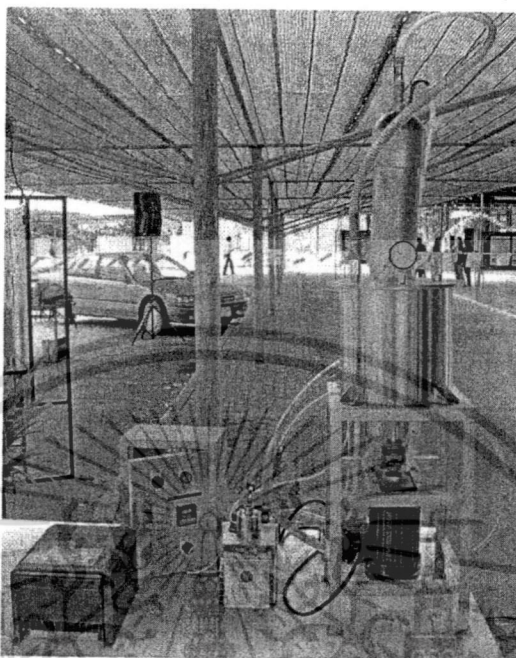
3.7.10 อินเวอร์เตอร์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ผู้ใดแปลงเนื้อหาและข้อมูลข้างต้นลงเอกสารหรือสื่อใดๆที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.15 อินเวอร์เตอร์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์

3.7.11 เครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวชุดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ



รูปที่ 3.16 เครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวชุดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

4.1 การทดสอบสมรรถนะ

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวชุดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ การทดลองได้ทดสอบที่ความดันสุญญากาศคงที่ ประมาณ 200 mmHg ตั้งเครื่องควบคุมอุณหภูมิ 2 ระดับ ได้แก่ 55°C และ 65 °C และใช้เวลาในการทำแห้ง 3 ระดับ ได้แก่ 45, 60 และ 90 นาที และสามารถเปลี่ยนความเร็วรอบได้ 2 ระดับ ได้แก่ 100 และ 200 rpm การทดลองทำทั้งหมด 3 ซ้ำ

4.2 วัสดุ

1. เนื้อมะพร้าวคุดใหม่ จากตลาดหัวตะเข้
2. น้ำแข็งก้อน

4.3 อุปกรณ์

1. เครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวชุดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ 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
7. ผ้าขาวบาง จำนวน 1 ผืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. แคลมป์มิเตอร์ (322 Fluke, USA)
9. เครื่องชั่ง (UWE Model MFA ไม่เกิน 60 kg TAIWAN)
10. เครื่องชั่งน้ำหนัก (OHAUS Model AR2140 Adventure USA)
11. เครื่องกรองสุญญากาศ

4.4 วิธีการทดลอง

1. ติดตั้งเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวชุดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ และอุปกรณ์ส่วนควบ
2. นำเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวชุดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศวางบนตาชั่ง
3. ชั่งน้ำหนักเนื้อมะพร้าวชุด และบันทึกผล
4. สุ่มตัวอย่าง เนื้อมะพร้าวชุด จำนวน 3 ตัวอย่าง ชั่งน้ำหนักและบันทึกผล
5. นำตัวอย่างเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 80 °C และบันทึกเวลา
6. นำเนื้อมะพร้าวชุดใส่ลงในถังภายใน จากนั้นปิดฝา
7. ตั้งค่าอินเวอร์เตอร์เพื่อปรับความเร็วรอบและ ตั้งค่าฮีทเตอร์เพื่อปรับอุณหภูมิ
8. เปิดปั๊มสุญญากาศ, เปิดมอเตอร์ที่ตั้งความเร็วรอบด้วยอินเวอร์เตอร์, เปิดเครื่องควบคุมอุณหภูมิฮีทเตอร์ และเปิดปั๊มน้ำ
9. บันทึกค่า อุณหภูมิภายในถัง 2 ตำแหน่ง ได้แก่ ด้านบน และด้านล่างภายในถัง, บันทึกน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไปของเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวชุดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ, บันทึกค่ากระแสไฟฟ้าของเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวชุดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศและอุปกรณ์ที่ใช้ทั้งหมด ตามเวลาที่เปลี่ยนแปลง จนกระทั่งถึงเวลาในการทำแห้งที่ต้องการ
10. สุ่มตัวอย่าง เนื้อมะพร้าวชุดหลังทำแห้ง จำนวน 3 ตัวอย่าง ชั่งน้ำหนักและบันทึกผล
11. นำตัวอย่างเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 80 °C และบันทึกเวลา
12. นำเนื้อมะพร้าวชุดที่ได้ หนีบด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก จะได้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีลักษณะขุ่น
13. นำน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีลักษณะขุ่น กรองด้วยเครื่องกรองสุญญากาศ
14. ชั่งน้ำหนัก น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ได้ และบันทึกผลการทดลอง

4.5 การวัดความชื้นวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น **4.5.1 วัสดุ** ให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. มะพร้าวขูด

4.5.2 อุปกรณ์

1. ถาดแก้ว
2. เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล (Shimadzu, BX3000, JAPAN)
3. ตู้อบแห้งแบบลมร้อน (Mettler, USA)

4.5.3 ขั้นตอนในการวัดความชื้น

1. เขียนหมายเลขถาดแก้ว และนำใส่โหลดูดความชื้น
2. นำถาดแก้วชั่งน้ำหนัก และบันทึกค่า
3. นำเนื้อมะพร้าวขูดที่สุมตัวอย่าง มาชั่งน้ำหนักและบันทึกค่า และเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 80 °C
4. เมื่อครบ 3 วัน จึงนำตัวอย่างออกจากตู้ทำแห้ง ใส่โหลดูดความชื้น ทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นชั่งน้ำหนัก และบันทึกค่า
5. นำเข้าตู้ทำแห้ง อีก 1 วัน จากนั้นทำซ้ำข้อ 4 จนน้ำหนักที่ชั่งหลังอบครบ 3 ครั้ง
6. จากนั้นนำค่ามาคำนวณเพื่อ หาความชื้นของเนื้อมะพร้าวขูดก่อนทำแห้งและหลังทำแห้ง

4.6 ผลการทดลองที่เหมาะสมเพื่อการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ณ สภาวะต่างๆ

จากการทดลองของเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ ณ สภาวะต่างๆ ดังตารางที่ 4.1 แสดงถึง สภาวะที่เหมาะสมต่อเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ เพื่อการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ คือ ความเร็วรอบที่เหมาะสม 200 rpm และ เวลาในการทำแห้งที่เหมาะสม 90 นาที

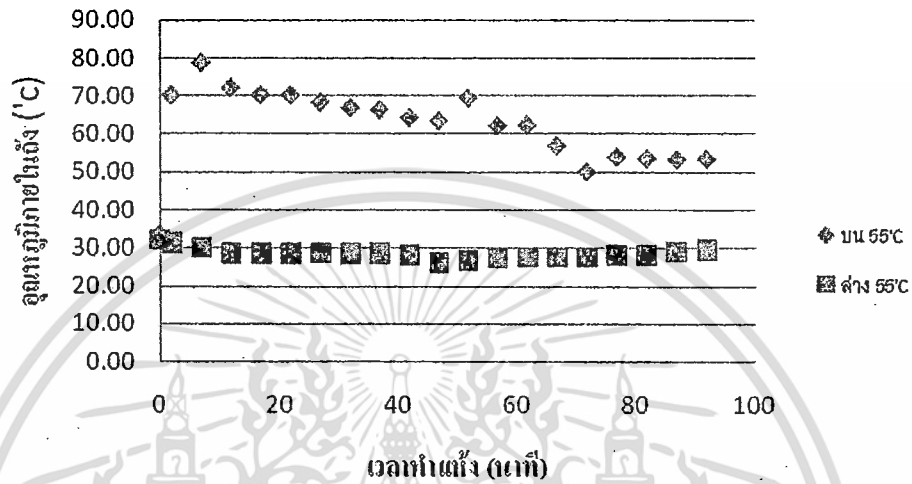
เวลาในการทำแห้ง (นาที)	ความเร็วรอบ 100 rpm		ความเร็วรอบ 200 rpm	
	อุณหภูมิ 55 °C	อุณหภูมิ 65 °C	อุณหภูมิ 55 °C	อุณหภูมิ 65 °C
45	-	-	ไม่ได้	ไม่ได้
60	-	-	ไม่ได้	ไม่ได้
90	ไม่ได้	ไม่ได้	ได้	ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น เมื่อคัดลอกไปใช้ขงประโยชน์ด้านการศึกษาไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองที่ได้ ณ สภาวะต่างๆของเครื่อง

4.7 ผลการวัดอุณหภูมิเมื่อเทียบกับเวลาของอากาศภายในถังของเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวชุดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ

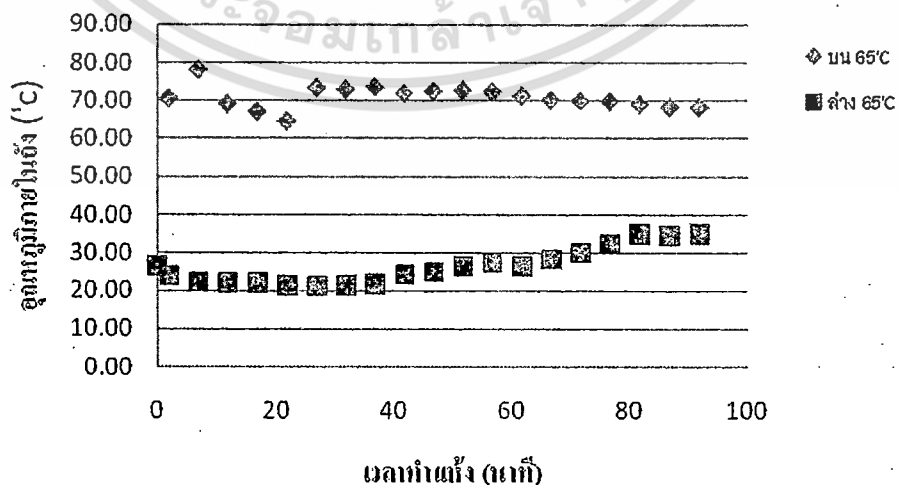
4.7.1 อุณหภูมิ 55 °C เวลาในการทำแห้ง 90 นาที ความเร็วรอบ 200 rpm



รูปที่ 4.1 อุณหภูมิ 55 °C เวลาในการทำแห้ง 90 นาที ความเร็วรอบ 200 rpm

จากรูปที่ 4.1 แสดงถึงอุณหภูมิเหนือเนื้อมะพร้าวชุดมีอุณหภูมิสูงและมีแนวโน้มลดลงเมื่อเวลาผ่านไปเพราะภายในถังเป็นภาวะสุญญากาศที่มีความดันต่ำทำให้อุณหภูมิภายในลดลง และอุณหภูมิก็นิ่ง อยู่ในช่วง 30 °C เพราะ ก็นิ่ง ความร้อนจากการแผ่รังสีส่งไปไม่ถึง

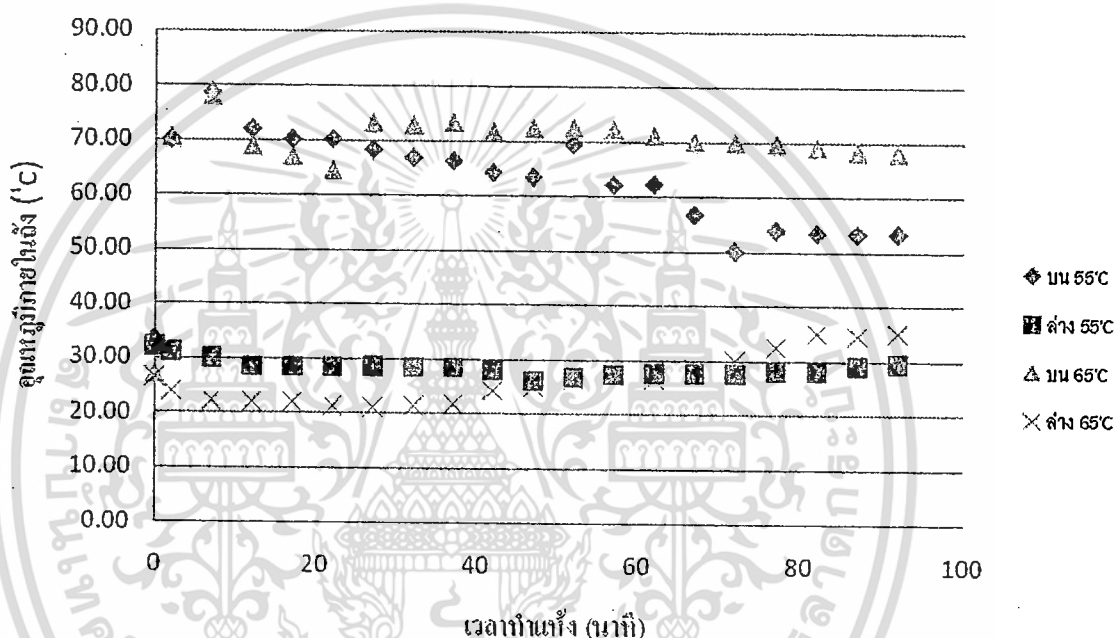
4.7.2 อุณหภูมิ 65 °C เวลาในการทำแห้ง 90 นาที ความเร็วรอบ 200 rpm



รูปที่ 4.2 อุณหภูมิ 65 °C เวลาในการทำแห้ง 90 นาที ความเร็วรอบ 200 rpm

จากรูป แสดงถึง อุณหภูมิเนื้อเนื้อมะพร้าวชูดที่มีแนวโน้มคงที่ ที่ 70°C เพราะระดับ อุณหภูมิอากาศกับอุณหภูมิจากอินฟราเรดฮีทเตอร์ ส่งค่าความร้อนที่มีค่ามากกว่าความดันต่ำ ได้ ดีกว่ารูปที่ผ่านมา และอุณหภูมิก็นั่ง มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป เพราะ อุณหภูมิของ อินฟราเรดฮีทเตอร์มีค่าสูงพอที่ส่งถึงกันถึง

4.7.3 เปรียบเทียบอุณหภูมิ 55°C และอุณหภูมิ 65°C เวลา ที่เวลาในการทำแห้ง 90 นาที ความเร็วรอบ 200 rpm



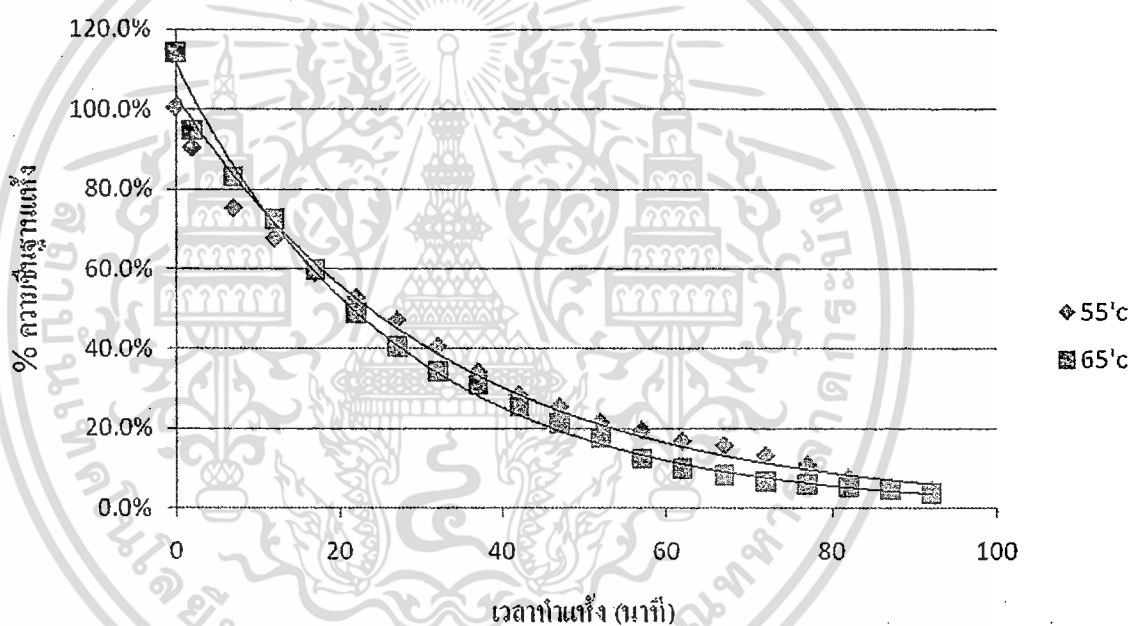
รูปที่ 4.3 การเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิ 55°C และอุณหภูมิ 65°C เวลา ที่เวลาในการทำแห้ง 90 นาที ความเร็วรอบ 200 rpm

จากรูปที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบ อุณหภูมิเนื้อเนื้อมะพร้าวชูด ที่ 55°C มีแนวโน้ม ลดลงแต่ 65°C มีแนวโน้มคงที่ ที่ต่างกัน เพราะ อุณหภูมิ 65°C เป็นอุณหภูมิที่มีค่ามากกว่า 55°C ดังนั้นการส่งรังสีความร้อนเพื่อให้เกิดพลังงานความร้อนจึงมากกว่า ซึ่งพลังงานความร้อนที่ มากกว่านี้เองทำให้ อุณหภูมิเนื้อเนื้อมะพร้าวชูดสามารถรักษาระดับอุณหภูมิให้อยู่ในระดับ 70°C ไว้ได้ แม้ว่าความดันภายในถังจะมีความดันต่ำถึง 30 mmHg ซึ่งแตกต่างกับ อุณหภูมิที่ 55°C ที่ค่าพลังงานจากการแผ่รังสีความร้อนมีค่าน้อยจนไม่สามารถรักษาระดับอุณหภูมิไว้ได้ เมื่อใช้ความดันต่ำที่มีค่าเช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และอุณหภูมิกันถึงที่ 65°C มีการแผ่รังสีความร้อนที่มากกว่า 55°C ส่งผลต่อการระเหยของน้ำในเนื้อมะพร้าวชูดได้มากกว่า ทำให้น้ำในเนื้อมะพร้าวชูด(ความชื้น) ลดลงมาก ผลลัพธ์คือ อุณหภูมิกันถึงที่ 65°C มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป เนื่องจากน้ำออกจากเนื้อมะพร้าวชูดมาก ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอน้อยลง แต่ความร้อนสัมผัสเพิ่มขึ้น แต่อุณหภูมิกันถึงที่ 55°C ยังมีแนวโน้มคงที่ เพราะน้ำในเนื้อมะพร้าวชูดยังค้างอยู่ในมะพร้าวชูดอยู่มากจนเมื่อวัดอุณหภูมิ อุณหภูมิกันถึงจึงอยู่ในระดับคงที่

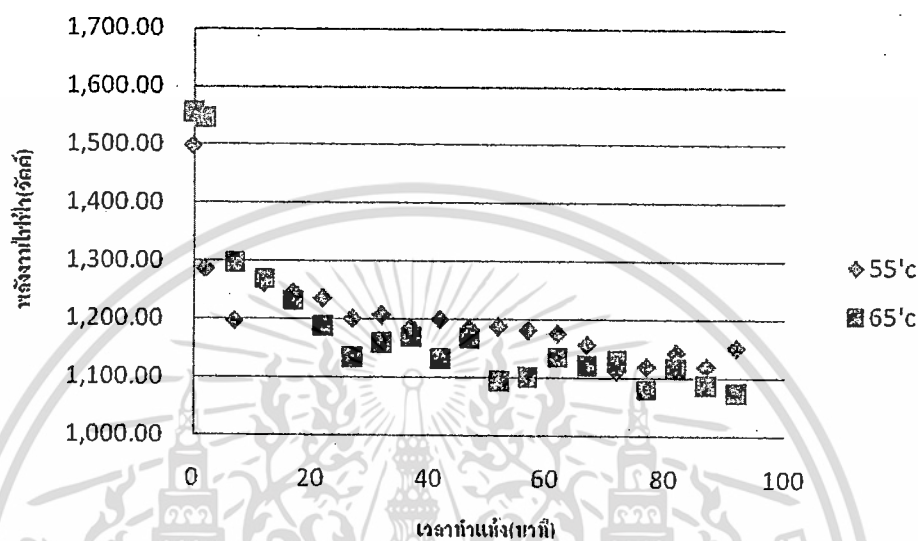
4.8 ผลการวัดความชื้นฐานแห้งเมื่อเทียบกับเวลาของเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวชูดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่าง เปอร์เซนต์ความชื้นฐานแห้งของเนื้อมะพร้าวชูดกับเวลา

จากรูปที่ 4.4 แสดง เปอร์เซนต์ความชื้นฐานแห้งของ เครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวชูดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ ที่มีการตั้งอุณหภูมิ 65°C และ 55°C ที่ความเร็วรอบใบกวน 200 rpm และใช้เวลาในการทำแห้ง 90 นาที โดยแนวโน้มของเปอร์เซนต์ความชื้นฐานแห้งของ การตั้งอุณหภูมิ 65°C ลดลงเร็วกว่า เปอร์เซนต์ความชื้นฐานแห้งของ การตั้งอุณหภูมิ 55°C ทั้งนี้ เพราะ อุณหภูมิที่ตั้งไว้มากกว่า ทำให้พลังงานความร้อน ส่งผลต่อน้ำในเนื้อมะพร้าวชูดระเหยได้เร็วกว่า ที่ความดันต่ำเท่าๆ

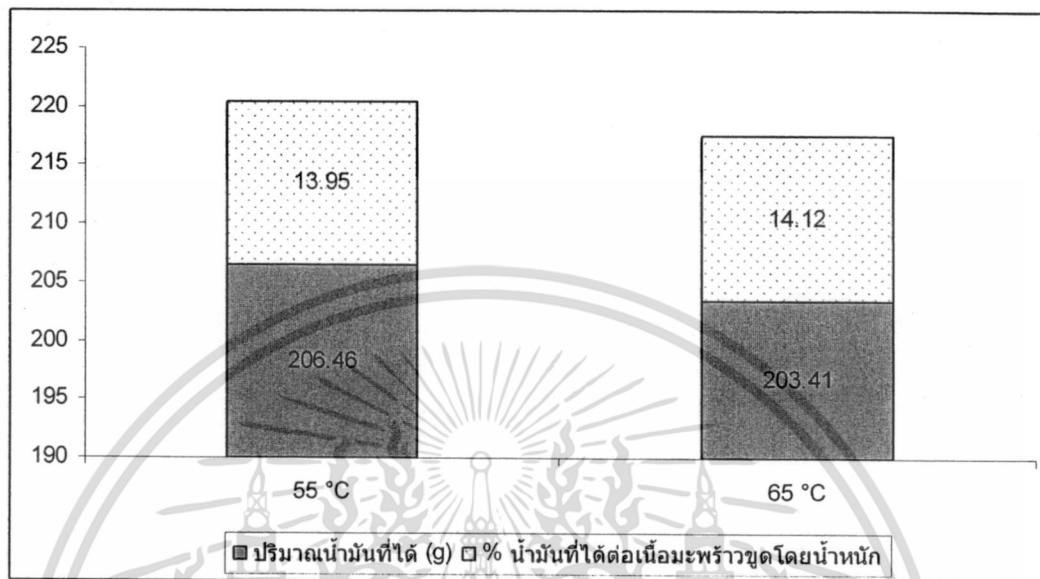
4.9 ผลการวัด กำลังไฟฟ้าที่ใช้เมื่อเทียบกับเวลาในการทดลองของเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวชุดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่าง กำลังไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่องทำแห้งและอุปกรณ์ส่วนควบเวลา

การใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวชุดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ ที่มีการตั้งอุณหภูมิ 65°C และ 55°C ที่ความเร็วรอบใบกวน 200 rpm และใช้เวลาในการทำแห้ง 90 นาที นั้นมีแนวโน้มลดลงเมื่อเวลาการทำแห้งผ่านไป เพราะว่า น้ำในเนื้อมะพร้าวชุดในช่วงแรกของการทำแห้งมีมากจึงต้องใช้กำลังไฟฟ้าสูง เพื่อให้ไน้ระเหยออกจากเนื้อมะพร้าวชุดได้ และเมื่อเวลาผ่านไป น้ำในเนื้อมะพร้าวชุดน้อยลง กำลังไฟฟ้าที่ใช้จึงลดลง ตามปริมาณน้ำในเนื้อมะพร้าวชุดที่ลดลง ถึงแม้ น้ำในเนื้อมะพร้าวชุดจะน้อยลง น้ำในเนื้อมะพร้าวชุดระเหยยากขึ้น จึงส่งผลให้กราฟที่ได้ มีแนวโน้มลดลงทีละน้อย

4.10 ผลการวัด ปริมาณน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ณ สถานะต่างๆ



รูปที่ 4.6 ปริมาณน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ได้จากการทำ 3 ชั่วโมง และ เปอร์เซ็นต์น้ำหนักของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ต่อน้ำหนักมะพร้าวขูด

จากรูปที่ 4.6 แสดงปริมาณน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ได้ เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ต่อน้ำหนักมะพร้าวขูด พบว่า การทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูด ที่สถานะเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ ที่มีการตั้งอุณหภูมิ 65 °C และ 55 °C ที่ความเร็วรอบใบกวน 200 rpm และใช้เวลาในการทำแห้ง 90 นาที ให้ค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ต่อน้ำหนักมะพร้าวขูด ที่ใกล้เคียงกัน คือ 13.95 และ 14.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

บทที่ 5

สรุป

5.1 สรุป

การทดสอบสมรรถนะของสภาวะ เครื่องทำแห้งน้ำมันมะพร้าวชุดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ สุญญากาศ ที่มีการตั้งอุณหภูมิ 55 °C และ 65 °C ที่ความเร็วรอบใบกวน 100 และ 200 rpm และใช้เวลาในการทำแห้ง 45, 60 และ 90 นาที ได้สภาวะที่เหมาะสม สำหรับการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ที่สภาวะ สุญญากาศ ที่มีการตั้งอุณหภูมิ 65 °C และ 55 °C ที่ความเร็วรอบใบกวน 200 rpm และใช้เวลาในการทำแห้ง 90 นาที เท่านั้น

จากการทดลอง สุญญากาศ ที่มีการตั้งอุณหภูมิ 55 °C และ 65 °C ที่ความเร็วรอบใบกวน 200 rpm และใช้เวลาในการทำแห้ง 90 นาที เปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานเปียกที่ลดลงเมื่อเวลาทำแห้งผ่านไปนั้น มีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็ว แม้ว่าจะทำที่อุณหภูมิต่ำ ทั้งนี้เป็นเพราะ ความดันภายในถังอยู่ในระดับต่ำ

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ต่อน้ำหนักมะพร้าวชุด ด้วยเครื่องทำแห้งน้ำมันมะพร้าวชุดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ ให้ค่า ประมาณ 14 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ต่อน้ำหนักมะพร้าวชุด

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. เปลี่ยนขนาดของฮีทเตอร์ให้มีกำลังวัตต์มากกว่าที่ใช้ในงานวิจัย เพื่อเพิ่มการแผ่รังสีความร้อน
2. ออกแบบใบกวนใหม่ให้มีการกวนได้ดี เพื่อการถ่ายเทความร้อนระหว่างมะพร้าวชุดได้ดีขึ้น
3. ออกแบบถังใหม่เพื่อการแผ่รังสีได้ดีกว่าแบบถัง เพราะแบบถังมีข้อจำกัดที่ความสูงของตัวถังทำให้ การแผ่รังสีส่งไปถึงก้นถัง ได้ยากถ้าถังมีความสูง

บรรณานุกรม

- [1] ณรงค์ โคมเจลา. 2548. มหัศจรรย์น้ำมันมะพร้าว. วารสารพืชปลูกพื้นเมืองไทย ปีที่1 (ฉบับที่2 – ฉบับพิเศษ เรื่องมะพร้าว)
- [2] ปริมาณการนำเข้า ส่งออก น้ำมันมะพร้าวปี2543-2553, 2553 ศูนย์สถิติการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2549. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปีเพาะปลูก 2549 กรุงเทพมหานคร. <http://www.oae.go.th/statistic/yearbook49/section2/sec2table43.pdf>
- [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. Paper presented at the 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 อัดนโธ. การผลิตน้ำมันมะพร้าวบิเบิ้นคุณภาพสูง. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- [10] S. Mongpraneet, T. Abe, T. Tsurusaki. 2002. Accelerated drying of welsh onion by far infrared radiation under vacuum conditions. Journal of food engineering 55 (2002) p147-156

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [11] Zheng-Wei Cui, Li-Juan Sun, Da-Wen Sun. 2008. Preparation of dry honey by microwave–vacuum drying. *Journal of Food Engineering* 84 (2008) p582–590
- [12] Nurul Asyikin Md Zaki, Ida Idayu Muhamad and Liza Md. Salleh . 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
- [13] Thanit Swasdisevi, Sakamon Devahastin,Poomjai Sa-Adchoma, Somchart Soponronnarit. 2009. Mathematical modeling of combined far-infrared and vacuum drying banana slice. *Journal of Food Engineering* 92 (2009) p100–106
- [14] ชัยวิทย์ ศิวาวัชฌาไนย. 2525. ฟิสิกส์และเทคโนโลยีระบบสุญญากาศ. สงขลา : ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- [15] วิวัฒน์ ตัณฑะพาณิชย์กุล. 2533. คู่มืออุปกรณ์การผลิตในอุตสาหกรรมเคมี. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)
- [16] นายแก่นศักดิ์ พึ่งศักดิ์และคณะ. 2547. “เครื่องผลิตซูปร้าอัตโนมัติ” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [17] เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร ผศ.ดร. วิไล รังสาดทอง พิมพ์ครั้งที่4 กรุงเทพฯ 2547 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ดักซ์แอน์เจอร์นัลพับบลิเคชันจำกัด
- [18] Earle, R. L. .1983. Unit operations in food processing, 2nd edn. Pergamon Press, Oxford.
- [19] Lewis, M.J. .1987. Physical properties of foods and food processing systems. Ellis Horwood, Chichester, West Sussex; VCH, Weinheim.
- [20] สมชาติ โสภณรณฤทธิ์. 2540. การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท

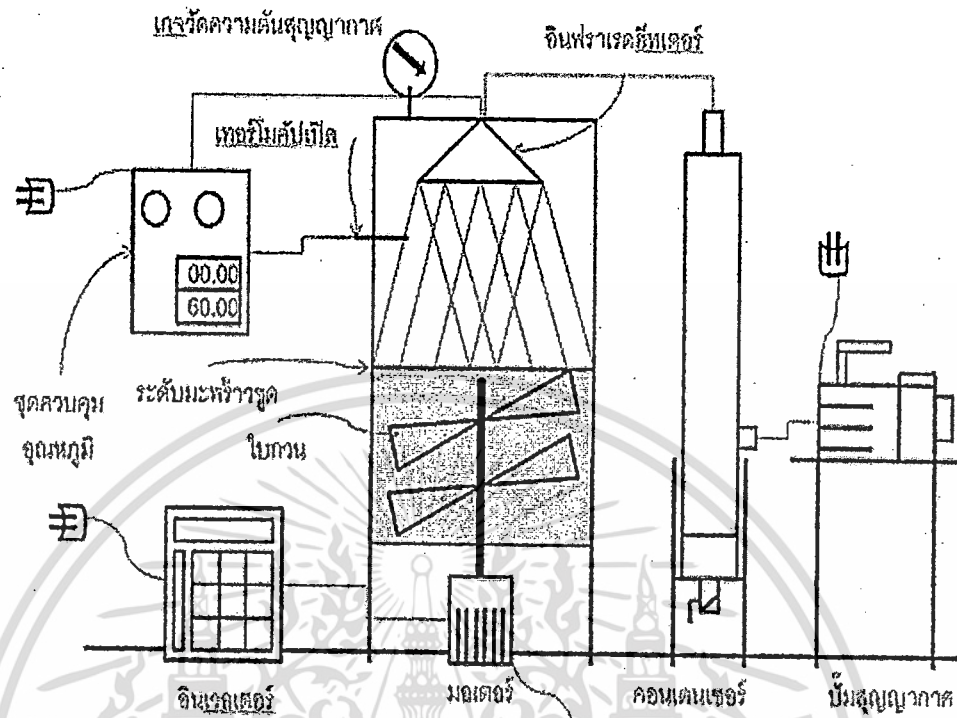
- [21] Anon, 1960. Official and Tentative Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists, 9th ed. Published by the Association of Official Agricultural Chemists, P.O. Box 540, Benjamin Franklin Station, Washington, D.C.
- [22] Handerson, S.M. and R.L. Perry, 1974. Agricultural Process Engineering, 2nd ed, pp 298-299.
- [23] Anon. 1981. The application of infrared heating to industrial processes. British National Committee for Electroheat, 30 Millbank, London SW1P4RD
- [24] SWASTIK FOILS.2005.swastikbrochure.pdf.[Online].
Available:<http://www.swastikfoils.com>
- [25] วรวิทย์ อิงภากรณ์ และ ชาญุ ถนัดงาม.2537.การออกแบบเครื่องจักรกล.เล่มที่ 1 พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ : บริษัท เอช.เอ็น.กรุ๊ป จำกัด
- [26] อัครเดช สิ้นธุภัก. 2532. “การทำความเย็น” กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [27] The Engineering Toolbox. “Food and Foodstuff – Specific Heat Capacities” [Online].
Available: http://www.engineeringtoolbox/specific-heat-capacities-food-d_295.html
- [28] Rough Over all heat transfer coefficients Applied.[Online].
Available:http://www.engineeringtoolbox.com/overall-heat-transfer-coefficients-d_284.html
- [29] Latent Heat of Fusion (water).[Online].
Available:http://en.wikipedia.org/wiki/Latent_heat



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

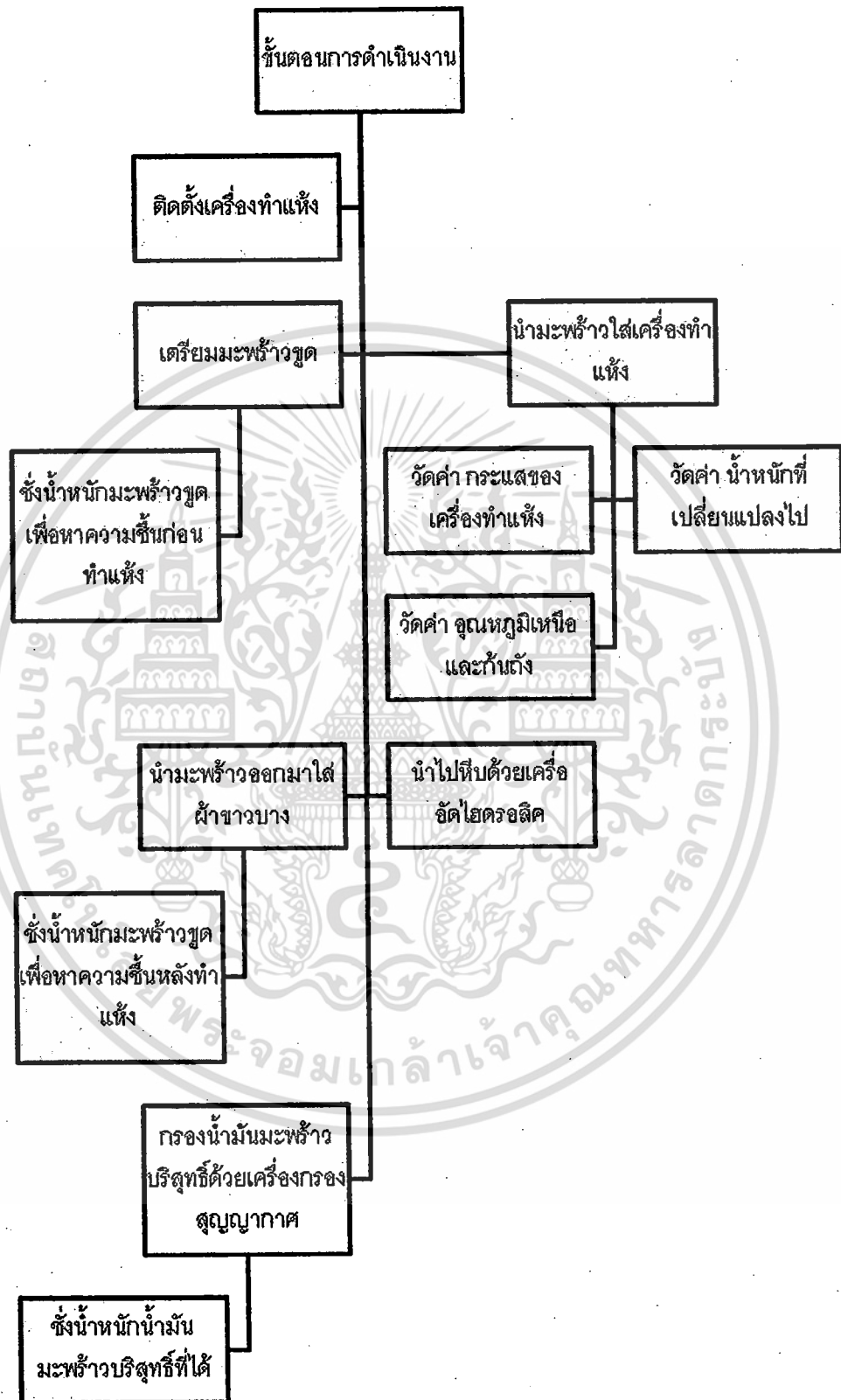


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1 แผนผังระบบของเครื่องทำแท่งเนื้อมะพร้าวหูดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศและอุปกรณ์ส่วนควบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ก2 แผนผังการทดลองของเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชื้นของเนื้อมะพร้าวขูดที่ สภาวะของเครื่องทำแห้ง อุณหภูมิที่ตั้ง 55°C ความเร็วรอบที่ใช้ 200 rpm เวลาทำแห้ง 90 นาที

ครั้งที่	ตัวอย่าง	นน.ถาด+ฝ่า (g)	นน.ถาด+ฝ่า+มะพร้าว ก่อนเข้า ตู้อบแห้ง	นน.ถาด+ฝ่า + มะพร้าวแห้ง 72 hr (g)	นน.ถาด+ฝ่า + มะพร้าวแห้ง เพิ่ม 24 hr (g)	นน.ถาด+ฝ่า + 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%

ความชื้นของเนื้อมะพร้าวชูดที่ สภาวะของเครื่องทำแห้ง อุณหภูมิที่ตั้ง 65 °C ความเร็วรอบที่ใช้ 200 rpm เวลาทำแห้ง 90 นาที

ครั้งที่	ตัวอย่าง	นน.ถาด+ฝา (g)	นน.ถาด+ ฝา+มะพร้าว ก่อนเข้า ตู้อบแห้ง	นน.ถาด+ฝา + มะพร้าว แห้ง 72 hr (g)	นน.ถาด+ฝา + มะพร้าว แห้ง เพิ่ม 24 hr (g)	นน.ถาด+ฝา + มะพร้าว แห้ง เพิ่ม 24 hr (g)	% ความชื้น ฐานเปียก
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%

การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเนื้อมะพร้าวชูด อุดหภูมิ และการใช้กระแสไฟ ตามเวลาทำแห้งที่
สภาวะของเครื่องทำแห้ง อุดหภูมิที่ตั้ง 55°C ความเร็วรอบที่ใช้ 200 rpm เวลาทำแห้ง 90 นาที

ซ้ำที่ 1

เวลา(นาที)	น้ำหนัก มะพร้าวที่ เปลี่ยนแปลง (กก.)	อูดหภูมิ		กระแส (แอมแปร์)
		เนื้อ	กัันดัง	
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
ไม่ว่ากรณีใด ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเนื้อมะพร้าวชูด อุดหนุมิ และการใช้กระแสไฟ ตามเวลาทำแห้งที่
สภาวะของเครื่องทำแห้ง อุดหนุมิที่ตั้ง 55°C ความเร็วรอบที่ใช้ 200 rpm เวลาทำแห้ง 90 นาที

ซ้ำที่ 2

เวลา(นาที)	น้ำหนัก มะพร้าวที่ เปลี่ยนแปลง (กก.)	อุดหนุมิ		กระแส (แอมแปร์)
		เหนื่อ	กั้นตั้ง	
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
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเนื้อมะพร้าวชูด อุดหนุมิ และการใช้กระแสไฟ ตามเวลาทำแห้งที่
สภาวะของเครื่องทำแห้ง อุดหนุมิที่ตั้ง 55°C ความเร็วรอบที่ใช้ 200 rpm เวลาทำแห้ง 90 นาที

ซ้ำที่ 3

เวลา(นาที)	น้ำหนัก มะพร้าวที่ เปลี่ยนแปลง (กก.)	อูดหนุมิ		กระแส (แอมแปร์)
		เหนือ	ก้นถัง	
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
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชื้นฐานเปียกและความชื้นฐานแห้งที่สภาวะของเครื่องทำแห้ง อุณหภูมิที่ตั้ง 55°C

ความเร็วรอบที่ใช้ 200 rpm เวลาทำแห้ง 90 นาที

%ความชื้นฐานเปียก

%ความชื้นฐานแห้ง

เวลาทำแห้ง (นาที)	ซั้1	ซั้2	ซั้3	เฉลี่ย	เวลาทำแห้ง (นาที)	ซั้1	ซั้2	ซั้3	เฉลี่ย
0	52.1	50.2	48	50.1	0	108.8	100.8	92.3	100.6
2	48.3	48.2	46.0	47.5	2	93.4	93.2	85.2	90.6
7	44.5	44.3	40.0	42.9	7	80.2	79.6	66.7	75.5
12	38.8	42.4	40.0	40.4	12	63.4	73.5	66.7	67.8
17	35.0	38.4	38.0	37.1	17	53.8	62.5	61.3	59.2
22	31.2	36.5	36.0	34.6	22	45.3	57.5	56.2	53.0
27	27.4	34.5	34.0	32.0	27	37.7	52.7	51.5	47.3
32	23.6	30.6	32.0	28.7	32	30.9	44.1	47.0	40.7
37	21.7	26.7	28.0	25.5	37	27.7	36.4	38.9	34.3
42	19.8	22.8	24.0	22.2	42	24.7	29.5	31.6	28.6
47	17.9	18.9	24.0	20.2	47	21.8	23.2	31.6	25.5
52	17.9	13.0	22.0	17.6	52	21.8	14.9	28.2	21.6
57	16.0	13.0	20.0	16.3	57	19.0	14.9	25.0	19.6
62	14.1	11.0	18.0	14.4	62	16.4	12.4	21.9	16.9
67	14.1	11.0	16.0	13.7	67	16.4	12.4	19.0	15.9
72	12.2	9.1	14.0	11.7	72	13.9	10.0	16.3	13.4
77	10.3	7.1	12.0	9.8	77	11.5	7.7	13.6	10.9
82	8.4	5.2	8.0	7.2	82	9.1	5.4	8.7	7.8
87	6.5	3.2	6.0	5.2	87	6.9	3.3	6.4	5.5
92	4.6	3.2	6.0	4.6	92	4.8	3.3	6.4	4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเนื้อมะพร้าวชูด อุณหภูมิ และการใช้กระแสไฟ ตามเวลาทำแห้งที่
สถานะของเครื่องทำแห้ง อุณหภูมิที่ตั้ง 65°C ความเร็วรอบที่ใช้ 200 rpm เวลาทำแห้ง 90 นาที

ซ้ำที่ 1

เวลา(นาที)	น้ำหนัก มะพร้าวที่ เปลี่ยนแปลง (กก.)	อุณหภูมิ		กระแส (แอมแปร์)
		เหนือ	ก้นถัง	
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
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเนื้อมะพร้าวหูด อุณหภูมิ และการใช้กระแสไฟ ตามเวลาทำแห้งที่
สภาวะของเครื่องทำแห้ง อุณหภูมิที่ตั้ง 65°C ความเร็วรอบที่ใช้ 200 rpm เวลาทำแห้ง 90 นาที

ซ้ำที่ 2

เวลา(นาที)	น้ำหนัก มะพร้าวที่ เปลี่ยนแปลง (กก.)	อุณหภูมิ		กระแส (แอมแปร์)
		เหนือ	ก้นถัง	
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
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเนื้อมะพร้าวชูด อุณหภูมิ และการใช้กระแสไฟ ตามเวลาทำแห้งที่
สภาวะของเครื่องทำแห้ง อุณหภูมิที่ตั้ง 65°C ความเร็วรอบที่ใช้ 200 rpm เวลาทำแห้ง 90 นาที

ซ้ำที่ 3

เวลา(นาที)	น้ำหนัก มะพร้าวที่ เปลี่ยนแปลง (กก.)	อุณหภูมิ		กระแส (แอมแปร์)
		เหนือ	ก้นถัง	
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
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชื้นฐานเปียกและความชื้นฐานแห้งที่สภาวะของเครื่องทำแห้ง อุณหภูมิที่ตั้ง 65°C

ความเร็วรอบที่ใช้ 200 rpm เวลาทำแห้ง 90 นาที

%ความชื้นฐานเปียก

%ความชื้นฐานแห้ง

เวลาทำแห้ง (นาที)	ชั่วโมงที่ 1	ชั่วโมงที่ 2	ชั่วโมงที่ 3	เฉลี่ย	เวลาทำแห้ง (นาที)	ชั่วโมงที่ 1	ชั่วโมงที่ 2	ชั่วโมงที่ 3	เฉลี่ย
0	52.9	54.4	52.6	53.3	0	112.3	119.3	111.0	114.2
2	48.9	48.6	48.6	48.7	2	95.6	94.4	94.6	94.9
7	46.9	44.7	44.6	45.4	7	88.2	80.8	80.6	83.2
12	42.8	40.8	42.6	42.1	12	74.9	68.9	74.3	72.7
17	36.8	36.9	38.7	37.5	17	58.2	58.5	63.0	59.9
22	32.8	33.0	32.7	32.8	22	48.7	49.3	48.5	48.9
27	28.7	29.1	28.7	28.9	27	40.3	41.1	40.2	40.6
32	26.7	25.2	24.7	25.6	32	36.5	33.8	32.8	34.4
37	24.7	23.3	22.7	23.6	37	32.8	30.4	29.4	30.9
42	20.7	19.4	20.7	20.3	42	26.1	24.1	26.1	25.4
47	16.7	17.5	18.7	17.6	47	20.0	21.2	23.1	21.4
52	14.7	15.5	14.8	15.0	52	17.2	18.4	17.3	17.6
57	10.6	9.7	12.8	11.0	57	11.9	10.7	14.6	12.4
62	8.6	9.7	8.8	9.0	62	9.4	10.7	9.6	9.9
67	8.6	7.8	6.8	7.7	67	9.4	8.4	7.3	8.4
72	6.6	7.8	4.8	6.4	72	7.1	8.4	5.0	6.8
77	6.6	5.8	4.8	5.7	77	7.1	6.2	5.0	6.1
82	4.6	5.8	4.8	5.1	82	4.8	6.2	5.0	5.3
87	4.6	5.8	2.8	4.4	87	4.8	6.2	2.9	4.6
92	4.6	3.9	2.8	3.8	92	4.8	4.0	2.9	3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตร หาค่า กำลังไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวในระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ
คือ

$$P = IVCOS\theta \dots\dots\dots(21)$$

เมื่อ $P =$ กำลังไฟฟ้า (W)

$I =$ กระแสของเครื่องที่ได้มาจากการวัด (A)

$V =$ ความต่างศักย์ มีค่าเท่ากับ 220 V

$COS\theta =$ ค่าพาวเวอร์แฟคเตอร์ของดักที่ทำการทดลอง มีค่าเท่ากับ 0.95

ตัวอย่าง การหาค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่อง

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
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตร การหาพลังงานของน้ำแข็งที่ละลาย ระหว่างการทำแห้งของเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวชุดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ

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

เมื่อ $Q =$ พลังงาน (kJ)

$m =$ มวลของน้ำแข็งที่ละลายกลายเป็นน้ำ (kg)

$L =$ ค่าความร้อนแฝงการละลาย มีค่าเท่ากับ 334 (kJ/kg) [29]

ตัวอย่าง การหาพลังงานที่เกิดจากการละลายของน้ำแข็งกลายเป็นน้ำ

แทนค่า $m = 10$ (kg)

$L = 334$ (kJ/kg)

ลงในสมการที่

$$Q = 10 \times 334$$

$$Q = 3340 \text{ kJ}$$

น้ำแข็งที่ละลายระหว่างการทดลองของทำแห้งของเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวชุดระบบอินฟราเรดและสุญญากาศ

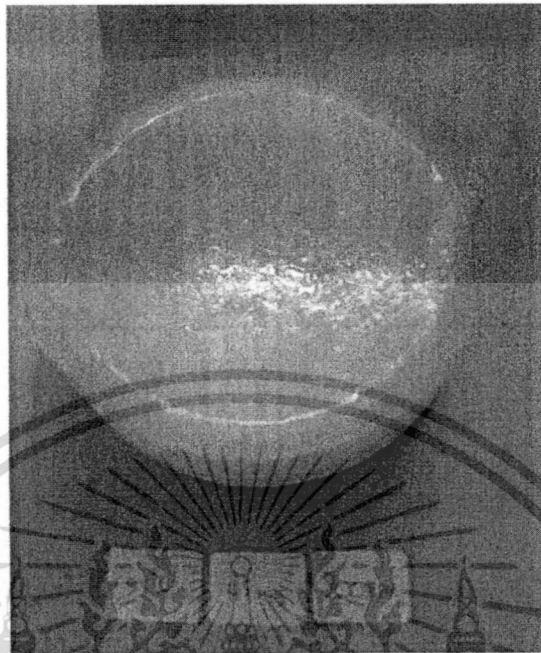
น้ำแข็ง (กก.)	55°c 200 rpm 90 min			65°c 200 rpm 90 min		
ก่อน	21.61	12.97	16.56	16.67	16.67	20.28
หลัง	10.78	2.5	5.62	3.38	3.66	7.812
หลอมละลายไป	10.83	10.47	10.94	13.29	13.01	12.468
พลังงานจากความร้อนแฝงการหลอมละลาย (kJ)	3617.2	3497.0	3654.0	4438.9	4345.3	4164.3

ตารางที่ 1 พลังงานจากความร้อนแฝงการละลายของน้ำแข็งระหว่างการทำแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

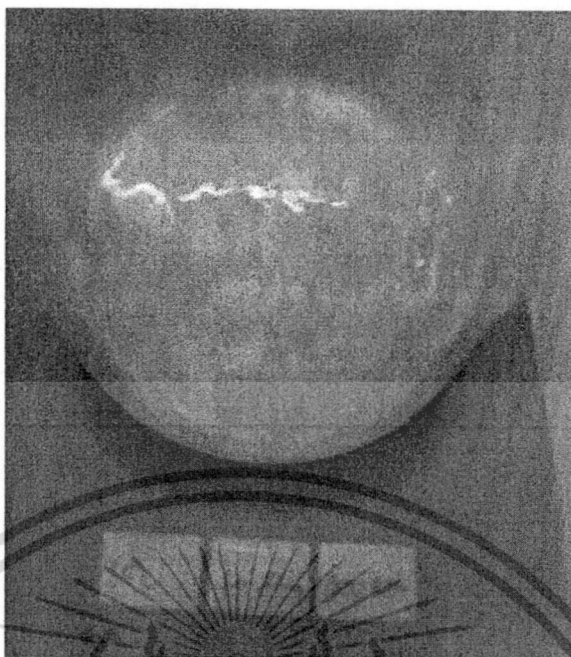


รูปที่ 1 ณ สภาวะ ตั้งอุณหภูมิ 55 °C ความเร็วรอบ 200 rpm เวลาที่ใช้ในการทำแห้ง 45 นาที



รูปที่ 2 ณ สภาวะ ตั้งอุณหภูมิ 55 °C ความเร็วรอบ 200 rpm เวลาที่ใช้ในการทำแห้ง 60 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

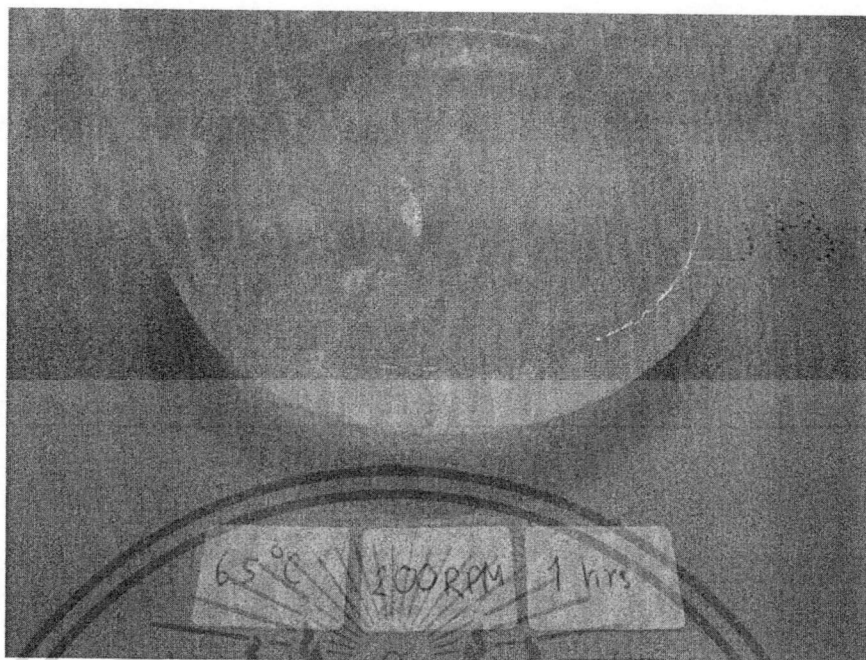


รูปที่ 3 ณ สภาวะ ตั้งอุณหภูมิ 55 °C ความเร็วรอบ 100 rpm เวลาที่ใช้ในการทำแห้ง 90 นาที



รูปที่ 4 ณ สภาวะ ตั้งอุณหภูมิ 65 °C ความเร็วรอบ 200 rpm เวลาที่ใช้ในการทำแห้ง 45 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 ณ สภาวะ ตั้งอุณหภูมิ 65 °C ความเร็วรอบ 200 rpm เวลาที่ใช้ในการทำแห้ง 60 นาที



รูปที่ 6 ณ สภาวะ ตั้งอุณหภูมิ 65 °C ความเร็วรอบ 100 rpm เวลาที่ใช้ในการทำแห้ง 90 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้