# การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการให้ความร้อนโดยใช้รังสีอินฟราเรด สำหรับกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น

# A STUDY OF ELECTRIC INFRARED HEATING OPTIMIZATION FOR A COLD PRESS COCONUT OIL PROCESS


**ภานุกร ทองอินทร์**

PANUKORN THONGIN

**ยูซุฟ มาดมาลียา**

YUSUF MADMALEEYA

**กูฟิตรี ประกอบการคดี**

KUFITREE PRAKOBKARNKADEE


**ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต**

**หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล**

**ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์**

**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**

**วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร**

**ปีการศึกษา 2564**


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการให้ความร้อนโดยใช้รังสีอินฟราเรด สำหรับกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น

# A STUDY OF ELECTRIC INFRARED HEATING OPTIMIZATION FOR A COLD PRESS COCONUT OIL PROCESS


**ภานุกร ทองอินทร์**

PANUKORN THONGIN

**ยูซุฟ มาดมาลียา**

YUSUF MADMALEEYA

**กูฟิตรี ประกอบการคดี**

KUFITREE PRAKOBKARNKADEE


**ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต**

**หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล**

**ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์**

**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**

**วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร**

**ปีการศึกษา 2564**


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# A STUDY OF ELECTRIC INFRARED HEATING OPTIMIZATION FOR A COLD PRESS COCONUT OIL PROCESS

PANUKORN THONGIN
YUSUF MADMALEEYA
KUFITREE PRAKOBKARNKADEE

A PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT
FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING
DEPARTMENT OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
PRINCE OF CHUMPHON
2021

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2022

DEPARTMENT OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

PRINCE OF CHUMPHONE CAMPUS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์**
**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**
**วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร**
**ใบรับรองปริญญานิพนธ์**

---

**หัวข้อปริญญานิพนธ์** การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการให้ความร้อนโดยใช้รังสีอินฟราเรดสำหรับกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น

**PROJECT TITLE** A STUDY OF ELECTRIC INFRARED HEATING OPTIMIZATION FOR A COLD PRESS COCONUT OIL PROCESS

**ชื่อนักศึกษา** นายภานุกร ทองอินทร์ **รหัสนักศึกษา** 61512062
นายยูซุฟ มาดมาลียา **รหัสนักศึกษา** 61512067
นายกูฟิตรี ประกอบการคดี **รหัสนักศึกษา** 61513001

**ปริญญา** วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

**สาขาวิชา** วิศวกรรมเครื่องกล

**อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์** ดร.วิสิทธิ์ เอกวานิช

| คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ | | | ลายมือชื่อ |
|---|---|---|---|
| ผศ.ดร.ปัญญา | แดงวิไลลักษณ์ | กรรมการ | |
| ผศ.ดร.นารถระพี | นาคะวัจนะ | กรรมการ | |
| ผศ.ดร.ปราโมทย์ | กุศล | กรรมการ | |
| ดร.วิสิทธิ์ | เอกวานิช | อาจารย์ที่ปรึกษา | วิสิทธิ์ เอกวานิช |

**วัน/เดือน/ปีที่สอบ** 11 กรกฎาคม 2565 เวลา 13.00 - 16.00น.
**สถานที่สอบ** สอบแบบออนไลน์

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ กุศล)
หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์
วันที่ 11 กรกฎาคม พ.ศ. 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**หัวข้อปริญญานิพนธ์** การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการให้ความร้อนโดยใช้รังสีอินฟราเรดสำหรับกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น

**ชื่อนักศึกษา** นายภานุกร ทองอินทร์ **รหัสประจำตัว** 61512062
นายยูซุฟ มาดมาลียา **รหัสประจำตัว** 61512067
นายกูฟิตรี ประกอบการคดี **รหัสประจำตัว** 61513001

**ปริญญา** วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

**สาขาวิชา** วิศวกรรมเครื่องกล

**อาจารย์ที่ปรึกษา** ดร.วิสิทธิ์ เอกวานิช

**ปริญญานิพนธ์**

## บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น โดยจะใช้วิธีการแผ่รังสีอินฟราเรดในตู้อบความร้อนแบบถาดหมุน ศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการหมักและกระบวนการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด อุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการหมักและการให้ความร้อนโดยใช้รังสีอินฟราเรดประมาณ 33 องศาเซลเซียส และ 55 ถึง 60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ การศึกษาในครั้งนี้ใช้ปริมาณน้ำกะทิ 3 ลิตร จากเครื่องคั้นน้ำกะทิในอัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนักประกอบด้วยเนื้อมะพร้าวสด 2 กิโลกรัมและน้ำ 2 กิโลกรัม ผลการทดลองพบว่า ระยะเวลาที่ใช้ในการแยกชั้นกะทิออกจากน้ำเปรี้ยวในกระบวนการหมักประมาณ 330 นาที และระยะเวลาที่ใช้ในการแยกชั้นน้ำมันมะพร้าว กากกะทิ และน้ำเปรี้ยวในกระบวนการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดประมาณ 240 นาที ส่วนระยะเวลาที่ใช้ในการอบไล่ความชื้นออกจากน้ำมันมะพร้าวในขั้นตอนสุดท้ายด้วยรังสีอินฟราเรด ประมาณ 120 นาที ปริมาณน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิสกัดเย็นประมาณ 1.0076 ลิตร โดยใช้พลังงานไฟฟ้ารวม 0.56 หน่วย ต้นทุนการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิสกัดเย็นประมาณ 101.47 บาทต่อลิตร

**คำสำคัญ**: การผลิตน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น, การหมัก, การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | |
|---|---|---|
| **Project Title** | A STUDY OF ELECTRIC INFRARED HEATING OPTIMIZATION FOR A COLD PRESS COCONUT OIL PROCESS | |
| **Student** | Mr. Panukorn Thongin | **Student ID** 61512062 |
| | Mr. Yusuf Madmaleeya | **Student ID** 61512067 |
| | Mr. Kufitree Prakobkarnkadee | **Student ID** 61513001 |
| **Degree** | Bachelor of Engineering | |
| **Program** | Mechanical Engineering | |
| **Project Advisor** | Dr. Visit Eakvanich | |

## ABSTRACT

The objective of this study was to increase the efficiency of cold-pressed coconut oil production process by electric infrared heating inside the rotary tray drying oven. The fermentation and infrared drying time were investigated. The temperature of fermentation and infrared heating process were 33°C and 55-60°C, respectively. The 3-litre coconut milk, which made of a 1:1 by weight of 2 kg coconut meat and 2 kg water from a coconut milk extracting machine, was used in this study. The results shown that the time required for milk and water separation was 330 minutes in the fermentation process and the time required for coconut oil, curd and acidic water separation was 240 minutes in the infrared heating process. Moreover, the infrared drying time for removing water from coconut oil was 120 minutes in final process. The production of virgin coconut oil using fermentation and infrared heating method extraction was 1.0076 liter and the total electricity final consumption was 0.56 kWh. Therefore, the manufacturing cost of virgin coconut oil was 101.47 Baht per liter.

**Keywords:** Cold-pressed coconut oil, fermentation, infrared heating

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจาก ดร.วิสิทธิ์ เอกวานิช อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ แนวคิด ความรู้ต่างๆ ตลอดจนขั้นตอนและวิธีการในการทำปริญญานิพนธ์อีกทั้งยังต้องขอขอบพระคุณ วิสาหกิจชุมชนทอปกรีนเวอร์จิ้นออยล์ ที่ให้การสนับสนุนวัตถุดิบและข้อมูลต่างๆที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้

บุคคลที่ขาดมิได้คือ บิดา มารดา ผู้มีพระคุณและเป็นที่เคารพรัก ที่คอยให้การสนับสนุนและกำลังใจแก่คณะผู้จัดทำเสมอคณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งและขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ นักศึกษาที่คอยช่วยเหลือแนะนำและสนับสนุนในทุกๆ ด้าน รวมถึงกำลังใจซึ่งทำให้การจัดทำปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงคณะผู้จัดทำหวังว่าปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะมีประโยชน์ไม่มีก็น้อยต่อผู้ที่สนใศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นโดยใช้รังสีอินฟราเรด

ภานุกร ทองอินทร์
ยูซุฟ มาดมาลียา
กูฟิตรี ประกอบการคดี
กรกฎาคม 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อภาษาไทย | I |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | II |
| กิตติกรรมประกาศ | III |
| สารบัญ | IV |
| สารบัญตาราง | VI |
| สารบัญรูป | VII |
| บทที่ 1 บทนำ | |
| 1.1 ที่มาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์ | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์ | 2 |
| 1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์ | 2 |
| 1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน | 3 |
| 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 3 |
| บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | |
| 2.1 มะพร้าว | 4 |
| 2.2 ประวัติมะพร้าวลูกผสมสามทางพันธุ์ชุมพร | 5 |
| 2.3 ประโยชน์ของมะพร้าว | 7 |
| 2.4 น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ | 10 |
| 2.5 องค์ประกอบของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ | 14 |
| 2.6 การผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ | 16 |
| 2.7 ข้อมูลทางโภชนาการ | 22 |
| 2.8 ประโยชน์ต่อสุขภาพของน้ำมันมะพร้าว | 23 |
| 2.9 อินฟราเรด | 24 |
| 2.10 การประยุกต์ใช้งานรังสีอินฟราเรด | 26 |
| 2.11 ประโยชน์ของรังสีอินฟราเรด | 28 |
| 2.12 ข้อควรระวังในการติดตั้งอินฟราเรด | 30 |
| 2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 31 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)


| | หน้า |
|---|---|
| บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ | |
| 3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง | 33 |
| 3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง | 34 |
| 3.3 วิธีการทดลอง | 40 |
| 3.4 สรุปขั้นตอนในกระบวนการทดลอง | 46 |
| บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผล | |
| 4.1 การทดสอบระยะเวลาที่เหมาะสมในการหมักกะทิโดยสังเกตการเปลี่ยนแปลงของครีมกะทิ น้ำ และน้ำมันมะพร้าว | 47 |
| 4.2 การทดสอบระยะเวลาการหมักของกะทิเทียบกับปริมาณของน้ำและครีมกะทิ | 48 |
| 4.3 การทดสอบระยะเวลาการให้ความร้อนโดยใช้รังสีอินฟราเรดเทียบกับปริมาณของชั้นครีมกะทิ | 49 |
| 4.4 การทดสอบระยะเวลาการอบไล่ความชื้นโดยสังเกตจากสีที่เปลี่ยนแปลงของน้ำมัน | 52 |
| 4.5 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ | 52 |
| บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ | |
| 5.1 สรุปผลการทดลอง | 56 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ | 57 |
| เอกสารอ้างอิง | 58 |
| ภาคผนวก | |
| ภาคผนวก ก | 61 |
| ภาคผนวก ข | 66 |
| ภาคผนวก ค | 68 |
| ประวัติผู้จัดทำ | 77 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | หน้า |
|---|---|
| 2.1 ผลผลิตเฉลี่ย น้ำหนักเนื้อมะพร้าวแห้ง และปริมาณน้ำมันของมะพร้าวผสมทางพันธุ์ชุมพร | 7 |
| 2.2 ส่วนประกอบของมะพร้าวและการนำไปใช้ในการรักษาแบบดั้งเดิมของประเทศต่างๆ | 8 |
| 2.3 มะพร้าวผลแก่ปริมาณผลผลิตเป็นรายเดือน รวมทั้งประเทศ รายภาค และรายจังหวัด ปี 2563 | 10 |
| 2.4 คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำมันมะพร้าว RBD ตามมาตรฐาน Codex และน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ตามมาตรฐาน APCC | 12 |
| 2.5 การเปรียบเทียบส่วนประกอบต่างๆ ของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์และน้ำมันมะพร้าว RBD | 14 |
| 2.6 เทคนิคสำคัญที่ใช้สกัดน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์เพื่อการค้าของบริษัท Nutiva | 21 |
| 2.7 คุณสมบัติของการให้ความร้อนโดยรังสีอินฟราเรดประเภทต่างๆ | 26 |
| ตารางที่ 4.3 ค่าใช้จ่ายในการสร้างตู้ทำความร้อนโดยใช้รังสีอินฟราเรด | 53 |
| ตารางที่ ก.1 การทดสอบการแยกชั้นครีมกะทิโดยใช้วิธีการหมักที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส (ระยะเวลา 12 ชั่วโมง) | 62 |
| ตารางที่ ก.2 การทดสอบการแยกชั้นครีมกะทิโดยใช้วิธีการหมักที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส (ระยะเวลา 6 ชั่วโมง) | 64 |
| ตารางที่ ก.3 การทดสอบการแยกชั้นน้ำมันมะพร้าวโดยใช้วิธีการอบด้วยรังสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 55-60 องศาเซลเซียส (ระยะเวลา 6 ชั่วโมง) | 65 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป


| รูปภาพ | หน้า |
|---|---|
| รูปที่ 2.1 องค์ประกอบและโครงสร้างชนิดของกรดไขมันต่างๆ | 15 |
| รูปที่ 2.2 องค์ประกอบและโครงสร้างของกรดลอริก | 16 |
| รูปที่ 2.3 องค์ประกอบและโครงสร้างของวิตามินอี | 16 |
| รูปที่ 2.4 การสกัดด้วยวิธีการหมัก | |
| รูปที่ 2.5 แสดงการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์และตัวปล่อยคลื่นอินฟราเรด (Emitter) | 24 |
| รูปที่ 2.6 แสดงช่วงความยาวคลื่นของรังสีชนิดต่างๆ | 25 |
| รูปที่ 2.7 ปรากฏการณ์ส่งผ่านความร้อนของรังสีอินฟราเรดที่ตกกระทบวัตถุ | 25 |
| รูปที่ 2.8 การกระจายตัวของรังสีในห้องอบแห้งแบบ IR | 28 |
| รูปที่ 3.1 กะทิจากมะพร้าวลูกผสมสามทางพันธุ์ชุมพร 1 | 33 |
| รูปที่ 3.2 ตู้อบอินฟราเรด | 34 |
| รูปที่ 3.3 อุปกรณ์ต่างๆในตู้อบอินฟราเรด | 34 |
| รูปที่ 3.4 อินฟราเรด HRA-17X600-220V-1000W | 35 |
| รูปที่ 3.5 ถาดหมุนและมอเตอร์ | 35 |
| รูปที่ 3.6 เทอร์โมคอปเปิล | 36 |
| รูปที่ 3.7 ซีลยางฟองน้ำ ฉนวนกันความร้อน ติดเทปกาว | 36 |
| รูปที่ 3.8 กล่องควบคุมอุณหภูมิ | 37 |
| รูปที่ 3.9 แผนภาพวงจรไฟฟ้า | 37 |
| รูปที่ 3.10 ห้องอบสแตนเลส | 38 |
| รูปที่ 3.11 ภาชนะบรรจุสาร | 38 |
| รูปที่ 3.12 เครื่องชั่งดิจิตอล | 39 |
| รูปที่ 3.13 กระดาษกรอง WHATMAN | 39 |
| รูปที่ 3.14 มะพร้าวลูกผสมสามทางพันธุ์ชุมพร 1 | 40 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป (ต่อ)


| รูปภาพ | หน้า |
|---|---|
| รูปที่ 3.15 แยกเนื้อมะพร้าวมะพร้าวลูกผสมสามทางพันธุ์ชุมพร 1 | 40 |
| รูปที่ 3.16 เครื่องคั้นกะทิระบบเกลียวอัดแยกน้ำและกากมะพร้าว | 41 |
| รูปที่ 3.17 ขั้นตอนแยกน้ำกะทิและน้ำที่ 12 ชั่วโมง | 41 |
| รูปที่ 3.18 ขั้นตอนแยกน้ำกะทิและน้ำ | 42 |
| รูปที่ 3.19 ดูดน้ำด้านล่างออก | 42 |
| รูปที่ 3.20 เครื่องวัดพลังงาน Power meter | 43 |
| รูปที่ 3.21 เตรียมเครื่องทำความร้อน | 43 |
| รูปที่ 3.22 ครีมกะทิเข้ากระบวนการอบ | 44 |
| รูปที่ 3.23 ครีมกะทิเกิดการแยกชั้นออกเป็น 3 ส่วน | 44 |
| รูปที่ 3.24 กรองน้ำมันมะพร้าว | 45 |
| รูปที่ 3.25 อบไล่ความชื้นน้ำมันมะพร้าว | 45 |
| รูปที่ 3.26 น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์บรรจุใสในภาชนะ | 46 |
| รูปที่ 4.1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างปริมาณกะทิและเวลา ที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 12 ชั่วโมง | 48 |
| รูปที่ 4.2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างปริมาณกะทิและเวลา ที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 6 ชั่วโมง | 49 |
| รูปที่ 4.3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างปริมาณน้ำมันมะพร้าวและเวลา ที่อุณหภูมิ 55-60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 6 ชั่วโมง | 50 |
| รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยปริมาณ น้ำกะทิ น้ำเปรี้ยว น้ำมันมะพร้าว และกากกะทิ | 51 |
| รูปที่ 4.5 กรรมวิธีการผลิตน้ำมันมะพร้าวสกัดด้วยตู้อบอินฟราเรด (ราคาเนื้อมะพร้าวขูด 50 บาทต่อกิโลกรัม และราคาแก๊สหุงต้ม (LPG -ขนาด 15 kg) ราคา 378 บาท) | 54 |
| รูปที่ ข.1 กรรมวิธีการผลิตน้ำมันมะพร้าวสกัดแบบดั้งเดิม (ราคาเนื้อมะพร้าวขูด 50 บาทต่อกิโลกรัม และราคาแก๊สหุงต้ม (LPG -ขนาด 15 kg) ราคา 378 บาท) | 67 |
| รูปที่ ค.1 ตู้อบแห้งโดยใช้รังสีอินฟราเรด | 69 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป (ต่อ)

**รูปภาพ** **หน้า**

รูปที่ ค.2 มอเตอร์ไมโครเวฟ 70

รูปที่ ค.3 ฐานรองถาดหมุน 71

รูปที่ ค.4 เทอร์โมคอปเปิล 72

รูปที่ ค.5 ถาดหมุน 73

รูปที่ ค.6 หลอดอินฟราเรด 74

รูปที่ ค.7 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ 75

รูปที่ ค.8 แผงวงจรของตู้ควบคุมอุณหภูมิ 76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

บทที่หนึ่งของปริญญานิพนธ์เป็นบทนำเขียนเพื่อแสดงประเด็นปัญหาการวิจัยและการตีกรอบปัญหาการวิจัยให้ชัดเจนประกอบด้วยที่มาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์ วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์ ขอบเขตของปริญญานิพนธ์ ขั้นตอนการดำเนินงาน และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากปริญญานิพนธ์

## 1.1 ที่มาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์

มะพร้าวเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวในตระกูลปาล์ม ซึ่งมีถิ่นกำเนิดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มะพร้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย ประเทศไทยอยู่ในอันดับที่ 6 ของโลกด้านการผลิตมะพร้าวรองลงมาจากประเทศอินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ อินเดีย บราซิล และศรีลังกา ตามลำดับโดยการผลิตมะพร้าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ข้อมูลในปี 2550 จากองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ ระบุว่าผลผลิตมะพร้าวของไทยอยู่ที่ 1.72 ล้านตันต่อปี สูงกว่าผลผลิตมะพร้าวในปี 2542-2547 ที่ 1.38-1.45 ล้านตัน ในหนึ่งปี และในปี 2562 กรมวิชาการเกษตรประกาศรับรองพันธุ์มะพร้าวลูกผสมสามทางพันธุ์ชุมพร 1 และมะพร้าวลูกผสมสามทางพันธุ์ชุมพร 2 แก้ปัญหาการขาดแคลนมะพร้าวพันธุ์อุตสาหกรรมและลดการนำเข้ามะพร้าวจากต่างประเทศ เพื่อนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการแปรรูปมะพร้าวของไทย และบริโภคภายในประเทศ และการส่งออก [3] มะพร้าวสามารถนำไปผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ซึ่งกำลังได้รับความนิยมและได้รับความสนใจจากผู้บริโภคในหลายประเทศในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก เนื่องจากน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์อุดมไปด้วยวิตามินและสารต้านอนุมูลอิสระ จึงสามารถใช้เป็นอาหารและยาได้ [2] น้ำมันที่ได้จากการสกัดแยกน้ำมันจากเนื้อของผลมะพร้าว ซึ่งจะเป็นของเหลวเมื่ออุณหภูมิมากกว่า 25 องศาเซลเซียส และหากอุณหภูมิต่ำกว่านี้จะเป็นไข กระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น น้ำมันมะพร้าวจะถูกสกัดด้วยกรรมวิธีธรรมชาติ ซึ่งน้ำมันมะพร้าวที่ใช้วิธีการสกัดแยกจากเนื้อมะพร้าวโดยไม่ผ่านกระบวนการที่ใช้ความร้อนสูง และไม่ผ่านกระบวนการแปรรูปทางเคมี องค์ประกอบหลักของน้ำมันมะพร้าวเป็นกรดไขมันอิ่มตัว (มากกว่า 90% จากปริมาณกรดไขมันทั้งหมด) แต่กรดไขมันอิ่มตัวส่วนใหญ่ที่พบในน้ำมันมะพร้าวนั้นเป็นกรดไขมันที่มีขนาดโมเลกุลปานกลาง ส่วนใหญ่ของไขมันอิ่มตัวเป็น lauric acid ร้อยละ 47 ส่วนน้อยเป็น myristic และ palmitic acids ซึ่งเมื่อรับประทานและถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายแล้วจะถูกเผาผลาญได้ดี จึงถูกสะสมในเนื้อเยื่อไขมันได้น้อยกว่ากรดไขมันที่มีขนาดโมเลกุลยาว เช่น กรดไลโนเล ซึ่งเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่พบมากในน้ำมันถั่วเหลืองเป็นต้น และจากการวิจัยพบว่าคุณภาพของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์สกัดเย็นที่ดีที่สุดอยู่ในช่วงของอุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส [4] จากการศึกษาข้อมูลที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกี่ยวข้องพบว่ากระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวมีหลายวิธี ได้แก่ วิธีการสกัดแบบดั้งเดิมในระดับครัวเรือน วิธีการสกัดโดยใช้เครื่องอัดแบบไฮโดรลิก วิธีการสกัดโดยใช้เครื่องอัดแบบเกลียวอัด วิธีการสกัดโดยใช้เครื่องเหวี่ยงและวิธีการหมัก จากการศึกษากระบวนการการอบแห้งด้วยอินฟราเรด รังสีอินฟราเรด จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า การถ่ายเทความร้อนมีสามรูปแบบหลัก การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสี ความร้อนอินฟราเรดเป็นรูปแบบของการถ่ายเทความร้อนแบบแผ่รังสีซึ่งหมายความว่าประกอบด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เดินทางจากแหล่งกำเนิดไปยังเป้าหมายเพื่อสร้างความร้อน เนื่องจากพลังงานจะถูกส่งโดยตรงจากตัวทำความร้อนไปยังวัตถุเป้าหมาย ระบบทำความร้อนด้วยอินฟราเรดจึงมีประสิทธิภาพมากกว่าและต้องการพลังงานน้อยกว่าเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกันเครื่องทำความร้อนอินฟราเรดใช้พลังงานจากไฟฟ้า ทำให้สามารถควบคุมที่ตอบสนองอย่างรวดเร็วและแม่นยำ สิ่งนี้สร้างผลลัพธ์ที่สม่ำเสมอยิ่งขึ้นและคุณภาพของผลิตภัณฑ์สามารถออกแบบให้กะทัดรัดและติดตั้งในพื้นที่ขนาดเล็กได้บำรุงรักษาน้อยมาก ลดต้นทุนการบำรุงรักษาระยะยาวมีการสูญเสียความร้อนน้อยลงเนื่องจากไม่จำเป็นต้องอุ่นอากาศภายในเตาอบเพื่อให้กระบวนการมีประสิทธิภาพโดยรวมแล้ว ระบบเหล่านี้มีความยืดหยุ่นสูง สามารถควบคุมได้ง่าย และช่วยให้คุณเอาชนะความท้าทายที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพผลิตภัณฑ์และเวลาในการผลิต

งานวิจัยนี้จึงได้มีวัตถุประสงค์ในศึกษาหาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นโดยใช้รังสีอินฟราเรดภายในตู้อบแห้งแบบถาดหมุน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นและควบคุมคุณภาพ

## 1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1.2.1 ออกแบบและสร้างเครื่องผลิตน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นโดยใช้รังสีอินฟราเรดภายในตู้อบความร้อนแบบถาดหมุน

1.2.2 เพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น

1.2.3 ลดเวลาในกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น

## 1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.4.1 ทดสอบมะพร้าวลูกผสมสามทางพันธุ์ชุมพร 1

1.4.2 ปริมาณน้ำกะทิที่ใช้ในการทดลองจำนวน 3 ลิตร

1.4.3 ติดตั้งเครื่องทำความร้อนอินฟราเรดในแนวนอนกำลังไฟฟ้า 2000 วัตต์

1.4.4 ควบคุมอุณหภูมิในช่วง 55-60 องศาเซลเซียส

1.4.5 ควบคุมมอเตอร์ของถาดหมุนที่ 5 รอบต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.4 ขั้นตอนการดำเนิดงาน

1.4.1 สืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

1.4.2 ตรวจสอบสภาพและความพร้อมของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1.4.3 ออกแบบการทดลองและตารางที่ใช้บันทึกผลการทดลอง

1.4.4 พัฒนาชิ้นงานที่จะใช้ในการทดลอง

1.4.5 เริ่มทำการทดลองเก็บผลการทดลอง

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เพิ่มกำลังการผลิตในกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น

1.5.2 ลดเวลาและค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่2
# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทที่สองของปริญญานิพนธ์เป็นเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยประกอบด้วยทฤษฎีที่เกี่ยวข้องหรือเอกสารที่เกี่ยวข้องมีจุดประสงค์เพื่อค้นหาทฤษฎีหรือแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรของการวิจัยเพื่อนำมาใช้การสร้างกรอบความคิดของการวิจัย และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีจุดประสงค์เพื่อสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรของการวิจัยและระเบียบวิธีการวิจัยเพื่อนำมาใช้ออกแบบการวิจัยและวิเคราะห์ข้อค้นพบในการมาใช้ในการอ้างสรุปในการวิจัยนี้

## 2.1 มะพร้าว [1]

มะพร้าว ชื่อพฤกษศาสตร์ Cocos nucifera ชื่อสามัญมะพร้าว ปาล์มมะพร้าว และถั่วลันเตาเป็นพืชที่สำคัญที่สุดชนิดหนึ่งในตระกูลพืชใบเลี้ยงเดี่ยว มะพร้าวเป็นไม้ยืนต้นใบของมะพร้าวมีลักษณะใบประกอบแบบขนนก ผลประกอบด้วยเปลือกนอกคือเอพิคาร์ปถัดไปข้างในคือใยมะพร้าวจะเป็นส่วนของมีโซคาร์ปในส่วนของกะลามะพร้าวเป็นส่วนเอนโดคาร์ป ซึ่งจะมีรูสีคล้ำอยู่ 3 รู สำหรับงอก เรียกว่าเอ็มบริโอ ถัดจากส่วนกะลามะพร้าวเข้าไปจะเป็นส่วนของเอนโดสเปิร์มหรือที่เรียกว่าเนื้อมะพร้าว ภายในเอนโดสเปิร์มของมะพร้าวจะมีน้ำมะพร้าว ซึ่งเมื่อมะพร้าวแก่ เอนโดสเปิร์มก็จะดูดเอาน้ำมะพร้าวไปใช้จนหมด ขณะที่มะพร้าวยังอ่อน ชั้นเอนโดสเปิร์ม (เนื้อมะพร้าว) ภายในผลมีลักษณะบางและ อ่อนนุ่ม ภายในมีน้ำมะพร้าว ซึ่งในระยะนี้เรามักสอยเอามะพร้าวลงมารับประทานน้ำและเนื้อ เมื่อมะพร้าวแก่ ซึ่งสังเกตได้จากการที่เปลือกนอกเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ชั้นเอนโดสเปิร์มก็จะหนา และแข็งขึ้น จนในที่สุดมะพร้าวก็หล่นลงจากต้น

### 2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมะพร้าว

**2.1.1.1 ลำต้น (Stem)** เป็นกระบอกทรงสูง แต่ที่โคนต้นสูงเหนือพื้นดินเล็กน้อย เหมือนตะโพกที่ใหญ่กว่าโคน โผล่ขึ้นมาถึงยอดโคนมะพร้าว มีตาเพียงข้างเดียวเติบโตเป็นลำต้น ใบและช่อดอก หากขั้วตุมถูกทำลายหรือเน่าจนตาย มะพร้าวทั้งลูกก็ตายเช่นกัน

**2.1.1.2 ราก (Roots)** มะพร้าวเป็นไม้ยืนต้นใบเลี้ยงเดี่ยว มันมีระบบรากที่มีเส้นใยซึ่งรากมะพร้าวทำหน้าที่ยึดลำต้น ดูดซับน้ำและสารอาหารต่างๆ

**2.1.1.3 ใบ (Leaves)** ใบมะพร้าวหรือเรียกเฉพาะว่า fronds ประกอบแบบ innately compound leaf ที่เกิดจากตาส่วนยอดของต้น และรวมกลุ่มกัน ปลายใบจะกระจายในรัศมีรอบก้านตามจำนวนใบที่เหลืออยู่บนลำต้นและอัตราการเกิดใบของมะพร้าว นอกจากนี้ยังสามารถใช้วัดการเจริญเติบโตของมะพร้าวในแต่ละปีได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.1.1.4 เมล็ด (Seed)** เมล็ดมะพร้าวมีขนาดใหญ่มาก ซึ่งเมล็ดมะพร้าวนี้ก็คือเนื้อมะพร้าวที่อยู่ภายในในกะลานั่นเอง

**2.1.1.5 ผล (Fruit)** ผลมะพร้าวจะมีขนาดโตเต็มที่หลังจากที่มีการผสมเกสรแล้ว 6 เดือน และหลังจากนั้นอีก 6 เดือนผลก็จะสุกแก่พร้อมที่จะเก็บเกี่ยว

**2.1.1.6 ช่อดอก (Inflorescence)** ช่อดอกจะมีดอกตัวผู้และดอกตัวเมียอยู่แยกกัน แต่ดอกทั้งสองชนิดอยู่ในช่อดอกเดียวกันลักษณะของมะพร้าวจะเป็นสิ่งกำหนดระยะเวลาการออกดอก

**2.1.1.7 พันธุ์ (Varieties)** ในการจำแนกพันธุ์มะพร้าวออกเป็นหมวดหมู่นั้น ใช้การพิจารณาลักษณะต่างๆ ที่สำคัญ 3 ประการคือ 1. การเจริญเติบโตของลำต้น 2. อายุที่มะพร้าวเริ่มตกผล และ 3. ลักษณะการบานของดอก จากหลักเกณฑ์ทั้ง 3 ประการนี้ ทำให้แบ่งมะพร้าวออกเป็น 2 พันธุ์ คือ 1. มะพร้าวพันธุ์ต้นเตี้ย และ 2. มะพร้าวพันธุ์ต้นสูง ซึ่งมะพร้าวทั้ง 2 พันธุ์มีลักษณะที่แตกต่างกัน

**2.1.1.7.1 มะพร้าวพันธุ์ต้นสูง** มีลักษณะคือ ต้นสูง ออกผลช้ามีสะโพกที่โคนต้น ในปัจจุบันมะพร้าวส่วนใหญ่ที่ปลูกเป็นการค้ามักเป็นพันธุ์ต้นสูง มีอายุยืน 60-80 ปีหรือมากกว่านั้นขึ้นอยู่กับสภาพดินจะต้านทานต่อโรคและแมลงยกเว้นไวรัสหลังจากการปลูกบางชนิดจะเริ่มติดผลเมื่ออายุประมาณ 8-10 ปี จัดเป็นพืชผสมข้าม โดยดอกตัวผู้จะเริ่มเปิดก่อนที่ดอกตัวเมียในช่อดอกจะบาน ดังนั้นการผสมเกสรจะเกิดขึ้นเมื่อได้รับละอองเกสรจากต้นอื่น ในกลุ่มนี้จะแยกพันธุ์ตามสถานที่ที่มันขึ้นอยู่ หรือลักษณะของผลที่เห็นเด่นชัด เช่น มะพร้าวหัวลิงทะลายร้อย ปากจก เปลือกหวาน มะพร้าวใหญ่ และมะพร้าวกะโหลกเป็นต้น

**2.1.1.7.2 มะพร้าวพันธุ์ต้นเตี้ย** มีลักษณะคือ ต้นเตี้ยออกผลเร็ว ต้นสูงจะไม่มีสะโพก หลังจากการปลูกมักจะติดดอกออกผลในช่วง 3-4 ปี และผลจะออกเต็มที่ในช่วง 9-10 ปี ให้ผลประมาณ 30-40 ปี พันธุ์ต้นเตี้ยมีแนวโน้มว่าเมล็ดที่ได้จะตรงตามพันธุ์เพราะการแตกของละอองเกสรตัวผู้บางช่วงจะพร้อมกันกับการเปิดของดอกตัวเมียในช่อดอกเดียวกันซึ่งทำให้เกิดการผสมของตัวผู้และตัวเมียในช่อดอกเดียวกัน สีของผลจะมีทั้งสีเหลืองทอง สีเหลืองงาช้าง สีเขียว สำหรับผลของพันธุ์ต้นเตี้ยจะมีทั้งขนาดผลเล็กและผลใหญ่ พันธุ์ผลเล็กที่สุดในกลุ่มนี้คือ Coco Nino ในฟิลิปปินส์ ซึ่งปัจจุบันมีการนำไปปลูกกระจายทั่วไปทุกส่วนของโลก มะพร้าวพันธุ์เตี้ยได้แก่ มะพร้าวหมูสี หมูสีเขียว ทุ่งเคล็ด หมูสีเหลือง มะพร้าวไฟ ปะทิว มะพร้าวน้ำหอม และนกคุ่มเป็นต้น

## 2.2 ประวัติมะพร้าวลูกผสมสามทางพันธุ์ชุมพร [4]

**2.2.1 มะพร้าวลูกผสมสามทางพันธุ์ชุมพร 1** คือ พันธุ์ที่ได้จากการผสมข้ามระหว่างลูกผสมเดี่ยวพันธุ์เรนเนลล์ต้นสูง x เวสท์อัฟริกันต้นสูง (แม่พันธุ์) กับพันธุ์ไทยต้นสูง (พ่อพันธุ์) โดยแม่พันธุ์เรนเนลล์ต้นสูง x เวสท์อัฟริกันต้นสูง ได้จากการนำเข้าจากประเทศไอเวอรี่โคสท์ และพ่อพันธุ์ไทยต้นสูงได้จากการคัดเลือกต้นในแปลงโดยการรวบรวมเชื้อพันธุกรรมด้วยวิธีการควบคุมการผสมพันธุ์แบบใกล้ชิด ในปี พ.ศ. 2517 ทำการปลูกลูกผสมเดี่ยว พันธุ์เรนเนลล์ต้นสูง x เวสท์อัฟริกันต้นสูง ในปี พ.ศ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2518 ได้ดูแลรักษาแปลงแม่พันธุ์ลูกผสมเดี่ยว ในระหว่างปี พ.ศ. 2519-2531 ได้ทำการผสมพันธุ์เพื่อสร้างลูกผสม ในระหว่างปี พ.ศ. 2532-2533 ทำการปลูกทดสอบลูกผสมร่วมกับลูกผสมสายพันธุ์อื่นๆ ได้มีการบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต ผลผลิต น้ำหนักเนื้อมะพร้าวแห้ง น้ำมันต่อเนื้อมะพร้าวแห้ง และองค์ประกอบของผลตามขั้นตอน จากนั้นได้มีการปรับปรุงพันธุ์จนได้สายพันธุ์ดี ต่อมาเมื่อวันที่ 1 มีนาคม 2562 ได้รับการรับรองพันธุ์จากกรมวิชาการเกษตร

**2.2.2 มะพร้าวลูกผสมสามทางพันธุ์ชุมพร 2** คือ พันธุ์ที่ได้จากการผสมข้ามระหว่างลูกผสมเดี่ยวพันธุ์มลายูสีเหลืองต้นเตี้ย x เวสท์อัฟริกันต้นสูง (แม่พันธุ์) กับพันธุ์ไทยต้นสูง (พ่อพันธุ์) โดยแม่พันธุ์มลายูสีเหลืองต้นเตี้ย x พันธุ์เวสท์อัฟริกันต้นสูง ได้จากการคัดเลือกต้นแม่พันธุ์ในแปลงโดยการรวบรวมเชื้อพันธุกรรมภายในศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพรพันธุ์ไทยต้นสูง (พ่อพันธุ์) ได้จากการคัดเลือกต้นในแปลงโดยการรวบรวมเชื้อพันธุกรรมด้วยวิธีการควบคุมการผสมพันธุ์แบบใกล้ชิด ในปี พ.ศ. 2517 ได้ทำการปลูกลูกผสมเดี่ยวพันธุ์มลายสีเหลืองต้นเตี้ย x เวสท์อัฟริกันต้นสูง ในปี พ.ศ. 2518 ได้ดูแลรักษาแปลงแม่พันธุ์ลูกผสมเดี่ยว ในระหว่างปี พ.ศ. 2519-2531 ได้ทำการผสมพันธุ์เพื่อสร้างลูกผสม ในระหว่างปี พ.ศ. 2532-2533 ทำการปลูกทดสอบลูกผสมร่วมกับลูกผสมสายพันธุ์อื่นๆ ได้มีการบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตผลผลิต น้ำหนักเนื้อมะพร้าวแห้ง น้ำมันต่อเนื้อมะพร้าวแห้งและองค์ประกอบของผลตามขั้นตอน จากนั้นได้มีการปรับปรุงพันธุ์จนได้สายพันธุ์ดี ต่อมาเมื่อวันที่ 1 มีนาคม 2562 ได้รับการรับรองพันธุ์จากกรมวิชาการ

**2.2.3 ลักษณะเด่นของมะพร้าวลูกผสมสามทางทั้ง 2 พันธุ์**

**2.2.3.1 มะพร้าวลูกผสมสามทางพันธุ์ชุมพร 1** มีลักษณะเด่น คือ ต้นมะพร้าวสามารถปรับเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี มีผลผลิตเฉลี่ย 102 ผล/ต้น/ปี หรือ 2,252 ผล/ไร่/ปี มีขนาดกลางถึงใหญ่โดยมีน้ำหนักเฉลี่ย 1,882 กรัม/ผล น้ำหนักเนื้อมะพร้าวแห้งเฉลี่ย 337 กรัม/ผล หรือ 766 กิโลกรัม/ไร่/ปี น้ำมันต่อเนื้อมะพร้าวแห้งเฉลี่ย 61 เปอร์เซ็นต์ และคิดเป็นผลผลิตน้ำหนักน้ำมันเฉลี่ย 21 กิโลกรัม/ต้น/ปี

**2.2.3.2 มะพร้าวลูกผสมสามทางพันธุ์ชุมพร 2** มีลักษณะเด่น คือ ต้นมะพร้าวสามารถเจริญเติบโตได้ดีและเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ มีผลผลิตเฉลี่ย 108 ผล/ต้น/ปี หรือ 2,372 ผล/ไร่/ปี ผลขนาดกลางมีน้ำหนักเฉลี่ย 1,509 กรัม/ผล น้ำหนักเนื้อมะพร้าวแห้งเฉลี่ย 250 กรัม/ผล หรือ 584 กิโลกรัม/ไร่/ปี น้ำมันต่อเนื้อมะพร้าวแห้งเฉลี่ย 62 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.1** ผลผลิตเฉลี่ย น้ำหนักเนื้อมะพร้าวแห้ง และปริมาณน้ำมันของมะพร้าวผสมทางพันธุ์ชุมพร

| พันธุ์ | ผลผลิตเฉลี่ย (ผล/ไร่/ปี) | น้ำหนักผลมะพร้าว (กรัม/ผล) | น้ำหนักเนื้อมะพร้าวแห้ง (กรัม/ผล) | ปริมาณน้ำมันมะพร้าว (%w/w) |
|---|---|---|---|---|
| มะพร้าวลูกผสมสามทางพันธุ์ชุมพร 1 | 2,252 | 1,882 | 337 | 61 |
| มะพร้าวลูกผสมสามทางพันธุ์ชุมพร 2 | 2,372 | 1,509 | 250 | 62 |

**ที่มา:**ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร(2562)

## 2.3 ประโยชน์ของมะพร้าว [6]

จากการที่มีการนำส่วนต่าง ๆ ของมะพร้าวมาใช้ในการป้องกันและรักษาโรคทำให้นักวิจัยสนใจว่าส่วนต่างๆ ของมะพร้าวนั้นมีสารชนิดใดเป็นส่วนประกอบอยู่บ้างและสารต่างๆ เหล่านั้นมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาหรือไม่จากการศึกษาพบว่าองค์ประกอบทางพฤกษเคมีของมะพร้าวในแต่ละส่วนนั้นแตกต่างกัน ดังนี้น้ำมะพร้าวเป็นแหล่งที่อุดมไปด้วยสารอาหารหลากหลายชนิด โดยปกตินำ้มะพร้าว 100 กรัม ประกอบด้วยน้ำ 94 กรัม คาร์โบไฮเดรต 3.7 กรัมโปรตีน 0.7 กรัม ไขมัน 0.2 กรัม และส่วนอื่นๆ ได้แก่แร่ธาตุ ฮอร์โมน วิตามิน และสารประกอบฟีนอลต่าง (The National Agricultural Library, 2018) น้ำตาลที่พบเป็นองค์ประกอบหลักในน้ำมะพร้าวผลแก่ ได้แก่ซูโครส ซอบิทอล กลูโคส และฟรักโทสส่วนที่พบเล็กน้อยได้แก่ กาแลกโทสไซโลส และแมนโนส แร่ธาตุที่พบมากได้แก่ โพแทสเซียม และที่พบรองลงมา ได้แก่ โซเดียมแมกนีเซียม ฟอสฟอรัส แคลเซียม เหล็ก ทองแดง และคลอไรด์น้ำมะพร้าวอ่อนมีกรดอมิโนน้อยแต่มีแอล-อาร์จีนีนอะลานีนซีสทีน และเซอรีนมากกว่าในนมวัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.2** ส่วนประกอบของมะพร้าวและการนำไปใช้ในการรักษาแบบดั้งเดิมของประเทศต่างๆ

| ส่วนประกอบของมะพร้าว | รูปแบบการใช้ | การรักษาแบบดั้งเดิม | ประเทศ |
|---|---|---|---|
| น้ำมะพร้าว | น้ำ | - โรคไต | ฟิจิ |
| เนื้อมะพร้าว | น้ำมันสกัด | - ป้องกันผมร่วง รักษาแผล | ฟิจิ อินโดนีเซีย |
| | กะทิ | - ท้องร่วง | กาน่า |
| | | - กินคุมกำเนิด | อินโดนีเซีย |
| | เนื้อมะพร้าว | - กระตุ้นกำหนัด | โมซัมบิก |
| | | - เชื่อว่าสามารถบรรเทาอาการผื่นที่เกิดจากเชื้อเอชไอว | เคนย่า |
| | เนื้อมะพร้าวต้ม | - รักษาไข้ และมาลาเรีย | มาเลเซีย |
| กะลา | ถ่าน | - ท้องเสีย | ไทย |
| | น้ำมันจากการเผา | - กลาก บาดแผลที่เกิดจากความเย็นจัดหรือร้อนจัด ผิวหนังแตกแห้งแก้ปวดเอ็น ปวดกระดูก | ไทย |
| ใยมะพร้าว | ชา | - ท้องร่วง การขาดประจำเดือนกามโรค | บราซิล เฮติ ตรินิแดด |
| | | - ท้องร่วง ข้ออักเสบและการอักเสบอื่นๆ | บราซิล |
| | สารสกัด | - ลดไข้ ไตอักเสบ | กัวเตมาลา |
| | | - ขับปัสสาวะ หนองใน | เปรู |
| | | - ทางเดินปัสสาวะอักเสบจากเชื้อ | เม็กซิโก |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.2** ส่วนประกอบของมะพร้าวและการนำไปใช้ในการรักษาแบบดั้งเดิมของประเทศต่างๆ (ต่อ)

| ส่วนประกอบของมะพร้าว | รูปแบบการใช้ | การรักษาแบบดั้งเดิม | ประเทศ |
|---|---|---|---|
| ใยมะพร้าว | สารสกัด | - การขาดประจำเดือน การปวดประจำเดือน | ตรินิแดด |
| | | - เบาหวาน | จาไมก้า |
| | | - หอบหืด | เฮติ เปร |
| | ครีม | - ฝีหนอง ผิวหนังอักเสบ แผลไฟไหม | กัวเตมาลา |
| ดอก | ชา | - ประจำเดือนผิดปกติ | อินเดีย |
| ราก | ชา | - ท้องร่วงและปวดท้อง | ปาปัวนิวกีน |
| | สารสกัด | - ขับปัสสาวะ ท้องเสีย | ไทย |
| | สารสกัด | - ลดไข้ ท้องร่วง | อินโดนีเซีย |
| เปลือกต้น | ขี้เถ้าจากการเผา | - หิด | ไทย |

**ที่มา :** ApakornSongsumanus Faculty of Pharmacy, Eastern Asia University

มะพร้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยมะพร้าวสามารถปลูกได้ทั่วทุกภาคของประเทศ ในภาคใต้มีการปลูกมะพร้าวเป็นอาชีพจึงทำให้มีผลผลิตเยอะกว่าภาคอื่นๆการใช้ประโยชน์จากมะพร้าวมีหลายประการเช่น ใช้ได้ทั้งการรับประทานผลสด นำมาประกอบอาหาร เป็นวัตถุดิบในโรงงานอุตสาหกรรม นอกจากนั้นส่วนที่เหลือยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์อื่นๆได้อีก เช่น การนำเส้นใยของผลไปใช้บุเก้าอี้ ขุยมะพร้าวใช้ผสมกับดินใช้สำหรับปลูกพืช เป็นต้น ในปี2563 สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรได้มีการรายงานว่าประเทศไทยให้ผลผลิตจากมะพร้าวแก่รวมประมาณ 591 ล้านผลต่อปี ตารางที่ 2.3 [9]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.3** มะพร้าวผลแก่ปริมาณผลผลิตเป็นรายเดือน รวมทั้งประเทศ รายภาค และรายจังหวัด ปี 2563

| ผลผลิตรายเดือน | รวมทั้งประเทศ | ภาคเหนือ | ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ | ภาคกลาง | ภาคใต้ | จังหวังชุมพร |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **ม.ค.** | 49,288,493 | 93,050 | 32,495 | 25,924,581 | 23,238,367 | 5,582,799 |
| **ก.พ.** | 55,695,472 | 177,177 | 102,923 | 32,821,883 | 22,593,549 | 8,846,723 |
| **มี.ค.** | 53,180,280 | 122,420 | 100,528 | 27,327,595 | 25,629,737 | 3 7,621,658 |
| **เม.ย.** | 58,179,616 | 64,003 | 22,503 | 33,791,491 | 24,301,619 | 8,802,971 |
| **พ.ค.** | 59,384,285 | 29,956 | 12,234 | 31,840,017 | 27,502,078 | 7,770,416 |
| **มิ.ย.** | 57,696,959 | 3,642 | 1,165 | 33,809,044 | 23,883,108 | 9,984,284 |
| **ก.ค.** | 43,088,796 | 18,614 | 6,819 | 24,505,517 | 18,557,846 | 7,630,408 |
| **ส.ค.** | 50,604,955 | 1,506 | 1,183 | 32,020,654 | 18,581,612 | 8,085,433 |
| **ก.ย.** | 36,264,494 | 36,850 | 17,884 | 20,859,207 | 15,350,553 | 5,661,553 |
| **ต.ค.** | 41,711,833 | 56,472 | 28,086 | 15,350,553 | 17,516,589 | 6,247,834 |
| **พ.ย.** | 39,649,718 | 56,650 | 53,461 | 21,408,521 | 18,131,086 | 5,145,275 |
| **ธ.ค.** | 46,272,187 | 109,207 | 74,460 | 23,265,660 | 22,822,860 | 6,125,328 |
| **รวมผล** | 591,017,088 | 769,487 | 453,741 | 331,684,856 | 258,109,004 | 87,504,682 |

**ที่มา :**สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร(2563)[6]

## 2.4 น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ [3]

น้ำมันมะพร้าวสกัดจากเนื้อมะพร้าวแก่ของต้นมะพร้าวซึ่งเป็นของตระกูลปาล์มน้ำมันพืชชนิดนี้มีใช้กันอย่างแพร่หลายในหลายประเทศ ซึ่งใช้สำหรับอาหารและอุตสาหกรรมที่หลากหลาย เนื่องจากการใช้น้ำมันมะพร้าวกันอย่างแพร่หลายและลักษณะที่เป็นประโยชน์ของน้ำมันมะพร้าวจึ่งมีความต้องการทั่วโลก ตลอดจนการผลิตน้ำมันมะพร้าวเพิ่มขึ้นในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา จากการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมาณข้างต้นปริมาณการใช้น้ำมันมะพร้าวของโลกอยู่ที่ประมาณ 3.5 ตันต่อปีและปริมาณดังกล่าวคิดเป็น 2.5% ของน้ำมันพืชทั่วโลก

**2.4.1 คุณสมบัติของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ทางเคมีและกายภาพ**

**2.4.1.1 คุณสมบัติทางเคมี** Marina, AM., Che Man, YB. and Nazimah, SAH. (2009) ได้ทำการศึกษาน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์เชิงพาณิชย์ ในตลาดมาเลเซียและอินโดนีเซีย น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (VCO) แตกต่างจากน้ำมันประกอบอาหารที่มีกรดไขมันสายยาว มีกรดไขมันสายกลางสูง ทำให้เป็นอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ ในการศึกษานี้ วัตถุประสงค์ของเราคือเพื่อตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณโลหะของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่สกัดด้วยวิธีการประมวลผลที่แตกต่างกันสี่วิธี 1.การแช่เย็นและการหมุนเหวี่ยง 2.การหมัก 3.เตาอบแห้งแบบไล่แมลงขนาดเล็กโดยตรง 4.กระบวนการตากแห้งด้วยแสงแดดโดยตรง เราพบว่าคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ ได้แก่ ปริมาณความชื้น ดัชนีการหักเหของแสง ความหนืด ค่าไอโอดีน ค่าสปอนิฟิเคชั่น ค่าเปอร์ออกไซด์ กรดไขมันอิสระ และปริมาณกรดไขมันของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ทั้งหมดเป็นไปตามมาตรฐานชุมชนมะพร้าวเอเชียและแปซิฟิก (APCC) ส่วนใหญ่ประกอบด้วยกรดลอริกซึ่งอยู่ในช่วง 48.40%–52.84% ของปริมาณกรดไขมัน ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและกิจกรรมการกำจัดอนุมูลอิสระDPPH (IC 50) ของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ได้รับให้อยู่ในช่วง 1.16–12.54 มิลลิกรัม เทียบเท่ากรดแกลลิก (GAE)/g และ 7.49–104.52 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ และน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ของขีดจำกัดมาตรฐานชุมชนมะพร้าวเอเชียและแปซิฟิกที่แนะนำ การค้นพบนี้ช่วยรับประกันคุณภาพและความปลอดภัยของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ผลิตจากมะพร้าวที่ปลูกในบรูไนดารุสซาลามด้วยวิธีการแปรรูปต่างๆ

**2.4.1.2 คุณสมบัติทางกายภาพ** คุณภาพของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ทดสอบจากการประเมินทางประสาทสัมผัสมีดังนี้ก่อนที่ได้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์จะมีสิ่งแปลกปลอมปนเปื้อนสีขุ่น มีไอน้ำ หลังจากนั้นทำการทดลองโดยให้ความร้อนกับน้ำมันพร้าวเมื่อน้ำมันมะพร้าวมีอุณหภูมิสูงขึ้นก็จะมีสีมีใสเหมือนน้ำ การเกิดสีของน้ำมันมะพร้าวอาจเนื่องมาจากการปนเปื้อนในน้ำมันระหว่างกระบวนการที่ใช้ความร้อนสูงและการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ (microbial contaminant) ในเนื้อมะพร้าวก่อนขั้นตอนการสกัด (Bawalan, DD., and Chapman, KR., 2006) ถ้ามีการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์จะทำให้สีของน้ำมันเปลี่ยนเป็นสีเหลืองหรือชมพูหรือแดงส้ม กลิ่นของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์คุณภาพดี ควรมีกลิ่นหอมอ่อนๆ ของมะพร้าว ซึ่งขึ้นอยู่กับกระบวนการที่ใช้ในการสกัด รสชาติของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ต้องไม่ระคายเคืองในลำคอเมื่อรับประทานเข้าไป คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ รวมทั้งคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์เปรียบเทียบกับน้ำมันชนิดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.4** คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำมันมะพร้าว RBD ตามมาตรฐาน Codex และน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ตามมาตรฐาน APCC

| **คุณสมบัติ** | **มาตรฐานของ Codex**[a] | **มาตรฐานของ APCC**[b] |
|---|---|---|
| **ลักษณะเฉพาะ (identify characteristics)** | | |
| ความหนาแน่นสัมพัทธ์ (Relativedensity) (40°C/ water at 20°C) | 0.908-0.921 | 0.915-0.920 |
| ดัชนีหักเห (Refractive index) ที่ 40°C | 1.448-1.450 | 1.4480-1.4492 |
| ความชื้น (Moisture % wt. max) | <0.2 % | 0.1-0.5 % |
| สิ่งอื่นที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble impurities percent by mass) | 0.05 % | 0.05 % |
| ค่าสปอนิฟิเคชัน (Sponification value)(mg KOH/g oil) | 248-265 | 250-260 |
| ค่าไอโอดีน (iodine value) (g iodine/100 g oil) | 6.3-10.6 | 4.1-11.0 |
| สารที่สปอนิฟายไม่ได้ (Unsponifiable matter % by mass. Max.) | £15 | 0.2-0.5 |
| **ลักษณะเฉพาะ (identify characteristics)** | | |
| ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity at 30 deg./ 30 deg. C) | | 0.915-0.920 |
| ค่าความเป็นกรด (Acid value max.) | 0.6 mg KOH/g oil | 0.5 mg KOH/g oil |
| Polenske value (min.) | 13-18 | 13 |
| **องค์ประกอบของกรดไขมัน (%)** | | |
| **Medium-chain fatty acid** | | |
| Caproic acid หรือ C 6:0 | ND-0.7 | 0.4-0.6 |
| Caprylic acid หรือ C8:0 | 4.6-10.0 | 5.0-10.0 |
| Capric acid หรือ C10:0 | 5.0-8.0 | 4.5-8.0 |
| Lauric acid หรือ C12:0 | 45.1-53.2 | 43.0-53.0 |
| **Long-chain fatty acid** | | |
| Myristic acid หรือ C14:0 | 16.8-21.0 | 16.0-21.0 |
| Palmitic acid หรือ C16:0 | 7.5-10.2 | 7.5-10.0 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.4** คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำมันมะพร้าว RBD ตามมาตรฐาน Codex และน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ตามมาตรฐาน APCC (ต่อ)

| **คุณสมบัติ** | **มาตรฐานของ Codex**[a] | **มาตรฐานของ APCC**[b] |
|---|---|---|
| **Unsaturated fatty acid** | | |
| Stearic acid หรือ C18:0 | 2.0-4.0 | 2.0-4.0 |
| Oleic acid หรือ C18:1 | 5.0-10.0 | 5.0-10.0 |
| Linoleic acid หรือ C18:2 | 1.0-2.5 | 1.0-2.5 |
| Linolenic acid หรือ C18:3-C24:1 | ND-0.7 | <0.5 |
| **ลักษณะด้านคุณภาพ (Quality characteristics)** | | |
| สี (Color) | ไม่มีสี หรือ สีเหลืองอ่อน | สีเหมือนน้ำและสะอาด |
| กรดไขมันอิสระ (Free fatty acid) | สูงสุด 0.2 % (กรดลอริก) | £0.5 % |
| **ลักษณะด้านคุณภาพ (Quality characteristics)** | | |
| ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value) | £3 meq peroxide oxygen /kgoil | £3 meq peroxide oxygen /kg oil <10 cfu |
| จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) | <10 cfu | <10 cfu |
| E. coli | <1 cfu | |
| Salmonella spp. | <1 cfu | |
| ยีสต์ | <10 cfu | |
| กลิ่นและรสชาติ (Odour and taste) | ปราศจากกลิ่นหืนและรสชาติ | ปราศจากกลิ่นและรสชาติ |
| **สิ่งปนเปื้อน (Contaminants)** | | |
| สารระเหยง่าย (Matter volatile at 105 °C) | 0.2 % | 0.2 % |
| เหล็ก (Iron: Fe) | 5.0 mg/kg | 5.0 mg/kg |
| ทองแดง (Cu) | 0.4 mg/kg | 0.4 mg/kg |
| ตะกั่ว (Lead) | 0.1 mg/kg | 0.1 mg/kg |
| สารหนู (Arsenic) | 0.1 mg/kg | 0.1 mg/kg |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ที่มา:** Codex alimentarius commission (2001) ; Bawalan, DD. and Chapman, KR. (2006) Marina, AM., Che Man, YB. and Amin, I. (2009) Asian and Pacific Coconut Community (2010)

## 2.5 องค์ประกอบของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ [8]

โดยทั่วไปพืชที่สกัดให้น้ำมันจะมีส่วนประกอบหลักคือ ไตรกลีเซอไรด์ (TGs) และส่วนประกอบรองคือโมโนกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ (DGs) สเตอรอลและกรดไขมันอิสระ (FFA) เมื่อเปรียบเทียบกับส่วนประกอบต่างๆ ของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์และน้ำมันมะพร้าวทั่วไป (RBD) ตารางที่ 2.5 จะพบว่าน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีโมโนกลีเซอไรด์ สเตอรอล และกรดไขมันอิสระสูงกว่าน้ำมันมะพร้าวทั่วไปเนื่องจากน้ำมันมะพร้าวทั่วไปต้องผ่านการทำให้บริสุทธิ์โดยการใช้สารเคมีภายใต้สภาวะด่างส่วนน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์นั้นไม่มีสารเคมีเข้ามาเกี่ยวข้องในการผลิต (Dayrit, FM., et al., 2008)

**ตารางที่ 2.5** การเปรียบเทียบส่วนประกอบต่างๆ ของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์และน้ำมันมะพร้าว RBD

| ส่วนประกอบ | น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ | น้ำมันมะพร้าว RBD |
|---|---|---|
| monoglyceride (1-MGs) | 0.027 % | 0.019 % |
| diglyceride | 1.549 % | 4.095 % |
| sterols | 0.096 % | 0.032 % |
| free fatty acid | 0.127 % | 0.015 % |

**ที่มา:** Dayrit, FM., et al. (2008)

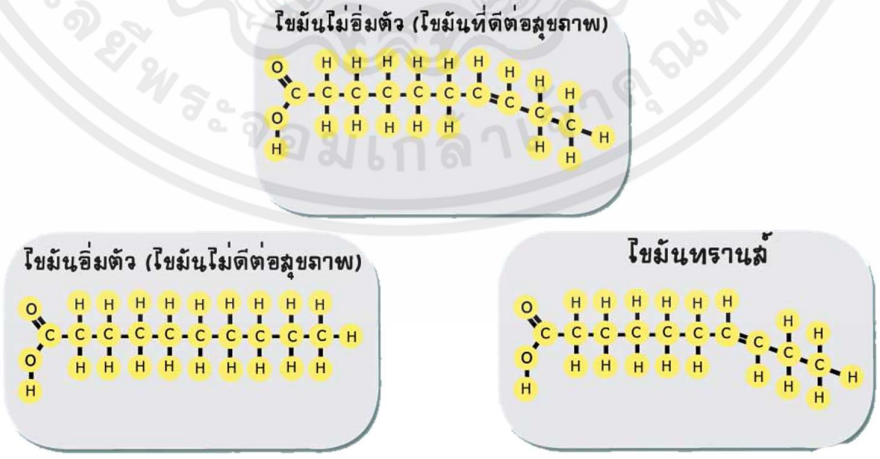
Marina, AM., Che Man, YB. and Nazimah, SAH. (2009) กล่าวว่า องค์ประกอบทางเคมีในน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีความแตกต่างกัน เนื่องมาจากถิ่นกำเนิดทางภูมิศาสตร์ วิธีการผลิตและระยะเวลาในการเก็บรวมทั้งความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่ได้รับผลกระทบจากการใช้ความร้อนในกระบวนการผลิต โดยความร้อนจะทำให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ลดลง

จากการทดลองของ Nevin, KG. and Rajamohan, T. (2006) รายงานว่าน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ลดคอเลสเตอรอลรวม ไตรกลีเซอไรด์ ฟอสโฟลิปิด ไลโปโปรตีนความหนาแน่นต่ำ (LDL) และคอเลสเตอรอลไลโปโปรตีนความหนาแน่นต่ำมาก (VLDL) และเพิ่มคอเลสเตอรอลไลโปโปรตีนความหนาแน่นสูง (HDL) ในซีรัมและเนื้อเยื่อเมื่อเทียบกับน้ำมันมะพร้าว นอกจากนี้การให้น้ำมันมะพร้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริสุทธิ์สามารถเพิ่มเอ็นไซม์ต้านอนุมูลอิสระและลดปริมาณลิพิดเปอร์ออกซิเดชันน้ำมันมะพร้าว บริสุทธิ์ยังมีฤทธิ์ต้านการแข็งตัวของเลือดมากกว่าน้ำมัน copra เนื่องจากคุณค่าทางการรักษาน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์จึงได้รับความนิยมเมื่อสองสามปีก่อน ปัจจุบัน ผู้บริโภคต้องการน้ำมันที่บริโภคได้จากธรรมชาติและปราศจากสารเคมีบำบัด ดังนั้น การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์จึงเป็นที่สนใจอย่างยิ่งโดยเฉพาะกับผู้บริโภคที่ต้องการข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับคุณลักษณะและคุณสมบัติของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์อย่างไรก็ตาม รายงานเกี่ยวกับคุณสมบัติทางเคมีของมันมีจำกัด ดังนั้น การศึกษานี้จึงได้ดำเนินการศึกษาองค์ประกอบพื้นฐานและวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่มีอยู่ในตลาดปัจจุบัน

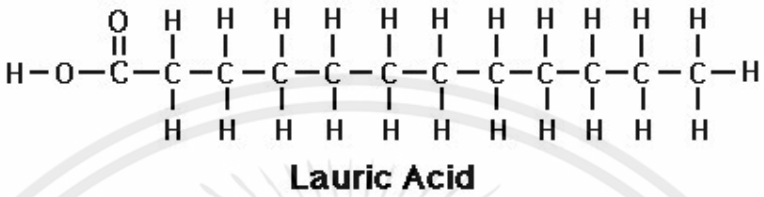
**2.5.1 กรดไขมันอิ่มตัว** ไขมันอิ่มตัวมักมีสถานะที่ไม่ดี เนื่องจากสามารถเพิ่มระดับคอเลสเตอรอลที่ไม่ดีในเลือดและเพิ่มความเสี่ยงต่อโรคหัวใจได้ ไม่เกิน 10% ของแคลอรี่ทั้งหมดในอาหารปกติควรมาจากไขมันอิ่มตัว ไขมันอิ่มตัวในน้ำมันมะพร้าวประมาณ 1 ช้อนโต๊ะคิดเป็น 90% ของไขมันครึ่งหนึ่งเป็นกรดลอริก สารไขมันนี้มีโครงสร้างทางเคมีที่แตกต่างไปจากเดิมอย่างสิ้นเชิงจากไขมันอิ่มตัวชนิดอื่นๆ จึงช่วยเพิ่มไลโปโปรตีนความหนาแน่นสูง อย่างไรก็ตามควรใช้เท่าที่จำเป็น เพราะยังมีไขมันและแคลอรีสูงอยู่ไตรกลีเซอไรด์สายกลางเชื่อกันว่าย่อยเข้าสู่ระบบได้ดีกรดลอริกประกอบด้วยไขมันประมาณ 40% ตามด้วยกรดคาปริก กรดคาปริลิก กรดไมริสติก และกรดปาลมิติก ร่างกายแปลงลอริกเป็นโมโนลอรินซึ่งช่วยในการต่อสู้กับไวรัสและโรคต่างๆกรดคาปริกตอบสนองด้วยเอ็นไซม์ที่ผลิตโดยแบคทีเรีย ซึ่งต่อมาเปลี่ยนเป็นโมโนคาร์ปินที่มีฤทธิ์ต้านจุลชีพกรดคาปริลิก กรดคาโปรอิก และกรดไมริสติกแสดงคุณสมบัติต้านจุลชีพและเชื้อราที่รุนแรงกรดสเตียริกมีคุณสมบัติในการทำความสะอาดและแข็งตัวซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายในผลิตภัณฑ์ดูแลผิวที่จำเป็น




**รูปที่ 2.1** องค์ประกอบและโครงสร้างชนิดของกรดไขมันต่างๆ

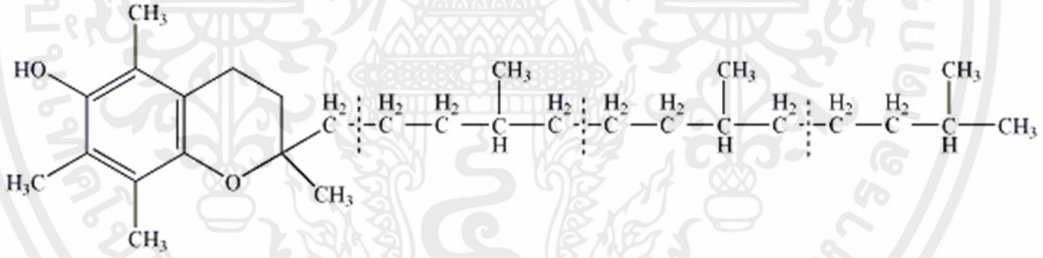
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.5.2 กรดลอริก** น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์เป็นน้ำมันจากพืชชนิดเดียวในโลกที่มีปริมาณกรดลอริกสูง คือ มีประมาณ 47-53 เปอร์เซ็นต์ กรดลอริกนี้เองที่ทำให้น้ำมันมะพร้าวมีคุณสมบัติพิเศษในการเสริมสุขภาพและความงามของมนุษย์ นอกจากนี้น้ำมันมะพร้าวยังมีกรดคาปริก อยู่ประมาณ 6-7 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งช่วยเสริมประสิทธิภาพในการทำงานของกรดลอริกได้




**รูปที่ 2.2** องค์ประกอบและโครงสร้างของกรดลอริก

**2.5.3 วิตามินอี** ในน้ำมันมะพร้าวที่ไม่ผ่านความร้อนสูงและไม่ผ่านกระบวนการแปรรูปด้วยสารเคมีโดยวิธีการหมักหรือวิธีบีบเย็น จะยังคงมีวิตามินอีที่มีประสิทธิภาพอยู่ในปริมาณสูง โดยทำหน้าที่เป็นสารต่อต้านอนุมูลอิสระ



**รูปที่ 2.3** องค์ประกอบและโครงสร้างของวิตามินอี

## 2.6 การผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ [3]

น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์เป็นหนึ่งในน้ำมันบริโภคที่กำลังได้รับความนิยมในฐานะผลิตภัณฑ์เสริมอาหารและอาหารเพื่อสุขภาพการบริโภคน้ำมันและไขมันที่สามารถลดระดับไขมันในซีรัมและเนื้อเยื่อเพื่อรักษาสุขภาพของมนุษย์น้ำมันมะพร้าวได้รับความสำคัญโดยพิจารณาจากกรดไขมันสายกลางที่สามารถช่วยให้หัวใจแข็งแรง นอกจากจะเป็นแหล่งพลังงานและวิตามินที่ละลายในไขมันในการรักษาโภชนาการของมนุษย์แล้ว น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ได้รับความสนใจอย่างมากในฐานะน้ำมันที่ดีต่อสุขภาพที่สุดในโลก เนื่องจากมีกรดไขมันสายกลางในปริมาณมาก โดยเฉพาะกรดลอริก 48-53 % ที่สามารถเพิ่มการเผาผลาญ ภูมิคุ้มกัน การย่อยได้ และทำให้ระดับไขมันในซีรัมแข็งแรง การผลิตน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มะพร้าวบริสุทธิ์คือน้ำมันที่ได้มาจากเมล็ดสดและแก่ (อายุ 12 เดือนจากการผสมเกสร) ของมะพร้าว โดยวิธีทางกลหรือทางธรรมชาติ โดยจะใช้ความร้อนหรือไม่ใช้ความร้อนก็ได้ ซึ่งไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของธรรมชาติ น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ไม่ได้ผ่านการกลั่น ฟอก หรือกำจัดกลิ่นด้วยสารเคมี และเหมาะสำหรับการบริโภคในสภาพธรรมชาติโดยไม่ต้องผ่านกรรมวิธีเพิ่มเติม และประกอบด้วยไตรกลีเซอไรด์สายกลางเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งทนต่อการเกิดออกซิเดชัน และกรดไขมันที่มีอยู่ในน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์นั้นแตกต่างจากสัตว์ ไขมันซึ่งมีกรดไขมันอิ่มตัวสายยาวเป็นส่วนใหญ่ น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ไม่มีสี ไม่มีตะกอน มีกลิ่นมะพร้าวสดจากธรรมชาติ ปราศจากกลิ่นหืนน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์เหมาะสำหรับการบริโภคของมนุษย์ในสภาพธรรมชาติโดยไม่ต้องกลั่น นอกเหนือจากมาตรฐานอื่นๆ ข้อเสนอที่สำคัญประการหนึ่งคือ ห้ามเติมสารเติมแต่งลงในน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ การสกัดน้ำมันจากเมล็ดพืชน้ำมันเป็นขั้นตอนสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ กระบวนการสกัดมีผลโดยตรงต่อคุณภาพและปริมาณของน้ำมันที่ได้รับและไม่ผ่านการบำบัดทางเคมีและขั้นตอนการกลั่น ดังนั้นจึงคงไว้ซึ่งลักษณะทางประสาทสัมผัสและการทำงานของมะพร้าวสด วิธีการต่างๆ เช่น วิธีการสกัดด้วยตัวทำละลาย วิธีแบบแห้ง และแบบเปียก สามารถสกัดน้ำมันมะพร้าวจากเนื้อมะพร้าวได้ การใช้ตัวทำละลายเพื่อนำน้ำมันกลับมาใช้ใหม่มีข้อเสียหลายประการ เช่น อันตรายด้านความปลอดภัยสูง แหล่งพลังงานสูง น้ำมันคุณภาพต่ำ ความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อม และกากอาหารคุณภาพต่ำ ในวิธีเปียก น้ำมันจะถูกสกัดผ่านหัวกะทิด้วยกระบวนการให้ความร้อนและไม่ร้อน ในกระบวนการให้ความร้อน น้ำมันจะถูกสกัดด้วยความร้อนโดยตรงของกะทิ ในขณะที่ในกระบวนการที่ไม่ให้ความร้อน น้ำมันจะถูกสกัดผ่านกระบวนการสกัดด้วยน้ำ กระบวนการหมัก กระบวนการสกัดของเหลววิกฤตยิ่งยวด และกระบวนการสกัดด้วยเอนไซม์ ในกระบวนการที่ไม่ให้ความร้อน กะทิจะไม่ผ่านการให้ความร้อนสำหรับการสกัดน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ดังนั้นจึงพบว่ามีประโยชน์มากกว่ากระบวนการให้ความร้อนในการรักษาลักษณะการทำงานของมะพร้าวสด

**2.6.1 วัตถุดิบ** จะใช้มะพร้าวที่มีอายุ 12-13 เดือน ซึ่งเป็นมะพร้าวที่โตเต็มที่ และต้องไม่มีเซลล์เบียนเนื่องจากจะทำให้ปริมาณของน้ำมันมะพร้าวลดลง โดยจำนวนมะพร้าวที่ใช้ผลิตเพื่อให้ได้น้ำมันมะพร้าว 1 ลิตร คือ 10-15 ลูก หรือเนื้อมะพร้าวขูดที่อบแห้งแล้ว 1 กิโลกรัม เมื่อผ่านการบีบเย็นแล้วจะให้ผลผลิตของน้ำมันมะพร้าว 0.17 กิโลกรัม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของการผลิตและกระบวนการที่ใช้การผลิตระดับจุลภาคหรือระดับครัวเรือนจะมีกำลังการผลิตน้อยกว่า 1,000 ลูกต่อวัน ขณะที่การผลิตระดับหมู่บ้านมีกำลังการผลิตอยู่ที่ 1,000-5,000 ลูกต่อวัน (Bawalan, DD., and Chapman, KR., 2006)

**2.6.2 การเตรียมวัตถุดิบ** จะใช้น้ำมันมะพร้าวที่ผ่านการกะเทาะเปลือกใหม่ๆ และระมัดระวังไม่ให้ผลมะพร้าวแตกระหว่างการขนส่งเพราะจะทำให้ลูกมะพร้าวจะเกิดการเน่าเสีย จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของเอนไซม์หรือจุลินทรีย์ ทำให้น้ำมันมะพร้าวที่ผลิตได้มีกลิ่นและรสที่ไม่ดี โดยทั่วไปเนื้อมะพร้าวขูดจะมีความชื้นประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นควรนำเนื้อมะพร้าวนั้นเข้าอบแห้งภายใน 4 ชั่วโมง และไม่ควรทิ้งไว้ข้ามคืน

**2.6.3 น้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น** เป็นน้ำมันมะพร้าวที่ผลิตจากเนื้อมะพร้าวสดผ่านกระบวนการบีบ แต่ไม่ผ่านความร้อนสูง เป็นน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่สุด สีใสเหมือนน้ำ มีวิตามินอีและไม่ผ่านกระบวนการเติมออกซิเจนมีค่าเปอร์ออกไซด์และกรดไขมันอิสระต่ำ มีกลิ่นมะพร้าวอ่อนๆ ถึงแรง ขึ้นอยู่กับกระบวนการการผลิต มีความชื้นไม่เกิน 0.1 % โดยเรียกน้ำมันมะพร้าวชนิดนี้อีกอย่างว่า “น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์” ซึ่งเป็นน้ำมันที่ผลิตโดยอุตสาหกรรมขนาดเล็ก หรือในครัวเรือน ทั้งนี้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่สกัดจากเนื้อมะพร้าวสดจะมีปริมาณส่วนประกอบที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive components) มากกว่าน้ำมันมะพร้าว RBD ที่สกัดโดยใช้การสกัดแบบแห้ง หรือ dry process (Ghazali, HM., et al., 2009)

การสกัดน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์จากเนื้อมะพร้าวสด สามารถทำได้ 2 วิธีคือ การสกัดแบบแห้งเป็นการสกัดโดยใช้เนื้อมะพร้าวสดที่นำไปทำให้แห้งโดยใช้ความร้อนไม่สูงมากประมาณ 40-50 องศาเซลเซียส นาน 30-45 นาที จากนั้นนำไปบีบเพื่อให้น้ำมันออกมาโดยใช้เครื่องบีบอัดแบบเย็นซึ่งมีอยู่ 2 ชนิดคือ เครื่องอัดแบบไฮโดรลิกและเครื่องอัดแบบเกลียวอัดและการสกัดแบบเปียกวิธีนี้น้ำมันมะพร้าวจะถูกสกัดจากเนื้อมะพร้าวสด โดยน้ำกะทิจะถูกบีบออกจากเนื้อมะพร้าว จากนั้นจึงนำไปแยกเอาน้ำมันออกจากน้ำกะทิ วิธีการแยกน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ออกจากน้ำกะทิสามารถทำได้หลายวิธี คือ วิธีการเคี่ยว วิธีการหมักการแช่เย็น การใช้เอนไซม์และการใช้เครื่องเหวี่ยง

**2.6.4 กระบวนการในการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์** กระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวมีหลายวิธี เช่น วิธีการสกัดแบบดั้งเดิมในระดับครัวเรือน วิธีการสกัดโดยใช้เครื่องอัดแบบไฮโดรลิก วิธีการสกัดโดยใช้เครื่องอัดแบบเกลียวอัด วิธีการสกัดโดยใช้เครื่องเหวี่ยงและวิธีการหมัก (ลลิตา อัตนโถ, 2548) โดยมีรายละเอียดดังนี้

**2.6.4.1 วิธีการผลิตน้ำมันมะพร้าวในระดับครัวเรือนแบบดั้งเดิม** เริ่มต้นจากการบีบน้ำกะทิจากเนื้อมะพร้าวขูดที่เก็บรักษาไว้ไม่เกิน 24 ชั่วโมง ซึ่งองค์ประกอบในน้ำกะทิประกอบด้วย น้ำมัน น้ำ โปรตีนและอื่นๆ น้ำกะทิจะถูกหมักเป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง เพื่อให้น้ำมันมะพร้าวแยกออกจากชั้นน้ำ จากนั้นให้ความร้อนแก่น้ำมันมะพร้าวเพื่อไล่ความชื้นและทำการกรอง ข้อเสียของวิธีการนี้คือ เป็นการผลิตขนาดเล็ก ทำให้การควบคุมคุณภาพของน้ำมันมะพร้าวให้สม่ำเสมอนั้นเป็นไปได้ยาก

**2.6.4.2 วิธีการผลิตโดยใช้เครื่องเหวี่ยง** การผลิตน้ำมันมะพร้าววิธีนี้จะได้น้ำมันมะพร้าวที่มีคุณภาพสูงกว่าวิธีการผลิตน้ำมันมะพร้าวในระดับครัวเรือนแบบดั้งเดิมเนื่องจากไม่มีการให้ความร้อนแก่น้ำมันในขั้นตอนของการผลิต เริ่มต้นจากการนำน้ำกะทิมาเหวี่ยงเพื่อแยกของแข็งและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำออกจากชั้นน้ำมันจนได้ชั้นของน้ำมันอยู่ด้านบน ข้อเสียของวิธีนี้คือ มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนสูง เนื่องจากต้องใช้เครื่องเหวี่ยงซึ่งมีราคาแพง ดังนั้นการสกัดโดยใช้เครื่องเหวี่ยงมักจะใช้ในการสกัดน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ในระดับโรงงาน ซึ่งข้อดีของการสกัดโดยใช้เครื่องเหวี่ยงคือ น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ได้จะมีคุณภาพดี ผ่านความร้อนและมีความชื้นน้อยจากการศึกษาโดยใช้เครื่องเหวี่ยงในการสกัดน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ความเร็วในการเหวี่ยงหมุน 6,000-12,000 รอบต่อนาที และใช้เวลา 30-105 นาที นั้นพบว่า ความเร็วและเวลาที่ใช้ในการเหวี่ยงมีผลต่อปริมาณของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ได้คือ เมื่อความเร็วในการเหวี่ยงเพิ่มขึ้นจะทำให้ได้ปริมาณของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์เพิ่ม โดยความหนืดของน้ำมันมะพร้าวและน้ำจะมีความไวต่ออุณหภูมิ ซึ่งแรงเหวี่ยงจะทำให้เกิดความร้อนจากการเหวี่ยงหมุน เมื่ออุณหภูมิเพิ่ม ความหนืดของน้ำมันมะพร้าวจะลดลง ส่วนการเพิ่มอัตราเร่งในการเหวี่ยงหมุนจะทำให้อัตราเร็วในการแยกน้ำมันมะพร้าวเพิ่มขึ้น ผลที่ได้คือ ปริมาณของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่เพิ่มขึ้น และยังพบว่าผลผลิตของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์สูงสุดอยู่ที่ 29.5 % โดยใช้ความเร็วและเวลาในการเหวี่ยงหมุน 1,200 รอบต่อนาที และ 105 นาที ตามลำดับ

**2.6.4.3 วิธีการผลิตน้ำมันมะพร้าวโดยใช้เครื่องบีบแบบสกรู** โดยเนื้อมะพร้าวที่ใช้ได้ผ่านการขูดและอบแห้งที่อุณหภูมิประมาณ 50-60 องศาเซลเซียส นานประมาณ 4 ชั่วโมง หลังจากกะเทาะเปลือกเพื่อป้องกันการปนเปื้อนของแบคทีเรีย การผลิตวิธีนี้สามารถใช้ความดันต่ำร่วมด้วย หรือเรียกว่า low pressure oil extraction โดยเนื้อมะพร้าวที่ใช้จะมีความชื้นประมาณ 10-12 เปอร์เซ็นต์ ทำให้น้ำมันมะพร้าวที่บีบได้มีองค์ประกอบของน้ำที่มาจากความชื้นของเนื้อมะพร้าวประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำมันมะพร้าวที่ผลิตได้ เมื่อวางทิ้งไว้ให้น้ำมันและน้ำแยกชั้นแล้วอาจใช้ความร้อนเพื่อกำจัดปริมาณความชื้นที่เหลืออยู่ ระยะเวลาที่ใช้ต่อการดำเนินงาน 1 ครั้ง ประมาณ 1.5 ชั่วโมงและมีประสิทธิภาพในการสกัด มากกว่า 85 เปอร์เซ็นต์

**2.6.4.4 การสกัดด้วยเครื่องไฮโดรลิก** เป็นวิธีการสกัดโดยใช้เครื่องอัดแบบไฮโดรลิก และวิธีการสกัดโดยใช้เครื่องอัดแบบเกลียวอัดนั้นมีความเหมาะสมสำหรับการผลิตในระดับธุรกิจ เนื่องจากต้องลงทุนเกี่ยวกับเครื่องมือ ที่มีราคาค่อนข้างแพง โดยขั้นตอนในการสกัดน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีดังนี้คือ นำเนื้อมะพร้าวที่อบแห้งสดไปอบแห้งที่อุณหภูมิไม่เกิน 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30-45 นาที นำเนื้อมะพร้าวที่อบแห้งมาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำไปบีบด้วยเครื่องบีบแบบไฮโดรลิก จะได้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ออกมา จากนั้นนำน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ไปกรองด้วยผ้ากรองตาถี่หลายชั้น แล้วใส่ในภาชนะที่มีฝาปิด ตั้งทิ้งไว้ 1 สัปดาห์ให้ตกตะกอนและนำน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์เฉพาะน้ำมันใสๆ มากรองอีกครั้งหนึ่ง จะได้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์แบบบีบเย็น (cold-pressed) จากนั้นนำไปบรรจุลงในขวดที่มีฝาปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.6.4.5 การสกัดด้วยวิธีการหมัก** การหมักยังเป็นวิธีการที่รู้จักกันดีในกระบวนการเย็นในการสกัดน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์จากกะทิจากผลมะพร้าวแก่ที่เก็บมาจากต้นภายใน 24 ชั่วโมง การสกัดด้วยวิธีการหมัก มีขั้นตอนดังนี้คือ นำเนื้อมะพร้าวขูดใส่ในกะละมัง เติมน้ำอุ่นอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสลงไป โดยใช้อัตราส่วนของเนื้อมะพร้าวขูดต่อน้ำอุ่นเท่ากับ 1 ต่อ 1 ส่วน จากนั้นคั้นน้ำกะทิในกะละมัง แล้วใช้ผ้าขาวบาง หรือ ตะแกรงลวดกรองเอากากมะพร้าวทิ้งไปโดยกากมะพร้าวสามารถนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นได้ เช่น ทำปุ๋ย หรือใช้เป็นอาหารสัตว์ เป็นต้น ซึ่งการหมักวิธีนี้มีข้อเสียเกี่ยวกับความชื้นของน้ำมันมะพร้าวแต่ถ้านำน้ำมันมะพร้าวไปไล่ความชื้นออกโดยผ่านการให้ความร้อนก็สามารถไล่ความชื้นออกไปได้และได้น้ำมันที่มีคุณภาพดี หลังจากนั้นนำน้ำกะทิที่คั้นได้ไปหมักในสภาวะไร้อากาศ โดยใส่ในขวดโหลหรือภาชนะอื่นๆ ที่มีทรงสูง โดยให้ขอบบนของน้ำกะทิห่างจากปากขวดประมาณ 2 นิ้ว ปิดปากขวดโหลด้วยผ้าพลาสติก ใช้หนังยางรัดให้แน่น แล้วตั้งทิ้งไว้ 36-48 ชั่วโมง เอนไซม์ที่มีอยู่ในมะพร้าวตามธรรมชาติจะทำให้โปรตีนแยกตัวออกจากน้ำมันหลังจากตั้งทิ้งไว้ 36-48 ชั่วโมงโดยน้ำกะทิจะแยกออกเป็น 3 ส่วนคือ น้ำมันมะพร้าวจะลอยตัวอยู่ด้านบน ซึ่งอาจพบกากกะทิปนอยู่ด้วย ส่วนที่อยู่ตรงกลางระหว่างน้ำมันมะพร้าวกับน้ำจะเป็นกากกะทิ และส่วนล่างซึ่งมีปริมาณมากที่สุดก็คือ น้ำ ขั้นตอนสุดท้ายนำน้ำมันมะพร้าวที่ลอยอยู่ด้านบนแยกออกจากน้ำ โดยใช้สายยางหรือกระบวยตักน้ำ แล้วตั้งทิ้งไว้ 2-3 วัน เพื่อให้ตกตะกอน ทำการกรองเอาแต่น้ำมันใสๆ มาบรรจุลงในภาชนะทึบแสงหรือขวดที่มีฝาปิด สามารถเก็บน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ได้นานเป็นปีโดยไม่เสื่อมคุณภาพ การสกัดน้ำมันมะพร้าววิธีนี้จะได้น้ำมันออกมาประมาณ 15-20 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเนื้อมะพร้าวที่นำมาสกัด การผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ของประเทศในทวีปอเมริกาเหนือโดยบริษัท Nutiva ได้สรุปเทคนิคสำคัญที่ใช้ในการสกัดน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ไว้ 5 เทคนิคดังแสดงในตารางที่ 2.6

**รูปที่ 2.4** การสกัดด้วยวิธีการหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.6** เทคนิคสำคัญที่ใช้สกัดน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์เพื่อการค้าของบริษัท Nutiva

| วิธีการ | สีเมื่อมีการแข็งตัว | รสชาติและกลิ่น | อุณหภูมิที่ใช้ | ข้อคิดเห็น |
|---|---|---|---|---|
| Dry Refined, bleached and deodorized (RBD) | ขาว/เหลือง | ไม่มีกลิ่น /ไม่มีรสชาติ | >220 °F | ผลิตจากเนื้อมะพร้าวแห้งที่ผ่านการตากแดดนานหลายสัปดาห์หรือหลายเดือนจากนั้นนำมาทำให้บริสุทธิ์ (refined) ฟอกสี (bleached) และกำจัดกลิ่น (deodorized) |
| Dry Expeller pressed Extra-virgincoconut oil | ขาว | รสชาตินุ่ม มีรสหวานอ่อนๆ ของมะพร้าว/ มีกลิ่นหอมอ่อนๆ | <170°F | ผลิตจากเนื้อมะพร้าวสดที่ถูกนำมาอบแห้งโดยใช้ลมร้อนนานหลายชั่วโมงจากนั้นนำมาบีบเย็น |
| Wet Centrifuged (Cold) Extra-virgin coconut oil | ขาว | รสชาติของมะพร้าวแท้/ มีกลิ่นหอมอ่อนๆ | <113 °F | ผลิตจากเนื้อมะพร้าวสดโดยการทำให้เป็นน้ำกะทิก่อนจากนั้นนำมาเข้าเครื่องเหวี่ยงเพื่อสกัดแยกน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ |
| Wet Centrifuged (Hot) Extra-virgin coconut oil | ขาว | รสชาติของมะพร้าวแท้/ มีกลิ่นหอมอ่อนๆ | 140 °F | ผลิตจากเนื้อมะพร้าวสดโดยการทำให้เป็นน้ำกะทิก่อนจากนั้นนำมาเข้าเครื่องเหวี่ยงเพื่อสกัดแยกน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.6** เทคนิคสำคัญที่ใช้สกัดน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์เพื่อการค้าของบริษัท Nutiva (ต่อ)

| วิธีการ | สีเมื่อมีการแข็งตัว | รสชาติและกลิ่น | อุณหภูมิที่ใช้ | ข้อคิดเห็น |
|---|---|---|---|---|
| Wet Village scale Fermented extra-virgin coconut oil | ขาว | มีรสเปรี้ยวของมะพร้าว/ มีกลิ่นหอมอ่อนๆ ถึงหอมมาก | หมักที่อุณหภูมิห้อง/ อาจมีการใช้ความร้อนร่วมด้วย | ผลิตจากเนื้อมะพร้าวสด โดยการทำให้เป็นน้ำกะทิก่อนแล้วนำไปหมักนาน 10-24 ชั่วโมงเพื่อให้น้ำและน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์แยกชั้นกัน |

**ที่มา:** Nutiva (2010)

## 2.7 ข้อมูลทางโภชนาการ [6]

แคลอรี่เกือบทั้งหมดในน้ำมันมะพร้าวมาจากไขมัน ซึ่งไขมันเป็นหนึ่งในธาตุอาหารหลักที่จำเป็นต่อการทำงานของร่างกาย ไขมันจำเป็นต่อการดูดซึมวิตามินที่ละลายในไขมัน สร้างฮอร์โมน ปกป้องอวัยวะ และรักษาอุณหภูมิของร่างกายให้อยู่ในช่วงปกติน้ำมันมะพร้าว 1 ช้อนโต๊ะมีไขมัน 13.5 กรัม ไขมัน 1 กรัมให้พลังงาน 9 แคลอรี ดังนั้น 1 ช้อนโต๊ะจะให้พลังงานประมาณ 120 แคลอรี่ น้ำมันมะพร้าวส่วนใหญ่ใช้โดยนักกีฬา นักเพาะกาย และนักดูน้ำหนัก ไขมันที่มีอยู่ในน้ำมันมะพร้าวจะถูกแปลงอย่างรวดเร็วเป็นแหล่งพลังงานในทันทีและไม่นำไปสู่การสร้างไขมันในหัวใจและหลอดเลือด นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มพลังงาน ความอดทน และเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของนักกีฬา

**2.7.1 วิตามินและแร่ธาตุ** น้ำมันมะพร้าวไม่ได้เป็นแหล่งที่ดีของวิตามินและแร่ธาตุ แต่ก็ยังมีเพียงไม่กี่ชนิดเท่านั้น มันมีธาตุเหล็กซึ่งเป็นแร่ธาตุที่นำออกซิเจนไปยังทุกเซลล์ในร่างกาย น้ำมันมะพร้าวยังมีวิตามินเคจำนวนเล็กน้อยที่ช่วยให้เลือดจับตัวเป็นลิ่ม และวิตามินอีเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีศักยภาพที่ป้องกันความเสียหายจากอนุมูลอิสระของเซลล์

**2.7.2 อนุพันธ์ของกรดไขมันและแอลกอฮอล์ไขมัน** นอกจากนี้ยังประกอบด้วยอนุพันธ์หลายชนิด เช่น เบทาอีน เอธานอลามีน อีทอกซีเลต เอสเทอร์ของไขมัน โพลิซอร์เบตที่เป็นไขมัน โมโนกลีเซอไรด์ และโพลิออลเอสเทอร์ มีอนุพันธ์ของแฟตตี้แอลกอฮอล์อยู่ไม่กี่ชนิด ซึ่งรวมถึงแฟตตีคลอไรด์ แฟตตีแอลกอฮอล์ซัลเฟต และอีเทอร์ซัลเฟตแอลกอฮอล์ที่มีไขมัน

**2.7.3 น้ำมันมะพร้าวสำหรับทำอาหาร** น้ำมันมะพร้าว ซึ่งส่วนใหญ่เป็นไขมันอิ่มตัวมีความเสถียรและสามารถเก็บอุณหภูมิได้สูงกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่นๆ จึงเป็นหนึ่งในแหล่งน้ำมันที่ดีเยี่ยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการปรุงอาหาร ให้รสชาติที่แปลกใหม่และเนื้อสัมผัสที่ดีแก่อาหาร มักจะชอบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์เพื่อคุณภาพที่เหนือกว่าน้ำมันมะพร้าวมีประโยชน์หลากหลายในครัวอินเดีย ส่วนใหญ่เป็นเขตร้อนของอินเดีย เหมาะอย่างยิ่งสำหรับการผัด ย่าง และทอด นอกจากนี้ยังสามารถใช้แทนเนยเพื่อสุขภาพในการทำผลิตภัณฑ์อบที่ช่วยเพิ่มกลิ่นหอมและรสชาติของอาหาร

## 2.8 ประโยชน์ต่อสุขภาพของน้ำมันมะพร้าว [9]

น้ำมันมะพร้าวให้ประโยชน์ในการรักษาที่หลากหลายโดยการเพิ่มระดับคอเลสเตอรอลที่ดี ช่วยในการลดน้ำหนัก บรรเทาอาการของการติดเชื้อ ส่งเสริมสุขภาพผิวและผม ส่งเสริมการย่อยอาหารและเสริมภูมิคุ้มกัน เป็นเพียงประโยชน์ต่อสุขภาพบางส่วนที่น่าประทับใจ

1. ลดระดับคอเลสเตอรอลบำรุงสุขภาพหัวใจให้แข็งแรงช่วยป้องกันโรคหัวใจความดันโลหิตสูงโรคเบาหวานและโรคมะเร็ง

2. เร่งอัตราการเผาผลาญ และช่วยป้องกันไม่ให้เกิดไขมันสะสมตามส่วนต่างๆ เหมาะสำหรับผู้ที่อยู่ในช่วงลดน้ำหนักอย่างมากทีเดียว

3. ช่วยในการลดน้ำหนัก บำรุงกำลังในผู้ที่มีร่างกายอ่อนเพลีย ผอมแห้งและเพิ่มแรงพลังให้แก่นักกีฬาได้เป็นอย่างดี

4. ย่อยง่าย จึงเหมาะสำหรับสุขภาพผู้ป่วยโรคถุงน้ำดี เพราะสามารถดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้ในเวลารวดเร็ว สำหรับผู้ที่มีปัญหาเกี่ยวกับระบบย่อยอาหารเด็กทารกและผู้สูงอายุที่มีการดูดซึมอาหารไม่ค่อยเต็มประสิทธิภาพ

5. เป็นแหล่งของวิตามินเอ ช่วยในการต่อต้านอนุมูลอิสระ บำรุงผิวพรรณและเส้นผมให้สวยสุขภาพดี

6. ช่วยในการดูดซึมวิตามิน เกลือแร่และกรดอะมิโนที่มีความจำเป็นต่อความต้องการร่างกาย

7. ช่วยรักษาโรคปวดเมื่อย ชะลอการเสื่อมสภาพให้เป็นไปตามวัยได้ดี

8. ช่วยป้องกันโรคมะเร็งผิวหนัง

9. ช่วยรักษาอาการปวดกระดูก

10. ช่วยรักษาเชื้อราบนผิวหนังและร่องเล็บ

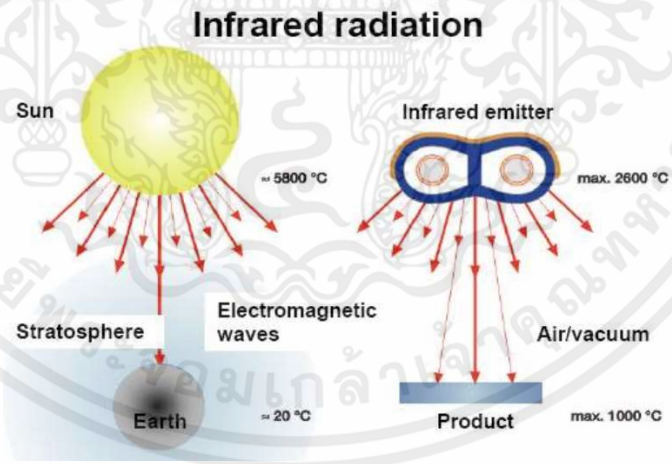
11. ช่วยแก้พิษจากแมลงสัตว์กัดต่อย รวมถึงอาการเคล็ดขัดยอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.9 อินฟราเรด (Infrared) [10]

การให้ความร้อนโดยใช้รังสีอินฟราเรด เป็นการให้ความร้อนในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยอยู่ในช่วงความยาวคลื่นของรังสีอินฟราเรด (0.76 μm – 1 mm) ซึ่งอยู่ในช่วงของแสงที่มองเห็นได้ ช่วงรังสีอินฟราเรดสามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม คือ คลื่นสั้น คลื่นปานกลาง และคลื่นยาว การดูดซับรังสีอินฟราเรดจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความยาวคลื่นของรังสีอินฟราเรด ส่วนประกอบของวัตถุ ลักษณะพื้นผิวของวัตถุมุมตกกระทบ และสีของวัตถุ วัตถุที่เป็นของแข็งส่วนใหญ่จะดูดซับรังสีอินฟราเรดที่มีความยาวคลื่นมากกว่า 2 เมตรได้ดี ยกเว้นโลหะที่ขัดขึ้นเงา เช่น ทอง เงิน เป็นต้น การใช้งานรังสีอินฟราเรดจะต้องมีตัวปล่อยคลื่น (IR Emitter) ซึ่งประกอบด้วย ตัวปล่อยคลื่นสั้น (Short Wave) ตัวปล่อยคลื่นปานกลาง (Medium Wave) และตัวปล่อยคลื่นยาว (Long Wave) เป็นแหล่งกำเนิดความร้อน

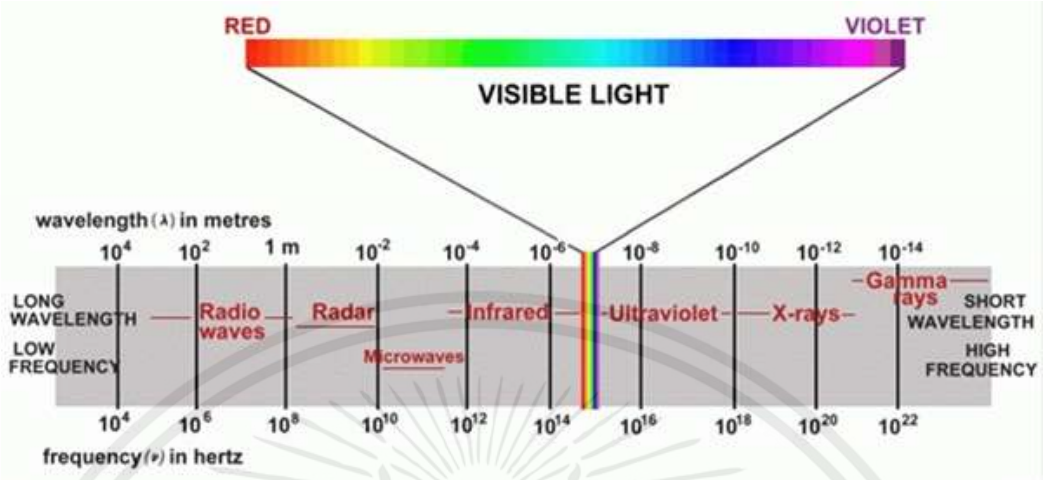
เมื่อพิจารณาแหล่งกำเนิดความร้อนขนาดใหญ่ของโลก ก็คือ ดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นตัวอย่างของการแผ่รังสีความร้อน (Radiation) มายังโลก พบว่าอุณหภูมิของการแผ่รังสีแสงอาทิตย์มีค่าสูงถึง 10,240 o F (~6,000 o C) และอยู่ในช่วงความยาวคลื่น 0.4-0.8 μm ซึ่งเป็นช่วงรังสีแสงที่มองเห็น (Visible Light) ดังนั้นการให้ความร้อนโดยการแผ่รังสีความร้อนจึงถือได้ว่ามีค่าสูงกว่าการส่งถ่ายความร้อนโดยนำความร้อน (Conduction) และพาความร้อน (Convection) เป็นอย่างมาก




**รูปที่ 2.5** แสดงการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์และตัวปล่อยคลื่นอินฟราเรด (Emitter)

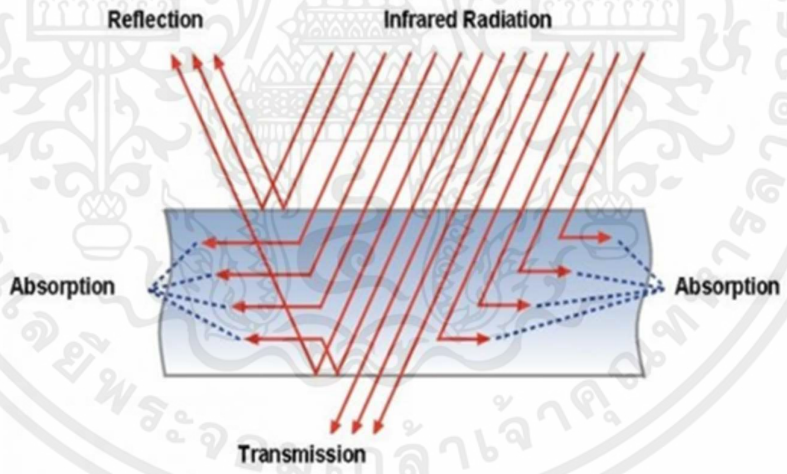
นอกจากนั้นการให้ความร้อนโดยรังสีอินฟราเรดนี้จะไม่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีทางแสง (Photochemical) เหมือนกับรังสีอัลตราไวโอเลต (UV) จึงไม่ทำให้เกิดการเผาไหม้โดยตรงกับผิวหนังร่างกาย 4 ของคน โดยรูปที่ 2.5 ต่อไปนี้แสดงช่วงความยาวคลื่นของรังสีจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความยาวคลื่นต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 2.6** แสดงช่วงความยาวคลื่นของรังสีชนิดต่างๆ

ปรากฏการณ์ในขณะที่คลื่นรังสีอินฟราเรดตกระทบกับวัตถุมี 3 แบบ คือ ส่งผ่าน (Transmission) ดูดซับ (Absorption) และสะท้อน (Reflection) โดยถ้าเป็นวัตถุหนาความร้อนที่เกิดขึ้นจะมีเพียงเฉพาะส่วนที่ดูดซับเท่านั้น




**รูปที่ 2.7** ปรากฏการณ์ส่งผ่านความร้อนของรังสีอินฟราเรดที่ตกกระทบวัตถุ

อย่างไรก็ตาม หากให้ความร้อนกับวัตถุดำ (Black Body) จะถือว่าการถ่ายเทความร้อนทั้งสามแบบมีค่ารวมกันเท่ากับ 100% ยกตัวอย่างเช่น ถ้าพลังงานสำหรับรังสีอินฟราเรดที่วัตถุสะท้อนออกมีค่า 30% และมีการส่งผ่าน 20% ดังนั้นวัตถุจะดูดซับรังสีเท่ากับ 100%- 30% - 20% = 50% เป็นต้น ดังตารางที่ 2.7 แสดงคุณสมบัติ (Characteristic) ของ การให้ความร้อนโดยรังสีอินฟราเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(IR Heating) แบบต่างๆ ซึ่งจะเห็นได้ว่าคลื่น Short Wave จะสามารถทะลุทะลวงได้ดีที่สุด และให้ความร้อนได้รวดเร็ว แต่สำหรับการให้ความร้อนที่ผิวจะด้อยกว่าคลื่น Medium หรือ Long Wave

**ตารางที่ 2.7** คุณสมบัติของการให้ความร้อนโดยรังสีอินฟราเรดประเภทต่างๆ

| | Short-Wave High-Intensity | Medium-Wave Medium- Intensity | Long-Wave Low- Intensity |
|---|---|---|---|
| **Radiant Source Temperature** | 4000 – 2175 °F | 2175 – 857 °F | 875 – 400 °F |
| **Peak Wavelength Range, μm** | 1.2 – 2.0 | 2.0 – 4.0 | 4.0 – 6.0 |
| **Watt Density, W/in$^2$** | Typical – 60<br>Max - 1200 | Typical – 30<br>Max – 80 | Typical – 15<br>Max - 40 |
| **Direct Radiation as Percent of Input Energy** | 86 – 72% | 60 – 40% | 50 – 20% |
| **Relative heat-up Cool-down time** | Seconds | Seconds to minutes | Minutes |
| **Mechanical Shock Resistance** | Poor | Good to excellent (for metal sheath) | Varies with design |

**ที่มา:** https://webkc.dede.go.th/testmax/node/3825

## 2.10 การประยุกต์ใช้งานรังสีอินฟราเรด [11]

การประยุกต์ใช้งานการให้ความร้อนโดยใช้รังสีอินฟราเรดจะขึ้นอยู่กับความยาวของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ลักษณะการใช้งานโดยมีตัวอย่างการใช้งานที่หลากหลาย ได้แก่การอบสี การอบผลิตภัณฑ์แป้ง การเคลือบภาชนะในการทำอาหาร การเคลือบสาร PVC บนผนัง การอบแห้งสารแม่เหล็กบนเทปคาสเส็ท การอบแห้งผลิตภัณฑ์กระจกนิรภัย การอบหนัง การอบแห้งกระดาษ การอบสีและแล็คเกอร์ การบัดกรี การทำให้หดตัวของโลหะ การเผากระเบื้อง เป็นต้น (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2556)

### 2.10.1 การอบแห้ง

การอบแห้งหรือการลดความชื้นสามารถทำได้หลากหลายวิธีด้วยกัน เช่น การอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง การอบแห้งด้วยไมโครเวฟ การอบแห้งด้วยสุญญากาศ การอบแห้งด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปั๊มความร้อน การอบแห้งด้วยลมร้อน และการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด การอบแห้งในแต่ละวิธีก็จะมีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกันไป ตัวอย่างเช่น การอบแห้งด้วยลมร้อนเป็นวิธีหนึ่งที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากทั้งนี้เนื่องจากมีต้นทุนในการสร้างเครื่องที่ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ ที่ได้กล่าว (Chu et al.,2003) เครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนสามารถใช้แหล่งความร้อนได้จากหลายแหล่งที่หาได้ง่าย เช่น จากขดลวดความร้อน น้ำมันเชื้อเพลิง แก๊สหุงต้ม (LPG) พลังงานแสงอาทิตย์ หรือความร้อนทิ้งจากกระบวนต่างๆ ในโรงงาน สำหรับแหล่งพลังงานความร้อนที่ถูกที่สุด คือ พลังงานแสงอาทิตย์ แต่ก็มีข้อจำกัดคือ ไม่สามารถทำได้หากสภาพอากาศไม่เอื้ออำนวยและต้องใช้พื้นที่มาก (Soponronnarit et al.,1992) ส่งผลให้อัตราการผลิตต่ำ นอกเหนือจากการอบแห้งด้วยลมร้อนแล้วยังมีอีกวิธีหนึ่งที่มีต้นทุนต่ำ (Chu et al.,2003, Isengard 1995) คือ การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด รังสีอินฟราเรดมีการแบ่งย่อยออกได้ 3 ระดับ คือ รังสีอินฟราเรดใกล้ (Near infrared, NIR) ช่วงความยาวคลื่น 0.75 - 3 μm รังสีอินฟราเรดกลาง (Middle infrared, mid-IR) ช่วงความยาวคลื่น 3 -25 μm และรังสีอินฟราเรดไกล (Far infrared, FIR) ช่วงความยาวคลื่น 25 -100 μm

การอบแห้งเป็นเทคนิคที่ใช้ในการถนอมอาหารและเก็บรักษาผลิตผลทางการเกษตรวิธีหนึ่งที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย การอธิบายพฤติกรรมการอบแห้งนั้นสามารถอธิบายได้ด้วยสมการจลนศาสตร์ของการอบแห้ง โดยสมการที่ใช้ในการอธิบายพฤติกรรมการอบแห้งของวัสดุเกษตรนั้นจะอยู่ในรูปของสมการที่เรียกว่า logarithmic model หรือที่เรียกกันว่าเป็นสมการการอบแห้งแบบกึ่งทฤษฎี (Semi-Theoretical Drying Equation) ซึ่งเป็นรูปแบบผลเฉลยอย่างง่ายของ สมการการแพร่กระจายของ Frick (Sogi et al., 2003)

**2.10.2 การแผ่กระจายของรังสีอินฟราเรดภายในห้องอบแห้ง** [14]

การอบแห้งด้วยอินฟราเรด (IR) ได้รับความสนใจในอุตสาหกรรมเกษตรเนื่องจากมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงและอัตราการให้ความร้อนต่อเวลาตอบสนองที่รวดเร็ว ความเรียบง่ายของอุปกรณ์ที่จำเป็น การทำความร้อนด้วยอินฟราเรดจะมีประสิทธิภาพมากว่าการพาความร้อน การนำไฟฟ้า และไมโครเวฟ และการประหยัดพลังงานอย่างมาก เนื่องจากการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดโดยพื้นฐานแล้วแตกต่างจากการทำให้แห้งด้วยการพาความร้อน จึงจำเป็นต้องมีความเข้าใจที่ดีขึ้นเกี่ยวกับการกระจายของรังสีอินฟราเรดจากตัวปล่อยที่แผ่ไปยังวัสดุที่มีความชื้น โดยแต่ละวัสดุในห้องอบแห้งจะได้รับรังสีอย่างสม่ำเสมอ ในวัสดุที่มีความชื้น น้ำจะดูดซับพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพอย่างยิ่งด้วยความยาวคลื่นตั้งแต่ประมาณ 2.5 ถึง 7 ไมครอน ความเข้มของการแผ่รังสีและระยะห่างระหว่างตัวปล่อยไปยังพื้นผิวดูดซับรังสี (พื้นที่ทำแห้ง) เป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องพิจารณา (Ratti, Mujumdar, 1995) นักวิจัยหลายคนได้พัฒนาห้องอบอินฟราเรดสำหรับการทดสอบ Afzal, TM, Abe, T., (2000) จำลองการเปลี่ยนแปลงความชื้นในข้าวบาร์เลย์ระหว่างการอบแห้งโดยใช้ฮีตเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินฟราเรด (40x30 $cm^2$ ทำงานที่ 200 V, 750 W) ติดตั้งบนถาดเก็บตัวอย่าง (20x20 $cm^2$) ที่ระยะห่าง 15 ซม. Das, I., Das, S.K., Bal, S., (2004) ประเมินผลกระทบของความเข้มรังสีและความลึกของเมล็ดธัญพืชต่อคุณภาพของข้าวนึ่งโดยใช้หลอด IR (250 W) และปรับระยะห่างระหว่างหลอดไฟกับพื้นผิวดูดซับรังสี (ถาดมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 102 mm.) Amaratunga K.S.P. et. al.,2005) ได้ศึกษาเกี่ยวกับเครื่องทำแห้งแบบเร่งปฏิกิริยาอินฟราเรด (CIR) ในห้องปฏิบัติการ โดยตัวปล่อยอยู่ที่ 0.265 ม. เหนือถาดสั่น (0.8 x 0.4 $m^2$) (G)

ผลและการอภิปราย การกระจายตัวของรังสีในห้องอบแห้งแบบ IR ถูกบันทึกและเลือกในแง่ของอุณหภูมิของอากาศที่จุดในสภาวะคงตัว ซึ่งวิเคราะห์โดย ANOVA รายละเอียดและการวิเคราะห์ทางสถิติของการแจกแจงแสดงไว้ในรูปที่ 2.7

| Distribution of | Infrared drying conditions setting (Emitter temperature, °C / Distance between emitter and absorbing surface, m) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Air Temperature | 700 / 0.5 | 700 / 0.4 | 700 / 0.3 | 700 / 0.2 | 800 / 0.5 | 800 / 0.4 | 800 / 0.3 | 800 / 0.2 | 900 / 0.5 | 900 / 0.4 | 900 / 0.3 | 900 / 0.2 |
| Max Temp | 61.40 | 62.70 | 71.00 | 93.80 | 77.40 | 76.20 | 81.50 | 122.90 | 100.50 | 103.30 | 115.80 | 167.60 |
| Mean Temp | 56.36 | 59.42 | 63.06 | 75.14 | 71.63 | 71.78 | 70.47 | 93.31 | 92.53 | 94.41 | 99.25 | 121.30 |
| Min Temp | 52.00 | 55.90 | 55.40 | 60.60 | 65.30 | 67.90 | 62.50 | 69.90 | 85.40 | 88.20 | 86.80 | 89.30 |
| Temp Range | 9.40 | 6.80 | 15.60 | 33.20 | 12.10 | 8.30 | 19.00 | 53.00 | 15.10 | 15.10 | 29.00 | 78.30 |
| St Deviation | 2.12 | 1.49 | 3.96 | 9.32 | 2.67 | 1.92 | 4.42 | 14.75 | 3.58 | 3.08 | 6.53 | 24.49 |

**รูปที่ 2.8** การกระจายตัวของรังสีในห้องอบแห้งแบบ IR

ผลสถิติเชิงพรรณนาแสดงให้เห็นว่าค่าอุณหภูมิอากาศบนแผนผังแนวนอนที่ดูดซับรังสีอินฟราเรดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อแผนอยู่ใกล้กับตัวปล่อย แต่การกระจายอุณหภูมิอยู่ในช่วงกว้างในทางกลับกัน ความสม่ำเสมอของการกระจายอุณหภูมิของอากาศตามที่ปรากฏโดยตัวปล่อยที่ติดตั้งอยู่ห่างจากแผนการดูดซับรังสีโดยเฉพาะที่ระยะห่าง 0.4 ม. ระหว่างตัวปล่อยกับพื้นผิวดูดซับที่ระดับอุณหภูมิของตัวปล่อยแต่ละระดับ การกระจายอุณหภูมิของอากาศจะมีลักษณะสม่ำเสมอดังที่แสดงค่าความแปรปรวนต่ำ

## 2.11 ประโยชน์ของรังสีอินฟราเรด [12]

**2.11.1 เทคโนโลยีความร้อนอินฟราเรด** การถ่ายเทความร้อนมีสามรูปแบบหลัก การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสี ความร้อนอินฟราเรดเป็นรูปแบบของการถ่ายเท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความร้อนแบบแผ่รังสีซึ่งหมายความว่าประกอบด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เดินทางจากแหล่งกำเนิดไปยังเป้าหมายเพื่อสร้างความร้อน เนื่องจากพลังงานจะถูกส่งโดยตรงจากตัวทำความร้อนไปยังวัตถุเป้าหมาย ระบบทำความร้อนด้วยอินฟราเรดจึงมีประสิทธิภาพมากกว่าและต้องการพลังงานน้อยกว่าเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกันเครื่องทำความร้อนอินฟราเรดใช้พลังงานจากไฟฟ้า ทำให้สามารถควบคุมที่ตอบสนองอย่างรวดเร็วและแม่นยำ สิ่งนี้สร้างผลลัพธ์ที่สม่ำเสมอยิ่งขึ้นและคุณภาพของผลิตภัณฑ์สามารถออกแบบให้กะทัดรัดและติดตั้งในพื้นที่ขนาดเล็กได้บำรุงรักษาน้อยมาก ลดต้นทุนการบำรุงรักษาระยะยาวมีการสูญเสียความร้อนน้อยลงเนื่องจากไม่จำเป็นต้องอุ่นอากาศภายในเตาอบเพื่อให้กระบวนการมีประสิทธิภาพโดยรวมแล้ว ระบบเหล่านี้มีความยืดหยุ่นสูง สามารถควบคุมได้ง่าย และช่วยให้คุณเอาชนะความท้าทายที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพผลิตภัณฑ์และเวลาในการผลิต

**2.11.2 อินฟราเรดด้านการแพทย์** ความยาวคลื่นของอินฟราเรดยาวมีคุณสมบัติที่เป็นประโยชน์อื่นๆ มากมาย มันลดระดับของกรดแลคติกอย่างรวดเร็ว และกำจัดปรสิตจำนวนมาก เช่นแบคทีเรีย นอกจากนี้ ที่สำคัญยิ่งกว่านั้น มันแทรกซึมเข้าไปในเนื้อเยื่อ ล้างพิษเซลล์โดยการสั่นสะเทือนของช่องไอออน ลดการบวม เพิ่มการไหลเวียนของน้ำเหลืองและการไหลเวียนโลหิต และดึงดูดแคลเซียมไปยังเยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่งจำเป็นสำหรับการดูแลอย่างมีประสิทธิภาพ อินฟราเรดแบบยาวช่วยลดปริมาตรของก้อนน้ำพร้อมกัน ทำให้เคลื่อนที่ผ่านเนื้อเยื่อเซลล์ได้ง่ายขึ้น โดยการทำเช่นนั้น โมเลกุลของน้ำเหล่านั้น ทำงานหรือมีพลังงานการบำบัดด้วยอินฟราเรดเป็นความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านกายภาพบำบัดที่ใช้ผลกระทบทางชีวภาพที่เกิดจากรังสีอินฟราเรดในเนื้อเยื่อเพื่อการรักษา ผลกระทบหลักคือความรู้สึกอบอุ่นสบาย ซึ่งในแง่ของการขับเหงื่อ การขยายตัวของหลอดเลือด และอัตราการเต้นของหัวใจที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ไม่ได้เป็นอย่างอื่นนอกจากชุดกลไกการชดเชยที่กระตุ้นโดยคนทั่วไปในระหว่างการเดินด้วยความเร็วคงที่ สถานการณ์ในอุดมคติสำหรับผู้ที่อยู่ประจำหรือไม่สามารถออกกำลังกายได้

ผลกระทบทางชีวภาพหลักของรังสีอินฟราเรดคือ ผลกระทบจากความร้อนรังสีอินฟราเรดผลิตความร้อนเมื่อถูกดูดซับโดยเนื้อเยื่อส่วนหนึ่งของความร้อนนั้นกระจายไปในสิ่งแวดล้อมในขณะที่อีกส่วนหนึ่งถูกส่งไปยังเนื้อเยื่อลึกโดยการนำและโดยของเหลวที่ไหลเวียน การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิทำให้เกิดผลรอง การเพิ่มขึ้นของเมแทบอลิซึมของเนื้อเยื่อ การขยายตัวของหลอดเลือดฝอยของหลอดเลือดแดง และการผ่อนคลายของกล้ามเนื้อ เงื่อนไขเหล่านี้ส่วนใหญ่ส่งผลกระทบต่อเนื้อเยื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.12 ข้อควรระวังในการติดตั้งอินฟราเรด [13]

เนื่องจากท่อความร้อนรังสีอินฟราเรดและวัสดุก่อสร้างมีเอกลักษณ์เฉพาะ

1. เนื่องจากเหตุผลด้านวัสดุและโครงสร้าง การให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรดของหลอดแก้วควอทซ์และลวดความร้อนจะเกิดการแตกหักจากการสั่นสะท้านมากขึ้นเมื่อเป็นไปได้ ดังนั้นเมื่อทำการย้ายและวางซ้อน ให้หลีกเลี่ยงการกระแทกและการอัดรีดที่มากขึ้น

2. หลีกเลี่ยงการใช้มือข้างหนึ่งและจับปลายด้านหนึ่งของท่อความร้อนให้ความร้อนของรากที่พยายามจะควบคุม เพราะปลายท่อควอทซ์ โดยแรงดัดจะหักได้ง่าย

3. พยายามสวมถุงมือที่อ่อนนุ่มรับและติดตั้งท่อความร้อน น้ำมัน และเหงื่อสามารถป้องกันผลกระทบจากความร้อนที่สกปรกจากผลกระทบของท่อความร้อน ท่อความร้อน และขั้นตอนการติดตั้งในกรณีที่เกิดการกระจัดกระจายเมื่อมือของผู้ปฏิบัติงานเกิดจากรอยขีดข่วน

4. ท่อความร้อนที่ติดตั้งเพื่อหลีกเลี่ยงความร้อนของท่อหรือท่อยึดหัวเซรามิกแข็งเพราะรังสีอินฟราเรดแม้ว่าการขยายตัวทางความร้อนของท่อความร้อนจะมีขนาดเล็กมาก แต่อุปกรณ์ให้ความร้อนในกระบวนการเปลี่ยนรูปอาจทำให้เกิดความเสียหายไปที่ท่อความร้อน (การให้ความร้อนสองด้านของหลอดเซรามิคและหรือการติดตั้งส่วนแรกระหว่าง Freedom Tower ด้วย ช่องว่างตามแนวแกนอย่างน้อย 2 ถึง 3 มม.) หากใช้การติดตั้งแคลมป์แบบยืดหยุ่น ควรตรวจสอบให้แน่ใจว่าตัวควบคุมการทำความร้อนไม่ได้เปลี่ยนรูปเนื่องจากความเสียหายจากความร้อนต่ออุปกรณ์

5. ขั้นตอนการติดตั้ง โปรดพยายามหลีกเลี่ยงท่อความร้อนและอุปกรณ์ เครื่องมือ ฯลฯ โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ปลายท่อความร้อน ถ้าชั้นสะท้อนแสงกับท่อความร้อน การติดตั้ง และใช้ในกระบวนการของวัตถุแข็งเพื่อหลีกเลี่ยงการขีดข่วน การถูพื้นผิวของชั้นสะท้อนแสง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเป็นแผ่นสะท้อนแสงเคลือบทอง

6. ข้อกำหนดบางประการของงานท่อความร้อนมีแสงที่มองเห็นได้ชัดเจนห้ามเปิดด้วยตาเปล่าเพื่อไม่ให้เกิดการระคายเคืองต่อดวงตา

7. ไม่ได้อยู่ในท่อระบายความร้อน ความร้อนยังไม่ได้สัมผัสท่อความร้อนอย่างเต็มที่เพื่อหลีกเลี่ยงการไหม้ได้

8. ควรพยายามทำให้ท่อความร้อนสองด้าน ภายใต้เขตอุณหภูมิต่ำ (ไม่เกิน 300 องศาเซลเซียสเหมาะสม) เพื่อยืดอายุของท่อความร้อน ตัวอย่างเช่นสามารถสร้างท่อความร้อนสองด้านเพื่อขยายอุปกรณ์ทำความร้อนของคุณหรือนอกชั้นฉนวน

9. ควรติดตั้งเครื่องทำความร้อนเพื่อรักษาระดับการควบคุมเพื่อยืดอายุการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. พลังงาน pinout ของท่อความร้อนสองด้าน ไม่ว่าจะมีชั้นฉนวนหรือไม่ก็ตาม ทั้งหมด แนะนำให้ติดตั้งฉนวนเซรามิคที่มีอุณหภูมิสูงหรือปลอกท่อไฟเบอร์กลาสเพื่อหลีกเลี่ยงความเสี่ยงที่อาจเกิดการรั่วซึม

## 2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด (Chu et al.,2003, Isengard 1995) ขนาดของห้องอบแห้งเท่ากับ 30 x 50 x 25 cm (กว้าง x ยาว x สูง) อุปกรณ์ให้ความร้อนเป็นแท่งรังสีอินฟราเรดขนาด 650 W ระยะห่างระหว่างแท่งรังสีอินฟราเรดกับผลิตภัณฑ์เท่ากับ 15 cm ในแนวตั้งฉาก และขดลวดความร้อนขนาด 800 W พัดลมที่ใช้เป็นแบบไหลตามแนวแกนสามารถปรับความเร็วรอบได้ เมื่อลดความเร็วลม และเพิ่มกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้กับแท่งอินฟราเรด จะมีผลทำให้ระยะเวลาการอบแห้งสั้นลง ในขณะอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนั้นยังพบว่า การเปลี่ยนแปลงของสีเนื้อจะเพิ่มมากขึ้น เมื่อลดความเร็วลม และเพิ่มกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้กับแท่งอินฟราเรด

การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดย่านไกลในมันฝรั่ง (Afzal, T.M. and Abe, T. 1998) ตรวจสอบสภาพการทำให้แห้งแตกต่างกันไปตามความเข้มของรังสีอินฟราเรดที่ 0.125 ถึง 0.500 W $cm^{-2}$และระดับความหนาประมาณ 2.5, 6.5 และ 10.5 มม. ของชิ้นมันฝรั่ง ความเร็วลมเข้าและความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 0.5 m $s^{-1}$และ 36% ตามลำดับ การควบคุมสภาวะอากาศในการทำให้แห้งนั้นคงไว้ภายใน ±1.5°C สำหรับอุณหภูมิกระเปาะแห้ง และ ±4% สำหรับความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณความชื้นเริ่มต้นของมันฝรั่งที่ใช้ในการศึกษานี้แปรผันระหว่าง 3.39 ถึง 5.25 กิโลกรัมต่อวัตถุแห้งหนึ่งกิโลกรัม การทดสอบการทำให้แห้งได้ดำเนินการเมื่อสภาวะการทำให้แห้งถึงสภาวะคงตัว ซึ่งปกติจะใช้เวลา 1.5 ชั่วโมงพบว่าความเข้มของการแผ่รังสีมีความสำคัญต่อการเคลื่อนที่ของความชื้นภายในระหว่างการทำแห้ง FIR ของมันฝรั่ง

การจำลองการเปลี่ยนแปลงความชื้นในข้าวบาร์เลย์ (Afzal, T.M. and Abe, T. 2000) ระหว่างการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดอัตราการทำให้แห้งของข้าวบาร์เลย์ที่ระดับความเข้มของการแผ่รังสี ความเร็วลม และความชื้นสัมพัทธ์ที่แตกต่างกันของอากาศขาเข้าและระดับความชื้นเริ่มต้นได้แสดงให้เห็นในการทดสอบการทำให้แห้งทั้งหมด 72 ครั้ง พารามิเตอร์การทำให้แห้ง K และ N ได้รับอิทธิพลมากที่สุดจากความเข้มของการแผ่รังสีและความชื้นสัมพัทธ์ ตามด้วยความเร็วลม

จากการศึกษาและพัฒนาระบบการอบแห้ง (พงศกร คชาพงศ์กุล 2561) ระบบกรองน้ำมันมะพร้าวพลังงานแสงอาทิตย์ใช้ในครัวเรือน เกษตรกรรม โรงงานอุตสาหกรรม และเพื่อประเมินศักยภาพทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการสร้างเครื่องบีบคั้นน้ำมันมะพร้าวแบบครบวงจร แบ่งเป็น 3 ลักษณะคือการอบแห้งภายหลังจากการคั้นกะทิแล้ว ช่วงที่ 1 อุณหภูมิควบคุมอยู่ระหว่าง 40-50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องศาเซลเซียส ช่วงที่ 2 อุณหภูมิควบคุมอยู่ระหว่าง 50-60 องศาเซลเซียส และช่วงที่ 3 อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 60-70 องศาเซลเซียสซึ่งจากการทดลองพบว่าการนำกากมะพร้าวที่คั้นกะทิแล้วมาอบแห้งที่อุณหภูมิในช่วงอุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส จะได้น้ำมันมะพร้าวแบบสกัดเย็นที่คุณภาพเป็นไปตามมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3

# อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการสกัดน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ โดยการใช้ความร้อนจากรังสีอินฟราเรดเพื่อที่จะช่วยในการแยกชั้นของครีมกะทิจากตัวน้ำเปรียวในขั้นตอนการให้ความร้อนณอุณหภูมิที่ 55-60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง โดยจะแยกเป็น 3 ส่วน คือ ชั้นครีมกะทิ ชั้นน้ำเปรี้ยว ชั้นน้ำมันจากนั้นดูดน้ำเปรี้ยวออกให้เหลือแค่น้ำมันและครีมกะทิ นำน้ำมันและครีมกะทิมากรองเพื่อให้เหลือแค่น้ำมันมะพร้าว จากนั้นนำน้ำมันมะพร้าวที่ได้จากการให้ความร้อนจากรังสีอินฟราเรดมาเข้าสู่กรมวิธีต่อไป นั้นคือการอบไล่ความชื่นด้วยใช้ความร้อนจากอินฟราเรดณ อุณหภูมิที่ 55- 60 องศาเซลเซียส จะสังเกตได้ว่าสีของน้ำมันมะพร้าวที่มีความขุ่นจากกรมวิธีการแยกชั้นน้ำมันจะค่อยๆใสมากขึ้น จนใสคล้ายกับน้ำเปล่าโดยใช้เวลา 4 ชั่วโมง หลังจากนั้นจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงชองสีอีกต่อไปแล้ว จึงจะได้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่พร้อมใช้งาน

## 3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

### 3.3.1 กะทิจากมะพร้าวลูกผสมสามทางพันธุ์ชุมพร 1

จากรูปที่ 3.1 นำมะพร้าวลูกผสมสามทางพันธุ์ชุมพร 1 มาคั้นด้วยเครื่องคั้นกะทิระบบเกลียวอัด โดยใช้เนื้อมะพร้าว 2 กิโลกรัม และ น้ำ 2 ลิตร ที่อัตราส่วน 1:1 จะได้หัวกะทิประมาณ 3 ลิตร

**รูปที่ 3.1** กะทิจากมะพร้าวลูกผสมสามทางพันธุ์ชุมพร 1

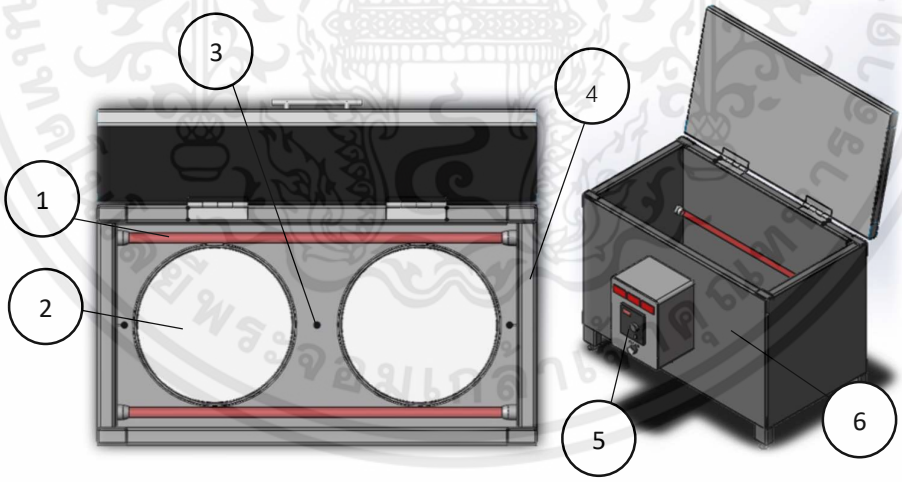
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

### 3.2.1 ตู้อบอินฟราเรด (Infrared incubator)

หลักการทำงานการใช้งานตู้อบอินฟราเรด เป็นตู้อบโดยใช้การแผ่รังสีความร้อนจากอินฟราเรดเพื่อทำให้โมเลกุลของน้ำมันมะพร้าวและน้ำเปรียวแยกออกจากกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากรังสีอินฟราเรดสามารถแผ่ทะลุเข้าไปในเนื้อวัสดุ ส่งผลให้โมเลกุลของน้ำในเนื้อวัสดุสั่น และเกิดความร้อนซึ่งจะทำให้อุณหภูมิในเนื้อวัสดุสูงกว่าอุณหภูมิที่ผิว

**รูปที่ 3.2** ตู้อบอินฟราเรด




**รูปที่ 3.3** อุปกรณ์ต่างๆในตู้อบอินฟราเรด

(1) อินฟราเรด
(2) ถาดหมุนและมอเตอร์
(3) เทอร์โมคอปเปิล
(4) ซีลยางฟองน้ำ ติดเทปกาว
(5) กล่องควบคุมอุณหภูมิ
(6) ห้องอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.2.2 อินฟราเรด HRA-17X600-220V-1000W**

ฮีตเตอร์อินฟราเรด มีขนาด Diameter 17 มิลลิเมตร ยาว 600 มิลลิเมตร ความต่างศักย์ 220 โวลต์ กำลังไฟฟ้า 1000 วัตต์ ไฟฟ้ากระแสสลับ AC

**รูปที่ 3.4** อินฟราเรด HRA-17X600-220V-1000W

**3.2.3 ถาดหมุนและมอเตอร์**

มอเตอร์หมุนจานไมโครเวฟซัมซุง MOTOR AC DRIVE Samsung DE31-10154D ความต่างศักย์ 21 โวลต์ ไฟฟ้ากระแสสลับ AC จานหมุนสร้างจากแก้ว มีขนาด Diameter 270 มิลลิเมตร

**รูปที่ 3.5** ถาดหมุนและมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.2.4 เทอร์โมคอปเปิล**

เทอร์โมคอปเปิลมี 3 จุด จุดที่ 1 อยู่ด้านซ้ายของตู้อบ จุดที่ 2 อยู่ตรงกลางตู้อบ จุดที่ 3 อยู่ด้านขวาของตู้อบ อยู่ในแนวเดียวกัน เพื่อสังเกตอุณหภูมิภายในตู้อบ

**รูปที่ 3.6** เทอร์โมคอปเปิล

**3.2.5 ซีลยางฟองน้ำ ฉนวนกันความร้อน ติดเทปกาว**

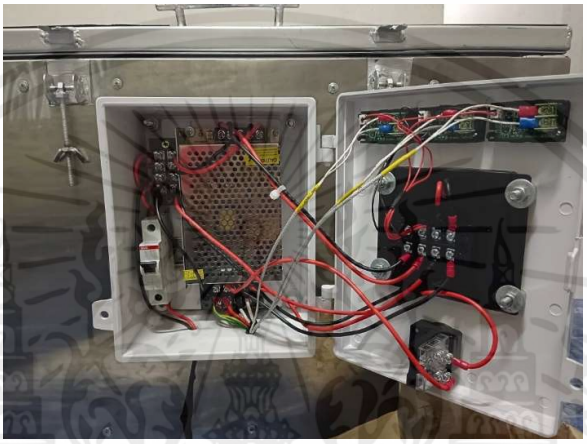
ซีลยางฟองน้ำ ฉนวนกันความร้อน ติดเทปกาว เป็นยางฟองน้ำที่มีลักษณะผิวด้านนอกเรียบและมีฟองอากาศเป็นรูพรุนอยู่ด้านใน มีคุณสมบัติที่เด่น เป็นฉนวนความร้อน จึงไม่นำพาความร้อนไปยังส่วนอื่นๆ ทนต่อสภาพอากาศแวดล้อมทนแดดทนฝนกันฝุ่น และ กันน้ำ เป็นแผ่นฉนวนกันความร้อน หน้ากระโปรงรถ มีความยืดหยุ่น ใช้เป็นซีลกันกระแทกในอุตสาหกรรม ต่างๆ

**รูปที่ 3.7** ซีลยางฟองน้ำ ฉนวนกันความร้อน ติดเทปกาว

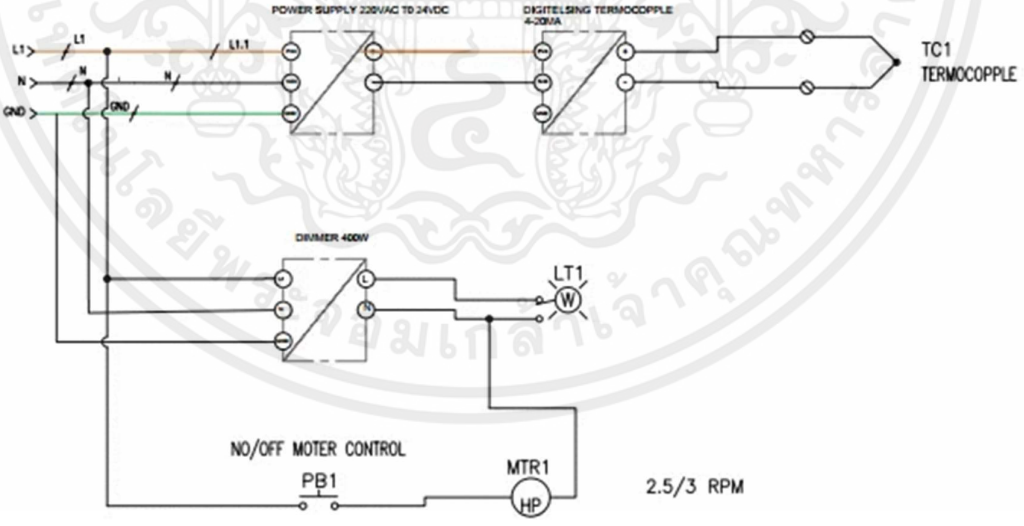
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.6 กล่องควบคุมอุณหภูมิ

กล่องควบคุมอุณหภูมิสำหรับการควบคุมอุณหภูมิในช่วง 55-60 องศาเซลเซียส โดยทำการปรับดิมเมอร์ที่แรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 220 โวลต์ เป็นระยะเวลา 1 นาที จะได้อุณหภูมิภายในตู้อบประมาณ 50 องศาเซลเซียส จากนั้นให้ปรับดิมเมอร์ที่แรงดันไฟฟ้า 16 โวลต์เป็นระยะเวลา 30 นาที จากนั้นทำการทดลองซึ่งอุณหภูมิภายในตู้อบจะอยู่ในช่วง 55–60 องศาเซลเซียส



**รูปที่ 3.8** กล่องควบคุมอุณหภูมิ




**รูปที่ 3.9** แผนภาพวงจรไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.2.7 ห้องอบสแตนเลส**

วัสดุที่ใช้ในห้องอบชั้นภายในห้องอบใช้สแตนเลส หนา 0.8 มิลลิเมตร ชั้นภายนอกห้องอบใช้สแตนเลส หนา 2 มิลลิเมตร

**รูปที่ 3.10** ห้องอบสแตนเลส

**3.2.8 ภาชนะบรรจุสาร**

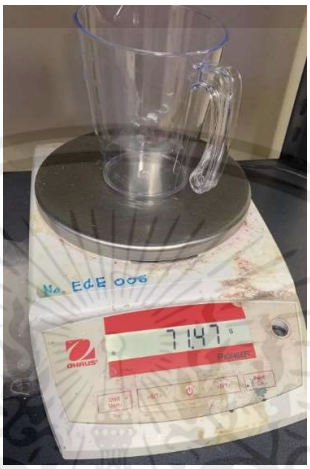
ภาชนะบรรจุสาร เป็นอุปกรณ์สำหรับตวงและบรรจุน้ำมันมะพร้าวในการอบที่อุณหภูมิ 55 - 60 องศาเซลเซียส

**รูปที่ 3.11** ภาชนะบรรจุสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.2.9 เครื่องชั่งดิจิตอลยี่ห้อ Ohaus**

เครื่องชั่งดิจิตอลยี่ห้อ Ohaus เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการชั่งตวงน้ำหนักของน้ำมันมะพร้าว มีหน่วยเป็น กรัม



**รูปที่ 3.12** เครื่องชั่งดิจิตอลยี่ห้อ Ohaus

**3.2.10 กระดาษกรองยี่ห้อ WHATMAN**

กระดาษกรอง WHATMAN เบอร์ 1 แบบวงกลมเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 150 มม. ใช้ในการกรองสารเหลวได้ตามการต้องการของผู้ใช้งาน เพื่อแยกสิ่งแปลกปลอมออกจากน้ำมัน

**รูปที่ 3.13** กระดาษกรอง WHATMAN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.3 วิธีการทดลอง

### 3.3.1 ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ

3.3.1.1 นำมะพร้าวลูกผสมสามทางพันธุ์ชุมพร 1 ปลอกเปลือกออกให้เหลือแต่ส่วนของกะละมะพร้าว

**รูปที่ 3.14** มะพร้าวลูกผสมสามทางพันธุ์ชุมพร 1

3.3.1.2 นำมะพร้าวลูกผสมสามทางพันธุ์ชุมพร 1 มาเข้าเครื่องปลอกกะลาให้เหลือแต่เนื้อมะพร้าว

**รูปที่ 3.15** แยกเนื้อมะพร้าวมะพร้าวลูกผสมสามทางพันธุ์ชุมพร 1

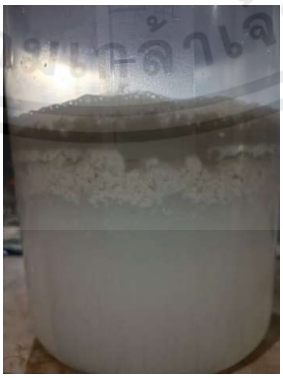
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1.3 นำเส้นฝอยมะพร้าวละเอียดมาผ่านเครื่องคั้นกะทิระบบเกลียวอัดแยกน้ำและกากมะพร้าวโดยใช้เนื้อมะพร้าว 2 กิโลกรัม และ น้ำ 2 ลิตร ที่อัตราส่วน 1:1 จะได้หัวกะทิประมาณ 3 ลิตร

**รูปที่ 3.16** เครื่องคั้นกะทิระบบเกลียวอัดแยกน้ำและกากมะพร้าว

**3.3.2 ขั้นตอนการทดสอบหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการเตรียมวัตถุดิบ**

การทดลองนี้เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมที่ใช้ในกระบวนการหมัก นำครีมกะทิเข้าสู้กระบวนการหมักโดยนำน้ำกะทิใส่ในภาชนะที่ปิดสนิท ตั้งไว้ที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลา 12 ชั่วโมง โดยทุกๆ 15 นาที จะสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของน้ำกะทิ สังเกตเห็นได้ชัด มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นเป็น 3 ชั้น ชั้นล่างสุดคือน้ำ ชั้นกลางคือน้ำมัน และชั้นบนคือครีม โดยในการทดลองจะนำส่วนที่เป็นชั้นครีมกะทิที่ยังไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง เพื่อนำมาเข้าสู้กระบวนการต่อไป



**รูปที่ 3.17** ขั้นตอนแยกน้ำกะทิและน้ำที่ 12 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.3.3 ขั้นตอนการเตรียมครีมกะทิ**

3.3.3.1 นำครีมกะทิเข้าสู้กระบวนการหมัก โดยนำน้ำกะทิใส่ในภาชนะที่ปิดสนิท ตั้งไว้ที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียสใช้ระยะเวลา 6 ชั่วโมง โดยทุกๆ 15 นาที จะสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของน้ำกะทิจากการวัดระดับความสูงของชั้นกะทิและมาคำนวณเพื่อหาปริมาณของครีมกะทิ (ลิตร)

**รูปที่ 3.18** ขั้นตอนแยกน้ำกะทิและน้ำ

3.3.3.2 ดูดน้ำด้านล่างออกให้เหลือแค่ครีมกะทิโดยใช้ปั๊มน้ำดูดน้ำอย่างช้าๆ

**รูปที่ 3.19** ดูดน้ำด้านล่างออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.3.4 ขั้นตอนการเตรียมตู้ทำความร้อนโดยการแผ่รังสีอินฟราเรด**

3.3.4.1 นำเครื่องอ่านค่าพลังงาน (Power meter) นำมาต่อเข้ากับเครื่องอบอินฟราเรด

**รูปที่ 3.20** เครื่องวัดพลังงาน

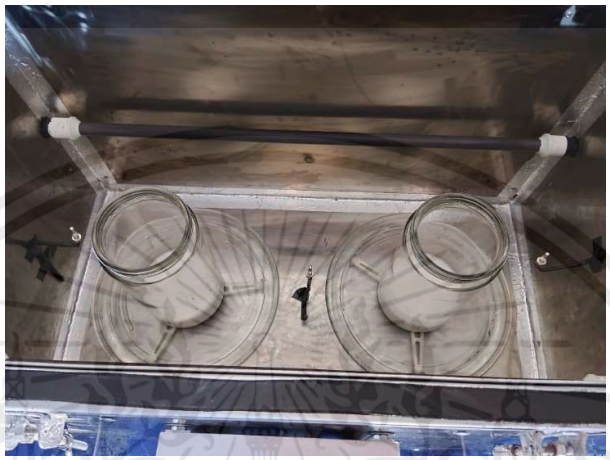
3.3.4.2 ควบคุมอุณหภูมิในช่วง 55-60 องศาเซลเซียส โดยทำการปรับดิมเมอร์ที่แรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 220 โวลต์ เป็นระยะเวลา 1 นาที จะได้อุณหภูมิภายในตู้อบประมาณ 50 องศาเซลเซียส จากนั้นให้ปรับดิมเมอร์ที่แรงดันไฟฟ้า 16 โวลต์ เป็นระยะเวลา 30 นาที จากนั้นทำการทดลองซึ่งอุณหภูมิภายในตู้อบจะอยู่ในช่วง 55–60 องศาเซลเซียส

**รูปที่ 3.21** เตรียมเครื่องทำความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.3.5 ขั้นตอนการทดลองการให้ความร้อนโดยการแผ่รังสีอินฟราเรด**

3.3.5.1 นำครีมกะทิเข้ากระบวนการอบด้วยตู้อบอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 55 – 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง



**รูปที่ 3.22** ครีมกะทิเข้ากระบวนการอบ

3.3.5.2 ครีมกะทิเกิดการแยกชั้นออกเป็น 3 ส่วน โดยจะมีชั้นล่างที่เป็นน้ำเปรี้ยว ชั้นกลางเป็นชั้นของน้ำมัน และชั้นบนเป็นชั้นของครีม

**รูปที่ 3.23** ครีมกะทิเกิดการแยกชั้นออกเป็น 3 ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5.3 ดูดน้ำด้านล่างออกแล้วนำน้ำมันและครีมมากรอง โดยใช้กระดาษกรองไว้บนตระแกรงและผ้าขาววางไว้บนกระดาษกรอง จนกว่าน้ำมันจะหยอดจนหมด

**รูปที่ 3.24** กรองน้ำมันมะพร้าว

3.3.5.4 นำน้ำมันที่ได้จากการกรองนำเข้าตู้อบอินฟราเรดอีกครั้ง ที่อุณหภูมิ 55-60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้นออกจากน้ำมันมะพร้าวให้หมด จะได้น้ำมะพร้าวบริสุทธิ์

**รูปที่ 3.25** อบไล่ความชื้นน้ำมันมะพร้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5.5 นำน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์บรรจุใส่ในภาชนะ

**รูปที่ 3.26** น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์บรรจุใส่ในภาชนะ

## 3.4 สรุปขั้นตอนในกระบวนการทดลอง

ในการทดสอบครั้งแรกจะเป็นการทดสอบหาระยะเวลาที่ใช้ในการหมัก โดยมีการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง ทุกๆ 15 นาที จะมีการเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 720 นาที ที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียสเพื่อหากะทิที่กำลังจับตัวกลายเป็นครีมกะทิ ระยะเวลาที่เหมาะสมอยู่ที่ 360 นาที จากนั้นเข้าสู่กระบวนการทดลองจริงโดยใช้ระยะเวลาในการหมักกะทิ มีการทดสอบซ้ำ 5 ครั้ง ทุกๆ 15 นาที จะมีการเก็บข้อมูลปริมาณครีมกะทิ โดยวัดจากความสูงของครีมกะทิเทียบกับปริมาตรของภาชนะใส่ครีมกะทิ เป็นระยะเวลา 360 นาที ที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส เมื่อได้ครีมกะทิให้นำครีมกะทิเข้าสู่กระบวนการให้ความร้อนโดยใช้การแผ่รังสีความร้อนจากอินฟราเรด โดยมีการทดสอบซ้ำ 5 ครั้ง ทุกๆ 30 นาที จะมีการเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลารวม 360 นาที ที่อุณหภูมิ 55-60 องศาเซลเซียส เมื่อได้น้ำมันมะพร้าวให้นำน้ำมันมะพร้าวเข้าสู่กระบวนการอบไล่ความชื้นโดยใช้การแผ่รังสีความร้อนจากอินฟราเรด โดยจะสังเกตการเปลี่ยนแปลงจากสีของน้ำมันมะพร้าว ทุกๆ 30 นาที เป็นระยะเวลา 120 นาที จากนั้นนำน้ำมันมะพร้าวบรรจุในภาชนะ

จากทดลองมีทั้งหมด 3 ช่วง ช่วงที่ 1 คือการหมักกะทิจนกลายเป็นครีมกะทิ ระยะเวลาที่ใช้ 360 นาที ช่วงที่ 2 คือการให้ความร้อนกับครีมกะทิโดยใช้การแผ่รังสีอินฟราเรด ระยะเวาลาที่ใช้ 360 นาที ช่วงที่ 3 การอบไล่ความชื้นในน้ำมันมะพร้าว ระยะเวลาที่ใช้ 120 นาที รวมระยะเวลาในการทดลอง 1 ครั้ง ประมาณ 14 ชั่วโมง ต่อประมาณน้ำกะทิที่ใช้ 3 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

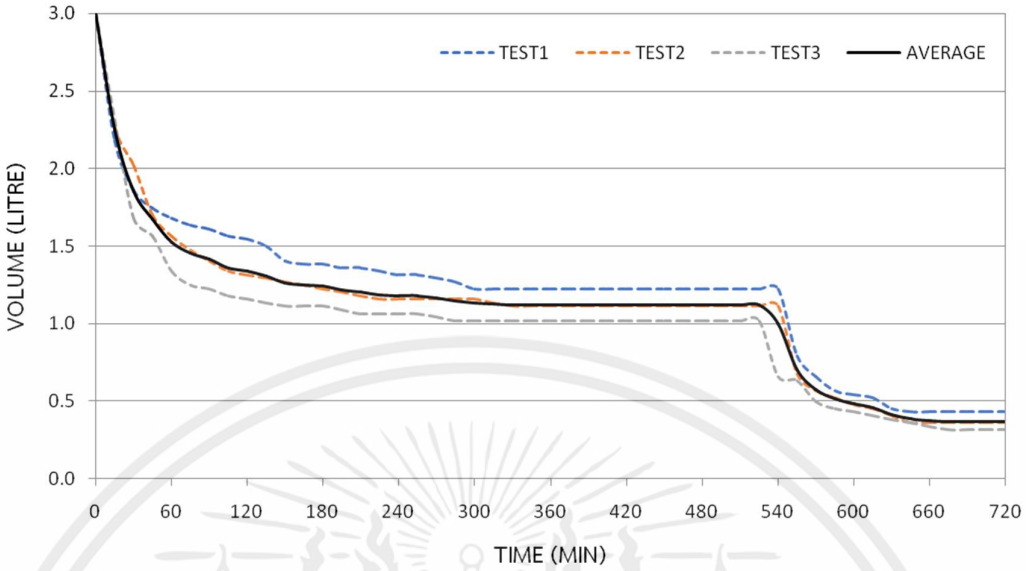
# บทที่ 4
# ผลและวิจารณ์ผล

หลังจากการเตรียมอุปกรณ์ และทำการสร้างตู้อบโดยใช้ความร้อนจากรังสีอินฟราเรดเพื่อให้เหมาะแก่การทดสอบ การทดสอบมีทั้งหมด 3 ช่วง ซึ่งช่วงที่ 1 การทดสอบระยะเวลาการหมักของน้ำกะทิเทียบกับปริมาณของชั้นน้ำและครีมกะทิที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส โดยใช้ระยะเวลา 6 ชั่วโมง เพื่อสังเกตการณ์แยกชั้นของชั้นครีมและน้ำเมื่อได้ชั้นครีมที่แยกตัวออกจากน้ำ นำน้ำออกจากครีมกะทิโดยการดูดน้ำที่อยู่ด้านล่างของครีมออก ช่วงที่ 2 การทดสอบระยะเวลาการให้ความร้อนโดยใช้รังสีอินฟราเรดเทียบกับปริมาณของชั้นครีมกะทิน้ำมัน และน้ำ ที่อุณหภูมิ 55-60 องศาเซลเซียส โดยใช้ระยะเวลา 6 ชั่วโมง เพื่อสังเกตการณ์แยกชั้นของครีมกะทิและน้ำมันจะได้ปริมาณของน้ำมันมะพร้าว ช่วงที่ 3 การทดสอบระยะเวลาการอบไล่ความชื้นโดยสังเกตจากสีที่เปลี่ยนแปลงของน้ำมันที่อุณหภูมิ 55-60 องศาเซลเซียส โดยใช้ระยะเวลา 2 ชั่วโมง น้ำมันจะมีความใสที่ใกล้เคียงกับน้ำ

## 4.1 การทดสอบระยะเวลาที่เหมาะสมในการหมักกะทิโดยสังเกตการเปลี่ยนแปลงของครีมกะทิ น้ำ และน้ำมันมะพร้าว

การทดสอบนี้มีจุดประสงค์เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการหมักกะทิ โดยระยะเวลาที่ใช้ในการหมักเพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของกะทิที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 720 นาที และทุกๆ 15 นาที มีการบันทึกผลการทดลอง จากรูปที่ 4.1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างปริมาณกะทิและเวลา ที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 12 ชั่วโมง จะเห็นได้ว่าในช่วงเริ่มต้นปริมาณกะทิจะมีปริมาณลดลงอย่างรวดเร็ว และจะค่อยๆช้าลงตามลำดับจนถึงระยะเวลาหนึ่ง ที่ระยะเวลาเฉลี่ย 330 นาที จะหยุดการเปลี่ยนแปลง เมื่อระยะเวลาเฉลี่ยผ่านไปถึง 540 นาที จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วอีกครั้งอีกครั้ง และจะค่อยๆหยุดการเปลี่ยนแปลงไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.1** กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างปริมาณกะทิและเวลา ที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 12 ชั่วโมง

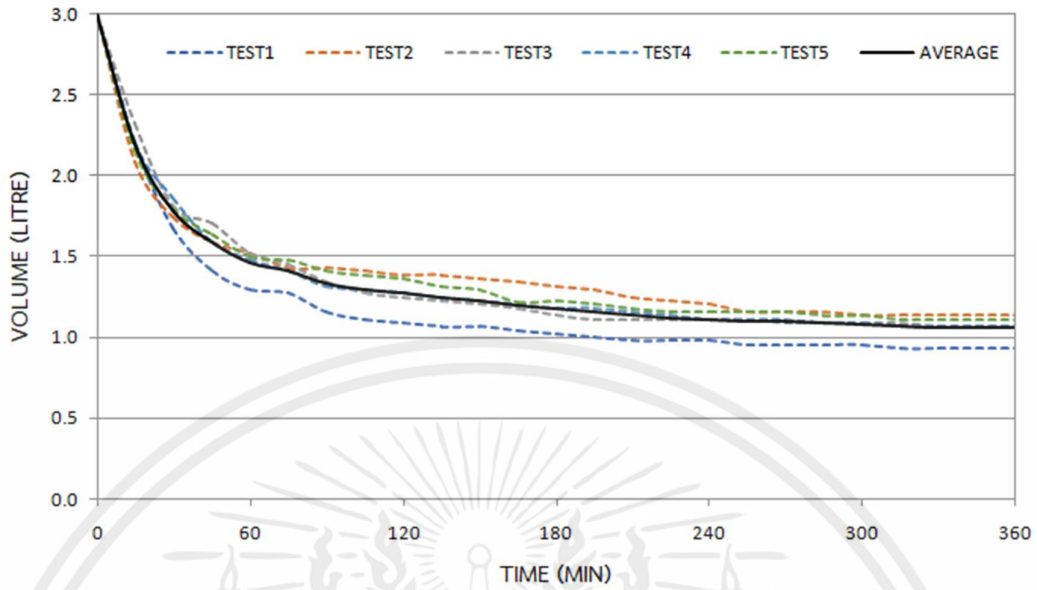
การเปลี่ยนแปลงครั้งแรกเกิดจากชั้นไขมันของกะทิแยกตัวออกจากน้ำ น้ำจะค่อยๆเพิ่มปริมาณมากขึ้นอยู่ด้านใต้ของกะทิ เมื่อเวลาผ่านไป 330 นาที น้ำที่ผสมอยู่ในกะทิจะแยกออกจากอย่างสมบูรณ์และกะทิจะเกิดการรวมตัวกันแน่นจนกลายเป็นครีมกะทิและจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงอีกการเปลี่ยนแปลงครั้งที่ 2 เกิดจากครีมกะทิเกิดการแยกตัวออกจากน้ำมันมะพร้าวจะสามารถเห็นได้เป็น 3 ชั้น ชั้นล่างสุดคือน้ำ ชั้นกลางคือน้ำมันมะพร้าว ชั้นบนคือครีมกะทิดังนั้นระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดที่ควรจะใช้คือ 330 นาที เพราะจะได้ครีมกะทิที่แยกตัวพอดี

การทดสอบระยะเวลาการหมักของน้ำกะทิเทียบกับปริมาณของน้ำและครีมกะทิ ต้องใช้ส่วนกะทิที่เป็นครีมกะทิ ระยะเวลาที่จำเป็นต่อการทดลองจึงเท่ากับ 330 นาที แต่เพื่อให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลง จึงใช้ระยะเวลาที่ 360 นาที ใช้ในการทดสอบ

## 4.2 การทดสอบระยะเวลาการหมักของกะทิเทียบกับปริมาณของน้ำและครีมกะทิ

การทดสอบระยะเวลาการหมักของน้ำกะทิเทียบกับปริมาณของชั้นน้ำและครีมกะทิ ที่อุณหภูมิ 55-60 องศาเซลเซียส สอบทดซ้ำ 5 ครั้งเป็นเวลา 360 นาที พบว่า ค่าเฉลี่ยของครีมกะทิ มีปริมาณ 1.0616 ลิตร โดยใช้ปริมาณน้ำกะทิ 3 ลิตร เข้าสู้กระบวนการหมัก ซึ่งปริมาณของครีมกะทิจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของเนื้อมะพร้าวและระยะเวลาในการหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



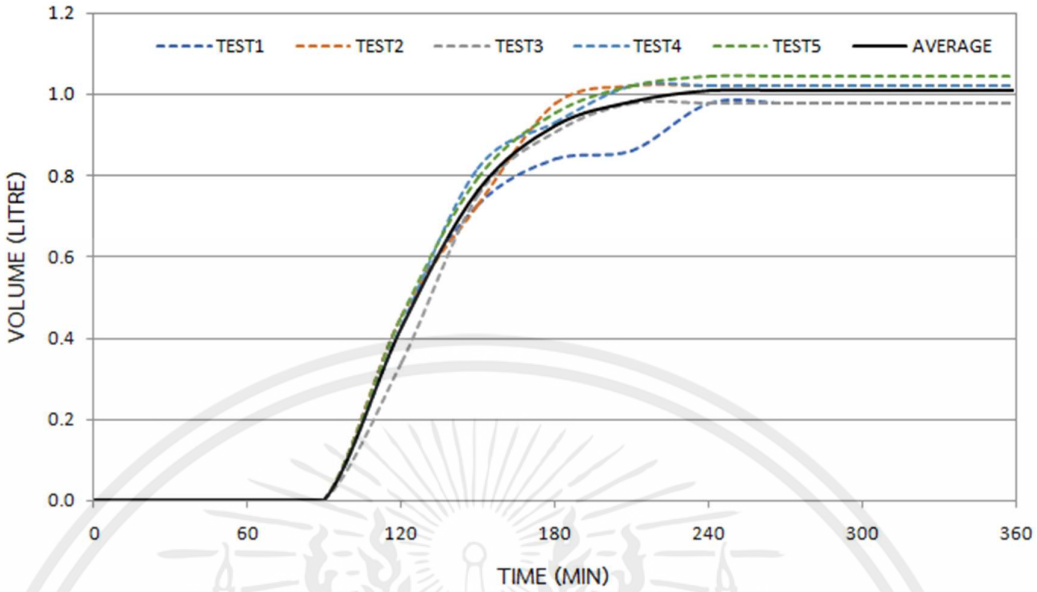

**รูปที่ 4.2** กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างปริมาณกะทิและเวลา ที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 6 ชั่วโมง

จากกราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างปริมาณกะทิและระยะเวลา ที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่าในช่วงเริ่มต้นปริมาณกะทิจะมีปริมาณลดลงอย่างรวดเร็ว และจะค่อยๆช้าลงตามลำดับ จนถึงระยะเวลาเฉลี่ยที่ 330 นาที จะหยุดการเปลี่ยนแปลง

## 4.3 การทดสอบระยะเวลาการให้ความร้อนโดยใช้รังสีอินฟราเรดเทียบกับปริมาณของชั้นครีมกะทิ

การทดสอบระยะเวลาการให้ความร้อนโดยใช้รังสีอินฟราเรดเทียบกับปริมาณของชั้นครีมกะทิ พบว่าค่าเฉลี่ยของน้ำมันมะพร้าว มีปริมาณ 1.0076 ลิตร โดยใช้ปริมาณครีมกะทิ 1.0616 ลิตร เข้าสู้การให้ความร้อนโดยใช้รังสีอินฟราเรด ซึ่งปริมาณของน้ำมันมะพร้าวจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ 55-60 องศาเซลเซียส และระยะเวลาในการให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรด

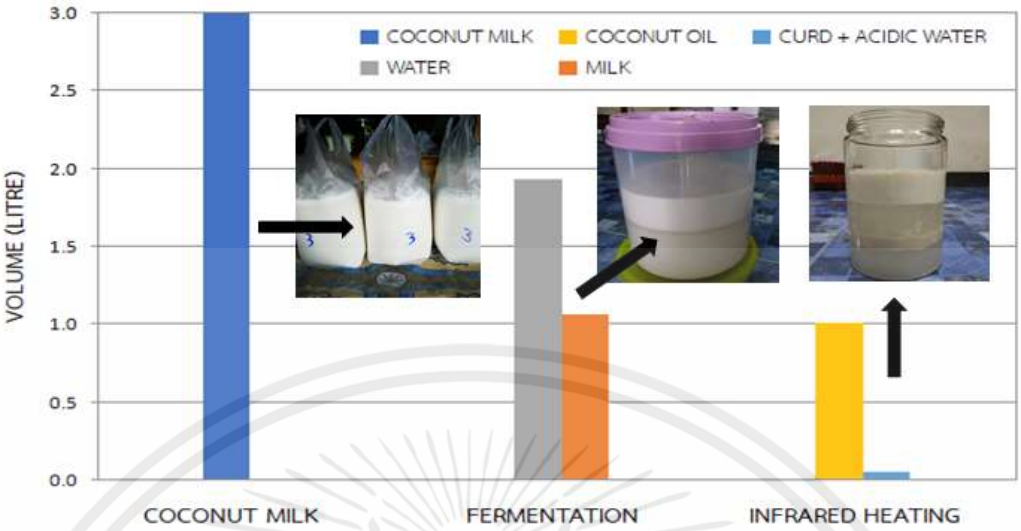
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.3** กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างปริมาณน้ำมันมะพร้าวและเวลา ที่อุณหภูมิ 55-60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 6 ชั่วโมง

จากกราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างปริมาณน้ำมันมะพร้าวและระยะเวลา ที่อุณหภูมิ 55-60 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่าปริมาณครีมกะทิจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงในช่วง 0-90 นาที แต่เมื่อเวลาผ่านไปถึง 90 นาที จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว โดยครีมกะทิเริ่มแยกชั้นออกจากน้ำมันมะพร้าว จะสามารถสังเกตเห็นชั้นของน้ำมันอยู่ด้านล่างของชั้นครีม และชั้นครีมจะลอยขึ้นไปด้านบนและเมื่อระยะเวลาผ่านไปถึง 240 นาที น้ำมันมะพร้าวและครีมกะทิจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงอีกดังนั้นระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดคือ 240 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.4** กราฟแสดงค่าเฉลี่ยปริมาณ น้ำกะทิ น้ำเปรี้ยว น้ำมันมะพร้าว และกากกะทิ

จากกราฟแสดงค่าเฉลี่ยปริมาณ น้ำกะทิ น้ำเปรียว น้ำมันมะพร้าว และกากกะทิ จะเห็นได้ว่า ในกระบวนการหมักกะทิปริมาตร 3 ลิตร เมื่อหมักเสร็จแล้วน้ำเปรียวจะเกิดการแยกชั้นออกจากครีมกะทิ โดยน้ำที่เกิดการแยกตัวออกจากครีมกะทิจะเท่ากับ 1.9384 ลิตร และจะได้ครีมกะทิเท่ากับ 1.0616 ลิตร

ในกระบวนการให้ความร้อนด้วยใช้ตู้อบอินฟราเรด ที่อุณหภูมิ 55-60 องศาเซลเซียส โดยใช้ปริมาณครีมกะทิจากกระบวนการหมัก 1.0616 ลิตร จะเห็นได้ว่า ปริมาณของน้ำมันที่ได้จากการสกัดมีปริมาณที่มากและยังสามารถแยกน้ำออกจากน้ำมันได้ด้วย โดยน้ำมันมะพร้าวที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนโดยใช้รังสีอินฟราเรด จะให้น้ำมันที่ 1.0076 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.4 การทดสอบระยะเวลาการอบไล่ความชื้นโดยสังเกตจากสีที่เปลี่ยนแปลงของน้ำมัน

อุณหภูมิที่ใช้ในการอบไล่ความชื้น 55-60 องศาเซลเซียส จากนั้นสังเกตการเปลี่ยนแปลงจากสีของน้ำมันมะพร้าวทุกๆ 30 นาที ก่อนนำน้ำมันมะพร้าวเข้าตู้อบอินฟราเรด สีของน้ำมันมะพร้าวจะมีสีขุ่นเป็นอย่างมาก เมื่อเวลาผ่านไป 30 นาที จะค่อยๆมีตะกอนขาวลอยขึ้นแต่มีไม่มากหนักและสีของน้ำมันมะพร้าวเริ่มใสขึ้น เมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง ตะกอนขาวลอยขึ้นมีจำนวนที่มากขึ้นและสีเริ่มใสมากขึ้นอีกด้วย เมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง 30 นาที ตะกอนขาวเริ่มน้อยลงและสีของน้ำมันมะพร้าวใสมากขึ้น เมื่อเวลาผ่านไป 2 ชั่วโมง ตะกอนขาวที่เคยเกิดขึ้นจาก 3 ครั้งก่อนหน้านี้

ก. ข. ค. ง. จ.

ก. คือ น้ำมันมะพร้าวก่อนนำเข้าตู้อบอินฟราเรด
ข. คือ น้ำมันมะพร้าวที่ผ่านการอบด้วยรังสีอินฟราเรดมา 30 นาที
ค. คือ น้ำมันมะพร้าวที่ผ่านการอบด้วยรังสีอินฟราเรดมา 1 ชั่วโมง
ง. คือ น้ำมันมะพร้าวที่ผ่านการอบด้วยรังสีอินฟราเรดมา 1 ชั่วโมง 30 นาที
จ. คือ น้ำมันมะพร้าวที่ผ่านการอบด้วยรังสีอินฟราเรดมา 2 ชั่วโมง

## 4.5 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

เศรษฐศาสตร์วิเคราะห์ คือการมุ่งศึกษาถึงปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นทางเศรษฐกิจ งานวิจัยนี้ได้คำนึงถึงค่าของความคุ้มทุน จึงได้นำมาวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์เข้าไปอีกด้วย โดยค่าราคาอุปกรณ์และค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่ใช้ในการสร้างตู้ทำความร้อนโดยใช้รังสีอินฟราเรดอยู่ในตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.3** ค่าใช้จ่ายในการสร้างตู้ทำความร้อนโดยใช้รังสีอินฟราเรด

| รายการ | | ราคา (บาท) |
|---|---|---|
| อินฟราเรด HRA-17X600-220V-1000W | 2 ชิ้น | 1440 |
| จานไมโครเวฟชาร์ป | 2 ชิ้น | 189 |
| 3M ซิลิโคน SIL 100 | 1ชิ้น | 180 |
| TOA fast bond กาวตะปู | 1 ชิ้น | 61 |
| เทป EPDM เทปโฟมติดประตู | 1 ชิ้น | 50 |
| ดิมเมอร์ 4000W 220V 18A | 1 ชิ้น | 590 |
| มอเตอร์ไมโครเวฟ ไฟ 220V | 2 ชิ้น | 218 |
| บู๊ตประตูเหล็ก | 2 ชิ้น | 65 |
| ขาฉิ่งปรับระดับ | 2 ชิ้น | 105 |
| ฉนวนกันความร้อน PE | 1 ชิ้น | 135 |
| ขารองหมุนจานไมโครเวฟ | 2 ชิ้น | 70 |
| ขวดโหลสูญญากาศ | 2 ชิ้น | 265 |
| เครื่องวัดพลังงาน watt 220V 10A 2200W | 1 ชิ้น | 425 |
| สายเทอโมคอปเปิล | 3 ชิ้น | 445 |
| สแตนเลสแผ่น หนา 0.8 mm ขนาด 1.20 x 1.20 m | 1 ชิ้น | 2725 |
| สแตนเลสแผ่น หนา 2 mm ขนาด 1.20 x 1.20 m | 1 ชิ้น | 6470 |
| สายไฟทนความร้อน ปลอกหนา 5 mm | 1 ชิ้น | 17 |
| รวม | | 13,450 |

**4.4.1 ต้นทุนที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น**

ราคากะทิเนื้อมะพร้าวขูด 50 บาทต่อกิโลกรัม ใช้กะทิเท่ากับ 2 กิโลกรัม และราคาพลังงานไฟฟ้า 4 บาทต่อหน่วยโดยการเปิดใช้งานตู้อบอินฟราเรด ที่อุณหภูมิ 55-60 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง จะใช้พลังงานไฟฟ้า 0.392 kWh และที่อุณหภูมิ 55-60 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง จะใช้พลังงานไฟฟ้า 0.168 kWh

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ 4.5** กรรมวิธีการผลิตน้ำมันมะพร้าวสกัดด้วยตู้อบอินฟราเรด (ราคาเนื้อมะพร้าวขูด 50 บาทต่อกิโลกรัม และราคาพลังงานไฟฟ้า 4 บาทต่อหน่วย)

คำนวณหาต้นทุนในกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น

1. ราคาของกะทิกิโลกรัมละ 50 บาท
2. ราคาพลังงานไฟฟ้า 4 บาทต่อหน่วย
3. พลังงานไฟฟ้าที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง 0.392 kWh
4. พลังงานไฟฟ้าที่ระยะเวลา 2 ชั่วโมง 0.168kWh
5. ปริมาณน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นที่ได้ 1.0076 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการคำนวณหาต้นทุนการผลิต

ต้นทุนวัตถุดิบ = 50 x 2 = 100 บาท

ค่าไฟฟ้าที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง = 0.392 x 4 = 1.568 บาท

ค่าไฟฟ้าที่ระยะเวลา 2 ชั่วโมง = 0.168 x 4 = 0.672 บาท

$$\text{ต้นทุนการผลิต} = \frac{\text{ต้นทุนวัตถุดิบ} + \text{ค่าไฟฟ้า}}{\text{ปริมาณผลผลิต}}$$

$$= \frac{\mathbf{100 + 1.568 + 0.672}}{\mathbf{1.0076}}$$

= 101.47 บาทต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5

# สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การทดลองนี้เป็นการการพัฒนาและออกแบบเครื่องทำความร้อนโดยใช้รังสีอินฟราเรดเพื่อศึกษาปริมาณน้ำมันมะพร้าวที่ได้จากการอบโดยใช้การแผ่ของรังสีจากอินฟราเรด และหาเปอร์เซ็นต์ปริมาณของน้ำมันมะพร้าว

## 5.1 สรุปผลการทดลอง

ในการวิจัยการผลิตน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นโดยใช้การแผ่รังสีความร้อนจากอินฟราเรด ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบการคั้นน้ำกะทิ โดยมีเนื้อมะพร้าวขุดเท่ากับ 2 กิโลกรัม น้ำ 2 กิโลกรัมกรัม เมื่อผ่านกระบวนการคั้นจะได้น้ำกะทิเท่ากับ 3 กิโลกรัมหรือ 3 ลิตร จากนั้นนำกะทิที่ได้จากการคั้นเข้าสู่กระบวนการหมักน้ำกะทิ เป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส และทำการเก็บผลการทดลองทุก 15 นาที ระยะเวลาเฉลี่ยที่เหมาะสมต่อการหมักน้ำกะทิเท่ากับ 330 นาที จะได้ปริมาณครีมกะทิเท่ากับ 1.0616 ลิตร

กระบวนการอบครีมกะทิด้วยตู้อบอินฟราเรดจะนำครีมกะทิที่ได้จากกระบวนการหมักมาให้ความร้อนโดยใช้รังสีจากอินฟราเรดเป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 55-60 องศาเซลเซียส และทำการเก็บผลการทดลองทุก 30 นาที ระยะเวลาเฉลี่ยที่เหมาะสมในการแยกน้ำมันมะพร้าวออกจากน้ำโดยสมบูรณ์ 240 นาที จะได้ปริมาณน้ำมันมะพร้าวเท่ากับ 1.0076 ลิตร

กระบวนการอบไล่ความชื้นด้วยตู้อบอินฟราเรด จะนำน้ำมันมะพร้าวที่ได้จากกระบวนการอบครีมกะทิมาให้ความร้อนโดยใช้รังสีอินฟราเรด เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 55-60 องศาเซลเซียส และทำการเก็บผลการทดลองทุก 30 นาที เมื่อเวลาผ่านไป 120 นาที สีของน้ำมันมะพร้าวจะมีสีใสใกล้เคียงกับน้ำดื่ม โดยระยะเวลาที่ใช้เท่ากับกรรมวิธีการให้ความร้อนโดยใช้เตาแก๊สจะได้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์

ต้นทุนที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นจะเท่ากับ 101.47 บาทต่อลิตร คำนวณจากต้นทุนวัตถุดิบบวกกับค่าไฟฟ้าและหารด้วยปริมาณผลผลิต โดยค่าต้นทุนวัตถุดิบเท่ากับ 50 บาทต่อกิโลกรัม ค่าไฟฟ้าที่ตู้อบอินฟราเรดใช้เท่ากับ 2.24 บาท และปริมาณผลผลิต 1.0076 ลิตรต่อครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 หากหาระยะการติดตั้งของอินฟราเรดให้เหมาะสมกับขนาดของตู้อบ จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการแผ่รังสีอินฟราเรดได้ดีมากขึ้น

5.2.2 หากทดสอบความเร็วรอบของมอเตอร์ในส่วนของถาดหมุน อาจจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตน้ำมะพร้าว

5.2.3 ควรส่งตรวจสอบน้ำมันมะพร้าวเพื่อหาคุณค่าทางโภชนาการ และความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เอกสารอ้างอิง

[1] วาสนา วงใหญ่. (2541) กรุงเทพฯมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ **ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมะพร้าว** เอกสารงานวิจัยลักษณะองค์ประกอบมะพร้าว

[2] ฐานข้อมูลส่งเสริมและยกระดับคุณภาพสินค้า OTOP. (2562) **น้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น** เข้าถึงได้จากhttp://otop.dss.go.th/index.php/en/knowledge/informationrepack/364-virgin-coconut-oils?showall=1&limitstart=

[3] เฉลิมยศ อุทยารัตน์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 95000. (2554) **น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์** เข้าถึงเมื่อ มกราคม-มิถุนายน 2554 เข้าถึงได้จาก https://so04.tci-thaijo.org/index.php/yru_human/article/view/146456/107975

[4] คุณทิพยา ไกรทอง นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ. (2562) **มะพร้าวผสมสามทางพันธุ์ชุมพร 1 และมะพร้าวผสมสามทางพันธุ์ชุมพร 2** เข้าถึงเมื่อ 20 ตุลาคม 2562 เข้าถึงได้จาก https://www.technologychaoban.com/bullet-news-today/article_128085

[5] ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร ม.2 ต.วิสัยใต้ อ.สวี จ.ชุมพร 86130 โทรศัพท์ 077-556073E-mail chump1@doa.in.th. (2556) **กรรมวิธีการสกัดน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น** เข้าถึงเมื่อ 1 พฤษภาคม 2562 เอกสารประกอบการสอนในชุมชนจังหวัดชุมพร

[6] พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (2556) **องค์ประกอบทางพฤกษเคมีและฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของมะพร้าว** เอกสารงานวิจัยองค์ประกอบมะพร้าว

[7] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร Office of Agricultural Economics. (2563) **มะพร้าวผลแก่ปริมาณผลผลิตเป็นรายเดือนรวมทั้งประเทศ** เข้าถึงได้จากhttps://www.oae.go.th/

[8] Department of Food Science and Technology, Faculty of Applied Sciences, University of Sri Jayewardenepura, Nugegoda 10250, Sri Lanka. (2022) **Coconut oil as a therapeutic treatment for Alzheimer's disease** come from Journal of Future Foods.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[9] NameerKhairullah Mohammed, Ziad Tariq Samir, Mohammed Ahmed Jassim et al. (2021) **Effect of different extraction methods on physicochemical properties, antioxidant activity, of virgin coconut oil** come from Materials Today: Proceedings journal homepage**.**

[10] SupawanTirawanichakul, SakenaLamaepae, YutthanaTirawanichakul / Burapha Sci. J. 17 (2012) Energy Technology Research Center (ETRC) Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering Prince of Songkla University. Plasma and Energy Technology Research Laboratory, Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University
**Combined Infrared/Microwave and Hot Air Drying for Jackfruit: Kinetics, Quality and Sensory Analysis**

[11] Cassosolar (2020) **Know the Industrial Applications and Benefits of Infrared Heaters** come from online https://www.cassosolartechnologies.com/blog/know-the-industrial-applications-and-benefits-of-infrared-heaters/

[12] Green Technologies SA © 2022 / Via Valdani 1, 6830-Chiasso-CH. **The benefits of the infrared radiation** Online http://greentechnologies.ch/benefits-infrared-radiation/

[13] T. M. Afzal & T. Abe laboratory of Agricultural Process Engineering, The United Graduate School of Agricultural Sciences, Ehime University, Tarumi 3-5-7, Matsuyama 790, Japan. **Diffusion in Potato During Far Infrared Radiation Drying** come from Journal of Food Engineering 37 (1998) 353-365

[14] T.M. Afzal, T. Abe. The United Graduate School of Agricultural Sciences, Ehime Uni6ersity, Tarumi 3-5-7, Matsuyama 790-8566, Japan. **Simulation of moisture changes in barley during far infrared radiation drying** come from Computers and Electronics in Agriculture 26 (2000) 137–145

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ก

# ตารางผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ก.1** การทดสอบการแยกชั้นครีมกะทิโดยใช้วิธีการหมักที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส (ระยะเวลา 12 ชั่วงโมง)

| ระยะเวลา | ครีมกะทิ(ลิตร) | | | ครีมกะทิเฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|
| (นาที) | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | (ลิตร) |
| 0 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 15 | 2.179 | 2.269 | 2.315 | 2.2543 |
| 30 | 1.861 | 2.020 | 1.679 | 1.8533 |
| 45 | 1.747 | 1.702 | 1.566 | 1.6717 |
| 60 | 1.679 | 1.566 | 1.339 | 1.528 |
| 75 | 1.634 | 1.475 | 1.248 | 1.4523 |
| 90 | 1.611 | 1.407 | 1.225 | 1.4143 |
| 105 | 1.566 | 1.339 | 1.180 | 1.3617 |
| 120 | 1.543 | 1.316 | 1.157 | 1.3387 |
| 135 | 1.498 | 1.293 | 1.134 | 1.3083 |
| 150 | 1.407 | 1.271 | 1.112 | 1.2633 |
| 165 | 1.384 | 1.248 | 1.112 | 1.248 |
| 180 | 1.384 | 1.225 | 1.112 | 1.2403 |
| 195 | 1.361 | 1.202 | 1.089 | 1.2173 |
| 210 | 1.361 | 1.180 | 1.066 | 1.2023 |
| 225 | 1.339 | 1.157 | 1.066 | 1.1873 |
| 240 | 1.316 | 1.157 | 1.066 | 1.1797 |
| 255 | 1.316 | 1.157 | 1.066 | 1.1797 |
| 270 | 1.293 | 1.157 | 1.044 | 1.1647 |
| 285 | 1.271 | 1.157 | 1.021 | 1.1497 |
| 300 | 1.225 | 1.157 | 1.021 | 1.1343 |
| 315 | 1.225 | 1.134 | 1.021 | 1.1267 |
| 330 | 1.225 | 1.112 | 1.021 | 1.1193 |
| 345 | 1.225 | 1.112 | 1.021 | 1.1193 |
| 360 | 1.225 | 1.112 | 1.021 | 1.1193 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ก.1** การทดสอบการแยกชั้นครีมกะทิโดยใช้วิธีการหมักที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส (ระยะเวลา 12 ชั่วงโมง) ต่อ

| ระยะเวลา | ครีมกะทิ(ลิตร) | | | ครีมกะทิเฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|
| (นาที) | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | (ลิตร) |
| 375 | 1.225 | 1.112 | 1.021 | 1.1193 |
| 390 | 1.225 | 1.112 | 1.021 | 1.1193 |
| 405 | 1.225 | 1.112 | 1.021 | 1.1193 |
| 420 | 1.225 | 1.112 | 1.021 | 1.1193 |
| 435 | 1.225 | 1.112 | 1.021 | 1.1193 |
| 450 | 1.225 | 1.112 | 1.021 | 1.1193 |
| 465 | 1.225 | 1.112 | 1.021 | 1.1193 |
| 480 | 1.225 | 1.112 | 1.021 | 1.1193 |
| 495 | 1.225 | 1.112 | 1.021 | 1.1193 |
| 510 | 1.225 | 1.112 | 1.021 | 1.1193 |
| 525 | 1.225 | 1.112 | 1.021 | 1.1193 |
| 540 | 1.225 | 1.112 | 0.658 | 0.9983 |
| 555 | 0.794 | 0.680 | 0.635 | 0.703 |
| 570 | 0.658 | 0.567 | 0.499 | 0.5747 |
| 585 | 0.567 | 0.522 | 0.453 | 0.514 |
| 600 | 0.544 | 0.476 | 0.431 | 0.4837 |
| 615 | 0.522 | 0.453 | 0.408 | 0.461 |
| 630 | 0.453 | 0.408 | 0.385 | 0.4153 |
| 645 | 0.431 | 0.363 | 0.363 | 0.3857 |
| 660 | 0.431 | 0.363 | 0.340 | 0.378 |
| 675 | 0.431 | 0.363 | 0.317 | 0.3703 |
| 690 | 0.431 | 0.363 | 0.317 | 0.3703 |
| 705 | 0.431 | 0.363 | 0.317 | 0.3703 |
| 720 | 0.431 | 0.363 | 0.317 | 0.3703 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ก.2** การทดสอบการแยกชั้นครีมกะทิโดยใช้วิธีการหมักที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส (ระยะเวลา 6 ชั่วงโมง)

| ระยะเวลา | ครีมกะทิ(ลิตร) | | | | | ครีมกะทิเฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|---|---|
| (นาที) | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | ครั้งที่ 4 | ครั้งที่ 5 | (ลิตร) |
| 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 15 | 2.201 | 2.088 | 2.315 | 2.201 | 2.156 | 2.1922 |
| 30 | 1.679 | 1.747 | 1.815 | 1.861 | 1.793 | 1.779 |
| 45 | 1.407 | 1.588 | 1.702 | 1.588 | 1.634 | 1.5838 |
| 60 | 1.293 | 1.520 | 1.520 | 1.475 | 1.498 | 1.4612 |
| 75 | 1.271 | 1.429 | 1.452 | 1.407 | 1.475 | 1.4068 |
| 90 | 1.157 | 1.429 | 1.339 | 1.316 | 1.407 | 1.3296 |
| 105 | 1.112 | 1.407 | 1.271 | 1.293 | 1.384 | 1.2934 |
| 120 | 1.089 | 1.384 | 1.248 | 1.271 | 1.361 | 1.2706 |
| 135 | 1.066 | 1.384 | 1.225 | 1.248 | 1.316 | 1.2478 |
| 150 | 1.066 | 1.361 | 1.202 | 1.225 | 1.293 | 1.2294 |
| 165 | 1.044 | 1.339 | 1.180 | 1.202 | 1.217 | 1.1964 |
| 180 | 1.021 | 1.316 | 1.134 | 1.180 | 1.225 | 1.1752 |
| 195 | 0.998 | 1.293 | 1.112 | 1.180 | 1.202 | 1.157 |
| 210 | 0.976 | 1.248 | 1.112 | 1.157 | 1.180 | 1.1346 |
| 225 | 0.976 | 1.225 | 1.112 | 1.134 | 1.157 | 1.1208 |
| 240 | 0.976 | 1.202 | 1.112 | 1.112 | 1.157 | 1.1118 |
| 255 | 0.953 | 1.157 | 1.112 | 1.112 | 1.157 | 1.0982 |
| 270 | 0.953 | 1.157 | 1.089 | 1.112 | 1.157 | 1.0936 |
| 285 | 0.953 | 1.157 | 1.089 | 1.089 | 1.134 | 1.0844 |
| 300 | 0.953 | 1.134 | 1.089 | 1.089 | 1.134 | 1.0798 |
| 315 | 0.930 | 1.134 | 1.089 | 1.066 | 1.112 | 1.0662 |
| 330 | 0.930 | 1.134 | 1.066 | 1.066 | 1.112 | 1.0616 |
| 345 | 0.930 | 1.134 | 1.066 | 1.066 | 1.112 | 1.0616 |
| 360 | 0.930 | 1.134 | 1.066 | 1.066 | 1.112 | 1.0616 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ก.3** การทดสอบการแยกชั้นน้ำมันมะพร้าวโดยใช้วิธีการอบด้วยรังสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 55-60 องศาเซลเซียส (ระยะเวลา 6 ชั่วโมง)

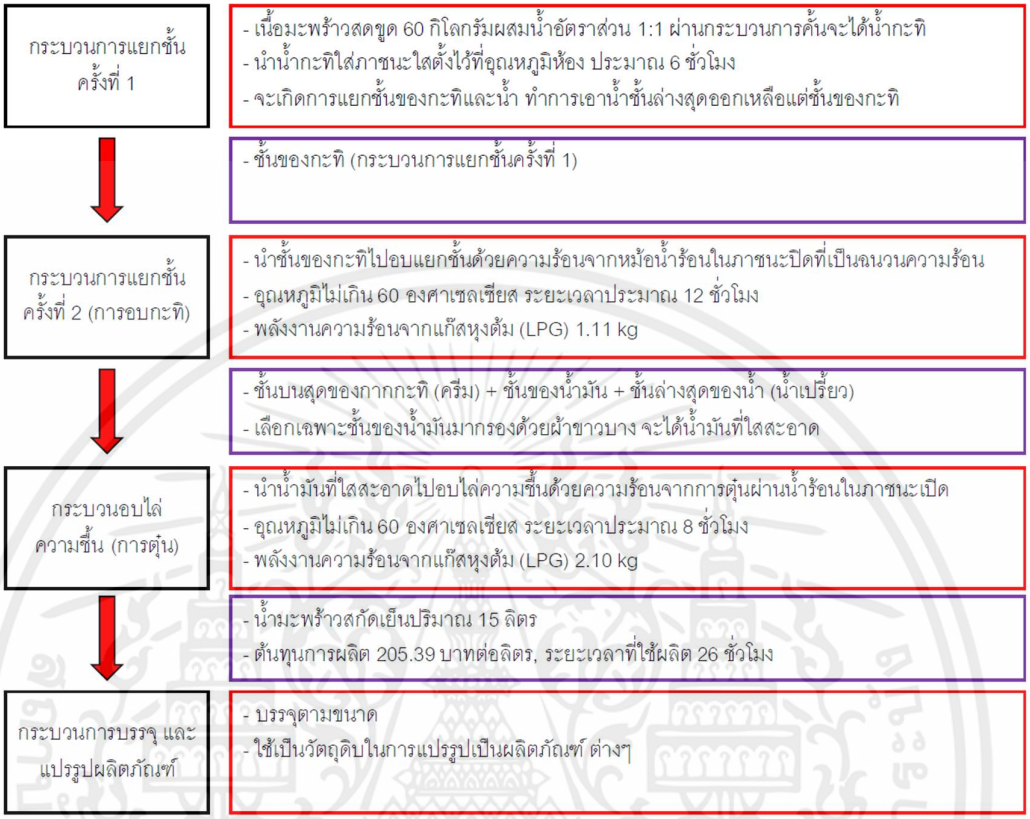
| ระยะเวลา | น้ำมันมะพร้าว(ลิตร) | | | | | น้ำมันมะพร้าว |
|---|---|---|---|---|---|---|
| (นาที) | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | ครั้งที่ 4 | ครั้งที่ 5 | เฉลี่ย (ลิตร) |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 120 | 0.453 | 0.453 | 0.340 | 0.431 | 0.453 | 0.426 |
| 150 | 0.726 | 0.726 | 0.749 | 0.817 | 0.794 | 0.7624 |
| 180 | 0.839 | 0.976 | 0.907 | 0.930 | 0.953 | 0.921 |
| 210 | 0.862 | 1.021 | 0.976 | 1.021 | 1.021 | 0.9802 |
| 240 | 0.976 | 1.021 | 0.976 | 1.021 | 1.044 | 1.0076 |
| 270 | 0.976 | 1.021 | 0.976 | 1.021 | 1.044 | 1.0076 |
| 300 | 0.976 | 1.021 | 0.976 | 1.021 | 1.044 | 1.0076 |
| 330 | 0.976 | 1.021 | 0.976 | 1.021 | 1.044 | 1.0076 |
| 360 | 0.976 | 1.021 | 0.976 | 1.021 | 1.044 | 1.0076 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

# กรรมวิธีการผลิตน้ำมันมะพร้าวสกัดแบบดั้งเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



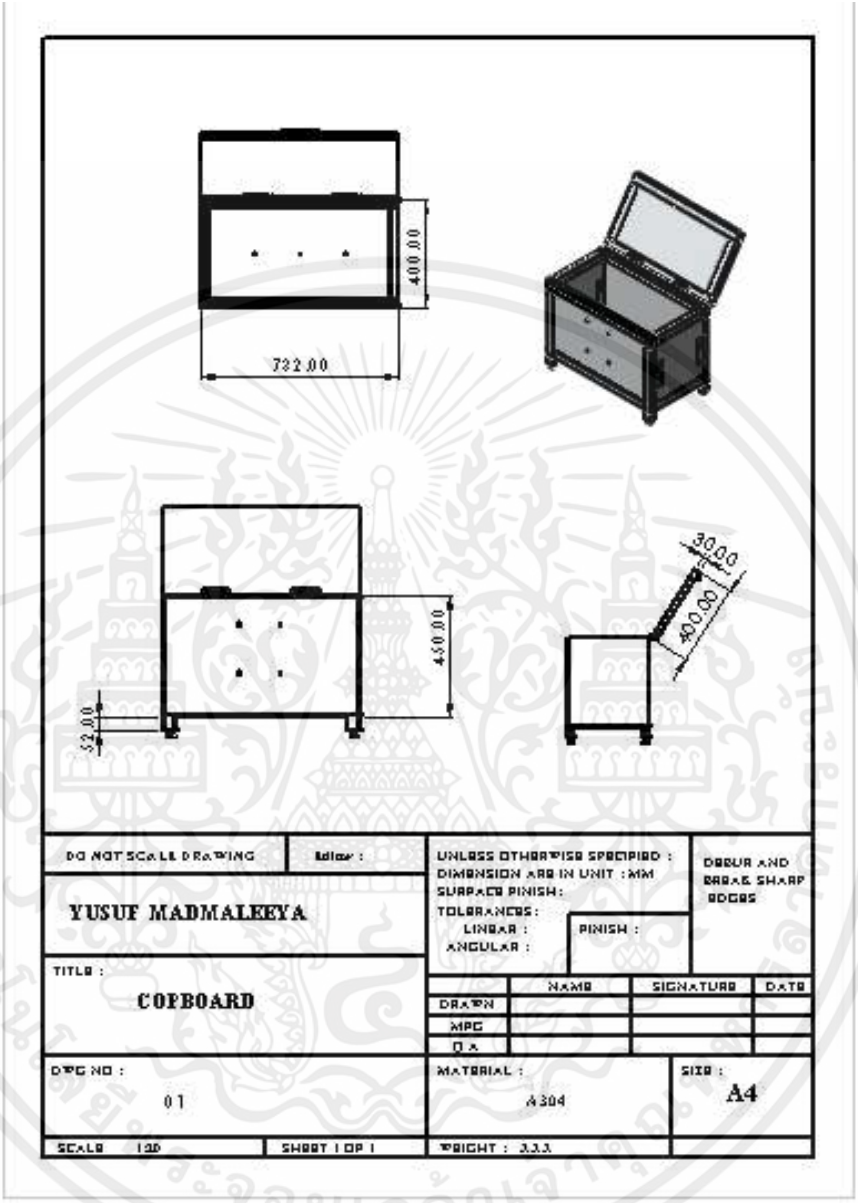

**รูปที่ ข.1** กรรมวิธีการผลิตน้ำมันมะพร้าวสกัดแบบดั้งเดิม (ราคาเนื้อมะพร้าวขูด 50 บาทต่อกิโลกรัม และราคาแก๊สหุงต้ม (LPG -ขนาด 15 kg) ราคา 378 บาท)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

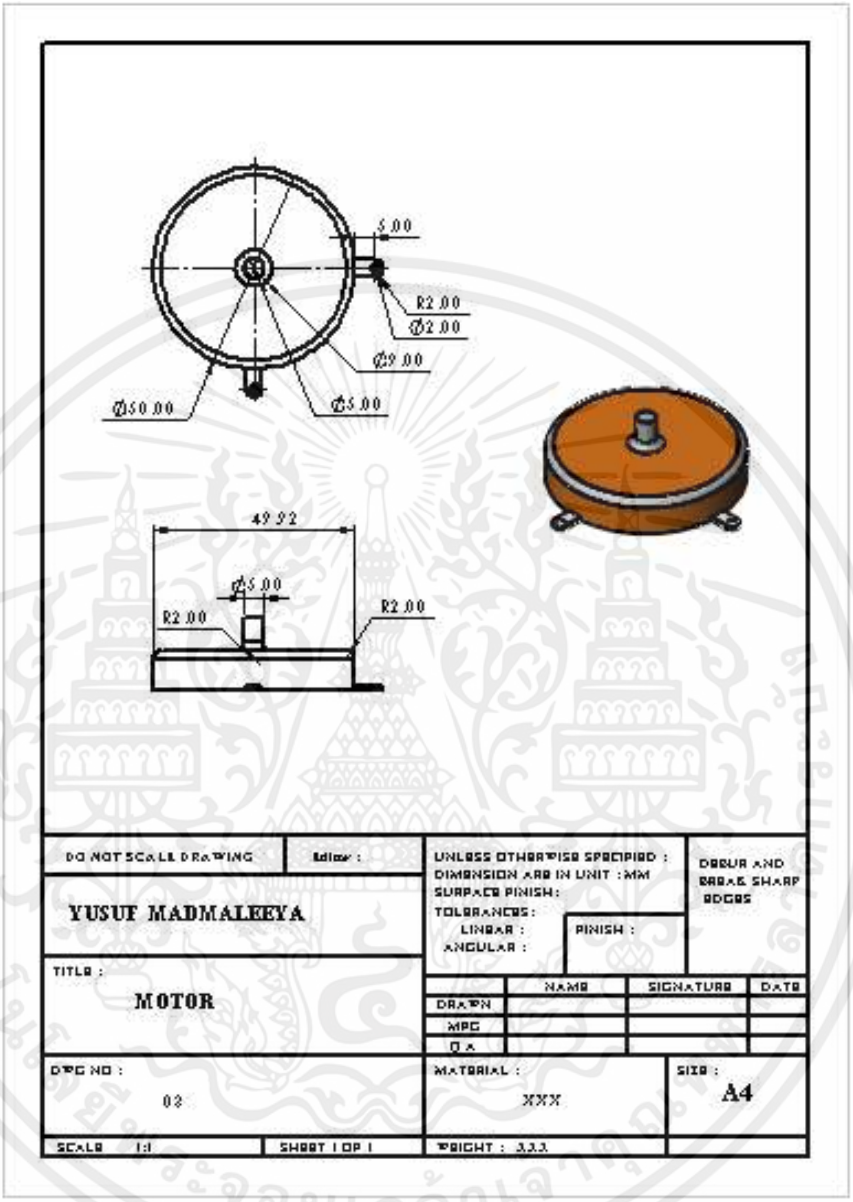
# ตู้อบแห้งโดยใช้รังสีอินฟราเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



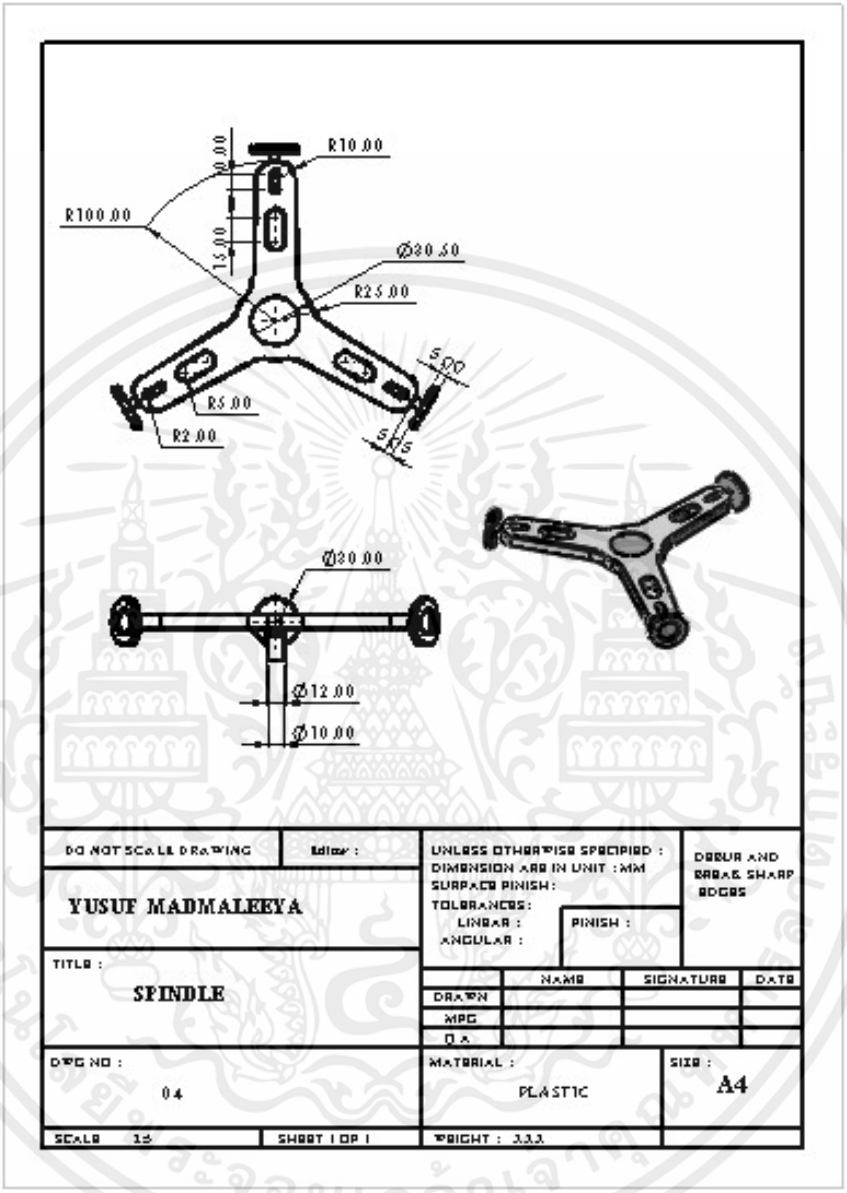

**รูปที่ ค.1** ตู้อบแห้งโดยใช้รังสีอินฟราเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



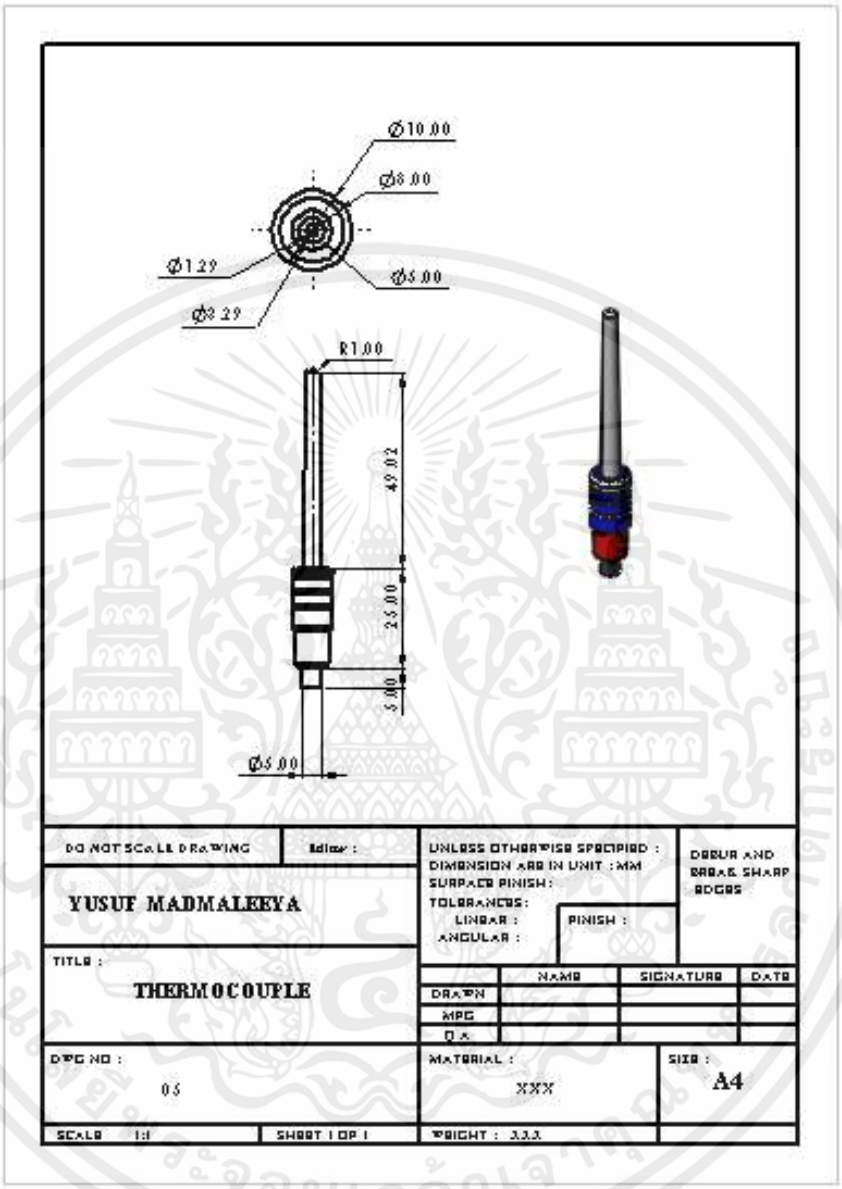

**รูปที่ ค.2** มอเตอร์ไมโครเวฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



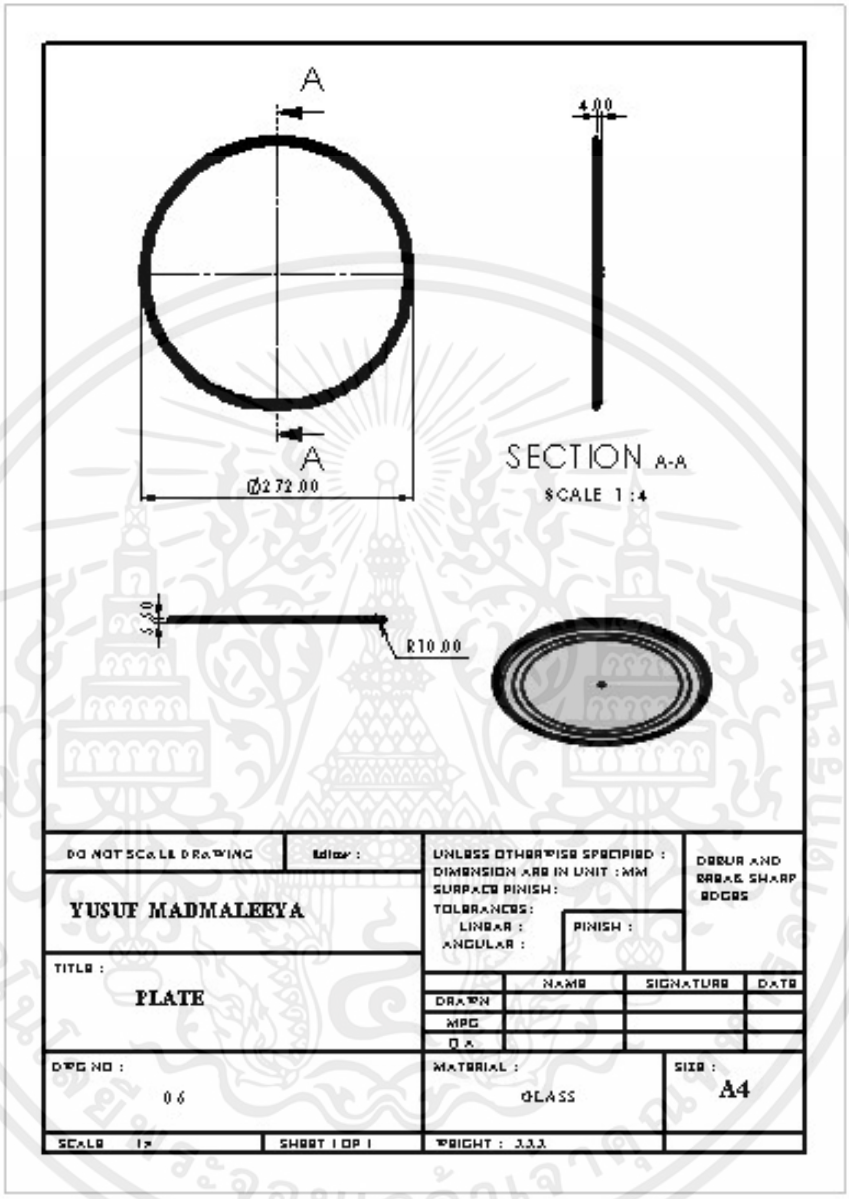

**รูปที่ ค.3** ฐานรองถาดหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



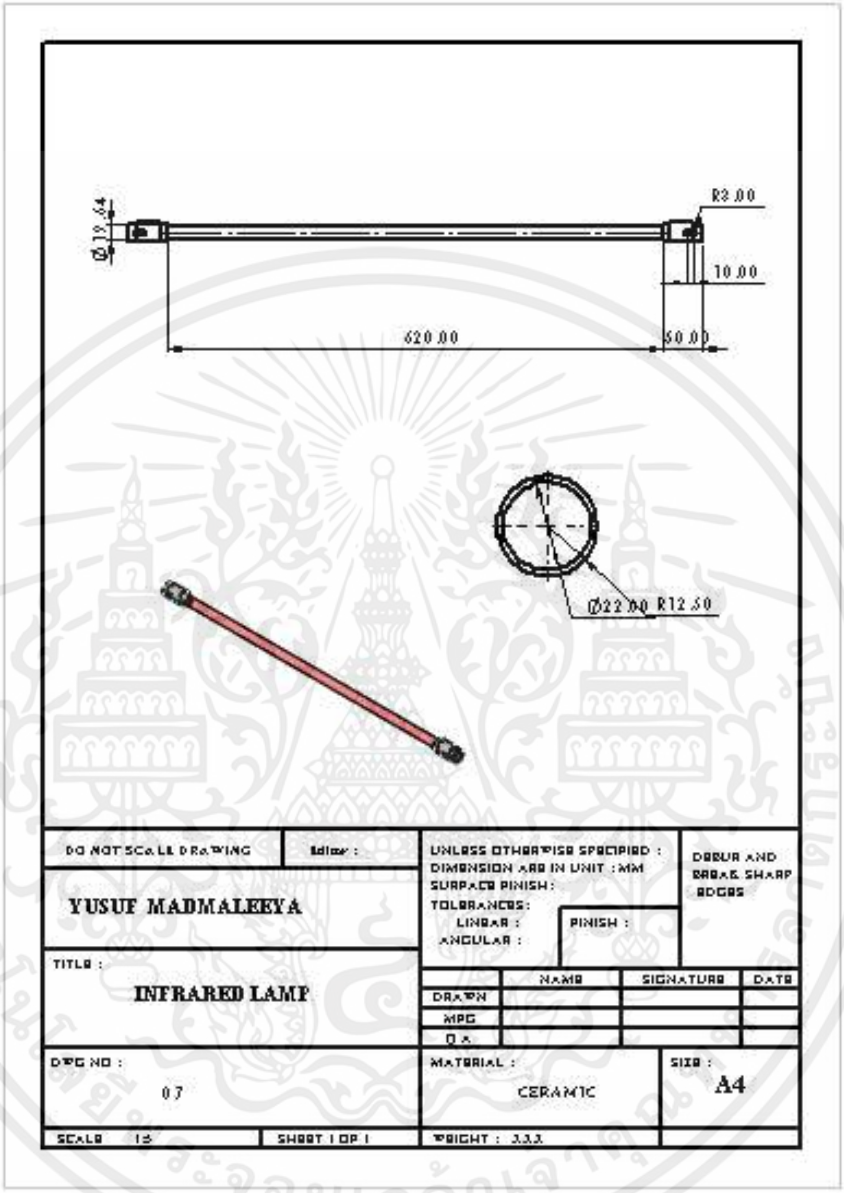

**รูปที่ ค.4** เทอร์โมคอปเปิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



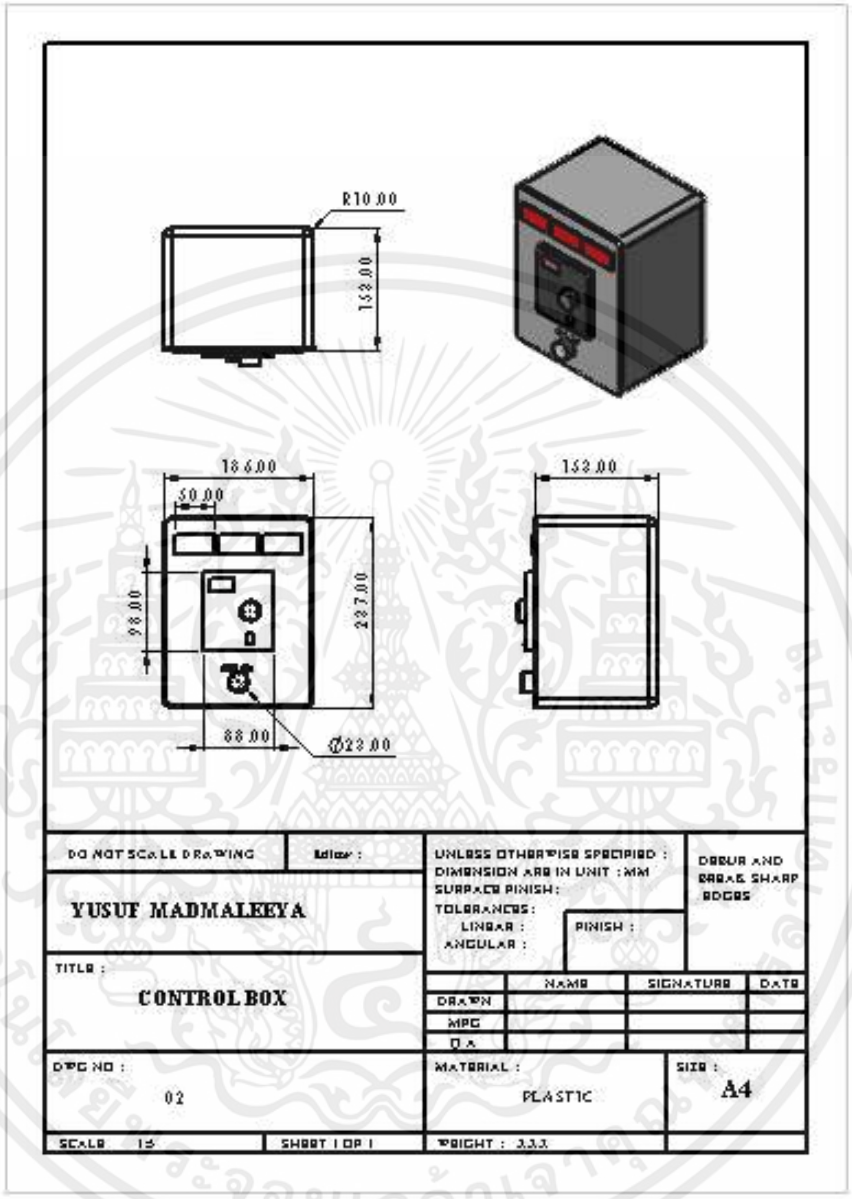

**รูปที่ ค.5** ถาดหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



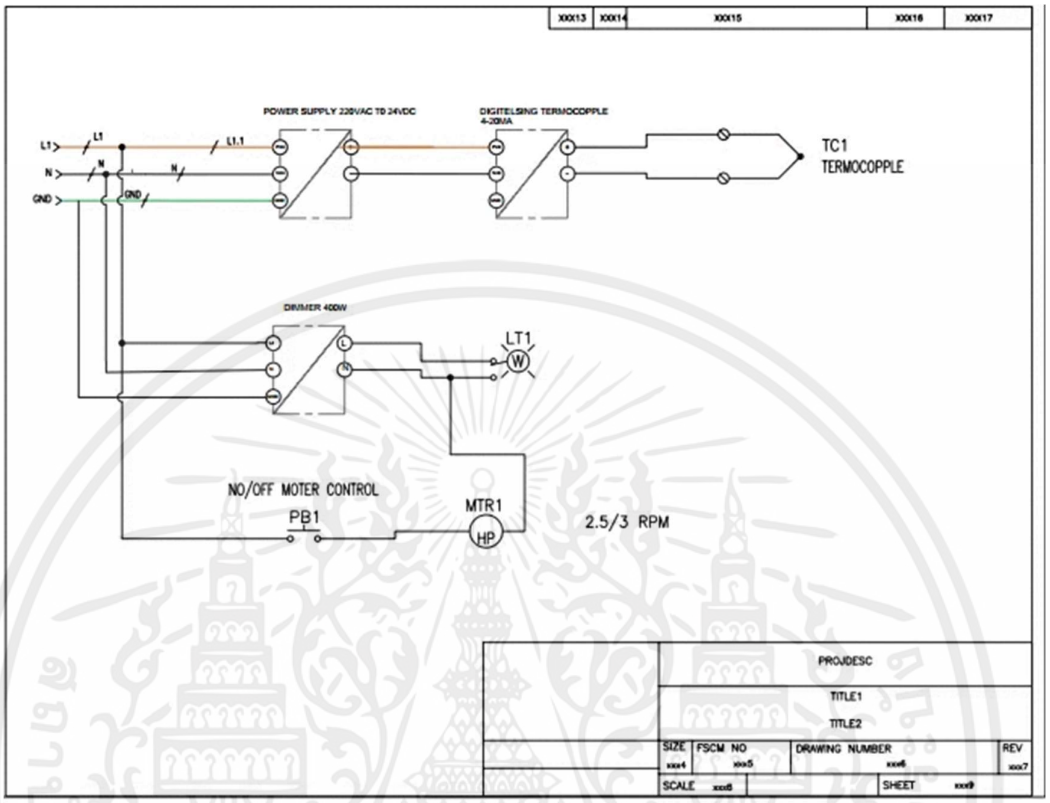

**รูปที่ ค.6** หลอดอินฟราเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ ค.7** ตู้ควบคุมอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ ค.8** แผงวงจรของตู้ควบคุมอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ประวัติผู้เขียน

| | |
|---|---|
| ชื่อ-นามสกุล | นายภานุกร ทองอินทร์ |
| วัน เดือน ปีเกิด | วันที่ 3 เดือน มกราคม พ.ศ. 2539 |
| ภูมิลำเนา | จังหวัดตรัง |
| ที่อยู่ | 175 หมู่ที่ 2 ตำบลบางกุ้ง อำเภอห้วยยอด จังหวัดตรัง 92210 |

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (วิทย์-คณิต) ปีการศึกษา 2556 จากโรงเรียนห้วยยอด จังหวัดตรัง
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาตรบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล) ปีการศึกษา 2564 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ผลงานและกิจกรรม

- ผ่านการฝึกประสบการณ์วิชาชีพหลักสูตรปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ณ โรงรถจักรหาดใหญ่ ปี พ.ศ. 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ประวัติผู้เขียน

| | |
|---|---|
| ชื่อ-นามสกุล | นายยูซุฟ มาดมาลียา |
| วัน เดือน ปีเกิด | วันที่ 29 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2542 |
| ภูมิลำเนา | จังหวัดสตูล |
| ที่อยู่ | 26 หมู่ที่ 3 ตำบลควนสตอ อำเภอควนโดน จังหวัดสตูล 91160 |

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (วิทย์-คณิต) ปีการศึกษา 2560 จากโรงเรียนอรุณศาสตร์วิทยามูลนิธิ จังหวัดสตูล
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาตรบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล) ปีการศึกษา 2564 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ผลงานและกิจกรรม

- ผ่านการฝึกประสบการณ์วิชาชีพหลักสูตรปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมเครื่องกลณ บริษัท ผลิตภัณฑ์ปลากระป๋องสยาม จำกัด ปี พ.ศ. 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ประวัติผู้เขียน

| | |
|---|---|
| ชื่อ-นามสกุล | นายกูฟิตรี ประกอบการคดี |
| วัน เดือน ปีเกิด | วันที่ 9 เดือน มกราคม พ.ศ. 2543 |
| ภูมิลำเนา | จังหวัดนราธิวาส |
| ที่อยู่ | 63/4 หมู่ที่ 8 ตำบลลำภู อำเภอเมือง จังหวัดนราธิวาส 96000 |

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (วิทย์-คณิต) ปีการศึกษา 2560 จากโรงเรียนพิมานวิทย์นราธิวาส จังหวัดนราธิวาส
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาตรบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล) ปีการศึกษา 2564 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ผลงานและกิจกรรม

- ผ่านการฝึกประสบการณ์วิชาชีพหลักสูตรปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ณ โรงรถจักรหาดใหญ่ ปี พ.ศ. 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้