การศึกษาตัวแปรสำหรับความไม่แน่นอนของเครื่องบรรจุแคปซูลน้ำมันสกัดเย็น

PARAMETRIC STUDIES FOR THE UNCERTAINTY ON COLD PRESSED OIL CAPSULE FILLING MACHINE

ณัฐกิตติ์ ระพีร์ทวีโชติ

NATTAKIT RAPEETAWECHOT

วรรณสรณ์ จิรวัฒนากิตติ

WANNASON JIRAWATTANAKITTI

อริสรา มีแต้ม

ARISARA MEETAM

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาตัวแปรสำหรับความไม่แน่นอนของเครื่องบรรจุแคปซูลน้ำมันสกัดเย็น

PARAMETRIC STUDIES FOR THE UNCERTAINTY ON COLD PRESSED OIL CAPSULE FILLING MACHINE

ณัฐกิตติ์ ระพีร์ทวีโชติ

NATTAKIT RAPEETAWECHOT

วรรณสรณ์ จิรวัฒนากิตติ

WANNASON JIRAWATTANAKITTI

อริสรา มีแต้ม

ARISARA MEETAM

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PARAMETRIC STUDIES FOR THE UNCERTAINTY ON COLD PRESSED OIL CAPSULE FILLING MACHINE

NATTAKIT RAPEETAWECHOT
WANNASON JIRAWATTANAKITTI
ARISARA MEETAM

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 การศึกษาตัวแปรสำหรับความไม่แน่นอนของเครื่องบรรจุแคปซูลน้ำมันสกัดเย็น

PROJECT TITLE PARAMETRIC STUDIES FOR THE UNCERTAINTY ON COLD PRESSED OIL CAPSULE FILLING MACHINE

ชื่อนักศึกษา	นายณัฐกิตติ์	ระพีร์ทวีโชติ	**รหัสประจำตัว** 61512036
	นางสาววรรณสรณ์	จิรวัฒนากิตติ	**รหัสประจำตัว** 61512069
	นางสาวอริสรา	มีแต้ม	**รหัสประจำตัว** 61512082

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ผศ.ดร.ปัญญา แดงวิไลลักษณ์

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ร่วม ดร.วิสิทธิ์ เอกวานิช

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์		**ลายมือชื่อ**
ผศ.ดร.ปราโมทย์ กุศล	กรรมการ	
ผศ.ดร.นารถระพี นาคะวัจนะ	กรรมการ	
ดร.วิสิทธิ์ เอกวานิช	อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	
ผศ.ดร.ปัญญา แดงวิไลลักษณ์	อาจารย์ที่ปรึกษา	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 11 กรกฎาคม 2565 เวลา 13.00 – 16.00 น.

สถานที่สอบ สอบแบบออนไลน์

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ กุศล)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 11 กรกฎาคม 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การศึกษาตัวแปรสำหรับความไม่แน่นอนของเครื่องบรรจุแคปซูลน้ำมันสกัดเย็น

ชื่อนักศึกษา นายณัฐกิตติ์ ระพีร์ทวีโชติ **รหัสประจำตัว** 61512036
นางสาววรรณสรณ์ จิรวัฒนากิตติ **รหัสประจำตัว** 61512069
นางสาวอริสรา มีแต้ม **รหัสประจำตัว** 61512082

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ผศ.ดร.ปัญญา แดงวิไลลักษณ์

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ร่วม ดร.วิสิทธิ์ เอกวานิช

บทคัดย่อ

โครงงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาตัวแปรสำหรับความไม่แน่นอนของเครื่องบรรจุแคปซูลน้ำมันสกัดเย็นอย่างเช่น น้ำมันมะพร้าว น้ำมันงา และน้ำปาล์ม เครื่องบรรจุแคปซูลน้ำมันสกัดเย็นเป็นชนิดไซริงค์และทำงานโดยระบบนิวเมติกส์ ตัวแปรที่ศึกษาจะกำหนดค่าของอุณหภูมิอากาศของห้องทดลองที่ 23 ถึง 35 องศาเซลเซียส และอัตราการบรรจุแคปซูลที่ 85 ถึง 140 แคปซูลต่อนาที จากผลการทดลองพบว่าค่าความแม่นยำในการบรรจุแคปซูลของน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นมีค่า 0.98 ในช่วงอุณหภูมิ 28 ถึง 29 องศาเซลเซียส และอัตราการบรรจุแคปซูล 100 ถึง 113 แคปซูลต่อนาที ส่วนค่าความแม่นยำในการบรรจุแคปซูลของน้ำมันงาสกัดเย็นมีค่า 0.99 ในช่วงอัตราการบรรจุแคปซูล 85 ถึง 93 แคปซูลต่อนาที นอกจากนี้เครื่องบรรจุแคปซูลน้ำมันสกัดเย็นชนิดไซริงค์ไม่เหมาะสมสำหรับการบรรจุแคปซูลของน้ำปาล์มสกัดเย็นเนื่องจากน้ำปาล์มมีค่าความหนืดสูงเกินไปในช่วงอุณหภูมิอากาศของห้องทดลอง

คำสำคัญ: เครื่องบรรจุแคปซูล, น้ำมันสกัดเย็น, น้ำมันมะพร้าว, น้ำมันงา, น้ำปาล์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Title	PARAMETRIC STUDIES FOR THE UNCERTAINTY ON COLD PRESSED OIL CAPSULE FILLING MACHINE		
Student	Mr.Nattakit	Rapeetawechot	**Student ID** 61512036
	Miss.Wannason	Jirawattanakitti	**Student ID** 61512069
	Miss.Arisara	Meetam	**Student ID** 61512082
Degree	Bachelor of Engineering		
Program	Mechanical Engineering		
Project Advisor	Ass.Prof.Dr.Panya Dangwilailux		
Project Co-advisor	Dr.Visit Eakvanich		

ABSTRACT

This research project aimed to investigate the uncertainty on cold pressed oil capsules filling machine, for example, coconut oil, sesame oil and palm oil. The cold pressed oil capsule filling machine was syringe type and operated by pneumatic system. The operating parameters of the air temperature and the capsule filling rate were range of 23 to 35 degrees Celsius and 85 to 140 capsules per minute, respectively. The results showed that the accurate encapsulation of cold pressed coconut oil was 98 percent for the operating air temperature of 28 to 29 degrees Celsius and the capsule filling rate of 100 to 113 capsules per minute. The accurate encapsulation of cold pressed sesame oil was 99 percent for the capsule filling rate of 85 to 93 capsules per minute. Moreover, the syringe type of cold pressed oil capsule filling machine was not suitable for cold pressed palm oil because it was the high viscosity at the range of operating air temperature.

Keywords: Capsules filling machine, cold pressed oil, coconut oil, sesame oil, palm oil

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจาก ผศ.ดร.ปัญญา แดงวิไลลักษณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้และ ดร.วิสิทธิ์ เอกวานิช ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ร่วม ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำแนวคิด ความรู้ต่างๆตลอดจนขั้นตอนและวิธีการในการทำปริญญานิพนธ์ อีกทั้งยังต้องขอขอบพระคุณ วิสาหกิจชุมชนทอปกรีนเวอร์จิ้นออยล์ ที่ให้การสนับสนุนวัตถุดิบและข้อมูลต่างๆที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้

บุคคลที่ขาดมิได้คือ บิดา มารดา ผู้มีพระคุณและเป็นที่เคารพรัก ที่คอยให้การสนับสนุนและให้กำลังใจแก่คณะผู้จัดทำเสมอคณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง และขอขอบคุณ พี่ๆ เพื่อนๆนักศึกษาที่คอยช่วยเหลือแนะนำและสนับสนุนในทุกๆด้าน รวมถึงกำลังใจซึ่งทำให้การจัดทำปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วง คณะผู้จัดทำหวังว่าปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะมีประโยชน์ไม่มากก็น้อยต่อผู้ที่สนใจศึกษาเกี่ยวกับตัวแปรสำหรับความไม่แน่นอนของเครื่องบรรจุแคปซูลน้ำมันสกัดเย็น

ณัฐกิตติ์ ระพีร์ทวีโชติ
วรรณสรณ์ จิรวัฒนากิตติ
อริสรา มีแต้ม
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
1.1 ที่มาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์ 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน 2
1.6 แผนการดำเนินงาน 3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 น้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น 4
2.1.1 ประโยชน์ของน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น 4
2.2 น้ำมันงาสกัดเย็น 5
2.2.1 ประโยชน์ของน้ำมันงาสกัดเย็น 6
2.3 น้ำมันปาล์มสกัดเย็น 6
2.3.1 ประโยชน์ของน้ำมันปาล์มสกัดเย็น 7
2.4 การออกแบบตารางการทดลอง 8
2.4.1 การออกแบบการทดลอง (Design of experiment) 8
2.4.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA) 10
2.4.2.1 ตัวแปรที่ต้องรู้จัก 10
2.5 การประมาณค่าและการทดสอบสมมติฐาน 11
2.5.1 การประมาณค่า 11
2.5.2 การทดสอบสมมติฐาน 13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.5.3 สถิติทดสอบ 15
2.5.4 การทดสอบค่าเฉลี่ย 16
2.6 การวิเคราะห์หาค่าความผิดพลาด 17
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 18

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ 21
3.1 วัสดุและอุปกรณ์ 21
3.2 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง 29

บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง 41
4.1 การทดสอบชุดบรรจุน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น 41
4.2 ผลการทดลองการบรรจุน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นลงในแคปซูล 42
4.3 ผลการทดลองการบรรจุน้ำมันงาสกัดเย็นลงในแคปซูล 44
4.4 ผลการทดลองการบรรจุน้ำมันปาล์มสกัดเย็นลงในแคปซูล 45
4.5 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ 47

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 49
5.1 ปัญหาที่พบในการทดลองชุดทดลองบรรจุแคปซูล 49
5.2 ข้อเสนอแนะ 49
เอกสารอ้างอิง 51
ภาคผนวก 53
ประวัติผู้จัดทำ 87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงานการออกแบบและสร้างชุดการทดลองพร้อมเก็บผล 3
ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดสอบชุดบรรจุน้ำมันมะพร้าวลงในแคปซูล ครั้งที่ 1 และ 2 41
ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลองการบรรจุน้ำมันสกัดเย็นลงในแคปซูลของน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น 42
ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดลองการบรรจุน้ำมันสกัดเย็นลงในแคปซูลของน้ำมันงาสกัดเย็น 44
ตารางที่ 4.4 ค่าใช้จ่ายในการสร้างชุดทดลองบรรจุแคปซูลน้ำมันสกัดเย็น 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปภาพที่ **หน้า**

2.1 น้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น 4
2.2 งาดำที่นำมาทำน้ำมันงาสกัดเย็น 6
2.3 น้ำมันปาล์มสกัดเย็น 7
2.4 พื้นผิวตอบสนองแบบสามมิติ 9
2.5 การออกแบบส่วนประสมกลาง (CCD) 9
3.1 น้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น 21
3.2 น้ำมันงาสกัดเย็น 22
3.3 น้ำมันปาล์มสกัดเย็น 22
3.4 แคปซูลเปล่าเบอร์ 0 23
3.5 เครื่องบรรจุแคปซูล 23
3.6 เครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง 24
3.7 ถุงมือยางชนิดไม่มีแป้ง 24
3.8 ถุงซิปล็อค 25
3.9 ถาดแคปซูล 100 หลุม 25
3.10 ถาดสเตนเลส ขนาด 31x21x2 เซนติเมตร 26
3.11 ขวดโหลแก้วพร้อมฝาปิด 26
3.12 ชุดกรองลม AFC2000 ขนาด 1/4 ยี่ห้อ PAMY 27
3.13 ปั๊มลมสายพาน ถัง 36 ลิตร PUMA PP-1 1/4HP 220 โวลต์ 27
3.14 สายลม PU ขนาด 8x5 มิลลิเมตร 28
3.15 Digital Temperature Humidity Meter UT333S 28
3.16 ฟอร์เซป (Forceps) ขนาด 18 เซนติเมตร ปลายงอ 29
3.17 ชั่งน้ำหนักของแคปซูลเปล่า 30
3.18 โปรแกรม IBM SPSS Statistics 20 30
3.19 วัดอุณหภูมิก่อนเริ่มการทดลองโดยเครื่อง Digital Temperature Humidity Meter UT333S 31
3.20 ใส่น้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นลงในขวดโหลแก้ว 31
3.21 ปิดฝาและใส่เข็มดูดน้ำมันลงไปในขวดโหลแก้ว 32
3.22 เสียบปลั๊กเพื่อเปิดเครื่อง 32
3.23 ทำการเปิดสวิตช์ 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปภาพที่ **หน้า**

3.24 เปิดวาล์วถังลม 33
3.25 กดปุ่มเปิดหรือกดซ้ำเพื่อให้เครื่องทำงานหรือหยุดทำงาน 34
3.26 การบรรจุแคปซูลเปล่าลงในถาดแคปซูล 34
3.27 วางถาดแคปซูลลงในล็อคที่ติดไว้ 35
3.28 หยอดน้ำมันลงในแคปซูล 35
3.29 ทำการประกบปิดฝาแคปซูล 36
3.30 แคปซูลที่ได้หลังจากการประกบปิดฝาแคปซูล 36
3.31 เทแคปซูลที่ปิดฝาแล้วลงในถาด 37
3.32 แคปซูลที่แยกออกเป็นชุดเพื่อนำไปชั่ง 37
3.33 ปรับอุณหภูมิแอร์ 38
3.34 ปรับความถี่ Timer 38
3.35 แคปซูลน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นที่ทำการแบ่งออกเป็นชุด ชุดละ 10 แคปซูล 39
3.36 ชุดรวมแคปซูลน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นใน 1 ถาด 40
3.37 แคปซูลน้ำมันงาสกัดเย็นที่ทำการแบ่งออกเป็นชุด ชุดละ 10 แคปซูล 40
3.38 ชุดรวมแคปซูลน้ำมันงาสกัดเย็นใน 1 ถาด 40
4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและอัตราการบรรจุแคปซูลน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น 43
4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและอัตราการบรรจุแคปซูลน้ำมันงาสกัดเย็น 45
4.3 ไซริงค์ไม่สามารถดูดน้ำมันปาล์มสกัดเย็นได้เต็มกระบอกทำให้เกิดค่าความผิดพลาดเยอะ 46
4.4 น้ำมันปาล์มสกัดเย็นที่ถูกไซริงค์ดันออกมามีปริมาณที่ไม่เท่ากับที่กำหนด 46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงที่มาและความสำคัญของปัญหา นั้นคือ น้ำมันสกัดเย็นชนิดเหลวที่ผลิตมานั้นจะทำให้การรับประทานเข้าไปค่อนข้างยาก และการแก้ปัญหาเพื่อการรับประทานน้ำมันสกัดเย็นให้ได้ง่ายที่สุด คือการแปรรูปให้มาเป็นน้ำมันสกัดเย็นชนิดแคปซูล โดยการใช้ไซริงค์ในการบรรจุ แต่การบรรจุแต่ละครั้งจะมีค่าความผิดพลาดเกิดขึ้น ทางผู้จัดทำจึงได้ทำการทดลองเพื่อหาค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นว่ามาจากสาเหตุใด

1.1 ที่มาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์

ในปัจจุบันมีการนำมะพร้าว งาดำ และปาล์มมาทำการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์น้ำมันสกัดเย็นกันอย่างแพร่หลาย ซึ่งสามารถนำมารับประทานเพื่อเป็นประโยชน์ต่อร่างกาย แต่น้ำมันสกัดเย็นเป็นแบบของเหลว การรับประทานน้ำมันสกัดเย็นแบบเหลวนั้นจึงค่อนข้างที่จะยากลำบาก จึงได้มีการคิดค้นการนำน้ำมันสกัดเย็นมาแปรรูปจากของเหลวให้มาเป็นแบบแคปซูลเพื่อง่ายต่อการรับประทานด้วยวิธีการบรรจุน้ำมันลงในแคปซูลด้วยเครื่องบรรจุแคปซูล แต่เครื่องบรรจุแคปซูลนั้นมีหลากหลายแบบ ทางผู้จัดทำเลยศึกษาการบรรจุน้ำมันสกัดเย็นที่ใช้ไซริงค์ในการบรรจุน้ำมันสกัดเย็นลงในแคปซูล เนื่องจากไซริงค์มีต้นทุนในการผลิตต่ำกว่าเครื่องบรรจุน้ำมันสกัดเย็นแบบอื่น

สาเหตุที่ทางคณะผู้จัดทำได้จัดทำโครงงานเรื่องการศึกษาตัวแปรสำหรับความไม่แน่นอนของเครื่องบรรจุแคปซูลน้ำมันสกัดเย็นนี้ เนื่องจากทางผู้จัดทำได้รู้สึกถึงเวลาที่ทำการบรรจุน้ำมันสกัดเย็นลงในแคปซูลด้วยไซริงค์นั้นอาจเกิดค่าความผิดพลาดจากตัวแปรต่างๆที่มีผลต่อการบรรจุน้ำมันสกัดเย็นชนิดแคปซูลหรือไม่

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อศึกษาอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อค่าความผิดพลาดในการบรรจุน้ำมันสกัดเย็น

1.2.2 เพื่อศึกษาอัตราการบรรจุแคปซูลที่ใช้ในการบรรจุหรือกำลังการผลิตที่มีผลต่อค่าความผิดพลาดในการบรรจุน้ำมันสกัดเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 น้ำมันสกัดเย็นที่นำมาใช้ในการทดลองเป็นน้ำมันมะพร้าว น้ำมันงา และน้ำมันปาล์ม

1.3.2 ไซริงค์ที่ใช้ในการทดลองเป็นแบบ Food Grade

1.3.3 แคปซูลที่จะนำมาใช้บรรจุน้ำมันสกัดเย็นเป็นแคปซูลชนิด ลิแคปส์แคปซูล (Licaps Capsule) ขนาดเบอร์ 0 (500mg/Caps)

1.3.4 ชุดการทดลองควบคุมด้วยระบบนิวเมติกส์ไฟฟ้า

1.3.5 อุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองคือ 23 ถึง 35 องศาเซลเซียส

1.3.6 อัตราการบรรจุแคปซูลที่ใช้คือ 85 ถึง 140 แคปซูลต่อนาที

1.3.7 ชุดทดลองเป็นแบบไซริงค์ 2 หัว

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เพื่อหาว่าตัวแปรใดมีผลต่อค่าความผิดพลาดที่มีผลต่อการบรรจุน้ำมันสกัดเย็นชนิดแคปซูล

1.4.2 ชุดทดลองเครื่องบรรจุแคปซูลสามารถทำงานได้ดีกว่าหรือเทียบเท่ากับการบรรจุด้วยมือที่ใช้ในชุมชน

1.4.3 เพื่อเป็นประโยชน์สำหรับการนำไปศึกษาต่อเกี่ยวกับการทดลองการบรรจุน้ำมันสกัดเย็นชนิดแคปซูลต่อไป

1.4.4 เพื่อปรับปรุงและพัฒนาเครื่องบรรจุแคปซูลน้ำมันสกัดเย็นให้ดีกว่าเดิมที่ใช้แรงบีบมือในการบรรจุแคปซูล

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.5.1 ศึกษาและค้นคว้าหาข้อมูล

1.5.2 ออกแบบชุดทดลอง

1.5.3 จัดซื้ออุปกรณ์การทดลอง

1.5.4 จัดทำชุดทดลอง

1.5.5 ทดลองและเก็บผลการทดลอง

1.5.6 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงานการออกแบบและสร้างชุดการทดลองพร้อมเก็บผล

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาการดำเนินงาน										
	2564					2565					
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.
1.ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง	←	—	→								
2.ออกแบบชุดทดลอง			←	—	→						
3.จัดซื้ออุปกรณ์การทดลอง				←	—	—	→				
4.จัดทำชุดทดลอง					←	—	—	→			
5.ทดลองและเก็บผล								←	—	→	
6.สรุปผลการทดลอง								←	—	→	
7.ทำเล่มปริญญานิพนธ์										←	— →

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงแนวคิด ทฤษฎี วรรณกรรม หรืองานวิจัยที่มีความเกี่ยวข้องเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับโครงงานนี้

2.1 น้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น

น้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น คือ น้ำมันที่ได้โดยไม่ผ่านความร้อน (cold press coconut oil) ผลิตจากเนื้อมะพร้าวสดเป็นน้ำมันมะพร้าวที่บริสุทธิ์ที่สุด สีใสเหมือนน้ำ ไม่มีกลิ่นหืน และมีกลิ่มหอมอ่อนๆของมะพร้าว น้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นมีวิตามินอี และไม่ผ่านขบวนการเติมออกซิเจน (oxidation) และที่สำคัญในน้ำมันมะพร้าวมีกรดลอริก อยู่ประมาณ 54.61% กรดนี้มีส่วนที่ทำให้น้ำมันมะพร้าวดีกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่นๆ เพราะมีความสามารถพิเศษคือสร้างภูมิคุ้มกัน เมื่อเราบริโภคน้ำมันมะพร้าวเข้าไปในร่างกาย กรดลอริกในน้ำมันมะพร้าว จะเปลี่ยนเป็นโมโนกลีเซอไรด์ ที่มีชื่อว่าโมโนลอริน ซึ่งเป็นสารตัวเดียวกับที่อยู่ในน้ำนมมารดา และน้ำมันมะพร้าวมีกรดไขมันอิ่มตัวสายปานกลาง จึงทำให้ร่างกายดึงไปเผาผลาญได้รวดเร็วนอกจากนี้ยังมีแร่ธาตุสำคัญและวิตามินละลายในไขมันบางชนิดเช่น แคลเซียม แมกนีเซียม เบต้าแคโรทีน วิตามินเอ ดี อี เค เป็นต้น [1]

รูปที่2.1 น้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น

2.1.1ประโยชน์ของน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น

1. รับประทานแล้วไม่อ้วน

น้ำมันมะพร้าวให้พลังงานเพียง 8.6 กิโลแคลอรี่ต่อกรัม และน้ำมันมะพร้าวช่วยเพิ่มอัตราเมตาบอลิซึมนานถึง 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กระตุ้นการขับถ่าย

น้ำมันมะพร้าวมีกรดไขมันอิ่มตัวสายปานกลาง ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของลำไส้ใหญ่จึงช่วยกระตุ้นการขับถ่ายได้ดี อย่างเช่น บางที่เริ่มทานก็จะมีอาการท้องเสียเบาๆ

3. บำรุงกำลัง

น้ำมันมะพร้าวกินแล้วทำให้ย่อยง่าย ร่างกายดูดซึมไปใช้ในกระบวนการเผาผลาญได้ทันที ทำให้กินแล้วอิ่มนาน จึงทำให้ร่างกายมีกำลังเพิ่มขึ้นโดยธรรมชาติ

4.ช่วยให้การนอนหลับดีขึ้น

ในน้ำมันมะพร้าวอุดมไปด้วยกรดลอริก กรดคาปริก และกรดคาปริลิก ซึ่งมีคุณสมบัติช่วยผ่อนคลายรับประทานติดต่อกันทุกวันจะช่วยให้คุณนอนหลับได้สนิทขึ้นและยังช่วยบรรเทาอาการอ่อนเพลียเรื้อรัง ลดความเครียด และอาการอ่อนเพลียได้ด้วยนอกจากนี้ยังช่วยลดความเสี่ยงเป็นโรคกลุ่มเสื่อมเช่น โรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูง โรคอ้วน โรคหัวใจ โรคตับ และโรคไตบำรุงกระดูก บำรุงครรภ์ ลดการอักเสบและติดเชื้อ บำรุงสุขภาพในช่องปากและช่วยลดความเสี่ยงโรคมะเร็งได้ด้วย [2]

2.2 น้ำมันงาสกัดเย็น

น้ำมันงาดำสกัดเย็นได้มาจากเมล็ดงาดำ ซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการมากมายในงาดำมีสารเซซามิน (Sesamin) อุดมไปด้วยวิตามินบี ฟอสฟอรัส และแคลเซียมที่สูงกว่าผัก มีแคลเซียมประมาณ 410-485 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม รวมถึงสรรพคุณและประโยชน์ดีต่อสุขภาพเป็นไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน เมื่อบริโภคน้ำมันเมล็ดงาดำสกัดเย็นจะมีกรดไขมันจำเป็นที่ร่างกายไม่สามารถผลิตได้

น้ำมันงาดำสกัดเย็น อุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุ ประกอบไปด้วยสารเซซามิน ไขมันชนิดดี (HDL) โอเมก้า 3-6-9 วิตามินB1 B2 B5 B6 B9 แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม ฟอสฟอรัส สังกะสี เหล็ก ในเมล็ดงาดำยังมีส่วนประกอบของน้ำมันอยู่ถึง 70% ในประเทศไทยงาดำถูกนำมาใช้ประโยชน์ทั้งในด้านยารักษาโรค อาหาร และเครื่องสำอาง ไม่ว่าจะเป็นขนม เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ นำไปเติมลงในอาหาร หรือแม้แต่นำไปสกัดเป็นน้ำมันงาดำ เนื่องจากอุดมไปด้วยคุณค่าทางอาหาร โดยในงาดำปริมาณ 100 กรัม ให้พลังงาน 573 กิโลแคลอรี และมีคุณค่าทางโภชนาการทานน้ำมันงาดำเป็นประจำจะทำให้ร่างกายจะได้รับสารอาหารอย่างครบถ้วน [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.2 งาดำที่นำมาทำน้ำมันงาสกัดเย็น

2.2.1 ประโยชน์ของน้ำมันงาสกัดเย็น

น้ำมันงาสกัดเย็น มีสารเซซามินที่พบได้เฉพาะในงาดำซึ่งมีสรรพคุณช่วยบำรุงหัวใจและไต ช่วยส่งเสริมระบบสูบฉีดเลือดให้อยู่ในภาวะปกติ ส่วนวิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันงาดำสกัดเย็นนั้นจะช่วยเข้าไปชะล้างหลอดเลือดให้สะอาด ลดการอุดตันในเส้นเลือดและช่วยป้องกันหลอดเลือดแข็งตัว และตัวไขมันชนิดดี (HDL) นั้น จะเข้าไปช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นของเส้นเลือดของเรา ส่งผลให้เลือดไหลเวียนได้สะดวก ช่วยลดการอุดตันของเส้นเลือดและหัวใจ

ถ้าจะว่ากันด้วยสรรพคุณของน้ำมันงาดำนั้น ก็จะมีหลากหลายประการ แต่หนึ่งในสรรพคุณที่ผู้รับประทานน้ำมันงาดำสกัดเย็นแล้วนำมาบอกเล่ากันถึงคุณประโยชน์ก็คือ การใช้น้ำมันงาดำสกัดเย็นเพื่อลดอาการปวด ลดการอักเสบข้อต่อต่างๆในร่างกาย และช่วยลดความเสี่ยงของโรคข้อเสื่อม สำหรับสารเซซามินที่พบเฉพาะแต่ในงาดำนั้น มีสรรพคุณเด่นในการช่วยบำรุงหัวใจและไต ส่งเสริมระบบสูบฉีดเลือดให้ดำเนินไปอย่างปกติ ส่วนวิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันงาดำสกัดเย็นนั้นลดการอุดตันในเส้นเลือดและช่วยป้องกันหลอดเลือดแข็งตัว และตัวไขมันชนิดดีนั้น จะเข้าไปช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นของเส้นเลือดของเรา ส่งผลให้เลือดไหลเวียนได้สะดวก ช่วยลดการอุดตันของเส้นเลือดและหัวใจ การรับประทานน้ำมันงาดำสกัดเย็นซึ่งเป็นอาหารเสริมจากธรรมชาตินั้น สามารถช่วยควบคุมและรักษาโรคความดันโลหิตสูงได้ ซึ่งการรับประทานน้ำมันงาดำอย่างสม่ำเสมอพร้อมอาหารที่ครบ5หมู่ จะช่วยให้หลอดเลือดของเราสะอาด มีความยืดหยุ่น จะส่งผลให้การทำงานของระบบเส้นเลือดและหัวใจทำงานได้ดีเป็นปกติ ซึ่งในที่สุดสภาวะความดันโลหิตสูงจะค่อยๆปรับลดลง และจะสามารถปรับมาอยู่ในระดับคงตัวในสภาวะที่เหมาะสมได้ [4]

2.3 น้ำมันปาล์มสกัดเย็น

น้ำมันปาล์มแดงเป็นน้ำมันชนิดใหม่ที่ผลิตจากน้ำมันปาล์มดิบ เช่นเดียวกับน้ำมันที่ใช้ในการนำมาทำอาหาร มีคุณค่าทางอาหารสูง และมีสารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพหลายชนิด อาทิ แคโรทีนอยด์ และโทโคฟีรอล เป็นต้น ซึ่งสารเหล่านี้มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ และช่วยเสริมสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภูมิคุ้มกันให้ร่างกาย เพียงแต่น้ำมันปาล์มแดงจะไม่ฟอกสีให้ใส แต่มีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าน้ำมันใสอย่างมาก โดยในการผลิตน้ำมันปาล์มแดงนั้นจะมีขั้นตอนเช่นเดียวกับน้ำมันปาล์มโดยทั่วไป

นอกจากนี้น้ำมันปาล์มแดงสามารถนำไปผลิตเป็นน้ำมันผสมที่มีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่หลากหลายยิ่งขึ้น เช่น ทำการผสมน้ำมันปาล์มแดง กับน้ำมันรำข้าว และน้ำมันงา โดยทำการผสมให้มีสัดส่วนของกรดไขมันอิ่มตัว กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน ตามที่องค์การอนามัยโลกแนะนำ น้ำมันผสมที่ได้จะมีวิตามินและมีสารต้านอนุมูลอิสระในปริมาณที่สูงมาก น้ำมันปาล์มแดง และน้ำมันผสม ยังสามารถนำไปผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำมันเป็นส่วนผสมได้ [5]

รูปที่ 2.3 น้ำมันปาล์มสกัดเย็น

2.3.1 ประโยชน์ของน้ำมันปาล์มสกัดเย็น

1. ป้องกันภาวะขาดวิตามินเอ วิตามินเอซึ่งเป็นวิตามินชนิดหนึ่งที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของกระดูก ช่วยบำรุงสุขภาพผิวหนังและสายตา ซึ่งหากขาดวิตามินเออาจทำให้เกิดผลกระทบต่อการมองเห็น มีอาการตาแห้ง และอาจนำไปสู่การเกิดภาวะโลหิตจางได้อีกด้วย และเนื่องจากในน้ำมันปาล์มแดงมีสารแคโรทีนอยด์ที่ร่างกายสามารถเปลี่ยนให้เป็นวิตามินเอได้

2. ลดคอเลสเตอรอลชนิดที่ไม่ดี (Low-Density Lipoproteins: LDL) เป็นคอเลสเตอรอลที่ไม่ดีต่อร่างกาย หากมีคอเลสเตอรอลชนิดนี้มากเกินไปอาจนำไปสู่การเกิดโรคเกี่ยวกับระบบหัวใจและหลอดเลือด เช่น ภาวะหัวใจขาดเลือดเฉียบพลัน โรคหลอดเลือดสมอง และโรคหลอดเลือดแดงส่วนปลายตีบ เป็นต้น

3. ช่วยบำรุงสมองเนื่องจากน้ำมันปาล์มเป็นแหล่งของวิตามินอี ซึ่งมีสารโทโคไตรอีนอลที่เชื่อกันว่าอาจช่วยลดการแตกตัวของไขมันไม่อิ่มตัวในสมอง ชะลอการเกิดภาวะสมองเสื่อม ลดความเสี่ยงของโรคหลอดเลือดสมอง และยังช่วยป้องกันการเจริญเติบโตของแผลในสมองอีกด้วย [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การออกแบบตารางการทดลอง

2.4.1 การออกแบบการทดลอง (Design of experiment)

การออกแบบการทดลองเป็นการออกแบบเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด เป็นการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ใช้สมการคณิตศาสตร์หรือแบบจำลองอธิบายปัจจัยที่มีผล สามารถศึกษาหลายๆปัจจัยได้พร้อมกัน การออกแบบการทดลองจึงเป็นวิธีการเก็บข้อมูลที่มีประสิทธิภาพ

กระบวนการที่มีปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณลักษณะด้านคุณภาพของกระบวนการ ในการออกแบบการทดลองต้องทำการทดลองอย่างเป็นระบบเพื่อที่จะหาความสัมพันธ์เชิงสถิติ โดยใช้ทรัพยากรการทดลองอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

$$y = f(x_1, x_2) + \varepsilon \quad (1)$$

โดยกำหนดให้ปัจจัยนั้นแทนค่าด้วย *x* และ $\mathcal{E}$ คือ ค่าความผิดพลาดของผลตอบ *y* ที่เป็นผลมาจากการทดลอง ถ้ากำหนดว่า $E(y) = f(x_1, x_2) = \eta$ ดังนั้น สามารถเขียนสมการของพื้นผิวได้ คือ

$$\eta = f(x_1, x_2) \quad (2)$$

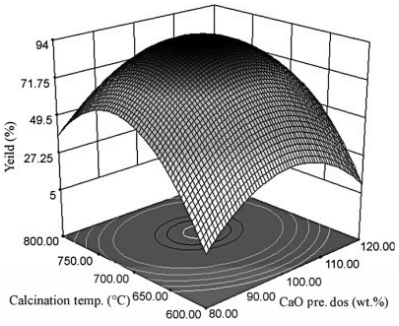
เรียกว่า พื้นผิวผลตอบ (Response Surface) โดยที่ n จะถูกพล็อตกับระดับของ x1 x2 ทำให้มองรูปร่างของพื้นผิวตอบผลได้ดีขึ้น ขั้นแรกต้องหาตัวที่เหมาะสมใช้เป็นตัวแทนความสัมพันธ์ที่แท้จริงของ yและเซตของตัวแปรอิสระ โดยในขั้นแรกจะต้องหาตัวประมาณที่เหมาะสมที่ใช้เป็นตัวแทนสำหรับแสดงความสัมพันธ์ที่แท้จริงระหว่าง y และเซตของตัวแปรอิสระ อาจจะเป็น แบบจำลองของผลตอบมีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นกับตัวแปร อิสระ ฟังก์ชันที่ใช้เป็นแบบจำลองกำลังหนึ่ง ดังสมการที่ 3

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 \beta x_2 + \cdots + \varepsilon \quad (3)$$

แต่ถ้ามีส่วนโค้งเกี่ยวข้องในระบบ จะใช้ฟังก์ชันพหุนามที่มีกำลังสูงขึ้น เช่น พหุนามกำลังสอง ดังสมการที่ 4

$$y = \beta_0 + \Sigma_{t=1}^{k} \beta_1 x_1 + \Sigma_{t=1}^{k} \beta_2 x_2 + \Sigma\Sigma_{i<j} + \varepsilon \quad (4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 พื้นผิวตอบสนองแบบสามมิติ

ปัญหาส่วนใหญ่จะใช้แบบจำลองกำลังหนึ่งหรือกำลังสองในการหาผลตอบสนองแต่แบบจำลองทั้งสองแบบไม่สามารถประมาณความสัมพันธ์ตลอดพื้นผิวทั้งหมดของตัวแปรอิสระได้ ทางเราจึงได้ใช้อีกวิธีการหนึ่งเป็นการออกแบบสำหรับฟิตแบบจำลองอันดับที่สอง การออกแบบสำหรับฟิตแบบจำลองอันดับที่สอง เป็นการเน้นการสร้างแบบจำลองควอดราติกของผลตอบ มีวิธีการที่น่าสนใจ คือ การออกแบบส่วนประสมกลาง (Central Composite Design; CCD) เป็นการออกแบบการทดลองแบบหนึ่งที่เลือกบางการทดลองหรือบางสถานะการทดลองที่จำเป็นจากวิธีการ Full factorial design เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เพียงพอต่อการสร้างแบบจำลองทางสถิติโย Model ที่ได้จะยังคงมีทั้ง Main Effect, Interaction และ Quadratic Terms โดยใช้ทรัพยากรไม่มากจนเกินไป และถูกใช้ในการหาสภาวะที่เหมาะสม

จำนวนการทดลอง $\text{CCD} = 2^k + 2k + 4$ (5)

เมื่อ k คือ จำนวนตัวแปรที่กำหนดไว้ในการทดลอง

4 คือ จำนวนการทำซ้ำ

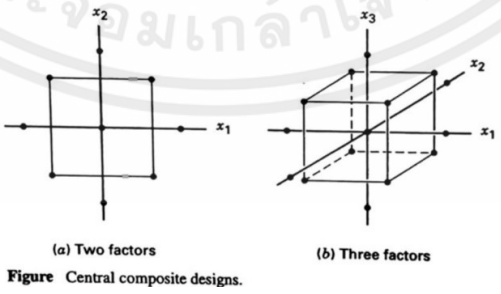


Figure Central composite designs.

รูปที่ 2.5 การออกแบบส่วนประสมกลาง (CCD) สำหรับ k=2 และ k=3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA)

เป็นวิธีการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่มขึ้นไป เป็นการวิเคราะห์ อัตราส่วนความแปรปรวนระหว่างกลุ่มและความแปรปรวนภายในกลุ่ม ค่าความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม เกิดจากความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มต่างๆ ค่าความแปรปรวนภายในกลุ่มเป็นค่าที่ให้เห็นว่า คะแนนแต่ละตัวภายในกลุ่มกระจายมากหรือน้อย ค่าที่คำนวณได้เรียกว่าความคลาดเคลื่อน [5]

2.4.2.1 ตัวแปรต่างๆที่ใช้ในการอ่านค่าการคำนวณทางสถิติ

ค่า R-Squared คือตัวสถิติที่ใช้วัดว่าตัวแบบคณิตศาสตร์ที่ได้นี้มีความสมรูปกับข้อมูลมากน้อยอย่างไร หรือค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจ (Coefficient of Determination) หรือค่าสัมประสิทธิ์แสดง การตัดสินใจเชิงซ้อน (Coefficient of Multiple Determination) สำหรับการวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุคูณ (Multiple Regression)

นิยามของค่า R-Squared คือ ค่าความผันแปรของตัวแปรตอบสนองที่สามารถอธิบายได้มีอยู่ในตัวแบบเชิงเส้นนี้ กี่เปอร์เซ็นต์ หรือ

R-Squared = ความผันแปรที่สามารถอธิบายได้ / ความผันแปรทั้งหมด (Explained variation / Total Variation)

ค่า R-Squared จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0% - 100%

- 0% แสดงให้เห็นว่า ตัวแบบคณิตศาสตร์ที่ได้มานั้นไม่สามารถอธิบายความผันแปรของค่าตัวแปรตอบสนอง ต่างที่กระจายรอบค่าเฉลี่ยได้เลย

- 100% แสดงให้เห็นว่า ตัวแบบคณิตศาสตร์ที่ได้มานั้นสามารถอธิบายความผันแปรของค่าตัวแปรตอบสนอง ต่างที่กระจายรอบค่าเฉลี่ยได้เป็นอย่างดี

โดยทั่วไปแล้ว ค่า R-Squared สูงๆ หมายความว่า ตัวแบบคณิตศาสตร์นั้นดี (เหมาะสมกับข้อมูล) แต่อย่างไรก็ตาม ยังมีเงื่อนไขบางอย่างที่ต้องมีพร้อมกับค่า R-Squared สูงๆนี้ด้วย [13]

ค่า adjusted R – squared ใช้ในการเปรียบเทียบความสามาถในการอธิบาย (Explanatory power) ของสมการตัวแบบ ที่มีจำนวนตัวแปรทำนายแตกต่างกัน

สมมติว่าต้องการเปรียบเทียบตัวแบบที่มีตัวแปรทำนายจำนวน 5 ตัว ที่มีค่า R – squared สูงกับตัวแบบหนึ่งที่มี ตัวแปรทำนายหนึ่งตัว ในการเปรียบเทียบสองตัวแบบนั้น จะทำการหาว่าตัวแบบที่มีตัวแปรทำนาย 5 ตัวนั้น มีค่า R – squared สูงนั้นเพราะตัวแบบนั้นดีกว่าจริงๆ หรือเป็นเพียงเพราะมีจำนวนตัวแปรมากกว่า ซึ่งการเปรียบเทียบนี้จะใช้ ค่า adjusted R – squared เป็นตัวหาคำตอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า adjusted R – squared จะเป็นการนำค่า R – squared มาปรับเพื่อสามารถให้สอดคล้องกับจำนวนตัวแปรทำนายที่อยู่ใน ตัวแบบ ค่า adjusted R – squared จะมีค่าเพิ่มขึ้นจากเดิมก็ต่อเมื่อพจน์ที่เพิ่มเข้ามาใหม่นั้นทำให้ตัวแบบอธิบายความได้ดีขึ้น จากค่าความคลาดเคลื่อน และค่า adjusted R – squared จะมีค่าลดลงถ้าพจน์ที่เพิ่มเข้ามาในตัวแบบนั้นทำให้ตัวแบบอธิบายความได้น้อยกว่าค่าความคลาดเคลื่อน ค่า adjusted R – squared ยังสามารมีค่าเป็นลบได้ แต่โดยทั่วไปแล้วจะไม่เป็นเช่นนั้น แต่อย่างหนึ่งคือ จะมีค่าน้อยกว่า ค่า R – squared เสมอ [14]

ค่า Predicted R – squared จะเป็นตัวบ่งชี้ว่าตัวแบบที่เรามีนั้นสามารถทำนายค่าตอบสนองค่าใหม่ได้ดีขนาดไหน ตัวสถิตินี้จะสามารถช่วยบอกว่าตัวแบบของเรานั้นเป็นเพียงตัวแบบที่สมรูปกับข้อมูลแต่มีไม่มีความสามารถในการทำนายค่า ตอบสนองของข้อมูลค่าใหม่ ประโยชน์ที่สำคัญของค่า Predicted R – squared คือ การป้องกันที่จะทำให้คุณสร้างตัวแบบเป็นแบบ over specified ซึ่งมีจำนวนตัวแปรทำนายเกินความจำเป็น และทำให้ตัวแบบนั้นมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นได้ [15]

ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (CV) คือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สัมพัทธ์ที่คำนวณเป็นร้อยละ ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันมีค่าน้อยแสดงว่ามีความเที่ยงสูงหรือการวัดซ้ำ มีความเที่ยง (Reproducibility of replicates) ตามมาตรฐานการวิเคราะห์ค่า สัมประสิทธิ์ความแปรผันน้อยกว่า 5% แสดงว่ายอมรับได้ [15]

2.5 การประมาณค่าและการทดสอบสมมติฐาน

2.5.1 การประมาณค่า

การประมาณค่าเป็นวิธีการทางการวิเคราะห์ทางสถิติที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ประโยชน์ของการนำค่าประมาณที่ได้จากการประมาณค่า เช่น การนำค่าประมาณที่ได้ไปใช้ในการวางแผนด้านการวางแผนด้านการผลิตหรือ การจัดหาให้เพียงพอ หรือเพื่อนำไปคำนวณค่าอื่นๆ การประมาณค่าแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ การประมาณค่าแบบจุด (Point Estimation) และการประมาณค่าแบบช่วง (Interval Estimation)

1. การประมาณค่าแบบจุด เป็นการประมาณค่าพารามิเตอร์ของประชากรด้วยค่าเพียงค่าเดียว (Single-valued Estimation หรือ Point Estimation) ซึ่งการประมาณค่าแบบนี้อาจจะมีค่าเท่ากับค่าพารามิเตอร์หรืออาจมีโอกาสที่จะได้ค่าที่คาดเคลื่อนไปจากค่าพารามิเตอร์ได้มาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับหน่วยตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ (ถ้าหน่วยตัวอย่างนั้นได้มาจากกลุ่มตัวอย่างก็จะสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ระดับหนึ่ง)

ตัวประมาณค่าที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ความไม่เอนเอียง (Unbiasedness)
2. ประสิทธิภาพ (Efficiency)
3. ความสอดคล้องกัน (Consistency)
4. ความพอเพียง (Sufficiency)

2. การประเภทค่าแบบช่วง เป็นการประมาณค่าพารามิเตอร์ของประชากรว่าจะอยู่ในช่วงใด (Interval Estimation) กล่าวคือ เป็นการหาจุด 2 จุดได้แก่ ขอบเขตล่าง (Lower limit: L) และขอบเขตบน (Upper limit: U) ซึ่งจะคลุมค่าพารามิเตอร์ของประชากรด้วยความน่าจะเป็น 1-α (โดย 0<α<1) นั่นคือ ช่วงของค่าประมาณจะแคบหรือกว้างขึ้นอยู่กับระดับความเชื่อมั่น (1-α)

ระดับความเชื่อมั่น (Level of Confidence) หมายถึง โอกาสที่พารามิเตอร์จะอยู่ในช่วงของค่าที่ประมาณได้

การประมาณค่าแบบช่วงจึงเป็นวิธีการวิเคราะห์ที่นิยมใช้มากกว่าการประมาณแบบจุด เนื่องจากการประมาณค่าที่มีโอกาสคลาดเคลื่อนไปจากค่าพารามิเตอร์น้อยกว่าค่าประมาณแบบจุด

ในการวิเคราะห์การประมาณค่าแบบช่วงจะต้องพิจารณาถึง การแจกแจงของประชากร ขนาดตัวอย่างและค่าความแปรปรวน ซึ่งอาจจะทราบหรือไม่ทราบ

การประมาณค่าแบบช่วงของค่าเฉลี่ย มีดังนี้

2.1 การประมาณช่วงความเชื่อมั่นเฉลี่ยประชากร (Interval estimation of a population mean)

2.1.1 กรณีทราบค่าความแปรปรวนของประชากร $(\sigma^2 \text{ known})$ หรือตัวอย่างที่สุ่มมามีขนาดใหญ่ $(n \geq 30)$

- สถิติทดสอบ : Z-Test

2.1.2 กรณีไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากร $(\sigma^2 \text{ known})$ และตัวอย่างที่สุ่มมามีขนาดเล็ก $(n > 30)$ จะประมาณค่า σ^2 ด้วย s^2 จากตัวอย่างสุ่มที่มาจากประชากรที่สนใจ

- สถิติทดสอบ : T-Test

2.2 การประมาณช่วงความเชื่อมั่นของผลต่างค่าเฉลี่ยประชากรที่เป็นอิสระกัน (Interval estimation of difference between two means) แยกออกเป็น 2 กรณี ดังนี้

2.2.1 กรณีทราบค่าความแปรปรวนของประชากร $(\sigma_1^2, \sigma_2^2 \; known)$

- สถิติทดสอบ : Z-Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 กรณีไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากร $(\sigma_1^2, \sigma_2^2\ unknown)$ จะประมาณค่า σ_1^2 และ σ_2^2 ด้วย s_1^2 และ s_2^2 จากตัวอย่างสุ่มที่มาจากประชากรที่นสนใจ

- ถ้าตัวอย่างที่สุ่มมามีขนาดใหญ่ $(n_1 \geq 30$ และ $\mathrm{n}_2 \geq 30)$

สถิติทดสอบ : Z-Test

- ถ้าตัวอย่างที่สุ่มมามีขนาดเล็ก $(n_1 < 30$ หรือ $\mathrm{n}_2 < 30)$ แบ่งเป็น 2 กรณีย่อย คือ ไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากรแต่ทราบว่า $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$ และไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากรแต่ทราบว่า $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$.

สถิติทดสอบ : T-Test

2.3 การประมาณช่วงความเชื่อมั่นของผลต่างค่าเฉลี่ยประชากรที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Matched samples)

สถิติทดสอบ : T-Test

2.5.2 การทดสอบสมมติฐาน

สมมติฐาน คือ คำตอบของปัญหาวิจัยที่ผู้วิจัยตั้งขึ้นไว้ล่วงหน้า หรืออาจเป็นความเชื่อหรือสิ่งที่ผู้วิจัยคาดไว้ ซึ่งอาจจะเป็นคำตอบที่ถูกหรือผิดก็ได้ จึงจำเป็นที่จะต้องมีการทดสอบ เพื่อหาข้อสรุปที่แน่นอนของปัญหาที่วิจัยนั้น

สำหรับ สมมติฐานทางสถิติ (Statistical Hypothesis) ก็คือข้อความที่กำหนดขึ้นมาเกี่ยวกับค่าพารามิเตอร์ของประชากรกลุ่มหนึ่งหรือหลายกลุ่ม ซึ่งอาจจะเป็นจริงหรือไม่เป็นจริงก็ได้ แล้วทำการทดสอบตามวิธีการทางสถิติเพื่อหาคำตอบ

การเขียนสมมติฐานสามารถเขียนได้ 2 ลักษณะ คือ เขียนในรูปของข้อความ และในรูปของ สัญลักษณ์ทางสถิติ

1. สมมติฐานทางสถิติ แบ่งออกได้เป็น 2 อย่าง ดังนี้

- สมมติฐานหลัก (Null Hypothesis) แทนด้วย H_0 คือ สมมติฐานที่ต้องการให้ทดสอบซึ่งจะเป็นข้อความเกี่ยวกับพารามิเตอร์ที่อ้างถึงนั้นเป็นจริง

- สมมติฐานรองหรือสมมติฐานเลือก (Alternative Hypothesis) แทนด้วย H_1 คือ สมมติฐานที่ตั้งให้แตกต่างจากสมมติฐานหลัก ซึ่งจะเป็นข้อความที่เสนอทางเลือกให้กับคำกล่าวอ้างของสมมติฐานหลักที่ตั้งไว้ไม่เป็นจริง

2. รูปแบบของการตั้งสมมติฐานทางสถิติ มี 3 รูปแบบ ดังนี้ (ถ้าให้ θ คือ ค่าพารามิเตอร์ใดๆ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบที่ 1 $H_0: \theta_1 = \theta_2$

$H_1: \theta_1 \neq \theta_2$

แบบที่ 2 $H_0: \theta_1 \leq \theta_2$

$H_1: \theta_1 > \theta_2$

แบบที่ 3 $H_0: \theta_1 \geq \theta_2$

$H_1: \theta_1 < \theta_2$

3. ความหมายของการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ (Testing a Statistical Hypothesis) มีอยู่ 2 ลักษณะ ดังนี้

- การยอมรับสมมติฐาน (Accept Hypothesis or Non-Significant)
- การปฏิเสธสมมติฐาน (Reject Hypothesis or Significant)

4. ความผิดพลาดในการตัดสินใจ เป็นความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการตัดสินใจยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานที่ผิด มี 2 ประเภท ดังนี้

- ความผิดพลาดประเภทที่ 1 (Type | Error)

โอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดประเภทที่ 1 หรือความน่าจะเป็นที่จะปฏิเสธสมมติฐานหลักโดยที่สมมติฐานหลักเป็นจริงเรียกว่า ระดับความมีนัยสำคัญ (significant level) ของการทดสอบ

โดยปกติมักกำหนด $\alpha = 0.01, 0.05$ หรือ 0.10 โดยที่ $\alpha = 0.01$ หมายความว่า ในการทดลอง 100 ครั้ง จะมี 10 ครั้ง ที่เกิดความผิดพลาดประเภทที่ 1 ขึ้น

- ความผิดพลาดประเภทที่ 2 (Type || Error)

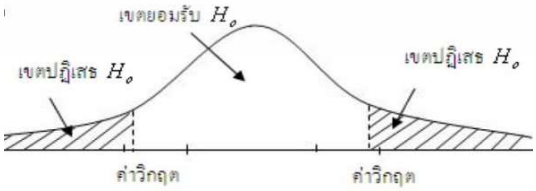
โอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดประเภทที่ 2 หรือความน่าจะเป็นที่จะยอมรับสมมติฐานหลักโดยที่สมมติฐานหลักไม่เป็นจริง

5. ประเภทของการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ มีอยู่ 2 ลักษณะ ดังนี้

- การทดสอบแบบสองทาง (Two tailed Test)

จากรูปแบบการตั้งสมมติฐาน แบบที่ 1 $H_0: \theta_1 = \theta_2$

$H_1: \theta_1 \neq \theta_2$



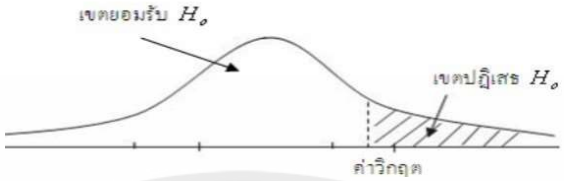
(ในที่นี้จะแสดงเฉพาะกราฟระฆังคว่ำหรือข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติเท่านั้น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การทดสอบแบบทางเดียว (One-tailed Test)

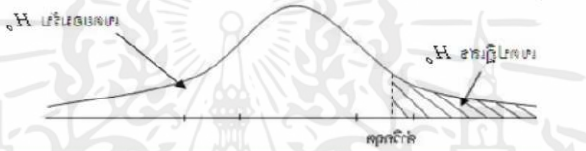
จากรูปแบบการตั้งสมมติฐาน แบบที่ 2 $\mathrm{H}_0: \theta_1 \leq \theta_2$

$\mathrm{H}_1: \theta_1 > \theta_2$



จากรูปแบบการตั้งสมมติฐาน แบบที่ 3 $\mathrm{H}_0: \theta_1 \geq \theta_2$

$\mathrm{H}_1: \theta_1 < \theta_2$



6. ขั้นตอนการทดสอบสมมติฐาน โดยทั่วไปมีขั้นตอน ดังนี้

1. ตั้งสมมติฐาน H_0 และ H_1 เพื่อใช้ในการทดสอบ

2. กำหนดระดับนัยสำคัญ เช่น $\alpha = 0.01, \alpha = 0.05$

3. เลือกสถิติทดสอบที่เหมาะสม โดยคำนึงถึงข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติทดสอบที่เลือกนั้นและคำนวณค่าสถิติทดสอบ

4. หาจุดวิกฤต และบริเวณวิกฤต ซึ่งเป็นที่แบ่งขอบเขตการยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานหลัก

5. สรุปผลการทดสอบ

โดยสรุป ความแตกต่างระหว่างการประมาณค่าและการทดสอบสมมติฐาน คือ การประมาณค่านั้น ผู้วิจัยไม่มีแนวความคิดมาก่อนว่า ค่าพารามอเตอร์ของประชากรที่ผู้วิจัยจะประมาณนั้นจะมีค่าเป็นเท่าไร การประมาณค่าเป็นงานที่ผู้วิจัยหวังว่าผู้วิจัยสามารถที่จะหาค่านั้นมาได้ สำหรับการทดสอบสมมติฐานนั้น ผู้วิจัยแนวคิดมาก่อนหรือมีสมมติฐานของค่าของพารามิเตอร์มาก่อนว่าควรเป็นเท่าไหร่ แล้วจึงทำการทดสอบสมมติฐาน เพื่อทดสอบว่าแนวคิดนั้นถูกต้องเพียงไร โดยอาศัยการสนับสนุนจากหลักฐานของตัวอย่าง

2.5.3 สถิติทดสอบ

การทดสอบสมมติฐานที่ใช้สถิติทดสอบมี 2 ประเภท คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การทดสอบสถิติที่ใช้พารามิเตอร์ (Parametric Statistics) ตัวอย่างสถิติทดสอบ เช่น T-Test, Z-Test, F-Test เป็นต้น
2. การทดสอบสถิติที่ไม่ใช่พารามิเตอร์ (Non-parametric Statics) ตัวอย่างสถิติทดสอบ เช่น Chi-Square Test, Binomial Test, Run Test เป็นต้น

การจะเลือกใช้สถิติทดสอบใดจะต้องคำนึงถึงข้อตกลงเบื้องต้น (Assumption) ของสถิติทดสอบแต่ละตัว เช่น ขนาดของข้อมูล จำนวนตัวแปร จำนวนกลุ่มตัวอย่าง ระดับข้อมูล ลักษณะการแจกแจงข้อมูล เป็นต้น

งานวิจัยส่วนใหญ่มักจะทำการทดสอบเกี่ยวกับเรื่องต่างๆ ดังนี้

- การทดสอบเกี่ยวกับค่าเฉลี่ย
- การทดสอบเกี่ยวกับจำนวนและความถี่
- การทดสอบความสัมพันธ์
- การพยากรณ์

2.5.4 การทดสอบค่าเฉลี่ย

การทดสอบค่าเฉลี่ยแยกการทดสอบได้เป็น 3 วิธี คือ

1. การทดสอบค่าเฉลี่ยของประชากรหนึ่งกลุ่ม

การทดสอบค่าเฉลี่ยของประชากรหนึ่งกลุ่ม เป็นการทดสอบว่าค่าเฉลี่ยที่ได้แตกต่างจากค่าที่กำหนดไว้หรือไม่ เช่น การทดสอบว่ารายได้เฉลี่ยของคนไทยเป็น 10.000 บาทหรือไม่ เป็นต้น ซึ่งก่อนการเลือกใช้สถิติทดสอบใดจะต้องพิจารณาข้อตกลงเบื้องต้นก่อน คือ ข้อมูลที่ได้ต้องมาจากการสุ่ม (Random) มีการแจกแจงเป็นโค้งปกติ (Normal Curve) และเลือกใช้สถิติทดสอบ ดังนี้

- สถิติทดสอบ Z-Test กรณีกลุ่มตัวอย่างมากกว่าหรือเท่ากับ 30 หรือถ้าขนาดตัวอย่างน้อยกว่า 30 จะต้องทราบค่าความแปรปรวนของประชากร (σ^2)
- สถิติทดสอบ T-Test กรณีขนาดกลุ่มตัวอย่างน้อยกว่า 30

2. การทดสอบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรสองกลุ่มที่เป็นอิสระกัน

การทดสอบค่าเฉลี่ยของประชากรสองกลุ่ม เป็นการทดสอบเพื่อต้องการทราบว่าค่าเฉลี่ยของสองกลุ่มที่ได้แตกต่างกันหรือไม่ เช่น การทดสอบว่ารายได้เฉลี่ยของคนไทยที่อาศัยในจังหวัดกรุงเทพฯแตกต่างจากจังหวัดใกล้เคียงหรือไม่ เป็นต้น ซึ่งก่อนการเลือกใช้สถิติทดสอบใดจะต้องพิจารณาข้อตกลงเบื้องต้นก่อน คือข้อมูลทั้งสองกลุ่มจะต้องมาจากการสุ่มและเป็นอิสระต่อกัน (Independent) และมีการแจกแจงเป็นโค้งปกติ ซึ่งจะเลือกใช้สถิติทดสอบดังนี้

- สถิติทดสอบ Z-Test กรณี ขนาดกลุ่มตัวอย่างมากกว่าหรือเท่ากับ 30 หรือถ้าขนาดตัวอย่างน้อยกว่า 30 จะต้องทราบค่าความแปรปรวนของประชากร (σ_1^2, σ_2^2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สถิติทดสอบ T-Test กรณี ขนาดกลุ่มตัวอย่างน้อยกว่า 30

3. การทดสอบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน

การทดสอบผลต่างของค่าเฉลี่ยของประชากรสอบกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกันนั้น ได้แก่ ข้อมูลที่วัดมาจากกลุ่ม 2 กลุ่มที่มีลักษณะเหมือนกันหรือใกล้เคียงกันมาก หรือการเลือกมาเป็นคู่ๆ เช่น ฝาแฝด สามีภรรยา เป็นต้น หรือการวัด 2 ครั้งจากกลุ่มๆเดียวกัน เช่น การทดลองก่อน-หลัง เป็นต้น ซึ่งการเลือกใช้สถิติทดสอบใด จะต้องพิจารณาข้อตกลงเบื้องต้นก่อน ในที่นี้คือข้อมูลต้องมีการแจกแจงเป็นโค้งปกติ และสถิติที่ใช้ในการทดสอบคือ T-Test

2.6 การวิเคราะห์หาค่าความผิดพลาด

ค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์จะแสดงค่าเป็น

$$e = Y_n - X_n \tag{1}$$

เมื่อ e = ค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์

X_n= ค่าที่คาดหวังไว้

Y_n= ค่าที่วัดได้

ถ้าเราแสดงความผิดพลาดเป็นเปอร์เซ็นต์ ก็สามารถเขียนได้เป็น

$$\text{Percent error} = \frac{absolute\ error}{expected\ value}(100)$$

หรือ

$$\text{Percent error} = \frac{e}{Y_n}(100)$$

โดยการแทน e จากสมการ (1) ลงในสมการด้านบน ดังนั้น

$$\text{Percent error} = \left|\frac{Y_n - X_n}{Y_n}\right|(100) \tag{2}$$

บ่อยครั้งที่เรามักจะแสดงค่าที่ได้จากการวัด ในเทอมของความแน่นอนสัมพัทธ์ (relative accuracy) มากกว่าค่าความผิดพลาด หรือจะได้ว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$A = 1 - \left|\frac{Y_n - X_n}{Y_n}\right| \quad (3)$$

เมื่อ A คือ ความแน่นอนสัมพัทธ์ (Relative Accuracy)
ค่าความแน่นอนที่แสดงในรูปของเปอร์เซ็นต์ a แสดงได้เป็น [6]

$$A = 100\%\text{-percent error} = A \times 100 \quad (4)$$

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Fabian M. Dayrit (2015) [7] กรดไขมันหลักของน้ำมันมะพร้าวคือกรดลอริกซึ่งมีอยู่ประมาณ 45–53 % คุณสมบัติทางเมตาบอลิซึมและสรีรวิทยาของกรดลอริกเป็นสาเหตุของคุณสมบัติหลายประการของน้ำมันมะพร้าว น้ำมันมะพร้าวถูกเผาผลาญอย่างรวดเร็วเพราะถูกดูดซึมได้ง่ายและกรดลอริกสามารถขนส่งได้ง่าย จากการศึกษาโดยละเอียดพบว่ากรดลอริกที่กินเข้าไปส่วนใหญ่จะถูกส่งตรงไปยังตับ โดยจะเปลี่ยนเป็นพลังงานและเมแทบอไลต์อื่นๆ โดยตรง แทนที่จะเก็บเป็นไขมัน เมแทบอไลต์ดังกล่าวรวมถึงร่างกายของคีโตน ซึ่งสามารถใช้โดยเนื้อเยื่อนอกตับ เช่น สมองและหัวใจ ในรูปแบบพลังงานทันที การศึกษาผลของกรดลอริกต่อโคเลสเตอรอลในเลือดนั้นขัดแย้งกัน ในบรรดากรดไขมันอิ่มตัว กรดลอริกมีส่วนทำให้เกิดการสะสมไขมันน้อยที่สุด กรดลอริกและโมโนลอรินมีฤทธิ์ต้านจุลชีพอย่างมีนัยสำคัญต่อแบคทีเรียแกรมบวก เชื้อราและไวรัสจำนวนหนึ่ง ปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์มากมายที่ใช้กรดลอริกและโมโนลอรินเป็นสารต้านจุลชีพ เนื่องจากความแตกต่างที่มีนัยสำคัญในคุณสมบัติของกรดลอริกเมื่อเทียบกับกรดไขมันสายโซ่ยาว จึงมักถูกแยกความแตกต่างเป็นกรดไขมันสายกลางที่ครอบคลุม C6–C12 และกรดไขมันสายยาวที่ครอบคลุม C14 และนานกว่า

Xianliang Luoa, Wangxin Liua, Minjie Zhaoa, Ying Huanga, Fengqin Feng (2022) [8] Glycerol monolaurate (GML) เป็นกรดไขมันชนิด monoglyceride ซึ่งมีอยู่อย่างมากมายในน้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์ม และนมของมนุษย์ ความสามารถในการต้านเชื้อแบคทีเรียที่ดีและความหนาแน่นของพลังงานต่ำของ GML ยังทำให้เป็นสารเติมแต่งการทำงานและคุณภาพอาหารที่ดี นอกจากคุณสมบัติในการทำให้เป็นอิมัลชันที่เป็นที่รู้จัก GML ถูกสังเคราะห์ผ่านเอสเทอริฟิเคชันโดยตรง เมทิลลอเรตกลีเซอโรไลซิสหรือกลีเซอโรไลซิสลอเรต แม้ว่าชะตากรรมภายในร่างกายของ GML จะถือว่าคล้ายกับของ glyceryl trilaurate แต่ก็ไม่มีหลักฐานการทดลองโดยตรงสำหรับการอนุมานนี้ การศึกษาก่อนหน้านี้พิสูจน์ว่า GML ทำหน้าที่มากกว่าอิมัลซิไฟเออร์ ในด้านคุณภาพอาหาร GML ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายและยืดอายุการเก็บรักษา นอกจากนี้ยังช่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของอาหารที่ได้จากสัตว์โดยควบคุมการเผาผลาญกรดอะมิโนและกรดไขมัน ในประสิทธิภาพด้านสุขภาพ GML ช่วยลดการสะสมของไขมัน สร้างสิ่งกีดขวางในลำไส้ขึ้นใหม่ ปรับการทำงานของภูมิคุ้มกัน และอาจมีผลดีต่อระบบประสาท สิ่งเหล่านี้เกี่ยวข้องกับการแทรกแซงโดยตรงของ GML ต่อจุลินทรีย์ในลำไส้ กิจกรรมของเซลล์ภูมิคุ้มกัน และการเผาผลาญพลังงาน อย่างไรก็ตาม การพัฒนารูปแบบการสังเคราะห์ GML ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น การปรับปรุงการใช้ GML กับคุณภาพอาหาร และการสำรวจชะตากรรมภายในร่างกาย กลไกประสิทธิภาพด้านสุขภาพ หรือความปลอดภัยของ GML ในแบบจำลองการทดลองต่างๆ ยังคงเป็นหัวข้อที่น่าสนใจในอนาคต

Muhammad Imran (2020) [9] น้ำมันงาดำสกัดเย็นที่ได้จากเมล็ดงาเป็นหนึ่งในน้ำมันธรรมชาติที่มีความเสถียรมากที่สุดและมีสีแตกต่างกันไปตั้งแต่สีอ่อนไปจนถึงสีเหลืองอมแดง น้ำมันงาเป็นแหล่งของกรดไลโนเลอิกและกรดโอเลอิกที่มีอยู่มากมาย ซึ่งรวมกันเป็น 75%–85% ของกรดไขมันทั้งหมด โดยมีสเตียริกในปริมาณเล็กน้อย (5%–6%) และกรดปาลมิติก (7%–8%) น้ำมันงามีเนื้อหาที่สำคัญของวิตามินเค สเตอรอล โทโคฟีรอล และลิกแนนจากธรรมชาติ เช่น เซซามอล น้ำมันงาถูกนำมาใช้ในตะวันออกกลาง แอฟริกา ยุโรป อเมริกา แคนาดา และภูมิภาคเอเชียแปซิฟิกเป็นน้ำมันปรุงอาหารแบบดั้งเดิมมานานหลายศตวรรษ ช่วยลดความชรา ควบคุมความดันโลหิต และลดคอเลสเตอรอล มันยังถูกนำมาใช้ในการนวดแผนโบราณ การแพทย์ทางเลือก การจัดการโรคผิวหนัง และการรักษาโรคหลอดเลือด โรคหัวใจและหลอดเลือด และกลุ่มอาการเมตาบอลิซึม บทนี้ประกอบด้วยการทบทวนน้ำมันงาสกัดเย็น ปัจจัยที่ส่งผลต่อกระบวนการสกัด การเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการสกัด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ การใช้น้ำมันงาสกัดเย็น การมีส่วนร่วมของน้ำมันงาต่อสุขภาพของมนุษย์ และการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายที่ผ่านการอบชุบด้วยความร้อนและไม่ใช้ความร้อน - เมล็ดงาที่ผ่านการบำบัดแล้ว เช่นเดียวกับสารประกอบออกฤทธิ์ทางชีวภาพและคุณสมบัติของมัน

Azis H. Riyadi et al. [10] ในกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มการที่เราจะได้น้ำมันปาล์มที่สามารถนำมาบริโภคได้นั้นต้องผ่านกระบวนการต่างๆ หลายขั้นตอน ซึ่งแต่ละกระบวนการจะต้องผ่านความร้อนสูงทั้งสิ้น เมื่อน้ำมันปาล์มผ่านความร้อนสูง ตัวสารอาหารในน้ำมันไม่ว่าจะเป็นวิตามินเอ วิตามินอี หรืออื่นๆ จะถูกทำลายไปด้วย ไม่ว่าจะเป็นกระบวนการกำจัดกลิ่น การลดความชื้น การฟอกสี ในแต่ละกระบวนการเหล่านี้ถือเป็นการกำจัดกรดไขมันอิสระไปในตัวด้วย แต่หากเราทำให้ผลิตภัณฑ์น้ำมันปาล์มเป็นอาหารเสริม เราสามารถตัดปัจจัยเรื่องกลิ่นกับสีออกไปได้ หมายความว่าสารอาหารต่างๆ จะถูกความร้อนทำลายไปน้อยลง ในกระบวนการฟอกสีนั้นผู้บริโภคมีความเชื่อผิดๆ เรื่องน้ำมันปาล์มควรมีสีเหลืองใส แต่ความจริงแล้วตัวแคโรทีน หรือโปรวิตามินเอ เป็นตัวที่ทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำมันปาล์มมีสีแดงเข้ม การที่เราฟอกสีให้น้ำมันมีสีเหลืองใส หรือทำให้สีแดงเข้มหายไปนั้นก็เท่ากับเป็นการกำจัดสารอาหารออกไปจากน้ำมันปาล์มนั่นเอง

Junaidah Mat Jusoh, Norizzah Abd Rashid, and Zaliha Omar [11] DOBI เป็นอัตราส่วนที่เป็นตัวเลขของแคโรทีน (โปรวิตามินเอ) และค่า DOBI ที่ดีสำหรับน้ำมันปาล์มดิบคือ 2.99 ถึง 3.24 สาเหตุหลักของค่า DOBI ที่ต่ำนั้นเกิดจากสภาพของผลปาล์มที่นำมาสกัดน้ำมันปาล์มดิบ รวมไปถึงระยะเวลาของน้ำมันดิบที่เกิดการออกซิเดชั่นกับอากาศ และวัสดุในการสกัด ความสำคัญของคุณภาพผลปาล์มน้ำมันไม่สามารถมองข้ามได้เนื่องจากความจริงที่ว่า น้ำมันปาล์มดิบคุณภาพดีไม่สามารถผลิตได้จากผลปาล์มน้ำมันคุณภาพต่ำ สำหรับการสกัดน้ำมันปาล์มดิบเพื่อให้ได้น้ำมันปาล์มดิบที่มีคุณภาพดี ซึ่งค่าบ่งชี้คุณภาพน้ำมันปาล์มดิบคือ ค่า DOBI ระดับความสุกของผลปาล์มน้ำมันเองก็มีผลต่อค่า DOBI อย่างชัดเจนเช่นกัน

Jullakarn (Ham) Ittirattana (2021) [12] ระบบนิวเมติกส์ (pneumatic system) คือระบบที่ใช้การอัดอากาศส่งไปตามท่อที่ประกอบเข้ากับชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องจักร เพื่อทำให้เกิดพลังงานกลในการทำงานสำหรับอุปกรณ์ต่างๆ ระบบนิวเมติกส์ในปัจจุบันนั้นมีการประยุกต์ใช้งานที่หลากหลาย ตั้งแต่ระบบกระบอกสูบลม มอเตอร์ลมอย่างง่าย ไปจนถึงการทำงานในเครื่องจักรขนาดใหญ่ ประกอบกับระบบ Automation เพื่อการทำงานแบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองมีส่วนสำคัญในการทดลองเพื่อเก็บข้อมูลผลการทดลอง วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ต้องคำนึงถึงความเหมาะสมในเรื่องราคา และคุณภาพในการใช้งาน

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

1. โปรแกรม SolidWorks 2019 เป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับออกแบบชุดทดลองบรรจุแคปซูลน้ำมันสกัดเย็น
2. โปรแกรม IBM SPSS Statistics 20 เป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับคำนวณทางสถิติ
3. โปรแกรม Microsoft Excel เป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับเก็บและบันทึกผลการทดลอง
4. น้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น

รูปที่ 3.1 น้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. น้ำมันงาสกัดเย็น

รูปที่ 3.2 น้ำมันงาสกัดเย็น

6. น้ำมันปาล์มสกัดเย็น

รูปที่ 3.3 น้ำมันปาล์มสกัดเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. แคปซูล เบอร์ 0

รูปที่ 3.4 แคปซูลเปล่าเบอร์ 0

8. เครื่องบรรจุน้ำมันลงในแคปซูล

รูปที่ 3.5 เครื่องบรรจุแคปซูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล 4 ตำแหน่ง

รูปที่ 3.6 เครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง

10. ถุงมือยางชนิดไม่มีแป้ง

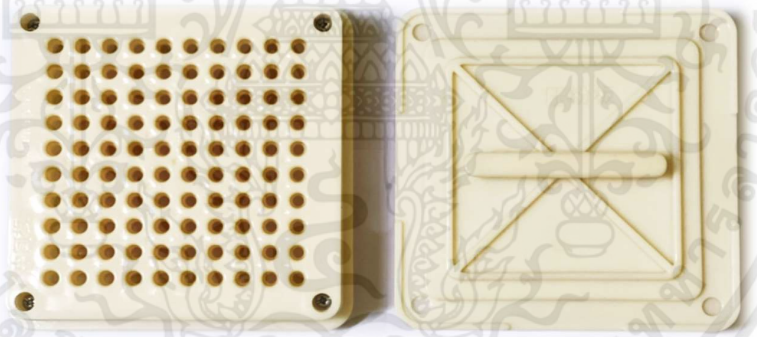
รูปที่ 3.7 ถุงมือยางชนิดไม่มีแป้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. ถุงซิปล็อค

รูปที่ 3.8 ถุงซิปล็อค

12. ถาดแคปซูล 100 หลุม



รูปที่ 3.9 ถาดแคปซูล 100 หลุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. ถาดสเตนเลส ขนาด 31x21x2 เซนติเมตร

รูปที่ 3.10 ถาดสเตนเลส ขนาด 31x21x2 เซนติเมตร

14. ขวดโหลแก้วพร้อมฝาปิด ความจุ 550 มิลลิลิตร

รูปที่ 3.11 ขวดโหลแก้วพร้อมฝาปิด ความจุ 550 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15. ชุดกรองลม AFC2000 ขนาด 1/4 ยี่ห้อ PAMY

รูปที่ 3.12 ชุดกรองลม AFC2000 ขนาด 1/4 ยี่ห้อ PAMY

16. ปั๊มลมสายพาน ถัง 36 ลิตร PUMA PP-1 1/4HP 220 โวลต์

รูปที่ 3.13 ปั๊มลมสายพาน ถัง 36 ลิตร PUMA PP-1 1/4HP 220 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

17. สายลม PU ขนาด 8x5 มิลลิเมตร

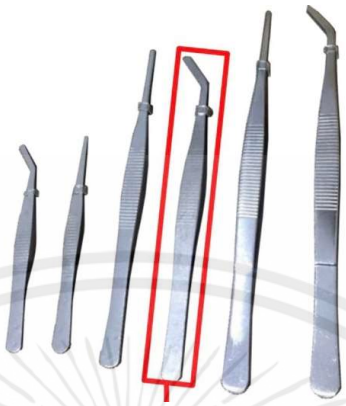
รูปที่ 3.14 สายลม PU ขนาด 8x5 มิลลิเมตร

18. Digital Temperature Humidity Meter UT333S

รูปที่ 3.15 Digital Temperature Humidity Meter UT333S

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19. ฟอร์เซป (Forceps) มีความยาว 18 เซนติเมตร ปลายงอ



รูปที่ 3.16 ฟอร์เซป (Forceps) มีความยาว 18 เซนติเมตร ปลายงอ

3.2 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.2.1 ออกแบบชุดทดลอง

การออกแบบชุดทดลองบรรจุน้ำมันสกัดเย็นลงในแคปซูล โดยใช้ระบบนิวเมติกส์ไฟฟ้าในการกดไซริงค์ โดยใช้กระบอกลมนิวเมติกส์ในการดันไซริงค์ให้ทำการดูดและหยอดน้ำมัน และใช้มือในการควบคุมทิศทางการหยอดน้ำมันสกัดเย็นลงในแคปซูล

3.2.2 จัดทำชุดทดลอง

3.2.3 ออกแบบการทดลองโดยการใช้วิธีการของพื้นที่การตอบสนอง (Response Surface Methodology) ในการออกแบบ

การออกแบบตารางการทดลองโดยวิธีการของพื้นที่การตอบสนอง (Response Surface Methodology) โดยการทดลองที่เราทำการทดลองนั้นมีตัวแปร 2 ตัวแปร คืออุณหภูมิและอัตราการบรรจุแคปซูล จึงเหมาะกับการออกแบบตารางการออกแบบส่วนประสมกลาง (Central Composite Design; CCD) จึงได้ผลมาว่า 1 ตารางการทดลองมี 12 การทดลอง และทำซ้ำทั้งตารางเป็นจำนวน 1 ครั้ง เพื่อให้ได้ค่าที่แม่นยำมากยิ่งขึ้น

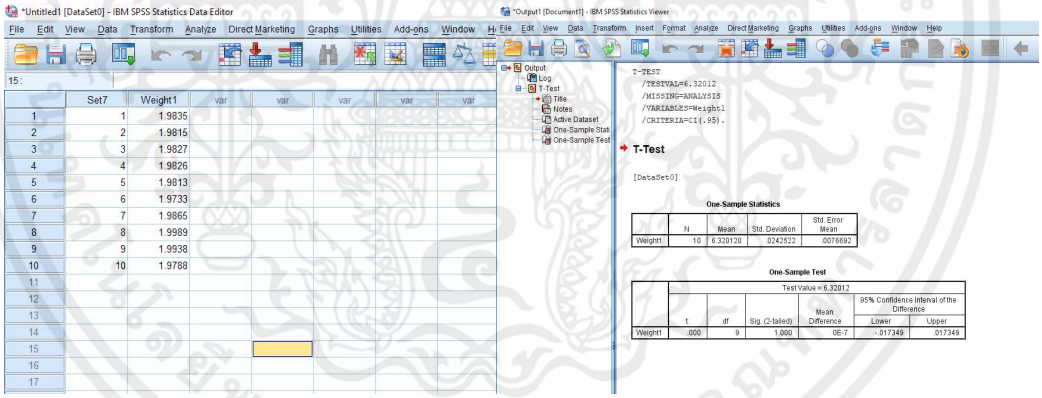
3.2.4 การชั่งน้ำหนักแคปซูลเปล่าเพื่อลดการเกิดค่าความผิดพลาดที่เกิดจากน้ำหนักของแคปซูลไม่เท่ากัน

1. นำแคปซูลเปล่ามาทำการชั่งน้ำหนักโดยการสุ่มแคปซูลมาชุดละ 20 แคปซูล จำนวน 10 ชุดแล้วทำการชั่งน้ำหนักทีละชุดแล้วเก็บผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.17 ชั่งน้ำหนักของแคปซูลเปล่า

2. นำผลการชั่งน้ำหนักจากการทดลองที่ได้ไปวิเคราะห์ค่าทางสถิติในโปรแกรม IBM SPSS Statistics 20



รูปที่ 3.18 โปรแกรม IBM SPSS Statistics 20

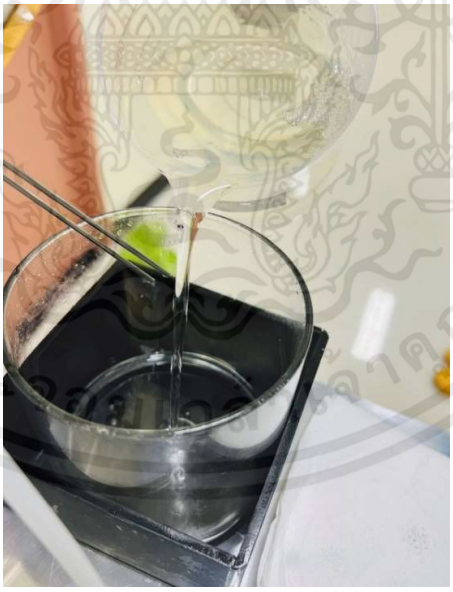
3.2.5 ขั้นตอนการทดสอบชุดทดลองด้วยการ Pretest จำนวน 2 รอบ

1. สุ่มการทดลองจากตารางมา 1 การทดลอง นำมาทดลองแล้วทำซ้ำ 1 ครั้ง เพื่อดูว่าชุดทดลองเขาเราเสถียรดีหรือไม่ โดยทดลองด้วยน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นที่อุณหภูมิห้อง 29 องศาเซลเซียส ที่อัตราการบรรจุแคปซูลที่ 113 แคปซูลต่อนาที โดยทำการวัดอุณหภูมิโดยเครื่อง Digital Temperature Humidity Meter UT333S

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.19 วัดอุณหภูมิก่อนเริ่มการทดลองโดยเครื่อง Digital Temperature Humidity Meter UT333S

2. เทน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นลงในขวดโหลเพื่อที่จะได้สะดวกต่อการบรรจุน้ำมันลงในแคปซูล



รูปที่ 3.20 ใส่น้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นลงในขวดโหลแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทำการปิดฝาขวดโหลดแล้วใส่เข็มดูดน้ำมันลงไปตามรูบนฝาที่เจาะไว้เพื่อป้องกันสิ่งสกปรกปนเปื้อนในน้ำมันสกัดเย็นและเพื่อให้การดูดน้ำมันนั้นสะดวกขึ้น

รูปที่ 3.21 ปิดฝาและใส่เข็มดูดน้ำมันลงไปในขวดโหลแก้ว

4. เปิดเครื่องเพื่อเตรียมความพร้อมเครื่องบรรจุแคปซูลเป็นเวลา 1 นาทีเพื่อให้น้ำมันในไซริงค์เต็มสายหยอดแคปซูลและไม่มีอากาศอยู่ในสาย พอครบ 1 นาทีให้ทำการหยุดเครื่องไว้ โดยวิธีการเปิดใช้งานเครื่องมีดังนี้

4.1 เสียบปลั๊ก

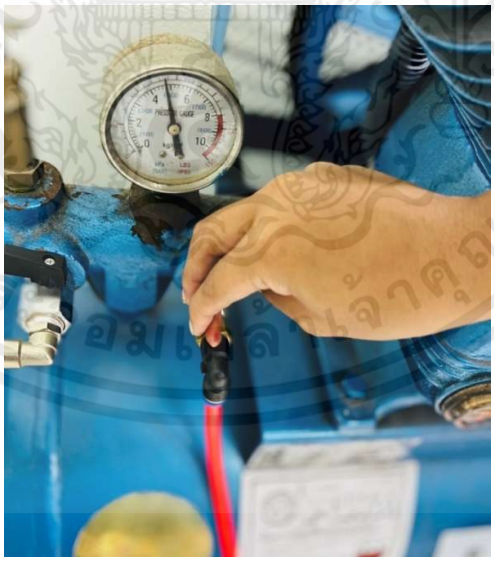
รูปที่ 3.22 เสียบปลั๊กเพื่อเปิดเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ทำการเปิดสวิตช์ ไฟสีเหลืองจะสว่างขึ้นเพื่อบอกว่าเครื่องพร้อมใช้งาน แล้ว

รูปที่ 3.23 ทำการเปิดสวิตช์

4.3 เปิดวาล์วถังลม



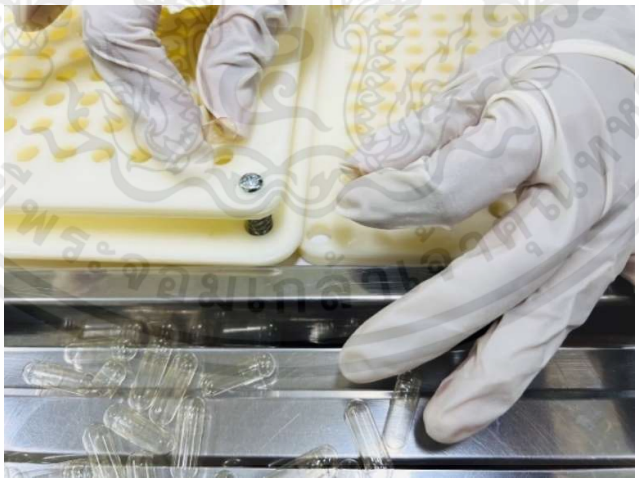
รูปที่ 3.24 เปิดวาล์วถังลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 กดเปิดสวิตช์หน้าตู้คอนโทลนเพื่อให้เครื่องทำการฉีดน้ำมัน เมื่อกดเปิดสวิตช์ ไฟสีน้ำมันจะสว่างขึ้นเพื่อบ่งบอกว่าเครื่องทำงานแล้ว

รูปที่ 3.25 กดปุ่มเปิดหรือกดซ้ำเพื่อให้เครื่องทำงานหรือหยุดทำงาน

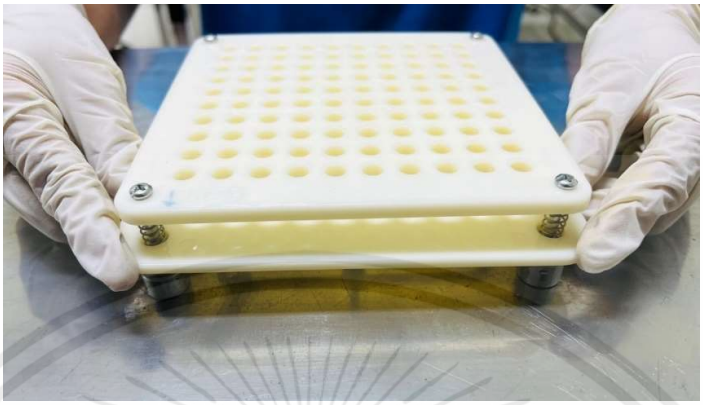
5. ทำการบรรจุแคปซูลเปล่าลงในถาดแคปซูลจำนวน 100 แคปซูล



รูปที่ 3.26 การบรรจุแคปซูลเปล่าลงในถาดแคปซูล

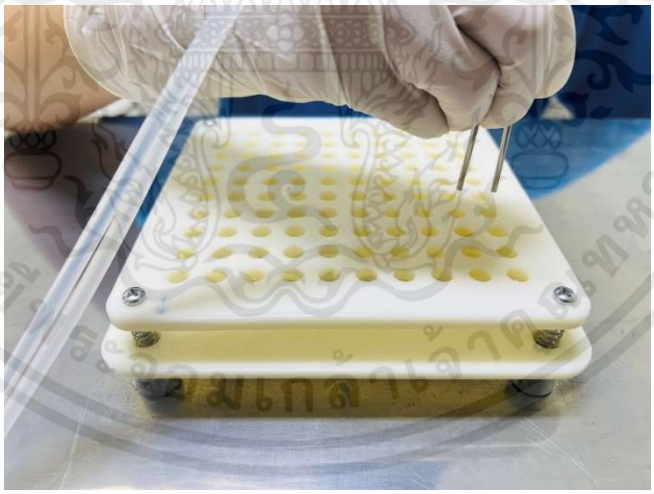
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. นำถาดแคปซูลไปวสงไว้ที่จุดวางถาดแคปซูลบนชุดทดลอง



รูปที่ 3.27 วางถาดแคปซูลลงในล็อคที่ติดไว้

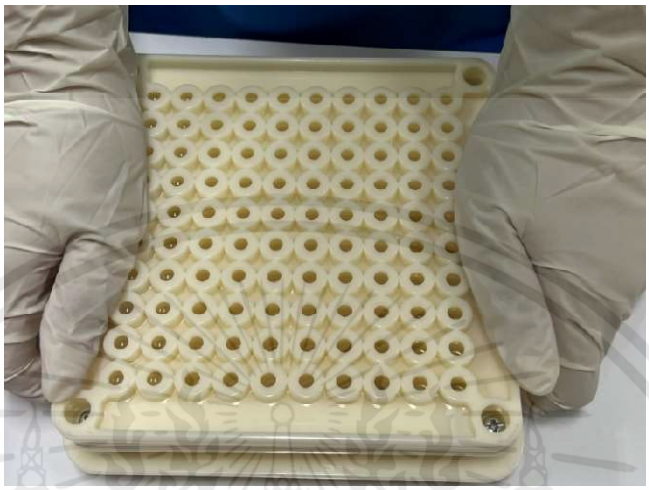
7. กดปุ่มหน้าตู้คอนโทรลเพื่อให้เครื่องเริ่มทำการหยอดน้ำมันลงในแคปซูลโดยการใช้มือในการควบคุมทิศทางการหยอด กดปุ่มหน้าตู้คอนโทรลอีกครั้งเพื่อทำการหยุดเมื่อหยอดครบ 100 แคปซูลแล้ว



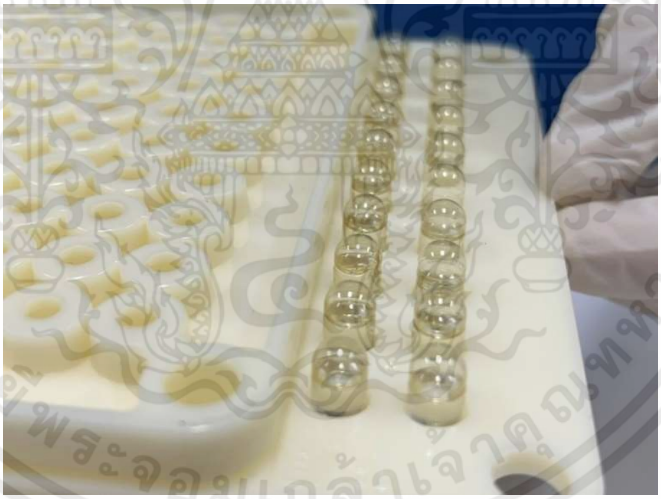
รูปที่ 3.28 หยอดน้ำมันลงในแคปซูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. นำถาดแคปซูลที่บรรจุน้ำมันเรียบร้อยแล้วนำมาประกบปิดฝาแคปซูลด้วยแรงกดมือ



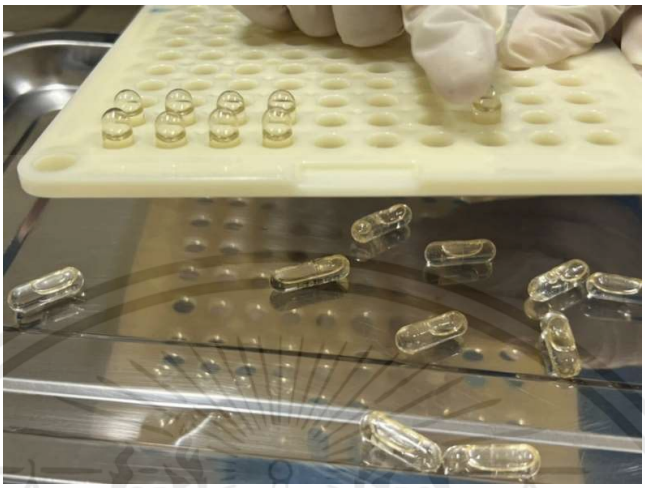
รูปที่ 3.29 ทำการประกบปิดฝาแคปซูล



รูปที่ 3.30 แคปซูลที่ได้หลังจากการประกบปิดฝาแคปซูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. ทำการเทแคปซูลที่ประกบแล้วใส่ลงในถาดสเตนเลส



รูปที่ 3.31 เทแคปซูลที่ปิดฝาแล้วลงในถาด

10. จากนั้นทำการแบ่งแคปซูลออกเป็น 10 ชุด ชุดละ 10 แคปซูลใส่ลงในถุงซิปล็อค

รูปที่ 3.32 แคปซูลที่แยกออกเป็นชุดเพื่อนำไปชั่ง

11. นำแคปซูลที่แบ่งไว้ไปชั่งน้ำหนักโดยเครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง ดังรูปที่ 3.12
12. จดบันทึกค่า
13. นำค่าที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยโปรแกรม IBM SPSS Statistics 20
14. เมื่อผลออกมาว่าเครื่องมีเสถียรภาพก็ทำการทดลองจริงได้เลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5 ขั้นตอนการทดลองการบรรจุน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นลงในแคปซูล

1. ปรับอุณหภูมิห้องให้อยู่ในอุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส เทน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นลงในขวดโหล

รูปที่ 3.33 ปรับอุณหภูมิแอร์

2. ตั้งค่าอัตราการบรรจุแคปซูลของชุดทดลองอยู่ที่ขีดที่ 3 ที่ตู้คอนโทรลของชุดทดลองซึ่งที่อัตราการบรรจุแคปซูล 113 แคปซูลต่อนาที

รูปที่ 3.34 ปรับความถี่ Timer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เปิดเครื่องเพื่อเตรียมความพร้อมเครื่องบรรจุแคปซูลเป็นเวลา 1 นาทีเพื่อให้น้ำมันในไซริงค์เต็มสายหยอดแคปซูลและไม่มีอากาศอยู่ในสาย พอครบ 1 นาทีให้ทำการหยุดเครื่องไว้

4. ทำการบรรจุแคปซูลเปล่าลงในถาดแคปซูลจำนวน 100 แคปซูล ดังรูปที่ 3.26

5. นำถาดแคปซูลไปวางไว้ที่จุดวางถาดแคปซูลบนชุดทดลอง ดังรูปที่ 3.27

6. เปิดเครื่องเพื่อเริ่มทำการหยอดน้ำมันให้ครบทั้ง 100 แคปซูล ดังรูปที่ 3.28

7. เมื่อทำการหยอดแคปซูลครบทั้ง 100 แคปซูลแล้วให้ทำการหยุดเครื่อง

8. นำถาดแคปซูลที่บรรจุน้ำมันเรียบร้อยแล้วนำมาประกบปิดฝาแคปซูลด้วยแรงกดมือ ดังรูปที่ 3.29

9. ทำการเทแคปซูลที่ประกบแล้วใส่ลงในถาดสเตนเลส ดังรูปที่ 3.31

10. จากนั้นทำการแบ่งแคปซูลออกเป็น 10 ชุด ชุดละ 10 แคปซูลใส่ลงในถุงซิปล็อค ดังรูปที่ 3.32

11. นำแคปซูลที่แบ่งไว้ไปชั่งน้ำหนักโดยเครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง ดังรูปที่ 3.17

12. จดบันทึกค่า

13. ทดลองซ้ำค่าเดิมอีก 1 ครั้ง

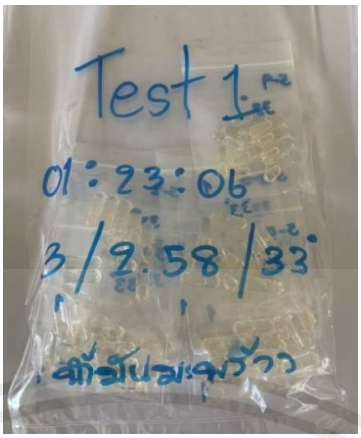
14. นำค่าที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยโปรแกรม IBM SPSS Statistics 20

15. ทำการทดลองค่าอื่นๆในตารางโดยการเปลี่ยนอุณหภูมิและความถี่ตามที่กำหนดโดยวิธีการทดลองเดิม

16. เมื่อทดลองน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นเสร็จแล้วก็เปลี่ยนเป็นน้ำมันงาสกัดเย็นและน้ำมันปาล์มสกัดเย็นตามลำดับ

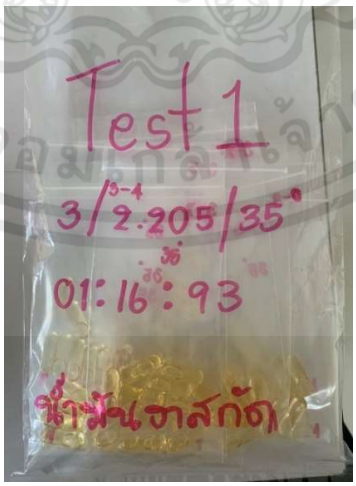
รูปที่ 3.35 แคปซูลน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นที่ทำการแบ่งออกเป็นชุด ชุดละ 10 แคปซูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.36 ชุดรวมแคปซูลน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นใน 1 ถาด

รูปที่ 3.37 แคปซูลน้ำมันงาสกัดเย็นที่ทำการแบ่งออกเป็นชุด ชุดละ 10 แคปซูล



รูปที่ 3.38 ชุดรวมแคปซูลน้ำมันงาสกัดเย็นใน 1 ถาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการศึกษาตัวแปรสำหรับความไม่แน่นอนของเครื่องบรรจุแคปซูลน้ำมันสกัดเย็น โดยการชั่งน้ำหนักแคปซูลน้ำมันสกัดเย็นที่ได้จากการทดลอง เพื่อหาค่าความแม่นยำของการบรรจุน้ำมันสกัดเย็น

4.1 การทดสอบชุดบรรจุน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น

การชั่งน้ำหนักแคปซูลเปล่า ชั่งโดยการแบ่งกลุ่มตัวอย่างแคปซูลออกมาจำนวน 10 ชุด ชุดละ 20 แคปซูลแล้วทำการชั่งน้ำหนักรวมโดยเครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดสอบชุดบรรจุน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น ครั้งที่ 1 และ 2

Capsule Sample	Weight (g)	
	Exp.1	Exp.2
1	6.3335	6.3185
2	6.3229	6.3642
3	6.3296	6.2902
4	6.3216	6.3559
5	6.2677	6.2785
6	6.3133	6.3850
7	6.3052	6.3455
8	6.3557	6.3057
9	6.3441	6.3212
10	6.3076	6.2513
Total	63.2012	63.216
Average	6.32012	6.3216

ผลการทดลองการหาค่าความแม่นยำของชุดทดลองที่อุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส ที่อัตราการบรรจุแคปซูลที่ 113 แคปซูลต่อนาทีพบว่าการทดสอบครั้งแรกและครั้งที่สองมีผลใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจากการคำนวณทางสถิติพบว่าการทดสอบสมมุติฐานที่มากกว่า 0.05 แสดงว่าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ ข.2)

4.2 ผลการทดลองการบรรจุน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นลงในแคปซูล

การชั่งน้ำหนักแคปซูลน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นที่ได้จากการทดลองครั้งที่ 1 และ 2 ในแต่ละครั้งจะทำการชั่งโดยการแบ่งกลุ่มน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นที่ทำการทดลองออกเป็นครั้งละ 10 ชุด โดยที่แต่ละชุดจะมีแคปซูลน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นจำนวน 10 แคปซูล แล้วทำการชั่งน้ำหนักทีละชุดด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่งและจดบันทึกค่า จากนั้นนำการทดลองครั้งที่ 1 และ 2 มาทำการคำนวณหาค่าเฉลี่ย ค่าความผิดพลาด (สมการที่ 2) และค่าความไม่แน่นอนของการบรรจุน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นชนิดแคปซูล (สมการที่ 4)

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลองการบรรจุน้ำมันสกัดเย็นลงในแคปซูลของน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น

Exp#	Temp. (℃)	Freq. (Caps/min)	Weight (g)	Percent Error (%)	Accuracy (%)
1	25	93	6.3761	1.78	98.22
2	33	93	6.4705	3.29	96.71
3	25	132	6.6148	5.59	94.41
4	33	132	6.6430	6.04	93.96
5	23	113	6.5877	5.61	94.84
6	35	113	6.6637	6.37	93.63
7	29	85	6.3063	0.67	99.33
8	29	140	6.3303	1.05	98.95
9	29	113	6.3323	1.08	98.92
10	29	113	6.2694	0.08	99.92
11	29	113	6.2610	0.05	99.95
12	29	113	6.2900	0.41	99.95

ผลการทดลองการหาค่าความแม่นยำของเครื่องบรรจุแคปซูลในกรณีการบรรจุน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นพบว่า ในช่วงอุณหภูมิ 23 ถึง 35 องศาเซลเซียส และที่อัตราการบรรจุแคปซูลที่ 85 ถึง 140 แคปซูลต่อนาที มีค่าความแม่นยำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี ANOVA ซึ่งมีค่า Sig. (P-value) น้อยกว่า 0.05 (ตารางที่ ข.5)

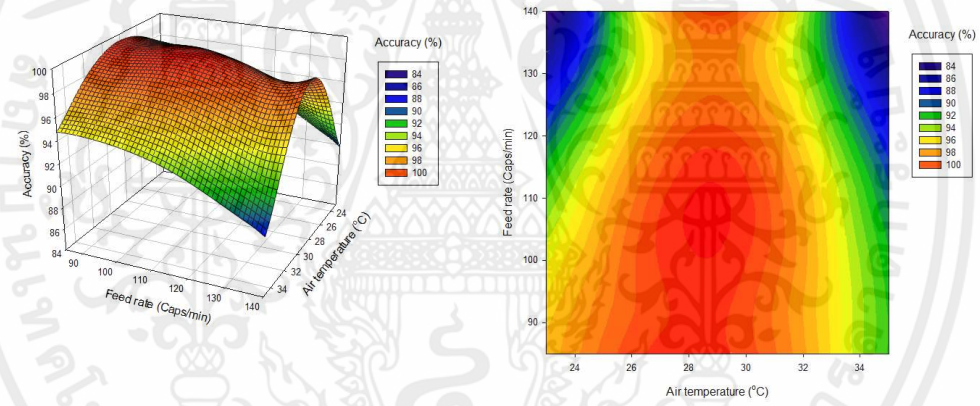
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองการบรรจุน้ำมันสกัดเย็นลงในแคปซูลของน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นพบว่าสีแดงเข้มมีค่าความแม่นยำที่สูงที่สุดในการบรรจุน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นลงในแคปซูลมีค่าเท่ากับ 0.98 ซึ่งอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 28 ถึง 29 องศาเซลเซียส ที่อัตราการบรรจุแคปซูล 100 ถึง 113 แคปซูลต่อนาที โดยที่อุณหภูมิน้อยกว่า 28 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิมากกว่า 29 องศาเซลเซียส ที่ค่าอัตราการบรรจุแคปซูลที่ต่ำกว่า 100 แคปซูลต่อนาที และที่อัตราการบรรจุมากกว่า 113 แคปซูลต่อนาทีจะทำให้ความแม่นยำในการบรรจุแคปซูลนั้นลดลง (รูปที่ 4.1) จะได้สมการความสัมพันธ์ ดังนี้

$$\text{Accuracy} = (-27.34) + 9.022 \times T + (-0.157) \times T^2 + (-0.000210) \times F^2 \qquad (6)$$

เมื่อ T คือ อุณหภูมิที่ใช้ในการทดลอง

F คือ อัตราการบรรจุแคปซูล



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและอัตราการบรรจุแคปซูลน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดลองการบรรจุน้ำมันงาสกัดเย็นลงในแคปซูล

การชั่งน้ำหนักแคปซูลน้ำมันงาสกัดเย็นที่ได้จากการทดลองครั้งที่ 1 และ 2 ในแต่ละครั้งจะทำการชั่งโดยการแบ่งกลุ่มน้ำมันงาสกัดเย็นที่ทำการทดลองออกเป็นครั้งละ 10 ชุด โดยที่แต่ละชุดจะมีแคปซูลน้ำมันงาสกัดเย็นจำนวน 10 แคปซูล แล้วทำการชั่งน้ำหนักทีละชุดด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่งและจดบันทึกค่า จากนั้นนำการทดลองครั้งที่ 1 และ 2 มาทำการคำนวณหาค่าเฉลี่ย ค่าความผิดพลาด (สมการที่ 2) และค่าความไม่แน่นอนของการบรรจุน้ำมันงาสกัดเย็นชนิดแคปซูล (สมการที่ 4)

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดลองการบรรจุน้ำมันสกัดเย็นลงในแคปซูลของน้ำมันงาสกัดเย็น

Exp#	Temp. (°C)	Freq. (Caps/min)	Weight (g)	Percent Error (%)	Accuracy (%)
1	25	93	6.3075	0.38	99.62
2	33	93	6.3851	0.85	99.15
3	25	132	6.5552	3.54	96.46
4	33	132	6.5086	2.80	97.20
5	23	113	6.5311	3.16	96.84
6	35	113	6.5286	3.12	96.88
7	29	85	6.3184	0.20	99.80
8	29	140	5.9140	6.59	93.41
9	29	113	6.6266	4.66	95.34
10	29	113	6.6117	4.43	95.57
11	29	113	6.5883	4.06	95.94
12	29	113	6.5809	3.94	96.06

ผลการทดลองการหาค่าความแม่นยำของเครื่องบรรจุแคปซูลในกรณีการบรรจุน้ำมันงาสกัดเย็นพบว่า ในช่วงอุณหภูมิ 23 ถึง 35 องศาเซลเซียส มีค่าความแม่นยำไม่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี ANOVA ซึ่งมีค่า Sig. (P-value) มากกว่า 0.05 และที่อัตราการบรรจุแคปซูลที่ 85 ถึง 140 แคปซูลต่อนาที มีค่าความแม่นยำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี ANOVA ซึ่งมีค่า Sig. (P-value) น้อยกว่า 0.05 (ตารางที่ ข.6)

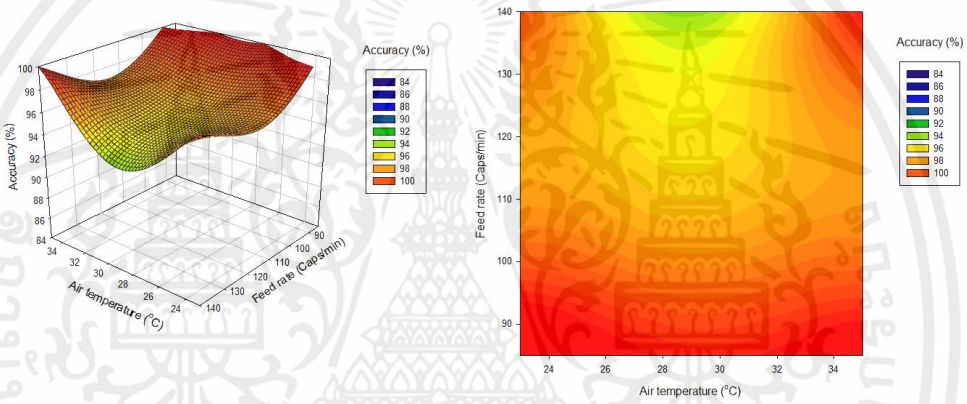
จากการทดลองการบรรจุน้ำมันสกัดเย็นลงในแคปซูลของน้ำมันงาสกัดเย็นพบว่าอุณหภูมิไม่มีผลต่อการบรรจุน้ำมันงาสกัดเย็นลงในแคปซูลแต่พบกว่าที่อัตราการบรรจุแคปซูลมีผลต่อการบรรจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แคปซูล คือที่สีแดงเข้มมีค่าความแม่นยำที่สูงที่สุดในการบรรจุน้ำมันงาสกัดเย็นลงในแคปซูลมีค่าเท่ากับ 0.99 ซึ่งอยู่ในช่วงอัตราการบรรจุแคปซูล 85 ถึง 93 แคปซูลต่อนาที โดยที่ค่าอัตราการบรรจุแคปซูลที่ต่ำกว่า 85 แคปซูลต่อนาที และที่อัตราการบรรจุมากกว่า 93 แคปซูลต่อนาทีจะทำให้ความแม่นยำในการบรรจุแคปซูลนั้นลดลง (รูปที่ 4.2) จะได้สมการความสัมพันธ์ ดังนี้

$$\text{Accuracy} = 107.07 + (-0.09077) \times \text{F} \quad (7)$$

เมื่อ F คือ อัตราการบรรจุแคปซูล



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและอัตราการบรรจุแคปซูลน้ำมันงาสกัดเย็น

4.4 ผลการทดลองการบรรจุน้ำมันปาล์มสกัดเย็นลงในแคปซูล

จากการทดลองบรรจุน้ำมันปาล์มสกัดเย็นลงในแคปซูลพบว่าที่อุณหภูมิ 23 ถึง 35 องศาเซลเซียส และที่อัตราการบรรจุแคปซูลที่ 85 ถึง 140 แคปซูลต่อนาทีชุดทดลองไม่สามารถที่จะทำการบรรจุน้ำมันปาล์มสกัดเย็นลงในแคปซูลได้ เนื่องจากน้ำมันปาล์มสกัดเย็นมีค่าความหนืดและกากใยของผลปาล์มเยอะ ทำให้ไซริงค์ที่ทำการบรรจุแคปซูลไม่สามารถทำการดูดน้ำมันได้ ส่งผลให้ปริมาณของน้ำมันปาล์มในแคปซูลที่ทำการบรรจุนั้นเกิดค่าความผิดพลาดเยอะไม่สามารถนำมาใช้ได้จริงในการบรรจุแคปซูล

หากจะทำการบรรจุน้ำมันปาล์มสกัดเย็นลงในแคปซูล จะต้องทำการอุ่นร้อนน้ำมันปาล์มสกัดเย็นให้มีอุณหภูมิที่มากกว่าอุณหภูมิที่ทำการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.3 ไซริงค์ไม่สามารถดูดน้ำมันปาล์มสกัดเย็นได้เต็มกระบอกทำให้เกิดค่าความผิดพลาดเยอะ

รูปที่ 4.4 น้ำมันปาล์มสกัดเย็นที่ถูกไซริงค์ดันออกมามีปริมาณที่ไม่เท่ากับที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

ตารางที่ 4.4 ค่าใช้จ่ายในการสร้างชุดทดลองบรรจุแคปซูลน้ำมันสกัดเย็น

List	Price (Baht)
1. กระบอกลมนิวเมติกส์	429
2. ท่อลมยาง	96
3. ถาดแคปซูล	786
4. ขวดโหลแก้ว	138
5. ชุดกรองลม	239
6. ไซริงค์	5,000
7. โซลินอยด์วาล์ว	389
8. สายไฟและปลั๊ก	372
9. สวิตช์และไฟแสดงผล	167
10. ตู้คอนโทรล	350
Total	**7,966**

4.5.1 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน

กำหนดให้ชุดทดลองบรรจุน้ำมันสกัดเย็นลงในแคปซูล (P) มีค่า 7,699 บาท มูลค่าซากเครื่องเมื่อสิ้นปีที่ 10 เหลือ 10 เปอร์เซ็นต์ต่อปี

มูลค่าซาก (S) = 0.1P = 0.1x7,966 = 796.6

ค่าเสื่อมสภาพ (D) = (P-S)/L = (7,966-796.6)/10 = 690.24 บาท/ปี

ค่าเสียโอกาสในการลงทุน (R) = ((P+S)/2)x0.0675 = 295.74 บาท/ปี

ต้นทุนคงที่ (FC) = ค่าเสื่อมราคา (D) + ค่าเสียโอกาสในการลงทุน (R)

= 690.24+295.74 = 985.98 บาท/ปี

กำหนดให้อัตราค่าจ้างแรงงานรายวัน วันละ 335 (กำหนดจากอัตราค่าแรงขั้นต่ำในจังหวัดชุมพร) จำนวนคนทำงาน 1 คน ทำงานปีละ 360 วัน และค่าไฟฟ้าหน่วยละ 4 บาท ทำงานวันละ 8 ชั่วโมง สิ้นเปลืองค่าไฟรวม (ปั๊มลม) วันละ 1.52 หน่วย ค่าบำรุงรักษาเครื่องเฉลี่ยวันละ 5 บาท

ค่าจ้างแรงงาน (W) = 335x360 = 120,600 บาท/ปี

ค่าไฟฟ้า (E) = (1.52x360) = 547.2 บาท/ปี

ค่าบำรุงรักษา (M) = 5x365 = 1,825 บาท/ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้นทุนผันแปร (VC) = ค่าจ้างแรงงาน (W) + ค่าไฟฟ้า (E) + ค่าบำรุงรักษา (M)

= 120,600+547.2+1,825

= 122,972.2 บาท/ปี

ดังนั้น

ค่าใช้จ่ายทั้งหมด (AC) = ต้นทุน (FC) + ต้นทุนผันแปร (VC)

= 985.98+122,972.2

= 123,958.18 บาท/ปี

4.5.2 จุดคุ้มทุนของชุดทดลองบรรจุน้ำมันสกัดเย็นลงในแคปซูล

กำหนดให้ค่าจ้างใช้ชุดทดลองบรรจุน้ำมันสกัดเย็นลงในแคปซูล 10 บาทต่อแคปซูล1 ถาด และภายในระยะเวลา 1 ปี เครื่องทำงาน 360x8 = 2,880 ชั่วโมง สามารถบรรจุน้ำมันสกัดเย็นลงในแคปซูลได้ 6,000 แคปซูลต่อชั่วโมง ฉะนั้นชุดทดลองจะสามารถทำงานได้ 17,280,000 แคปซูลต่อปี

จุดคุ้มทุน (BEPS) = ต้นทุนคงที่ (72,000 บาทต่อเดือน หรือ 864,000 บาทต่อปี)

4.5.3 ระยะเวลาในการคืนทุนของชุดทดลองบรรจุน้ำมันสกัดเย็นลงในแคปซูล

จากรายได้การรับจ้างใช้ชุดทดลองบรรจุน้ำมันสกัดเย็นลงในแคปซูล 10 บาทต่อแคปซูล 1 ถาด และ 1 ปี ชุดทดลองบรรจุน้ำมันสกัดเย็นลงในแคปซูล บรรจุน้ำมันสกัดเย็นลงในแคปซูลได้ 17,280,000 แคปซูล จึงมีรายได้ 10x17,280,000 = 172,800,000 บาทต่อปี

ระยะเวลาในการคืนทุน (PBP) = ค่าใช้จ่ายในการสร้างชุดทดลอง (MC) / กำไร (P)

กำไร (P) = รายได้ (P) – ค่าใช้จายทั้งหมด (AC)

= 864,000-123,958.18

= 740,041.82 บาท

ดังนั้น

ระยะเวลาในการคืนทุน (PBP) = ค่าใช้จ่ายในการสร้างชุดทดลอง (MC) / กำไร (P)

= 7,966 / 740,041.82

= 0.011 ปี หรือประมาณ 1 เดือน

จากการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ถ้าในการสร้างชุดทดลองบรรจุน้ำมันสกัดเย็นลงในแคปซูล ราคา 7,966 บาท รับจ้างบรรจุน้ำมันสกัดเย็นลงในแคปซูลโดยคิดเป็นเงิน 10 บาทต่อแคปซูล 1 ถาด จุดคุ้มทุนอยู่ที่การผลิต 864,000 บาทต่อปี และสามารถคืนทุนได้ในเวลา 1 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อความไม่แน่นอนของการบรรจุน้ำมันสกัดเย็นชนิดแคปซูล ของน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น น้ำมันงาสกัดเย็น และน้ำมันปาล์มสกัดเย็น ที่อุณหภูมิ 23 ถึง 35 องศาเซลเซียส และอัตราการบรรจุแคปซูลที่ 85 ถึง 140 แคปซูลต่อนาที พบว่าที่อุณหภูมิและอัตราการบรรจุแคปซูลมีผลต่อการทดลองบรรจุน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น ซึ่งที่อุณหภูมิ 28 ถึง 29 องศาเซลเซียส และอัตราการบรรจุแคปซูลที่ 100 ถึง 113 แคปซูลต่อนาที เป็นการบรรจุแคปซูลที่เหมาะสมที่สุดในการบรรจุน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นลงในแคปซูลเนื่องจากมีค่าความแม่นยำในการบรรจุแคปซูลเท่ากับ 0.98 และที่อัตราการบรรจุแคปซูลอุณหภูมิมีผลต่อการทดลองบรรจุน้ำมันงาสกัดเย็น แต่อุณหภูมิไม่มีผลต่อการทดลองบรรจุน้ำมันงาสกัดเย็น ซึ่งที่อุณหภูมิ 23 ถึง 35 องศาเซลเซียสจากการทดลองโดยใช้อัตราการบรรจุแคปซูลที่ 85 ถึง 93 แคปซูลต่อนาที เป็นการบรรจุแคปซูลที่เหมาะสมที่สุดในการบรรจุน้ำมันงาสกัดเย็นลงในแคปซูลเนื่องจากมีค่าความแม่นยำในการบรรจุแคปซูลเท่ากับ 0.99 และสุดท้ายการบรรจุน้ำมันปาล์มสกัดเย็นที่อุณหภูมิ 23-35 องศาเซลเซียส และที่อัตราการบรรจุแคปซูลที่ 85 ถึง 93 แคปซูลต่อนาทีนั้นไม่สามารถทำการทดลองด้วยชุดทดลองที่ทำการประดิษฐ์ขึ้นมาได้ เนื่องจาก น้ำมันปาล์มสกัดเย็นมีความหนืดและมีกากของผลปาล์มที่มากเกินไปในช่วงอุณหภูมิของห้องทดลอง จึงทำให้ไม่สามารถที่ใช้ใช้ชุดทดลองในการดูดน้ำมันสกัดเย็นผ่านไซริงค์ได้เพราะจะทำให้ไซริงค์เกิดการอุดตันและทำให้ผลการทดลองที่ได้เกิดค่าความผิดพลาดที่สูง ดังนั้นหากจะใช้ชุดทดลองกับน้ำมันปาล์มสกัดเย็นอาจจะต้องอุ่นน้ำมันในอุณหภูมิที่สูงกว่าค่าที่กำหนดในการทดลอง

5.1 ปัญหาที่พบในการทดลองชุดทดลองบรรจุแคปซูล

จากการดำเนินการศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อความไม่แน่นอนของการบรรจุน้ำมันสกัดเย็นชนิดแคปซูลพบปัญหาที่เกิดขึ้นดังนี้

ในการทดลองบรรจุน้ำมันสกัดเย็นลงในแคปซูลโดยใช้ไซริงค์นั้นมีปัญหา คือเกิดฟองอากาศในสายหยอดน้ำมันและไซริงค์ในขณะที่เครื่องทำงาน

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรเปิดเครื่องเพื่อเตรียมความพร้อมก่อนการทดลองเป็นระยะเวลา 1 นาทีเพื่อไล่ฟองอากาศในสายหยอดน้ำมันและไซริงค์

5.2.2 ควรตั้งอุณหภูมิห้องก่อนการทดลองจริงเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

5.2.3 การเพิ่มจำนวนหัวไซริงค์อาจจะมีส่วนช่วยให้ลดระยะเวลาในการบรรจุให้น้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.4 ควรใช้ไซริงค์ที่มีขนาดใหม่ขึ้นเพื่อเพิ่มความหลากหลายในการบรรจุน้ำมันสกัดเย็นสำหรับน้ำมันที่มีค่าความหรือและความข้นที่เยอะกว่า

5.2.5 ควรใช้ชุดทดลองกับน้ำมันสกัดเย็นที่ไม่มีกากใย เพื่อลดการอุดตันของไซริงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Green shop café**. น้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น**. เข้าถึงเมื่อ พฤษภาคม 2565 เข้าถึงได้จาก https://greenshopcafe.com/greennews61.html

[2] Beauty Editor. **น้ำมันมะพร้าว เคล็ดลับหน้าใสจากธรรมชาติ.** เข้าถึงเมื่อ พฤษภาคม 2565 เข้าถึงได้จาก https://www.wongnai.com/articles/coconut-oil-beauty-treasure

[3] AMPRO HEALTH. **น้ำมันงาดำสกัดเย็น (Cold pressed black sesame) ดีต่อสุขภาพจริงไหม.** เข้าถึงเมื่อ พฤษภาคม 2565 เข้าถึงได้จาก https://amprohealth.com/magazine/cold-pressed-black-sesame/

[4] POBPAD. **น้ำมันปาล์ม กับประโยชน์ต่อสุขภาพที่ควรรู้.** เข้าถึงเมื่อ พฤษภาคม 2565 เข้าถึงได้จาก https://www.pobpad.com/

[5] มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. **แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่**เกี่ยวข้อง. เข้าถึงเมื่อ มิถุนายน 2565 เข้าถึงได้จากhttps://archive.lib.cmu.ac.th/full/T/2553/enin20453as_ch2.pdf

[6] ปราโมทย์ กุศล **เอกสารประกอบการสอน การวัดเชิงกล Mechanical Measurement.** เข้าถึงเมื่อ พฤษภาคม 2565 เข้าถึงได้จาก

[7] Fabian M. Dayrit (2015) **The Properties of Lauric Acid and Their Significance in Coconut Oil.** เข้าถึงเมื่อ มิถุนายน 2565 เข้าถึงได้จาก https://link.springer.com/article/10.1007/s11746-014-2562-7

[8] Xianliang Luoa, Wangxin Liua, Minjie Zhaoa, Ying Huanga, Fengqin Feng (2022) **Glycerol monolaurate beyond an emulsifier: Synthesis, in vivo fate, food quality benefits and health efficacies.** เข้าถึงเมื่อ มิถุนายน 2565 เข้าถึงได้จาก https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224422001856

[9] Muhammad Imran (2020) **Chapter 10 - Cold pressed sesame (Sesamum indicum) oil.** เข้าถึงเมื่อ พฤษภาคม 2565 เข้าถึงได้จาก https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128181881000104

[10] Azis H. Riyadi et al. (2016) **Pilot Plant Study of Red Palm Oil Deodorization Using Moderate Temperature.** เข้าถึงเมื่อ พฤษภาคม 2565 เข้าถึงได้จาก https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210784316301292

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[11] Junaidah Mat Jusoh, Norizzah Abd Rashid, and Zaliha Omar (2013) **Effect of Sterilization Process on Deterioration of Bleachability Index (DOBI) of Crude Palm Oil (CPO) Extracted from Different Degree of Oil Palm Ripeness** เข้าถึงเมื่อ พฤษภาคม 2565 เข้าถึงได้จาก https://www.researchgate.net/publication/341136051_Effect_of_Sterilization_Process_on_Deterioration_of_Bleachability_Index_DOBI_of_Crude_Palm_Oil_CPO_Extracted_from_Different_Degree_of_Oil_Palm_Ripeness

[12] Jullakarn (Ham) Ittirattana (2021) **ระบบนิวเมติกส์ (pneumatic system) คืออะไร** เข้าถึงเมื่อ มิถุนายน 2565 เข้าถึงได้จาก https://misumitechnical.com/technical/pneumatic/what-is-pneumatic-system/

[13] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร **การประเมินความน่าเชื่อถือของข้อมูล** เข้าถึงเมื่อ มิถุนายน 2565 เข้าถึงได้จาก https://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php?bookID=3086&read=true

[14] Solution Center Minitab. **การวิเคราะห์สมการถดถอย การแปลความหมายค่า R-Square และการประเมินตัวแบบว่าเหมาะสมหรือไม่** เข้าถึงเมื่อ มิถุนายน 2565 เข้าถึงได้จาก https://www.solutioncenterminitab.com/blog/multiple-regression-analysis-use-adjusted-r-squared-and-predicted-r-squared-to-include-the-correct-number-of-variables/

[15] Minitab Blog **การวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุนาม: การใช้ค่า Adjust R-Squared และค่า Predicted R-Squared เพื่อปรับค่าความถูกต้องของจำนวนตัวแปร** เข้าถึงเมื่อ มิถุนายน 2565 เข้าถึงได้จาก https://web.rmutp.ac.th/woravith/upload/AnalChem/ppt-evaluation.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

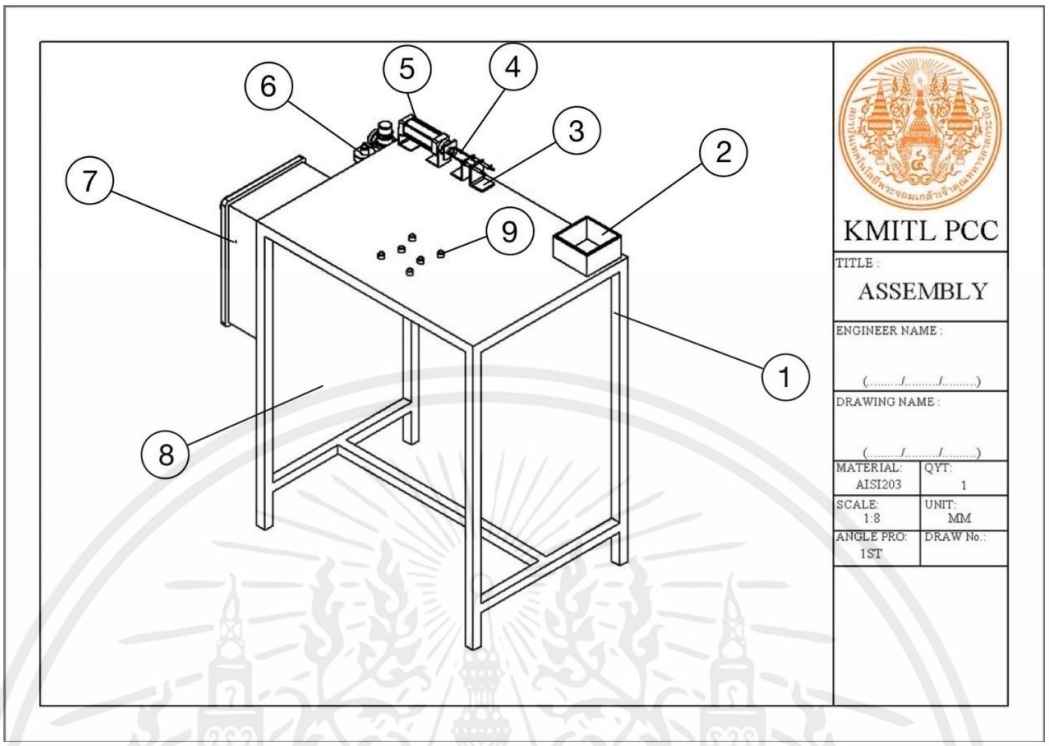
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การออกแบบชุดทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



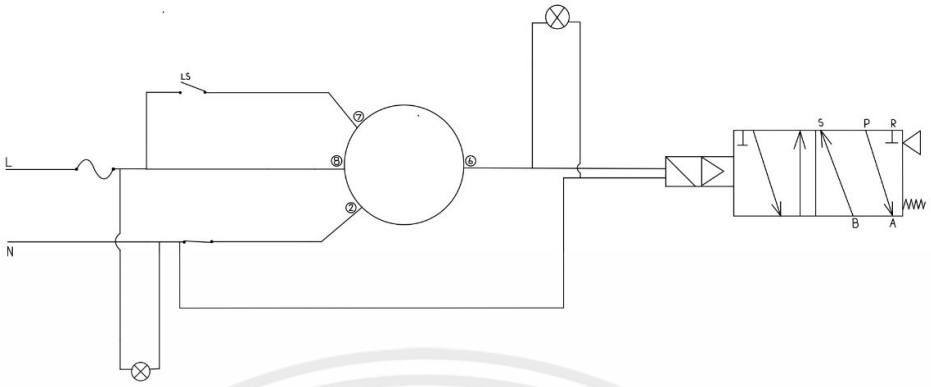
1. โต๊ะทดลอง
2. กล่องอะคริลิคที่ใส่ขวดโหลแก้ว
3. แผ่นเหล็กยึดไซริงค์
4. ไซริงค์
5. กระบอกสูบ
6. ชุดกรองลม
7. ตู้คอนโทรล
8. แผ่นไม้ใช้ยึดตู้คอนโทรลกับโต๊ะ
9. ที่ตั้งถาดบรรจุแคปซูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การต่อวงจรไปฟ้าของระบบนิวเมติกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



1.ปั๊มลมสายพาน ถัง 36 ลิตร PUMA PP-1 1/4HP 220 โวลต์

- ผลิตแรงลมได้ 7 ถึง 10 บาร์
- อัตราการผลิตลม 55.8 ลิตรต่อนาที
- มอเตอร์ Hitachi ขนาด ¼ แรงม้า
- ไฟฟ้า 220 โวลต์
- ความเร็วรอบของปั๊มลม 650 รอบต่อนาที
- ถังลมขนาด 36 ลิตร
- กำลังไฟ 190 วัตต์

2.กระบอกลม ขนาด 40 มิลลิเมตร ระยะชักกระบอกยาวสุดที่ 25 มิลลิเมตร

3.โซลินอยด์วาล์ว Airtac รุ่น 4V210-08

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ตารางบันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 แสดงบันทึกผลการทดลองน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นลงในแคปซูล ครั้งที่ 1

Exp#	Temp.	Freq.	Set	Weight (g)
1	25	93	1	6.3628
			2	6.3964
			3	6.347
			4	6.339
			5	6.3751
			6	6.3425
			7	6.3846
			8	6.3283
			9	6.3318
			10	6.3883
			Total	63.5958
			Average	6.35958

Exp#	Temp.	Freq.	Set	Weight (g)
2	33	93	1	6.5485
			2	6.5115
			3	6.5511
			4	6.4368
			5	6.5035
			6	6.5533
			7	6.4054
			8	6.5058
			9	6.5253
			10	6.4002
			Total	64.9414
			Average	6.49414

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Exp#	Temp.	Freq.	Set	Weight (g)
3	25	132	1	6.6255
			2	6.6429
			3	6.6055
			4	6.6147
			5	6.5982
			6	6.5914
			7	6.5887
			8	6.5876
			9	6.5888
			10	6.6087
			Total	66.052
			Average	6.6052

Exp#	Temp.	Freq.	Set	Weight (g)
4	33	132	1	6.6941
			2	6.6454
			3	6.6349
			4	6.6977
			5	6.6062
			6	6.635
			7	6.549
			8	6.5949
			9	6.6203
			10	6.5877
			Total	66.2652
			Average	6.62652

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Exp#	Temp.	Freq.	Set	Weight (g)
5	23	113	1	6.6019
			2	6.5965
			3	6.6151
			4	6.5912
			5	6.6244
			6	6.6167
			7	6.597
			8	6.6198
			9	6.626
			10	6.6062
			Total	66.0948
			Average	6.60948

Exp#	Temp.	Freq.	Set	Weight (g)
6	35	113	1	6.6466
			2	6.691
			3	6.6393
			4	6.6169
			5	6.6304
			6	6.671
			7	6.6588
			8	6.6326
			9	6.654
			10	6.665
			Total	66.5056
			Average	6.65056

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Exp#	Temp.	Freq.	Set	Weight (g)
7	29	85	1	6.286
			2	6.3341
			3	6.3517
			4	6.2706
			5	6.3051
			6	6.309
			7	6.2692
			8	6.3134
			9	6.333
			10	6.3
			Total	63.0721
			Average	6.30721

Exp#	Temp.	Freq.	Set	Weight (g)
8	29	140	1	6.3254
			2	6.338
			3	6.3341
			4	6.3666
			5	6.3218
			6	6.2997
			7	6.3099
			8	6.3539
			9	6.354
			10	6.3685
			Total	63.3719
			Average	6.33719

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Exp#	Temp.	Freq.	Set	Weight (g)
9	29	113	1	6.3814
			2	6.3689
			3	6.4085
			4	6.3642
			5	6.3525
			6	6.2669
			7	6.348
			8	6.3943
			9	6.3509
			10	6.2972
			Total	63.5328
			Average	6.35328

Exp#	Temp.	Freq.	Set	Weight (g)
10	29	113	1	6.2428
			2	6.2511
			3	6.2227
			4	6.2058
			5	6.2446
			6	6.2832
			7	6.2508
			8	6.2208
			9	6.2919
			10	6.3008
			Total	62.5145
			Average	6.25145

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Exp#	Temp.	Freq.	Set	Weight (g)
11	29	113	1	6.2984
			2	6.1427
			3	6.2612
			4	6.2426
			5	6.1923
			6	6.2603
			7	6.2681
			8	6.3314
			9	6.3018
			10	6.2685
			Total	62.5673
			Average	6.25673

Exp#	Temp.	Freq.	Set	Weight (g)
12	29	113	1	6.2533
			2	6.3408
			3	6.2811
			4	6.2829
			5	6.3128
			6	6.2776
			7	6.3049
			8	6.2924
			9	6.2595
			10	6.2842
			Total	62.8895
			Average	6.28895

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 แสดงบันทึกผลการทดลองน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นลงในแคปซูล ครั้งที่ 2

Exp#	Temp.	Freq.	Set	Weight (g)
1	25	93	1	6.3914
			2	6.3498
			3	6.4104
			4	6.3525
			5	6.3794
			6	6.3654
			7	6.4299
			8	6.4295
			9	6.4033
			10	6.415
			Total	63.9266
			Average	6.39266

Exp#	Temp.	Freq.	Set	Weight (g)
2	33	93	1	6.5123
			2	6.5842
			3	6.5947
			4	6.511
			5	6.5459
			6	6.5302
			7	6.5607
			8	6.5563
			9	6.5301
			10	5.5432
			Total	64.4686
			Average	6.44686

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Exp#	Temp.	Freq.	Set	Weight (g)
3	25	132	1	6.6406
			2	6.6007
			3	6.5924
			4	6.6114
			5	6.6478
			6	6.6664
			7	6.6281
			8	6.6161
			9	6.6018
			10	6.6384
			Total	66.2437
			Average	6.62437

Exp#	Temp.	Freq.	Set	Weight (g)
4	33	132	1	6.6552
			2	6.6448
			3	6.6916
			4	6.6589
			5	6.6639
			6	6.6184
			7	6.6924
			8	6.6329
			9	6.6697
			10	6.6672
			Total	66.595
			Average	6.6595

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Exp#	Temp.	Freq.	Set	Weight (g)
5	23	113	1	6.5681
			2	6.5561
			3	6.5644
			4	6.5472
			5	6.5666
			6	6.5734
			7	6.5824
			8	6.5758
			9	6.5854
			10	6.5396
			Total	65.659
			Average	6.5659

Exp#	Temp.	Freq.	Set	Weight (g)
6	35	113	1	6.6289
			2	6.7073
			3	6.691
			4	6.6944
			5	6.6505
			6	6.6439
			7	6.7086
			8	6.6762
			9	6.686
			10	6.682
			Total	66.7688
			Average	6.67688

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Exp#	Temp.	Freq.	Set	Weight (g)
7	29	85	1	6.2155
			2	6.3557
			3	6.2833
			4	6.2733
			5	6.3411
			6	6.2948
			7	6.3402
			8	6.3009
			9	6.3707
			10	6.2778
			Total	63.0533
			Average	6.30533

Exp#	Temp.	Freq.	Set	Weight (g)
8	29	140	1	6.3228
			2	6.3478
			3	6.3391
			4	6.3155
			5	6.336
			6	6.3188
			7	6.323
			8	6.3137
			9	6.358
			10	6.2603
			Total	63.235
			Average	6.3235

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Exp#	Temp.	Freq.	Set	Weight (g)
9	29	113	1	6.3036
			2	6.2857
			3	6.3572
			4	6.2665
			5	6.3345
			6	6.2946
			7	6.2778
			8	6.3511
			9	6.2988
			10	6.3428
			Total	63.1126
			Average	6.31126

Exp#	Temp.	Freq.	Set	Weight (g)
10	29	113	1	6.2712
			2	6.2607
			3	6.2908
			4	6.233
			5	6.3899
			6	6.2554
			7	6.3174
			8	6.276
			9	6.3174
			10	6.2626
			Total	62.8744
			Average	6.28744

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Exp#	Temp.	Freq.	Set	Weight (g)
11	29	113	1	6.2523
			2	6.2809
			3	6.2766
			4	6.2697
			5	6.2664
			6	6.2858
			7	6.2139
			8	6.2695
			9	6.2195
			10	6.3182
			Total	62.6528
			Average	6.26528

Exp#	Temp.	Freq.	Set	Weight (g)
12	29	113	1	6.2889
			2	6.3291
			3	6.2861
			4	6.3401
			5	6.2509
			6	6.3203
			7	6.2663
			8	6.2854
			9	6.2564
			10	6.2867
			Total	62.9102
			Average	6.29102

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 แสดงบันทึกผลการทดลองน้ำมันงาสกัดเย็นลงในแคปซูล ครั้งที่ 1

Exp#	Temp.	Freq.	Set	Weight (g)
1	25	93	1	6.211
			2	6.2109
			3	6.2771
			4	6.2873
			5	6.3149
			6	6.2842
			7	6.2633
			8	6.3265
			9	6.2866
			10	6.3323
			Total	62.7941
			Average	6.27941

Exp#	Temp.	Freq.	Set	Weight (g)
2	33	93	1	6.428
			2	6.4467
			3	6.3752
			4	6.388
			5	6.3648
			6	6.3262
			7	6.3694
			8	6.3391
			9	6.4552
			10	6.3606
			Total	63.8532
			Average	6.38532

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Exp#	Temp.	Freq.	Set	Weight (g)
3	25	132	1	6.5627
			2	6.5089
			3	6.5474
			4	6.5852
			5	6.5571
			6	6.5467
			7	6.5733
			8	6.6061
			9	6.5647
			10	6.542
			Total	65.5941
			Average	6.55941

Exp#	Temp.	Freq.	Set	Weight (g)
4	33	132	1	6.5317
			2	6.4432
			3	6.5119
			4	6.4716
			5	6.4916
			6	6.4455
			7	6.4216
			8	6.462
			9	6.4049
			10	6.4798
			Total	64.6638
			Average	6.46638

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Exp#	Temp.	Freq.	Set	Weight (g)
5	23	113	1	6.5422
			2	6.421
			3	6.4839
			4	6.5588
			5	6.5086
			6	6.5326
			7	6.5538
			8	6.5415
			9	6.5213
			10	6.5259
			Total	65.1896
			Average	6.51896

Exp#	Temp.	Freq.	Set	Weight (g)
6	35	113	1	6.5509
			2	6.5612
			3	6.5623
			4	6.5114
			5	6.5638
			6	6.5557
			7	6.5523
			8	6.5422
			9	6.5509
			10	6.5546
			Total	65.5053
			Average	6.55053

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Exp#	Temp.	Freq.	Set	Weight (g)
7	29	85	1	6.2682
			2	6.2164
			3	6.3288
			4	6.2863
			5	6.308
			6	6.2386
			7	6.2743
			8	6.2624
			9	6.2257
			10	6.2769
			Total	62.6856
			Average	6.26856

Exp#	Temp.	Freq.	Set	Weight (g)
8	29	140	1	6.5953
			3	6.5823
			4	6.5697
			5	6.5239
			6	6.5529
			7	6.5782
			8	6.6007
			9	6.5823
			10	6.5669
			Total	59.1522
			Average	5.91522

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Exp#	Temp.	Freq.	Set	Weight (g)
9	29	113	1	6.6403
			2	6.6631
			3	6.6722
			4	6.6309
			5	6.6679
			6	6.6158
			7	6.6083
			8	6.6244
			9	6.6241
			10	6.6504
			Total	66.3974
			Average	6.63974

Exp#	Temp.	Freq.	Set	Weight (g)
10	29	113	1	6.6451
			2	6.6291
			3	6.6982
			4	6.6723
			5	6.665
			6	6.7165
			7	6.6962
			8	6.6805
			9	6.6631
			10	6.6801
			Total	66.7461
			Average	6.67461

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Exp#	Temp.	Freq.	Set	Weight (g)
11	29	113	1	6.582
			2	6.6033
			3	6.627
			4	6.6156
			5	6.6041
			6	6.6608
			7	6.6441
			8	6.6722
			9	6.6048
			10	6.5966
			Total	66.2105
			Average	6.62105

Exp#	Temp.	Freq.	Set	Weight (g)
12	29	113	1	6.5945
			2	6.5817
			3	6.6146
			4	6.619
			5	6.6139
			6	6.6512
			7	6.5689
			8	6.507
			9	6.5785
			10	6.6049
			Total	65.9342
			Average	6.59342

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.4 แสดงบันทึกผลการทดลองน้ำมันงาสกัดเย็นลงในแคปซูล ครั้งที่ 2

Exp#	Temp.	Freq.	Set	Weight (g)
1	25	93	1	6.301
			2	6.3163
			3	6.3437
			4	6.3914
			5	6.3329
			6	6.3515
			7	6.3515
			8	6.3253
			9	6.3137
			10	6.3284
			Total	63.3557
			Average	6.33557

Exp#	Temp.	Freq.	Set	Weight (g)
2	33	93	1	6.4503
			2	6.4077
			3	6.3947
			4	6.4318
			5	6.307
			6	6.378
			7	6.2152
			8	6.4915
			9	6.3786
			10	6.3945
			Total	63.8493
			Average	6.38493

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Exp#	Temp.	Freq.	Set	Weight (g)
3	25	132	1	6.5669
			2	6.5863
			3	6.5612
			4	6.586
			5	6.5784
			6	6.5312
			7	6.4941
			8	6.5184
			9	6.5394
			10	6.5486
			Total	65.5105
			Average	6.55105

Exp#	Temp.	Freq.	Set	Weight (g)
4	33	132	1	6.5115
			2	6.5453
			3	6.5261
			4	6.5185
			5	6.5921
			6	6.5592
			7	6.5392
			8	6.5916
			9	6.5647
			10	6.5601
			Total	65.5083
			Average	6.55083

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Exp#	Temp.	Freq.	Set	Weight (g)
5	23	113	1	6.5577
			2	6.5553
			3	6.538
			4	6.5175
			5	6.549
			6	6.554
			7	6.5481
			8	6.5602
			9	6.5141
			10	6.5394
			Total	65.4333
			Average	6.54333

Exp#	Temp.	Freq.	Set	Weight (g)
6	35	113	1	6.5251
			2	6.43
			3	6.4992
			4	6.5012
			5	6.5403
			6	6.5302
			7	6.5665
			8	6.4626
			9	6.552
			10	6.4592
			Total	65.0663
			Average	6.50663

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Exp#	Temp.	Freq.	Set	Weight (g)
7	29	85	1	6.3501
			2	6.4604
			3	6.3202
			4	6.4368
			5	6.2404
			6	6.4999
			7	6.3556
			8	6.3396
			9	6.2906
			10	6.3891
			Total	63.6827
			Average	6.36827

Exp#	Temp.	Freq.	Set	Weight (g)
8	29	140	1	6.5288
			3	6.5915
			4	6.574
			5	6.6022
			6	6.5794
			7	6.5487
			8	6.5632
			9	6.5454
			10	6.5938
			Total	59.127
			Average	5.9127

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Exp#	Temp.	Freq.	Set	Weight (g)
9	29	113	1	6.6574
			2	6.6237
			3	6.6131
			4	6.5931
			5	6.6251
			6	6.5976
			7	6.6272
			8	6.6086
			9	6.5987
			10	6.5909
			Total	66.1354
			Average	6.61354

Exp#	Temp.	Freq.	Set	Weight (g)
10	29	113	1	6.5698
			2	6.5402
			3	6.5816
			4	6.5857
			5	6.5604
			6	6.5402
			7	6.5172
			8	6.5071
			9	6.5218
			10	6.5647
			Total	65.4887
			Average	6.54887

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Exp#	Temp.	Freq.	Set	Weight (g)
11	29	113	1	6.6036
			2	6.5503
			3	6.5692
			4	6.5699
			5	6.5562
			6	6.5489
			7	6.5686
			8	6.5881
			9	6.449
			10	6.551
			Total	65.5548
			Average	6.55548

Exp#	Temp.	Freq.	Set	Weight (g)
12	29	113	1	6.5892
			2	6.6079
			3	6.5516
			4	6.5581
			5	6.4984
			6	6.5718
			7	6.5766
			8	6.6095
			9	6.5699
			10	6.551
			Total	65.684
			Average	6.5684

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ตารางวิเคราะห์ผลค่าการมีนัยสำคัญของข้อมูลผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 แสดงผลการทดสอบ T-Test ของแคปซูลเปล่า

One-Sample Test						
	Test Value = 1.9843					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
Weight	-0.004	9	0.997	-0.0000100	-0.005247	0.005227

ตารางที่ ข.2 แสดงผลการวิเคราะห์ Paired Samples Test การทดสอบความเสถียรของชุดทดลอง

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper	-0.105	9	0.918
Pair 1	WeightPretest1 - WeightPretest2	-0.0014800	0.0443638	0.0140291	-0.0332160	0.0302560			

ตารางที่ ข.3 แสดงผลการวิเคราะห์ Test of Between-Subjects Effects ของน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น

Dependent Variable: Accuracy Coconut Oil

Source	Type ||| Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	68.0077	8	8.510	37.144	.006
Intercept	73291.112	1	73291.112	319908.8	.000
Air Temperature	39.999	3	13.333	58.197	.004
Feed Rate	11.107	3	3.702	16.160	.023
Air Temperature *Feed Rate	.281	1	.281	1.226	.349
Error	.687	3	.229		
Total	113837.820	12			
Corrected Total	68.764	11			

R Squared = .990 (Adjusted R Squared = .963)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.4 แสดงผลการวิเคราะห์ Test of Between-Subjects Effects ของน้ำมันงาสกัดเย็น

Dependent Variable: Accuracy Sesame Oil

Source	Type ||| Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	38.814	8	4.852	44.017	.005
Intercept	74881.763	1	74881.763	679353.7	.000
Air Temperature	1.729	3	.576	5.229	.104
Feed Rate	27.971	3	9.324	84.587	.002
Air Temperature	.366	1	.366	3.321	.166
*Feed Rate					
Error	.331	3	.110		
Total	112611.774	12			
Corrected Total	39.145	11			

R Squared = .992 (Adjusted R Squared = .969)

ตารางที่ ข.5 ตารางการวิเคราะห์ผลความแปรปรวน (ANOVA) ของน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น

Summary	
|R|	0.928
R^2	0.861
R^2 adjusted	0.809
Standard Error	1.093
# Points	12
PRESS	27.49
R^2 for Prediction	0.601
Durbin-Watson d	1.830
First Order Autocorrelation	0.074
Collinearity	0.005
Coefficient of Variation	1.122
Precision Index	27.024

ANOVA						
Source	SS	SS%	MS	F	F Signif	df
Regression	59.26	86	19.75	16.55	0.000861	3
Residual	9.550	14	1.194			8
LOF Error	8.861	13 (93)	1.772	7.7211	0.06153	5
Pure Error	0.689	1 (7)	0.230			3
Total	68.81	100				11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Accuracy = b0 + b1*Air_temperature + b2*Air_temperature*Air_temperature + b3*Feed_rate*Feed_rate							
		P value	Std Error	-95%	95%	t Stat	VIF
b0	-27.34	0.211	20.10	-73.70	19.02	-1.360	
b1	9.022	0.000194	1.395	5.806	12.24	6.469	221.59
b2	-0.157	0.000176	0.02399	-0.213	-0.102	-6.563	221.59
b3	-0.000210	0.04405	8.79065E-05	-0.000413	-7.13368E-06	-2.387	1.000

ตารางที่ ข.6 ตารางการวิเคราะห์ผลความแปรปรวน (ANOVA) ของน้ำมันงาสกัดเย็น

Summary	
|R|	0.799
R^2	0.638
R^2 adjusted	0.602
Standard Error	1.191
# Points	12
PRESS	21.14
R^2 for Prediction	0.460
Durbin-Watson d	0.611
First Order Autocorrelation	0.637
Collinearity	1.000
Coefficient of -ภำVariation	1.229
Precision Index	20.699

ANOVA						
Source	SS	SS%	MS	F	F Signif	df
Regression	24.99	64	24.99	17.63	0.00183	1
Residual	14.18	36	1.418			10
LOF Error	11.73	30 (83)	3.911	11.2067	0.00460	3
Pure Error	2.443	6 (17)	0.349			7
Total	39.17	100				11

Accuracy = b0 + b1*Feed_rate						
		P value	Std Error	-95%	95%	t Stat
b0	107.07	9.69895E-13	2.456	101.59	112.54	43.59
b1	-0.09077	0.00183	0.02162	-0.139	-0.04260	-4.199

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายณัฐกิตติ์ ระพีร์ทวีโชติ

วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 25 พฤศจิกายน 2542

ภูมิลำเนา จังหวัดนครปฐม

ที่อยู่ 90/52 หมู่ 1 หมู่บ้านบ้านหลังสวน ตำบลบางกระทึก อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม 73210

E-mail Natrapeekup@gmail.com

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมตอนปลาย (วิทย์-คณิต) ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนรัตนโกสินทร์สมโภชบวรนิเวศศาลายา ในพระสังฆราชูปถัมภ์
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) ปีการศึกษา 2564 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุมดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นางสาววรรณสรณ์ จิรวัฒนากิตติ

วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 23 มีนาคม 2543

ภูมิลำเนา จังหวัดราชบุรี

ที่อยู่ 124 หมู่ 3 ตำบลดอนกระเบื้อง อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี 70110

E-mail wannason2000@gmail.com

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ช่างกลโรงงาน) ปีการศึกษา 2560 วิทยาลัยเทคนิคราชบุรี
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) ปีการศึกษา 2564 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุมดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นางสาวอริสรา มีแต้ม
วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 24 มิถุนายน 2542
ภูมิลำเนา จังหวัดนครศรีธรรมราช
ที่อยู่ 130/4 หมู่ 2 ตำบลหน้าสตน อำเภอหัวไทร จังหวัดนครศรีธรรมราช 80170
E-mail aritsara201@gmail.com

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมตอนปลาย (วิทย์-คณิต) ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนศรีธรรมราชศึกษา
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) ปีการศึกษา 2564 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุมดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้