การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการแยกเลซิตินจากน้ำมันธัญพืชด้วยวิธีวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณและกำหนดการไม่เชิงเส้น

โดย
นายสิริภาคย์ บุญยนต์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 2 ปริญญามหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2561
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการแยกเลซิตินจากน้ำมันธัญพืชด้วยวิธีวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณและกำหนดการไม่เชิงเส้น

โดย
นายสิริภาคย์ บุญยนต์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 2 ปริญญามหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2561
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

MULTIPLE REGRESSION ANALYSIS AND NONLINEAR PROGRAMMING FOR OPTIMAL FACTORS THE LECITHIN SEPARATE IN CEREAL OILS

By

MR. Siripak BOONYON

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for Master of Engineering (ENGINEERING MANAGEMENT)
Department of INDUSTRIAL ENGINEERING AND MANAGEMENT
Graduate School, Silpakorn University
Academic Year 2018

Copyright of Graduate School, Silpakorn University

หัวข้อ	การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการแยกเลซิตินจากน้ำมันธัญพืชด้วยวิธีวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณและกำหนดการไม่เชิงเส้น
โดย	สิริภาคย์ บุญยนต์
สาขาวิชา	การจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 2 ปริญญามหาบัณฑิต
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คเณศ พันธุ์สวาสดิ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.จุไรรัตน์ นันทานิช)

พิจารณาเห็นชอบโดย

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ประจวบ กล่อมจิตร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คเณศ พันธุ์สวาสดิ์)

..... ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธรินี มณีศรี)

60405203 : การจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 2 ปริญญามหาบัณฑิต
คำสำคัญ : เลซิติน, กำหนดการไม่เชิงเส้น, การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ

นาย สิริภาคย์ บุญยนต์: การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการแยกเลซิตินจากน้ำมันธัญพืชด้วยวิธีวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณและกำหนดการไม่เชิงเส้น อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คเณศ พันธุ์สวาสดิ์

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการแยกเลซิตินออกจากน้ำมันธัญพืชด้วยวิธีวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณและกำหนดการไม่เชิงเส้น งานวิจัยฉบับนี้เป็นการผสมผสานระหว่างภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมเคมีและสาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม ซึ่งใช้ข้อมูลการแยกเลซิตินจากน้ำมันธัญพืชด้วยวิธีการกำจัดยางเหนียวในงานวิจัยระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมเคมี งานวิจัยนี้ได้กำหนดปริมาณเลซิตินในการดำเนินการทดลอง ดังนี้ 10, 18, 26, 40 และ 49 มิลลิกรัม การทดลองนี้จะใช้วิธีหาผลเฉลย 2 วิธี ได้แก่ วิธีที่ 1 คือ หาผลเฉลยของวัตถุดิบเพียงชนิดเดียวด้วยกำหนดการไม่เชิงเส้น แต่ถ้าวิธีที่ 1 ไม่ได้ค่าปริมาณเลซิตินเท่ากับที่กำหนด วิธีที่ 1 จะเพิ่มวัตถุดิบในการหาผลเฉลย และวิธีที่ 2 คือ หาผลเฉลยทุกวัตถุดิบพร้อมกันด้วยกำหนดการไม่เชิงเส้น เพื่อให้ได้ปริมาณเลซิตินตามที่กำหนดไว้ ผลจากการศึกษาพบว่าวิธีที่ 2 ใช้อุณหภูมิในกระบวนการที่สูงกว่าวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 ยังใช้เวลาในกระบวนน้อยกว่าวิธีที่ 1 นอกจากนี้วิธีที่ 2 ยังมีการเปลี่ยนแปลงของการเลือกใช้น้ำมันธัญพืชเมื่อปริมาณเลซิตินที่กำหนดเพิ่มมากขึ้น วิธีนี้จะลดปริมาณเลซิตินที่ได้จากน้ำมันธัญพืชที่ให้ปริมาณเลซิตินที่มากที่สุดและเพิ่มปริมาณเลซิตินจากน้ำมันธัญพืชที่ให้ปริมาณเลซิตินรองลงมา เมื่อเปรียบเทียบค่าของปัจจัยที่เหมาะสมและค่าใช้จ่ายกระแสไฟฟ้าด้วยวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 ผลสรุปคือวิธีที่ 2 มีค่าใช้จ่ายกระแสไฟฟ้าน้อยกว่าวิธีที่ 1

60405203 : Major (ENGINEERING MANAGEMENT)
Keyword : Lecithin, Nonlinear programming, Multiple regression analysis

MR. SIRIPAK BOONYON : MULTIPLE REGRESSION ANALYSIS AND NONLINEAR PROGRAMMING FOR OPTIMAL FACTORS THE LECITHIN SEPARATE IN CEREAL OILS THESIS ADVISOR : ASSISTANT PROFESSOR KANATE PANSAWAT, Ph.D.

This research aims to determine optimum factors in separation of lecithin from cereal oil with multiple regression analysis methods and nonlinear programming. The process was a combine between chemical engineering and engineering management which used lecithin separation data from the cereal oil with degumming methods of the bachelor's research in chemical engineering. This research has determined the amounts of lecithin in the experiments, such as 10, 18, 26, 40, and 49 milligrams. These experiments include two methods to find solutions. The first method is to find solutions for only one type of raw material with nonlinear programming if the first method doesn't have the same amount of lecithin, the first method will add raw materials to find solutions and the second method is to find solutions for all raw materials at the same time with nonlinear programming to obtain the amounts of lecithin as specified. The results of the study shows that the second method required a higher processed temperature than the first method. Moreover, it takes less time for the lecithin separation than method one. In addition, the second method changed the selection of cereal oil when the amount of lecithin was increasing. This method reduced the amount of lecithin extracted from cereal oil that gave the highest amount of lecithin and increased the lecithin content from cereal oil that gave a lower lecithin volume. From the comparing between optimum factors and electricity cost which consist the first method and the second method. Effect of the second method used electricity less than the first method.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์อย่างสูงของรองศาสตราจารย์ ดร.ประจวบ กล่อมจิตร ประธานควบคุมวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตรจารย์ ดร.คเณศ พันธุ์สวาสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ริเริ่มให้แนวคิดในการทำงานวิจัย และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธรินี มณีศรี กรรมการร่วมฯ ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เป็นอย่างดีเสมอมา ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ นิฤมล วรสุทธิ์ ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือเขียนบทคัดย่อภาษาอังกฤษ

ขอขอบคุณ พี่ น้อง และเพื่อนๆทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือด้านข้อมูลต่างๆ พร้อมทั้งกำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมา

ท้ายที่สุดนี้ขอขอบพระคุณ คุณพ่อคุณแม่ และพี่ชายอันเป็นที่รัก ผู้ซึ่งอยู่เบื้องหลังแห่งความสำเร็จ โดยให้ความช่วยเหลือสนับสนุน และเป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยตลอดมา

คุณค่าและเกียรติภูมิใดๆอันพึงมีของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตเวทีคุณแก่บิดามารดา บูรพาจารย์ และผู้มีอุปการคุณของผู้วิจัยทุกท่าน

สิริภาคย์ บุญยนต์

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญรูปภาพ ..... ญ
บทที่ 1 1
1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย 1
1.2 กรอบแนวคิดในการวิจัย 2
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
1.4 ขอบเขตงานวิจัย 3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 กระบวนการกำจัดยางเหนียว (Degumming) 4
2.2 การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Linear Regression Analysis) 5
2.3 การคัดเลือกตัวแปร 6
2.4 กำหนดการไม่เชิงเส้น (Nonlinear Programming) 6
2.5 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7
บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย 10
3.1 รวบรวมและเตรียมข้อมูลที่ใช้ศึกษา 10
3.2 วิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองด้วยวิธีวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ 20

3.3 พัฒนากำหนดการไม่เชิงเส้นเพื่อหาค่าปัจจัยที่เหมาะสม 20
3.4 การบันทึกสมการและความเชื่อมโยงของสมการในโปรแกรม Microsoft Excel 23
3.5 ค่าใช้จ่ายการใช้กระแสไฟฟ้าที่ทำให้ได้ปริมาณเลซิตินที่กำหนด..... 24
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล..... 28
4.1 ค่าใช้จ่ายการใช้กระแสไฟฟ้าและค่าของปัจจัยที่ทำให้ได้ปริมาณเลซิตินกำหนด 28
4.2 ค่าที่เหมาะสมของปัจจัยที่ทำให้ได้ปริมาณเลซิตินตามที่กำหนด 31
4.3 การเลือกใช้น้ำมันธัญพืชแต่ละชนิดเพื่อให้ได้ปริมาณเลซิตินที่กำหนด..... 32
4.4 ค่าใช้จ่ายการใช้กระแสไฟฟ้าที่ทำให้ได้ปริมาณเลซิตินที่กำหนด..... 34
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ..... 36
5.1 สรุปผลงานวิจัย..... 36
5.2 ข้อเสนอแนะ 36
รายการอ้างอิง..... 38
ประวัติผู้เขียน..... 41

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ผลการทดลองแยกเลซิตินออกจากน้ำมันกระถินด้วยวิธีกำจัดยางเหนียว 12

ตารางที่ 2 ผลการทดลองแยกเลซิตินออกจากน้ำมันกระถินด้วยวิธีกำจัดยางเหนียว (ต่อ)..... 13

ตารางที่ 3 ผลการทดลองแยกเลซิตินออกจากน้ำมันกระถินด้วยวิธีกำจัดยางเหนียว (ต่อ)..... 14

ตารางที่ 4 ผลการทดลองแยกเลซิตินออกจากน้ำมันถั่วเหลืองด้วยวิธีกำจัดยางเหนียว..... 15

ตารางที่ 5 ผลการทดลองแยกเลซิตินออกจากน้ำมันถั่วเหลืองด้วยวิธีกำจัดยางเหนียว (ต่อ) 16

ตารางที่ 6 ผลการทดลองแยกเลซิตินออกจากน้ำมันถั่วเหลืองด้วยวิธีกำจัดยางเหนียว (ต่อ) 17

ตารางที่ 7 ผลการทดลองแยกเลซิตินออกจากน้ำมันลูกเดือยด้วยวิธีกำจัดยางเหนียว 17

ตารางที่ 8 ผลการทดลองแยกเลซิตินออกจากน้ำมันลูกเดือยด้วยวิธีกำจัดยางเหนียว (ต่อ)..... 18

ตารางที่ 9 ผลการทดลองแยกเลซิตินออกจากน้ำมันลูกเดือยด้วยวิธีกำจัดยางเหนียว (ต่อ)..... 19

ตารางที่ 10 ค่าใช้จ่ายการใช้กระแสไฟฟ้าและค่าของปัจจัยที่ทำให้ได้ปริมาณเลซิตินตามที่กำหนดไว้ด้วยวิธีหาผลเฉลยของวัตถุดิบเพียงชนิดเดียวด้วยกำหนดการไม่เชิงเส้น 29

ตารางที่ 11 ค่าใช้จ่ายการใช้กระแสไฟฟ้าและค่าของปัจจัยที่ทำให้ได้ปริมาณเลซิตินตามที่กำหนดไว้ด้วยวิธีหาผลเฉลยทุกวัตถุดิบพร้อมกันด้วยกำหนดการไม่เชิงเส้น..... 30

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย 2

ภาพที่ 2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 11

ภาพที่ 3 ป้อนค่าสัมประสิทธิ์ของสมการปริมาณเลซิตินและค่าสูงสุดต่ำสุดของ อุณหภูมิ เปอร์เซ็นต์น้ำ และเวลาในกระบวนการ 23

ภาพที่ 4 สมการในการคำนวน 24

ภาพที่ 5 วิธีหาผลเฉลยของวัตถุดิบเพียงชนิดเดียวด้วยกำหนดการไม่เชิงเส้นโดยกำหนดปริมาณเลซิตินที่ 10 มิลลิกรัม 25

ภาพที่ 6 สมการเป้าหมายและสมการข้อจำกัด 26

ภาพที่ 7 วิธีหาผลเฉลยทุกวัตถุดิบพร้อมกันด้วยกำหนดการไม่เชิงเส้นโดยกำหนดปริมาณเลซิตินที่ 10 มิลลิกรัม 27

ภาพที่ 8 อุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการของทั้ง 2 วิธี 31

ภาพที่ 9 เวลาในกระบวนการของทั้ง 2 วิธี 32

ภาพที่ 10 ปริมาณเลซิตินที่ได้จากน้ำมันธัญพืชแต่ละชนิด 33

ภาพที่ 11 ค่าใช้จ่ายการใช้กระแสไฟฟ้าของทั้ง 2 วิธี 34

บทที่ 1

1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

ในอดีตพบว่าผู้บริโภคอาหารที่มีไขมันสูงซึ่งก่อให้เกิดโรคต่างๆ ตามมาเช่น โรคมะเร็ง โดยพบว่าในปี พ.ศ. 2553 มีผู้คนเป็นมะเร็งจำนวน 58,076 ราย และในปี พ.ศ. 2557 มีผู้คนเป็นโรคมะเร็งเพิ่มขึ้นเป็นจำนวน 70,075 ราย ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีอัตราการเพิ่มขึ้นอย่างมากภายในระยะเวลาแค่ 4 ปี โรคไขมันในเส้นเลือดสูง ผู้ที่มีไขมันในเลือดสูงนั้นเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจ ซึ่งพบว่าผู้ที่เป็นโรคหัวใจในปี พ.ศ. 2553 มีจำนวน 18,399 ราย และในปี พ.ศ. 2557 มีจำนวน 32,229 ราย โดยคิดเป็นเกือบสองเท่าของผู้ที่เป็นโรคหัวใจในปี พ.ศ. 2553 [1]

แต่ในปัจจุบันผู้คนให้ความสนใจในเรื่องสุขภาพเช่น การออกกำลังกายสังเกตได้จากผู้คนตามสถานที่ออกกำลังกาย และการบริโภคอาหารเช่น การเลือกอาหารที่มีไขมันต่ำ การรับประทานอาหารเสริมหรือวิตามิน ซึ่งอาหารเสริมและวิตามินมีมากมายหลายชนิดให้ผู้บริโภคเลือกตามความเหมาะสม [2]

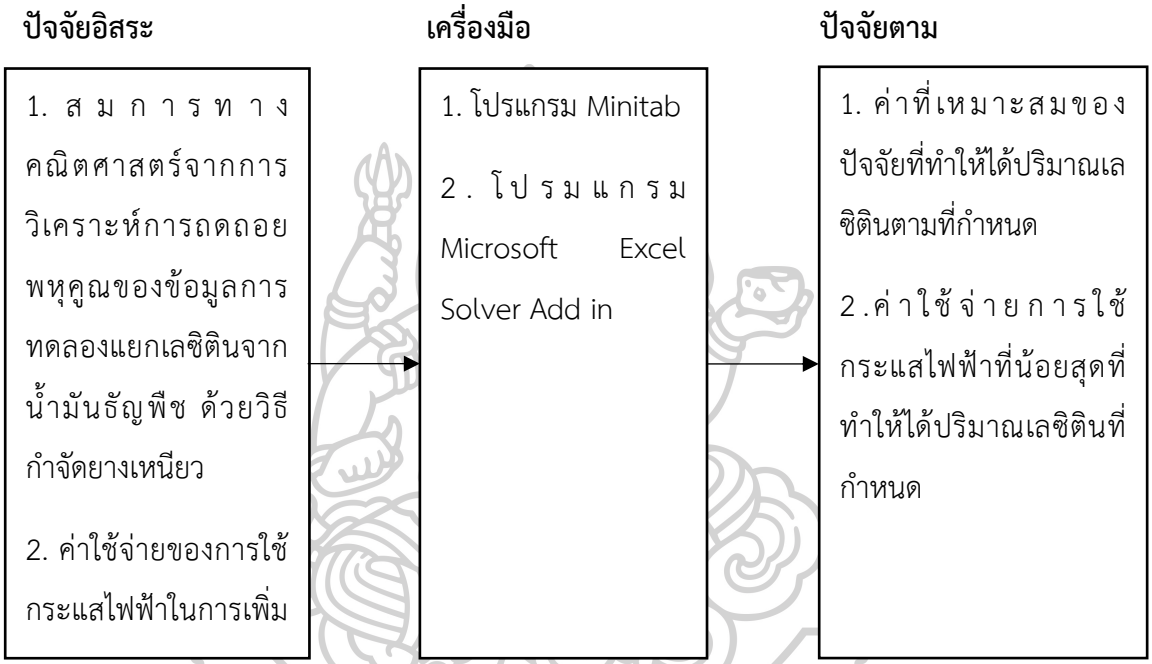
ซึ่งเลซิตินเป็นอาหารเสริมชนิดหนึ่ง ที่มีประโยชน์ช่วยในเรื่องต่างๆ เช่น ลดภาวะไขมันคอเลสเตอรอลในเลือดสูง และเลซิตินนั้นยังมีประโยชน์ในเรื่องของบำรุงสมอง และช่วยลดอาการของโรคความจำเสื่อมในผู้สูงอายุโดยมีการศึกษาวิจัยให้ปริมาณโคลีนซึ่งมีอยู่ในเลซิตินแก่ผู้ป่วยโรคความจำเสื่อมในระยะเริ่มแรกเป็นระยะเวลา 6 เดือนจะช่วยทำให้ความจำดีขึ้น [2, 3] เลซิตินจะพบได้ในอาหารหลากหลายชนิดจากผลิตภัณฑ์ทั้งพืชและสัตว์ เช่น ถั่วเหลือง ข้าวโพด เมล็ดฝ้าย กะหล่ำปลี กะหล่ำดอก แครอท เนื้อสัตว์ ปลา รวมทั้งไข่แดง นม เนย ถั่วลิสง แต่เลซิตินที่ทำจากถั่วเหลืองนับเป็นผลิตภัณฑ์ที่พบได้ทั่วไปในท้องตลาดมากที่สุด

ในการแยกเลซิตินออกจากน้ำมันธัญพืชนั้นมีปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณเลซิตินได้แก่ ปริมาณน้ำ เวลา และอุณหภูมิ [4] ซึ่งทำให้มีค่าใช้จ่ายการใช้กระแสไฟฟ้าที่เกิดจากอุณหภูมิและเวลาในกระบวนการ

งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาการใช้ต้นทุนที่น้อยสุดในการแยกเลซิตินออกจากน้ำมันของธัญพืชชนิดต่างๆ โดยการนำข้อมูลการทดลองจากการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณเลซิตินด้วยกระบวนการกำจัดยางเหนียวจากน้ำมันธัญพืชมาวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple Linear Regression Analysis) เพื่อทำนายหาจุดเหมาะสมของปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณเลซิติน และค่าใช้จ่ายของกระแสไฟฟ้าในการแยกเลซิตินน้อยที่สุดโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป (Excel Solver)

1.2 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ผู้วิจัยได้เริ่มศึกษาเอกสารและงานวิจัย ซึ่งได้ศึกษาถึงลักษณะความสัมพันธ์ กรอบความคิดเชิงทฤษฎี ซึ่งสามารถเขียนเป็นโมเดลแสดงความสัมพันธ์ในลักษณะเป็นโครงสร้างได้แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.3.1 คำนวณหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการแยกเลซิตินจากน้ำมันธัญพืชที่ทำให้ได้ปริมาณเลซิตินตามที่กำหนด

1.3.2 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของกระแสไฟฟ้าที่มากจากวิธีหาผลเฉลยของวัตถุดิบเพียงชนิดเดียวด้วยกำหนดการไม่เชิงเส้นกับวิธีหาผลเฉลยทุกวัตถุดิบพร้อมกันด้วยกำหนดการไม่เชิงเส้น

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

1.4.1 ศึกษาการวิเคราะห์ข้อมูลของผลการทดลองการแยกเลซิตินด้วยวิธีกำจัดยางเหนียวด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ

1.4.2 ศึกษาค่าใช้จ่ายการใช้กระแสไฟฟ้าที่น้อยสุดเพื่อให้ได้ปริมาณเลซิตินตามที่กำหนดจากน้ำมันธัญพืชทั้ง 3 ชนิด คือ เมล็ดกระถิน, ถั่วเหลือง และลูกเดือย

1.4.3 ศึกษาการคำนวณหาค่าเหมาะสมของปัจจัยที่มีอิทธิพลของปริมาณเลซิตินจากน้ำมันเมล็ดธัญพืชทั้ง 3 ชนิด คือ สัดส่วนน้ำที่ใช้, เวลา และอุณหภูมิ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทำนายหาค่าปัจจัยที่เหมาะสมที่มีอิทธิผลต่อปริมาณเลซิตินเพื่อให้ได้ปริมาณเลซิตินตามที่กำหนด

1.5.2 ค่าใช้จ่ายการใช้กระแสไฟฟ้าที่น้อยสุดเพื่อให้ได้ปริมาณเลซิตินตามที่กำหนดจากน้ำมันเมล็ดธัญพืชทั้ง 3 ชนิด คือ เมล็ดกระถิน, ถั่วเหลือง และลูกเดือย

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ได้แบ่งเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณเพื่อทำนายค่าของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณเลซิตินจากการแยกเลซิตินด้วยวิธีการกำจัดยางเหนียว และคัดเลือกตัวแปรเพื่อให้ได้สมการพยากรณ์ที่ดีที่สุด จากนั้นนำโมเดลสมการทางคณิตศาสตร์ที่ได้หาต้นทุนที่น้อยที่สุดเพื่อให้ได้ตามปริมาณเลซิตินที่กำหนด ซึ่งในบทนี้มีแนวความคิด ทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าความรู้ที่เกี่ยวข้อง โดยจำแนกแนวคิด ทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการศึกษาดังนี้

2.1 กระบวนการกำจัดยางเหนียว (Degumming)

น้ำมันดิบจากพืชมีสารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุฟอสฟอรัส มีลักษณะเป็นยางเหนียว (Gum) รวมอยู่ด้วยที่เรียกว่า ฟอสฟาไทด์ (Phosphatides) ได้แก่ เลซิติน (Lecithin) และ เซฟาลิน (Cephalin) ทำให้น้ำมันเสื่อมคุณภาพในการเก็บรักษาหรือเมื่อถูกความร้อนจะเกิดยางเหนียวติดภาชนะและทำให้น้ำมันเสียเร็ว การกำจัดยางเหนียวมีหลักการให้ยางเหนียวรวมตัวตกตะกอนโดยใช้น้ำร้อนและสารเคมีต่าง ๆ เช่น กรดฟอสฟอริก กรดซีตริก และอื่น ๆ วิธีการกำจัดยางเหนียวแบ่งตามลักษณะของการเกิดปฏิกริยามี 2 วิธี คือ

2.1.1 การใช้น้ำร้อนกำจัดยางเหนียว (Water degumming) น้ำมันดิบมีฟอสฟาไทด์เป็นสารประกอบซึ่งมีลักษณะเป็นยางเหนียว ทำโดยการเติมน้ำร้อนลงไปในน้ำมันให้สารเหล่านี้เกิดสภาพไฮเดรท (Hydrate form) ทำให้มีสมบัติที่ไม่ละลายในน้ำมัน และมีความถ่วงจำเพาะสูงกว่าน้ำมัน ดังนั้นสามารถแยกออกจากน้ำมันได้ด้วยการหมุนเหวี่ยงหรือตกตะกอน การที่ใช้น้ำร้อนเพราะว่าเกิดสภาพไฮเดรทของยางเหนียวได้ดีกว่าในน้ำเย็นปฏิกริยาดังนี้

$$\text{Phosphatides } (\alpha - \text{lipids}) \xrightarrow{\text{hot water}} \text{Hydrated gum}$$

2.1.2 การใช้กรดกำจัดยางเหนียว (Acid degumming) ยางเหนียวที่เป็นพวก non-hydrate จะไม่เกิดสภาพไฮเดรทกับน้ำร้อนจึงต้องใช้กรดเข้าช่วยทำปฏิกริยาก่อนแล้วจึงเกิดสภาพไฮเดรทปฏิกริยาดังนี้

$$\text{Phosphatides } (\beta - \text{lipids}) \xrightarrow{acid\ water} \text{Hydrated gum}$$

กรดทำหน้าที่ไปปรับสภาพให้เหมาะสมเพื่อให้ยางเหนียวจับน้ำและตกตะกอนออกมาได้ นอกจากนี้กรดยังช่วยดึงโลหะหนักที่เป็นตัวเร่งปฏิกริยาให้น้ำมันเหม็นหืนตกตะกอนด้วย การกำจัดยางเหนียวด้วยกรดมีความจำเป็นมาก ถ้าไม่แยกยางเหนียวออกจะทำให้เกิดการสูญเสียน้ำมันในกระบวนการกำจัดกรดไขมันอิสระมาก เนื่องจากอิมัลชั่น (Emulsion) ยิ่งทำให้สีน้ำมันเข้มขึ้นเมื่อถูกความร้อนและทำให้น้ำมันหืนได้ง่าย [5]

2.2 การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Linear Regression Analysis)

การวิเคราะห์การถดถอยเป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (Independent Variable) กับตัวแปรตาม (Dependent Variable) จะเป็นการศึกษาความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linearity) โดยที่ตัวแปรอิสระมีมากกว่าหนึ่งตัวโดยเขียนความสัมพันธ์ในรูปแบบของสมการได้ดังนี้ [6]

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \ldots + b_kx_k$$

สัญลักษณ์ที่ใช้มีความหมายดังนี้

x_i คือ ค่าของตัวแปรอิสระแต่ละตัว

y คือ ค่าของตัวแปรตาม

b_0 คือ ค่าคงที่ของสมการถดถอย

b_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรอิสระ x_i แต่ละตัว

2.3 การคัดเลือกตัวแปร

การคัดเลือกตัวแปรพยากรณ์มีความจำเป็น เพื่อให้ได้สมการพยากรณ์ที่ดีที่สุดโดยงานวิจัยนี้จะใช้การคัดเลือกตัวแปร 3 วิธี ดังนี้

2.3.1 การเลือกตัวแปรโดยวิธีเพิ่มตัวแปร (Forward Selection) เป็นวิธีการที่จะเลือกเฉพาะตัวแปรพยากรณ์ที่ดีที่สุดที่สามารถพยากรณ์ตัวแปรเกณฑ์ได้เท่านั้น โดยจะคัดเลือกตัวแปรพยากรณ์เข้ามาในสมการทีละตัว และทำการทดสอบว่าตัวแปรที่เข้ามานั้นสามารถพยากรณ์ตัวแปรเกณฑ์ได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ต่อจากนั้นทำการคัดเลือกตัวแปรที่สำคัญรองลงมาไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งไม่มีตัวแปรพยากรณ์เหลือ วิธีการเพิ่มตัวแปรก็จะสิ้นสุด

2.3.2 การเลือกตัวแปรโดยวิธีลดตัวแปร (Backward Elimination) เป็นวิธีที่จะคัดเลือกตัวแปรที่ดีที่สุด ในการพยากรณ์เช่นเดียวกันแต่เป็นวิธีตรงข้ามกับวิธี Forward คือจะนำตัวแปรพยากรณ์ทุกตัวเข้ามาในสมการและดำเนินการพิจารณาตัวแปรพยากรณ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์บางส่วน (Partial Correlation) กับตัวแปรเกณฑ์

2.3.3 การเลือกตัวแปรโดยวิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน (Stepwise Regression) เป็นวิธีที่มีความเหมาะสมในการพิจารณาคัดเลือกตัวแปรพยากรณ์ที่ดีที่สุดและได้โมเดลที่ประหยัดที่สุด ซึ่งขั้นตอนคล้ายกับวิธี Forward เพียงแต่การวิเคราะห์ด้วยวิธี Stepwise จะทำการทดสอบตัวแปรพยากรณ์ที่เข้าสมการไปแล้วทุกครั้งที่มีการนำตัวแปรใหม่เข้าในสมการหมายความว่าตัวแปรพยากรณ์บางตัวที่เข้าไปในสมการแล้วก็สามารถถูกขจัดออกจากสมการได้ [7]

2.4 กำหนดการไม่เชิงเส้น (Nonlinear Programming)

กำหนดการไม่เชิงเส้นเป็นเทคนิคการทำ optimization จะประกอบไปด้วย 2 ฟังก์ชันด้วยกัน คือ objective function และconstraints ใช้หาคำตอบกรณีที่ตัวแปรตัดสินใจมีความสัมพันธ์ในลักษณะที่ไม่เป็นเชิงเส้น โดยที่การพิจารณาปัญหาของระบบจะมีอยู่ทั้งหมด 2 แบบด้วยกัน คือ การพิจารณาปัญหาในการหาค่าสูงสุด (Maximization problem) และการพิจารณาปัญหาในการหาค่าน้อยสุด (Minimization problem) [8]

Objective function $y^T b = y_1 b_1 \times y_2 b_2 \times \ldots y_m b_m$

ที่สอดคล้องกับ constraints

$$y_1 a_{11} + y_2 a_{21} + \ldots + y_m a_{m1} \geq c_1$$
$$y_1 a_{12} + y_2 a_{22} + \ldots + y_m a_{m2} \geq c_2$$
$$\vdots$$
$$y_1 a_{1n} + y_2 a_{2n} + \ldots + y_m a_{mn} \geq c_n$$
$$y_i \geq 0, \quad i = 1,2,\ldots,n$$

2.5 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เพื่อเป็นการหาแนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณและหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณเลซิติน จึงได้ศึกษาหาแนวทางจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน โดยมีดังนี้

2.5.1 กำหนดการเชิงเส้นและไม่เชิงเส้น (Linear and Nonlinear Programming)

H. Haslenda และคณะ (2011) งานวิจัยฉบับนี้ใช้กำหนดการเชิงเส้นผสมจำนวนเต็มหาความเหมาะสมโดยจะนำผลพลอยได้จากกระบวนการการกลั่นน้ำมันปาล์มคือ Soapstock, Plam fatty acid distillate(PFAD) และ Spent bleaching earth(SBE) ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ คือ Animal feed, Biodisel, Lubricant และ Soap

โดยคำนึงถึงกำไรสูงสุดที่จะได้รับและผลพลอยได้จากกระบวนการการกลั่นน้ำมันปาล์มเป็นศูนย์ผลที่ได้กำไรสูงเป็น 182,893(Malaysian Ringgit/Month) และผลพลอยได้ที่ได้จากกระบวนการการกลั่นน้ำมันปาล์มเหลือเพียง PFAD(1865 กิโลกรัมจาก 4000 กิโลกรัม) และ Soapstock(220 กิโลกรัมจาก 1500 กิโลกรัม) ส่วน SBE ได้ใช้ทั้งหมด 3000 กิโลกรัม [9]

Egbua S.O และคณะ (2015) งานวิจัยฉบับนี้ได้ใช้กำหนดการเชิงเส้นหาค่าประมาณของปัจจัยต่างๆ ของกระบวนการที่ใช้ในการกลั่นน้ำมันปาล์ม(Plam oil) และน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดปาล์ม (Plam kernel oil) แบบวิธีการทางฟิสิกส์เช่น การกำจัดยางเหนียว การฟอกสี การกำจัดกลิ่น โดยหาค่าของกรดฟอสฟอริกที่เหมาะสมเพื่อให้มีฟอสฟาไทด์ที่น้อยที่สุดในกระบวนการการกำจัดยางเหนียว

หาค่าของดินเหนียวอ่อนที่ต้องใช้ที่เหมาะสมเพื่อค่าสีแดงน้อยที่สุดในกระบวนการฟอกสี และค่าของอุณหภูมิและความดันที่เหมาะสมเพื่อให้มีกรดไขมันอิสระน้อยที่สุด [10]

2.5.2 วิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple Regression Analysis)

F. Aloui และคณะ (2015) งานวิจัยฉบับนี้ได้ศึกษาความเหมาะสมของอัตราส่วนของการรวมกันของสารอิมัลซิฟายเออร์ และเยื่อ โดยการวิจัยใช้สารอิมัลซิฟายเออร์มีเปอร์เซ็นต์ดังต่อไปนี้ 0.25, 1.25 และ2.25 เปอร์เซ็นต์ โดยที่เยื่อมีเปอร์เซ็นต์ดังต่อไปนี้ 0, 1 และ2 เปอร์เซ็นต์ โดยต้องการที่จะให้มีเปอร์เซ็นต์การนำกลับของเลซิติน, โมโนกลีเซอไรด์หนึ่ง และโมโนกลีเซอไรด์สองที่สูง โดยนำข้อมูลจากการทดลองมาวิเคราะห์ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ

ได้ผลว่าการละลายเข้ากันเป็นเนื้อเดียวกันคงที่และเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะที่มีเปอร์เซ็นต์สารอิมัลซิฟายเออร์ที่ 2.25 เปอร์เซ็นต์ แต่เปอร์เซ็นต์การนำกลับของเลซิติน, โมโนกลีเซอไรด์หนึ่ง และโมโนกลีเซอไรด์สอง ไม่แตกต่างกันเมื่อเทียบกับแบบการทดลองแต่เมื่อนำไปใช้ในอุตสาหกรรม การนำกลับของโมโนกลีเซอไรด์หนึ่งเพิ่มขึ้น 2.5 เปอร์เซ็นต์ [11]

Su Sin Chong และคณะ (2015) ได้ศึกษาเครื่องมือการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการออกแบบและวางแผนการจัดการการบำบัดน้ำเสีย โดยนำข้อมูลจากการทดลองวัดปริมาณสารเคมีที่ออกจากเส้นใยพลาสติกด้วยเครื่องวัดเซ็นเซอร์มาวิเคราะห์ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณและหาค่าคาดการณ์จากสมการที่ได้และนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการทดลอง

จากการศึกษาการวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณมีค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยเท่ากับ 0.06163 และมีค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจเท่ากับ 0.8713 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าจากการทดลอง [12]

Isik Yilmaz และคณะ (2011) ได้หาค่าคาดการณ์การบวมตัวของดินจากการนำข้อมูลขีดจำกัดการรับน้ำ, ค่าแอคติวิตี้ของดินและค่าความจุของการแลกเปลี่ยนแคทไอออนมาวิเคราะห์ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณมีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยเท่ากับ 1.36 และมีค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจเท่ากับ 0.922 เมื่อเปรียบเทียบกับการทดลอง [13]

Athanasia M. Goula และคณะ (2005) ศึกษาการย่อยสลายไลโคปีนในระหว่างขั้นตอนการอบแห้งเยื่อมะเขือเทศโดยวิธี spray drying และศึกษาผลกระทบของการอบแห้งต่อประมาณไลโคปีนของผงมะเขือเทศโดยกำหนดอัตราการไหลของขาเข้าคงที่ อุณหภูมิขาเข้า และความดันของอะตอมไมเซอร์ และอัตราการไหลของอากาศที่ถูกอัด อัตราการไหลของอากาศ และอุณหภูมิของอากาศขาเข้าโดยใช้การวิเคราะห์ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ เพื่อทำนายสมการปริมาณไลโคปีนในระหว่างกระบวนการ spray drying

พบว่าปริมาณไลโคปีนสูญเสียอยู่ระหว่าง 8.07 และ 20.93% ในระหว่างการอบแห้ง การสูญเสียที่พบจะได้รับอิทธิพลอุณหภูมิของอากาศขาเข้าและขาออกขนาดอนุภาคของผงมะเขือเทศ ซึ่งค่าที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอยให้ผลที่ดีกว่าการประมาณของการสูญเสียไลโคปีนในเนื้อเยื่อมะเขือเทศ ปริมาณไลโคปีนที่อยู่ในเยื่อมะเขือเทศแตกต่างกัน ความชื้นลดลงในช่วงความร้อนที่แตกต่างกัน พื้นที่ผิวขนาดใหญ่ที่สัมผัสกับอากาศส่งผลให้เกิดการสูญเสียไลโคปีนได้เร็วขึ้น [14]

2.5.3 การแยกเลซิติน (Separation of Lecithin)

P. Eshratabadi (2008) ทำการศึกษาผลกระทบของปัจจัยต่างๆ สกัดเลซิตินจากน้ำมันถั่วเหลืองดิบด้วยวิธีกระบวนการกำจัดยางเหนียวโดยการเติมน้ำ และกรดฟอสฟอริกโดยปริมาณที่เติมกรดฟอสฟอริก (0, 0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 2) เปอร์เซ็นต์น้ำที่เติม (0.5, 1, 2, 3, 4) เวลาในกระบวนการกำจัดยางเหนียว (5, 10, 20, 40, 60 นาที) อุณหภูมิที่ใช้กระบวนการกำจัดยางเหนียว (25, 50, 60, 75, 90 องศาเซลเซียส)

ผลที่ได้ในการทดลองที่ปริมาณน้ำ 3 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการกำจัดยางเหนียว 75 องศาเซลเซียส เวลาในกระบวนการ 20 นาที มีการนำกลับของฟอสฟาไทด์สูงที่สุดแต่ในการเติมกรดฟอสฟอริกจะทำให้การนำกลับของฟอสฟาไทด์น้อยลงแต่คุณภาพของเลซิตินดีขึ้น [4]

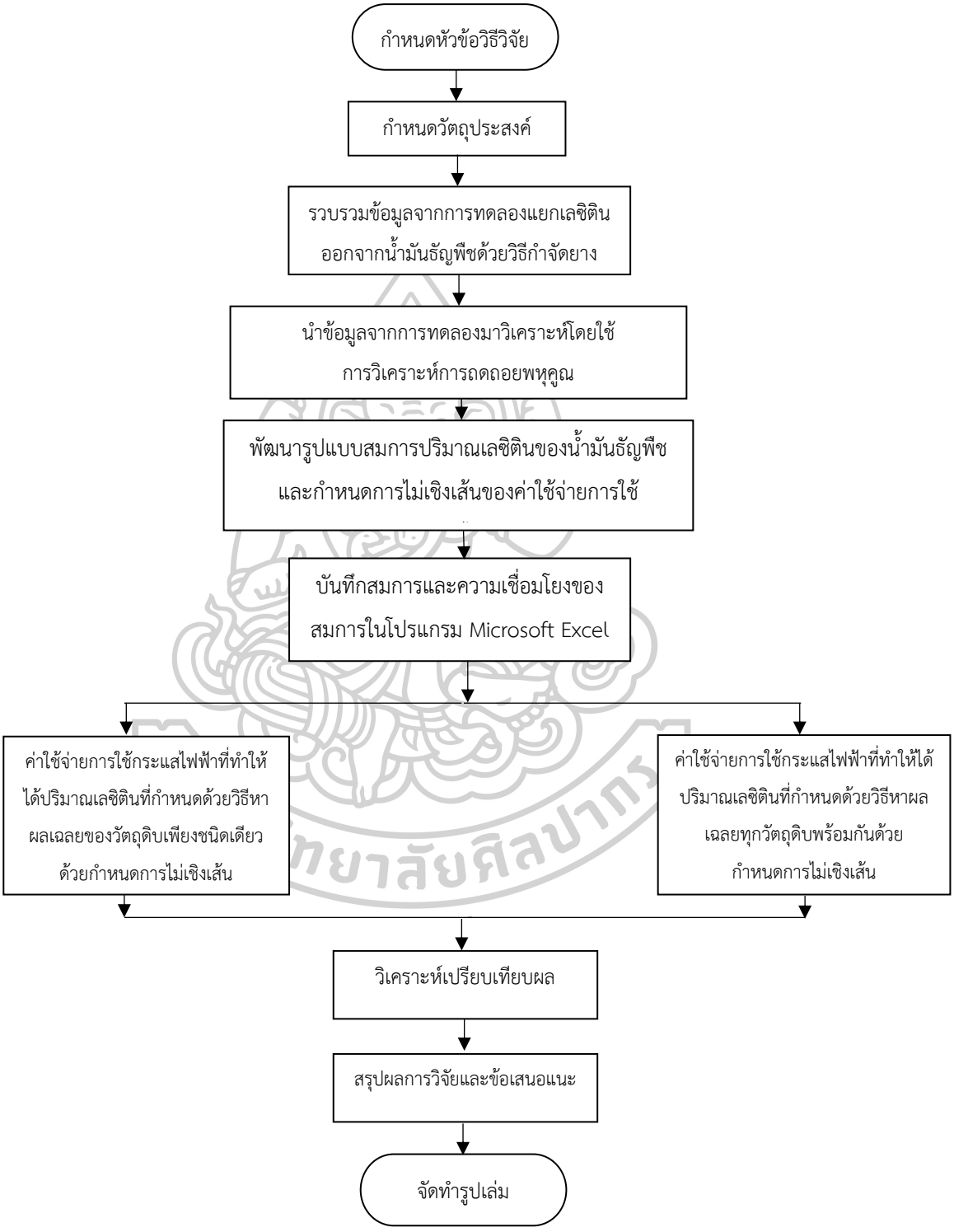
บทที่ 3
การดำเนินงานวิจัย

การศึกษาการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณและการหาค่าปัจจัยที่เหมาะสมที่ทำให้ได้ปริมาณเลซิตินที่กำหนดในต้นทุนที่น้อยสุดด้วยวิธีกำหนดการไม่เชิงเส้น (Nonlinear Programming) โดยคำนึงถึงค่าใช้จ่ายการใช้กระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิและเวลาในกระบวนการแยกเลซิตินออกจากน้ำมันธัญพืชด้วยวิธีกำจัดยางเหนียว โดยขั้นตอนในการศึกษาแสดงดังภาพที่ 2

3.1 รวบรวมและเตรียมข้อมูลที่ใช้ศึกษา

ข้อมูลที่ใช้ศึกษาประกอบไปด้วยข้อมูลจากการทดลองแยกเลซิตินออกจากน้ำมันธัญพืชด้วยวิธีกำจัดยางเหนียว โดยธัญพืชที่ใช้ศึกษาได้แก่ กระถิน, ถั่วเหลือง และลูกเดือย ซึ่งผลการทดลองเป็นไปตามตารางที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยศิลปากร



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ตารางที่ 1 ผลการทดลองแยกเลซิตินออกจากน้ำมันกระถินด้วยวิธีกำจัดยางเหนียว

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เปอร์เซ็นต์น้ำ	เวลา (นาที)	ปริมาณเลซิติน (มิลลิกรัม)
60	5	30	3.87
60	10	30	3.99
60	15	30	4.11
60	30	30	5.11
60	5	60	4.25
60	10	60	4.94
60	15	60	5.33
60	30	60	5.44
60	5	90	4.52
60	10	90	5.45
60	15	90	6.86
60	30	90	6.94
60	5	120	5.56
60	10	120	5.56
60	15	120	7.86
60	30	120	8.61
70	5	30	8.64
70	10	30	9.63
70	15	30	11.38
70	30	30	9.11
70	5	60	6.97
70	10	60	13.6
70	15	60	15.19
70	30	60	10.45
70	5	90	7.13
70	10	90	11.64

ตารางที่ 2 ผลการทดลองแยกเลซิตินออกจากน้ำมันกระถินด้วยวิธีกำจัดยางเหนียว (ต่อ)

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เปอร์เซ็นต์น้ำ	เวลา (นาที)	ปริมาณเลซิติน (มิลลิกรัม)
70	15	90	12.63
70	30	90	13.38
70	5	120	7.97
70	10	120	12.08
70	15	120	13.36
70	30	120	13.92
80	5	30	8.18
80	10	30	9.49
80	15	30	13.83
80	30	30	14.16
80	5	60	8.39
80	10	60	10.54
80	15	60	14.17
80	30	60	14.83
80	5	90	8.74
80	10	90	11.56
80	15	90	14.92
80	30	90	15.36
80	5	120	9.21
80	10	120	12.36
80	15	120	15.43
80	30	120	15.94
90	5	30	9.11
90	10	30	13.33
90	15	30	14.11
90	30	30	15.33
90	5	60	12.56
90	10	60	15.86
90	15	60	16.6

ตารางที่ 3 ผลการทดลองแยกเลซิตินออกจากน้ำมันกระถินด้วยวิธีกำจัดยางเหนียว (ต่อ)

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เปอร์เซ็นต์น้ำ	เวลา (นาที)	ปริมาณเลซิติน (มิลลิกรัม)
90	30	60	17.68
90	5	90	15.72
90	10	90	17.71
90	15	90	18.17
90	30	90	19.5
90	5	120	16.24
90	10	120	18.5
90	15	120	22.63
90	30	120	24.09

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 4 ผลการทดลองแยกเลซิตินออกจากน้ำมันถั่วเหลืองด้วยวิธีกำจัดยางเหนียว

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เปอร์เซ็นต์น้ำ	เวลา (นาที)	ปริมาณเลซิติน (มิลลิกรัม)
60	5	30	2.05
60	10	30	2.32
60	15	30	2.76
60	30	30	3.54
60	5	60	2.79
60	10	60	2.99
60	15	60	3.05
60	30	60	3.6
60	5	90	3.57
60	10	90	3.87
60	15	90	4.1
60	30	90	4.14
60	5	120	3.6
60	10	120	4.15
60	15	120	4.29
60	30	120	5.7
70	5	30	3.9
70	10	30	6.47
70	15	30	10.8
70	30	30	11.48
70	5	60	4.77
70	10	60	10.64
70	15	60	10.97

ตารางที่ 5 ผลการทดลองแยกเลซิตินออกจากน้ำมันถั่วเหลืองด้วยวิธีกำจัดยางเหนียว (ต่อ)

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เปอร์เซ็นต์น้ำ	เวลา (นาที)	ปริมาณเลซิติน (มิลลิกรัม)
70	30	60	11.69
70	5	90	5.03
70	10	90	11.14
70	15	90	11.55
70	30	90	12.87
70	5	120	5.77
70	10	120	11.46
70	15	120	11.8
70	30	120	13.86
80	5	30	6.16
80	10	30	11.05
80	15	30	12.47
80	30	30	14.22
80	5	60	6.35
80	10	60	11.23
80	15	60	12
80	30	60	14.79
80	5	90	6.79
80	10	90	11.59
80	15	90	12.77
80	30	90	15.23
80	5	120	7.04
80	10	120	12.11
80	15	120	13.87
80	30	120	15.58
90	5	30	3.83
90	10	30	9.84
90	15	30	13.19

ตารางที่ 6 ผลการทดลองแยกเลซิตินออกจากน้ำมันถั่วเหลืองด้วยวิธีกำจัดยางเหนียว (ต่อ)

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เปอร์เซ็นต์น้ำ	เวลา (นาที)	ปริมาณเลซิติน (มิลลิกรัม)
90	30	30	15.65
90	5	60	7.56
90	10	60	11.7
90	15	60	13.55
90	30	60	15.69
90	5	90	10.49

ตารางที่ 7 ผลการทดลองแยกเลซิตินออกจากน้ำมันลูกเดือยด้วยวิธีกำจัดยางเหนียว

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เปอร์เซ็นต์น้ำ	เวลา (นาที)	ปริมาณเลซิติน (มิลลิกรัม)
60	5	30	2.02
60	10	30	2.13
60	15	30	2.14
60	30	30	3.02
60	5	60	2.51
60	10	60	3.22
60	15	60	3.02
60	30	60	3.52
60	5	90	2.83
60	10	90	4
60	15	90	4.07
60	30	90	4.01
60	5	120	3.03
60	10	120	4.49
60	15	120	4.23
60	30	120	5.58
70	5	30	3.06
70	10	30	5.45
70	15	30	5.01

ตารางที่ 8 ผลการทดลองแยกเลซิตินออกจากน้ำมันลูกเดือยด้วยวิธีกำจัดยางเหนียว (ต่อ)

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เปอร์เซ็นต์น้ำ	เวลา (นาที)	ปริมาณเลซิติน (มิลลิกรัม)
70	30	30	5.46
70	5	60	3.42
70	10	60	6.86
70	15	60	10.19
70	30	60	10.31
70	5	90	4.64
70	10	90	5.37
70	15	90	10.62
70	30	90	11.4
70	5	120	5.13
70	10	120	6.93
70	15	120	11.33
70	30	120	11.63
80	5	30	3.87
80	10	30	6.26
80	15	30	9.86
80	30	30	9.52
80	5	60	5.76
80	10	60	6.32
80	15	60	10.03
80	30	60	9.77
80	5	90	6.11
80	10	90	6.63

ตารางที่ 9 ผลการทดลองแยกเลซิตินออกจากน้ำมันลูกเดือยด้วยวิธีกำจัดยางเหนียว (ต่อ)

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เปอร์เซ็นต์น้ำ	เวลา (นาที)	ปริมาณเลซิติน (มิลลิกรัม)
80	15	90	10.37
80	30	90	10.2
80	5	120	6.72
80	10	120	6.8
80	15	120	11.42
80	30	120	11.04
90	5	30	2.55
90	10	30	6.79
90	15	30	10.06
90	30	30	11.38
90	5	60	5.49
90	10	60	6.57
90	15	60	10.49
90	30	60	11.14
90	5	90	5.12
90	10	90	6.48
90	15	90	12.06
90	30	90	12.59
90	5	120	7.33
90	10	120	7.56
90	15	120	13.49
90	30	120	14.18

3.2 วิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองด้วยวิธีวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ

จากข้อมูลการทดลองแยกเลซิตินจากน้ำมันธัญพืชทั้งสามชนิดด้วยวิธีกำจัดยางเหนียวนำมาวิเคราะห์โดยใช้วิธีวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณด้วยโปรมแกรม Minitab ซึ่งจะได้รูปแบบสมการปริมาณเลซิตินของน้ำมันธัญพืชทั้ง 3 ชนิด ดังนี้

สมการปริมาณเลซิตินของน้ำมันกระถิน

ปริมาณเลซิติน = -19.9 + 0.3477อุณหภูมิ + 0.16เปอร์เซ็นต์น้ำ + 0.03776เวลา

สมการปริมาณเลซิตินของน้ำมันถั่วเหลือง

ปริมาณเลซิติน = -18.26 + 0.297อุณหภูมิ + 0.215เปอร์เซ็นต์น้ำ + 0.0283เวลา

สมการปริมาณเลซิตินของน้ำมันลูกเดือย

ปริมาณเลซิติน = -11.11 + 0.1764อุณหภูมิ + 0.1814เปอร์เซ็นต์น้ำ + 0.02809เวลา

หลังจากได้รูปแบบสมการปริมาณเลซิตินของธัญพืชทั้ง 3 ชนิด แล้วนั้น ทำการคัดเลือกตัวแปรที่อยู่ในรูปแบบสมการปริมาณเลซิตินของน้ำมันธัญพืชทั้ง 3 ชนิด โดยใช้วิธีการเลือกตัวแปรด้วยวิธีเพิ่มตัวแปร วิธีการเลือกตัวแปรโดยวิธีลดตัวแปร และวิธีการเลือกตัวแปรโดยวิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน

ผลการดำเนินการคัดเลือกตัวแปรไม่มีการตัดตัวแปรใด ดังนั้นจึงใช้สมการเต็มรูปแบบที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณของผลการทดลองแยกเลซิตินจากน้ำมันธัญพืชด้วยวิธีกำจัดยางเหนียว

3.3 พัฒนากำหนดการไม่เชิงเส้นเพื่อหาค่าปัจจัยที่เหมาะสม

การรวบรวมข้อมูลทั้งหมดและนำมาวิเคราะห์ด้วยวิธีวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ เพื่อสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์ โดยมีสมการวัตถุประสงค์ (Objective Function) และสมการข้อจำกัด (Constraints) เป็นองค์ประกอบ โดยที่

j คือ ลำดับของธัญพืช

i คือ ชนิดของธัญพืช

ตัวแปรเสริม (Parameter)

β_{ji} คือ Coefficient ลำดับที่ j ของธัญพืช i

Q_i คือ ปริมาณเลซิตินจากธัญพืช i

LT คือ อุณหภูมิต่ำที่สุดในกระบวนการกำจัดยางเหนียว

LW คือ ปริมาณน้ำที่เติมน้อยที่สุดในกระบวนการกำจัดยางเหนียว

LP คือ เวลาที่น้อยสุดในกระบวนการกำจัดยางเหนียว

UT คือ อุณหภูมิสูงที่สุดในกระบวนการกำจัดยางเหนียว

UW คือ ปริมาณน้ำที่เติมมากที่สุดในกระบวนการกำจัดยางเหนียว

UP คือ เวลาที่มากสุดในกระบวนการกำจัดยางเหนียว

M คือ อัตราค่าไฟที่ทำให้หม้อต้มมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส (0.468 บาทต่อการเพิ่มอุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส)

N คือ ปริมาณเลซิตินที่ต้องการ

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision variable)

C_i คือ สถานะการใช้น้ำมันธัญพืชแต่ละชนิด

T_i คือ อุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการกำจัดยางเหนียว

W_i คือ ปริมาณเปอร์เซ็นต์น้ำที่ใช้ในกระบวนการกำจัดยางเหนียว

P_i คือ เวลาที่ใช้ในกระบวนการกำจัดยางเหนียว

สมการวัตถุประสงค์ (Objective Function) เป้าหมายคือค่าใช้จ่ายในการใช้กระแสไฟฟ้าน้อยที่สุดตามสมการที่ (1)

$$\text{Minimize } z = \sum_{i=1}^{3} M \times T_i \times P_i \quad (1)$$

สมการข้อจำกัด (Constraints) เป็นสมการที่ใช้กำหนดเพื่อให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่เหมาะสมในการแยกเลซิติน

ก. ปริมาณเลซิตินจากธัญพืชต้องมากกว่าหรือเท่ากับปริมาณเลซิตินที่ต้องการตามสมการที่ (2)

$$\sum_{i=1}^{3} Q_i \geq N \quad (2)$$

ข. รูปแบบทางสมการคณิตศาสตร์ปริมาณเลซิตินของน้ำมันธัญพืชแต่ละชนิดที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณตามสมการที่ (3)

$$\beta_{0i}C_i + \beta_{1i}T_i + \beta_{2i}W_i + \beta_{3i}P_i = Q_i \text{ (i = 1,2,3)} \quad (3)$$

ค. อุณหูมิที่ใช้ในกระบวนการเป็นไปตามสมการที่ (4)

$$LT \times C_i \leq T_i \leq UT \times C_i \text{ (i = 1,2,3)} \quad (4)$$

ง. เปอร์เซ็นต์น้ำที่ใช้ในกระบวนการเป็นไปตามสมการที่ (5)

$$LW \times C_i \leq W_i \leq UW \times C_i \text{ (i = 1,2,3)} \quad (5)$$

จ. เวลาที่ใช้ในกระบวนการเป็นไปตามสมการที่ (6)

$$LP \times C_i \leq P_i \leq UP \times C_i \text{ (i = 1,2,3)} \quad (6)$$

ฉ. การใช้น้ำมันธัญพืชแต่ละชนิดโดยจะแสดงตัวเลข 0 หรือ 1 ตามสมการที่ (7)

$$C_i \in \text{(i = 1,2,3)} \quad (7)$$

จากสมการเป้าหมาย (Objective Function) และ สมการข้อจำกัด (Constraint) ทั้งหมด บันทึกลงในโปรมแกรม Microsoft Excel Worksheet และ Add in Solver เพื่อหาค่าใช้จ่ายในการใช้กระแสไฟฟ้าน้อยที่สุดในการหาปริมาณเลซิตินตามที่กำหนด

3.4 การบันทึกสมการและความเชื่อมโยงของสมการในโปรแกรม Microsoft Excel

การบันทึกสมการลงในโปรแกรม Microsoft Excel Worksheet และการเชื่อมโยงแต่ละสมการ เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าปัจจัยที่เหมาะสมและค่าใช้จ่ายการใช้กระแสไฟฟ้าโดยมีขั้นตอนต่อไปนี้

3.4.1 ป้อนข้อมูลลงใน Microsoft Excel Worksheet

ป้อนค่าสัมประสิทธิ์ของสมการปริมาณเลซิตินของน้ำมันธัญพืชทั้ง 3 ชนิด ซึ่งได้จากการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณลงในเซลล์ B7:E9 และป้อนค่าสูงสุดและต่ำสุดของ อุณหภูมิ เปอร์เซ็นต์น้ำ และเวลาในกระบวนการลงในเซลล์ C11:E12 ดังภาพที่ 3

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1			Temp(T)	Water(W)	Time choose(P)	C(i)				
2		กระถิน								
3		ถั่วเหลือง								
4		ลูกเดือย								
5	parameter									
6		B0	B1	B2	B3					
7	กระถิน	-19.9	0.3477	0.16	0.03776					
8	ถั่วเหลือง	-18.26	0.297	0.215	0.0283					
9	ลูกเดือย	-11.11	0.1764	0.1814	0.02809					
10										
11		LL	60	5	30					
12		UL	90	30	120					
13										
14										

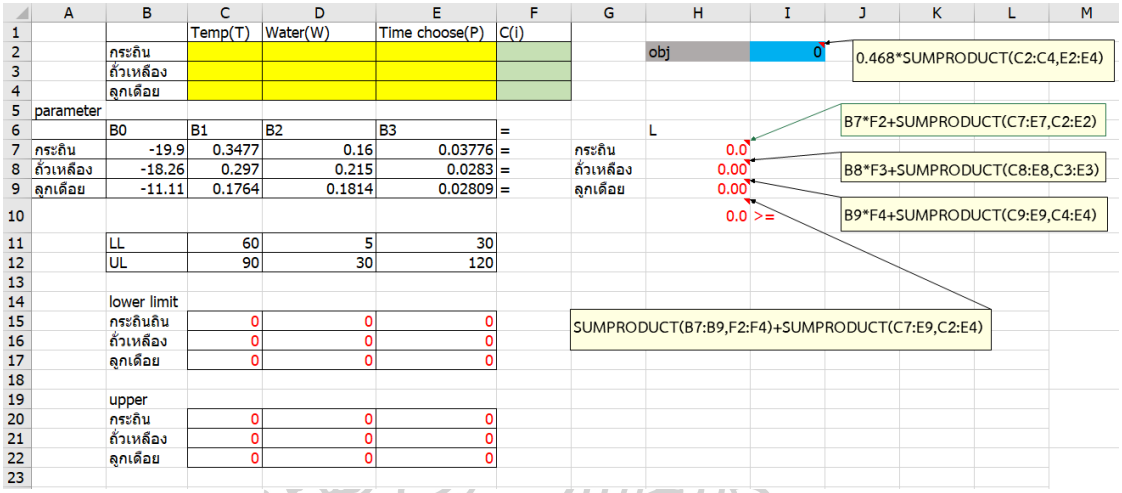
สัมประสิทธิ์ของสมการปริมาณเลซิตินของน้ำมันธัญพืชทั้ง 3 ชนิด

ค่าสูงสุดและต่ำสุดของ อุณหภูมิ เปอร์เซ็นต์น้ำ และ เวลาในกระบวนการ

ภาพที่ 3 ป้อนค่าสัมประสิทธิ์ของสมการปริมาณเลซิตินและค่าสูงสุดต่ำสุดของ อุณหภูมิ เปอร์เซ็นต์น้ำ และเวลาในกระบวนการ

3.4.2 บันทึกสมการลงใน Microsoft Excel Worksheet

นำสมการป้อนลงในเซลล์เพื่อให้โปรแกรมคำนวณค่าเพื่อมาแสดงดังนี้ สมการที่ 1 ใส่ในเซลล์ I2, สมการที่ 2 ใส่ในเซลล์ H2 และสมการที่ 3 ใส่ในเซลล์ H7-H9 ดังภาพที่ 4



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1			Temp(T)	Water(W)	Time choose(P)	C(i)							
2		กระถิน						obj	0				
3		ถั่วเหลือง											
4		ลูกเดือย											
5	parameter												
6		B0	B1	B2	B3	=		L					
7	กระถิน	-19.9	0.3477	0.16	0.03776	=	กระถิน	0.0					
8	ถั่วเหลือง	-18.26	0.297	0.215	0.0283	=	ถั่วเหลือง	0.00					
9	ลูกเดือย	-11.11	0.1764	0.1814	0.02809	=	ลูกเดือย	0.00					
10								0.0	>=				
11		LL	60	5	30								
12		UL	90	30	120								
13													
14		lower limit											
15		กระถินถิน	0	0	0								
16		ถั่วเหลือง	0	0	0								
17		ลูกเดือย	0	0	0								
18													
19		upper											
20		กระถิน	0	0	0								
21		ถั่วเหลือง	0	0	0								
22		ลูกเดือย	0	0	0								
23													

ภาพที่ 4 สมการในการคำนวน

3.5 ค่าใช้จ่ายการใช้กระแสไฟฟ้าที่ทำให้ได้ปริมาณเลซิตินที่กำหนด

โดยค่าใช้จ่ายการใช้กระแสไฟฟ้าที่ทำให้ได้ปริมาณเลซิตินที่กำหนดมาจาก 2 วิธี ด้วยกันดังนี้

3.5.1 วิธีหาผลเฉลยของวัตถุดิบเพียงชนิดเดียวด้วยกำหนดการไม่เชิงเส้น

โดยวิธีนี้มีหลักการคือเลือกใช้น้ำมันธัญพืชที่แยกได้ปริมาณเลซิตินที่มากที่สุดเพื่อทำให้ปริมาณเลซิตินได้เท่ากับปริมาณเลซิตินที่กำหนดไว้ แต่ถ้าปริมาณเลซิตินยังไม่เท่ากับปริมาณเลซิตินที่กำหนด โดยน้ำมันธัญพืชชนิดนั้นถึงขีดข้อจำกัดแล้วก็จะทำการเลือกใช้น้ำมันธัญพืชที่แยกได้ปริมาณเลซิตินรองลงมาจนปริมาณเลซิตินเท่ากับปริมาณเลซิตินที่กำหนดไว้ ดังภาพที่ 5

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1			Temp(T)	Water(W)	Time choose(P)	C(i)				
2		กระถิน	69	30	30	1		obj	968.76	
3		ถั่วเหลือง	0	0	0	0				
4		ลูกเดือย	0	0	0	0				
5	parameter									
6		B0	B1	B2	B3	=		L		
7	กระถิน	-19.9	0.3477	0.16	0.03776	=	กระถิน	10.0		
8	ถั่วเหลือง	-18.26	0.297	0.215	0.0283	=	ถั่วเหลือง	0.00		
9	ลูกเดือย	-11.11	0.1764	0.1814	0.02809	=	ลูกเดือย	0.00		
10								10.0	>=	10
11		LL	60	5	30					
12		UL	90	30	120					
13										
14		lower limit								
15		กระถินถิน	60	5	30					
16		ถั่วเหลือง	0	0	0					
17		ลูกเดือย	0	0	0					
18										
19		upper								
20		กระถิน	90	30	120					
21		ถั่วเหลือง	0	0	0					
22		ลูกเดือย	0	0	0					

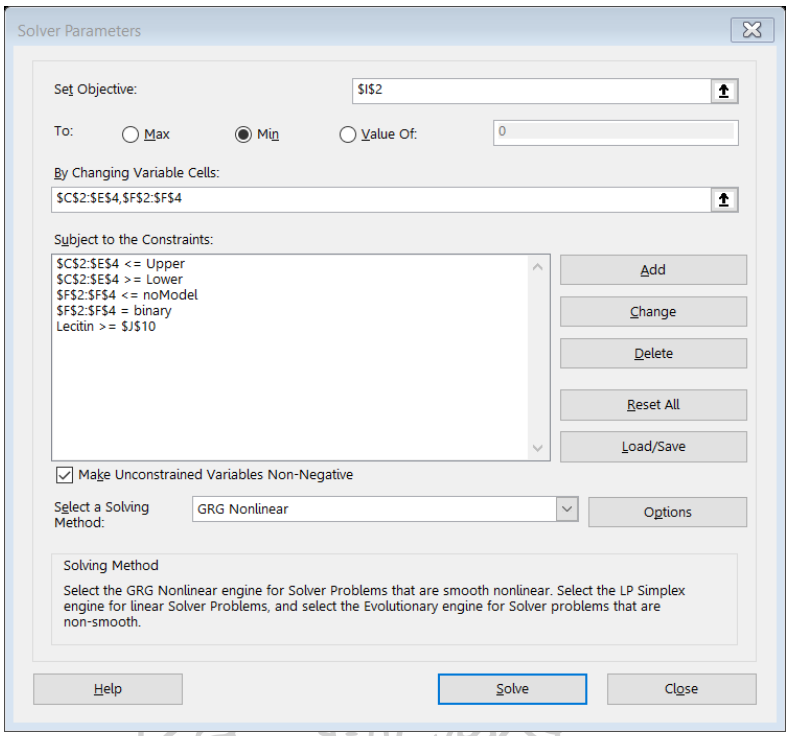
ภาพที่ 5 วิธีหาผลเฉลยของวัตถุดิบเพียงชนิดเดียวด้วยกำหนดการไม่เชิงเส้นโดยกำหนดปริมาณเลซิตินที่ 10 มิลลิกรัม

จากการดำเนินการน้ำมันกระถินให้ปริมาณเลซิตินที่มากที่สุด ดังนั้นจึงเลือกใช้น้ำมันกระถินเป็นอันดับแรกและรองลงมาเป็นน้ำมันถั่วเหลือง, น้ำมันลูกเดือย ตามลำดับ จนปริมาณเลซิตินเท่ากับปริมาณเลซิตินที่กำหนดไว้

3.5.2 วิธีหาผลเฉลยทุกวัตถุดิบพร้อมกันด้วยกำหนดการไม่เชิงเส้น

วิธีหาผลเฉลยทุกวัตถุดิบพร้อมกันด้วยกำหนดการไม่เชิงเส้นนี้จะใช้ Add in Solve ของโปรมแกรม Microsoft Excel ในการช่วยคำนวณหาค่าปัจจัยและค่าใช้จ่ายการใช้กระแสไฟฟ้าที่ทำให้ได้ปริมาณเลซิตินที่กำหนดไว้

โดยเปิด Add in Solve ของโปรแกรม Microsoft Excel Worksheet ขึ้นมาและป้อนสมการข้อจำกัดและสมการเป้าหมาย โดยสมการข้อจำกัดจะเป็นสมการที่ 2-7 และกำหนดตัวแปลตัดสินใจ C2-F4 (Variable Cell) ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 สมการเป้าหมายและสมการข้อจำกัด

เมื่อกรอกข้อมูลครบถ้วนแล้วและต้องการให้คำนวณผลลัพธ์ให้กดที่ Solve โปรแกรมจะคำนวณแสดงผลลัพธ์ของตัวแปรตัดสินใจที่ได้ในตารางช่องสีเหลืองซึ่งกำหนดไว้เป็น Variable cell แสดงดังภาพที่ 7

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1			Temp(T)	Water(W)	Time choose(P)	C(i)				
2		กระถิน	68.93069	30	30	1		obj	967.7868	
3		ถั่วเหลือง	0	0	0	0				
4		ลูกเดือย	0	0	0	0				
5	parameter									
6		B0	B1	B2	B3	=		L		
7	กระถิน	-19.9	0.3477	0.16	0.03776	=	กระถิน	10.0		
8	ถั่วเหลือง	-18.26	0.297	0.215	0.0283	=	ถั่วเหลือง	0.00		
9	ลูกเดือย	-11.11	0.1764	0.1814	0.02809	=	ลูกเดือย	0.00		
10								10.0	>=	10
11		LL	60	5	30					
12		UL	90	30	120					
13										
14		lower limit								
15		กระถินถิน	60	5	30					
16		ถั่วเหลือง	0	0	0					
17		ลูกเดือย	0	0	0					
18										
19		upper								
20		กระถิน	90	30	120					
21		ถั่วเหลือง	0	0	0					
22		ลูกเดือย	0	0	0					
23										

ภาพที่ 7 วิธีหาผลเฉลยทุกวัตถุดิบพร้อมกันด้วยกำหนดการไม่เชิงเส้นโดยกำหนดปริมาณเลซิตินที่ 10 มิลลิกรัม

จากนั้นปรับเปลี่ยนค่าปริมาณเลซิตินที่กำหนดเป็น 10, 18, 26, 40 และ 49 มิลลิกรัม นำค่าใช้จ่ายการใช้กระแสไฟฟ้าและค่าของปัจจัยที่ทำให้ได้ปริมาณเลซิตินที่กำหนด จากหาผลเฉลยของวัตถุดิบเพียงชนิดเดียวด้วยกำหนดการไม่เชิงเส้นและหาผลเฉลยทุกวัตถุดิบพร้อมกันด้วยกำหนดการไม่เชิงเส้น เปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลของทั้งสองวิธีนี้ต่อไป

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ค่าใช้จ่ายการใช้กระแสไฟฟ้าและค่าของปัจจัยที่ทำให้ได้ปริมาณเลซิตินกำหนด

4.1.2 วิธีหาผลเฉลยของวัตถุดิบเพียงชนิดเดียวด้วยกำหนดการไม่เชิงเส้น

หลังจากดำเนินการเปลี่ยนค่าปริมาณเลซิตินที่กำหนดมีค่าเท่ากับ 10, 18, 26, 40 และ 49 มิลลิกรัม มีค่าใช้จ่ายการใช้กระแสไฟฟ้าและค่าของปัจจัยที่ทำให้ได้ปริมาณเลซิตินที่กำหนดโดยใช้วิธีหาผลเฉลยของวัตถุดิบเพียงชนิดเดียวด้วยกำหนดการไม่เชิงเส้น (วิธีที่ 1) ดังตารางที่ 10

โดยตารางที่ 10 จะพบว่ามี 8 คอลัมน์ ด้วยกันซึ่งแต่ละคอลัมน์มีความหมายดังนี้ คอลัมน์ที่ 1 คือปริมาณเลซิตินที่กำหนด คอลัมน์ที่ 2 คือ ชนิดของน้ำมันธัญพืช คอลัมน์ที่ 3 คือ อุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการกำจัดยางเหนียว คอลัมน์ที่ 4 คือ ปริมาณเปอร์เซ็นต์น้ำที่ใช้ในกระบวนการกำจัดยางเหนียว คอลัมน์ที่ 5 คือ เวลาที่ใช้ในกระบวนการกำจัดยางเหนียว คอลัมน์ที่ 6 คือ สถานะการใช้น้ำมันธัญพืชแต่ละชนิด คอลัมน์ที่ 7 คือ ปริมาณเลซิตินที่ได้จากกระบวนการกำจัดยางเหนียว คอลัมน์ที่ 8 คือ ค่าใช้จ่ายการใช้กระแสไฟฟ้า

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 10 ค่าใช้จ่ายการใช้กระแสไฟฟ้าและค่าของปัจจัยที่ทำให้ได้ปริมาณเลซิตินตามที่กำหนดไว้ด้วยวิธีหาผลเฉลยของวัตถุดิบเพียงชนิดเดียวด้วยกำหนดการไม่เชิงเส้น

		Temp(T)	water(W)	time (P)	C(i)	L(Q)	Obj
P5(49)	กระถิน	90	30	120	1	20.7	14227.2
	ถั่วเหลือง	90	30	120	1	18.32	
	ลูกเดือย	88	15	100	1	9.94	
P4(40)	กระถิน	90	30	120	1	20.7	10530
	ถั่วเหลือง	90	30	110	1	18.03	
	ลูกเดือย	60	5	30	1	1.22	
P3(26)	กระถิน	90	30	120	1	20.7	5896.8
	ถั่วเหลือง	60	22.5	30	1	5.25	
	ลูกเดือย	0	0	0	0	0.00	
P2(18)	กระถิน	90	30	48	1	18.0	2021.76
	ถั่วเหลือง	0	0	0	0	0.00	
	ลูกเดือย	0	0	0	0	0.00	
P1(10)	กระถิน	69	30	30	1	10.0	968.76
	ถั่วเหลือง	0	0	0	0	0.00	
	ลูกเดือย	0	0	0	0	0.00	

มหาวิทยาลัยศิลปากร

4.1.2 วิธีหาผลเฉลยทุกวัตถุดิบพร้อมกันด้วยกำหนดการไม่เชิงเส้น

โดยค่าปริมาณเลซิตินที่กำหนดจะมีค่าเท่ากับ 10, 18, 26, 40 และ 49 วิธีหาผลเฉลยทุกวัตถุดิบพร้อมกันด้วยกำหนดการไม่เชิงเส้น (วิธีที่ 2) มีค่าใช้จ่ายการใช้กระแสไฟฟ้าและค่าปัจจัยที่ทำให้ได้ปริมาณเลซิตินที่กำหนดดังตารางที่ 11

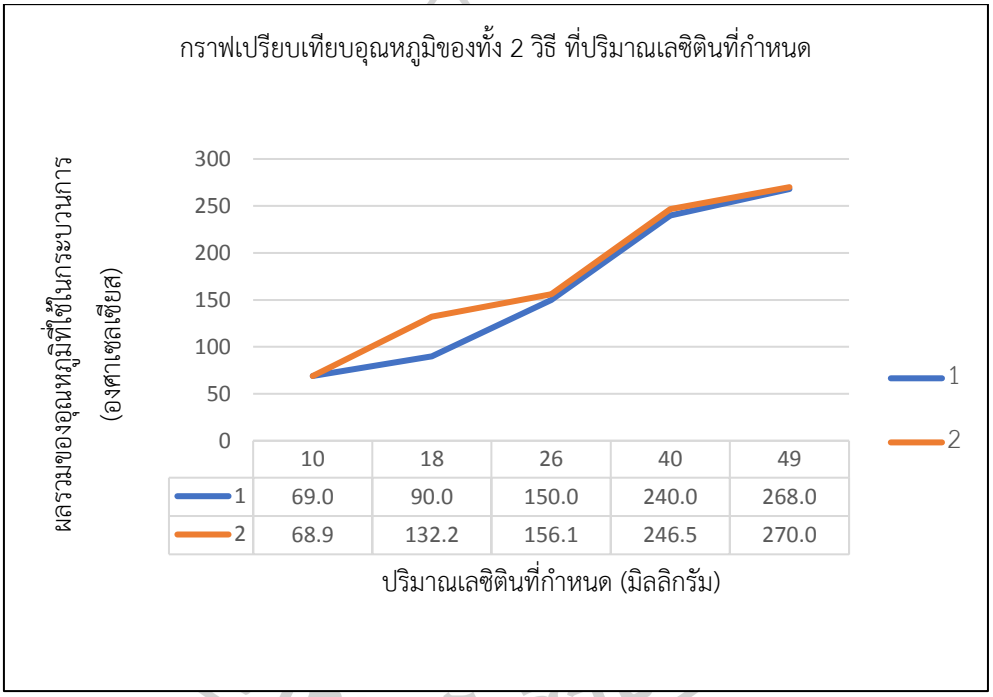
ตารางที่ 11 นั้น จะมี 8 คอลัมน์และความหมายของคอลัมน์เป็นเช่นเดียวกับตารางที่ 10

ตารางที่ 11 ค่าใช้จ่ายการใช้กระแสไฟฟ้าและค่าของปัจจัยที่ทำให้ได้ปริมาณเลซิตินตามที่กำหนดไว้ด้วยวิธีหาผลเฉลยทุกวัตถุดิบพร้อมกันด้วยกำหนดการไม่เชิงเส้น

		Temp(T)	water(W)	time (P)	C(i)	L(Q)	Obj
P5(49)	กระถิน	90	30	120	1	20.7	9748.77
	ถั่วเหลือง	90	30	81.45	1	17.23	
	ลูกเดือย	90	30	30	1	11.05	
P4(40)	กระถิน	90	30	30	1	17.3	3460.85
	ถั่วเหลือง	90	30	30	1	15.77	
	ลูกเดือย	66.50	30	30	1	6.91	
P3(26)	กระถิน	90	30	30	1	17.3	2191.81
	ถั่วเหลือง	66.11	30	30	1	8.67	
	ลูกเดือย	0	0	0	0	0.00	
P2(18)	กระถิน	72.21	30	30	1	11.1	1856.26
	ถั่วเหลือง	60	30	30	1	6.86	
	ลูกเดือย	0	0	0	0	0.00	
P1(10)	กระถิน	68.93	30	30	1	10.0	967.79
	ถั่วเหลือง	0	0	0	0	0.00	
	ลูกเดือย	0	0	0	0	0.00	

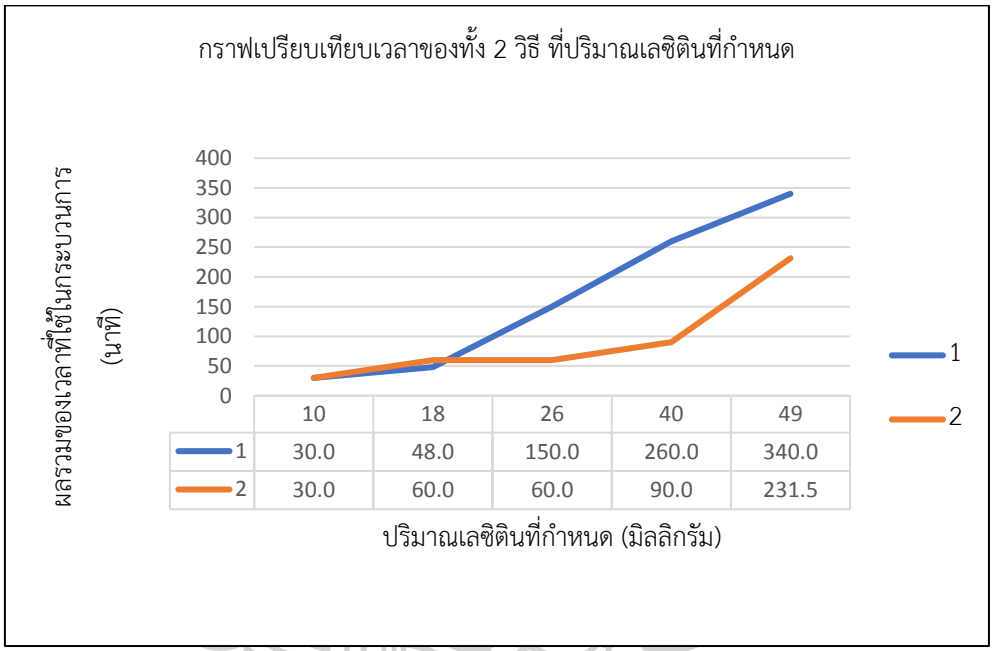
4.2 ค่าที่เหมาะสมของปัจจัยที่ทำให้ได้ปริมาณเลซิตินตามที่กำหนด

จากภาพที่ 8 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการของวิธีหาผลเฉลยของวัตถุดิบเพียงชนิดเดียวด้วยกำหนดการไม่เชิงเส้น (วิธีที่ 1) และวิธีหาผลเฉลยทุกวัตถุดิบพร้อมกันด้วยกำหนดการไม่เชิงเส้น (วิธีที่ 2) โดยแกนแนวตั้งเป็นผลรวมของอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการส่วนแกนแนวนอนเป็นปริมาณเลซิตินที่กำหนด



ภาพที่ 8 อุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการของทั้ง 2 วิธี

จากภาพที่ 9 กราฟเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในกระบวนการของวิธีหาผลเฉลยของวัตถุดิบเพียงชนิดเดียวด้วยกำหนดการไม่เชิงเส้น (วิธีที่ 1) และวิธีหาผลเฉลยทุกวัตถุดิบพร้อมกันด้วยกำหนดการไม่เชิงเส้น (วิธีที่ 2) โดยแกนแนวตั้งเป็นผลรวมของเวลาที่ใช้ในกระบวนการส่วนแกนแนวนอนเป็นปริมาณเลซิตินที่กำหนด



ภาพที่ 9 เวลาในกระบวนการของทั้ง 2 วิธี

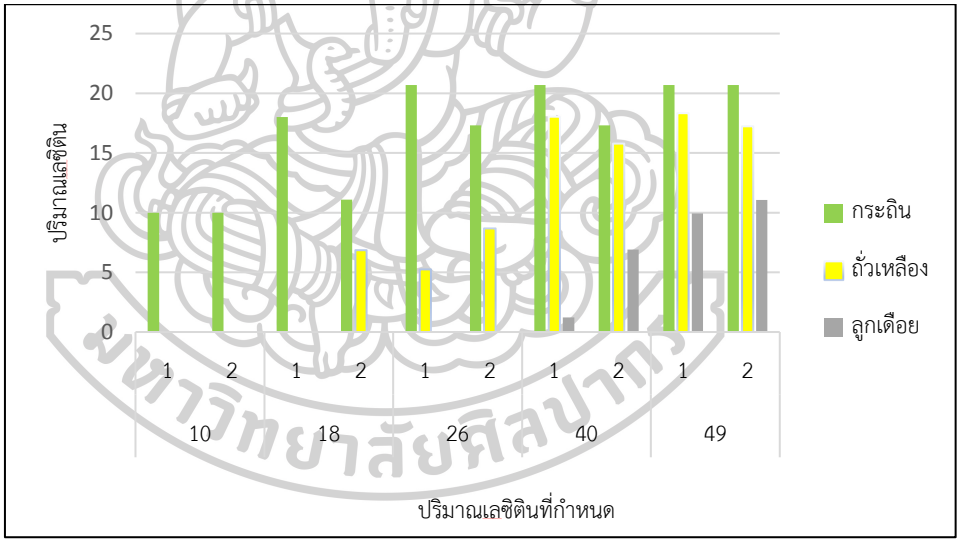
จากการเปลี่ยนค่าปริมาณเลซิตินที่กำหนด วิธีหาผลเฉลยของวัตถุดิบเพียงชนิดเดียวด้วยกำหนดการไม่เชิงเส้น (วิธีที่ 1) จะใช้อุณหภูมิที่น้อยและเวลาในกระบวนการที่มากเพื่อให้ได้ปริมาณเลซิตินตามที่กำหนด แต่วิธีหาผลเฉลยทุกวัตถุดิบพร้อมกันด้วยกำหนดการไม่เชิงเส้น (วิธีที่ 2) จะเพิ่มอุณหภูมิและลดเวลาในกระบวนการลง เมื่อปริมาณเลซิตินที่กำหนดมีค่าเพิ่มขึ้น ดังภาพที่ 8 และ 9

4.3 การเลือกใช้น้ำมันธัญพืชแต่ละชนิดเพื่อให้ได้ปริมาณเลซิตินที่กำหนด

จากข้อมูลการทดลองพบว่าน้ำมันธัญพืชที่มีปริมาณเลซิตินจากมากไปน้อยได้แก่ น้ำมันกระถิน น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันลูกเดือย ตามลำดับ แม้ว่าน้ำมันกระถินจะมีปริมาณเลซิตินที่สูง

ที่สุดในน้ำมันธัญพืชทั้ง 3 ชนิด แต่ก็ต้องใช้อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในกระบวนการมาก ซึ่งมีผลต่อค่าใช้จ่ายการใช้กระแสไฟฟ้า

โดยปริมาณเลซิตินที่ได้จากน้ำมันธัญพืชแต่ละชนิดจะแสดงดังภาพที่ 10 ซึ่งปริมาณเลซิตินที่ได้จากน้ำมันธัญพืชได้แก่ น้ำมันกระถิน น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันลูกเดือย สามารถสังเกตได้จากแกนแนวตั้ง ในส่วนของแกนแนวนอนจะเป็นวิธีที่ทำให้ได้ปริมาณเลซิตินที่กำหนด โดยวิธีที่ทำให้ได้ปริมาณเลซิตินที่กำหนดจะแบ่งได้ 2 วิธี วิธีที่ 1 คือ วิธีหาผลเฉลยของวัตถุดิบเพียงชนิดเดียวด้วยกำหนดการไม่เชิงเส้น วิธีที่ 2 คือ วิธีหาผลเฉลยทุกวัตถุดิบพร้อมกันด้วยกำหนดการไม่เชิงเส้น ซึ่งจะแสดงเป็นเลข 1 และ 2 โดยปริมาณเลซิตินที่กำหนดคือ 10, 18, 26, 40 และ 49 มิลลิกรัม ดังภาพที่ 10



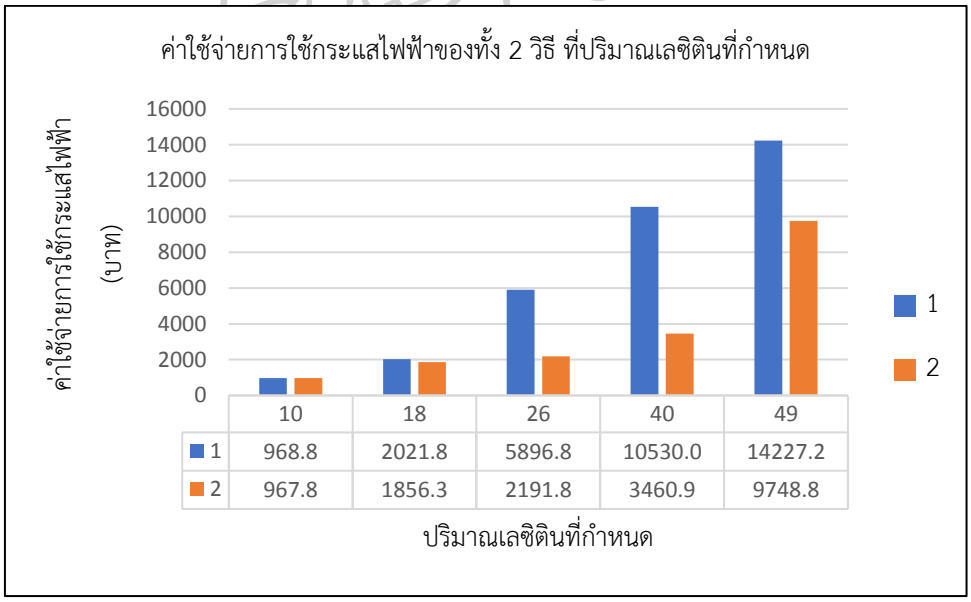
ภาพที่ 10 ปริมาณเลซิตินที่ได้จากน้ำมันธัญพืชแต่ละชนิด

จากภาพที่ 10 ปริมาณเลซิตินที่กำหนดเป็น 10 มิลลิกรัม จะพบว่าวิธีหาผลเฉลยของวัตถุดิบเพียงชนิดเดียวด้วยกำหนดการไม่เชิงเส้น (วิธีที่ 1) และวิธีหาผลเฉลยทุกวัตถุดิบพร้อมกันด้วยกำหนดการไม่เชิงเส้น (วิธีที่ 2) เลือกที่จะแยกเลซิตินจากน้ำมันกระถินเพียงชนิดเดียว แต่เมื่อปริมาณเลซิตินที่กำหนดเป็น 18 และ 26 มิลลิกรัม พบว่าวิธีที่ 2 ลดปริมาณเลซิตินที่ได้จากน้ำมัน

กระถินและเพิ่มปริมาณเลซิตินจากน้ำมันถั่วเหลืองแทน และที่ปริมาณเลซิตินที่กำหนดเป็น 40 และ 49 มิลลิกรัม พบว่าวิธีที่ 2 ลดปริมาณเลซิตินที่ได้จากน้ำมันถั่วเหลืองและเพิ่มปริมาณเลซิตินจากน้ำมันลูกเดือยแทน สังเกตได้ว่าการเลือกใช้น้ำมันธัญพืชที่มีปริมาณเลซิตินมากเพียงชนิดเดียวมีค่าใช้จ่ายการใช้กระแสไฟฟ้าที่สูง ซึ่งการเลือกใช้น้ำมันธัญพืชที่มีปริมาณเลซิตินที่รองลงมาของวิธีที่ 2 ทำให้มีค่าใช้จ่ายการใช้กระแสไฟฟ้าที่ลดลง

4.4 ค่าใช้จ่ายการใช้กระแสไฟฟ้าที่ทำให้ได้ปริมาณเลซิตินที่กำหนด

จากดังภาพที่ 11 แสดงการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายการใช้กระแสไฟฟ้าของวิธีหาผลเฉลยของวัตถุดิบเพียงชนิดเดียวด้วยกำหนดการไม่เชิงเส้น (วิธีที่ 1) และวิธีหาผลเฉลยทุกวัตถุดิบพร้อมกันด้วยกำหนดการไม่เชิงเส้น (วิธีที่ 2) โดยแกนแนวตั้งเป็นค่าใช้จ่ายการใช้กระแสไฟฟ้าส่วนแกนแนวนอนเป็นปริมาณเลซิตินที่กำหนด



	10	18	26	40	49
1	968.8	2021.8	5896.8	10530.0	14227.2
2	967.8	1856.3	2191.8	3460.9	9748.8

ภาพที่ 11 ค่าใช้จ่ายการใช้กระแสไฟฟ้าของทั้ง 2 วิธี

จากการเพิ่มปริมาณเลซิตินที่กำหนดพบว่าวิธีหาผลเฉลยทุกวัตถุดิบพร้อมกันด้วยกำหนดการไม่เชิงเส้น (วิธีที่ 2) มีปริมาณเลซิตินที่ได้จากน้ำมันกระถินน้อยลงและเพิ่มปริมาณเลซิตินที่ได้จากน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันลูกเดือย ซึ่งจะพบว่าการเลือกใช้น้ำมันธัญพืชที่มีปริมาณเลซิตินมากเพียง

ชนิดเดียวมีค่าใช้จ่ายการใช้กระแสไฟฟ้าสูง โดยวิธีที่ 2 ใช้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นและลดเวลาในกระบวนการลง จึงมีค่าใช้จ่ายการใช้กระแสไฟฟ้าลดลงเมื่อเทียบกับวิธีหาผลเฉลยของวัตถุดิบเพียงชนิดเดียวด้วยกำหนดการไม่เชิงเส้น (วิธีที่ 1) ดังภาพที่ 11

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลงานวิจัย

งานวิจัยนี้ นำเสนอการหาค่าปัจจัยที่เหมาะสมและค่าใช้จ่ายการใช้กระแสไฟฟ้าที่น้อยสุดที่ทำให้ได้ปริมาณเลซิตินตามที่กำหนด โดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณและกำหนดการไม่เชิงเส้น

โดยนำผลจากการทดลองการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณเลซิตินที่แยกด้วยกระบวนการกำจัดยางเหนียวจากน้ำมันธัญพืช วิเคราะห์ด้วยวิธีวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณเพื่อนำรูปแบบทางคณิตศาสตร์ปริมาณเลซิตินของน้ำมันธัญพืชทั้งสามชนิดที่ได้ไปศึกษาหาค่าปัจจัยที่เหมาะสมและค่าใช้จ่ายการใช้กระแสไฟฟ้าที่น้อยสุดตามปริมาณเลซิตินที่กำหนดด้วยกำหนดการไม่เชิงเส้น

จากการหาค่าปัจจัยที่เหมาะสมและค่าใช้จ่ายการใช้กระแสไฟฟ้าที่น้อยสุดโดยจะแบ่งออกเป็น 2 วิธี ได้แก่

1. วิธีหาผลเฉลยของวัตถุดิบเพียงชนิดเดียวด้วยกำหนดการไม่เชิงเส้น
2. วิธีหาผลเฉลยทุกวัตถุดิบพร้อมกันด้วยกำหนดการไม่เชิงเส้น

โดยเมื่อปริมาณเลซิตินที่กำหนดมีค่าเพิ่มขึ้นวิธีหาผลเฉลยทุกวัตถุดิบพร้อมกันด้วยกำหนดการไม่เชิงเส้นจะลดปริมาณเลซิตินที่ได้จากน้ำมันกระถินลงและเพิ่มปริมาณเลซิตินที่ได้จากน้ำมันถั่วเหลืองและลูกเดือยแทนเพื่อที่จะทำให้ได้ปริมาณเลซิตินเป็นไปตามที่กำหนด โดยอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการสูงขึ้นและลดเวลาในกระบวนการลง ซึ่งทำให้มีค่าใช้จ่ายการใช้กระแสไฟฟ้าลดลง เมื่อเทียบกับวิธีหาผลเฉลยของวัตถุดิบเพียงชนิดเดียวด้วยกำหนดการไม่เชิงเส้น จะเห็นได้ว่าเวลามีผลต่อค่าใช้จ่ายการใช้กระแสไฟฟ้ามากกว่าอุณหภูมิ

5.2 ข้อเสนอแนะ

การวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยวิธีวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ ซึ่งรูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์ของปริมาณเลซิตินที่ได้มีค่าใกล้เคียงของปริมาณเลซิตินจากผลการทดลองการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณเลซิตินที่แยกด้วยกระบวนการกำจัดยางเหนียวจากน้ำมันธัญพืชและการใช้กำหนดการไม่เชิงเส้นเพื่อหาค่าใช้จ่ายการใช้กระแสไฟฟ้าน้อยสุดนั้น มีค่าใช้จ่ายการใช้กระแสไฟฟ้าที่ลดลง

อย่างไรก็ตามการทำการทดลองแยกเลซิตินด้วยวิธีกำจัดยางเหนียวจากน้ำมันธัญพืชโดยค่าของปัจจัยที่ใช้นั้นได้จากการคำนวณของกำหนดการไม่เชิงเส้นและตรวจสอบปริมาณเลซิตินที่ได้จากการทดลองว่าคลาดเคลื่อนจากการคำนวณมากน้อยเพียงใด เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณซึ่งควรมีการศึกษาเรื่องดังกล่าวต่อไปในอนาคต

รายการอ้างอิง

1. สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์, สถิติสาธารณสุข. โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก, 2557.
2. Murray, M.T. and J.E. Pizzorno, *Encyclopedia of natural medicine*. 1998: Three Rivers Press.
3. Lininger, S.W. and J.V. Wright, *The natural pharmacy*. 1998: Prima Pub.
4. Eshratabadi, P., *Effect of different parameters on removal and quality of soybean lecithin.* Research Journal of Biological Sciences, 2008. 3(8): p. 874-879.
5. แสงรุ่ง, อ., การปรับปรุงน้ำมันเมล็ดยางพาราเพื่อเป็นเชื้อเพลิง. 2530, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. p. 11-12.
6. ชนะบุญ, ส., สถิติและการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยเบื้องต้น, สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดขอนแก่น, Editor. 2560.
7. บุตรแสนคม, ป., การคัดเลือกตัวแปรพยากรณ์เข้าในสมการถดถอยพหุคูณ. วารสารการวัดผลการศึกษา, 2555. 17(1).
8. Ptiwatthanont ปัญหาโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์.
9. Haslenda, H. and M. Jamaludin, *Industry to industry by-products exchange network towards zero waste in palm oil refining processes.* Resources, Conservation and Recycling, 2011. 55(7): p. 713-718.
10. Egbuna, S., A. Ujam, and D. Nwosu, *Linear Programming Approach for the Determination of the Optimal Process Parameters in the Physically Refined Vegetable Oils.*
11. Aloui, F., et al., *Optimization of oil retention in sesame based halva using emulsifiers and fibers: an industrial assay.* Journal of food science and technology, 2016. 53(3): p. 1540-1550.
12. Chong, S.S., et al., *Application of multiple linear regression, central composite design, and ANFIS models in dye concentration measurement and prediction using plastic optical fiber sensor.* Measurement, 2015. 74: p. 78-86.
13. Yilmaz, I. and O. Kaynar, *Multiple regression, ANN (RBF, MLP) and ANFIS models for prediction of swell potential of clayey soils.* Expert systems with applications, 2011. 38(5): p. 5958-5966.
14. Goula, A.M. and K.G. Adamopoulos, *Spray drying of tomato pulp in dehumidified air: II. The effect on powder properties.* Journal of food engineering, 2005. 66(1): p. 35-

42.

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นาย สิริภาคย์ บุญยนต์
วัน เดือน ปี เกิด	28 มกราคม 2536
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก
วุฒิการศึกษา	ระดับปริญญาตรี (พ.ศ.2554-2559) สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร ระดับปริญญาโท (พ.ศ.2560-2561) สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร
ที่อยู่ปัจจุบัน	777/37 ซ.3 หมู่บ้านพงศ์ผกา 2 ถนน มิตรภาพ 16 ต.อรัญญิก อ.เมือง จ. พิษณุโลก