การสกัดใยอาหารจากถั่วเหลืองด้วยกระบวนการไฮโดรไลซิสด้วยกรดเบสและกระบวนการไฮโดรเทอร์มอล

ศุภวัช ก้องไพรงาม

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

การสกัดใยอาหารจากถั่วเหลืองด้วยกระบวนการไฮโดรไลซิสด้วยกรดเบสและกระบวนการไฮโดรเทอร์มอล

ศุภวัช ก้องไพรงาม

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dietary fiber extraction from yellow soybean using acid–base hydrolysis and hydrothermal processes

SUPHAWACH KONGPRINGAM

A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR THE
DEGREE OF BECHELOR IN CHEMICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2018

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง การสกัดใยอาหารจากถั่วเหลือง ด้วยกระบวนการไฮโดรไลซิสด้วยกรดเบสและกระบวนการไฮโดรเทอร์มอล

โดย นายศุภวัช ก้องไพรงาม

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.พรสวรรค์ อัศวแสงรัตน์
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
ดร.พงษ์เสริฐ ศรีพรหม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี

คณะกรรมการตรวจสอบปริญญานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผศ.ดร.พรสวรรค์ อัศวแสงรัตน์)

.....กรรมการ
(ผศ.ดร.ธีรพร สุธีวงศ์)

.....กรรมการ
(ดร.ธัชนันต์ สมานมูลย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง การสกัดใยอาหารจากถั่วเหลือง ด้วยกระบวนการไฮโดรไลซิสด้วยกรดเบสและกระบวนการไฮโดรเทอร์มอล

โดย นายศุภวัช ก้องไพรงาม

ปริญญา วิศวกรรมศาสตบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี

ปีการศึกษา 2561

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.พรสวรรค์ อัศวแสงรัตน์

ดร.พงษ์เสริฐ ศรีพรหม

บทคัดย่อ

เส้นใยอาหารจากถั่วเหลืองถูกสกัดด้วยกระบวนการไฮโดรไลซิสด้วยกรดเบสและกระบวนการไฮโดรเทอร์มอล โดยทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อเส้นใยอาหารที่สกัดได้ ซึ่งกากถั่วเหลืองจะถูกวิเคราะห์หาองค์ประกอบด้วยวิธีการวิเคราะห์แบบประมาณค่า และเส้นใยอาหารที่ได้ถูกวิเคราะห์คุณภาพ ปริมาณผลได้ และสมบัติทางเคมีกายภาพ ด้วยวิธีตาม AOAC 991.43 โดยศึกษาสีของเส้นใยอาหาร สมบัติการดูดซับน้ำ ผลการหาองค์ประกอบของกากถั่วเหลือง พบว่า มีปริมาณเถ้า 2.57% โปรตีน 22.43% ไขมัน 4.08% ความชื้น 1.79% และ ปริมาณใยอาหาร 7.52% หลังจากทำการสกัดเส้นใยอาหาร จะได้เส้นใยอาหารที่ประกอบด้วยเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำและเส้นใยทั้งหมด ซึ่งผลการทดลองเห็นได้ชัดว่ากระบวนการไฮโดรไลซิสด้วยกรดเบสและกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลของกากถั่วเหลืองสามารถช่วยให้ได้ปริมาณเส้นใยอาหารเพิ่มขึ้น ซึ่งนำไปประยุกต์ใช้กับอาหารและขนมต่อไปได้ จากการวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติของแผนการทดลองแบบ Box-Behnken Design พบว่าปัจจัยทั้ง 3 ชนิด คือ อุณหภูมิ ความดัน และเวลา มีผลต่อผลผลิตของเส้นใยอาหารอย่างมีนัยสำคัญ (R^2 = 96.88%) สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเส้นใยอาหารด้วยเทคนิคไฮโดรเทอร์มอล คือ อุณหภูมิ 118 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ ระยะเวลา 11 นาที ได้ผลผลิตเส้นใยอาหาร 22.48% เมื่อนำเส้นใยอาหารที่สกัดได้ไปวิเคราะห์ค่าสี ได้ค่า L* (ดำถึงขาว) เท่ากับ 53.17 a* (เขียวถึงแดง) เท่ากับ 5.63 และ b* (น้ำเงินถึงเหลือง) เท่ากับ 14.74 และวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ พบว่า มีปริมาณน้ำอิสระ เท่ากับ 0.3032

คำสำคัญ เส้นใยอาหาร, เส้นใยอาหารละลายน้ำ, เส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำ, กากถั่วเหลือง, ไฮโดรเทอร์มอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Report Title	Dietary fiber extraction from yellow soybean using acid–base hydrolysis and hydrothermal processes
By	Mr. Suphawach Kongpringam
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Chemical Engineering
Year	2018
Advisor	Assist.Prof.Dr. Pornsawan Assawaseangrat
	Dr. Pongsert Sriprom

Abstract

Dietary fibres from yellow soybean were extracted by acid–base hydrolysis and hydrothermal processes. Factors affected to dietary fibres were studied. Yellow soybean compositions were analyzed by proximate analysis DFs were quantified, and their physicochemical properties were characterised by determining colour and water absorption following AOAC991.43 method. The results showed that yellow soybean composition was ash 2.57%, protein 22.43%, moisture 1.79%, Fat 4.08% and crude fibre 7.52%. After extraction, dietary fibre was including soluble dietary fibre, insoluble dietary fibre and total dietary fibre. The results clearly indicated that acid–base hydrolysis and hydrothermal processes in yellow soybean could significantly boost total dietary fibre content, which has potential application in food and snacks. Based on the statistical analysis of the experimental results of the Box-Behnken design, it was found 3 significantly factors affected the yield of dietary fiber (R^2 = 96.88%). The dietary fiber with hydrothermal technique at 118°c, 15 lbs pressure for 11 minutes get 22.48% of fiber yield. The color value can be analyzed to L *=53.17, a*=5.63 and b*=14.74 and the amount of free water is 0.3032.

Keyword : dietary fibre, soluble dietary fibre, insoluble dietary fibre, yellow soybean, hydrothermal

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จากผู้มีอุปการะคุณหลายท่าน ดังนี้

ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ที่ปรึกษาของโครงงานพิเศษ ผศ.ดร.พรสวรรค์ อัศวแสงรัตน์ อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่กรุณาคอยให้คำปรึกษา แก้ไขปัญหาต่าง ๆ ตลอดจนคอยช่วยให้คำชี้แนะแนวทาง หลักการและวิธีการต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างสูง จนทำให้โครงงานพิเศษเล่มนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ ดร.พงษ์เสริฐ ศรีพรหม ที่ให้ความรู้ ตลอดจนคอยช่วยให้คำชี้แนะแนวทาง หลักการและวิธีการต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างสูง จนทำให้โครงงานพิเศษเล่มนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเคมี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความรู้ในทุกๆราชวิชาที่ศึกษา อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำงานวิจัยให้สำเร็จลุล่วง

ขอขอบคุณ นายภานุวัฒน์ ภักดีโชติ เจ้าหน้าที่ประจำศูนย์เครื่องมือ ประจำภาควิชาวิศวกรรมเคมี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์ผลโครงงานนี้

ขอขอบคุณบิดา มารดา และเพื่อน ๆ ที่ได้ให้กำลังใจและเป็นแรงผลักดันในการทำโครงงานพิเศษนี้เสมอมา

ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อท่านผู้อ่านไม่ว่ามากหรือน้อยเพียงใด ผู้จัดทำขอยกความดีความชอบนี้ให้แก่คณาจารย์ทุกท่านที่คอยดูแลช่วยเหลือจนปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี หากเกิดความผิดพลาดประการใดผู้จัดทำต้องขออภัยมา ณ ที่นี้

ศุภวัช ก้องไพรงาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II
กิตติกรรมประกาศ.....III
สารบัญ.....IV
สารบัญตาราง.....VII
สารบัญรูป.....VIII
บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....2
1.3 ขอบเขตงานวิจัย.....2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย.....2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....3
2.1 ถั่วเหลือง.....3
2.2 กากถั่วเหลือง.....4
2.3 เส้นใยอาหาร.....5
2.4 การวิเคราะห์โดยประมาณ.....6
2.5 ไฮโดรไลซิส.....7
2.6 ไฮโดรเทอร์มอล.....7
2.7 การวิเคราะห์ผล.....8
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 การดำเนินโครงงาน....10

3.1 ขั้นตอนดำเนินโครงงาน....10

3.2 วัตถุดิบ....10

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์....10

3.4 สารเคมี....11

3.5 วิธีการทดลอง....12

3.5.1 การเตรียมกากถั่วเหลือง....12

3.5.2 วิธีการทำ Auto clave....12

3.5.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบของกากถั่วเหลือง....13

3.5.3.1 วิเคราะห์ความชื้น....13

3.5.3.2 วิเคราะห์เถ้า....13

3.5.3.3 วิเคราะห์โปรตีน....13

3.5.3.4 วิเคราะห์ไขมัน....14

3.5.3.5 วิเคราะห์ใยอาหาร....14

3.5.4 วิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพของเส้นใยอาหารจากกากถั่วเหลือง....15

3.5.4.1 สี (Color)....15

3.5.4.2 ปริมาณน้ำอิสระ (Water activity)....15

3.5.5 การออกแบบการทดลองและการหาสภาวะที่เหมาะสมกับการหาผลผลิตในการสกัดเส้นใยอาหารจากกากถั่วเหลือง....16

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์....18

4.1 องค์ประกอบทางเคมี....18

4.2 การหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการสกัดเส้นใยอาหารจากกากถั่วเหลือง ด้วยกระบวนการไฮโดรไลซิสและไฮโดรเทอร์มอล....18

4.2.1 การออกแบบการทดลองแบบ Box-behnken Design....18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2.2 พื้นผิวสะท้อน (Response surface).....24
4.3 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของเส้นใยอาหารจากกากถั่วเหลือง.....26
4.3.1 วิเคราะห์ค่าสี.....26
4.3.2 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ.....26
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....27
5.1 สรุปผล.....27
5.2 ข้อเสนอแนะ.....27
เอกสารอ้างอิง.....28
ภาคผนวก.....30
ภาคผนวก ก วิธีการคำนวณ.....31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

3.1 การออกแบบการทดลองการสกัดเส้นใยอาจารจากกากถั่วเหลือง....16

4.1 องค์ประกอบทางเคมีของกากถั่วเหลือง....18

4.2 ผลผลิตของเส้นใยอาหารที่ได้จากการสกัดด้วยกระบวนการไฮโดรไลซิส และไฮโดรเทอร์มอล.18

4.3 การวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของผลผลิตร้อยละของเส้นใยอาหาร....20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 ถั่วเหลือง....3
2.2 กากถั่วเหลือง....4
2.3 แสดงการไฮโดรไลต์ไตรกลีเซอไรด์ ให้เป็นโมเลกุลของกลีเซอรอล และกรดไขมันอิสระ....7
3.1 เครื่อง Auto clave....12
3.2 เครื่องวัดสี.... 15
3.3 เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ....15
3.4 แผนผังวิธีการทดลองทั้งหมด....17
4.1 การแสดงผลผลิตของเส้นใยอาหาร (ก) กราฟความน่าจะเป็น (ข) กราฟแสดงความคลาดเคลื่อน (ค) แผนภูมิฮิสโตแกรม (ง) ความคลาดเคลื่อนกับลำดับการทดลอง....21
4.2 แผนภูมิ Pareto....22
4.3 แผนภูมิแสดงผลอุณหภูมิ Auto clave ความดัน และเวลา....23
4.4 แผนภูมิโครงร่างและพื้นผิวสะท้อนระหว่างอุณหภูมิกับความดัน....24
4.5 แผนภูมิโครงร่างและพื้นผิวสะท้อนระหว่างอุณหภูมิกับเวลา....24
4.6 แผนภูมิโครงร่างและพื้นผิวสะท้อนระหว่างความดันกับเวลา....25
4.7 สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเส้นใยอาหาร....25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1

บทนำ

1.1ความเป็นมาของโครงงาน

ถั่วเหลืองสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง ไม่ว่าจะนำมาทำเป็น ไบโอดีเซล เป็นอาหารสัตว์และผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง แต่ในทุกวันนี้ผู้คนเกิดโรคภัยไข้เจ็บมากมายโดยที่สำคัญมาจากการรับประทานอาหารที่เรารับประทานกันทุกวัน โดยอาหารมีหลายประเภท บางประเภทให้คุณประโยชน์และบางประโยชน์ไม่มีประโยชน์แถมยังให้โทษ ซึ่งในปัจจุบันผู้คนส่วนใหญ่มีปัญหาด้านสุขภาพกับโรคภัยต่างๆ จึงได้เห็นยารักษาโรคมากมาย โดยใช้สารเคมีในการบำบัด ดังนั้นปัญหาด้านสุขภาพของมนุษย์นั้นมีมากมาย ถั่วเหลืองจึงเป็นตัวเลือกนึงสำหรับผู้ที่รักสุขภาพ

โปรตีนช่วยให้ร่างกายเจริญเติบโตและซ่อมแซมเซลล์ภายในร่างกาย โดยมีกรดอะมิโนต่างๆ เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของโปรตีน และแม้ว่าร่างกายจะสามารถสร้างขึ้นเองได้บางตัว แต่ก็มีกรดอะมิโน 9 ชนิดที่จะได้จากการบริโภคอาหารเท่านั้น โปรตีนจากถั่วเหลืองมีกรดอะมิโนที่ร่างกายไม่สามารถสร้างขึ้นได้ทั้ง 9 ชนิดนั้น ซึ่งแหล่งโปรตีนนี้เป็นแหล่งโปรตีนคุณภาพสูงในถั่วเหลือง โดยถั่วเหลืองประกอบด้วยเส้นใยที่ละลายน้ำได้(Soluble dietary fiber)และเส้นใยที่ไม่สารถละลายน้ำได้(Insoluble dietary fiber) โดยประกอบด้วย Cellulose, Hemi-cellulose, Pectin, Lignin ซึ่งเส้นใยเหล่านี้มีผลต่อการทำงานที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายของมนุษย์ ทั้งนี้ความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์ไม่ว่าจะเป็น โรคมะเร็งเต้านม มะเร็งต่อมลูกหมาก และมะเร็งลำไส้ เป็นเรื่องใกล้ตัวเกี่ยวกับสุขภาพของเรา และยังมีโรคโลหิตจาง และโรคอื่นๆ ที่ถั่วเหลืองสามารถลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคเหล่านี้ได้ ในพืชตระกูลถั่วที่เราคุ้นเคยกันดีเมื่อนำมาทำเป็นน้ำเต้าหู้ หรือเครื่องดื่มน้ำนมถั่วเหลือง ด้วยความที่ถั่วเหลืองมีสรรพคุณและประโยชน์ต่อสุขภาพเป็นอย่างมาก จึงเป็นเหตุผลที่ถั่วเหลืองได้รับความนิยมจากผู้บริโภคมากจนมีหลายบริษัทผลิตออกมาแข่งขันกันในท้องตลาด ถึงแม้ถั่วเหลืองจะให้ประโยชน์มากมาย แต่ถั่วเหลืองก็มีข้อเสียเช่นกัน อย่างเช่นการรับประทานในปริมาณที่ไม่เหมาะสม ทั้งนี้ด้วยคุณประโยชน์ของถั่วเหลือง มีคุณประโยชน์มากมาย เช่น มีโปรตีนที่ย่อยง่าย มีไขมันชนิดดี ไม่เหมือนกับโปรตีนและไขมันจากสัตว์ที่โดยประทานแล้วมีผลข้างเคียงที่ให้โทษ นอกจากนี้ คนที่มีโรคประจำตัวเช่น โรคไทรอยด์ ก็ไม่ควรรับประทาน และที่สำคัญคือนมถั่วเหลืองไม่สามารถทดแทนนมแม่หรือนมจากสัตว์ได้ในเด็กเล็ก ทั้งนี้ในเมล็ดถั่วเหลืองยังมีเปลือกที่ห่อหุ้มเมล็ด ซึ่งผู้คนที่รู้จักจะนิยมบริโภคเฉพาะเมล็ดทำให้เปลือกถั่วเป็นขยะ หรือนำมาใช้ประโยชน์น้อยทำให้มีมูลค่าต่ำนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้ศึกษาจึงได้ทำการศึกษาการสกัดเส้นใยจากถั่วเหลืองซึ่งองค์ประกอบของถั่วเหลือง โดยใช้วิธีไฮโดรเทอมอล เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับเปลือกถั่วเหลือง ที่มูลค่าทางการตลาดต่ำ โดยผู้ศึกษาจะทำการแปรรูป เพื่อนำเปลือกถั่วเหลืองจากเมล็ดถั่วเหลืองมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์ที่รับประทานได้ และให้ประโยชน์ต่อร่างกาย จึงเป็นที่มาในการศึกษาโครงงานครั้งนี้

1.2วัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษาการใช้เครื่องมือไฮโดรเทอมอลเพื่อสกัดเส้นใยจากกากถั่วเหลือง

1.2.2 เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์จากกากถั่วเหลือง ที่สามารถนำไปประยุกต์การปรับปรุงผลิตภัณฑ์และสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 กากถั่วเหลือง(Soy bean hull) จากเมล็ดถั่วเหลือง(Soy bean)

1.3.2 ศึกษาวิธีไฮโดรเทอมอล จาก เครื่อง Auto clave

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้รู้จักการใช้เครื่องมือไฮโดรเทอร์มอลและสามารถนำความรู้ที่ได้มาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิต สามารถต่อยอดเป็นธุรกิจ การศึกษาเรื่องนี้ถือว่าเป็นประโยชน์อย่างมากแก่ผู้ศึกษา เนื่องจากถั่วเหลืองเป็นชื่อที่เราคุ้นเคยมาตั้งแต่เด็ก ทำให้ได้ศึกษาอย่างลึกซึ้งและได้รับประโยชน์จากสิ่งที่เราประทาน ทางผู้จัดทำหวังว่าหลังจากศึกษาแล้วจะสามารถนำไปใช้ในชีวิตจริงปรับปรุงพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1ถั่วเหลือง

ถั่วเหลือง ภาษาอังกฤษ คือ Soybean, Soya bean และถั่วเหลือง มีชื่อวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับในปัจจุบันคือ Glycine max ถั่วเหลือง มีชื่อท้องถิ่นอื่น ๆ ว่า ถั่วแระ, ถั่วพระเหลือง, ถั่วแม่ตาย (ภาคกลาง), มะถั่วเน่า, ถั่วเน่า, ถั่วหนัง (ภาคเหนือ), เก๊าะหน่อ (กะเหรี่ยงเชียงใหม่), ตบยั่ง (เมี่ยน), อาทรึ่ม (ปะหล่อง), โชยุ (ญี่ปุ่น), โซยาบีน (อังกฤษ), อึ่งตั่วเต่า เฮ็กตั่วเต่า (จีน-แต้จิ๋ว) เป็นต้น และถั่วเหลืองได้รับการขนานนามว่า เป็น "ราชาแห่งถั่ว" อีกด้วย

ถั่วเหลืองจัดเป็นพืชสำคัญและเก่าแก่ชนิดหนึ่งของโลก ตามประวัติศาสตร์แล้วถั่วเหลืองนั้นมีถิ่นกำเนิดในประเทศจีนมาแต่โบราณ ซึ่งมีการใช้ถั่วเหลืองเป็นอาหารมาแล้วกว่า 5,000 ปี ปัจจุบันมีการปลูกถั่วเหลืองกันอย่างแพร่หลายในเขตร้อนและเขตอบอุ่น แต่ให้ผลผลิตได้ดีในเขตอบอุ่น เพราะเป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดดั้งเดิมในเขตอบอุ่นนั่นเอง แต่อย่างไรก็ตามผู้ผลิตถั่วเหลืองที่สำคัญที่สุดกลับเป็นประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งมีผลผลิตมากถึง 56% ของผลผลิตทั่วโลก รองลงมาคือประเทศบราซิลและจีน

รูปที่ 2.1 ถั่วเหลือง

ที่มา: https://www.boon-herb.com/herballibrary/soy-protein

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 กากถั่วเหลือง (Soybean)

เป็นผลพลอยได้จากโรงงานสกัดน้ำมันถั่วเหลือง และผลพลอยได้จากเมล็ดถั่วเหลืองที่นำมาเป็นอาหารสัตว์ ซึ่งมีดังนี้

2.3.1 กากถั่วเหลืองบด (Ground Soybean) คือ ถั่วเหลืองบดทั้งเมล็ดโดยไม่สกัดเอาน้ำมันออก

2.3.2 ถั่วเหลืองบดทั้งต้น (Ground Soybean hay) คือต้นถั่วเหลืองบดทั้งใบ ลำต้น และเมล็ด ซึ่งไม่มีพืชชนิดอื่นหรือวัชพืชปะปนเลย และมีปริมาณของเยื่อใยจะต้องไม่เกินมาตรฐานสินค้าที่กำหนดไว้ในแต่ละประเภท

2.3.3 เปลือกถั่วเหลือง (Soybean Hulls) ส่วนใหญ่จะประกอบด้วยเปลือกชั้นนอกสุดของเมล็ดถั่วเหลือง

2.3.4 กากถั่วเหลืองซึ่งได้จากการสกัดน้ำมันด้วยการหีบหรืออัด (Soybean Meal, Mechanical extracted) คือกากถั่วเหลืองที่ได้จากการสกัดน้ำมันโดยวิธีหีบอัดทางกายภาพ วิธีจะต้องใช้ความร้อนในกรรมวิธีในการผลิต ผลพลอยได้ชนิดนี้จะต้องไม่มีสารพิษหรือสารอื่นใดเจือปนอยู่เกินกว่า 0.5 % และมีปริมาณของเยื่อใยจะต้องไม่เกินมาตรฐานสินค้าที่กำหนดไว้ในแต่ละประเทศ

2.3.5 กากถั่วเหลืองซึ่งได้จากการสกัดน้ำมันด้วยสารละลายอินทรีย์ (Soybean Meal, Solvent Extracted) คือกากถั่วเหลืองที่ได้จากการสกัดน้ำมันโดยวิธีสกัดโดยสารละลายอินทรีย์ วิธีการนี้จะต้องใช้ความร้อนในกรรมวิธีการผลิตเช่นกัน ผลพลอยได้ชนิดนี้จะต้องไม่มีสารพิษหรือสารอื่นใดเจือปนและมีปริมาณของเยื่อใยจะต้องไม่เกินมาตรฐานที่กำหนดไว้

2.3.6 กากถั่วเหลืองที่กระเทาะเอาเปลือกนอกออกและสกัดด้วยสารละลายอินทรีย์ (Soybean Meal , Dehulled , Solvent Extracted) คือกากถั่วเหลืองที่ได้จากการสกัดน้ำมันจากเมล็ดถัวเหลืองที่เอาเปลือกนอกออกแล้วโดยใช้สารละลายอินทรีย์สกัดเช่นกัน วิธีนี้ต้องใช้ความร้อนในกรรมวิธีการผลิตและต้องไม่มีสิ่งเจือปนตลอดจนปริมาณเยื่อใยไม่เกินมาตรฐานที่กำหนด

รูปที่ 2.2 กากถั่วเหลือง

ที่มา: https://greenspace.market/shop/กากถั่วเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 เส้นใยอาหาร (Dietary fiber)

เส้นใย (fiber) เป็นส่วนประกอบในอาหารหลายชนิด เดิมเรียกว่าเส้นใยหยาบ (crude fiber) ซึ่งหมายถึง สารที่หลงหลืออยู่ภายหลังการย่อยด้วยกรดและด่าง นั่นคือเซลลูโลสและลิกนินเท่านั้น ต่อมาได้มีการศึกษาเกี่ยวกับคาร์โบไฮเดรตมากขึ้น ทำให้พบว่ามีคาร์โบไฮเดรตบางประเภทที่ไม่สามารถย่อยสลายได้โดยเอมไซด์ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์และส่งผลดีต่อสุขภาพ แต่อาจถูกย่อยโดยจุลินทรีย์บางชนิดในลำไส้ใหญ่ จึงให้ชื่อคาร์โบไฮเดรตนี้ใหม่ว่าเป็นเส้นใยอาหาร (dietary fiber) ดังนั้นความหมายที่แท้จริงของเส้นใยอาหารจึงแตกต่างจากเส้นใยหยาบ ทั้งนี้สามารถนิยามเส้นใยอาหารได้ว่าคือคาร์โบไฮเดรตทุกชนิดที่ไม่สามารถถูกย่อยสลายด้วยเอมไซม์ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์และในอาหารทั่วไปพบว่าเส้นใยอาหารมักมีค่ามากกว่าเส้นใยหยาบประมาณ 2-16 เท่า ซึ่งเส้นใยอาหารแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ได้ 2 กลุ่ม

1. เส้นใยอาหารที่ละลายไม่ได้ในน้ำ (insoluble fiber) เส้นใยอาหารชนิดนี้ไม่ละลายน้ำ ทว่าจะมีความสามารถในการพองตัวได้คล้ายกับฟองน้ำ แต่ไม่มีความหนืด ซึ่งจะเป็นตัวช่วยเพิ่มกากใยอาหารและปริมาณน้ำภายในกระเพาะอาหาร ทำหน้าที่เหมือนตัวช่วยทำความสะอาดระบบทางเดินอาหาร และทำให้อิ่มเร็วขึ้น เส้นใยชนิดนี้ไม่สามารถย่อยได้ทั้งจากระบบย่อยอาหารของเราเองหรือแบคทีเรียในลำไส้ใหญ่ ดังนั้นจะถูกกำจัดออกมาพร้อมกับอุจจาระในภายหลัง
2. เส้นใยอาหารที่ละลายได้ในน้ำ (soluble dietary fiber) เป็นเส้นใยที่สามารถดูดซับน้ำเอาไว้แล้วทำให้เกิดความหนืดเพิ่มมากขึ้นคล้ายกับก้อนเจลนุ่มๆ จะสามารถดูดซับเอาน้ำมันและน้ำตาลเอาไว้ได้ด้วย ลักษณะของเส้นใยดังกล่าวแม้ร่างกายจะไม่สามารถย่อยได้โดยตรง ทว่าจะมีแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในลำไส้ใหญ่ทำหน้าที่ย่อยสลาย

เส้นใยอาหารจากพืชแบ่งออกได้เป็น 5 ชนิด ซึ่งได้แก่

1)เส้นใยอาหารเซลลูโลส เป็นเส้นใยเหนียวๆ ที่แม้ว่าจะผ่านการหุงต้มแล้วแต่ก็ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมาก จึงทำให้อุจจาระมีกากใยมากขึ้นและขับถ่ายออกมาได้ง่ายกว่าปกติ ทั้งยังมีฤทธิ์ช่วยดูดซึมสารก่อมะเร็งและจับเอาน้ำตาลและไขมันให้ออกมาพร้อมกับอุจจาระอีกด้วย โดยทั้งนี้เซลลูโลสจะพบได้มากใน เมล็ดพืช ถั่วต่าง ๆ และเปลือกต้นไม้

2)เส้นใยอาหารเฮมิเซลลูโลส เป็นเส้นใยที่มักจะรวมอยู่กับเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำ มีโมเลกุลเล็กและสามารถ แตกตัวด้วยกรดและด่างได้ดี ส่วนมากจะมีฤทธิ์ในการป้องกันอาการท้องผูกโดยตรง ซึ่งทั้งนี้ก็จะพบเส้นใยชนิดนี้ได้มากในผนังเซลล์ของพืชนั่นเอง

3)เส้นใยอาหารลิกนิน เป็นเส้นใยอาหารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ ไม่ละลายน้ำ มีส่วนช่วยในการต้านทานปฏิกิริยาเคมี ปฏิกิริยาเอนไซม์และต้านแบคทีเรียได้ ซึ่งจะพบได้มากในผนังเซลล์ของพืชและพบในข้าวที่ยังไม่ผ่านการขัดสี รวมถึงกะหล่ำปลี มะเขือเทศ ผลไม้ตระกูลเบอร์รี่และถั่วงอกอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.เส้นใยอาหารเพคติน มีลักษณะคล้ายวุ้นจึงนิยมนำไปทำเป็นเยลลีมากที่สุด ซึ่งเส้นใยชนิดนี้ก็จะพบได้มากในกล้วย ส้ม องุ่น แอปเปิ้ล สตรอว์เบอร์รี่และแครอต เป็นต้น

5.เส้นใยอาหารกัมและมิวซิเลส มีคุณสมบัติในการลดไขมันคอเลสเตอรอล ลดน้ำตาลในเลือด และทำให้ซอสมีความเหนียว ส่วนใหญ่จะพบได้มากในซอสมะเขือเทศ รำข้าวโพด และรำข้าว

2.4 การวิเคราะห์โดยประมาณ (proximate analysis)

วิธีการวิเคราะห์โดยประมาณ เป็นการวิเคราะห์ที่เริ่มต้นจากการนำอาหารและวัตถุดิบไปวิเคราะห์ต่อเนื่อง โดยเริ่มต้นจากการหาความชื้น ซึ่งนำตัวอย่างที่ได้จากการอบแห้งไปหาปริมาณไขมันและนำตัวอย่างสกัดไขมันออก เพื่อนำไปวิเคราะห์หาใยอาหารและเถ้า ส่วนปริมาณโปรตีนหาได้จากนำตัวอย่างไปย่อยโดยตรงและเป็นวิธีการวิเคราะห์ที่ไม่ซับซ้อน เนื่องจากไม่ต้องอาศัยเทคนิคที่ต้องทำให้องค์ประกอบบริสุทธิ์ เช่น การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน อาศัยเทคนิคการสกัดโดยตัวทำละลาย เพื่อสกัดเอาองค์ประกอบที่ละลายในตัวทำละลายออกมา สำหรับองค์ประกอบในอาหารที่ละลายในตัวทำละลายส่วนใหญ่เป็นไขมัน จึงเป็นการวิเคราะห์ปริมาณของไขมันแบบหยาบ (crude fat) ดังนั้นวิธีนี้จึงเป็นการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหาร โดย ประกอบไปด้วยการหาปริมาณความชื้น (moisture) ไขมัน (crude fat) โปรตีน (crude protein) ใยอาหาร (crude fiber) และเถ้า (ash) และหากต้องการทราบปริมาณคาร์โบไฮเดรต สามารถหาได้โดยการรวมเปอร์เซ็นต์ความชื้น ไขมัน โปรตีน ใยอาหาร และเถ้าที่วิเคราะห์ได้ จากนั้นนำไปหักลบจาก 100 จะได้เป็นเปอร์เซ็นต์ของคาร์โบไฮเดรตในตัวอย่างอาหารนั้น ๆ ซึ่งเป็นค่าที่รวมทั้งปริมาณน้ำตาลและโพลีแซคคาไรด์

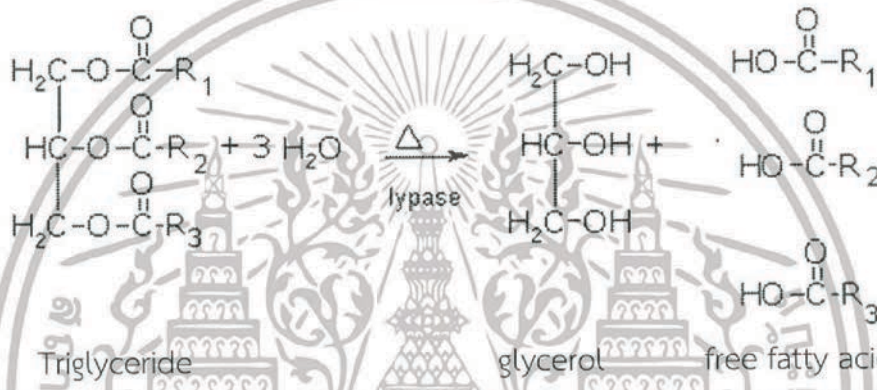
Proximate analysis มีประโยชน์ในการวิเคราะห์เพื่อให้ทราบคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร เช่น การทำ nutrition fact ที่ติดอยู่บนฉลากอาหาร ซึ่งทำให้ผู้บริโภคสามารถเลือกบริโภคอาหารและเครื่องดื่มได้อย่างเหมาะสม ดังนั้นในอุตสาหกรรมอาหารจึงจำเป็นต้องวิเคราะห์องค์ประกอบทั้งวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์สุดท้ายเพื่อประโยชน์ในการควบคุมคุณภาพและแปรรูปอาหาร เช่น การหาความชื้นในวัตถุดิบเพื่อกำหนดราคาซื้อขายที่ยุติธรรม ตัวอย่างเช่น การซื้อขายข้าวเปลือกโดยราคาข้าวที่ขึ้นกับเปอร์เซ็นต์ความชื้นหรือวัตถุดิบที่ใช้ผลิตอาหารที่เป็นผงแห้งจำพวกนมผง น้ำตาล เกลือ ผู้ซื้อต้องการวัตถุดิบที่มีความชื้นต่ำ เนื่องจากวัตถุดิบเหล่านี้ถ้ามีความชื้นสูงจะมีโอกาสที่จะดูดความชื้นกลับเข้าไปใหม่ ทำให้เกิดการจับตัวกันเป็นก้อนจึงจำเป็นต้องควบคุมความชื้น เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ไฮโดรไลซิส

ไฮโดรไลซิส (hydrolysis) คือ ปฏิกิริยาที่มีน้ำเข้าไปสลายพันธะ ทำให้สารโมเลกุลใหญ่ แตกตัวเป็นสารที่มีโมเลกุลเล็กลง ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสที่สำคัญในอาหาร ตัวอย่างของปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสที่สำคัญในอาหาร ได้แก่

- การไฮโดรไลซ์สตาร์ช (starch) ทำให้โมเลกุลเล็กลง เรียกว่า starch hydrolysate
- การไฮโดรไลซ์ไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) ให้เป็นโมเลกุลของกลีเซอรอล และกรดไขมันอิสระ (free fatty acid)



ภาพที่ 2.3 แสดงการไฮโดรไลต์ไตรกลีเซอไรด์ ให้เป็นโมเลกุลของกลีเซอรอล และกรดไขมันอิสระ
ที่มา: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0373/hydrolysis-การ ไฮโดรไลต์

2.6 ไฮโดรเทอร์มอล

กระบวนการไฮโดรเทอร์มอล เกี่ยวข้องกับการให้ความร้อนแก่ตัวทำปฏิกิริยา โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิและความดันสูง ซึ่งจะใช้น้ำทำให้อยู่ในรูปของสารละลายหรือสารแขวนลอย อุณหภูมิที่ใช้ มักจะใช้ที่ 374 องศาเซลเซียส หรือ อุณหภูมิวิกฤตของน้ำ และความดันประมาณ 20 เมกะปาสคาล จึงต้องทำภายในเครื่องปฏิกรณ์เคมีชนิดความดันสูง (Autoclave: High Pressure Reactor)ซึ่งจะทำให้เกิดผงที่ปราศจากน้ำ (Anhydrous powder) นอกจากนี้ผงที่ได้ยังมีอนุภาคที่เล็กมาก มีการกระจายตัวของอนุภาคน้อย ส่วนใหญ่เป็นพวกผลึกเชิงเดี่ยว มีความบริสุทธิ์สูงและมีความเป็นเนื้อเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 การวิเคราะห์ผล

Box-Behnken ได้นำเสนอการออกแบบการทดลองแบบ 3 ระดับเพื่อศึกษาตัวแปร เชิงปริมาณ การทดลองแบบบ็อกซ์-เบห์นเคนเป็นการทดลองที่มีประสิทธิภาพและนิยมใช้มากในกรณีศึกษาปัจจัยที่ 3 ระดับ โดยเฉพาะกรณีที่ต้องการสร้างสมการความสัมพันธ์เมื่อปัจจัยเป็นปัจจัยเชิงปริมาณ วิธีบ็อกซ์-เบห์นเคนจะใช้หลักการของ 2^2 แฟกทอเรียลเต็มรูปผนวกกับจุดกึ่งกลางรวมเข้าไป ซึ่งจะเห็นว่าเป็น สมการทำนายของการออกแบบการทดลองสำหรับหลาย กระบวนการที่ต่อเนื่อง (multi-stage DOE) และมีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้นกว่า การออกแบบการทดลองของกระบวนการเดียว (Single Stage DOE) ซึ่งสมการการทำนาย (predicted model) จะประกอบ ไปด้วยปัจจัยเฉพาะในกระบวนการนั้น ๆ เท่านั้น

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการนำกากถั่วเหลืองมาพัฒนา เพื่อให้เป็นเส้นใยอาหาร โดยศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาลักษณะของใยอาหารจาก เปลือกถั่วเหลือง และศึกษาโดยใช้วิธีการไฮโดรเทอมอล โดย เส้นใยอาหาร จากเปลือกถั่วเหลือง ได้รับการพัฒนาโดยการจำลองค่า pH ในระบบย่อยอาหารของมนุษย์ โดยใช้วิธีการทดสอบทั้ง AOAC991.43 แบบดั้งเดิมและ AOAC2011.25 วิธีที่พัฒนาขึ้นใหม่ เปลือกถั่วเหลืองนั้นถูกหาปริมาณเส้นใยและคุณสมบัติทางเคมี โดยได้กำหนดโดยการหาสี รวมไปถึงขนาดอนุภาคการดูดซับน้ำและความสามารถในการละลาย คุณสมบัติ Viscoelastic ของเส้นใยด้วย แป้งที่มาจากทั้งหมดถูกวิเคราะห์โดยใช้การวัดการไหลแบบไดนามิก ผลการวิจัยพบว่า สีของความสว่าง (ค่า L) ได้รับการวิเคราะห์ ($p < 0.05$) ระดับของการละลายน้ำไม่ละลายน้ำและเส้นใยอาหารทั้งหมดที่กำหนดโดย AOAC2011.25 มี 2.6 ± 0.7%, 85.9 ± 0.4% และ 88.5 ± 0.8% ตามลำดับ ซึ่งมีการเพิ่มขึ้นประมาณ 50% ของเส้นใยอาหารทั้งหมด โดยมีถึง 98.6 ± 0.8% ผลการวิจัยชี้ให้เห็นอย่างชัดเจนว่ากระบวนการไฮโดรไลซิสของกรด – เบสและกระบวนการ Auto clave ในเปลือกถั่วเหลืองสีเหลืองสามารถเพิ่มปริมาณเส้นใยอาหารอย่างมีนัยสำคัญซึ่งมีการใช้งานที่มีศักยภาพ ในขนมขบเคี้ยวว ดังนั้นจากการงานวิจัยนี้พบว่า มีความสนใจมากขึ้นในการเพิ่มอรรถประโยชน์ของ ของเสียจากผลไม้และผักแปรรูปเพื่อเพิ่ม มูลค่าทางเศรษฐกิจและลดของเสีย ในการศึกษาครั้งนี้เปลือกถั่วเหลืองซึ่งเป็นหนึ่งในหลาย ๆ ขยะที่เป็นไปได้ถูกประมวลผลโดยการจำลองสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันของระบบย่อยอาหารของมนุษย์ ระบบเช่นสภาพแวดล้อมที่เป็นกรดของกระเพาะอาหารและขั้นพื้นฐานสภาพแวดล้อมของลำไส้เล็กของมนุษย์ในการชำระล้างเส้นใยอาหารโดยการย่อย / กำจัดแป้ง,โปรตีนและไขมัน การศึกษาอาจช่วยให้การใช้ประโยชน์ของเปลือกถั่วเหลืองนี้ดีขึ้นนี้ดีขึ้น เพราะวิธีการวิเคราะห์ ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรนี้ กำหนดคุณสมบัติทางเคมีกายภาพและการทำงานของ เส้นใยความแตกต่างระหว่าง ปริมาณเส้นใยทั้งหมด, เส้นใยที่ไม่สามารถละลายน้ำ และ เส้นใยที่สามารถละลายน้ำ โดยสิ่งที่ได้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาครั้งแรกในการพัฒนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นใยอาหาร จากเปลือกถั่วเหลือง นอกจากนี้ยังเป็นการประเมินการไหลแบบแรกของการใช้กากใยถั่วเหลืองในแป้ง เส้นใยจากเปลือกถั่วเหลืองมีศักยภาพที่ดีในอาหารหลากหลายอย่างที่เกี่ยวกับสุขภาพของมนุษย์และโภชนาการ ประโยชน์ของถั่งเหลืองในการป้องกันโรคเรื้อรังทั้งหลาย ส่วนประกอบของถั่วเหลืองถั่วเหลืองประกอบไปด้วยส่วนประกอบดังต่อไปนี้ โปรตีน 38%, ไขมัน 18%, (เป็น lecithin 5 %) และความชื้น 5 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่3

การดำเนินโครงงาน

3.1 ขั้นตอนดำเนินโครงงาน

3.1.1 ศึกษาข้อมูลของถั่วเหลือง องค์ประกอบถั่วเหลือง องค์ประกอบเปลือกของถั่วเหลือง และเอนไซม์ต่างๆ รวมทั้งสืบค้นหาข้อมูล รวบรวมข้อมูล ไม่ว่าจะเป็นการศึกษาวิธีการทำไฮโดรเทอร์มอล

3.1.2 นำข้อมูลที่ได้และวิธีการทำมาเรียบเรียงและวาดแผนภาพเพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับขั้นตอนการทำแลป

3.1.3 นำข้อมูลที่ได้เตรียมมาครบถ้วนแล้ว นำไปทำทดลองด้วยวิธีไฮโดรเทอร์มอลเพื่อทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของเปลือกถั่วเหลือง

3.1.4 นำผลที่จากการทดลองได้วิเคราะห์ผลและคำนวณ เพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์และความสอดคล้องของข้อมูล

3.2 วัตถุดิบ

ถั่วเหลือง ตราไร่ทิพย์

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องชั่งชนิดทศนิยม 4 ตำแหน่ง

ถ้วยอลูมิเนียม พร้อมฝาปิด

ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)

โถดูดความชื้น (Desiccator)

ที่คีบ (Tong)

ถ้วยกระเบื้อง (Fritted glass crucible)

เตาเผาไฟฟ้า (Muffle furnace)

เตาไฟฟ้า (Hot plate)

หลอดย่อยโปรตีน (Digestion tube)

ชุดวิเคราะห์โปรตีน (Kjeldahl apparatus)

บิวเรต 50 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขวดรูปชมพู่ 250 และ 500 ml (Duran, Germany)

ลูกแก้ว (Boiling chip)

ชุดสกัดซอกซ์เล็ต (Soxhlet apparatus, S306A7, Gerhardt, Germany)

ทิมเบิล (Thimble)

บีกเกอร์ไขมัน

เครื่องวิเคราะห์หาเยื่อใย

บีกเกอร์ 1000 mL (Duran, Germany)

เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ (SS-245, Tomy, Japan)

เครื่องปั่นเหวี่ยงตกตะกอน (5804R, Eppendorf, Germany)

กระดาษวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (109535, Merck, Germany)

อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Memmert, Germany)

ผ้าขาวบาง (Nylon cloths, Newline, Thailand)

เครื่องวัดสี (CR400, Minolta, Japan)

เครื่องวัดวอเตอร์แอคทิวิตี้ (4TE, Aqua Lab)

3.4 สารเคมี

กรดซัลฟิวริก 98% (Sulfuric acid, H_2SO_4, AR grade, RCL Lab scan, Thailand)

กรดไฮโดรคลอริก 37% (Hydrochloric acid, HCl, AR grade, Carlo Erba, France)

โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide, NaOH, AR grade, Carlo Erba, France)

โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium hydroxide, KOH, Pellets, AR grade, Carlo Erbo, France)

ตัวเร่งปฏิกิริยา โดยใช้คอปเปอร์ซัลเฟต (Copper(II) sulfate, $CuSO_4$) 1 ส่วน ต่อ โพแทสเซียมซัลเฟต (Potassium sulfate, K_2SO_4) 8 ส่วน

อินดิเคเตอร์

-0.1% เมทิลกรีน (Methyl green) ในแอลกอฮอล์ 95%

-0.2% เมทิลเรด (Methyl red) ในแอลกอฮอล์ 95%

ปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum ether, AR grade, Leonid Chemicals, India)

น้ำกลั่น (Distilled water, Better Syndicate, Bangkok, Thailand)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 วิธีการทดลอง

3.5.1 การเตรียมกากถั่วเหลือง

สำหรับรายละเอียดของขั้นตอนทดลองของงานวิจัยสามารถแบ่งออกได้เป็นลำดับ ดังต่อไปนี้

นำเปลือกถั่วเหลืองที่ได้มาจากถั่วเหลืองมาทำการบดด้วยเครื่องบดให้มีขนาด 18 mesh จากนั้นทำการย่อยเปลือกด้วยกรดซัลฟิวริกที่ pH 1.5-2.0 ที่อุณหภูมิ 60 องศา เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นจนได้ pH เท่ากับ 6.8-7.0 หลังจากนั้นทำการแยกเปลือกถั่วเหลืองออกจากน้ำด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง เป็นเวลา 10 นาที แล้วนำเปลือกถั่วเหลืองมาย่อยต่อด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมงและล้างด้วยน้ำกลั่นจนมี pH 7.0-7.2 จากนั้นทำการแยกเปลือกถั่วเหลืองออกจากน้ำด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง เป็นเวลา 10 นาทีแล้วทำนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนกระทั่งเหลือความชื้น 10% จากนั้นนำเปลือกถั่วเหลืองที่ได้มาบดจนมีขนาด 70 mesh

3.5.2 วิธีการทำ Auto clave

สำหรับรายละเอียดของขั้นตอนทดลองของงานวิจัยสามารถแบ่งออกได้เป็นลำดับ ดังต่อไปนี้

นำกากถั่วที่ผ่านการเตรียมแล้วเข้าเครื่อง Auto clave โดยใช้อุณหภูมิที่ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำออกมาจากเครื่อง Auto clave แล้วนำไปอบจนได้น้ำหนักคงที่ จึงนำเปลือกถั่วเหลืองที่ได้มาชั่งน้ำหนัก หา % Yield

ภาพที่ 3.1 เครื่อง Auto clave

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบของกากถั่วเหลือง

3.5.3.1 วิเคราะห์ความชื้น

นำถ้วยอลูมิเนียมไปอบเพื่อไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อนำออกจากตู้อบให้นำไปใส่ในโถดูดความชื้น ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วนำมาชั่งจนได้น้ำหนักแน่นอน จากนั้นชั่งกากถั่วเหลืองที่บดแล้วมา 3-5 กรัมใส่ลงในถ้วยอลูมิเนียม และทำการปิดฝาถ้วยอลูมิเนียมให้สนิท แล้วนำไปใส่ในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียล เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อครบเวลานำมาทำให้เย็นโดยใส่ในโถดูดความชื้น ก่อนนำมาชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำมาแบ่งอบซ้ำเรื่อย ๆ ครั้งละครึ่งชั่วโมงจนน้ำหนักคงที่หรือผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งได้ 2 ครั้งต้องแตกต่างกันไม่เกิน 0.003-0.005 กรัม แล้วนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นของกากถั่วเหลือง

3.5.3.2 วิเคราะห์เถ้า

นำถ้วยกระเบื้องที่แห้งและสะอาดมาเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส แล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้นชั่งน้ำหนักแล้วบันทึก จากนั้นชั่งกากถั่วเหลืองที่บดแล้ว 5 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้อง แล้วนำกากถั่วเหลืองเผาโดยเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง หลังจากนั้นทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วนำมาชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์เถ้าของกากถั่วเหลือง

3.5.3.3 วิเคราะห์โปรตีน

1) การย่อย

ชั่งกากถั่วเหลืองมา 5 กรัม ใส่ลงในหลอดย่อยโปรตีน เติมตัวเร่ง 10 กรัม จากนั้นเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 25 มิลลิลิตร แล้วใส่ boiling chip ลงไป 3 ลูก นำหลอดย่อยโปรตีน วางลงในแลค (rack) ก่อนนำไปประกอบเข้าเครื่องย่อยแล้วทำการปิดที่บังความร้อน (heat shield) และสวมที่ดูดควัน ที่ต่อเข้ากับชุดกำจัดไอรอน (exhaust) ก่อนเปิดสวิทช์ (power on) ตั้งอุณหภูมิที่ใช้ในการย่อย 400 องศาเซลเซียส ทำการย่อยจนได้สารละลายใส หรือสีฟ้าใส หลังจากนั้นทำการปิดสวิทช์ พร้อมยกแลคที่มีหลอดย่อยกากถั่วเหลืองขึ้นพัก รอให้สารละลายใสสีฟ้าเย็น

2) การกลั่น

นำหลอดย่อยกากถั่วเหลืองต่อเข้ากับชุดกลั่นโปรตีน ตรวจเช็คความเรียบร้อยของระบบน้ำ สำหรับหล่อเย็น ถังน้ำกลั่น ถังโซเดียมไฮดรอกไซด์ 32% โดยสายยางต้องจุ่มลงในถังของน้ำกลั่นหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ จากนั้นเติมกรดบอริกเข้มขึ้น 2% ปริมาณ 60 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ และหยดอินดิเคเตอร์ทั้งสองอย่างละ 1 หยด จะได้สารละลายสีชมพูม่วง หลังจากนั้นวางขวดรูปชมพู่ลงในชุดกลั่นเสียบท่อพลาสติกที่ต่อจากคอนเดนเซอร์ลงในกรดบอริค เพื่อดักจับแก๊สแอมโมเนียที่กลั่นออกมาได้ และเปิดเครื่องเพื่อเติมน้ำกลั่นและโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงในหลอดย่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารละลายในหลอดย่อยจะเปลี่ยนเป็นสีดำ จากนั้นปิดไอน้ำและตั้งเวลาในการกลั่น เวลาที่ใช้ในการกลั่นขึ้นอยู่กับปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่าง

3) การไตเตรท

นำขวดรูปชมพู่ที่บรรจุสารละลายที่กลั่นเสร็จแล้วซึ่งมีสีเขียว มาไตเตรทกับกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1 N จนสารละลายเปลี่ยนไปเป็นสีชมพูม่วง และทำการบันทึกปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ เพื่อนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในกากถั่วเหลืองและคำนวณหาเปอร์เซ็นต์โปรตีนในกากถั่วเหลือง

3.5.3.4 วิเคราะห์ไขมัน

อบบีกเกอร์ไขมันพร้อมกับ boiling chip ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน จากนั้นชั่งตัวอย่างที่บดละเอียดและอบไล่ความชื้นแล้วมา 10 กรัมแล้วห่อด้วยกระดาษกรองใส่ในทิมเบิล (extraction timble) แล้วตวงตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ปริมาณ 150 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ไขมันต่อทิมเบิล และใส่กากถั่วเหลืองลงในบีกเกอร์ไขมันแล้วนำต่อเข้ากับเครื่องสกัดไขมัน เมื่อครบเวลาให้นำบีกเกอร์ไขมันไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เพื่อทำการระเหยปิโตรเลียมอีเทอร์ออก แล้วนำบีกเกอร์ไขมันใส่ในโถดูดความชื้น เพื่อรอให้เย็นก่อนนำบีกเกอร์ไขมันไปชั่งในน้ำหนักที่แน่นอน จากนั้นคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไขมันในกากถั่วเหลือง

3.5.3.5 วิเคราะห์ใยอาหาร (crude fiber)

ชั่งน้ำหนักกากถั่วเหลืองที่แห้งและสกัดไขมันออกแล้วมา 1 กรัม จากนั้นนำไปต้มด้วยกรดซัลฟิวริก เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อต้มเสร็จให้กรองเอากรดออกแล้วล้างกากด้วยน้ำกลั่น แล้วนำไปต้มด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นเวลา 2 ชั่วโมงและล้างกากด้วยน้ำกลั่น หลังจากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วจึงนำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำออกมาใส่โถดูดความชื้นทิ้งไว้ให้เย็น และนำไปชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นใยอาหารของกากถั่วเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.4. วิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพของเส้นใยอาหารจากกากถั่วเหลือง

3.5.4.1 สี (Color)

นำเส้นใยอาหารจากกากถั่วเหลืองที่ผ่านการสกัดแล้วมาใส่ในถ้วยจนเต็มจากนั้นทำการวัดสีโดยเครื่องวัดสี

ภาพที่ 3.2 เครื่องวัดสี

3.5.4.2 ปริมาณน้ำอิสระ (Water activity)

นำตัวอย่างใส่ลงในถ้วย จากนั้นนำเข้าเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ บันทึกค่า

ภาพที่ 3.3 เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

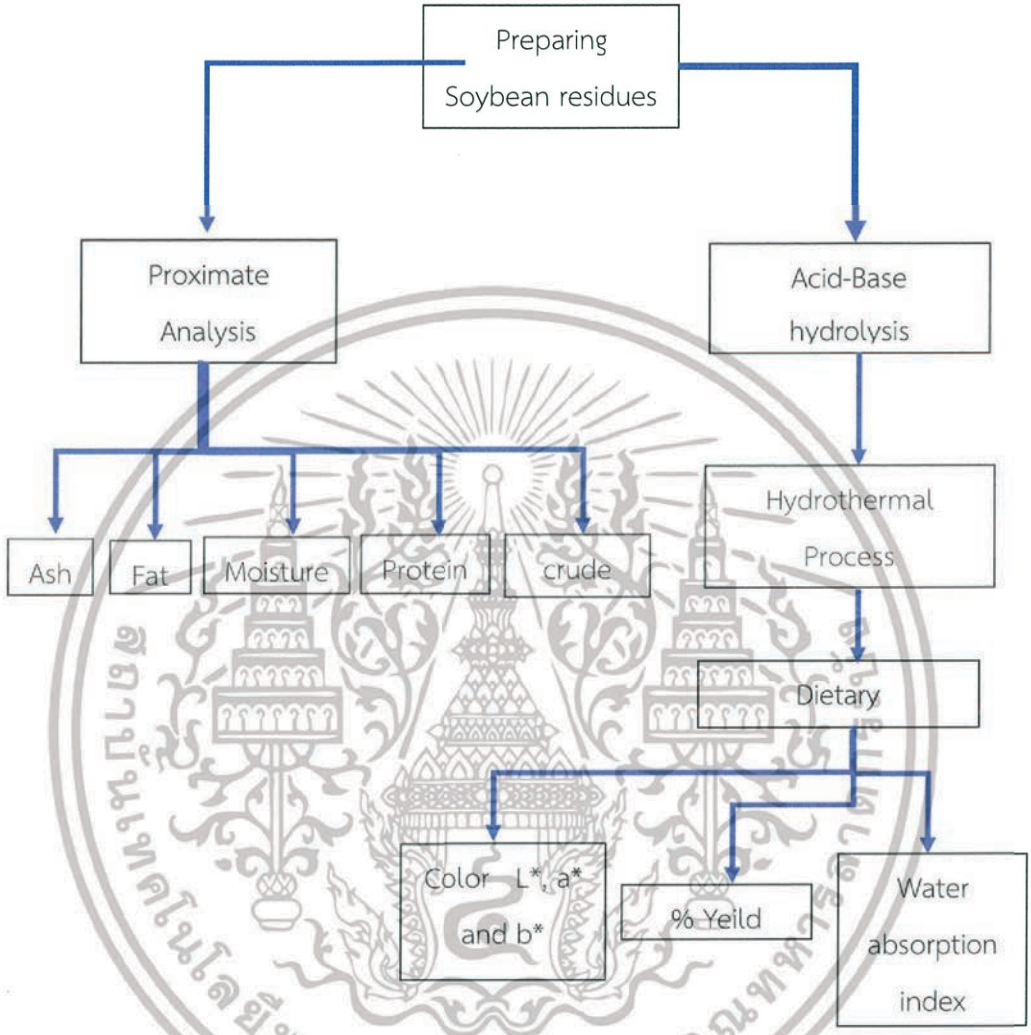
3.5.5 การออกแบบการทดลองและการหาสภาวะที่เหมาะสมกับการหาผลผลิตในการสกัดเส้นใยอาหารจากกากถั่วเหลือง

การออกแบบและการออกแบบการทดลองและการหาสภาวะที่เหมาะสมกับการหาผลผลิตในการสกัดเส้นใยอาหารจากกากถั่วเหลือง โดยใช้เทคนิคไฮโดรเทอร์มอล โดยสามารถหาได้โดยการใช้เทคนิคการออกแบบของ Box-behnken design (BBD) ในการออกแบบการทดลอง มีตัวแปรทั้งหมด 3 ตัวแปร ได้แก่ อุณหภูมิ ความดัน และเวลา ซึ่งค่าต่ำสุดและสูงสุด ในการออกแบบจะแสดงในตารางที่ 3.1 ตัวแปรตามคือร้อยละผลผลิตการสกัดเส้นใยอาหาร โดยการทดลองจะทำการทดลองซ้ำ 2 รอบ จะได้ลำดับการทดลองทั้ง 30 การทดลอง

ตารางที่ 3.1 การออกแบบการทดลองการสกัดเส้นใยอาจารจากกากถั่วเหลือง

ตัวแปร	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
อุณหภูมิ (องศาเซียลเซียส)	100	140
ความดัน (ปอนด์)	10	20
เวลา (นาที)	5	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.4 แผนผังวิธีการทดลองทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ ศึกษาการหาสาวะที่เหมาะสมในการสกัดเส้นใยอาหารจากกากถั่วเหลือง ด้วยวิธีการสกัดโดยไฮโดรเทอร์มอล โดยมีผลการทดลองดังนี้

4.1 องค์ประกอบทางเคมี

จากกากถั่วเหลืองที่นำไปอบแล้วบดให้ละเอียด แล้วนำมาศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของกากถั่วเหลือง พบว่ามีองค์ประกอบหลัก คือ โปรตีน 22.43% และ ใยอาหาร 7.52% และองค์ประกอบอื่นๆ ดังแสดงตามตารางที่ 4.1 ดังนี้

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีของกากถั่วเหลือง

องค์ประกอบ	ปริมาณ (%)
โปรตีน	22.43
ไขมัน	4.08
เถ้า	2.57
ใยอาหาร	7.52
ความชื้น	1.79

4.2 การหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการสกัดเส้นใยอาหารจากกากถั่วเหลืองด้วยกระบวนการไฮโดรไลซิสและไฮโดรเทอร์มอล

4.2.1 การออกแบบการทดลองแบบ Box-behnken Design

การหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการสกัดนี้ อาศัยการวิเคราะห์แบบ Box-behnken โดยใช้ปัจจัยที่แตกต่างกัน 3 ตัวแปร 3 ระดับคือ อุณหภูมิในการ Auto clave (องศาเซลเซียส) ความดัน (ปอนด์) และ เวลา (นาที) ได้ปริมาณผลผลิตของเส้นใยอาหารในแต่ละการทดลอง ดังตาราง 4.2 ได้ค่าร้อยละผลผลิตเส้นใยอาหารสูงสุดเท่ากับ 23.18% และต่ำสุดเท่ากับ 14.85%

ตารางที่ 4.2 ผลผลิตของเส้นใยอาหารที่ได้จากการสกัดด้วยกระบวนการไฮโดรไลซิสและไฮโดรเทอร์มอล

StdOrder	Auto clave temp	Pressure	Time	%Yeild
1	100	10	10	17.49
2	140	10	10	15.59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

StdOrder	Auto clave temp	Pressure	Time	%Yeild
3	100	20	10	18.01
4	140	20	10	15.01
5	100	1	5	17.21
6	140	15	5	15.82
7	100	15	15	18.21
8	140	15	15	16.24
9	120	10	5	19.15
10	120	15	5	20.17
11	120	10	15	20.28
12	120	20	15	20.02
13	120	15	10	21.94
14	120	15	10	23.18
15	120	15	10	21.05
16	100	10	10	17.24
17	140	10	10	15.98
18	100	20	10	18.42
19	140	20	10	14.85
20	100	15	5	16.98
21	140	15	5	15.94
22	100	15	15	18.13
23	140	15	15	17.01
24	120	10	5	19.54
25	120	20	5	20.63
26	120	10	15	20.82
27	120	20	15	20.71
28	120	15	10	22.72
29	120	15	10	22.54
30	120	15	10	23.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 การวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของผลผลิตร้อยละของเส้นใยอาหาร

Analysis of Variance

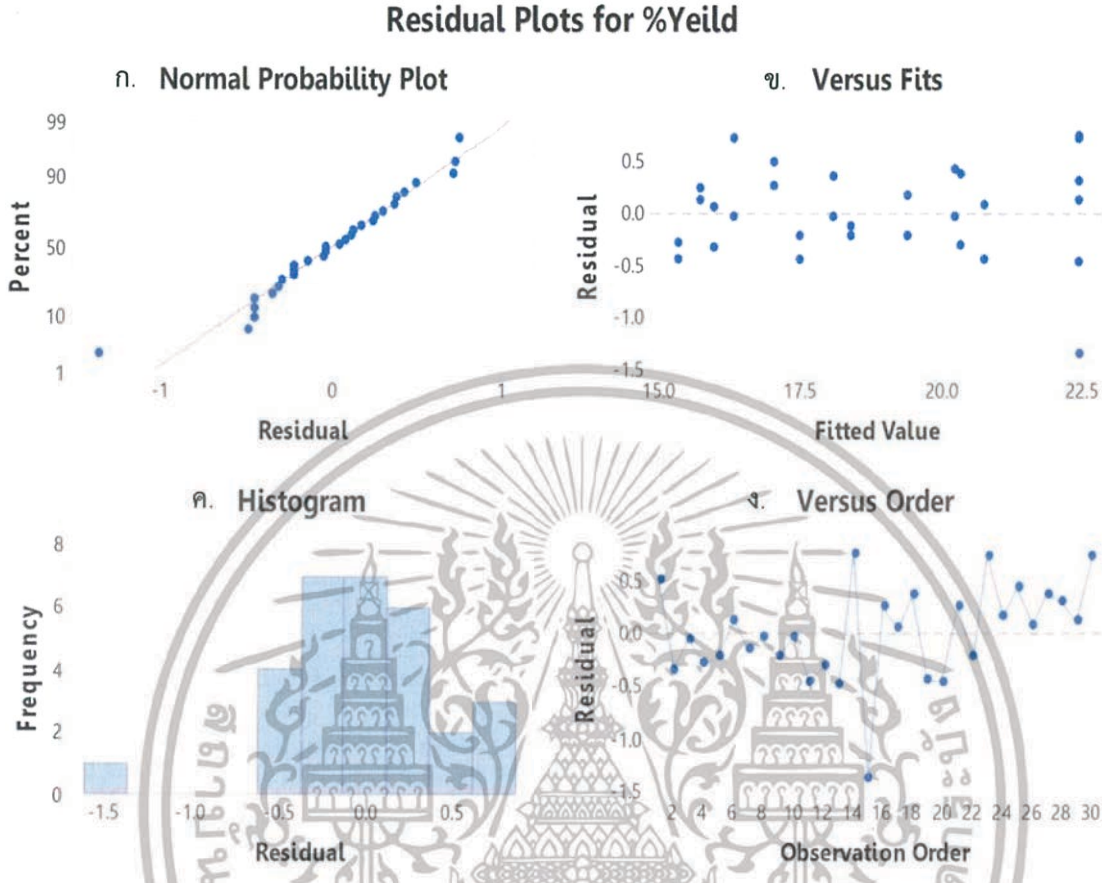
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	9	180.381	20.042	68.93	0.000
Linear	3	16.957	5.652	19.44	0.000
Auto clave temp	1	14.535	14.535	49.99	0.000
Pressure	1	0.187	0.187	0.64	0.432
Time	1	2.235	2.235	7.69	0.012
Square	3	161.147	53.716	184.74	0.000
Auto clave temp*Auto clave temp	1	152.111	152.111	523.15	0.000
Pressure*Pressure	1	12.790	12.790	43.99	0.000
Time*Time	1	6.627	6.627	22.79	0.000
2-Way Interaction	3	2.277	0.759	2.61	0.080
Auto clave temp*Pressure	1	1.454	1.454	5.00	0.037
Auto clave temp*Time	1	0.054	0.054	0.19	0.670
Pressure*Time	1	0.769	0.769	2.64	0.120
Error	20	5.815	0.291		
Lack-of-Fit	3	1.405	0.468	1.80	0.184
Pure Error	17	4.410	0.259		
Total	29	186.196			

S=0.539223 , R-sq=96.88% , R-sq(adj)= 95.47% , R-sq(pred)= 93.99%

จากตารางที่ 4.3 ค่าสมัประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) มีค่าเท่ากับ 96.88% จะสามารถสร้างสมการถดถอยเพื่อคำนวณหาร้อยละผลผลิตของเส้นใยอาหารได้ดังสมการที่ 4.1

$$\begin{aligned}\%\text{Yeild} = {} & -162.47 + 2.748\ \text{Auto clave temp} + 2.236\ \text{Pressure} + 1.118\ \text{Time} \\ & - 0.011346\ \text{Auto clave temp*Auto clave temp} - 0.05264\ \text{Pressure*Pressure} \\ & - 0.03789\ \text{Time*Time} - 0.00426\ \text{Auto clave temp*Pressure} \\ & - 0.00082\ \text{Auto clave temp*Time} - 0.01240\ \text{Pressure*Time} \end{aligned} \quad (4.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



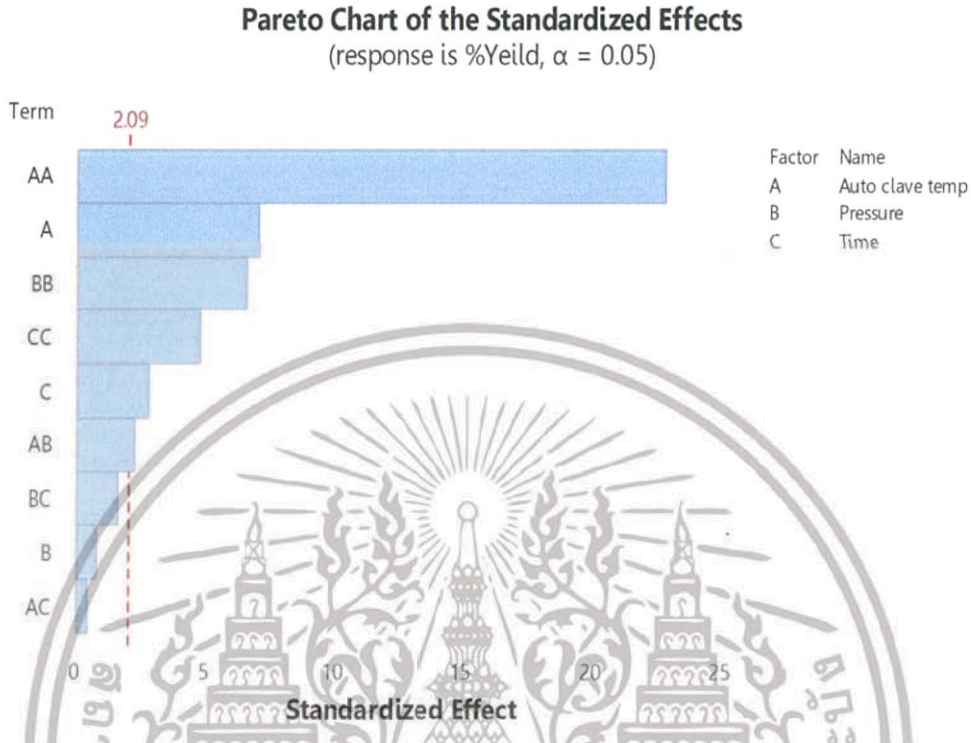
ภาพที่ 4.1 การแสดงผลผลิตของเส้นใยอาหาร (ก) กราฟความน่าจะเป็น (ข) กราฟแสดงความคลาดเคลื่อน (ค) แผนภูมิฮิสโตแกรม และ (ง) ความคลาดเคลื่อนกับลำดับการทดลอง

จาก Normal Probability Plot แสดงถึงการกระจายตัวของข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ เป็นการตรวจสอบการกระจายแบบปกติของค่าความผิดพลาด ซึ่งจุดของต่าง ๆ อยู่ใกล้เส้น Ideal normal แสดงให้เห็นว่าส่วนตกค้างของปริมาณผลผลิตมีความปกติ จึงสรุปได้ว่าส่วนตกค้าง (Residual) มีการแจกแจงแบบปกติ

จากกราฟ Versus Fits แสดงการตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวนในแต่ละระดับของปัจจัย เนื่องจากการกระจายข้อมูลที่ออกมา มีการกระจายอย่างสม่ำเสมอทั้งค่าบวกและลบ จึงไม่เป็นลักษณะของการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของความแปรปรวน แสดงว่าข้อมูลมีความเสถียรของความแปรปรวน

จากกราฟ Versus order แสดงการตรวจสอบข้อมูลที่เป็นอิสระต่อกัน แสดงค่าความผิดพลาด (Residuals) กับลำดับที่ของการทดลองจากการทดลองสุ่ม ค่าความผิดพลาดจึงมีทั้งค่าบวกและลบ เมื่อพิจารณาแผนภูมิพบว่า ข้อมูลมีการกระจายแบบสุ่ม จึงเป็นอิสระต่อกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ต

ในการทดลอง ซึ่งปัจจัยที่มีผลอย่างนัยสำคัญคือ

- ผลกระทบของอัตราส่วนระหว่างปริมาณกากถั่วเหลืองต่อความดัน (B)

- ผลกระทบร่วมของอัตราส่วนระหว่างปริมาณกากถั่วเหลืองต่ออุณหภูมิและอัตราส่วนระหว่างปริมาณกากถั่วเหลืองต่ออุณหภูมิ (AA)

- ผลกระทบร่วมของอัตราส่วนระหว่างปริมาณกากถั่วเหลืองต่ออุณหภูมิและอัตราส่วนระหว่างปริมาณกากถั่วเหลืองต่อความดัน (AB)

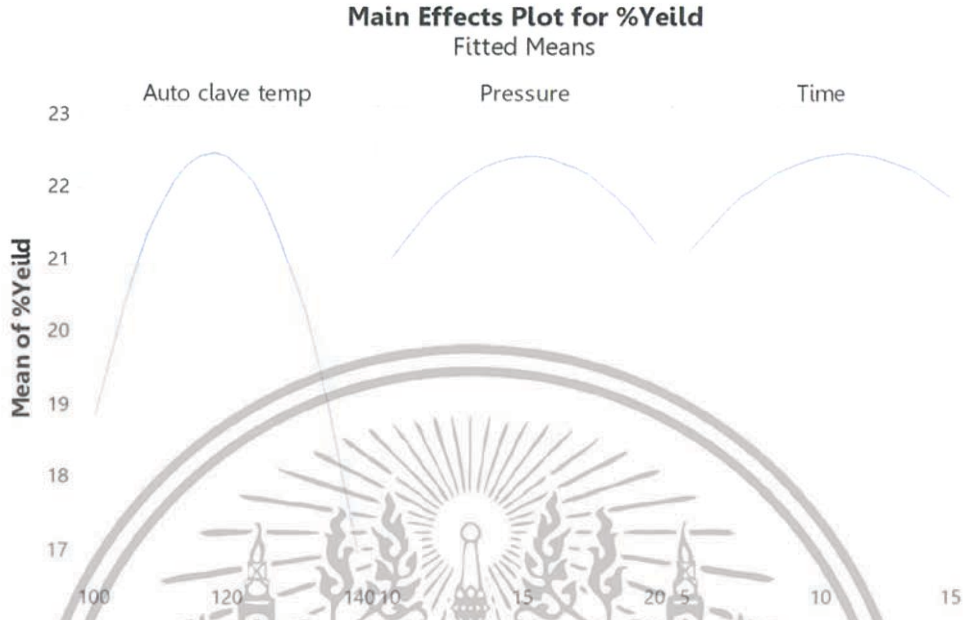
- ผลกระทบร่วมของอัตราส่วนระหว่างปริมาณกากถั่วเหลืองต่ออุณหภูมิและเวลาในการสกัด (AC)

- ผลกระทบร่วมของอัตราส่วนระหว่างปริมาณกากถั่วเหลืองต่อความดันและอัตราส่วนระหว่างปริมาณกากถั่วเหลืองต่อความดัน (BB)

- ผลกระทบร่วมของอัตราส่วนระหว่างปริมาณกากถั่วเหลืองต่อความดันและและเวลาในการสกัด (BC)

- ผลกระทบร่วมระหว่างเวลาในการสกัดและเวลาในการสกัด (CC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.3 แผนภูมิแสดงผลอุณหภูมิ Auto clave ความดัน และเวลา

ภาพที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่า ร้อยละของผลผลิตเส้นใยอาหารจะสูงที่สุด เมื่อมีอัตราส่วนระหว่างปริมาณกากถั่วเหลืองต่ออุณหภูมิ มีค่าเท่ากับ 1:118-122 จะให้ผลผลิตอยู่ในช่วง 22.2-22.4% และต่ำสุดเมื่ออัตราส่วนระหว่างปริมาณกากถั่วเหลืองต่ออุณหภูมิ ที่มีค่าเท่ากับ 1: 140 เนื่องจากว่า ที่อุณหภูมิสูงจะทำให้กากถั่วเหลืองไหม้และมีสีเข้ม ส่วนอุณหภูมิต่ำ กากถั่วเหลืองยังมีความชื้นอยู่ทำให้ผลที่ได้คลาดเคลื่อนและได้ผลผลิตกากใยอาหารน้อย

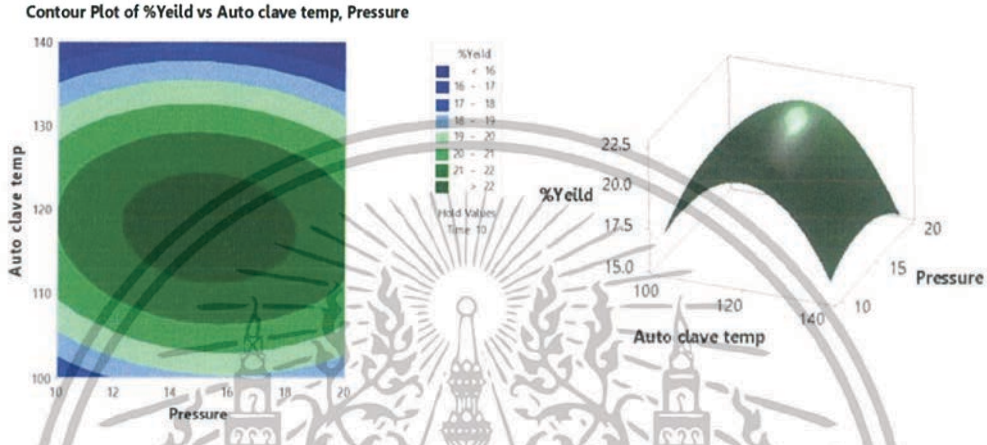
เมื่ออัตราส่วนปริมาณกากถั่วเหลืองต่อความดัน มีค่าเท่ากับ 1:13-17 จะได้ร้อยละผลผลิตสูงที่สุด 22.4 และมีค่าต่ำสุดถ้าหากใช้อัตราส่วนระหว่างปริมาณกากถั่วเหลืองต่อปริมาณกรด 1: 10 จะมีร้อยละผลผลิตเท่ากับ 21 เนื่องจากจากความดันสูงและต่ำจะทำให้ปริมาณในการอัดแก๊สไนโตเจนมากและน้อยกินไปทำให้ผลผลิตกากใยอาหารน้อย

เวลาในการ Auto claveที่ดีที่สุดคือ 10 นาที ให้ผลผลิตสูงสุดที่สุดคือ 13.0% และถ้าหากใช้เวลาการ Auto clave น้อยกว่าหรือมากกว่า 10 นาที จะทำให้ร้อยละผลผลิตลดน้อยลงด้วย

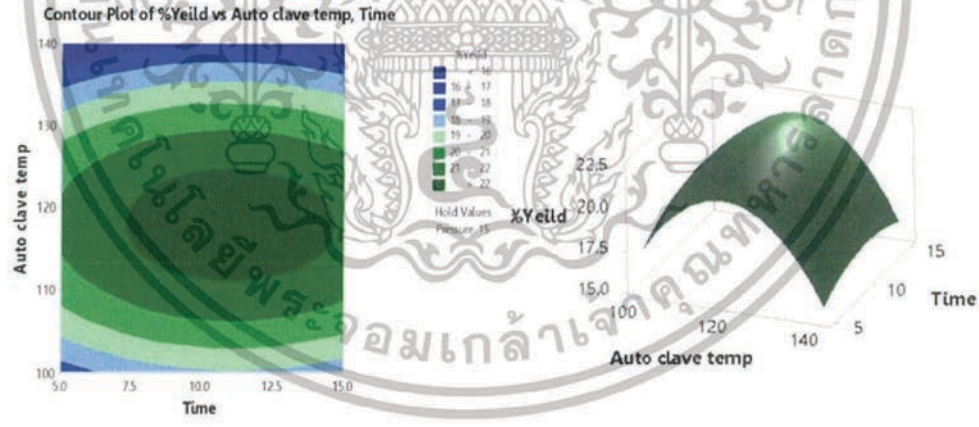
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 พื้นผิวสะท้อน (Response surface)

ภาพที่ 4.3-4.5 แสดงโครงร่างและพื้นผิวสะท้อนของ อัตราส่วนระหว่างอุณหภูมิต่อความดัน อัตราส่วนระหว่างอุณหภูมิต่อเวลา อัตราส่วนระหว่างความดันต่อเวลา ซึ่งแสดงผลลัพธ์ที่ดีที่สุด พบว่า ร้อยละของผลผลิตเส้นใยอาหารมีค่าสูง อัตราส่วนระหว่างอุณหภูมิ 114-124 องศาเซลเซียส และใช้ความดัน อยู่ที่ 12-17 ปอนด์

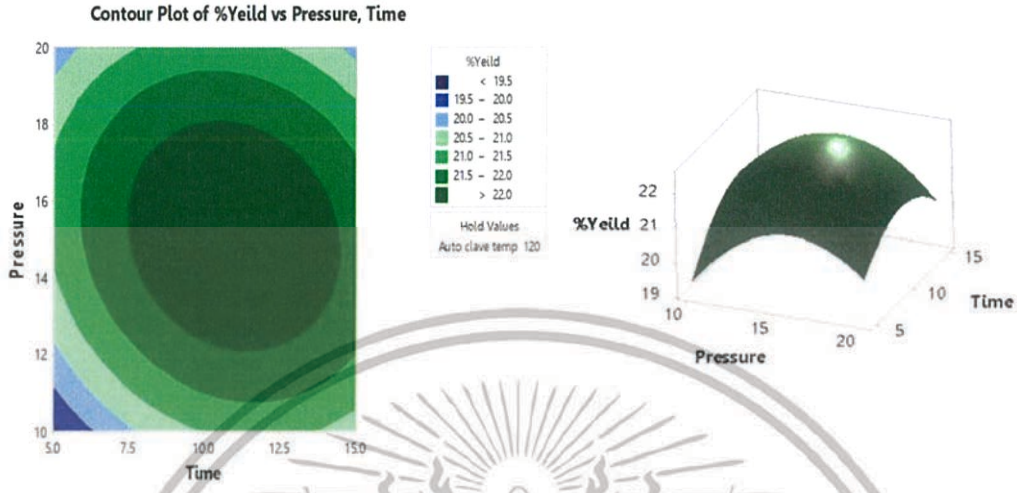


ภาพที่ 4.4 แผนภูมิโครงร่างและพื้นผิวสะท้อนระหว่างอุณหภูมิกับความดัน



ภาพที่ 4.5 แผนภูมิโครงร่างและพื้นผิวสะท้อนระหว่างอุณหภูมิกับเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.6 แผนภูมิโครงร่างและพื้นผิวสะท้อนระหว่างความดันกับเวลา

ภาพที่ 4.7 สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเส้นใยอาหาร

ภาพที่ 4.7 แสดงสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเส้นใยอาหารจากกากถั่วเหลืองด้วยกระบวนการไฮโดรไลซิสและไฮโดรเทอร์มอล โดยสภาวะที่เหมาะสมคือ อุณหภูมิ 118 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ และระยะ เวลา11 นาที และได้ค่าประมาณของผลผลิตเส้นใยอาหารที่เหมาะสมที่สุดคือ 22.52% และหลังจากที่ทำการทดลองได้ผลผลิตเส้นใยอาหาร คือ 22.48%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของเส้นใยอาหารจากกากถั่วเหลือง

4.3.1 วิเคราะห์ค่าสี

ทำการวิเคราะห์ค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี Minolta รุ่น CR400 ทำการวัดเส้นใยอาหารที่สกัดได้ รายงานผลเป็นค่า L*, a*, b* ซึ่งเป็นระบบการบรรยายสีแบบ 3 มิติ โดยที่แกน

- L* (Lightness) L* ใช้กาหนดค่าความสว่าง (Lightness) L = 0 สีที่ได้จะมืดเป็นสีดา L = 100 สีที่ได้จะสว่างเป็นสีขาว
- a* ใช้กาหนดสีแดง หรือสีเขียว a เป็น + วัตถุมีสีออกแดง a เป็น - วัตถุมีสีออกเขียว
- b* ใช้กาหนดสีเหลือง หรือสีน้าเงิน b เป็น + วัตถุมีสีออกเหลือง b เป็น - วัตถุมีสีออกน้ำเงิน

จากการทดลอง ได้ทำการวัดค่าสีของเส้นใยอาหารจากกากถั่วเหลือง มีค่าดังนี้ L* มีค่าอยู่ระหว่าง 53.17 หมายความว่าวัตถุสีเทา อยู่ประมาณกึ่งกลาง a* มีค่าอยู่ระหว่าง 5.63 หมายความว่าวัตถุมีสีค่อนไปทางสีแดงมาก b* มีค่า 14.74 หมายความว่าวัตถุมีสีค่อนไปทางสีเหลืองมาก

4.3.2 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ

ปริมาณน้ำอิสระ (water activity) เขียนย่อว่า a_w เป็นค่าที่แสดงระดับพลังงานของน้ำ มีความสำคัญต่ออายุการเก็บรักษา การเสื่อมเสีย และความปลอดภัยของอาหาร เป็นอัตราส่วนของความดันไอ (vapour pressure) ของน้ำในอาหาร(P) ต่อความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ (P_0) ที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน ค่า water activity มีค่า ตั้งแต่ 0-1 จำแนกได้ดังนี้

- อาหารสด (fresh food) เป็นอาหารที่เน่าเสียง่าย (perishable food) ที่มีค่า water activity มากกว่า 0.85 เช่น เนื้อสัตว์ ผัก ผลไม้ อาหารทะเล

- อาหารกึ่งแห้ง (intermediate moisture food) หมายถึง อาหารที่มีค่า water activity ระหว่าง 0.6-0.85 เช่น นมข้นหวาน ผลไม้แช่อิ่ม กุ้งปรุงรส

- อาหารแห้ง (dried food) หมายถึง อาหารที่มีค่า water activity น้อยกว่า 0.6 เช่น นมผง ผักผลไม้อบแห้ง กุ้งแห้ง น้ำผลไม้ผง เก็กฮวยชงดื่ม กระชายผงชงดื่ม หมูหยอง

ดังนั้น ทำการวัดค่าปริมาณน้ำอิสระด้วยเครื่อง Aqua Lab รุ่น 4TE พบว่ามีปริมาณน้ำอิสระ 0.3032 กากถั่วเหลืองมีลักษณะเป็นอาหารแห้งและเป็นผง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของกากถั่วเหลืองพบว่า มีปริมาณเถ้า 2.57% โปรตีน 22.43%, ไขมัน 4.08% ความชื้น 1.79% และ ปริมาณเยื่อใย 7.52% และการทดลองด้วยวิธี Box-Behnken Design (BBD) เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเส้นใยอาหารจากกากถั่วเหลือง โดยพิจารณา 3 ปัจจัย คือ อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) ความดัน (บาร์) และ และ เวลา (นาที) เมื่อทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเส้นใยโดยวิธีการ Auto clave คือ อุณหภูมิ 118 องศาเซลเซียส ความดัน 1 บาร์ และใช้เวลา 11 นาทีจะได้ร้อยละผลผลิตของเส้นใยอาหารจากกากถั่วเหลืองเฉลี่ย 22.48% จากการพิจารณา ผลกระทบแต่ละปัจจัยแต่ละชนิดพบว่า เมื่อเวลา และ ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิสูงที่ 140 องศาเซลเซียส และเวลา 15 นาที จะทำให้ผลผลิตของเส้นใยอาหารต่ำ และมีสีค่อนข้างไปทางสีน้ำตาลเข้ม ไม่เหมาะสมต่อการนำไปบริโภค เช่นเดียวกันกับที่ทำปฏิกิริยา ในอุณหภูมิต่ำเช่น ที่ อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 5 นาที ทำให้ได้ ผลผลิตของเส้นใยอาหารที่ดีกว่าอุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส แต่น้อยกว่าเมื่อเทียบกับกับ อุณหภูมิ 118 องศาเซลเซียส ดังนั้น ที่ อุณหภูมิ 118 องศาเซลเซียส ความดัน 1 บาร์ และใช้เวลา 11 นาที จะทำให้ผลผลิตของเส้นใยอาหารที่ดีที่สุด ซึ่งเส้นใยอาหารหลังจากทำปฏิกิริยา แล้วนำไปอบให้แห้ง แล้งนำมาบก มีลักษณะ เป็นผงที่ละเอียด และมีสีน้ำตาลอ่อน

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ในขั้นตอนการกรอง กากถั่วเหลืองจะติดอยู่ที่ผ้ากรอง ไม่ว่าจะเป็นในขั้นตอนการทรีทด้วยกรด หรือ ด่าง ซึ่งควรหาเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพมากกว่า ซึ่งจะส่งผลให้สูญเสียเส้นใยหรือกากทำให้ผลที่ได้มีความคลาดคเลื่อน

5.2.2 ภาชนะที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา หรือ เครื่อง Auto clave เมื่อนำเส้นใยออกมาจากอุปกรณ์ จะเห็นว่ามีเส้นใย ติดตามใบพัดของเครื่อง และติดกับภาชนะรองสารเล็กน้อย ควรจะตักหรือเขี่ยออกให้หมด เพื่อที่จะได้ผลที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

5.2.3 การกรองล้างด้วยกรดและด่างออกจากกาก ควรใช้น้ำกลั่นปริมาณมาก เพื่อล้างความเป็นกรด-ด่างออกให้หมด โดยใช้ pH Indicator วัดให้แน่ใจว่าล้างกากถั่วเหลือง ให้มีสถานะเป็นกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กาญจนา อมรอรช. 2562. **ถั่วเหลือง : มหัศจรรย์คุณค่าสารอาหาร ตอน 1.** [Online]. เข้าถึงได้จาก : www.rbru.ac.th/news/attach/2012-07-17-38684.pdf

กองบรรณาธิการ HONESTDOCS. 2562. **ไฟเบอร์ เส้นใยอาหารมาก คุณประโยชน์ ทำให้รู้สึกอิ่ม ไม่มีพลังงาน**. [Online]. เข้าถึงได้จาก : https://www.honestdocs.co/ fiber-benefits-energy

ดร.ประภัสสร ต้นติพันธุ์วดี. 2559. DOE for multi-stage processes. technology production & innomag production. 43 (248). 22-24.

ธนพงศ์ ปัญจิต. 2554. สหสัมพันธ์สำหรับจำลองคุณลักษณะของกระบวนการเชื่อมเลเซอร์. สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. 2562. **HYDROLYSIS / การไฮโดรไลซ์.** [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0373/hydrolysis

วราพันธุ์ จินตณวิชญ์ (นักวิชาการสัตวบาล). 2562. **ผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองสำหรับอาหารสัตว์.** [Online]. เข้าถึงได้จาก : https://siamagrisupply.com/page.php?content=news&id=67

AMPRO HEALTH. 2560. **เส้นใยอาหาร ประโยชน์จากธรรมชาติช่วยรักษาระดับน้ำตาลในเลือด.** [Online]. เข้าถึงได้จาก : https://amprohealth.com/magazine/food-fiber-reduce-sugar/

Araceli Redondo-Cuenca , Ma Jose´ Villanueva-Sua´rez, Inmaculada Mateos-Aparicio. 2008. Soybean seeds and its by-product okara as sources of dietary fibre. Measurement by AOAC and Englyst methods. Food Chemistry. 108. 1099-1105.

Jun Yang, Anhong Xiaob, Chunwei Wangb. 2014. Novel development and characterisation of dietary fibre from yellow soybean hulls. Food Chemistry. 161. 367-375.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MedThai. 2560. ถั่วเหลือง สรรพคุณและประโยชน์ของถั่วเหลือง. [Online]. เข้าถึงได้จาก : https://medthai.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
วิธีการคำนวณ

ก.1 ความชื้น

$$\%\text{ความชื้น} = \frac{(W - W_1)-(W- W_2)}{(W - W_1)} \times 100$$

เมื่อ W คือ น้ำหนักถ้วยอลูมิเนียม

W_1 คือ น้ำหนักถ้วยอลูมิเนียมและตัวอย่างก่อนอบ

W_2 คือ น้ำหนักถ้วยอลูมิเนียมและตัวอย่างหลังอบ

ก.2 เถ้า

$$\%\text{เถ้า} = \frac{(W_2 - W)}{(W_1 - W)} \times 100$$

เมื่อ W คือ น้ำหนักcrucible

W_1 คือ น้ำหนัก crucible และตัวอย่างก่อนเผา

W_2 คือ น้ำหนัก crucibleและตัวอย่างหลังเผา

ก.3 โปรตีน

$$\%\text{โปรตีน} = \frac{(A-B) \times N \times 14 \times 100}{W} \times 1000$$

เมื่อ A คือ ปริมาณของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรทกับตัวอย่าง

B คือ ปริมาณของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรทกับ blank

N คือ ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้

W คือ น้ำหนักตัวอย่าง

เมื่อได้ %ไนโตรเจนในอาหารแล้ว สามารถนำมาคำนวณหา %โปรตีน ได้จากสมการ

$$\%\text{โปรตีน} = \%\text{ไนโตรเจน} \times 6.25$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.4 ไขมัน

$$\%\text{ไขมัน} = \frac{(W_2 - W_1)}{W} \times 100$$

W คือ น้ำหนักตัวอย่าง

W_1 คือ น้ำหนักบีกเกอร์ไขมันก่อนการสกัด

W_2 คือ น้ำหนักบีกเกอร์ไขมันหลังการสกัด

ก.5 ใยอาหาร

$$\%\text{เส้นใยหยาบ} = \frac{(W_2 - W_1)}{W} \times 100$$

เมื่อ W คือ น้ำหนักตัวอย่าง

W_1 คือ น้ำหนัก crucible และตัวอย่างก่อนอบ

W_2 คือ น้ำหนัก crucibleและตัวอย่างหลังอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้