การสกัดแทนนินจากกากกาแฟ

TANNIN EXCTRACTED FROM SPENT COFFEE GROUNDS

กฤตเมธ แววรัตน์
จุฑามณี อูปต๊ะ
พัทธนันท์ ประจักษ์สุวิถี

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีอุตสาหกรรม)
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การสกัดแทนนินจากกากกาแฟ

TANNIN EXCTRACTED FROM SPENT COFFEE GROUNDS

T149292

กฤตเมธ แววรัตน์
จุฑามณี อูปต๊ะ
พัทธนันท์ ประจักษ์สุวิถี

วท.
ก205ก
2559
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....149292
วัน,เดือน,ปี.....30 ส.ค. 2561
b.12881880
i.....

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีอุตสาหกรรม)
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TANNIN EXCTRACTED FROM SPENT COFFEE GROUNDS

KRITTAMET WAEWRAT

JUTAMANEE UPATA

PATTHANAN PRAJAKSUVITHEE

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF

THE REQUIREMENT FOR

THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (INDUSTRIAL CHEMISTRY)

DEPARTMENT OF CHEMISTRY, FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ การสกัดแทนนินจากกากกาแฟ

TANNIN EXCTRACTED FROM SPENT COFFEE GROUNDS

ชื่อนักศึกษา นายกฤตเมธ แววรัตน์ 56050438

นางสาวจุฑามณี อูปต๊ะ 56050467

นางสาวพัทธนันท์ ประจักษ์สุวิถี 56050543

ปริญญา วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เคมีอุตสาหกรรม)

ภาควิชา เคมี

ปีการศึกษา 2559

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.สามารถ คงทวีเลิศ

คณะวิทยาศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เคมีอุตสาหกรรม) ประจำปีการศึกษา 2559

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.สมศักดิ์ วรมงคลชัย ประธานกรรมการ	
ผศ.ดร.มนตรี ทองคำ กรรมการ	
ดร.สามารถ คงทวีเลิศ กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การสกัดแทนนินจากกากกาแฟ	
ชื่อนักศึกษา	นายกฤตเมธ แววรัตน์	56050438
	นางสาวจุฑามณี อูปต๊ะ	56050467
	นางสาวพัทธนันท์ ประจักษ์สุวิถี	56050543
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เคมีอุตสาหกรรม)	
ภาควิชา	เคมี	
คณะ	วิทยาศาสตร์	
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)	
ปีการศึกษา	2559	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.สามารถ คงทวีเลิศ	

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการสกัดแทนนินจากกากกาแฟ ด้วยวิธีการสกัดภายใต้สภาวะเบส โดยศึกษาผลของร้อยละผลผลิตและ Stiasny number แล้วทำการออกแบบการทดลองด้วยวิธี 2^k factorial design ซึ่งได้ทำการศึกษาทั้งหมด 3 ปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิ เวลา และความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ พบว่าที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ได้ร้อยละผลผลิตเท่ากับ 45.4531 ซึ่งเป็นร้อยละผลผลิตที่มากที่สุด และที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 2.5 โดยน้ำหนัก ได้ร้อยละ Stiasny number เท่ากับ 13.225 ซึ่งเป็น Stiasny number ที่มากที่สุด จากนั้นได้ทำการพิสูจน์เอกลักษณ์ของกากกาแฟและแทนนินด้วยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) พบว่าในกากกาแฟมีแทนนินเป็นองค์ประกอบและเป็นแทนนินชนิดคอนเดนส์แทนนิน

คำสำคัญ: กากกาแฟ แทนนิน การสกัดภายใต้สภาวะเบส 2^k factorial design

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Tannin extracted from spent coffee grounds	
Students	Mr.Krittamet Waewrat	Student ID 56050438
	Miss Jutamanee Upata	Student ID 56050467
	Miss Patthanan Prajaksuvithee	Student ID 56050543
Degree	Bachelor of Science (Industrial Chemistry)	
Department	Chemistry	
Faculty	Science	
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)	
Academic Year	2016	
Advisor	Dr.Samart Kongtaweelert	

Abstract

The objective of this special project is to study the tannin extraction process from spent coffee grounds (SCG) through base extraction and used 2^k factorial design to study the effect of yield and stiasny number (SN). Among the extraction three key factors, namely extraction temperature, extraction time, and sodium hydroxide concentration. The result found that the optimum extraction yield is 45.4531% at the conditions of 80°C extraction temperature, 60 minutes extraction time, and 5% sodium hydroxide concentration and the highest SN is 13.225% at the conditions of 80°C extraction temperature, 20 minutes extraction time, and 2.5% sodium hydroxide concentration. The extracts were characterized by Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) and found that the SCG have condense tannin as a component.

Keywords: Spent coffee grounds, Tannin, Base extraction, 2^k factorial design

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษฉบับนี้ได้ตระหนักถึงการเพิ่มมูลค่าของเศษเหลือจากอุตสาหกรรมกาแฟ และสำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดีด้วยความกรุณาจากบุคคลหลายๆฝ่ายที่ให้ความร่วมมือซึ่งคณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณทุกๆท่านไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ ดร.สามารถ คงทวีเลิศ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษที่กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษา ตลอดจนชี้แนะแนวทางและให้ความช่วยเหลือในการตรวจสอบแก้ไขปัญหาข้อบกพร่องของโครงงานฉบับนี้ได้เป็นอย่างดีมาตลอด จึงขอกราบขอบพระคุณด้วยความเคารพเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณรศ.ดร.สมศักดิ์ วรมงคลชัย และผศ.ดร.มนตรี ทองคำ คณะกรรมการที่กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำ ตลอดจนตรวจสอบและแก้ไขเพิ่มเติม ทำให้โครงงานฉบับนี้ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ บริษัทเขาช่องอุตสาหกรรม 1979 จำกัด ที่เอื้อเฟื้อกากกาแฟเพื่อสนับสนุนให้โครงงานพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบพระคุณท่านคณาจารย์สาขาเคมีทุกท่านเป็นอย่างสูง ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาพร้อมทั้งให้คำแนะนำต่างๆ และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาเคมีรวมทั้งเจ้าหน้าที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ ที่อำนวยความสะดวกในด้านอุปกรณ์ สารเคมี และเครื่องมือต่างๆ ตลอดระยะเวลาในการทำโครงงานพิเศษฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ คุณโชติมา รัตนศักดิ์ปราการ ที่ให้ความช่วยเหลือดูแลและให้คำปรึกษาตลอดการทำโครงงานพิเศษนี้

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณ ครอบครัว สำหรับกำลังใจ และขอบคุณเพื่อนๆที่คอยให้ความช่วยเหลือจนโครงงานพิเศษฉบับนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

กฤตเมธ แววรัตน์
จุฑามณี อูปต๊ะ
พัทธนันท์ ประจักษ์สุวิถี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... ข

กิตติกรรมประกาศ..... ค

สารบัญ..... ง

สารบัญตาราง..... จ

สารบัญรูป..... ฉ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ..... 1

1.2 วัตถุประสงค์..... 2

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย..... 3

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4

2.1 ที่มาและความสำคัญของกากกาแฟ..... 4

2.2 องค์ประกอบของกากกาแฟ..... 6

2.3 องค์ประกอบทางเคมีและส่วนประกอบของแทนนิน..... 6

2.4 ประโยชน์ของแทนนิน..... 8

2.5 2^k factorial design..... 9

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 10

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย..... 11

3.1 สารเคมี..... 11

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์..... 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.3 ขั้นตอนการทดลอง..... 12

3.3.1 การออกแบบการทดลองด้วยวิธี 2^k factorial design..... 12

3.3.2 ขั้นตอนการเตรียมโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ และ 2.5 เปอร์เซ็นต์..... 13

3.3.3 ขั้นตอนการสกัดโดยศึกษาผลของอุณหภูมิ เวลา และความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์..... 13

3.3.4 Stiasny number..... 13

บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล..... 14

4.1 ผลของอุณหภูมิ เวลา และความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่มีผลต่อร้อยละผลผลิตของสารที่สกัดได้จากกากกาแฟโดยการสกัดภายใต้สภาวะเบส..... 14

4.2 การทำนายผลของร้อยละผลผลิตโดยใช้วิธี 2^k factorial design..... 16

4.3 ผลของอุณหภูมิ เวลา และความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีผลต่อ Stiasny Number..... 19

4.4 การทำนายผลของ Stiasny number โดยใช้วิธี 2^k factorial design..... 21

4.5 การพิสูจน์เอกลักษณ์โดยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)..... 24

4.5.1 การพิสูจน์เอกลักษณ์ของกากกาแฟที่ยังไม่ผ่านระบวนการสกัดและกากกาแฟที่ผ่านกระบวนการสกัด..... 24

4.5.2 การพิสูจน์เอกลักษณ์ของแทนนิน..... 25

4.5.3 การพิสูจน์เอกลักษณ์ของแทนนินที่ทำปฏิกิริยากับฟอร์มัลดีไฮด์..... 26

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 27

5.1 สรุปผลการทดทอง..... 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

5.2 ข้อเสนอแนะ..... 28

เอกสารอ้างอิง..... 29

ภาคผนวก..... 31

ภาคผนวก ก..... 32

ภาคผนวก ข..... 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1.1 แสดงถึงผลผลิตและอันดับของประเทศที่ผลิตกาแฟได้สูงที่สุดในโลกปี 2558..... 1

2.1 แสดงกระบวนการสกัดแทนนิน..... 9

3.1 ตารางแสดงการกำหนดตัวแปรและระดับของตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง..... 12

3.2 ตารางออกแบบการทดลอง..... 12

4.1 แสดงถึงผลของอุณหภูมิ เวลา และความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีผลต่อร้อยละผลผลิต ของสารที่สกัดได้..... 14

4.2 ตารางแสดงการกำหนดตัวแปรและระดับของตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง..... 16

4.3 ตารางออกแบบการทดลอง..... 16

4.4 ตารางผลหลักที่มีผลต่อการทดลอง..... 17

4.5 วิเคราะห์ความแปรปรวน(ANOVA) ของร้อยละผลผลิต..... 18

4.6 แสดงถึงผลของอุณหภูมิ เวลา และความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่มีผลต่อ Stiasny Number..... 19

4.7 ตารางแสดงการกำหนดตัวแปรและระดับของตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง..... 21

4.8 ตารางออกแบบการทดลอง..... 21

4.9 ตารางผลหลักที่มีผลต่อการทดลอง..... 22

4.10 วิเคราะห์ความแปรปรวน(ANOVA) ของ Stiasny Number..... 23

4.11 ตารางเปรียบเทียบระหว่างกากกาแฟที่ยังไม่ผ่านกระบวนการสกัดกับกากกาแฟที่ผ่าน กระบวนการสกัด..... 25

4.12 ตารางแสดงหมู่ฟังก์ชันต่างๆของแทนนิน..... 26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 รูปภาพแสดงส่วนประกอบของผลกาแฟ..... 5

2.2 รูปเมล็ดกาแฟสายพันธุ์ อาราบิก้า และ โรบัสต้า..... 5

2.3 แสดงโครงสร้างแกลโลแทนนินและเอลลาจิกแทนนิน..... 7

2.4 แสดงโครงสร้างไฮโดรไลซ์แทนนินและคอนเดนส์แทนนิน..... 7

4.1 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบร้อยละผลผลิตที่สภาวะต่างๆ..... 15

4.2 กราฟแสดงปัจจัยที่ส่งผลต่อร้อยละผลผลิตในการสกัดแทนนินจากกากกาแฟ..... 17

4.3 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบ Stiasny number ที่สภาวะต่างๆ..... 20

4.4 กราฟแสดงปัจจัยที่ส่งผลต่อ Stiasny number ในการสกัดแทนนินจากกากกาแฟ..... 22

4.5 กราฟการพิสูจน์เอกลักษณ์โดยเทคนิค FTIR ของกากกาแฟที่ยังไม่ผ่านกระบวนการสกัด..... 24

4.6 กราฟการพิสูจน์เอกลักษณ์โดยเทคนิค FTIR ของกากกาแฟที่ผ่านกระบวนการสกัดแล้วได้ร้อยละผลผลิตสูงที่สุด..... 24

4.7 กราฟการเปรียบเทียบระหว่างกราฟการพิสูจน์เอกลักษณ์โดยเทคนิค FTIR ของกากกาแฟที่ยังไม่ผ่านกระบวนการสกัดและกากกาแฟที่ผ่านกระบวนการสกัดแล้วได้ร้อยละผลผลิตสูงที่สุด..... 25

4.8 กราฟการพิสูจน์เอกลักษณ์โดยเทคนิค FTIR ของแทนนิน..... 26

4.9 กราฟการพิสูจน์เอกลักษณ์โดยเทคนิค FTIR ของแทนนินที่ทำปฏิกิริยากับฟอร์มัลดีไฮด์..... 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันกาแฟเป็นเครื่องดื่มที่ได้รับความนิยมอันดับต้นๆของโลก ซึ่งทำจากเมล็ดกาแฟคั่วที่ได้จากต้นกาแฟ โดยผลผลิตกาแฟที่ผ่านมานั้นเพิ่มขึ้นจาก 8.425 ล้านตัน ในปี 2553-2554 เป็น 8.972 ล้านตัน ในปี 2557-2558 หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.07 ต่อปี [1] แบ่งเป็นพันธุ์อาราบิก้าร้อยละ 62 และพันธุ์โรบัสต้าร้อยละ 38 ของผลผลิตทั้งหมด ซึ่งประเทศที่เป็นผู้นำในการผลิตกาแฟ 5 อันดับแรกของโลกได้แก่ บลาซิล เวียดนาม โคลอมเบีย อินโดนีเซียและเอธิโอเปีย ตามลำดับ ตามตารางที่1.1

ตารางที่1.1 แสดงถึงผลผลิตและอันดับของประเทศที่ผลิตกาแฟได้สูงที่สุดในโลกปี 2558 [2]

ประเทศ	ผลผลิต (ตัน)
บลาซิล	2,964,000
เวียดนาม	1,758,000
โคลอมเบีย	804,000
อินโดนีเซีย	636,300
เอธิโอเปีย	390,000
รวมทุกประเทศ	9,007,320

กาแฟจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของไทย ที่ทำรายได้ให้เกษตรกรปีละประมาณ 3 พันล้านบาท และที่ผ่านมากาแฟเป็นเครื่องดื่มที่นิยมบริโภคกันมากขึ้น ส่งผลให้ธุรกิจกาแฟเป็นธุรกิจที่มีการขยายตัวและมีการแข่งขันสูงและจากการขยายตัวของธุรกิจกาแฟสด พบว่ามีเศษเหลือจากกระบวนการผลิตกาแฟสดเป็นจำนวนมาก ซึ่งเศษเหลือจากกระบวนการผลิตกาแฟสดได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื้อของผลกาแฟ ประมาณ 55 เปอร์เซ็นต์ และเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ ประมาณ 29 เปอร์เซ็นต์ และในแต่ละปีมีเศษเหลือจากกาแฟมีประมาณ 6 ล้านตันทั่วโลก ซึ่งส่วนใหญ่เศษเหลือเหล่านี้ไม่ค่อยได้นำไปใช้ประโยชน์มากนัก[10] จึงทำให้มีการศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับกากกาแฟถึงการนำไปใช้ประโยชน์หรือการเพิ่มมูลค่ามากขึ้น ทำให้ทราบว่าองค์ประกอบหลักของกากกาแฟอุตสาหกรรม ได้แก่ คาเฟอีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และสารประกอบจำพวกฟีนอลิก โดยมีแทนนินที่มีโมเลกุลใหญ่และโครงสร้างซับซ้อนเป็นองค์ประกอบ แทนนินสามารถพบได้ทั่วไปในพืชหลายชนิดเช่น ใบมัน-สำปะหลัง เปลือกกล้วย เปลือกมังคุด ฯลฯ โดยแทนนินมีสองชนิดคือ ไฮโดรไลเซเบิล แทนนิน (Hydrolysable tannins) เป็นชนิดของแทนนินที่ประกอบด้วยโครงสร้างของสาร 2 กลุ่ม คือส่วนที่เป็นน้ำตาลและส่วนที่เป็นกรดฟีนอลิก พบมากในส่วนของใบและฝัก และ คอนเดนส์แทนนิน (Condensed tannins) ที่เป็นสารประกอบโพลีฟีนอล พบในส่วนเปลือกและแก่นไม้เป็นส่วนใหญ่ แทนนินที่สกัดได้นิยมใช้ในอุตสาหกรรมฟอกหนัง อุตสาหกรรมอาหารและยา ใช้ผลิตสีหรือกาวไม้อัด ฯลฯ

ในโครงงานพิเศษนี้จึงได้นำกากกาแฟที่เป็นเศษเหลือปริมาณมากจากกระบวนการผลิตในภาคอุตสาหกรรมมาดำเนินการวิจัย เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการสกัดแทนนิน โดยคำนึงถึงอุณหภูมิในการสกัด เวลาในการสกัด และความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยใช้วิธีการสกัดภายใต้สภาวะเบส เพื่อหาร้อยละของผลผลิตที่ได้และค่า Stiasny number ที่ดีที่สุดในการสกัดเพื่อให้ได้แทนนินที่มีปริมาณสูง โดยแทนนินที่ได้จากกากกาแฟที่ผ่านการสกัดแล้วจะถูกนำไปตรวจพิสูจน์เอกลักษณ์ด้วยเครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1) ศึกษากระบวนการสกัดแทนนินจากกากกาแฟ ภายใต้สภาวะเบส
2) ศึกษาผลของอุณหภูมิ เวลา และความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีผลต่อร้อยละผลผลิตและปริมาณแทนนิน
3) ศึกษาการออกแบบการทดลองโดยใช้เทคนิค 2^k factorial design

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1) สกัดแทนนินจากกากกาแฟภายใต้สภาวะเบส โดยทำการควบคุมสภาวะ ดังนี้
   1.1 อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียส
   1.2 เวลา 20 และ 60 นาที
   1.3 ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2.5 และ 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
2) หาสภาวะที่ดีที่สุด ที่ทำให้ได้ร้อยละของผลผลิตและปริมาณแทนนินสูงที่สุด
   2.1 วิเคราะห์ร้อยละของผลผลิตของสารที่สกัดได้
   2.2 วิเคราะห์ปริมาณแทนนินที่สกัดได้ โดยใช้ Stiasny number
3) ทำการออกแบบการทดลองโดยใช้เทคนิค 2^k factorial design
4) วิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของกากกาแฟที่ยังไม่ผ่านกระบวนการสกัด กากกาแฟที่ผ่านกระบวนการสกัดแล้ว แทนนิน และแทนนินที่ทำปฏิกิริยากับฟอร์มัลดีไฮด์ ด้วยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) สามารถสกัดแทนนินจากกากกาแฟให้มีปริมาณที่สูง
2) ทราบถึงสภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดแทนนินจากกากกาแฟ
3) สามารถเพิ่มมูลค่าและประโยชน์จากเศษเหลือจากกระบวนการชงกาแฟได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ที่มาและส่วนประกอบของกาแฟ [3]

กาแฟมีรากแก้ว และมีรากแขนงแตกออกมาประมาณ 4 ถึง 8 ราก ซึ่งรากแขนงจะมีรากฝอย และจากรากฝอยจะมีรากแตกออกมาอีกเป็นรากสำหรับดูดอาหาร รากชนิดนี้มีจำนวนประมาณ 60 ถึง 80 เปอร์เซ็นต์ จะแผ่กระจายในระดับผิวดินลึก ประมาณ 20 เซนติเมตร

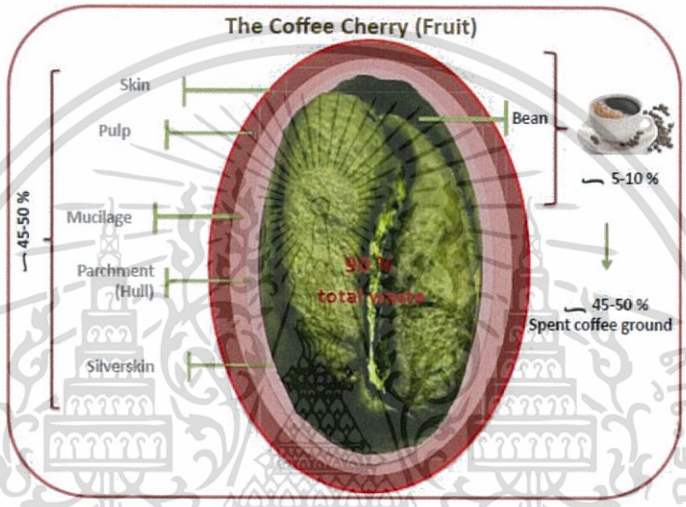
ลำต้นและกิ่ง มีลักษณะเป็นข้อและปล้อง ในขณะที่ต้นกาแฟยังมีขนาดเล็กจะเห็นได้ชัด โดยใบจะอยู่ตามข้อของลำต้น เมื่อต้นโตขึ้นใบจะร่วงหล่นไป และโคนใบของกาแฟมีตา 2 ชนิด คือ ตาบน และตาล่าง ตาบนจะแตกกิ่งออกมาเป็นกิ่งแขนงที่ 1 เป็นกิ่งลักษณะนอนขนานกับพื้นดินมีข้อและปล้อง แต่ละข้อของกิ่งแขนงนี้จะมีกลุ่มตาดอกที่จะติดดอกเป็นผลกาแฟต่อไป ส่วนตาล่างจะแตกออกเป็นกิ่งตั้ง กิ่งตั้งจะตั้งตรงขึ้นไปเหมือนลำต้น ไม่ติดดอกผล แต่สามารถสร้างกิ่งแขนงที่สามารถให้ดอกผล เรียกเป็นกิ่งแขนงที่ 1 เช่นกัน กิ่งแขนงที่ 1 สามารถแตกกิ่งแขนงต่อไปได้อีกเป็นกิ่งแขนงที่ 2 และกิ่งแขนงที่ 2 สามารถแตกเป็นกิ่งแขนงที่ 3 ได้อีก กิ่งแขนงเหล่านี้จะเกิดในลักษณะเป็นคู่สลับเยื้องกันบนลำต้นหรือกิ่งตั้ง เมื่อมีการตัดลำต้นกาแฟ ตาล่างบนลำต้นจะแตกกิ่งตั้งขึ้นมา กิ่งตั้งจะแตกเป็นกิ่งแขนงที่ 1 กิ่งที่ 2 และ 3

ลักษณะใบของกาแฟเป็นใบเลี้ยงเดี่ยว ก้านใบสั้น โคนใบและปลายใบเรียวแหลม ตรงกลางใบกว้าง ผิวใบเรียบ นุ่มเป็นมัน ขอบใบหยักเป็นคลื่น ขนาดของใบขึ้นกับพันธุ์กาแฟ ใบจะเกิดที่ข้อเป็นคู่ตรงข้ามกัน ส่วนปากใบอยู่ด้านท้องใบ แต่ละใบจะมีปากใบประมาณ 3 ล้านถึง 6 ล้านรู ปากใบของกาแฟโรบัสต้ามีขนาดเล็กกว่าปากใบของกาแฟอาราบิก้า แต่มีจำนวนมากกว่า อายุใบประมาณ 250 วัน

ดอกกาแฟจะมีลักษณะเป็นดอกเดี่ยว มีกลีบดอก จำนวน 4 ถึง 9 กลีบ กลีบเลี้ยง จำนวน 4 ถึง 5 ใบ มีเกสร 5 อัน รังไข่ 2 ห้อง แต่ละห้องของรังไข่จะมีไข่ 1 ใบ ผลกาแฟจึงมี 2 เมล็ด ดอกกาแฟจะออกเป็นกลุ่มๆ บริเวณโคนใบบน ข้อของกิ่งแขนงที่ 1 แขนงที่ 2 หรือ 3 กลุ่มดอกแต่ละข้อมีดอกจำนวน 2 ถึง 20 ดอก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของต้นตา ดอกจะออกจากกิ่งแขนงจากข้อที่อยู่ใกล้ลำต้นออกไปหาปลายกิ่งแขนง ปกติกาแฟจะออกดอกตามข้อของกิ่ง ข้อที่ออกดอกผลแล้วในปีต่อไปจะไม่ออกดอกและให้ผลอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของกาแฟมีลักษณะคล้ายลูกหว้า รูปรี ก้านผลสั้น ผลดิบสีเขียว เมื่อเวลาผลสุกจะมีสีเหลือง สีส้ม สีแดง ผลของกาแฟจะแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ 1 เปลือก (Skin) 2. เนื้อ (Pulp) มีสีเหลือง เมื่อสุกมีรสหวาน 3. กะลา (Parchment) จะห่อหุ้มเมล็ด ช่วงระหว่างเมล็ดกับกะลาจะมีเยื่อบางๆ หุ้มเมล็ดอยู่ เรียกว่า เยื่อหุ้มเมล็ด (Silver Skin) ผลกาแฟแต่ละผลจะมี 2 เมล็ดประกบกัน ด้านที่ประกบกันจะอยู่ด้านในมีลักษณะแบน มีร่องบริเวณกลางเมล็ด 1 ร่อง ส่วนด้านนอกมีลักษณะโค้ง ลักษณะเมล็ดจะเป็นเดี่ยวหรือเมล็ดโทน (Pea Bean, Pea Berry) ในบางครั้งหากการผสมเกสรไม่สมบูรณ์ จะทำให้ผลติดเมล็ดเพียงเมล็ดเดียว [4]



รูปที่ 2.1 รูปภาพแสดงส่วนประกอบของผลกาแฟ [5]

โดยกาแฟมีอยู่ 2 สายพันธุ์ ที่มีความสำคัญทางการค้า คือ Coffee arabica L. และ Coffee - canephora โดย Coffee canephora นี้จะรู้จักกันในชื่อของโรบัสต้า(Robusta) องค์ประกอบที่แตกต่างกันระหว่าง โรบัสตา เมื่อเทียบกับ อาราบิก้า คือ โรบัสตาจะมี คาเฟอีน และ กรดคลอโรเจนนิก มากกว่า ในขณะที่มี ไขมันน้อยกว่า [6]

รูปที่ 2.2 รูปเมล็ดกาแฟสายพันธุ์ อาราบิก้า และ โรบัสต้า [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 องค์ประกอบของกาแฟ [7]

กาแฟที่ยังไม่ผ่านกรรมวิธีประกอบด้วยไขมัน 31.47 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 9.78 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 1.13 เปอร์เซ็นต์ ความชื้น 65.42 เปอร์เซ็นต์ เส้นใยหยาบ 1.78 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ 2.19 เปอร์เซ็นต์ และคาเฟอีน 0.58 เปอร์เซ็นต์

เมล็ดกาแฟ 100 กรัม จะประกอบด้วย น้ำ 10-13 กรัม โปรตีนและกรดอะมิโนอิสระ ปริมาณ 11-16 กรัม ไขมันปริมาณ 12-14 กรัม ซูโครสและReducing sugar ปริมาณ 5-9 กรัม เซลลูโลสและโพลีแซคคาไรด์ อื่นๆปริมาณ 32-48 กรัม กรดคลอโรจีนิคและกรดอื่นๆ 10-15 กรัม ส่วนเถ้าและแร่-ธาตุ 4 กรัม ปริมาณสารคาเฟอีนในกาแฟอาราบิก้ามีประมาณ 0.6-1.7 เปอร์เซ็นต์ และในโรบัสต้ามีประมาณ 1.5-3.3 เปอร์เซ็นต์

กาแฟเป็นหนึ่งในสินค้าทางการเกษตรที่มีการซื้อขายกันมากที่สุดในโลก จึงมีเศษเหลือจากกระบวนการผลิตกาแฟสดจำนวนมาก เมื่อนำกากกาแฟ (Spent coffee ground, SCG) มาวิเคราะห์พบว่ามี โปรตีนประมาณ 10.3-12.2 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 15.2-17.9 เปอร์เซ็นต์ เซลลูโลส 13.2-18.4 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งกากกาแฟมีปริมาณเส้นใยค่อนข้างสูงทั้งในรูปเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส ประมาณ 45.3 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังมีปริมาณของน้ำตาลแมนแนน (Mannan) 46.8 เปอร์เซ็นต์ กาแลคโตส (Galactose) 30.4 เปอร์เซ็นต์ กลูโคส (Glucose) 19.0 เปอร์เซ็นต์ และอะราบีโนส (Arabinose) 3.8% ซึ่งน้ำตาลแมนแนนจัดได้ว่าเป็นน้ำตาลที่มีมากในกากกาแฟและยังพบว่ามีปริมาณแอนตี้ออกซิ-แดนท์ (Antioxidant) 0.10 Mm Fe/g SCG และปริมาณฟีนอล 16 mg GAE/g SCG

2.3 องค์ประกอบทางเคมีและประโยชน์ของแทนนิน [8]

แทนนิน (tannin, tannic acid) ถูกค้นพบครั้งแรกเมื่อ ค.ศ.1796 เรียกว่า tannare ที่มาจากภาษาลาติน แปลว่าเปลือกต้นโอ๊ค เป็นสารประกอบจำพวกโพลิฟีนอล (polyphenol) ที่มีโมเลกุลใหญ่น้ำหนักโมเลกุลอยู่ระหว่าง 500 ถึง 3,000 กรัมต่อโมล ละลายได้ในน้ำและมีโครงสร้างซับซ้อน มีสูตรโมเลกุล $C_{75}H_{52}O_{46}$ องค์ประกอบทางเคมีพื้นฐานที่พบในแทนนิน ได้แก่ น้ำตาล กรดแกลลิค กรดเอลลาจิค ฟลาโวนอยส์ ลิกแนนส์ สทิลบีนอยด์และคีโนนส์ โดยแทนนินมีจำหน่ายเป็นการค้าในรูปของกรดแทนนิก (tannic acid) แทนนินมี 2 ชนิดคือ

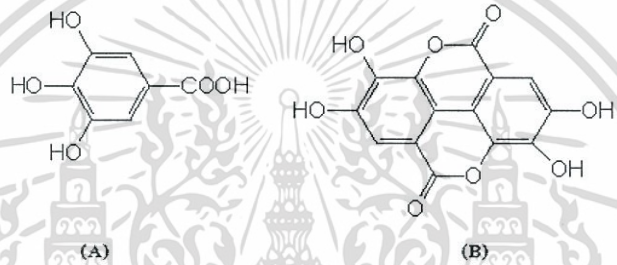
1. ไฮโดรไลซ์แทนนิน (Hydrolysable tannins) เป็นกลูโคสิดิก – ไกลโคไซด์ของโพลิแกลลอย์ไกลโคไซด์ มีโครงสร้างประกอบด้วย2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ น้ำตาลและกรดฟีนอลิก บริเวณกึ่งกลางของไฮโดรไลซ์แทนนิน ประกอบด้วยหมู่ polyol carbohydrate ที่สามารถถูกแยกออกเป็นโมเลกุลเล็กๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ เมื่อทำปฏิกิริยากับกรดอ่อนหรือเบสอ่อนจะได้เป็นคาร์โบไฮเดรตและกรดฟีนอลิก แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อยดังนี้

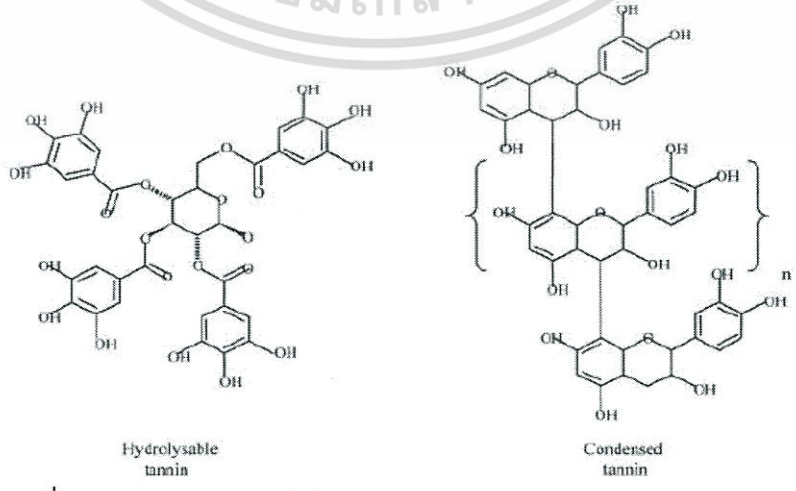
1.1 แกลโลแทนนิน (Gallotannins) เป็นสารประกอบที่ประกอบด้วยกรดแกลลิกเชื่อมต่อกับน้ำตาลกลูโคสด้วยพันธะเอสเทอร์ เมื่อไฮโดรไลซ์ด้วยกรดจะได้กรดแกลลิกและน้ำตาลกลูโคส

1.2 เอลลาจิกแทนนิน (Ellagitannins) เป็นกลุ่มของสารประกอบพอลิฟีนอลที่ประกอบด้วยกรดเฮกซะไฮดรอกซีไดฟีนิกส์กับน้ำตาลเอลลาจิกแทนนิน เมื่อไฮโดรไลซ์ด้วยกรด ส่วนของกรดเฮกซะไฮดรอกซีไดฟีนิกส์จะแยกตัวออกและเกิดปฏิกิริยา Lactonization ให้กรดเอลลาจิก



รูปที่ 2.3 แสดงโครงสร้างแกลโลแทนนินและเอลลาจิกแทนนิน [8]

2. คอนเดนส์แทนนิน (Condensed tannins) หรือเรียกอีกอย่างว่าโปรแอนโทรไซยานิน (proanthrocyanin) เป็นสารประกอบที่มีโมเลกุลใหญ่และซับซ้อนมากกว่าไฮโดรไลซ์แทนนิน โครงสร้างโพลีฟีนอลกลุ่มนี้เป็นอนุพันธ์ของสารประกอบในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids) มีความคงตัวสูง สลายตัวด้วยน้ำยากกว่าไฮโดรไลซ์แทนนิน เมื่อทำปฏิกิริยากับเกลือของเฟอร์ริก (Ferric) เช่นเฟอร์ริกคลอไรด์ (Ferric Chloride) จะเกิดการตกตะกอนได้สีน้ำตาลเขียว



รูปที่ 2.4 แสดงโครงสร้างไฮโดรไลซ์แทนนินและคอนเดนส์แทนนิน [9]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ประโยชน์ของแทนนิน [10]

2.4.1 ใช้เป็นสารฟอกหนังสัตว์ โดยแทนนินจะทำปฏิกิริยากับโปรตีนทำให้โปรตีนตกตะกอน หนังจะมีสีและไม่เน่าเสียหลังจากการฟอก แทนนินจากพืชจะเป็นตัวป้องกันการทำลายหนังสัตว์โดยแบคทีเรียและเปลี่ยนสภาพของหนังให้มีความอ่อนนุ่ม ไม่แข็งกระด้าง

2.4.2 ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องดื่ม อาทิ เบียร์ ไวน์ ชา และกาแฟ เพื่อให้มีสีใส และมีรสขมฝาด การป้องกันการเหม็นหืน การป้องกัน และต้านเชื้อแบคทีเรียในอาหาร ป้องกันการเน่าเสีย

2.4.3 ใช้เคลือบยา อาหารหรืออาหารเสริมในรูปของส่วนผสมหรือแคปซูลสำหรับป้องกันการย่อยตัวยาบริเวณกระเพาะอาหารเพื่อให้ถูกดูดกลืนบริเวณลำไส้มากที่สุด

2.4.4 ใช้เป็นตัวยารักษาโรคเบาหวาน โดยทำหน้าที่ควบคุมความสมดุลของการหลั่งฮอร์โมนจากตับอ่อน เป็นยารักษาโรคที่เกิดจากไวรัส และเป็นยาปฏิชีวนะ

2.4.5 ใช้แทนนินเป็นสารจับกับโปรตีน และไอออนของโลหะในกระบวนการผลิตอาหาร เครื่องดื่ม เพื่อกำจัดกลิ่น รสที่ไม่ต้องการ และตกตะกอนโลหะที่เจือปน

2.4.6 ใช้สำหรับผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดแทนการใช้ฟีนอลสังเคราะห์ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากปิโตรเคมี

2.4.7 ใช้แทนนินทำปฏิกิริยากับเจลาตินสำหรับใช้เคลือบอาหารบางชนิด เช่น เนื้อสัตว์ เพื่อยืดอายุการเก็บให้นานขึ้น

2.4.8 แทนนินสามารถรวมตัวกับเกลือของธาตุเหล็กได้เป็นสารประกอบสีเขียว สีน้ำเงิน จึงใช้ในอุตสาหกรรมการย้อมสีและทำหมึก แล้วยังทำให้สีติดแน่นทนทานอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงกระบวนการสกัดแทนนิน

กระบวนการสกัด	ข้อดี	ข้อเสีย
อินฟิวชั่น (Infusion) เป็นการสกัดโดยการต้มกับน้ำเดือด	ประหยัด	ได้ผลิตภัณฑ์ออกมาน้อย
มาเซอเรชัน (Maceration) เป็นการสกัดด้วยวิธีการหมัก โดยเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสม	สารจะไม่ถูกความร้อน	ใช้ตัวทำละลายมากและไม่นิยมใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย จึงเป็นการสิ้นเปลือง
Supercritical fluid extraction เป็นการใช้ของไหลยิ่งยวดในการสกัด โดยของไหลเกิดจากการเพิ่มความดันและอุณหภูมิจนเกินจุดวิกฤต	มีความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์	สิ้นเปลืองพลังงานมาก
การสกัดด้วยตัวทำละลาย โดยใช้น้ำ แอลกอฮอล์ หรือตัวทำละลายอื่นๆ	เป็นวิธีที่ใช้อย่างกว้างขวาง	ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
การสกัดภายใต้สภาวะเบส โดยใช้สารโซเดียมไฮดรอกไซด์และให้ความร้อนพร้อมปั่นกวน	ง่าย รวดเร็ว ได้ผลผลิตมาก	สิ้นเปลืองสารที่ใช้ในการสกัด

2.5 2^k factorial design

การทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial Experiment) เป็นการทดลองที่มีหลายๆปัจจัย โดยแต่ละปัจจัยมีหลายระดับ ซึ่งการทดลองที่มีตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไปนอกจากจะเกิดอิทธิพลของปัจจัยหลักที่สนใจแล้วยังมีผลทำให้อิทธิพลของปัจจัยร่วม หรือปฏิสัมพันธ์ (Interaction) เปลี่ยนแปลงไปด้วย ซึ่งอิทธิพลของปัจจัยร่วมคือ ผลที่เกิดจากปัจจัยหนึ่งที่เปลี่ยนแปลง แล้วทำให้อิทธิพลของอีกปัจจัยหนึ่งเปลี่ยนแปลงด้วย การทดลองแบบแฟคทอเรียลที่ได้นำมาใช้อย่างแพร่หลายในทางปฏิบัติ คือ 2^k factorial design เป็นการทดลองที่มีจำนวนปัจจัยเท่ากับ k จำนวน โดยที่แต่ละปัจจัยมี 2 treatment เท่ากันทุกปัจจัย [11]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.6.1 Jiun Hor Low, Wan Aizan Wan Abdul Rahman, Jamarosliza Jamaluddin ศึกษาอิทธิพลของการสกัดแทนนินโดยมีตัวอย่างที่สภาวะต่างกัน 27 สภาวะ มีตัวแปร คือความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 25 และ 45 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 60 80 และ 100 องศาเซลเซียส เวลา 30 60 และ 90 นาที และสัดส่วนของเหลวต่อของแข็ง (liquid to solid ratio) 6 9 และ 12 โดยน้ำหนัก เพื่อหาร้อยละผลผลิต และ Stiasny number แล้วนำมาคำนวณทางสถิติ ผลที่ได้คือสภาวะที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เท่ากับ 45 เปอร์เซ็นต์ สัดส่วนของเหลวต่อของแข็งเท่ากับ 9 จะได้ ร้อยละผลผลิตมากที่สุด แต่สภาวะที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 90 นาที ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เท่ากับ 5 เปอร์เซ็นต์ สัดส่วนของเหลวต่อของแข็งเท่ากับเท่ากับ 6 จะได้ค่า Stiasny number สูงที่สุด [12]

2.6.2 วิศนีย์ ยิ่งประเสริฐ ศุภลักษณ์ พ่วงพี และ ธิเบศ พลการ ศึกษาผลของอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดแทนนินจากเปลือกไม้กระถินเทพาด้วยน้ำกลั่น เพื่อหลีกเลี่ยงการใช้ตัวทำละลายที่เป็นสารเคมี โดยใช้อุณหภูมิที่แตกต่างกัน 5 ระดับ 30 40 60 80 และ องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง และนำสารสกัดจากไม้กระถินเทพาไปวิเคราะห์หาค่าผลผลิตของสารสกัด ปริมาณสารโพลีฟีนอลทั้งหมด ค่า Stiasny number และปริมาณคอนเดนส์แทนนินเพื่อเป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพของอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด ผลของการศึกษาครั้งนี้พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดในการสกัดแทนนินจากเปลือกไม้กระถินเทพาด้วยน้ำกลั่น เป็นเวลา 4 ชั่งโมงคือ อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เพราะสารสกัดที่ได้มีคอนเดนส์แทนนินสูงที่สุด อย่างไรก็ตามการสกัดด้วยอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสกลับให้ผลผลิตของสารสกัดปริมาณมากที่สุด และสารสกัดที่ได้มีองค์ประกอบของสารโพลีฟีนอลทั้งหมด และค่า Stiasny number สูงที่สุดอีกด้วย [13]

2.6.3 L. Chupin, C. Motillon, F. Charrier-El Bouhtoury, A. Pizzi, B. Charrier ศึกษาการสกัด condensed tannins จากเปลือกสนที่สภาวะต่างกัน 3 สภาวะ คือ ความเข้มข้นของโซเดียม-ไฮดรอกไซด์เท่ากับ 1 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เท่ากับ 5 เปอร์เซ็นต์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เท่ากับ 1 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส โดยผสมเปลือกสน น้ำ โซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_3) และโซเดียมไฮโดรเจนซัลเฟต ($NaHSO_3$) พร้อมปั่นกวนและให้ความร้อน แล้วทำการตรวจพิสูจน์โดยใช้เครื่อง FTIR และ HPLC ผลที่ได้คือสภาวะที่ 2 ได้ร้อยละผลผลิตของสารสกัดมากที่สุด แต่ที่สภาวะที่ 3 ได้ปริมาณ polyphenolics และ Stiasny number สูงที่สุด [14]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่3

วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 สารเคมี

3.1.1 กากกาแฟ จากบริษัทเขาช่องอุตสาหกรรม 1979 จำกัด

3.1.2 โซเดียมไฮดรอกไซด์

3.1.3 กรดไฮโดรคลอริก 10 โมลาร์ Analytical reagent grade.

3.1.4 ฟอร์มัลดีไฮด์ 37 เปอร์เซ็นต์ Analytical reagent grade.

3.1.5 น้ำมันพาราฟิน

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 คอนเดนเซอร์

3.2.2 ฮอทเพลท

3.2.3 วอเตอร์บาท

3.2.4 กระจกนาฬิกา

3.2.5 กระบอกตวง 10 มิลลิลิตร

3.2.6 ขวดปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร

3.2.7 เทอร์โมมิเตอร์

3.2.8 แท่งแก้ว

3.2.9 ขวดก้นกลม

3.2.10 ช้อนตักสาร

3.2.11 กรวยกรองบูชเนอร์

3.2.12 ชุดอุปกรณ์เครื่องแก้ว

3.2.13 ขวดลดความดัน

3.2.14 กระดาษกรอง เบอร์ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ขั้นตอนการทดลอง

3.3.1 การออกแบบการทดลองด้วยวิธี 2^k factorial design

กำหนดให้อุณหภูมิ เวลา และความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นตัวแปรต่างๆดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงการกำหนดตัวแปรและระดับของตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง

ปัจจัย	ตวามหมาย	ระดับของปัจจัย		หน่วย
		สูง (+1)	ต่ำ (-1)	
A	อุณหภูมิ	100	80	องศาเซลเซียส
B	เวลา	60	20	นาที
C	ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์	5	2.5	ร้อยละโดยน้ำหนัก

จากนั้นนำระดับของตัวแปรดังกล่าวมาออกแบบการทดลอง โดยทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง จะได้รูปแบบดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ตารางออกแบบการทดลอง

ลำดับ	รูปแบบการทดลอง	A	B	C
1	[1]	-1	-1	-1
2	a	1	-1	-1
3	b	-1	1	-1
4	c	-1	-1	1
5	ab	1	1	-1
6	ac	1	-1	1
7	bc	-1	1	1
8	abc	1	1	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 ขั้นตอนการเตรียมโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ และ 2.5 เปอร์เซ็นต์

3.3.2.1 ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 กรัม

3.3.2.2 ละลายด้วยน้ำกลั่น

3.3.2.3 ปรับปริมาตรในขวดปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร

3.3.2.4 ทำตามข้อที่ 3.3.2.1 ถึง 3.3.2.3 โดยชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2.5 กรัม

3.3.3 ขั้นตอนการสกัดโดยศึกษาผลของอุณหภูมิ เวลา และความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์

3.3.3.1 ชั่งกากกาแฟประมาณ 10 กรัม

3.3.3.2 เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ประมาณ 90 กรัม

3.3.3.3 ผสมกากกาแฟที่ชั่งมาแล้วกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้าด้วยกัน จากนั้นปิดบีกเกอร์ด้วยฟรอยด์

3.3.3.4 นำไปให้ความร้อนพร้อมปั่นกวน

3.3.3.5 เมื่ออุณหภูมิถึงตามที่ต้องการจึงเริ่มทำการจับเวลา

3.3.3.6 ทิ้งให้เย็นแล้วนำไปกรองแบบลดความดัน โดยล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่น

3.3.3.7 เก็บสารละลายชุดแรกไว้ จากนั้นทำการล้างตะกอนอีกครั้งจนสารละลายมี pH เท่ากับ 7

3.3.3.8 นำตะกอนที่ได้ไปอบจนกว่าจะแห้ง

3.3.4 Stiasny number

ค่า Stiasny number คือค่าที่บอกถึงปริมาณสารที่สามารถทำปฏิกิริยากับฟอร์มัลดีไฮด์ได้ ซึ่งแทนนินเป็นสารที่สามารถทำปฏิกิริยากับฟอร์มัลดีไฮด์ได้เช่นกัน

3.3.4.1 นำสารที่สกัดได้ 1 กรัม เจือจางในน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร

3.3.4.2 เติมไฮโดรคลอริก 10 โมลาร์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และ ฟอร์มัลดีไฮด์ 37 เปอร์เซ็นต์ 2 มิลลิลิตร

3.3.4.3 รีฟลักซ์เป็นเวลา 30 นาที

3.3.4.4 นำไปกรองและล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่นร้อน แล้วนำไปอบจนกว่าจะแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

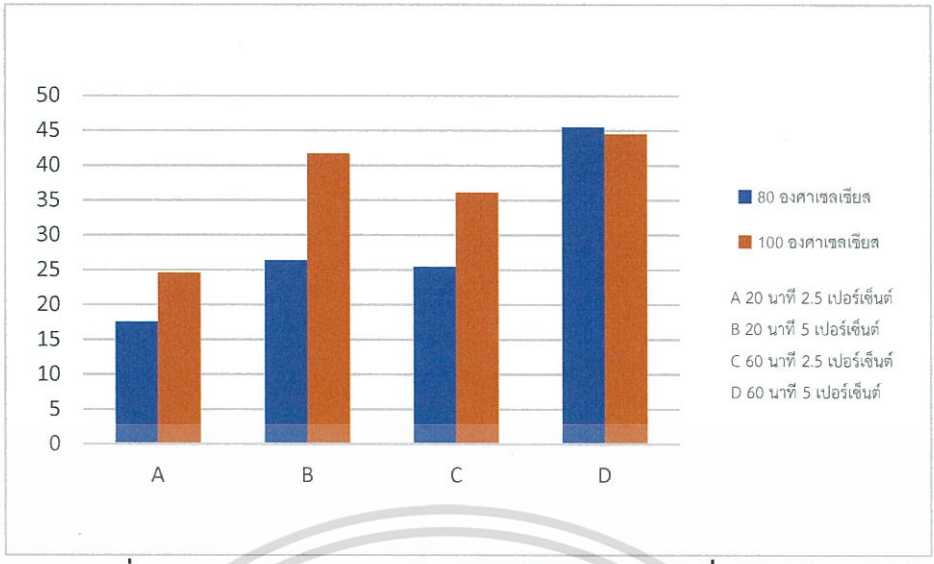
4.1 ผลของอุณหภูมิ เวลา และความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่มีผลต่อร้อยละผลผลิตของสารที่สกัดได้จากกากกาแฟโดยการสกัดภายใต้สภาวะเบส

โดยมีการกำหนดอุณหภูมิที่ 80 และ 100 องศาเซลเซียส เวลา 20 และ 60 นาที ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 2.5 และ 5 โดยน้ำหนัก แล้วได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงถึงผลของอุณหภูมิ เวลา และความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีผลต่อร้อยละผลผลิตของสารที่สกัดได้

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ซ้ำที่	ร้อยละผลผลิต	เฉลี่ย
80	20	2.5	1	18.0899	17.5339
			2	16.9779	
80	20	5	1	25.8557	26.3502
			2	26.8447	
80	60	2.5	1	23.4976	25.4007
			2	27.3038	
80	60	5	1	47.6107	45.4531
			2	43.2955	
100	20	2.5	1	26.0363	24.5669
			2	23.0975	
100	20	5	1	41.6879	41.6645
			2	41.6410	
100	60	2.5	1	35.4976	36.1282
			2	36.7588	
100	60	5	1	45.7864	44.5102
			2	43.2340	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบร้อยละผลผลิตที่สภาวะต่างๆ

ศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อร้อยละผลผลิต ในทุกๆช่วงเวลาและความเข้มข้นที่อุณหภูมิสูงจะให้ร้อยละผลผลิตสูงกว่าที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จากสมการของอาร์เรเนียส $rate=k[A]^m[B]^n$ เมื่อค่า $k=Ae^{Ea/RT}$ จะเห็นได้ว่า อุณหภูมิแปรผันตรงกับค่า k ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยามากขึ้น

ศึกษาผลของเวลาที่มีผลต่อร้อยละผลผลิต จากรูปที่ 4.1 เมื่อเทียบชุดข้อมูล A กับ C และชุดข้อมูล B กับ D แสดงให้เห็นว่า ที่เวลามากขึ้นจะได้ร้อยละผลผลิตมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jiun Hor Low และคณะ [6]

ศึกษาผลของความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีผลต่อร้อยละผลผลิต จากรูปที่ 4.1 เมื่อเทียบชุดข้อมูล A กับ B และ C กับ D แสดงให้เห็นว่าที่ความเข้มข้นมากกว่าให้ร้อยละผลผลิตมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จากสมการของอาร์เรเนียส $rate=k[A]^m[B]^n$ จะเห็นได้ว่าเมื่อความเข้มข้นมากขึ้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีก็จะมากขึ้นตาม

จากการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ได้ร้อยละผลผลิตเท่ากับ 45.4531 ซึ่งเป็นร้อยละผลผลิตที่มากที่สุดของการทดลองนี้ เมื่อสังเกตจากทดลองพบว่า อุณหภูมิ เวลา และความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์มีผลต่อร้อยละผลผลิตและสามารถสร้างสมการในการทำนายผลของร้อยละผลผลิตได้ทำให้สามารถประยุกต์การทดลองเข้าสู่กระบวนการทางอุตสาหกรรมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทำนายผลของร้อยละผลผลิตโดยใช้วิธี 2^k factorial design

จากผลการทดลองข้อ 4.1 เมื่อนำมาสร้างสมการโดยใช้เทคนิค 2^k factorial design แล้ว กำหนดให้อุณหภูมิ เวลา และความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นตัวแปรต่างๆ ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงการกำหนดตัวแปรและระดับของตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง

ปัจจัย	ความหมาย	ระดับของปัจจัย		หน่วย
		สูง (+1)	ต่ำ (-1)	
A	อุณหภูมิ	100	80	องศาเซลเซียส
B	เวลา	60	20	นาที
C	ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์	5	2.5	ร้อยละโดยน้ำหนัก

จากนั้นนำระดับของตัวแปรดังกล่าวมาออกแบบการทดลอง โดยทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง จะได้รูปแบบดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ตารางออกแบบการทดลอง

ลำดับ	รูปแบบการทดลอง	A	B	C	AB	AC	BC	ABC	ร้อยละผลผลิต	
									ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2
1	[1]	-1	-1	-1	1	1	1	-1	18.0899	16.9779
2	a	1	-1	-1	-1	-1	1	1	26.0363	23.0975
3	b	-1	1	-1	-1	1	-1	1	23.4976	27.3038
4	c	-1	-1	1	1	-1	-1	1	25.8557	26.8447
5	ab	1	1	-1	1	-1	-1	-1	35.4976	36.7588
6	ac	1	-1	1	-1	1	-1	-1	41.6879	41.6410
7	bc	-1	1	1	-1	-1	1	-1	47.6107	43.2955
8	abc	1	1	1	1	1	1	1	45.7864	43.2340

*โดยที่ AB คือ ผลของอันตรกิริยาของ A กับ B

AC คือ ผลของอันตรกิริยาของ A กับ C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

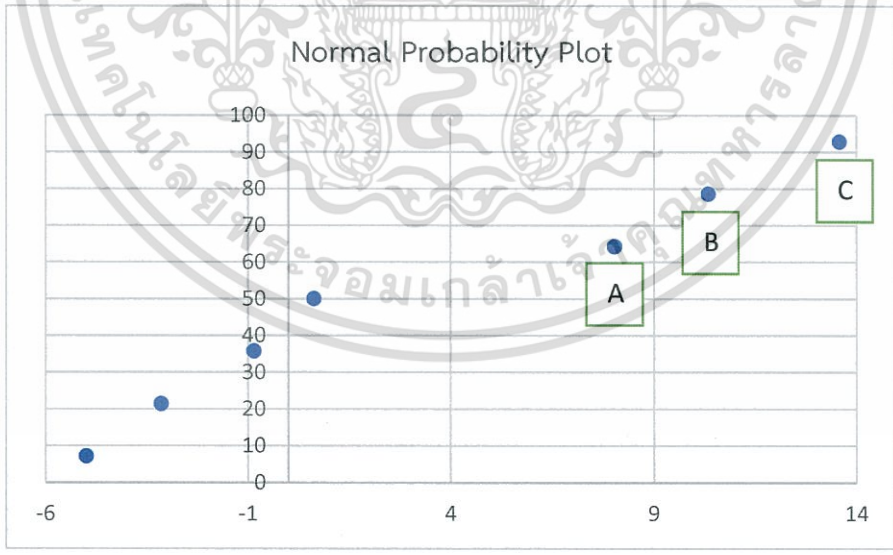
BC คือ ผลของอันตรกิริยาของ B กับ C

ABC คือ ผลของอันตรกิริยาของ A B และ C

เมื่อนำผลที่ได้มาคำนวณทางสถิติเพื่อหาค่าอิทธิพลหลัก (Main effects) ที่มีผลต่อการทดลองดังตารางที่ 4.4 จะเห็นได้ว่าA B และC เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการทดลองมากที่สุด แล้วเมื่อนำมาพล็อตกราฟจะได้ดังรูปที่ 4.2

ตารางที่ 4.4 ตารางผลหลักที่มีผลต่อการทดลอง

อิทธิพลหลักที่มีผลต่อการทดลอง (Main effects)	
A	8.0330
B	10.3442
C	13.5871
AB	-3.1407
AC	-0.8473
BC	0.6301
ABC	-4.9879



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงปัจจัยที่ส่งผลต่อร้อยละผลผลิตในการสกัดแทนนินจากกากกาแฟ

จากรูปที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าปัจจัย A B และC เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อร้อยละผลผลิตมากที่สุด ซึ่งสามารถทำการยืนยันได้จากตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน(ANOVA) ดังตารางที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
149292

ตารางที่ 4.5 วิเคราะห์ความแปรปรวน(ANOVA)

source of variation	Sum of squares	Degree of freedom	Mean Squares	F_0
A	258.1139	1	258.1139	0.013819
B	428.0089	1	428.0089	0.022916
C	738.4330	1	738.4331	0.039536
AB	39.4550	1	39.4550	0.002112
AC	2.8716	1	2.8716	0.000154
BC	1.5883	1	1.5883	0.000085
ABC	99.5171	1	99.5171	0.005328
error	18,677.6285	1	18,677.6285	
Total	20,245.6164	7		

จากตารางที่ 4.5 สามารถยืนยันได้ว่า A B และ C มีผลต่อร้อยละผลผลิต ของการสกัด ซึ่งสังเกตได้จากค่าสถิติ(F_0) กล่าวคือ ยิ่งปัจจัยใดที่มีมีค่า F_0 มาก ปัจจัยเหล่านั้นจะส่งผลต่อการทดลองมากเช่นกัน และเมื่อทราบแน่นอนแล้วว่า A B และ C เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการทดลองมากที่สุด เราจึงสามารถนำไปสร้างสมการ Mathematical model ได้ดังนี้

$$\hat{y} = 32.70 + 4.0164X_A + 5.1720X_B + 6.7935X_C$$

โดยที่ X_A แทนผลหลักของปัจจัย A

X_B แทนผลหลักของปัจจัย B

X_C แทนผลหลักของปัจจัย C

โดยสมการ Mathematical model เป็นสมการที่สามารถทำนายผลของร้อยละผลผลิตได้โดยต้องอยู่ภายใต้ขอบเขตของการใช้กากกาแฟจากบริษัทเขาช่องอุตสากรรม 1979 จำกัด และทำการสกัดภายใต้สภาวะเบสโดยใช้อุณหภูมิ เวลา และความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เช่นเดียวกับงานวิจัยนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

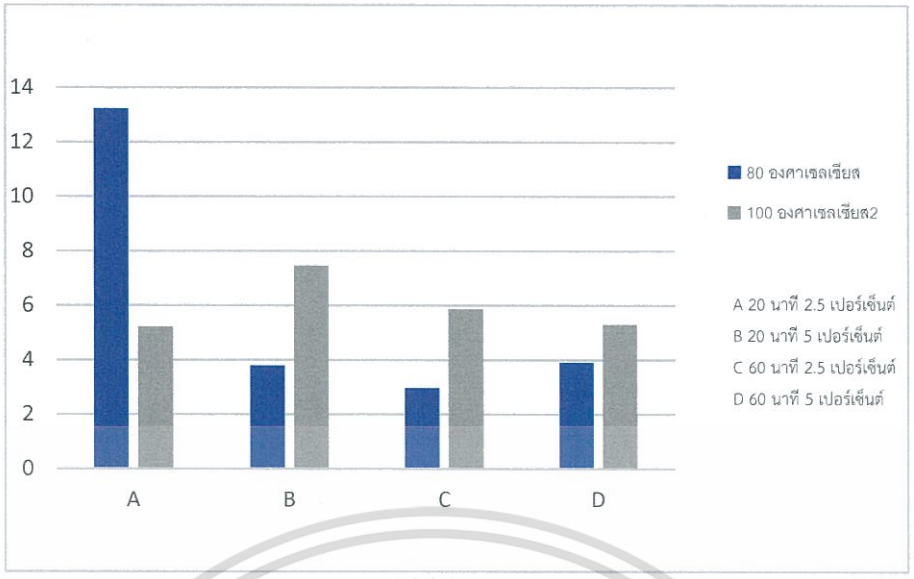
4.3 ผลของอุณหภูมิ เวลา และความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่มีผลต่อ Stiasny Number

โดยมีการกำหนดอุณหภูมิที่ 80 และ 100 องศาเซลเซียส เวลา 20 และ 60 นาที ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 2.5 และ 5 โดยน้ำหนัก แล้วได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 แสดงถึงผลของอุณหภูมิ เวลา และความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่มีผลต่อ Stiasny Number

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ซ้ำที่	Stiasny Number (เปอร์เซ็นต์)	เฉลี่ย
80	20	2.5	1	13.34	13.225
			2	13.11	
80	20	5	1	3.91	3.785
			2	3.66	
80	60	2.5	1	2.22	2.955
			2	3.69	
80	60	5	1	3.93	3.900
			2	3.87	
100	20	2.5	1	5.13	5.210
			2	5.29	
100	20	5	1	8.04	7.460
			2	6.88	
100	60	2.5	1	4.40	5.865
			2	7.33	
100	60	5	1	5.01	5.295
			2	5.58	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบ Stiasny number ที่สภาวะต่างๆ

ศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อ Stiasny number จากรูปที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าชุดข้อมูล B C และ D ที่อุณหภูมิสูงทำให้ได้ Stiasny number สูง แต่ที่ชุดข้อมูล A ที่อุณหภูมิต่ำกลับให้ Stiasny number สูงกว่า ดังนั้นจึงไม่สามารถอธิบายผลของอุณหภูมิจากการทดลองได้

ศึกษาผลของเวลาที่มีผลต่อ Stiasny number จากรูปที่ 4.3 เห็นได้ว่าชุดข้อมูลทั้งหมดไม่มีแนวโน้มอย่างชัดเจน จึงไม่สามารถอธิบายผลของเวลาจากการทดลองได้

ศึกษาผลของความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีผลต่อ Stiasny number จากรูปที่ 4.3 เห็นได้ว่าชุดข้อมูลทั้งหมดไม่มีแนวโน้มอย่างชัดเจน จึงไม่สามารถอธิบายผลของความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์จากการทดลองได้

ดังนั้นจากผลการทดลองข้างต้นทำให้ทราบว่า Stiasny number ไม่สามารถอธิบายแนวโน้มของอุณหภูมิ เวลา และความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์จากการทดลองได้ จึงคาดว่าผลของ Stiasny number ส่วนใหญ่เป็นผลมาจากปัจจัยร่วม ซึ่งสามารถอธิบายได้จากวิธีการทางคณิตศาสตร์

จากการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 2.5 โดยน้ำหนัก ได้ Stiasny number เท่ากับ 13.225 ซึ่งเป็น Stiasny number ที่มากที่สุดของการทดลองนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทำนายผลของ Stiasny number โดยใช้วิธี 2^k factorial design

จากผลการทดลองข้อ 4.3 เมื่อนำมาสร้างสมการโดยใช้เทคนิค 2^k factorial design แล้ว กำหนดให้อุณหภูมิ เวลา และความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นตัวแปรต่างๆ ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.7 ตารางแสดงการกำหนดตัวแปรและระดับของตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง

ปัจจัย	ความหมาย	ระดับของปัจจัย		หน่วย
		สูง (+1)	ต่ำ (-1)	
A	อุณหภูมิ	100	80	องศาเซลเซียส
B	เวลา	60	20	นาที
C	ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์	5	2.5	ร้อยละโดยน้ำหนัก

จากนั้นนำระดับของตัวแปรดังกล่าวมาออกแบบการทดลอง โดยทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง จะได้รูปแบบดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ตารางออกแบบการทดลอง

ลำดับ	รูปแบบการทดลอง	A	B	C	AB	AC	BC	ABC	Stiasny number	
									ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2
1	[1]	-1	-1	-1	1	1	1	-1	13.34	13.11
2	a	1	-1	-1	-1	-1	1	1	5.13	5.29
3	b	-1	1	-1	-1	1	-1	1	2.22	3.69
4	c	-1	-1	1	1	-1	-1	1	3.91	3.66
5	ab	1	1	-1	1	-1	-1	-1	4.4	7.33
6	ac	1	-1	1	-1	1	-1	-1	8.04	6.88
7	bc	-1	1	1	-1	-1	1	-1	3.93	3.87
8	abc	1	1	1	1	1	1	1	5.01	5.58

*โดยที่ AB คือ ผลของอันตรกิริยาของ A กับ B

AC คือ ผลของอันตรกิริยาของ A กับ C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

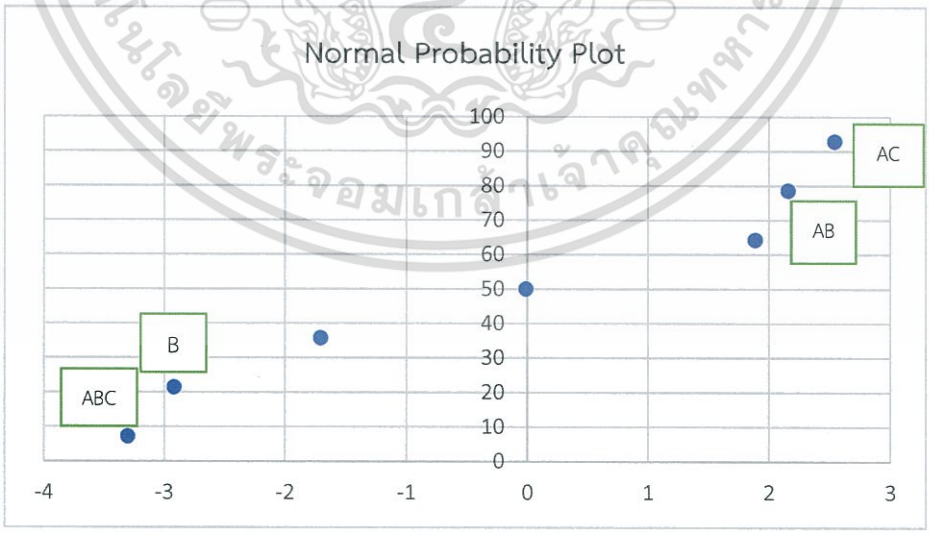
BC คือ ผลของอันตรกิริยาของ B กับ C

ABC คือ ผลของอันตรกิริยาของ A B และ C

เมื่อนำผลที่ได้มาคำนวณทางสถิติเพื่อหาค่าอิทธิพลหลัก (Main effects) ที่มีผลต่อการทดลองดังตารางที่ 4.9 จะเห็นได้ว่า A B และ C เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการทดลองมากที่สุด แล้วเมื่อนำมาพล็อตกราฟจะได้ดังรูปที่ 4.4

ตารางที่ 4.9 ตารางผลหลักที่มีผลต่อการทดลอง

อิทธิพลหลักที่มีผลต่อการทดลอง (Main effects)	
A	-0.00875
B	-2.91625
C	-1.70375
AB	2.16125
AC	2.54375
BC	1.89125
ABC	-3.30125



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงปัจจัยที่ส่งผลต่อ Stiasny number ในการสกัดแทนนินจากกากกาแฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าปัจจัย B AB AC และ ABC เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อ Stiasny number มากที่สุด ซึ่งสามารถทำการยืนยันได้จากตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 วิเคราะห์ความแปรปรวน(ANOVA)

source of variation	Sum of squares	Degree of freedom	Mean Squares	F_0
A	0.0003	1	0.0003	0.00000043
B	34.0181	1	34.0181	0.04745825
C	11.6111	1	11.6111	0.01619847
AB	18.6840	1	18.6840	0.02606587
AC	25.8827	1	25.8827	0.03610863
BC	14.3073	1	14.3073	0.01995998
ABC	43.5930	1	43.5930	0.06081617
error	716.7997	1	716.7997	
Total	864.8960	7		

จากตารางที่ 4.10 สามารถยืนยันได้ว่า B AB AC และ ABC มีผลต่อ Stiasny number ของการสกัด โดยสังเกตจากค่าสถิติ (F_0) กล่าวคือ ยิ่งปัจจัยใดที่มีมีค่า F_0 มาก ปัจจัยเหล่านั้นจะส่งผลต่อการทดลองมากเช่นกัน ซึ่งเป็นไปตามที่คาดการณ์ไว้ว่าปัจจัยที่มีผลต่อ Stiasny number นั้นส่วนใหญ่เป็นปัจจัยร่วม และเมื่อทราบแน่นอนแล้วว่า B AB AC และ ABC เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการทดลองมากที่สุด เราจึงสามารถนำไปสร้างสมการ Mathematical model ได้ดังนี้

$$\hat{y} = 9.5618 - 1.4582X_B + 1.0806X_{AB} + 1.2718X_{AC} - 1.6506X_{ABC}$$

โดยที่ X_B แทนผลหลักของปัจจัย B

X_{AB} แทนผลหลักของปัจจัย AB

X_{AC} แทนผลหลักของปัจจัย AC

X_{ABC} แทนผลหลักของปัจจัย ABC

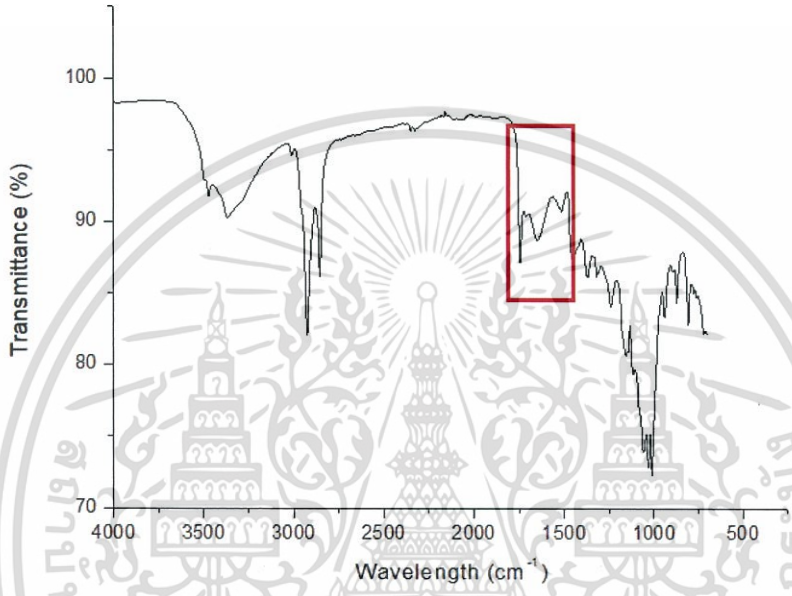
โดยสมการ Mathematical model เป็นสมการที่สามารถทำนายผลของ Stiasny number ได้ โดยต้องอยู่ภายใต้ขอบเขตของการใช้กากกาแฟจากบริษัทเขาช่องอุตสากรรม 1979 จำกัด และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

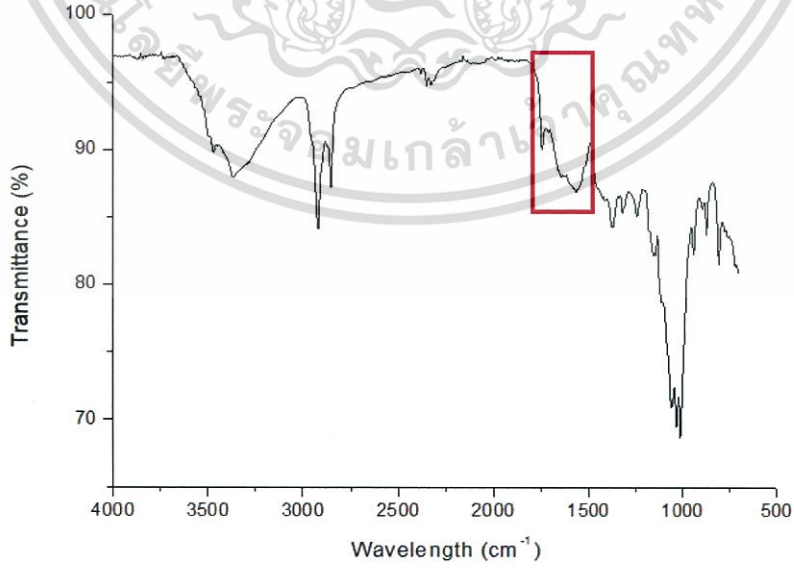
ทำการสกัดภายใต้สภาวะเบสโดยใช้อุณหภูมิ เวลา และความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เช่นเดียวกับงานวิจัยนี้

4.5 การพิสูจน์เอกลักษณ์โดยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

4.5.1 การพิสูจน์เอกลักษณ์ของกากกาแฟที่ยังไม่ผ่านกระบวนการสกัดและกากกาแฟที่ผ่านกระบวนการสกัด

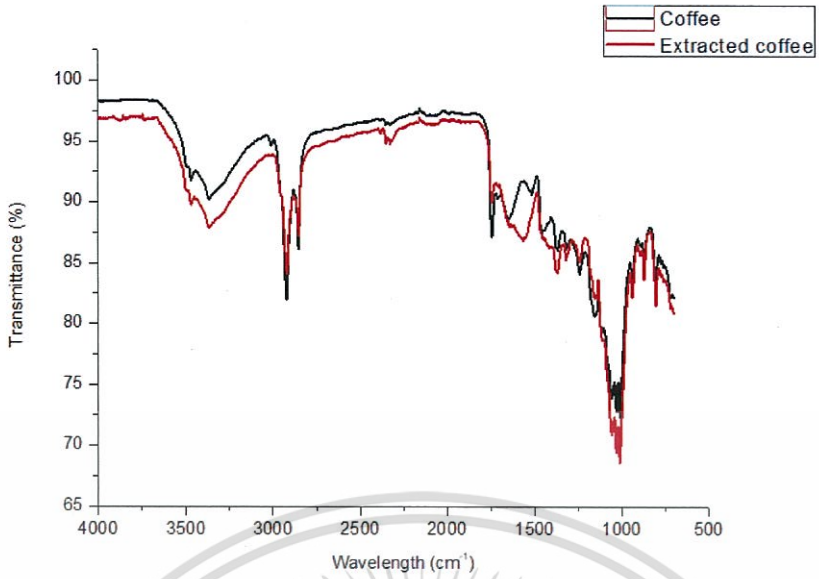


รูปที่ 4.5 กราฟการพิสูจน์เอกลักษณ์โดยเทคนิค FTIR ของกากกาแฟที่ยังไม่ผ่านกระบวนการสกัด



รูปที่ 4.6 กราฟการพิสูจน์เอกลักษณ์โดยเทคนิค FTIR ของกากกาแฟที่ผ่านกระบวนการสกัดแล้วได้ร้อยละผลผลิตสูงที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 กราฟการเปรียบเทียบระหว่างกราฟการพิสูจน์เอกลักษณ์โดยเทคนิค FTIR ของกากกาแฟที่ยังไม่ผ่านกระบวนการสกัดและกากกาแฟที่ผ่านกระบวนการสกัดแล้วได้ร้อยละผลผลิตสูงที่สุด

ตารางที่ 4.11 ตารางเปรียบเทียบระหว่างกากกาแฟที่ยังไม่ผ่านกระบวนการสกัดกับกากกาแฟที่ผ่านกระบวนการสกัด

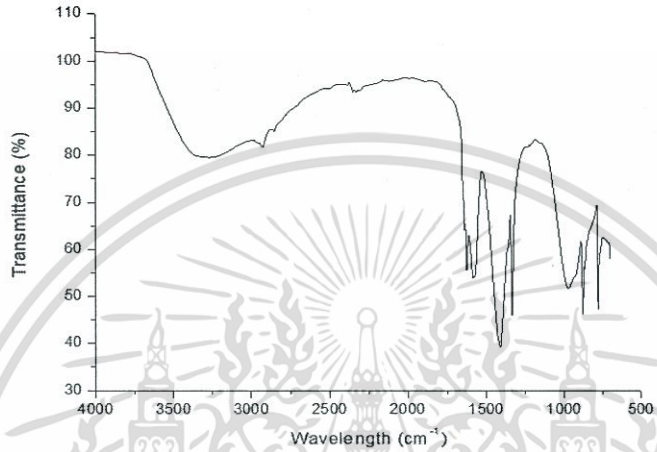
กากกาแฟ		กากกาแฟที่ผ่านกระบวนการสกัด	
ความยาวคลื่น (cm^{-1})	หมู่ฟังก์ชัน	ความยาวคลื่น (cm^{-1})	หมู่ฟังก์ชัน
3,363 และ 3,469	-OH stretching	3,363 และ 3,469	-OH stretching
2,852 และ 2,922	Aliphatic C-H stretching	2,850 และ 2,920	Aliphatic C-H stretching
1,743	C=O stretching	1,743	C=O stretching
1,500 และ 1,600	Aromatic C=C stretching	1,500 และ 1,600	Aromatic C=C stretching
1,367	CH_3 bending	1,367	CH_3 bending
1,031 และ 1,058	C-O stretching	1,031 และ 1,058	C-O stretching

จากการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของกากกาแฟที่ยังไม่ผ่านกระบวนการสกัดและกากกาแฟที่ผ่านกระบวนการสกัดแล้ว พบว่าตำแหน่งที่เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนคือที่ตำแหน่งเลขคลื่น 1,743 cm^{-1} และตำแหน่งเลขคลื่น 1,500 และ 1,600 cm^{-1} ซึ่งเป็นตำแหน่งที่แสดงหมู่ฟังก์ชันของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C=O stretching และ Aromatic C=C stretching ตามลำดับ โดยกากกาแฟที่ผ่านกระบวกการสกัดมีความสูงของพีคลดลง แสดงให้เห็นถึงกรดแทนนิกที่สร้างพันธะกับเซลลูโลสถูกสกัดออกไปบางส่วน เนื่องจากยังปรากฏตำแหน่งของหมู่ฟังก์ชันของ C=O stretching และ Aromatic C=C stretching อยู่

4.5.2 การพิสูจน์เอกลักษณ์ของแทนนิน



รูปที่ 4.8 กราฟการพิสูจน์เอกลักษณ์โดยเทคนิค FTIR ของแทนนิน

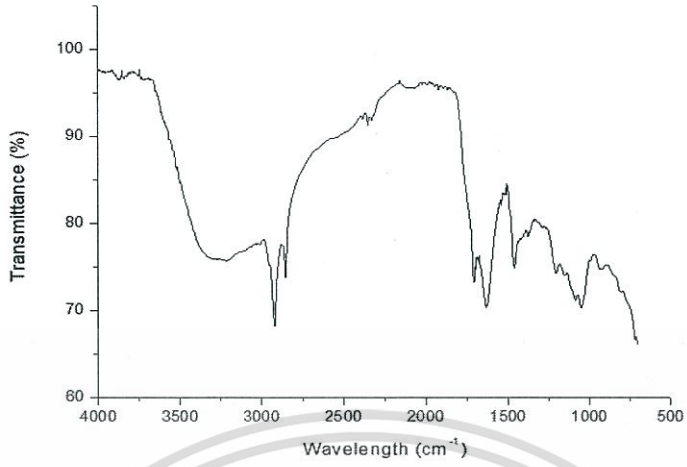
ตารางที่ 4.12 ตารางแสดงหมู่ฟังก์ชันต่างๆของแทนนิน

ความยาวคลื่น (cm^{-1})	หมู่ฟังก์ชัน
3,321	-OH stretching
2,929	Aliphatic C-H stretching
1,581 และ 1,624	Aromatic C=C stretching
1,408	CH_2 bending
1,330	CH_3 bending
779 และ 877	Aliphatic C-O stretching

จากการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของแทนนินพบว่าเป็นคอนเดนส์แทนนิน เนื่องจากเมื่อพิจารณาจากรูปที่4.7 ไม่พบตำแหน่งที่แสดงหมู่ฟังก์ชันของ C=O stretching ที่ตำแหน่งเลขคลื่น 1,700 cm^{-1} ซึ่งหมู่ฟังก์ชัน C=O เป็นหมู่ฟังก์ชันหลักของไฮโดรไลซ์แทนนิน จึงสามารถยืนยันได้ว่าสารที่สกัดได้เป็นคอนเดนส์แทนนิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.3 การพิสูจน์เอกลักษณ์ของแทนนินที่ทำปฏิกิริยากับฟอร์มัลดีไฮด์



รูปที่ 4.9 กราฟการพิสูจน์เอกลักษณ์โดยเทคนิค FTIR ของแทนนินที่ทำปฏิกิริยากับฟอร์มัลดีไฮด์

จากการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของแทนนินที่ทำปฏิกิริยากับฟอร์มัลดีไฮด์ พบว่า มีพีคของแทนนินอยู่ แต่มีตำแหน่งความยาวคลื่นที่ 1,700 cm^{-1} ซึ่งแสดงถึงหมู่ฟังก์ชัน C=O stretching ของฟอร์มัลดีไฮด์ที่เพิ่มเข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

โครงงานพิเศษเรื่องการสกัดแทนนินจากกากกาแฟภายใต้สภาวะเบส โดยทำการออกแบบการทดลองด้วยวิธี 2^k factorial design สามารถสรุปผลได้ดังนี้

5.1.1 โครงงานพิเศษฉบับนี้สามารถสกัดแทนนินจากกากกาแฟภายใต้สภาวะเบสได้

5.1.2 แทนนินที่ทำการสกัดได้เป็นแทนนินชนิดคอนเดนส์แทนนิน ซึ่งได้จากการพิสูจน์เอกลักษณ์ด้วยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

5.1.3 ร้อยละผลผลิตที่สกัดได้มากที่สุดเท่ากับ 45.4531 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใช้อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที และความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก

5.1.4 เมื่อศึกษาการออกแบบการทดลองโดยใช้วิธี 2^k factorial design พบว่าปัจจัยที่สงผลต่อร้อยละผลผลิตคือ อุณหภูมิ เวลาและความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์

5.1.5 Stiasny number สูงที่สุดที่สามารถสกัดได้เท่ากับ 13.225 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใช้อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียล เวลา 20 นาที และความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 2.5 โดยน้ำหนัก

5.1.6 เมื่อศึกษาการออกแบบการทดลองโดยใช้วิธี 2^k factorial design พบว่าปัจจัยที่สงผลต่อ Stiasny number คือ เวลา ปัจจัยร่วมระหว่างอุณหภูมิกับเวลา ปัจจัยร่วมระหว่างอุณหภูมิกับความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ปัจจัยร่วมของทั้งสามปัจจัย

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรอบกากกาแฟที่ได้มาให้แห้งก่อนเก็บไว้ในเดซิเคเตอร์

5.2.2 ควรใช้กากกาแฟที่มากจากสายการผลิตเดียวกัน เพื่อป้องกันการคลาดเคลื่อนของผลการทดลอง

5.2.3 ไม่ควรเก็บกากกาแฟไว้นานจนเกินไป เพราะอาจทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนได้

5.2.4 ควรควบคุมอุณหภูมิขณะสกัดให้คงที่ได้มากที่สุด

5.2.5 ควรหาวิธีการกรองที่เหมาะสมกับภาคอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมวิชาการเกษตร. 2016. **ยุทธศาสตร์ ปี 2559-2563(ร่าง)**. [Online]. Available : http://plan.psru.ac.th/datas/document/PolicyandStrategy/strategic/strategic-coffee-59-63.pdf

[2] **Food Intelligence center. 2016.** อุตสาหกรรมกาแฟ. [Online]. Available: http://fic.nfi.or.th/foodsectordatabank-detail.php?id=17

[3] เจ้าของร้าน. 2559. **กาแฟ (อาราบิก้า และ โรบัสต้า) "พืชอุตสาหกรรม"**. [Online]. Available : http://www.nanagreenshop.com/article/25/กาแฟ-อาราบิก้า-และ-โรบัสต้า-quotพืชอุตสาหกรรมquot

[4] สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน). 2560. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์. [Online]. Available : http://www.arda.or.th/kasetinfo/south/coffee/controller/index.php

[5] Rocio Campos-Vega, Guadalupe Loarca-Pi~na, Hayde A. Vergara-Casta~neda, and B. Dave Oomah. Spent coffee grounds: A review oncurrent research and future prospects. Trends in Food Science & Technology: 45(2015) 24-36.

[6] Mr. Choo. 2006. เคมีของกาแฟ. [Online]. Available : http://www.vcharkarn.com/vnews/60152จักรพันธ์ และรัฐพร. 2560. เมล็ดกาแฟโรบัสต้า กาแฟที่ไม่ไร้ตัวตน. [Online].Available : http://coffeeindy.com/เมล็ดกาแฟคั่ว/เมล็ดกาแฟโรบัสต้า-กาแฟที่ไม่ไร้ตัวตน/

[7] Dr. Pornpan Saenphoom, Mr. Manatsanan Nopparatmaitree, Dr. Supavadee Chimtong. 2556. "การปรับปรุงกากกาแฟด้วยเอนไซม์เพื่อใช้เป็นพรีไบโอติกส์ในอาหารสัตว์ Improvement of Spent Coffee Ground using Pretreating Enzyme as Prebiotics in Animal Feed".

[8] สุดาพร ศักดิ์ศศิธร. 2558. **การศึกษาผงหนังชนิดฟอกฝาดเป็นสารตัวเติมชีวภาพในยางธรรมชาติ ; ผลของการปรับปรุงด้วยแว็กซ์.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพอลิเมอร์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[9] Food Intelligence center. 2016. **อุตสาหกรรมกาแฟ**. [Online]. Available: http://fic.nfi.or.th/foodsectordatabank-detail.php?id=17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[10] สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2544. **ทรัพยากรพืชในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้:** พืชที่ให้สีย้อมและแทนนิน. ครั้งที่พิมพ์ 1. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด โรงพิมพ์ชวนพิมพ์469 เขตพระนคร.

[11] ทศพล เกียรติเจริญผล. 2552. "การออกแบบการทดลองแบบแฟคเตอเรียล เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเคลือบแลกเกอร์บนแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก Factorial Experiment Design for Optimizing Lacquering Process of Tin Plate".

[12] Jiun Hor Low, Wan Aizan Wan Abdul Rahman, Jamarosliza Jamaluddin. The influence of extraction parameters on spent coffee grounds as a renewable tannin resource. Journal of Cleaner Production: 101(2015) 222-228

[13] วิศนีย์ ยิ่งประเสริฐ ศุภลักษณ์ พ่วงพี และ ธิเบศ พลการ. 2558. "การศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดแทนนินจากเปลือกไม้กระถินเทพาด้วยน้ำกลั่น The study of optimum temperature for tannin extraction from Acacia mangium bark by distilled water".

[14] Lan Ping, Nicolas Brosse, Laurent Chrusciel, Paola Navarrete, Antonio Pizzi. Extraction of condensed tannins from grape pomace for use as wood adhesives. Industrial Crops and Products: 33(2011) 253-257.

[15] Masturah Markom, Masitah Hasan, Wan Ramli Wan Daud, Harcharan Singh, Jamaliah Md Jahim. Extraction of hydrolysable tannins from Phyllanthus niruri Linn.: Effects of solvents and extraction methods. Separation and Purification Technology: 52(2007) 487-496.

[16] Joana Simões a, Fernando M. Nunes b, M. Rosário Domingues a, Manuel A. Coimbra. Extractability and structure of spent coffee ground polysaccharides by roasting pre-treatments. Carbohydrate Polymers: 97(2013) 81–89

[17] ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ , ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.นิธิยา รัตนาปนนท์. **tannin.** [Online]. Available: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2376/tannin-%E0%B9%81%E0%B8%97%E0%B8%99%E0%B8%99%E0%B8%B4%E0%B8%99

[18]S. Afr. j. anim. 2015. **Utility of the browser's behavioural and physiological strategies in coping with dietary tannins: Are exogenous tannin-inactivating treatments necessary?** [Online]. Available: http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0375-15892015000500011

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

1.การวิเคราะห์หาร้อยละผลผลิตของกากกาแฟ

$$\%\text{yield} = \frac{\text{น้ำหนักของกากกาแฟหลังสกัด} - \text{น้ำหนักของกากกาแฟก่อนสกัด}}{\text{น้ำหนักของกากกาแฟก่อนสกัด}} \text{x100}$$

ตัวอย่างการวิเคราะห์

$$\%\text{yield} = \frac{2.5262 - 1.5976}{2.5262} \text{x100}$$

$$= 36.7588\ \%$$

2.การวิเคราะห์หา Stiasny number (SN)

$$\%\text{SN} = \frac{\text{น้ำหนักของกากกาแฟหลังสกัด} - \text{น้ำหนักของกากกาแฟก่อนสกัด}}{\text{น้ำหนักของกากกาแฟก่อนสกัด}} \text{x100}$$

ตัวอย่างการวิเคราะห์

ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 2.5 ได้น้ำหนักกากกาแฟก่อนอบ เท่ากับ 0.1244 หลังอบ เท่ากับ 0.1196

$$\%\text{SN} = \frac{0.1244 - 0.1196}{0.1244} \text{x100}$$

$$= 3.86\ \%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

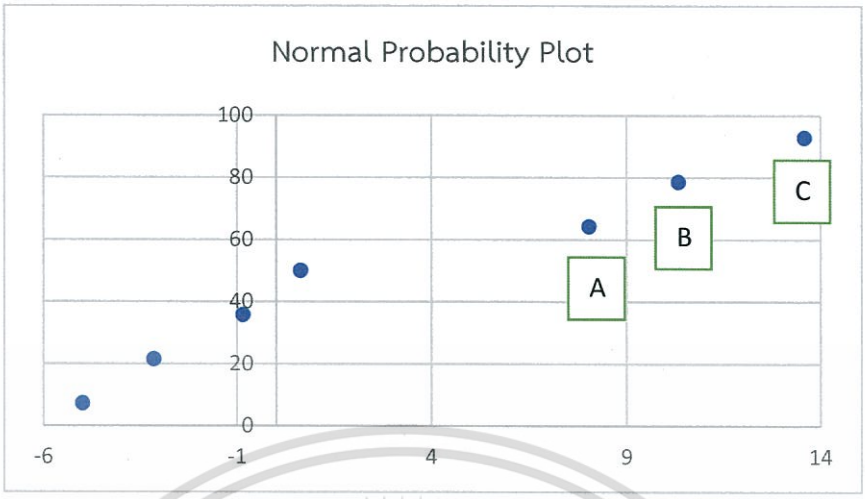
ภาคผนวก ข

1.ผลของอุณหภูมิ เวลา และความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่มีผลต่อร้อยละผลผลิตของสารที่สกัดได้

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ซ้ำที่	ร้อยละผลผลิต	เฉลี่ย
80	20	2.5	1	18.0899	17.5339
			2	16.9779	
80	20	5	1	25.8557	26.3502
			2	26.8447	
80	60	2.5	1	23.4976	25.4007
			2	27.3038	
80	60	5	1	47.6107	45.4531
			2	43.2955	
100	20	2.5	1	26.0363	24.5669
			2	23.0975	
100	20	5	1	41.6879	41.6645
			2	41.6410	
100	60	2.5	1	35.4976	36.1282
			2	36.7588	
100	60	5	1	45.7864	44.5102
			2	43.2340	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.ปัจจัยที่มีผลต่อร้อยละการผลิต

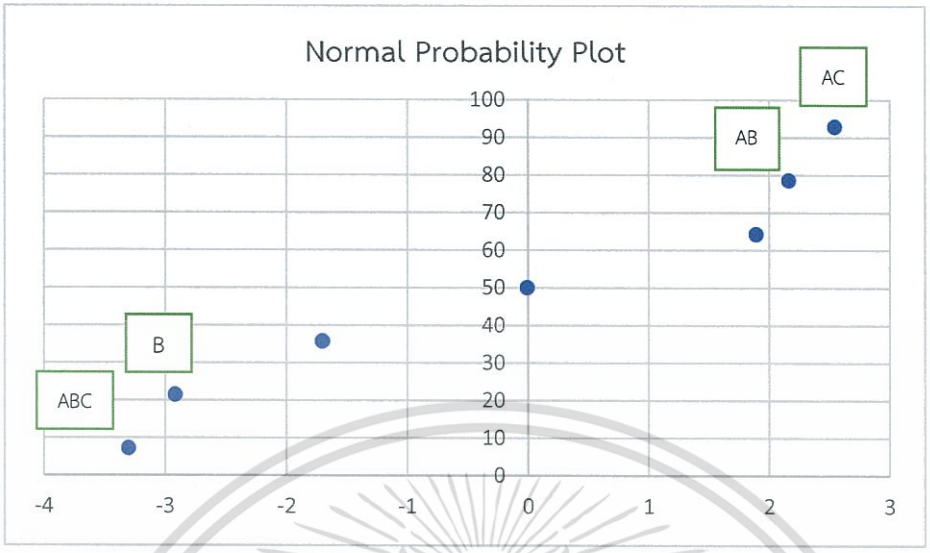


3.ผลของอุณหภูมิ เวลา และความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่มีผลต่อ Stiasny Number

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ซ้ำที่	Stiasny Number (เปอร์เซ็นต์)	เฉลี่ย
80	20	2.5	1	13.34	13.225
			2	13.11	
80	20	5	1	3.91	3.785
			2	3.66	
80	60	2.5	1	2.22	2.955
			2	3.69	
80	60	5	1	3.93	3.900
			2	3.87	
100	20	2.5	1	5.13	5.210
			2	5.29	
100	20	5	1	8.04	7.460
			2	6.88	
100	60	2.5	1	4.40	5.865
			2	7.33	
100	60	5	1	5.01	5.295
			2	5.58	

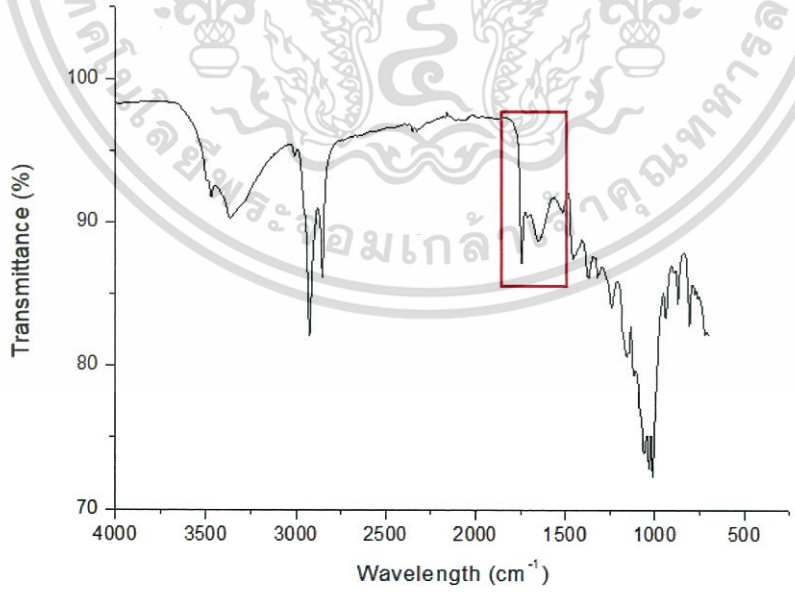
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.ปัจจัยที่มีผลต่อ Stiasny Number



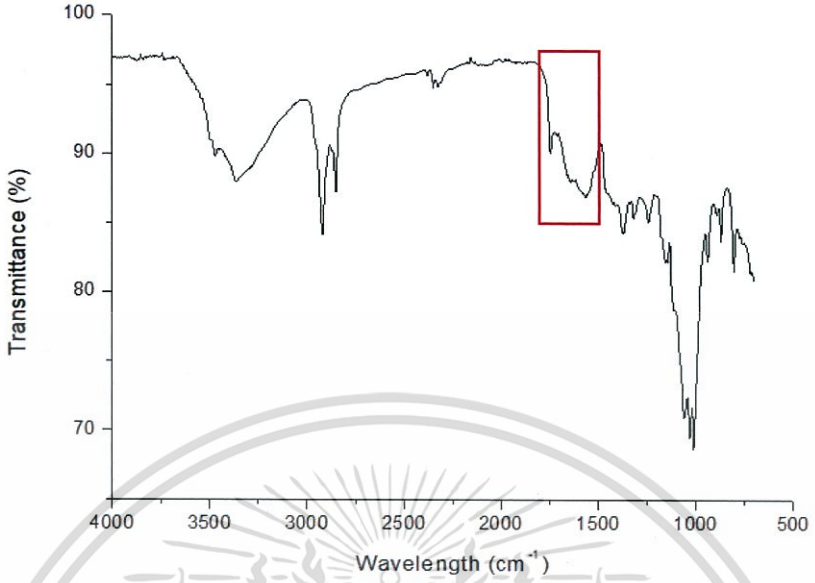
5.การพิสูจน์เอกลักษณ์โดยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

5.1 การพิสูจน์เอกลักษณ์ของกากกาแฟที่ยังไม่ผ่านกระบวนการสกัดและกากกาแฟที่ผ่านกระบวนการสกัด

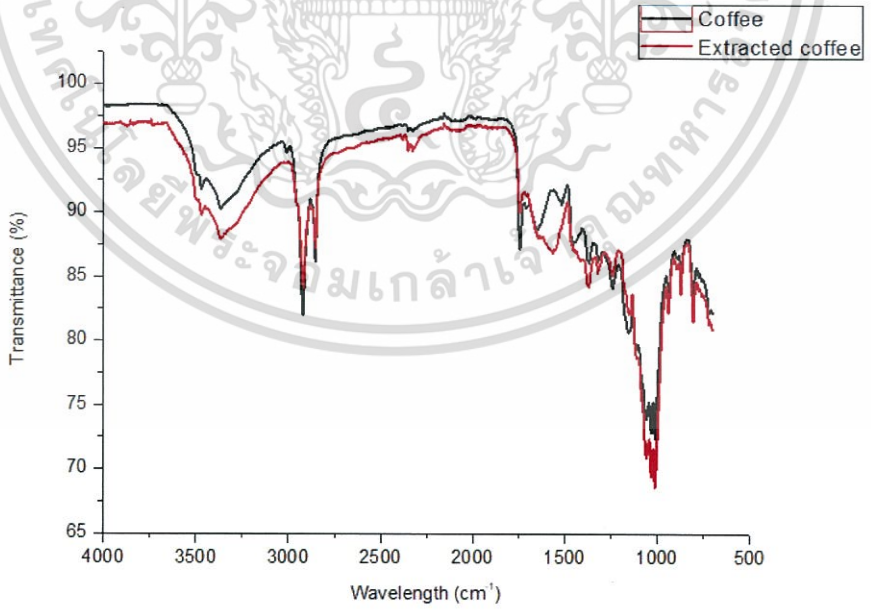


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 กราฟการพิสูจน์เอกลักษณ์โดยเทคนิค FTIR ของกากกาแฟที่ยังไม่ผ่านกระบวนการสกัด

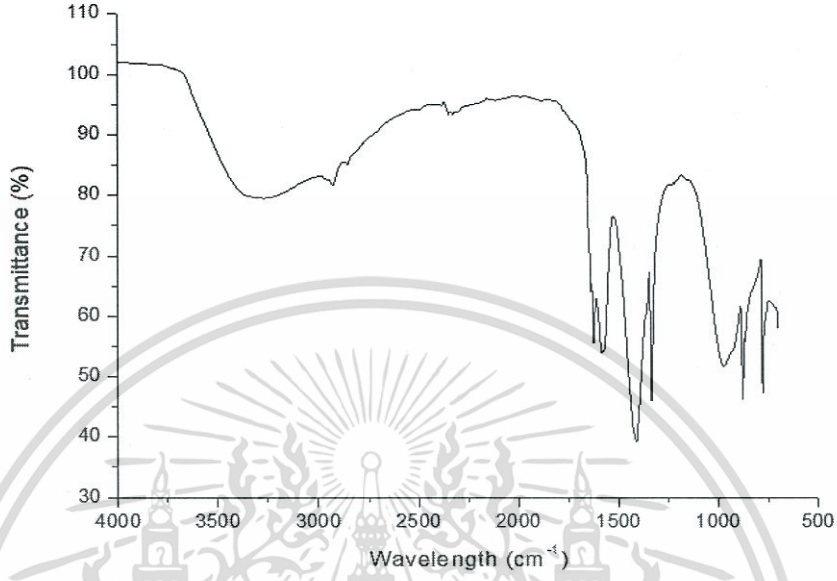


5.3 กราฟการเปรียบเทียบระหว่างกราฟการพิสูจน์เอกลักษณ์โดยเทคนิค FTIR ของกากกาแฟที่ยังไม่ผ่านกระบวนการสกัดและกากกาแฟที่ผ่านกระบวนการสกัดแล้วได้ร้อยละผลผลิตสูงที่สุด

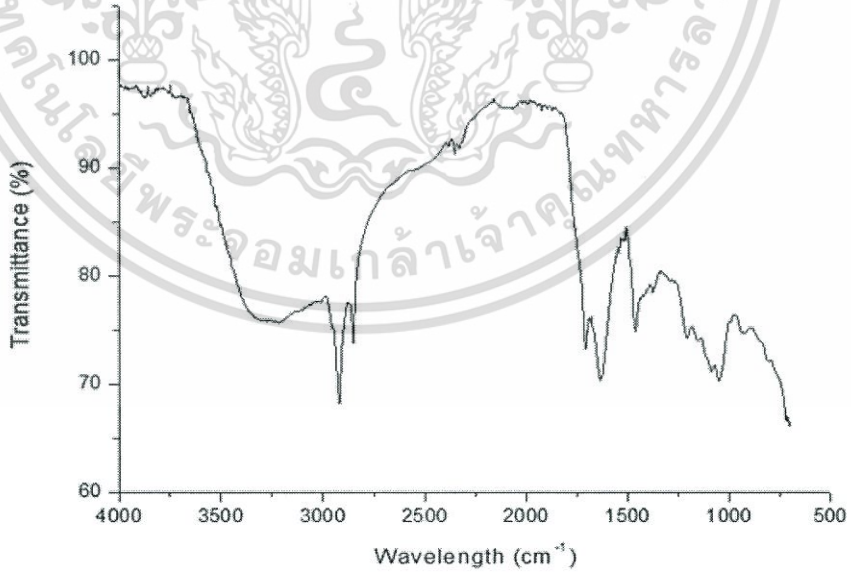


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 การพิสูจน์เอกลักษณ์ของแทนนิน



5.5 การพิสูจน์เอกลักษณ์ของแทนนินที่ทำปฏิกิริยากับฟอร์มัลดีไฮด์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้