การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งมะยม แบบแช่เยือกแข็ง

Study on optimization of *Phyllanthus acidus* fruit by freeze drying

ชมพูนุช จันเจียม
ปริชญา ไชยสาร

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ)
ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Study on optimization of *Phyllanthus acidus* fruit by freeze drying

Chomphoonuch Janjiam
Parichaya Chaisarn

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR
THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (BIOTECHNOLOGY PROGRAM)
DEPARTMENT OF BIOLOGY, FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งมะยมแบบแช่เยือกแข็ง Study on optimization of *Phyllanthus acidus* fruit by freeze drying
ชื่อนักศึกษา	นางสาวชมพูนุช จันเจียม รหัสนักศึกษา 58050734 นางสาวปริชญา ไชยสาร รหัสนักศึกษา 58050775
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ)
ภาควิชา	ชีววิทยา
ปีการศึกษา	2561
อาจารย์ที่ปรึกษา	อ. ธนาวดี ก่ออานันต์

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) **อนุมัติให้**โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ) ประจำปีการศึกษา 2561

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ.มงคล เพ็ญสายใจ ประธานกรรมการ	
ดร.กานต์ วงศาริยะ กรรมการ	
อ.ธนาวดี ก่ออานันต์ กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งมะยมแบบแช่เยือกแข็ง
ชื่อนักศึกษา นางสาวชมพูนุช จันเจียม รหัสนักศึกษา 58050734
นางสาวปริชญา ไชยสาร รหัสนักศึกษา 58050775
ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ)
ภาควิชา ชีววิทยา
คณะ วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)
ปีการศึกษา 2561
อาจารย์ที่ปรึกษา อ.ธนาวดี ก่ออานันต์

บทคัดย่อ

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งมะยมผงแบบแช่เยือกแข็ง โดยใช้มอลโตเดกซ์ตรินเป็นสารเพื่อการทำแห้งอยู่ในช่วง 20 – 200% (w/v) เปรียบเทียบเมื่อใช้น้ำมะยมสดกับการใช้น้ำมะยมระเหย วิเคราะห์ฤทธิ์การต้านสารอนุมูลอิสระ ปริมาณของแข็งทั้งหมด การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญด้วยวิธี Disk diffusion การวิเคราะห์ของแข็งทั้งหมด และ การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด พบว่า ปริมาณมอลโตเด็กตรินที่เหมาะสมต่อปริมาณน้ำมะยมการใช้ที่ปริมาณ 3 มิลลิลิตร ต่อมอลโตเด็กตริน 6 กรัม ให้มะยมเป็นผงที่ดีที่สุด ความชื้นของมะยมผง พบว่า การใช้ที่ปริมาณ 3 มิลลิลิตร ต่อมอลโตเด็กซ์ตริน 6 กรัม มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นน้อยที่สุด คือ 7.53±0.05 และ 8.03±0.05 ตามลำดับ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด การใช้น้ำมะยมสดและน้ำมะยมระเหยก่อนทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดน้อยกว่าการใช้น้ำมะยมสดและน้ำมะยมระเหยหลังการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง มีปริมาณ 50.46±0.61 µgGAE/mg และ 93.52±1.52 µg GAE/mg ตามลำดับ น้ำมะยมสด มะยมระเหยและมะยมแบบผง ไม่มีความสามารถในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ เมื่อความเข้มข้นของมอลโตเด็กซ์ตรินเพิ่มขึ้น ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำก็เพิ่มขึ้นด้วยที่ปริมาณ 3 มิลลิลิตร ต่อมอลโตเด็กซ์ตริน 6 กรัม ได้ของแข็งทั้งหมดคือ 7.85±0.08 mg/l การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งให้ความเป็นกรดที่ 3.46 ± 0.02 และ 3.33±0.04 ตามลำดับ

คำสำคัญ : การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง มะยมผง มอลโตเด็กซ์ตริน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Study on optimization of *Phyllanthus acidus* fruit by freeze drying
Students	Miss Chomphoonuch Janjiam Student ID 58050734
	Miss Parichaya Chaisarn Student ID 58050775
Degree	Bachelor of Science (Biotechnology)
Department	Biology
Faculty	Science
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)
Academic Year	2018
Advisor	Thanavadee Kor-anan

Abstract

Study on optimization of *Phyllanthus acidus* fruit by freeze drying by using maltodextrin as a drying agent in the range of 20 - 200% (w / v) compare using fresh star gooseberry juice and the use of evaporated star gooseberry juice, Analysis of antioxidant activity,Total solid content ,Analysis of growth inhibition efficiency by Disk diffusion method, total solid analysis and acidity analysis It was found that the amount of maltodextrin that is appropriate for the amount of star gooseberry juice, the use of 3 ml per maltodextrin 6 grams the star gooseberry be the best powder. Moisture of star gooseberry powder It was found that the use of 3 ml of maltodextrin 6 grams had the lowest moisture content is 7.53 ± 0.05 and 8.03 ± 0.05 respectively, The total of phenolic compounds The use of fresh star gooseberry juice and evaporated star gooseberry juice before freeze-dried has less total phenolic content than using fresh gooseberry juice and evaporated star gooseberry juice after freeze-drying. a volume of 50.46 ± 0.61 µgGAE / mg and 93.52 ± 1.52 µg GAE / mg respectively, Fresh star gooseberry, evaporated star gooseberry and powdered star gooseberry Without the ability to inhibit microorganisms, When the concentration of maltodextrin increased The amount of soluble solids in water increased with the amount of 3 ml per 6 grams of maltodextrin. The total solid was 7.85 ± 0.08 mg / l. ,Freeze drying gave acidity at 3.46 ± 0.02 and 3.33 ± 0.04, respectively.

Keywords : Freeze drying,*Phyllanthus acidus*, powder star gooseberry .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษเรื่องการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งมะยมแบบแช่เยือกแข็งสามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความอนุเคราะห์จากอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ธนาวดี ก่ออนันต์ ผู้คอยให้คำปรึกษา คำแนะนำ คอยให้ความช่วยเหลือให้ความรู้ทางด้านการทำวิจัยในเรื่องของการปฏิบัติการช่วยสอนเทคนิคและขั้นตอนในการปฏิบัติงานรวมทั้งการวิจัยเขียนเล่มปัญหาพิเศษ กรุณาสละเวลาเพื่อติดตามการวิจัยตั้งแต่เริ่มจนจบการทำวิจัยเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น รวมไปถึงความกรุณาที่ตรวจสอบความถูกต้องและชี้แนะข้อบกพร่องจนโครงงานนี้เสร็จสมบูรณ์ จึงกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.มงคล เพ็ญสายใจ และ ดร.กานต์ วงศาริยะ อาจารย์ประจำภาควิชาชีววิทยา ที่เสียสละเวลาเพื่อมาเป็นประธานกรรมการและกรรมการในการสอบปัญหาพิเศษ รวมทั้งคอยให้คำปรึกษา ชี้แนะในเรื่องของการทำงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ ตึกวิทยาศาสตร์ ชั้น 4 และตึกจุฬาภรณ์วลัยลักษณ์ 1 ชั้น 4 ทุกท่าน สำหรับความช่วยเหลือ เอื้ออำนวยสารเคมี อุปกรณ์ เครื่องมือ สถานที่ในการปฏิบัติการ รวมถึงความรู้ เทคนิคในการใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ ทำให้การทำปฏิบัติการเป็นไปได้อย่างราบรื่นกระทั่งเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบคุณท่านคณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่านที่คอยให้ความรู้ตลอดสี่ปีเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการทำวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณผู้แต่งบทความทุกท่านที่ได้นำมาอ้างอิงในปัญหาพิเศษเล่มนี้ ตลอดจนผู้ที่มีส่วนร่วม ในการทำงานวิจัยและเขียนเล่มปัญหาพิเศษเล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์ทุกท่านที่กล่าวนามได้ไม่หมด

ชมพูนุช จันเจียม
ปริชญา ไชยสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญรูป ..... ฌ
คำย่อ/สัญลักษณ์ (ถ้ามี) ..... ญ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3
2.1 อนุกรมวิธานของมะยม 3
2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ 3
2.3 สรรพคุณทางยาและประโยชน์ 4
2.4 องค์ประกอบทางพฤกษเคมีของมะยม 4
2.5 การแปรรูปอาหาร (food processing) 6
2.5.1 การอบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง 6
2.6 ฤทธิ์ต้านจุลชีพ (Antimicrobial activity) 7
2.6.1 กลไกการออกฤทธิ์ของสารต้านจุลชีพ 7
2.7 สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) 8
2.7.1 แหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระ 8
2.7.2 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ 8
2.8 สารประกอบฟีนอลิก 9
2.8.1 กรดฟีนอลิก (Phenolic acid) 9
2.8.2 ฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) 10
2.8.3 แทนนิน (Tannins) 11
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 11
2.9.1 การผลิตน้ำตำลึงผงโดยการทำแห้งแบบเยือกแข็ง 11
2.9.2 ศึกษาผลของวิธีการอบแห้งและอัตราส่วนของตัวทำละลายที่แตกต่างกันต่อกิจกรรมทางชีวภาพของสารสกัด *Phyllanthus acidus* 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.9.3 ศึกษคุณสมบัติต้านจุลชีพจำเพาะของสารสกัดใบ *Phyllanthus acidus* เทียบกับ *Candida albicans* *Escherichia coli* และ *Staphylococcus aureus* 11
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 13
3.1 วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือ 13
3.1.1 วัตถุดิบ 13
3.1.2 สารเคมี 13
3.1.3 วัสดุและเครื่องแก้ว 13
3.1.4 เครื่องมือ 14
3.1.5 เชื้อแบคทีเรีย 15
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 15
3.2.1 การระเหยน้ำมะยม 15
3.2.2 ความชื้น 15
3.2.3 สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic) 15
3.2.4 ฤทธิ์ต้านจุลชีพ Disk diffusion techniques 16
3.2.5. วิธีการวิเคราะห์ของแข็ง (Total Solid) 16
3.2.6. ความสามารถในการละลายกลับ 17
3.2.7. การวัดความเป็นกรดด่าง (pH) 17
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล 18
4.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินที่เหมาะสมต่อปริมาณน้ำมะยม 18
4.2 การวิเคราะห์หาปริมาณค่าผลได้ (% Yield) 18
4.3 ผลการวิเคราะห์ความชื้น 20
4.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกด้วย Folin-Ciocaltuau 21
4.5 ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านจุลชีพด้วย Disk diffusion techniques 22
4.6 ผลการวิเคราะห์ของแข็งทั้งหมด 23
4.7 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการละลายกลับ 24
4.8 ผลการวิเคราะห์การวัด pH 24
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 26
5.1 สรุปผลการวิจัย 26
5.2 ข้อเสนอแนะ 26
เอกสารอ้างอิง 27
ภาคผนวก 29
ภาคผนวก ก 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

. หน้า

ภาคผนวก ข..... 32
ภาคผนวก ค..... 35
ภาคผนวก ง..... 47
ภาคผนวก จ..... 51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ปริมาณสารอาหาร แร่ธาตุและวิตามินที่พบในผลมะยม ปริมาณ 100 กรัม..... 4
2.2 ปริมาณสารระเหยที่พบในผลมะยม..... 5
4.1 ผลการวิเคราะห์การหาปริมาณค่าผลได้ (% yield) ของตัวอย่างน้ำมะยมสด หลังจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง..... 19
4.2 ผลการวิเคราะห์การหาปริมาณค่าผลได้ (% yield) ของ ตัวอย่างน้ำมะยมระเหยหลังการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง..... 19
4.3 ปริมาณความชื้นในน้ำมะยมสดและน้ำมะยมระเหย ก่อนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง..... 20
4.4 ปริมาณความชื้น (%) ทั้งหมดในน้ำมะยมสดและน้ำมะยมระเหย หลังจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง..... 21
4.5 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำมะยมสดและ น้ำมะยมระเหยก่อนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง..... 21
4.6 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำมะยมสดและน้ำมะยมระเหย หลังจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง 22
4.7 ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำมะยมสดและน้ำมะยมระเหยก่อนการทำแห้ง แบบแช่เยือกแข็งและปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำมะยมสดและน้ำมะยมระเหย หลังจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง..... 24
4.8 ความสามารถในการละลายกลับทั้งหมดในน้ำมะยมสดและน้ำมะยมระเหย หลังจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งที่ปริมาณน้ำมะยม 3 มิลลิลิตร ต่อมอลโตเด็กซ์ตริน 6 กรัม..... 24
4.9 ค่า pH ของน้ำกลั่น มอลโตเด็กซ์ตริน น้ำมะยมสดและน้ำมะยมระเหย ก่อนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง..... 25
4.10 pH ในน้ำมะยมสดและน้ำมะยมระเหยหลังจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง..... 25
ผ-1 แสดงค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร ของสารละลายมาตรฐาน กรดแกลลิกที่ความเข้มข้น 1,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร..... 40
ผ-2 แสดงปริมาณความชื้นฐานเปียก (%) ของน้ำมะยมสดและน้ำมะยมระเหย ก่อนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง..... 47
ผ-3 แสดงปริมาณความชื้นฐานเปียก (%) ของน้ำมะยมสดหลังการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง..... 47
ผ-4 แสดงปริมาณความชื้นฐานเปียก (%) ของน้ำมะยมระเหย หลังการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง..... 47
ผ-5 แสดงค่าการดูดกลืนแสงทั้งหมดของน้ำมะยมสด น้ำมะยมระเหย และมะยมผงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร..... 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

ผ-6 แสดงปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solid) ของน้ำมะยมสด น้ำมะยมระเหย และมะยมผง(มิลลิกรัม/ลิตร)..... 48
ผ-7 แสดงความสามารถในการละลายกลับของน้ำมะยมสดและมะยมระเหย หลังจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งที่ปริมาณน้ำมะยม 3 มิลลิลิตร ต่อมอลโตเด็กซ์ตริน 6 กรัม (%)..... 49
ผ-8 แสดงค่า pH ของน้ำมะยมสด น้ำมะยมระเหย และมะยมผง..... 49
ผ-9 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำมะยมสด ก่อนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง..... 51
ผ-10 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำมะยมระเหย ก่อนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง..... 53
ผ-11 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำมะยมสด หลังการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง..... 55
ผ-12 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำมะยมระเหย หลังการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง..... 57
ผ-13 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (%) ในน้ำมะยมสด หลังจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง..... 59
ผ-14 ปริมาณความชื้น (%) ในน้ำมะยมระเหยหลังจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง 62
ผ-15 ผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำมะยมสด หลังจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง..... 65
ผ-16 ผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำมะยมระเหย หลังจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง..... 67
ผ-17 ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำกลั่น มอลโตเด็กซ์ตริน น้ำมะยมสดและน้ำมะยมระเหย..... 69
ผ-18 ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำมะยมสด หลังจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง..... 71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 ลักษณะผลมะยม..... 3
2.2 โครงสร้างกรดไฮดรอกซีซินนามิก (Hydroxycinnamic acid)..... 9
2.3 โครงสร้างกรดไฮดรอกซีเบนโซอิก (Hydroxybenzoic acid)..... 10
2.4 โครงสร้างพื้นฐานของสารประกอบฟลาโวนอยด์(Flavonoid)..... 10
4.1 กราฟแสดงปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินกับปริมาณน้ำมะยม..... 18
4.2 แสดงลักษณะการประเมินค่า disk diffusion บนอาหาร Mueller Hinton Agar (MHA) ของแบคทีเรีย *S.aureus* โดยใช้สารจาก น้ำมะยมสด น้ำมะยมระเหย มะยมผง มอลโตเด็กซ์ตริน น้ำหนัก (A) 1,000 µg (B) ตัวอย่างน้ำหนัก 500 µg และยาปฏิชีวนะ Ampicillin..... 22
4.3 แสดงลักษณะการประเมินค่า disk diffusion บนอาหาร Mueller Hinton Agar (MHA) ของแบคทีเรีย *E. coli* โดยใช้สารจาก น้ำมะยมสด น้ำมะยมระเหย มะยมผง มอลโตเด็กซ์ตริน น้ำหนัก (A) 1,000 µg (B) ตัวอย่างน้ำหนัก 500 µg และยาปฏิชีวนะ Ampicillin..... 23
ผ-1 ลักษณะรูปร่างของ *E. coli*..... 32
ผ-2 *E. coli* บนอาหาร MacConkey agar..... 33
ผ-3 ลักษณะรูปร่างของ *S. aureus*..... 33
ผ-4 *S.aureus* บนอาหาร Mannitol Salt Agar..... 34
ผ-5 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกที่ความเข้มข้น 1,000 µg/ml..... 40
ผ-6 แสดงลักษณะผงของน้ำมะยมสดหลังจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 8 ชม..... 50
ผ-7 แสดงลักษณะผงของน้ำมะยมระเหยหลังจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 8 ชม.... 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำย่อ/สัญลักษณ์

คำย่อ/สัญลักษณ์	คำอธิบาย
ANOVA	Analysis of Variance
McFarland No. 0.5	ความขุ่นมาตรฐาน มีจำนวเชื้อประมาณ $1.5x10^8$ cell/ml
TS	Total Solid ปริมาณของแข็งทั้งหมด มีหน่วยเป็นมิลลิกรัม/ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

สารสกัดจากพืชและองค์ประกอบทางชีวภาพของพืชแสดงให้เห็นถึงความโดดเด่นในการรักษาด้วยยาสมุนไพร การบริโภคผักและผลไม้แสดงให้เห็นถึงการลดลงของโรคเรื้อรังมากมาย ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมานักวิจัยส่วนใหญ่มีความสนใจในพืชสกุล Phyllanthus เกี่ยวกับศักยภาพในการบำบัดรักษาโรคหลายชนิด สารสกัดและสารประกอบที่แยกได้พืชในจีนัส Phyllanthus มีสมบัติทางเภสัชวิทยาที่ดี เช่น การไวรัส การยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย ต้านมะเร็ง สารต้านอนุมูลอิสระ ยาบรรเทาอาการโรคเบาหวาน

Phyllanthus acidus L. Skeels (Euphorbiaceae) หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า harfarauri หรือ star gooseberry หรือมะยมในประเทศไทยเป็นพืชที่มีอย่างกว้างขวางในอินเดียและประเทศในเอเชียอื่น ๆ ในมาเลเซีย *P. acidus* รู้จักกันในนาม 'cermai' หรือ kemangul และ chermala สมุนไพร *P. acidus* มีการใช้แบบดั้งเดิมในการรักษาการอักเสบและออกซิเดชั่นหลายชนิด ความผิดปกติเกี่ยวกับความเครียดรวมถึงโรคไขข้อหลอดลมอักเสบ หอบหืด โรคระบบทางเดินหายใจ ตับและหนองใน ในประเทศไทยมีการใช้ใบมะยมเป็นยาแก้ความดันโลหิตสูงเพื่อบรรเทาอาการปวดหัวที่เกิดจากความดันโลหิตสูง นอกจากนี้ยังช่วยบำรุงรักษาสายตาและแก้ไอ ผลของพืชถูกนำมาใช้เป็นยาสมานแผลในขณะที่รากและเมล็ดมีประโยชน์เช่นเดียวกับยาถ่าย ใบและรากยังใช้เป็นยาแก้พิษงูได้ การทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพของพืชควรทำการอบแห้งและสกัดก่อนปัจจัยเหล่านี้อาจส่งผลกระทบต่อไฟโตเคมิคอลและฤทธิ์ทางชีวภาพของพืช ดังนั้นการเลือกวิธีการทำแห้งที่มีประโยชน์และตัวทำละลายที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งจำเป็น การอบแห้งเป็นหนึ่งในปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่อาจส่งผลต่อประสิทธิภาพและประโยชน์ของพืช เป็นวิธีโบราณในการถนอมอาหารโบราณ โดยปกติจะใช้เพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิไดซ์ การศึกษาทางเคมีและชีวภาพเกี่ยวกับพืชสมุนไพรที่กินได้ถูกทำขึ้นเพื่อค้นหาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ปลอดภัยจากแหล่งธรรมชาติ

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1) เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งมะยมผงแบบแช่เยือกแข็ง
2) เพื่อวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านสารอนุมูลอิสระของมะยมผง
3) เพื่อศึกษาการเก็บรักษามะยมไว้บริโภคได้ในเวลาที่เหมาะสม
4) เพื่อศึกษาการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียโดยวิธี disk diffusion

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1) ระเหยน้ำมะยมนำมาทำเป็นผงผสมด้วยมอลโตเด็กตรินซ์ปริมาณ 2 4 และ 6 กรัม ตามลำดับและนำไปทำแห้งโดยวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง
2) ศึกษาอัตราการละลายกลับของผลมะยม ปริมาณมอลโตเด็กตรินซ์ที่เหมาะสมในการทำแห้ง
3) ศึกษาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณของแข็งทั้งหมด และปริมาณความชื้นของผงมะยม
4) ศึกษาฤทธิ์การยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย และฤทธิ์การต้านสารอนุมูลอิสระจากผงมะยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ส่งเสริมการแปรรูปผลมะยมโดยใช้วิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง
2) ส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากผลมะยม เช่น การบริโภคผลมะยม การใช้ผลมะยมเพื่อเพิ่มรสเปรี้ยวของอาหาร
3) ส่งเสริมการใช้ประโยชน์เกี่ยวกับการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของผลมะยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

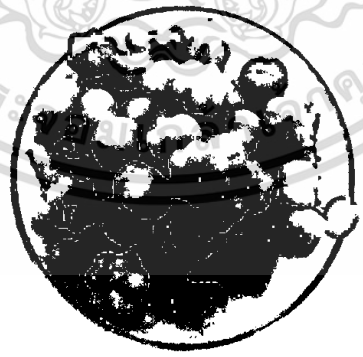
บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 อนุกรมวิธานของมะยม

Kingdom: Plantae
Phylum: Angiosperms
Class: Dicotyledons
Subclass: Dillenidae
Order: Euphorbiales
Family: Phyllanthaceae
Genus: *Phyllanthus*
Species: *P. acidus*

2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

มะยมที่นำมาศึกษามีชื่อทางวิทยาศาสตร์ *Phyllanthus acidus* (L.) Skeels. มีชื่อสามัญว่า มะยม (Star gooseberry) เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลาง เปลือกลำต้นขรุขระ กิ่งเปราะหักง่ายส่วนใบเป็นใบประกอบ ประกอบด้วยใบย่อย 30 -60 ใบ ใบย่อยเป็นรูปไข่มีสีเขียว ใบมักจะออกรวมกัน อยู่ตรงส่วนของปลายยอด ดอก เป็นช่อชนิดราซีม ดอกมีขนาดเล็ก ไม่มีกลีบดอก มีกลีบเลี้ยงสีชมพู ผลเกือบกลม กว้างมากกว่ายาวเล็กน้อย ผนังผลไม้เรียบแต่จะมีสีสันและร่องตื้นๆ ประมาณ 6 - 8 สัน ตามความยาวของผล เปลือกผลสีเหลืองอ่อน เมล็ดมีเมล็ดเดียวในหนึ่งเมล็ด (สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯสยามบรมราชกุมาร 2554 มะยม กลุ่มยารักษาโรค)



รูปที่ 2.1 ลักษณะผลมะยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 สรรพคุณทางยาและประโยชน์

เป็นผลไม้รสเปรี้ยวที่นิยม รับประทาน มีการนำมาใช้ในการรักษาโรคตามวิถีการแพทย์พื้นบ้าน เช่น ใช้เป็นยาระบาย ลดความดัน โลหิต ป้องกันเบาหวาน แก้ปวด บรรเทาอาการไอ หอบหืด และรักษาโรคผิวหนัง เป็นต้น จากการศึกษาทางพฤกษเคมีและเภสัชวิทยาพบกลุ่มสารในผลมะยม ประกอบไปด้วยสารกลุ่ม ฟีนอลิค ฟลาโวนอยด์ ไฟโตสเตอรอล คาร์โบไฮเดรต แทนนิน เทอร์พีนอยด์ ซาโปนิน โปรตีน กรดอะมิโน วิตามินซี แคลเซียม ฟอสฟอรัส และเหล็ก เป็นต้น โดยในรากยังพบสาร Phyllanthusol A และ B ซึ่งถือว่าเป็นสารเอกลักษณ์ของพืชมะยมด้วย สาระสำคัญเหล่านี้ทำให้มะยมมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาหลากหลาย ได้แก่ ฤทธิ์ต้านการอักเสบ ต้านอาการปวด ต้านอนุมูลอิสระ ปกป้องตับ ต้านเชื้อรา ต้านเชื้อแบคทีเรีย ลดระดับน้ำตาลในเลือด ขับปัสสาวะ ต้านเชื้อวัณโรค และ ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์อะเซทิลโคลีนเอสเทอร์เรส เป็นต้น (สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ สยามบรมราชกุมาร 2554 มะยม กลุ่มยารักษาโรค)

2.4 องค์ประกอบทางพฤกษเคมีของมะยม

การศึกษาปริมาณสารอาหาร แร่ธาตุ และวิตามินในผลมะยมพบว่าผลมะยมเป็นผลไม้ที่ประกอบด้วยน้ำในปริมาณสูงถึง 91.9 กรัม ใน 100 กรัมของผลสด มีปริมาณฟอสฟอรัส ธาตุเหล็ก และ วิตามินสูง (ตารางที่ 2.1) นอกจากนี้ยังพบน้ำมันหอมระเหยในผลมะยม ประมาณ 77 ชนิด เช่น เทอร์ปีน (terpenes) 17 ชนิดเอสเทอร์(esters) 18 ชนิดแอซิด (acids) 7 ชนิดแอลดีไฮด์ (aldehydes) 4 ชนิดฟีนอล (phenols) 2 ชนิด และแอลกอฮอล์(alcohol) 1 ชนิด เป็นต้น โดยน้ำมันหอมระเหยที่พบส่วน ใหญ่ในกลุ่มเทอร์ปีน คือ โมโนเทอร์ปีน (monoterpenes) และ เซสควิเทอร์ปีน (sesquiterpenes) พบมากที่สุดคือ epi-α-muurolol (32.9 mg/kg ของผลสด) และ α-cadinol (22.1 mg/kg ของผลสด) และ น้ำมันหอมระเหยที่พบส่วนใหญ่ในกลุ่มแอซิด คือ hexadecanoic acid (3.8 mg/kg ของผลสด) (Pino และคณะ, 2008) (ตาราง ที่ 2.2)

ตารางที่ 2.1 ปริมาณสารอาหาร แร่ธาตุและวิตามินที่พบในผลมะยม ปริมาณ 100 กรัม

สาร	ปริมาณ
Water	91.9 g
Protein	0.155 g
Fat	0.52 g
Fiber	0.8 g
Ash	0.51 g
Calcium	5.4 mg
Phosphorus	17.9 mg
Iron	3.25 mg
Carotene	0.019 mg
Thiamine	0.025 mg
Riboflavin	0.013 mg
Niacin	0.292 mg
Ascorbic acid	4.6 mg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ปริมาณสารระเหยที่พบในผลมะยม (Pino และคณะ, 2008)

สาร	LRI	ปริมาณ (mg/kg)
hexanal	802	< 0.1
(E)-2-hexanal	855	< 0.1
(Z)-3-hexanal	859 0.2	0.2
α-thujene	929	< 0.1
myrecne	991	< 0.1
butyl butyrate	995	< 0.1
ethyl hexanoate	998	< 0.1
Z)-3-hexenyl acetate	1005	< 0.1
p-cymene	1026	0.1
limonene	1029	3.6
β-phellandrene	1031	< 0.1
trans-linalool oxide (furanoid)	1073	< 0.1
terpinolene	1089	< 0.1
p-cymenene	1091	< 0.1
methyl benzoate	1092	< 0.1
ethyl heptanoate	1097	< 0.1
nonanal	1102	0.2
methyl octanoate	1127	0.1
camphor	1146	< 0.1
hexyl isobutyrate	1153	< 0.1
α-terpineol	1189	< 0.1
ethyl octanoate	1195	0.6
methyl chavicol	1196	< 0.1
decanal	1202	< 0.1
trans-carveol	1217	< 0.1
cis-carveol	1230	< 0.1
carvone	1243	0.1
piperitone	1253	< 0.1
nonanoic acid	1280	0.1
isobornyl acetate	1286	< 0.1
ethyl nonanoate	1288	0.1
thymol	1290	< 0.1
trans-cadina-1(2),4- diene	1535	0.3
α- cadinene	1540	0.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

α-calacorene	1546	2.9
β-calacorene	1566	0.8
dodecanoic acid	1567	< 0.1
ledol	1570	0.5
caryophyllenyl alcohol	1572	0.2
epi-α-muurolol	1642	32.9
α-cadinol	1654	22.1
cadalene	1678	5.0
tetradecanoic acid	1767	0.8
ethyl tetradecanoate	1793	< 0.1
isopropyl tetradecanoate	1830	0.2
pentadecanoic acid	1864	0.2
benzyl salicylate	1866	0.2
hexadecanoic acid	1966	3.8
ethyl hexadecanoate	1992	0.1
methyl octadecanote	2123	< 0.1
oleic acid	2141	1.3
octadecanoic acid	2166	0.5
ethyl octadecanoate	2196	< 0.1

LRI: Lineal Retention Index in HP-5MS

2.5 การแปรรูปอาหาร (food processing)

การแปรรูปอาหาร (food processing) เป็นกระบวนการที่เปลี่ยนแปลงสภาพของวัตถุดิบ ให้เป็นผลิตภัณฑ์อาหารอยู่ในสภาพที่เหมาะสม สะดวก และปลอดภัยต่อการบริโภค เป็นการถนอมอาหาร เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ใหม่ ที่มีความหลากหลาย เพิ่มทางเลือก และเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบ

2.5.1 การอบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

เป็นการทำแห้งด้วยการลดอุณหภูมิของอาหารให้ต่ำ กว่าจุดเยือกแข็งเพื่อให้น้ำเปลี่ยนสถานะเป็นผลึกน้ำแข็ง ซึ่งควรเป็นการแช่เยือกแข็งแบบเร็วเพื่อให้ผลึกที่ เกิดขึ้นมีขนาดเล็ก แล้วจึงลดความดันบรรยากาศเพื่อให้ผลึกน้ำแข็งที่อยู่ภายในอาหารระเหิดเป็นไอ ออกไปจากผิวหน้าของผลิตภัณฑ์การระเหิดของชั้นน้ำแข็งจะเริ่มจากชั้นน้ำแข็งบริเวณผิวหน้าของ ผลิตภัณฑ์ระเหิดไปเป็นไอทำให้บริเวณนี้กลายเป็นชั้นแห้ง จากนั้นเป็นการระเหิดของชั้นน้ำแข็งที่ อยู่ภายในผลิตภัณฑ์ระเหิดผ่านชั้นแห้งออกไปสู่ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ระยะเวลาการระเหิดขึ้นอยู่ กับขนาด รูปร่าง และโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด วิธีนี้เป็นการทำแห้งโดยที่ อาหารไม่ผ่านความร้อน อาหารทำ แห้งที่ได้จะมีคุณค่าทางโภชนาการสูงและคงเหลือคุณภาพทาง ด้านประสาทสัมผัสไว้เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างดี ลดการทำลายเนื้อเยื่อและโครงสร้างของอาหาร รักษาคุณภาพ อาหารเช่นสี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสของอาหารได้ดีจึงนิยมใช้กับวัตถุดิบที่มีราคาสูง มีกลิ่นและลักษณะ เนื้อเฉพาะ เช่น กาแฟ เห็ดหอม เครื่องเทศ สมุนไพร น้ำผลไม้เนื้อสัตว์ เป็นต้น

2.6 ฤทธิ์ต้านจุลชีพ (Antimicrobial activity)

ความสามารถของสารเคมีหรือน้ำมันหอมระเหยหรือสิ่งสกัดจากพืช ยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลชีพ (microstatic) หรือ ฆ่าเชื้อจุลชีพ (microbicidal) ทั้งนี้การแยก ระหว่างสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญและสารที่มีฤทธิ์ฆ่าจุลชีพนั้นไม่สามารถแบ่งแยกได้อย่างชัดเจน เนื่องจากสารบางชนิดอาจมีฤทธิ์เป็นสารยับยั้งการเจริญต่อจุลชีพสายพันธุ์หนึ่งและในขณะเดียวกันยัง สามารถเป็นสารที่มีฤทธิ์ฆ่าจุลชีพอีกสายพันธุ์ด้วยเช่นกัน ดังนั้นจึงนำกลไกการออกฤทธิ์มาเป็นปัจจัย ในการจำแนกสารต้านจุลชีพชนิดต่างๆ โดยสามารถแบ่งออกได้ 5 กลุ่ม ได้แก่ (1) ยับยั้งการสร้างผนัง (2) รบกวนการทำงานของเยื่อหุ้มเซลล์ (3) ยับยั้งการสังเคราะห์กรดนิวคลีอิก (4) ยับยั้งการสังเคราะห์ โปรตีน (5) รบกวนกระบวนการเมตาบอลิซึม ซึ่งวิธีการทดสอบฤทธิ์ต้าน จุลชีพได้กำหนดโดย The National Committee for Clinical Laboratory Standards (NCCLS) ประเทศสหรัฐอเมริกา โดย วิธีการการทดสอบได้อธิบายถึงขั้นตอนการเลี้ยงเชื้อจุลชีพต่างๆ ทั้ง แบคทีเรีย รา ยีสต์ ไวรัส เป็นต้น ประเภทและชนิดของอาหารเลี้ยงเชื้อ ความหนาและปริมาตรของอาหารเลี้ยงเชื้อ การเตรียมเชื้อเริ่มต้นและความเข้มข้นของเชื้อที่เหมาะสม ขั้นตอนการเตรียมสารตัวอย่างเพื่อทดสอบ สภาวะการเจริญและการทดสอบต่อเชื้อ เช่น อุณหภูมิ เวลา ของการบ่มเชื้อ ทั้งนี้ยังอธิบายถึงขั้นการตรวจวัดผลทำให้ได้ผลการทดลองที่แม่นยำและเป็นที่ยอมรับ การแปรผลจะแสดงผลในค่า MIC หรือ Minimum inhibitory concentration คือ ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญจุลชีพได้ค่า MBC และ MFC หรือ Minimum bactericidal Concentration และ Minimum fungicidal concentration คือค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียและราได้

2.6.1 กลไกการออกฤทธิ์ของสารต้านจุลชีพ (Mode of action of antimicrobial agent)

1) ยับยั้งการสร้างผนังเซลล์ (Inhibition of cell wat) มักเป็นสารพวกที่ยับยังการสังเคราะห์เปปทิโดไกลแคนของแบคทีเรีย โดยจะเข้าไปสะสมในส่วนของผนังเซลล์และก่อให้เกิด autolysis ทำให้เซลล์แตก หรือ ย่อย pentapeptide side chain และ peptide cross bridge ออก จากกัน เกาะที่บริเวณปลายหรือย่อยพันธะเปปไทด์ของกรดอะมิโน D-ala-D-ala เพื่อไม่ให้เกิดการ รวมกันของหน่อยย่อยหรือป้องกันปฏิกิริยา dephosphorylation เพื่อไม่ให้มีการสร้างผนังเซลล์

2) รบกวนการทำงานของเยื่อหุ้มเซลล์ (Inhibition of cytoplasmic membrane function) โดยจะเข้าทำลาย phospholipid ทำให้สูญเสียคุณสมบัติของการเป็นเยื่อเลือกผ่าน ส่งผลให้เซลล์หยุดการเจริญเติบโตและตายในที่สุด

3) ยับยั้งการสังเคราะห์ของกรดนิวคลีอิก (Inhibition of nucleic acid synthesis) โดย มักจะเข้ายับยั้งการทำงานของเอนไซม์ gyrase และ topoisomerase ในขณะที่เซลล์แบ่งตัวเป็นผล ให้เซลล์ไม่สามารถแบ่งตัวและเพิ่มจำนวนได้ หรือเข้ายับยั้งการสังเคราะห์ mRNA เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีน (Inhibition of protein synthesis) สารจะเข้าจับกับหน่วย ย่อยของไรโบโซมทำให้ไม่เกิดกระบวนการแปลรหัสจาก mRNA เป็น กรดอะมิโน เช่นในแบคทีเรีย จะ เข้าจับกับ 5OS หรือ 30S ส่งผลเกิดการยับยั้งการเจริญของเชื้อ

5) รบกวนกระบวนการเมตาบอลิซึม (Antimetabolites) มักเป็นสารที่มีโครงสร้างคล้ายคลึง กับสารตัวกลางในปฏิกิริยาที่สำคัญในการสังเคราะห์สารที่จำเป็นต่อเซลล์ต่างๆ เช่น สารพันธุกรรม ได้แก่ พิวรีน ไพริมิดีน เมื่อเข้าสู่เซลล์จะเกิดการทำปฏิกิริยาแข่งขันกับสารตัวกลางที่มีโครงสร้าง คล้ายคลึงกัน ทำให้เป็นการลดผลิตภัณฑ์สุดท้ายของกระบวนการสังเคราะห์ เป็นผลให้เซลล์ถูกยับยั้งการเจริญ

2.7 สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant)

สารต้านอนุมูลอิสระหรือแอนติออกซิแดนท์ (antioxidant) คือสารเคมีที่ทำหน้าที่ชะลอ หรือป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารตั้งต้น ในที่นี้ รวมถึงสารที่สามารถยับยั้งและควบคุมอนุมูลอิสระไม่ให้ไปกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน จึง ช่วยยับยั้งอนุมูลอิสระไม่ให้ทำลายองค์ประกอบของเซลล์ สารต้านอนุมูลอิสระในธรรมชาติไม่ได้เป็นเพียงสารประกอบทางเคมีที่พืชสร้างขึ้นเท่านั้น แต่รวมถึงเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องด้วย ตัวอย่างเช่น superoxide dismutase catalase และ peroxidase เป็นต้น โดยในปัจจุบันพบว่า สารประกอบในกลุ่มฟีนอลเป็นสารที่มีบทบาทสำคัญในการต้านอนุมูลอิสระ

2.7.1 แหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระ

สารต้านอนุมูลอิสระที่เกิดจาการสังเคราะห์ทางชีวภาพ และมีความสำคัญทางชีววิทยามี หลายชนิด เช่น วิตามินซี วิตามินอี และสารประกอบฟีนอลิก สามารถพบได้ในผักเกือบทุกชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งมะเขือเทศ พริกหวานสีแดง ผักตระกูลกะหล่ำ หอมหัวใหญ่ กระเทียม และบีท ซึ่งผักแต่ละชนิดมีการสังเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับลักษณะทาง พฤกษศาสตร์และสภาพแวดล้อมที่ผักชนิดนั้นๆ เจริญเติบโต ตัวอย่างคุณค่าทางอาหารในผัก ได้แก่ ผักตระกูล Cruciferaceae และ Alliaceae มี สารประกอบ sulforophane selenium folic acid vitamin B-12 vitamin D chlorophyll carotenoids และ vitamin C สารประกอบเหล่านี้ทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพสูงมีประสิทธิภาพในการป้องกันการเกิดเซลล์มะเร็งทุกชนิด

2.7.2 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

ในการวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH อนุมูลอิสระที่นิยมทั่วไป คือ 1,1-Diphenyl-2-picryhydrazyl (DPPH) เป็นอนุมูลอิสระที่เสถียรและสามารถรับอิเล็กตรอนได้เพื่อเปลี่ยนเป็นโมเลกุลที่ไม่เป็นอนุมูลอิสระและเมื่อได้รับอะตอมไฮโดรเจนจากโมเลกุลอื่น จะทำให้สารดังกล่าวหมดความเป็นอนุมูลอิสระ การศึกษานี้เป็นการรวมตัวกับ DPPH ที่อยู่ในรูปอนุมูลอิสระที่เสถียรที่อยู่ในสารละลายซึ่งจะเกิดกลไกการต้านอนุมูลอิสระแบบ scavenging activity โดยใช้เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ทดสอบสารละลาย DPPH ซึ่งมีสีม่วงเข้มทำปฏิกิริยากับสารต้านอนุมูลอิสระในระยะเวลาที่กำหนด พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของสีม่วงลดลง เมื่อวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 516 นาโนเมตร พบว่าความสามารถในการดูดแสงที่ลดลงนี้จะแปรผันโดยตรงกับความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้มข้นของสาร DPPH ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระ ดังนั้นการลดลงของหวานเข้มข้นของ DPPH (สีอ่อนลง) บ่งบอกถึงความสามารถในการจำกัดอนุมูลอิสระของสารต้านอนุมูลอิสระ (Blois, 1958)

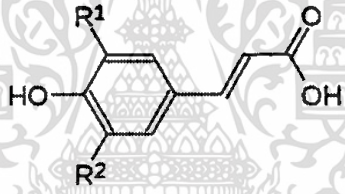
2.8 สารประกอบฟีนอลิก

สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic compounds) เป็นสารประกอบที่พืชสังเคราะห์ขึ้นโดยมีกรดอะมิโนฟีนิลอะลานีน (Phenylalanine) เป็นสารตั้งต้น แต่ในพืชบางชนิดสามารถสังเคราะห์ได้จากกรดอะมิโนไทโรซีน (Tyrosine) โครงสร้างของ สารประกอบฟีนอลิกประกอบด้วยวงเบนซีนอยู่ภายในโมเลกุลและมีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) อย่างน้อยหนึ่งหมู่ โดยพืชสร้างขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆ เช่น ก่อให้เกิดสี กลิ่น และรสชาติ ที่จำเพาะเจาะจง โดยส่วนใหญ่แล้วในพืชจะพบสารประกอบฟีนอลิกเหล่านี้จะอยู่ในรูปที่เกาะอยู่กับน้ำตาล (Glycosylated derivative) มากกว่าอยู่ในรูปเดี่ยวๆ (Aglycone) สามารถแบ่งได้ 3 กลุ่มใหญ่ที่สำคัญคือ กรดฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) และแทนนิน (Tannin)

2.8.1 กรดฟีนอลิก (Phenolic acid)

กรดฟีนอลิก ประกอบด้วย กรดไฮดรอกซีซินนามิก (Hydroxycinnamic acid) และกรดไฮดรอกซีเบนโซอิก (Hydroxybenzoic acid)

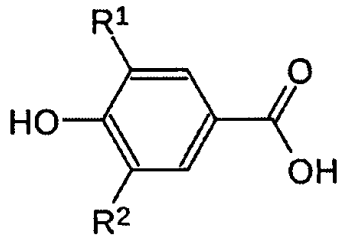
2.8.1.1 กรดไฮดรอกซีซินนามิก (Hydroxycinnamic acid)



รูปที่ 2.2 โครงสร้างกรดไฮดรอกซีซินนามิก (Hydroxycinnamic acid)
ที่มา : Green (2007)

กรดไฮดรอกซีซินนามิก มีโครงสร้างหลักดังแสดงในภาพที่ 2.2 มักพบทั่วไปในพืช ได้แก่ กรดคาเฟอิก (Caffeic acid) กรดเฟอรูริก (Ferulic acid) กรดพาราคูมาริก (p-Coumaric) และ กรดซินแนบปิก (Sinapic acid) ในธรรมชาติมักพบในรูปของกรดไฮดรอกซีเอสเทอร์ (Hydroxy acid ester) โดยเกิดพันธะเอสเทอร์กับกรดควินิก (Quinic acid) กรดชิคิมิก (Shikimic acid) กรดทาร์ทาริก (Tartaric acid) ฟลาโวนอยด์ เซลลูโลส ลิกนิน หรือโปรตีน ตัวอย่างเช่น กรดคลอโรจินิก (Chlorogenic acid) (ภาพที่ 2.2) (Green, 2007) 2.8.1.2 กรดไฮดรอกซีเบนโซอิก (Hydroxybenzoic acid)

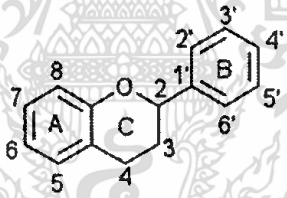
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 โครงสร้างกรดไฮดรอกซีเบนโซอิก (Hydroxybenzoic acid)
ที่มา : Green (2007)

กรดไฮดรอกซีเบนโซอิกส่วนมากมักพบในรูปของอนุพันธ์ และพบปริมาณน้อยในพืช ความหลากหลายของกรดไฮดรอกซีเบนโซอิกขึ้นอยู่กับการแทนที่ของหมู่ไฮดรอกซิลและ เมทอกซิลบนวงอะโรมาติก โดยมากจะเกิดพันธะไกลโคไซด์หรือพันธะเอสเทอร์กับกรดอินทรีย์ เช่น กรดมาเลอิก (Maleic acid) และกรดทาร์ทาริก (Tartaric acid) หรือเกิดพันธะกับฟลาโวนอยด์ เป็นต้น ตัวอย่างกรดไฮดรอกซีเบนโซอิก เช่น กรดแกลลิก (Gallic acid) กรดวานิลลิก (Vanillic acid)และกรดพาราไฮดรอกซีเบนโซอิก (p-Hydroxybenzoic acid) โดยกรดแกลลิก คือ กรดไฮดรอกซีเบนโซอิกที่สามารถพบได้ทั่วไป กรดแกลลิก 2 โมเลกุลสามารถรวมตัวกันกลายเป็น กรดเอลลาจิก (Ellagic acid) ซึ่งกรดเอลลาจิกนี้ได้รับความสนใจอย่างมากเนื่องจากมีคุณสมบัติใน การต้านการเกิดมะเร็ง (Anticarcinogenic) และต้านการเกิดออกซิเดชัน (Antioxidant) ได้

2.8.2 ฟลาโวนอยด์ (Flavonoid)



รูปที่ 2.4 โครงสร้างพื้นฐานของสารประกอบฟลาโวนอยด์ (Flavonoid)
ที่มา : Green (2007)

ฟลาโวนอยด์จัดเป็นสารประกอบฟีนอลิกที่ถูกพบมากที่สุดในบรรดาสารประกอบฟีนอลิก จากพืชทั้งหมด พบอยู่ทั่วไปในพืชที่มีสีเขียว และพบในทุกส่วนของพืช ไม่ว่าจะเป็นใบ ราก เนื้อไม้ เปลือกต้น ดอก ผล หรือเมล็ด มีสูตรโครงสร้างหลักเป็นฟลาแวน (Flavan) หรือ 2-ฟีนิลเบนโซไพ แรน (2-Phenylbenzopyran) ประกอบด้วยคาร์บอน 15อะตอมเรียงกันเป็นระบบ C_6-C-$_3$C-$_6$ โดยมีวง เบนซีน 2 วงจับกันด้วยคาร์บอน 3 อะตอม ซึ่งอาจจัดเรียงเกิดเป็นวงที่ 3 ทำให้โครงสร้างหลักที่ได้ เหมือนโครงสร้างหลักของวิตามินอีที่เป็นโครงสร้างแบบโครแมน (Chroman) หรือเบนโซไพแรน (Benzopyran) จากสูตรโครงสร้างหลักจะมีหมู่แทนที่ที่คาร์บอนตำแหน่งต่างๆ โดย เฉพาะที่วง A และ B ส่วนใหญ่จะเป็นหมู่ไฮดรอกซิล เมทอกซิล และน้ำตาลต่างๆ การแทนที่ของหมู่ต่างๆ เหล่านี้ทำให้เกิดเป็นฟลาโวนอยด์ในธรรมชาติที่แตกต่างกันเป็นจำนวนมาก ฟลาโวนอยด์มักพบในลักษณะของอนุพันธ์ของไกลโคไซด์ (Glycoside) และแบ่งเป็นกลุ่มย่อยได้ 6 กลุ่ม ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอนโธไซยานินส์(Anthocyanins) ฟลาวานอล (Flavanol) ฟลาโวนอล (Flavonol) ฟลาโวน (Flavone) ฟลาวาโนน (Flavanone) และ ไอโซฟลาโวน (Isoflavone) (Kim และ Lee, 2005)

2.8.3 แทนนิน (Tannins)

แทนนินเป็นสารที่ไม่พบในสัตว์แต่จะพบได้ในพืชไม่ว่าจะเป็นส่วนราก ลำต้น ใบ ดอก ผล ซึ่งจะพบในผลดิบเมื่อสุกแล้วจะหายไป โดยเหตุที่แทนนินมีฤทธิ์เป็น antiseptic จึงป้องกันพืชจากการรบกวนของแมลงและเห็ดได้ โดยทั่วไปพืชชนิดหนึ่งๆจะสร้างและสะสมแทนนินในส่วนต่างๆหลายแห่งเช่น ใน chestnut จะมีแทนนินในเปลือกไม้ เนื้อไม้ และใบเป็นต้น และแบ่งกลุ่มแทนนินได้ออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม gallotannins และ ellahitannins

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.9.1 การผลิตน้ำตำลึงผงโดยการทำแห้งแบบเยือกแข็ง

เศรษฐการ นุชนิยม (2554) ได้ทำการผลิตน้ำตำลึงผงโดยการทำแห้งแบบเยือกแข็ง ได้นำน้ำตำลึงไปทำแห้งแบบเยือกแข็งโดยการแปรปริมาณมอลโตเด็กทรินที่ใส่เป็น 3 ระดับคือ 4 6 และ 8% ก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง ผลการทดสอบทางประสารทสัมผัสพบว่าการแปรปริมาณ มอลโตเด็กทรินที่ระดับ 8% ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุดและแตกต่างจากที่ระดับอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) จากนั้นได้แปรปริมาณน้ำตาลซูโครส และน้ำตาลฟรุกโตสที่ระดับ 3 และ 5% ผลการทดสอบทาง ประสาทสัมผัสพบว่าการใส่น้ำตาลฟรุกโตสที่ระดับ 5% ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุดแตกต่าง จากที่ระดับอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราพบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ประเภทผงชงดื่ม (มผช. 168/2546)

2.9.2 ศึกษาผลของวิธีการอบแห้งและอัตราส่วนของตัวทำละลายที่แตกต่างกันต่อกิจกรรมทางชีวภาพของสารสกัด *Phyllanthus acidus*

Zulaikha และคณะ (2017) ศึกษาผลของวิธีการอบแห้งและอัตราส่วนของตัวทำละลายที่แตกต่างกันต่อกิจกรรมทางชีวภาพของสารสกัด *Phyllanthus acidus* การประเมินกิจกรรมการยับยั้งสารต้านอนุมูลอิสระและα-glucosidaseผลของ P. *acidus* ถูกทำให้แห้งโดยใช้วิธีการที่แตกต่างกันสามวิธีคือการอบด้วยเตาอบ (OD) อากาศ (AD) และการแช่แข็ง (FD) และสกัดด้วยเอทานอลที่อัตราส่วนต่างๆ (50 และ 100%) การวิเคราะห์ปริมาณกลุ่มสารของผลของ P. *acidus* พบว่าตัวอย่างแห้งทั้งหมดมีปริมาณธาตุอาหารที่เป็นไปได้ ค่าสูงสุดของ TPC, การยับยั้ง α-glucosidase และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสำหรับสารสกัด ethanol 50% จากวิธี OD ด้วยค่า TPC ที่ 28.39 mg GAE / g สารสกัดแห้ง ค่า IC_{50} เท่ากับ 12.394 μg / mL และ 64.17% ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่าสารประกอบฟีนอลิกอาจเป็นตัวช่วยหลักในการยับยั้งกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระและα-glucosidase โดยใช้สัมประสิทธิ์ค่า R 95.0 และ 73.8% ตามลำดับ

2.9.3 ศึกษคุณสมบัติต้านจุลชีพจำเพาะของสารสกัดใบ *Phyllanthus acidus* เทียบกับ *Candida albicans Escherichia coli* และ *Staphylococcus aureus*

Jagessar และคณะ (2008) ศึกษคุณสมบัติต้านจุลชีพจำเพาะของสารสกัดใบ *Phyllanthus acidus* เทียบกับ *Candida albicans Escherichia coli* และ *Staphylococcus aureus* โดยใช้ Stokes Disc diffusion Pour plate Well diffusion และ Streak plate โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิจกรรมของแบคทีเรียและ *Phyllanthus acidus* ถูกตรวจสอบโดย S.*aureus* (gram + ve) E.*coli* (gram - ve) และ C.*albicans* โดยใช้วิธี Stokes disc diffusion Pour plate Well diffusion และ Streak plate ชนิดตัวทำละลายสารสกัดได้จากการสกัด 3 นิดด้วย hexane CH_2 -Cl_2 EtOAc และ CH_3 -CH_2 -OH ตามลำดับตัวทำละลายความเข้มข้น 0.035g ใน 0.01L (10 mL) ของตัวทำละลายถูกทดสอบในปริมาณที่แตกต่างกัน 0.2-0.6 มล. / plate ตัวทำละลายถูกใช้เป็นตัวควบคุมในขณะที่ใช้ ampicillin และ nystatin เป็นตัวอ้างอิงสำหรับแบคทีเรียและสายพันธุ์ของเชื้อราตามลำดับ ตัวทำละลายไม่มีผลต่อจุลินทรีย์ในขณะที่ ampicillin และ nystatin ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ *Phyllanthus acidus* แสดงฤทธิ์ยับยั้งยาต้านจุลชีพที่ 0.18 มก. / 10 มล. ซึ่งมีฤทธิ์โดดเด่นที่สุดด้วยสารสกัดเอทานอล การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าสารสกัดเอทานอลของ *Phyllanthus acidus* สามารถใช้เป็นยาสมุนไพรในการควบคุมของ *E. coli* และ *S. aureus* ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือ

3.1.1 วัตถุดิบ

1. ผลมะยม

3.1.2 สารเคมี

1. เอทานอลเข้มข้น 95% (WRR International Co., Ltd)
2. โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) (UNIVAR, Australia)
3. มอลโตเด็กซ์ตริน (บริษัท ซีทีไอ แอนด์ ซายด์ จำกัด, ประเทศไทย)
4. folin-ciocalteu reagent (Sigma, USA)
5. Gallic acid (3,4,5-trihydroxybenzoic acid) (SRL, India)
6. น้ำเกลือ (NaCl) ความเข้มข้น 0.85%

3.1.3 วัสดุและเครื่องแก้ว

1. โกร่งบดสาร
2. ช้อนตักสาร
3. ช้อนสแตนเลส
4. ตะแกรงใส่หลอดทดลอง
5. ตะเกียงแอลกอฮอล์
6. ลวดเขี่ยเชื้อ (Loop)
7. กระบอกตวง
8. คีมคีบ (Forceps)
9. กระบอกน้ำกลั่น
10. กระป๋องอลูมิเนียมอบตัวอย่าง (Moisture can)
11. บีกเกอร์ขนาด 250, 500, 1000 มิลลิลิตร
12. หลอดหยด
13. ปิเปตขนาด 1,5,10 มิลลิลิตร
14. ขวดใส่สารขนาดเล็ก (Vial)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15. จานเพาะเชื้อ

16. ขวดฝาเกลียว (Durar)

17. หลอดทดลอง

18. แท่งแก้วคนสาร

19. ขวดแก้วสีชา (amber vial)

20. หลอดทดลองขนาดเล็กขนาด 1500 ไมโครลิตร (ExtraGene, USA)

21. Micropipette

22. Microwell plate

23. ถุงมือยาง

24. กระบอกฉีดแอลกอฮอล์ 70 %

25. Parafilm

26. กระดาษอลูมิเนียมฟอยล์

27. กระดาษกรองเบอร์ 1 (whatman)

28. ผ้าขาวบาง

29. ทิป

3.1.4 เครื่องมือ

1. Laminar air flow รุ่น TL 2448 (HOLTEN, Denmark)
2. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Sartorius, Germany)
3. เครื่อง Freeze dry รุ่น LyoLab3000 (Thermoscientific, USA)
4. ตู้บ่มเชื้อ 35 องศาเซลเซียส (Aerohert, Germany)
5. เครื่องเขย่าสาร รุ่น G560E Vortex-Genie 2 (Scientific Industries, USA)
6. โถดูดความชื้น (Duran OHAUS, Germany)
7. Microplate Reader รุ่น EZ READ 2000 (Biochrom, UK)
6. ตู้อบลมร้อน รุ่น PO BOX 30605 (Scientific Ltd, New Zealand)
9. Autoclave รุ่น ES-315 (TOMY, Japan)
10. Microwave รุ่น ME 81Y (SAMSUNG, Korea)
11. เครื่องปั่น รุ่น HW-CH 1 (HOUSE WORTH, ประเทศไทย)
12. เครื่องระเหยสูญญากาศ (Heidolph, Germany)
13. ชุดเครื่องกรองสุญญากาศ รุ่น Rocker 300 (Rocker, Taiwan)
14. เครื่อง Spectrophotometer (UNICO, USA)
15. เครื่องวัด pH รุ่น 7 complex (METTLER Toledo, USA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.5 เชื้อแบคทีเรีย

1. *Escherichia coli* ATCC 25922

2. *Staphylococcus aureus* TISTR 25923

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.2.1 การระเหยน้ำมะยม

นำผลมะยมมาล้างน้ำให้สะอาด หั่นแยกเมล็ดออก นำมะยมมาปั่นให้เป็นน้ำโดยใช้เครื่องปั่น กรองแยกน้ำมะยมกับกากมะยมออกจากกันด้วยผ้าขาวบาง แบ่งน้ำออกเป็นสองส่วน นำส่วนที่หนึ่งที่เป็นของเหลวที่ได้หลังจากการกรองไปทำให้มีความเข้มข้นสูงขึ้นโดยการระเหยด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ (Heidolph, Germany) ในการระเหยที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 30 รอบต่อนาที ความดัน 72 มิลลิบาร์ ส่วนที่หนึ่งและสองที่เป็นของเหลวที่ได้หลังจากการกรองไป นำไปทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพต่อไป

3.2.2 ความชื้น

3.2.2.1 การเตรียม moisture can นำ moisture can ไปอบในตู้อบที่อุณภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนัก และนำไปเก็บในเดซิเคเตอร์ จนกว่าจะใช้

3.2.2.2 การวิเคราะห์ความชื้น ชั่งตัวอย่างผงมะยมปริมาณ 1 กรัม เทตัวอย่างใส่ใน moisture can ปิดฝาแล้วชั่งน้ำหนัก นำไปอบในตู้อบที่อุณภูมิ 103 - 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในเดซิเคเตอร์ และชั่งน้ำหนัก นำ moisture can ไปอบแห้งที่ 103 - 105 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้ให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนักอีกครั้ง กระทั่งชั่งได้น้ำหนักที่คงที่

3.2.7.3 การคำนวณปริมาณความชื้น (%)

$$\text{ความชื้นฐานเปียก (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - (\text{น้ำหนักถ้วยและตัวอย่างหลังอบ} - \text{น้ำหนักถ้วย})}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}} \times 100$$

3.2.3 สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic)

นำตัวอย่างน้ำมะยมที่ผ่านการทำห้งและไม่ทำแห้ง มาวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic) ด้วยสารละลาย Folin-Ciocalteu วิธีการวิเคราะห์ดังนี้

3.2.3.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกที่มีความเข้มข้น 20 40 60 80 และ 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรในน้ำกลั่น

3.2.3.2 เตรียมสารละลายตัวอย่าง ชั่งน้ำหนักตัวอย่างน้ำมะยมที่เป็นผงละเอียดแล้วใส่ในหลอดทดลองขนาดเล็ก จากนั้นเติมน้ำกลั่นผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่องเขย่าสาร (Vortex) ดูดสารละลายตัวอย่างปริมาตร 20 µl ลงใน Microwell plate แล้วเติมสารละลายโซเดียม คาร์บอเนต ($NaCO_3$) เข้มข้น 7.5% ปริมาตร 80 µl และเติมสารละลาย Folin-Ciocalteu 10% ปริมาตร 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

µl บ่มไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปวัดด้วยเครื่อง Microplate Reader ที่ความ ยาวคลื่น 765 นาโนเมตร

3.2.4 ฤทธิ์ต้านจุลชีพ Disk diffusion techniques

3.2.4.1 แยกแบคทีเรียบนอาหาร Nutrient Agar (NA) โดยวิธี cross streak จนได้โคโลนีเดี่ยว นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง เมื่อบ่มครบระยะเวลา เขี่ยโคโลนีเดี่ยว ลงน้ำเกลือ 0.85% และเทียบความขุ่นให้ได้เท่ากับ McFarland No. 0.5

3.2.4.2 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อในการทดสอบนี้จะใช้อาหารเลี้ยงเชื้อเป็น Mueller Hinton Agar (MHA) ที่มีการเติม NaCl ความเข้มข้น 20 g/l สำหรับทดสอบการยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* และไม่มีการเติม NaCl สำหรับทดสอบการยับยั้งการเจริญของ *E. coli*

3.2.4.3 ดูดเชื้อปริมาณ 100 µl จากหลอดที่ปรับความขุ่นไว้โดยเทียบกับ McFarland No. 0.5 ลงบนจานเพาะเลี้ยงเชื้ออาหาร MHA หลังจากนั้นใช้ไม้พันสำลีที่ปราศจากเชื้อชุบแบคทีเรียที่อยู่บนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ ทำการ swab ให้ทั่วบนผิวอาหารเลี้ยงเชื้อ ทิ้งไว้ประมาณ 3-5 นาที เพื่อให้ส่วนผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อแห้ง หลังจากนั้นใช้ที่คีบคีบกระดาษ Antibiotics assay disc (AA disc) ลงบนจานเพาะเชื้อที่เตรียมไว้แล้วกดเบา ๆ หยดตัวอย่างสารระเหยที่ได้ผลที่ดีที่สุด ความเข้มข้นเริ่มต้น จากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ลงแผ่นกระดาษกรองคนละตำแหน่ง ตำแหน่งละ 12.5 µl น้ำหนักตัวอย่าง 500 µg และ 25 µl น้ำหนักตัวอย่าง 1,000 µg ตามลำดับ ใช้มอลโตเด็กซ์ตรินเป็น control นำจานเพาะเชื้อไปบ่มที่ 35-37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16-18 ชม. แล้วนำมาวัดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใส (clear zone) บริเวณที่ไม่มีแบคทีเรียเจริญ

3.2.5 วิธีการวิเคราะห์ของแข็ง (Total Solid)

3.2.5.1. การเตรียมชามระเหยนำชามระเหยไปอบในตู้อบที่อุณภูมิ 103 - 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นลงในเดสิกเคเตอร์ ชั่งน้ำหนัก ทิ้งไว้ให้เย็นในเดซิเคเตอร์

3.2.5.2. การวิเคราะห์ของแข็งเลือกปริมาตรตัวอย่างน้ำที่เหมาะสมเพื่อให้มีปริมาณของแข็งในชามระเหยประมาณ 2.5 - 200 มิลลิกรัม (โดยปกติใช้จะใช้ปริมาตรน้ำตัวอย่างในระหว่าง 50 ถึง 100 มิลลิลิตร เทตัวอย่างน้ำลงในชามระเหยแล้วนำไปตั้งบนเครื่องอังไอน้ำ ปล่อยให้น้ำระเหยจนแห้งแล้วนำ ชามระเหยนี้ไปอบในตู้อบที่อุณภูมิ 103 - 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 1 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นในเดสิกเคเตอร์ และชั่งน้ำหนัก นำชามระเหยไปอบแห้งที่ 103 - 105 องศาเซลเซียส ปล่อยให้เย็นในเดสิกเคเตอร์และชั่งน้ำหนักอีกครั้ง ทำจนได้น้ำหนักที่คงที่หรือน้ำหนักที่ลดลงน้อยกว่า 4% หรือไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมของการชั่งครั้งที่แล้ว

3.2.5.3. การคำนวณ Total Solid

$$TS = \frac{(A-B)}{C} \times 1000$$

เมื่อ TS = ปริมาณของแข็งทั้งหมด (มิลลิกรัม/ลิตร)

A = น้ำหนักของตัวอย่างและชามระเหย (มิลลิกรัม)

B = น้ำหนักของชามระเหย (มิลลิกรัม)

C = ปริมาตรน้ำตัวอย่างที่ใช้ (มิลลิลิตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.6 ความสามารถในการละลายกลับ

ชั่งตัวอย่างผงมะยมปริมาณ 0.5 กรัม เติมน้ำร้อนที่ 65-70 องศาเซลเซียส ปริมาณ 5 มิลลิลิตร นำมากวนโดยเครื่องกวนแบบแม่เหล็ก 600 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที นำไปปั่นเหวี่ยง 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที เทสารละลายส่วนใสด้านบนลงกระป๋องอบตัวอย่าง (ชั่งน้ำหนักของกระป๋องอบตัวอย่างก่อนใช้งาน) นำมาอบที่ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 ชั่วโมงหลังจากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นในเดซิเคเตอร์ อย่างน้อย 30 นาที นำกระป๋องอบตัวอย่างข้างต้น ชั่งน้ำหนักหลังอบ

3.2.6.1 การคำนวณ ความสามารถในการละลาย (ร้อยละ)

$$\text{ความสามารถในการละลาย} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ})}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}} \times 100$$

3.2.7 การวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH)

3.2.7.1 ก่อนการใช้งาน จะต้องปรับเทียบมาตรฐาน (calibration) โดยการปรับเทียบกับสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน โดยการปรับจะปรับช่วง pH ที่ต้องการวัดด้วยสารบัฟเฟอร์ที่ pH 4 pH 7 และ pH 9

3.2.7.2 การวัดด้วย pH meter ล้างอิเล็กโทรดด้วยน้ำปราศจากไอออน (deionized water) หรือน้ำกลั่น (distilled water) และซับด้วยกระดาษทิชชู่ แล้วจุ่มอิเล็กโทรดลงในสารละลายที่ต้องการวัดโดยสารละลายที่เตรียม จะเตรียมด้วยอัตราส่วน 1:100

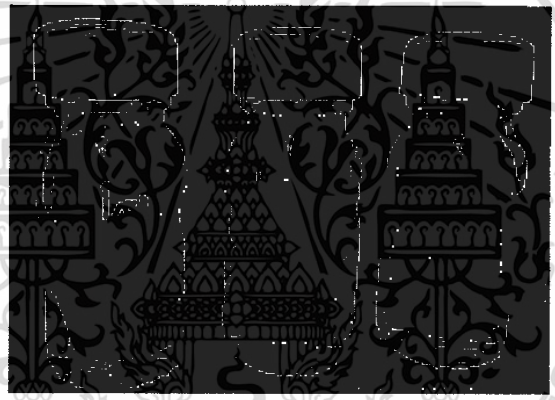
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

4.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินที่เหมาะสมต่อปริมาณน้ำมะยม

ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินที่เหมาะสมต่อปริมาณน้ำมะยม ทำการทดสอบทั้งหมด 18 ตัวอย่าง พบว่าการใช้น้ำมะยมสดและน้ำมะยมระเหยที่ปริมาณ 3 มิลลิลิตร ต่อมอลโตเด็กตริน 6 กรัม ให้มะยมเป็นผงที่ดีที่สุดทั้งทางปริมาณและลักษณะ ที่เป็นสีขาวผงละเอียดเมื่อตั้งทิ้งไว้ 24 ชม. ไม่เกิดการจับตัวเป็นก้อน ผลของความเข้มข้นของมอลโตเด็กซ์ตรินต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของน้ำมะยม ดังแสดงในรูปที่ 4.1 4.2 4.3 และ 4.4 พบว่า เมื่อความเข้มข้นของมอลโตเด็กซ์ตรินเพิ่มขึ้นค่าความชื้นจะลดลง ดังที่ได้กล่าวในงานวิจัยของ (Tuyen, 2010) ว่าความชื้นจะมีค่าลดลงเมื่อความเข้มข้นของมอลโตเด็กซ์ตรินเพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถอธิบายได้จากทฤษฎีที่ว่าการเติมมอลโตเด็กซ์ตรินจะไปเพิ่มส่วนที่เป็นของแข็งและมอลโตเด็กซ์ตรินจะไปลดส่วนที่เป็นน้ำอิสระทำให้ค่าความชื้นลดลง



รูปที่ 4.1 แสดงปริมาณผงของมะยมหลังจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

4.2 การวิเคราะห์หาปริมาณค่าผลได้ (% Yield)

ผลการวิเคราะห์การหาปริมาณค่าผลได้ของตัวอย่างน้ำมะยมสดหลังจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง พบว่าใช้อัตราส่วนน้ำมะยมต่อมอลโตเด็กซ์ตริน (v/w) 3:2 3:4 และ 3:6 จะได้ผงมะยมแห้งดี อัตราส่วน 3: 6 มีค่าน้ำหนักผงมะยมสูงสุดมีค่า 78.80% และเมื่อใช้อัตราส่วน 5:2 5:4 5:6 10:2 10:4 และ 10:6 จะได้ผงมะยมแห้งไม่สมบูรณ์ดี (ตารางที่ 4.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์การหาปริมาณค่าผลได้ (% yield) ของตัวอย่างน้ำมะยมสด หลังจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

อัตราส่วนฐ้มะยมต่อมอลโตเด็กซ์ตริน (v/w)	ปริมาณค่าผลได้ (%)	
	ผงมะยมผงแห้งดี	ผงมะยมแห้งไม่สมบูรณ์
3 : 2	42.68	-
3 : 4	70.99	-
3 : 6	78.80	-
5 : 2	-	32.13
5 : 4	-	49.34
5 : 6	-	73.60
10 : 2	-	29.91
10 : 4	-	42.14
10 : 6	-	59.11

ผลการวิเคราะห์การหาปริมาณค่าผลได้ (% yield) ของตัวอย่างน้ำมะยมสดหลังจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง พบว่าใช้อัตราส่วนฐ้มะยมต่อมอลโตเด็กซ์ตริน (v/w) 3:2 3:4 และ 3:6 จะได้ผงมะยมแห้งดี อัตราส่วน 3: 6 มีค่าน้ำหนักผงมะยมสูงสุดมีค่า 78.72 % และเมื่อใช้อัตราส่วน 5:2 5:4 5:6 10:2 10:4 และ 10:6 จะได้ผงมะยมแห้งไม่สมบูรณ์ดี (ตารางที่ 4.2)

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์การหาปริมาณค่าผลได้ (% yield) ของตัวอย่างน้ำมะยมระเหยหลังการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

อัตราส่วนน้ำมะยมต่อมอลโตเด็กซ์ตริน (v/w)	ปริมาณค่าผลได้ (% Yield)	
	น้ำมะยมระเหยแห้งดี	น้ำมะยมแห้งไม่สมบูรณ์
3 : 2	42.95	-
3 : 4	69.00	-
3 : 6	78.72	-
5 : 2	-	32.16
5 : 4	-	49.36
5 : 6	-	73.62
10 : 2	-	29.96
10 : 4	-	42.15
10 : 6	-	59.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการวิเคราะห์ความชื้น

การวิเคราะห์ความชื้นของมะยมผง พบว่าความเข้มข้นของมอลโตเดกซ์ตรินที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 66.-67 ถึง 133.33 % (w/v) ใช้น้ำมะยมสดและน้ำมะยมระเหยต่อปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินอัตราส่วน 3:2 3:4 3:6 5:4 และ 5:6 การระเหยน้ำมะยมสดเมื่อใช้น้ำมะยมสดต่อปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินอัตราส่วน 3:2 3:4 3:6 5:4 และ 5:6 อบแห้งได้ผลิตภัณฑ์มีค่าความชื้น 9.07 8.60 7.5 11.02 และ 9.25 % ตามลำดับ การระเหยน้ำมะยมระเหยมื่อใช้น้ำมะยมสดต่อปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินอัตราส่วน 3:2 3:4 3:6 5:4 และ 5:6 อบแห้งได้ผลิตภัณฑ์มีค่าความชื้น 9.15 9.05 8.03 11.04 และ 9.40 % ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3) ผงมะยมแห้งที่มีความชื้นประมาณ ไม่เกินกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้อบแห้ง ความชื้นต้องไมเกิน 12 % โดยน้ำหนัก เมื่อทดสอบตามวิธีของ AOAC หรือวิธีทดสอบอื่นเทียบเท่าหรือมีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีไม่เกิน 0.6 (ทดสอบค่าวอเตอร์แอกทิวิตีที่อุณหภูมิประมาณ 25 องศาเซลเซียส) (มาตรฐานผักและผลไม้อบแห้ง กระทรวงอุตสาหกรรม, 2558) ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี เป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหาร มีผลโดยตรงต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีแสดงถึงปริมาณน้ำอิสระที่จุลินทรีย์ใช้ในการเจริญเติบโต ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ สุนทรณ์ (2553) พบว่าปริมาณที่มอลโตเดกซ์ตรินที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบพ่นฝอยขมิ้นชัน ประมาณ 15% และมีสารเคอร์คูมินสูงกว่าการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน มีค่าปริมาณเคอร์คูมินประมาณ 9.02 ± 0.17% ขณะที่การทำแห้งขมิ้นด้วยตู้อบลมร้อนมีเคอร์คูมินประมาณ 4.29 ± 0.03% (สุนทรณ์, 2553) การเพิ่มปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินสูงขึ้น อาจทำให้ความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างลดลง การเพิ่มปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินจะทำให้ค่า pH ลง เมื่อเพิ่มปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินเป็น 4% 6% และ 10% ตัวอย่างจะมีค่า pH ลดลงเป็น 7.9 7.82 และ 7.72 ตามลำดับ (เศรษฐการ, 2554) การต้องเพิ่มปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินในการอบแห้งอาจมีสาเหตุมาจากการทำปฏิกิริยาระหว่างตัวอย่างกับมอลโตเด็กซ์ตริกซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Pomeranz และคณะ (1985) พบว่าอาหารที่มีสภาพเป็นกรดที่ pH ในช่วง 3.0-3.5 กรดจะทำให้แป้งมีความหนืดลดลงเนื่องจากการทำลายพันธะบางส่วนภายในโมเลกุลแป้งถ้าสภาพความเป็นกรดมากขึ้นพันธะจะถูกทำลายมากขึ้นทำให้เม็ดแป้งแตกออกได้ง่าย (Pomeranz และคณะ, 1985)

ตารางที่ 4.3 ปริมาณความชื้นในน้ำมะยมสดและน้ำมะยมระเหยก่อนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

ตัวอย่าง	ความชื้น (%)
น้ำมะยมสด	94.15 ± 0.16
น้ำมะยมระเหย	94.58 ± 0.08

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ปริมาณความชื้น (%) ทั้งหมดในน้ำมะยมสดและน้ำมะยมระเหยหลังจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

อัตราส่วนฐ้มะยมต่อมอลโตเด็กซ์ตริน (v/w)	ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน (% w/v)	ความชื้น (%)	
		น้ำมะยมสด	น้ำมะยมระเหย
3 : 2	66.67%	9.07±0.05^{f}	9.15±0.10^{f}
3 : 4	133.33%	8.60±0.25^{f}	9.05±0.11^{f}
3 : 6	200%	7.53±0.05^{g}	8.03±0.05^{g}
5 : 2	40%	14.07±0.03^{d}	16.85±0.24^{d}
5 : 4	80%	11.02±0.09^{e}	11.04±0.09^{e}
5 : 6	120%	9.25±0.56^{f}	9.40±0.07^{f}
10 : 2	20%	40.29±0.07^{a}	44.20±0.33^{a}
10 : 4	40%	36.76±0.85^{b}	37.14±0.55^{b}
10 : 6	60%	25.75±0.27^{c}	30.31±0.44^{c}

หมายเหตุ : a – g หมายถึง ตัวอักษรในแนวตั้งที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกด้วย Folin-Ciocaltuau

การวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดของผลมะยมทั้งแบบน้ำและแบบผง โดยทำการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) พบว่าการใช้น้ำมะยมสดและน้ำมะยมระเหยก่อนทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดน้อยกว่าการใช้น้ำมะยมสดและน้ำมะยมระเหย หลังการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง มีปริมาณ 50.46±0.61 µg/ml และ 93.52±1.52 µg/ml ตามลำดับ (ตารางที่ 4.5) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Chan และคณะ (2013) การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสมุนไพร พบว่าวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 16-18 ชั่วโมง (overnight) ทำให้ได้สารประกอบฟีนอลิกเพิ่มขึ้น 26%

ตารางที่ 4.5 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำมะยมสดและน้ำมะยมระเหยก่อนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

ความเข้มข้น	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (µgGAE/g)	
	น้ำมะยมสด	น้ำมะยมระเหย
100	28.94±0.61^{b}	17.13±1.22^{c}
500	33.43±0.41^{b}	25.60±1.69^{b}
1,000	49.77±5.95^{a}	50.46±0.61^{a}

หมายเหตุ : a – c หมายถึง ตัวอักษรในแนวตั้งที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

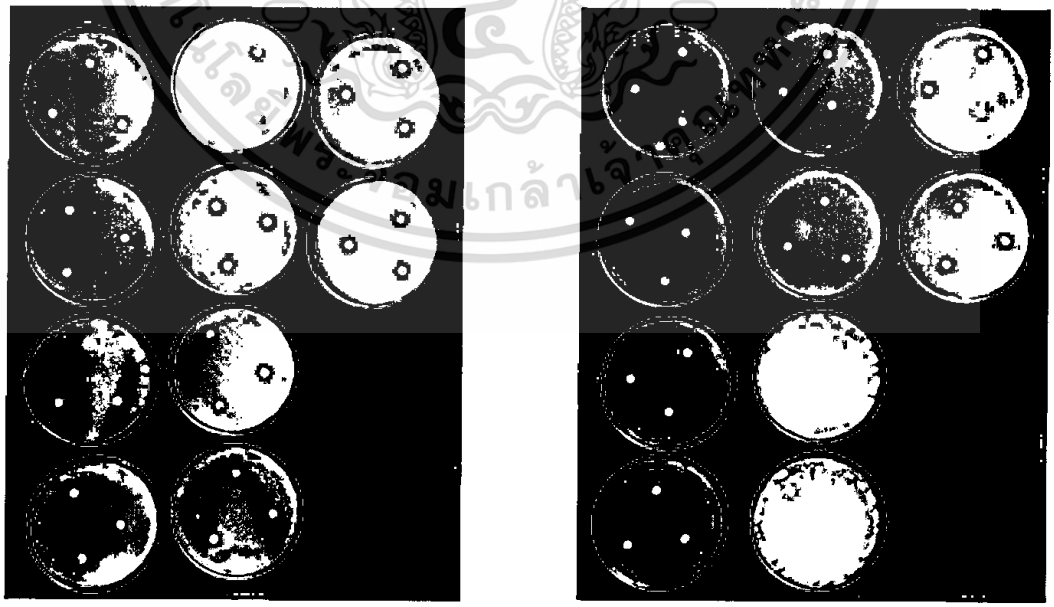
ตารางที่ 4.6 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำมะยมสดและน้ำมะยมระเหยหลังจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

ความเข้มข้น	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (μgGAE/g)		สารประกอบฟีนอลิกเพิ่มขึ้น (%)	
	น้ำมะยมสด	น้ำมะยมระเหย	น้ำมะยมสด	น้ำมะยมระเหย
100	14.58±0.40^{c}	20.14±0.40^{c}	-49.62	17.57
500	24.31±0.24^{b}	32.22±1.19^{b}	-27.28	25.86
1,000	59.03±1.20^{a}	93.52±1.52^{a}	18.61	85.33

หมายเหตุ : a – c หมายถึง ตัวอักษรในแนวตั้งที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4.5 ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านจุลชีพด้วย Disk diffusion techniques

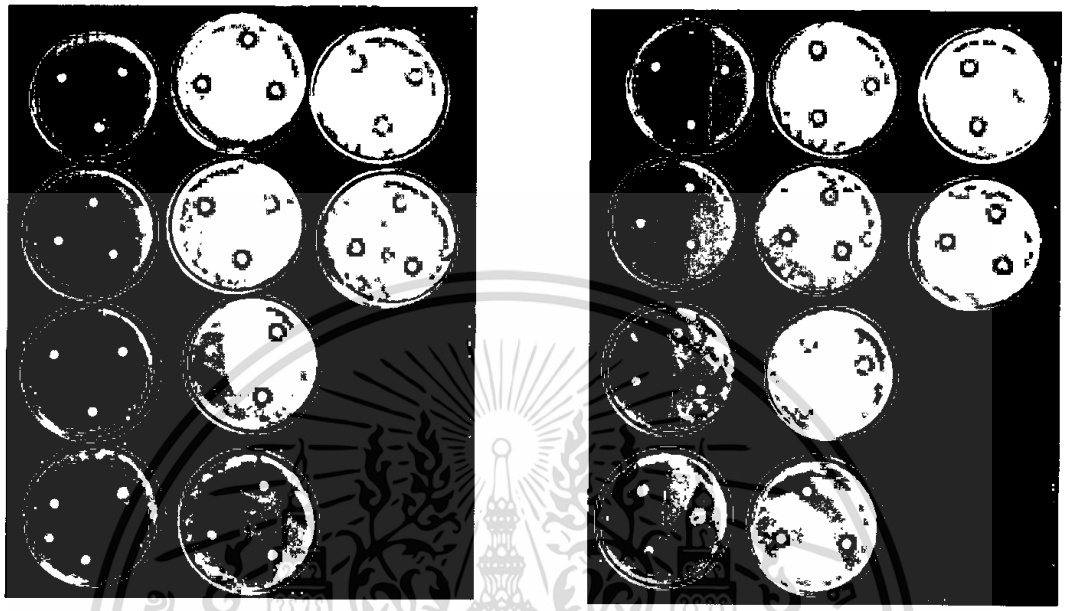
การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญด้วยวิธี Disk diffusion techniques พบว่า น้ำมะยมสด น้ำมะยมระเหย และน้ำมะยมแบบผง ความเข้มข้นสูงสุดที่ทดสอบ 1,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ไม่มีความสามารถในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ ดังรูปที่ 4.2 และ รูปที่ 4.3 แสดงการวัดการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียด้วยวิธี Disk diffusion จากการศึกษาของ อัฐญาพร (2554) พบว่า การทดสอบการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย ด้วยวิธี disk diffusion หากใช้น้ำมะยมสกัดด้วยน้ำ จะไม่เกิด inhibition zone ทั้ง *E.coli* และ *S. aureus* แต่หากใช้น้ำมะยมที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล 95% ที่อัตราส่วน 1: 100 และใช้ความข้นของสารสกัดถึง 500,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร จึงจะเกิด inhibition zone *E.coli* คือ 8.3±0.8 และ *S. aureus* คือ 5.7±0.6



(A) (B)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะการประเมินค่า disk diffusion บนอาหาร Mueller Hinton Agar (MHA) ของแบคทีเรีย *S.aureus* โดยใช้สารจาก น้ำมะยมสด น้ำมะยมระเหย มะยมผง มอลโตเด็กซ์ตริน น้ำหนัก (A) 1,000 µg (B) ตัวอย่างน้ำหนัก 500 µg และยาปฏิชีวนะ Ampicillin



(A) (B)

รูปที่ 4.3 แสดงลักษณะการประเมินค่า disk diffusion บนอาหาร Mueller Hinton Agar (MHA) ของแบคทีเรีย *E. coli* โดยใช้สารจาก น้ำมะยมสด น้ำมะยมระเหย มะยมผง มอลโตเด็กซ์ตริน น้ำหนัก (A) 1,000 µg (B) ตัวอย่างน้ำหนัก 500 µg และยาปฏิชีวนะ Ampicillin

4.6 ผลการวิเคราะห์ของแข็งทั้งหมด

การวิเคราะห์ของแข็งทั้งหมดพบว่าเมื่อความเข้มข้นของมอลโตเด็กซ์ตรินเพิ่มขึ้น ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำก็เพิ่มขึ้นด้วย (ตารางที่ 4.8) จากการศึกษาของ ธมนวรรณ และคณะ (2016) มอลโตเด็กซ์ตรินที่ละลายน้ำได้ดีจึงทำให้ค่าของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำเพิ่มขึ้นได้ ดังนั้นเมื่อยิ่งเพิ่มความเข้มข้นมอลโตเด็กซ์ตรินมากขึ้นเท่าไหร่ ยิ่งทำให้ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำมีค่าที่เพิ่มขึ้นตามไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำมะยมสดและน้ำมะยมระเหยก่อนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งและปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำมะยมสดและน้ำมะยมระเหยหลังจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

อัตราส่วนผู้มะยมต่อมอลโตเด็กซ์ตริน (v/w)	ปริมาณของแข็งทั้งหมด (มิลลิกรัม/ลิตร)	
	น้ำมะยมสด	น้ำมะยมระเหย
	0.35*	0.19*
3 : 2	6.81±0.26^{b}	7.23±0.05^{b}
3 : 4	7.70±0.07^{a}	7.65±0.08^{a}
3 : 6	7.85±0.08^{a}	7.84±0.08^{a}

หมายเหตุ : a – b หมายถึง ตัวอักษรในแนวตั้งที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4.7 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการละลายกลับ

การวิเคราะห์ความสามารถในการละลายกลับ พบว่าตัวอย่างที่เติมมอลโตเด็กซ์ตรินได้ค่าความชื้นและปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินที่ดีที่สุดคือที่ปริมาณน้ำมะยม 3 มิลลิลิตร ต่อมอลโตเด็กซ์ตริน 6 กรัม ของน้ำมะยมสดและน้ำมะยมระเหย โดยวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ได้ค่าความสามารถการละลายกลับ คือ 90.59% และ 90.86% ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาของ วริพัสย์ และคณะ (2014) ได้ค่าความสามารถในการละลาย 90.04-99.08% มอลโตเด็กซ์ตรินเมื่อละลายในน้ำจะเกิดการเปียกน้ำ และเกิดการกระจายตัวเป็นผงอย่างช้าๆ อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ผงที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติ ความสามารถในการเปียกน้ำ (wettability) ความสามารถในการจมตัว (sinkability) และความสามารถในการกระจายตัว (dispersibility) จึงส่งผลให้เกิดการละลายน้ำ (solubility) ที่ดีตามมา ตามลำดับ

ตารางที่ 4.8 ความสามารถในการละลายกลับทั้งหมดในน้ำมะยมสดและน้ำมะยมระเหยหลังจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งที่ปริมาณน้ำมะยม 3 มิลลิลิตร มอลโตเด็กซ์ตริน 6 กรัม

ตัวอย่าง	ความสามารถในการละลายกลับ (%)
น้ำมะยมสด	90.59 ± 0.80
น้ำมะยมระเหย	90.86 ± 0.30

4.8 ผลการวิเคราะห์การวัด pH

จากการวิเคราะห์การวัด pH ของน้ำมะยมสด น้ำมะยมระเหย และมะยมผง พบว่าน้ำมะยมระเหยหลังจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง โดยใช้ปริมาณน้ำมะยม 3 มิลลิลิตร ต่อมอลโตเด็กซ์ตริน 6 กรัม มีค่าความเป็นกรดต่ำที่สุด คือ 3.33 ± 0.04 และน้ำมะยมระเหย โดยใช้ปริมาณน้ำมะยม 3 มิลลิลิตร ต่อมอลโตเด็กตริน 4 กรัม มีค่าความเป็นกรดสูงที่สุด คือ 3.99 ± 0.17 จาก Pomeranz (1985) พบว่าอาหารที่มีสภาพเป็นกรดที่ pH ในช่วง 3.0-3.5 กรดจะทำให้แป้งมีความหนืดลดลง เนื่องจากการทำลายพันธะบางส่วนภายในโมเลกุลแป้งถ้าสภาพความเป็นกรดมากขึ้นพันธะจะถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำลายมากขึ้นทำให้เม็ดแป้งแตกออกได้ง่าย จาก Pomeranz (1985) พบว่าอาหารที่มีสภาพเป็นกรดที่ pH ในช่วง 3.0-3.5 กรดจะทำให้แป้งมีความหนืดลดลงเนื่องจากการทำลายพันธะบางส่วนภายในโมเลกุลแป้งถ้าสภาพความเป็นกรดมากขึ้นพันธะจะถูกทำลายมากขึ้นทำให้เม็ดแป้งแตกออกได้ง่าย

ตารางที่ 4.9 ค่า pH ของน้ำกลั่น มอลโตเด็กซ์ตริน น้ำมะยมสดและน้ำมะยมระเหยก่อนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

ตัวอย่าง	ค่าความเป็นกรด-ด่าง
น้ำกลั่น	7.61±0.02[a]
มอลโตเด็กซ์ตริน	7.08±0.065[b]
น้ำมะยมสดก่อนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง	2.86±0.03[c]
น้ำมะยมระเหยก่อนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง	2.92±0.02[c]

หมายเหตุ : a – c หมายถึง ตัวอักษรในแนวตั้งที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความ

ตารางที่ 4.10 ค่า pH ในน้ำมะยมสดและน้ำมะยมระเหยหลังจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

ปริมาณน้ำมะยม (ml) : ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน (g)	ความเป็นกรด-ด่าง	
	น้ำมะยมสด	น้ำมะยมระเหย
3 : 2	3.54 ± 0.08[ab]	3.92 ± 0.10[a]
3 : 4	3.66 ± 0.05[a]	3.99 ± 0.17[a]
3 : 6	3.46 ± 0.02[b]	3.33 ±0.04[b]

หมายเหตุ : a – b หมายถึง ตัวอักษรในแนวตั้งที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินที่เหมาะสมต่อปริมาณน้ำมะยมและการศึกษาการวิเคราะห์ความชื้นของมะยมผง การใช้น้ำมะยมสดและน้ำมะยมระเหย ที่ปริมาณ 3 มิลลิลิตร ต่อมอลโตเด็กซ์ตริน 6 กรัม ให้มะยมเป็นผงที่ดีที่สุดทั้งทางปริมาณและลักษณะที่เป็นสีขาวผงละเอียดเมื่อตั้งทิ้งไว้ 24 ชม. ไม่เกิดการจับตัวเป็นก้อนและมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นน้อยที่สุดคือ 7.53% และ 8.03% ตามลำดับ และการศึกษาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของน้ำมะยมและมะยมผง การใช้น้ำมะยมสดและน้ำมะยมระเหยก่อนทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดน้อยกว่าการใช้น้ำมะยมสดและน้ำมะยมระเหยหลังการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง มีปริมาณ 50.46±0.61 µg/ml และ 93.52±1.52 µg/ml ตามลำดับ และการศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญด้วยวิธี Disk diffusion techniques การใช้น้ำมะยมสด น้ำมะยมระเหย และน้ำมะยมแบบผง ไม่มีความสามารถในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ เมื่อใช้ความเข้มข้นตัวอย่างน้ำมะยมสูงสุด 1,000 ไมโครกรัม และการศึกษาของแข็งทั้งหมดความเข้มข้นของมอลโตเด็กซ์ตรินเพิ่มขึ้น ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำก็เพิ่มขึ้น ที่ปริมาณ 3 มิลลิลิตร ต่อมอลโตเด็กซ์ตริน 2 กรัมมีของแข็งทั้งหมด 6.81±0.26 mg/l ที่ปริมาณ 3 มิลลิลิตร ต่อมอลโตเด็กซ์ตริน 6 กรัม มีของแข็งทั้งหมด 7.85±0.08 mg/l และการศึกษาความสามารถในการละลายกลับ การใช้น้ำมะยมสดและน้ำมะยมระเหยที่ปริมาณ 3 มิลลิลิตร ต่อมอลโตเด็กซ์ตริน 6 กรัม มีค่าความสามารถในการละลายกลับคือ 90.59% และ 90.86% ตามลำดับ และการศึกษาการวัดค่า pH การใช้น้ำมะยม 3 มิลลิลิตร ต่อมอลโตซ์เด็กตริน 6 กรัม หลังจากทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง มีค่าความเป็นกรดต่ำสุด คือ 3.33±0.04 น้ำมะยมระเหย 3 มิลลิลิตร ต่อมอลโตเด็กซ์ตริน 4 กรัม มีค่าความเป็นกรดสูงสุด คือ 3.99±0.17

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาเพิ่มเติมการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งในการปรับความดันและปรับช่วงอุณหภูมิเพิ่มเติม
2. ควรเพิ่มเวลาในการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเพิ่มขึ้น
3. ควรศึกษาเกี่ยวกับความหนาของตัวอย่างการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง
4. ควรศึกษาสารทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งอื่นๆ เช่น Gum Arabic
5. ควรเพิ่มการศึกษาปริมาณสารช่วยทำแห้งที่เหมาะสม อยู่ในช่วง 60-150%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

ธมนวรรณ ปั่นแก้ว, กนกกาญจน์ หนองขุ่นสาร, ศศิธร ใบผ่อง. 2559. **ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มเยื่อฟักข้าวชนิดผง.** ว.วิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร หน้า 1-11.

วริพัสย์ อารีกุล,มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์,ศดานันท์ นรินทร์สุขสันติ,สุวรรณ ทาเขียว. 2557. **การพัฒนาชาเจียวกู่หลานผงสำเร็จรูปด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอยและความคงตัวระหว่างการเก็บรักษา.** คณะอุสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 1 ต.ค. 2556 – 30 ก.ย. 2557. หน้า 1-82.

ศูนย์การศึกษาต่อเนื่องทางเภสัชศาสตร์. 2559. **มะยมพืชมงคลไทย.** [Online]. Available: https://ccpe.pharmacycouncil.org. เข้าถึงเมื่อวันที่ 7 มี.ค. 2562.

ศูนย์ข้อมูลโรคติดเชื้อและพาหะนำโชค. ***Staphylococcus aureus.*** [Online]. Available: http://webdb.dmsc.moph.go.th/ifc_nih/a_nih_1_001c.asp?info_id=210. เข้าถึงเมื่อวันที่ 14 มิ.ย. 2562.

เศรษฐการ นุชนิยม. 2554. **การผลิตน้ำตำลึงผงโดยการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง.** วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีปีที่ 19: 51-62.

สุนทรณ์ ฟักเฟื่อง. 2553. **ผลของปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินและอุณหภูมิลมขอเข้าต่อคุณภาพผงขมิ้นชันที่ผลิตด้วยวิธีทำแห้งแบบพ่นฝอย.** วารสารอุตสาหกรรมการเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี. หน้า 1-5.

สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯสยามบรมราชกุมารี. (2544). **มะยม กลุ่มยารักษาโรค** [Online]. Available: www.rspg.or.th/plants_data/herbs/herbs_02_9.htm. เข้าถึงเมื่อวันที่ 7 มี.ค. 2562.

อัฐญาพร ชัยชมภู และ นฤมล ทองไว. (2554). **การยับยั้งการเจนิญของแบคทีเรียก่อรคบางชนิดโดยใช้สารสกัดจากสมุนไพรพื้นบ้าน.** การประชุมวิชาการครั้งที่ 8 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต กำแพงแสน. หน้า 4-7

Blois, Marsden S. 1958. "Antioxidant determinations by the use of a stable free radical." *Nature* 181(4617) : 1199-1200.

Chan, E. W. C., Lye, P. Y., Eng, S. Y., and Tan,Y.P. 2013. "Antioxidant properties of herbs with enhancement effects of drying treatments": A synopsis. *Free Radicals and Antioxidants* 3, 2-6

St Mary's Hospital, London. 2018. ***E. coli.*** [Online]. Available: https://www.aic.cuhk.edu.hk/web8/E.coli.html. **เข้าถึงเมื่อวันที่** 8 ก.ค. 2562.

Doyle, Michael P. 1991 "*Escherichia coli* O157: H7 and its significance in foods." *International journal of food microbiology* 12.(4) : 289-301.

Green, R. C. 2007. "*Physicochemical properties and phenolic*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

composition of selected Saskatchewan fruits: buffaloberry, chokecherry and sea buckthorn." Thesis Degree of Doctor of Philosophy in the Department of Applied Microbiology and Food Science University of Saskatchewan Saskatoon

Jagessar, R. C., A. Mars, and G. Gomes. 2008. "Selective Antimicrobial properties of *Phyllanthus acidus* leaf extract against *Candida albicans*, *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* using Stokes Disc diffusion, Well diffusion, Streak plate and a dilution method." *Nature and Science* 6.(2) : 24-38.

Medical microbiology guide. 2013. Mannitol Salt Agar (MSA): Composition, uses and colony characteristics[Online]. Available: https://microbeonline.com/mannitol-salt-agar-msa-composition-uses-and-colony-characteristics/. **เข้าถึงเมื่อวันที่** 8 ก.ค. 2562.

Kim, D.O. and C.Y. Lee. 2002. "Extraction and isolation of polyphenolics. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*". 6(1) : 11.2.11-11.2.12

Pomeranz, Y., Meyer, D., and Seibel, W., 1984 "Structures of wheat, wheat-rye, and rye breads." 1985. 1-537. in Pomeranz, Y., **Functional Properties of Food Components**. London : Academic press.

Pino, J. A., Cuevas-Glory, L. F., Marbot R. V. F. 2008. "Volatile compounds of grosella (Phyllanthus acidus [L.] Skeels) fruit." *Revista CENIC Ciencias químicas* 39(1) : 3-5.

Selamat Datang Ke Portal Rasmi MyHEALTH Kementerian Kesihatan Malaysia. 2016. *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) [Online]. Available: http://www.myhealth.gov.my/en/staphylococcus-aureus-s-aureus/. **เข้าถึงเมื่อวันที่** 14 มิ.ย. 62.

Zulaikha, A. S., Mediani, A., Khoo, L. W., Lee, S. Y., Leong, S. W., & Abas, F. 2017. "Effect of different drying methods and solvent ratios on biological activities of *Phyllanthus acidus* extracts." *International Research Journal* 24.1 : 114-120.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อและสารเคมี

1.การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

1.1 Mueller Hinton Ager (MHA) (SRL,India)

Beef infusion	300	กรัม
Casein hydrolysate	17.5	กรัม
Starch	1.5	กรัม
Agar	30	กรัม
น้ำกลั่นปราศจากไอออน	1,000	มิลลิลิตร

ใช้อาหาร MHA สำเร็จรูปปริมาณ 31 กรัม สามารถเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อได้ปริมาตร 1 ลิตร โดยละลายผงอาหารสำเร็จรูปในน้ำกลั่นที่ปราศจากไอออน นำไปฆ่าเชื้อด้วยเครื่องนึ่งอัดไอน้ำ (Autoclave) ที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

1.2 Nutrient Agar (NA)

Peptone	5.0	กรัม
Beef extract	5.0	กรัม
Agar	15.0	กรัม
น้ำกลั่นปราศจากไอออน	1,000	มิลลิลิตร
pH 7.0		

ใช้อาหาร NA สำเร็จรูปปริมาณ 23 กรัม สามารถเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อได้ปริมาตร 1 ลิตร โดยละลายผงอาหารสำเร็จรูปในน้ำกลั่นที่ปราศจากไอออน นำไปฆ่าเชื้อด้วยเครื่องนึ่งอัดไอน้ำ (Autoclave) ที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

2.การเตรียมสารเคมี

2.1 การเตรียมสารละลาย McFarland Standard No 0.5

เตรียมสารละลาย แบเรียมคลอไรด์ ($BaCl_2$) ความเข้มข้น 0.048 โมลต่อลิตรจากนั้นเตรียมสารละลาย กรดไฮโดรคลอริก (HCl) ความเข้มข้น 0.18 โมลต่อลิตรนำสารละลายทั้งสองชนิดข้างต้นที่เตรียมแล้วมาผสมกันโดยเติม แบเรียมคลอไรด์ ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตรผสมกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริกปริมาตร 99.5 มิลลิลิตร

2.2 การเตรียมน้ำเกลือ เข้มข้นร้อยละ 0.85

ชั่ง NaCl ปริมาณ 8.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปราศจากไอออน 1 ลิตรนำไปฆ่าเชื้อ ด้วยเครื่องนึ่งอัดไอน้ำ (Autoclave) ที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ควรเตรียมใหม่ก่อนใช้ทุกครั้ง

2.3 การเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก (gallic acid) ความเข้มข้น 1,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

ชั่งกรดแกลลิก 0.01 กรัม ละลายในน้ำกลั่นจากนั้นปรับปริมาตรให้มีปริมาตร 1 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การเตรียมสารละลาย Folin – Ciocalteu phenol reagent ความเข้มข้น 10% โดยปริมาตร

ปิเปต Folin – Ciocalteu phenol reagent ปริมาตร 0.7 มิลลิลิตร (700 ไมโครลิตร) ละลายในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรให้มีปริมาตร 7 มิลลิลิตร (7,000 ไมโครลิตร) ในขวดปรับปริมาตรสีชา

2.5 การเตรียมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ความเข้มข้น 7.5% โดยมวลต่อปริมาตร

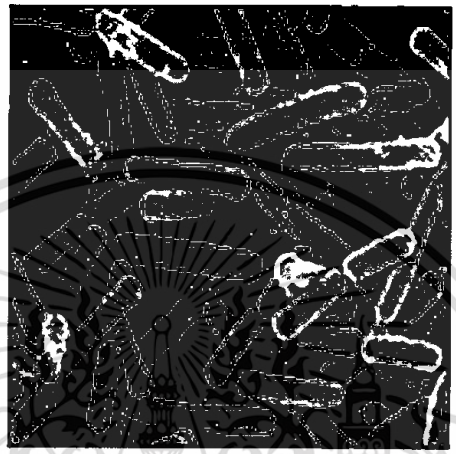
ชั่งโซเดียมคาร์บอเนต 1.125 กรัม แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 15 มิลลิลิตรในขวดปรับปริมาตร จากนั้นเก็บสารละลายที่ได้ในขวดสีชา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

1. เชื้อแบคทีเรีย

1.1 *Escherichia coli*



รูปที่ ผ-1 ลักษณะรูปร่างของ *E.coli* (Doyle and Michael, 1991)

1.1.1 ลักษณะทั่วไป

เป็นแบคทีเรียแกรมลบรูปแท่ง (rod shape) มีขนาดตั้งแต่ 1.1-1.5x2.0-6.0 ไมโครเมตร สายพันธุ์ส่วนใหญ่เคลื่อนที่ได้ (motile) โดยอาศัย flagella ที่มีอยู่รอบตัวไม่สร้างสปอร์ (non-spore forming) สามารถเจริญได้ทั้งในสภาวะที่มีออกซิเจน (aerobe) และสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน (facultative anaerobe) ปกติสามารถเจริญบนอาหารธรรมดาที่ใช้ในห้องปฏิบัติการที่ช่วงอุณหภูมิ 7 – 46 องศาเซลเซียส ของอาหารตั้งแต่ 4.44 – 10 มี capsule บางๆหุ้มรอบตัวทำให้เชื้อทนต่อสภาพแวดล้อมต่างๆได้ดี เช่น มีชีวิตอยู่ตามเสื้อผ้าแห้งและในฝุ่นละอองได้หลายวัน อยู่ในน้ำได้นานหลายสัปดาห์ แต่ถูกทำลายเมื่อต้มที่ 60 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที

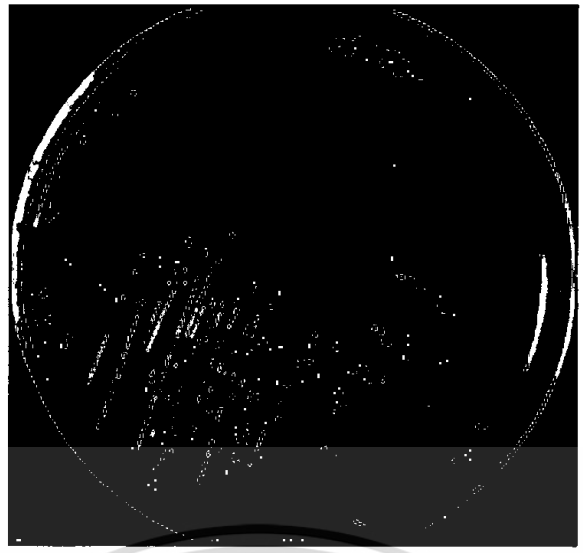
1.1.2 แหล่งที่พบ

เป็นแบคทีเรียประจำถิ่น (normal flora) ที่พบได้บ่อยอยู่ในลำไส้คนและสัตว์ โดยเชื้อส่วนใหญ่จะไม่ก่อโรคในคน แต่ก็มีเชื้อบางสายพันธุ์ที่ก่อโรคในระบบทางเดินอาหารและระบบอื่นของร่างกายได้ทั้งในคนและสัตว์โดยส่วนใหญ่พบว่ามีการปนเปื้อนของเชื้อลงในอาหารและน้ำดื่ม

1.1.3 ความสำคัญ

เป็นแบคทีเรียที่จัดอยู่ในกลุ่มโคลิฟอร์มประเภท fecal coliform ซึ่งเป็นโคลิฟอร์มที่พบในอุจจาระของมนุษย์และสัตว์เลือดอุ่น จึงใช้เป็นดัชนีบ่งชี้สุขลักษณะของอาหารและน้ำ

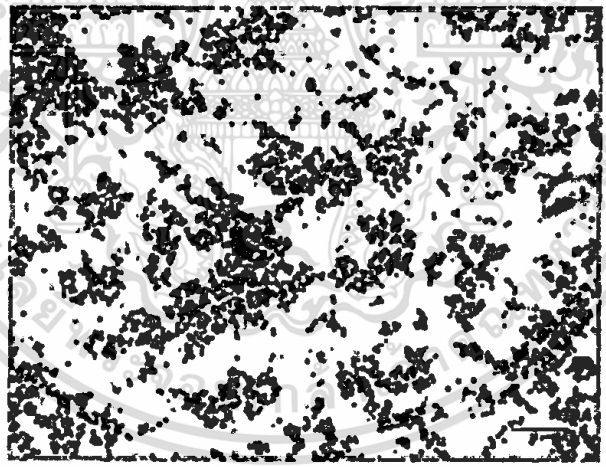
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ-2 *E.coli* บนอาหาร MacConkey agar (Dr. N. Karim, Dept of Microbiology, St Mary's Hospital, London)

ที่มา: https://www.aic.cuhk.edu.hk/web8/E.coli.htm [14/06/2562]

1.2 *Staphylococcus aureus*



รูปที่ ผ-3 ลักษณะรูปร่างของ *S.aureus*

ที่มา: http://www.myhealth.gov.my/en/staphylococcus-aureus-s-aureus/ [14/06/2562]

1.2.1 ลักษณะทั่วไป

ซึ่งมีคุณสมบัติย้อมติดสีแกรมบวก เป็นแบคทีเรีย ที่มีลักษณะกลม (0.5 – 1.0 ไมครอน) เรียงตัวเป็นกลุ่มคล้ายพวงองุ่น แต่อาจจะพบเป็นเซลล์เดี่ยวเป็นคู่หรือเป็นสายสั้นๆ (โดยมากไม่เกิน 4 เซลล์) อยู่ปะปนด้วยกันเสมอเวลาย้อมแกรม ไม่เคลื่อนที่ไม่สร้างสปอร์ลักษณะโคโลนีกลม ขอบเรียบ นูน มีสีครีม เหลือง ส้ม (ขึ้นอยู่กับชนิดของคาโรตินอยด์เซลล์เมมเบรน รวมถึงอุณหภูมิอาหารเลี้ยงเชื้อและสภาวะแวดล้อมที่ทำให้เชื้อเจริญ) สามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิ 6 – 46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

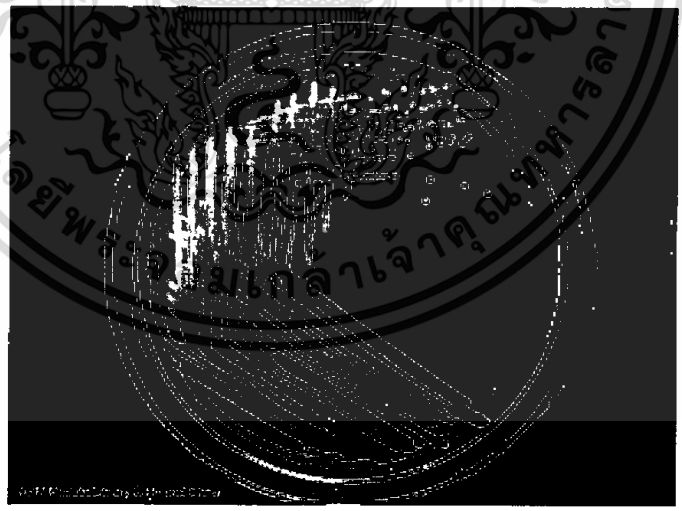
องศาเซลเซียส โดยมีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 30 – 37 องศาเซลเซียส ทนความร้อนที่ 60 องศาเซลเซียส นาน 30 นาทีสามารถสร้างสารพิษที่อุณหภูมิมากกว่า 10 องศาเซลเซียส ค่า pH ที่สามารถเจริญได้อยู่ในช่วง 4.0 – 10.0 pH โดยมีช่วงที่เหมาะสมคือ 7.0 – 7.5 ส่วนค่า A_w อยู่ในช่วง 0.85-0.999 ถ้าค่า A_w น้อยกว่า 0.94 จะเจริญได้อย่างช้าๆสามารถทนเกลือที่ 18-20% ถูกจัดอยู่ในกลุ่ม Facultative anaerobe คือ สามารถเจริญได้ดีในสภาพที่มี ออกซิเจนมากกว่าในสภาพไม่มีออกซิเจน และสามารถสร้างสารพิษ enterotoxin แบ่งออกเป็น 8 ชนิดได้แก่ A B C1 C2 C3 D E และ H ชนิดที่ พบบ่อยซึ่งเป็นสาเหตุของอาหารเป็นพิษคือ A กับ D สารพิษนี้มีคุณสมบัติพิเศษ ทน ความร้อน ไม่ถูกทำลายแม้ต้มเดือดครึ่งชั่วโมงและทนความร้อนที่ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาทีสารพิษนี้ละลายได้ในน้ำและสารละลายเกลือเชื้อ *S. aureus* จะสร้างสารพิษดังกล่าวที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ได้ดีกว่าที่ 25 และ 10 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ทั้ง สามารถทนต่อรังสีแกมมาในปริมาณที่อนุญาตให้ใช้กับอาหารอีกด้วย

1.2.2 แหล่งที่พบ

เป็นเชื้อที่สามารถพบได้ที่ผิวหนัง โพรงจมูกเยื่อบุทางเดินหายใจ ทางเดินอาหารและ บาดแผลที่เป็นฝีหนอง รวมถึงในดินฝุ่นละออง ในอาหารที่มักพบเชื้อปนเปื้อนได้แก่ เนื้อและผลิตภัณฑ์เนื้อ เนื้อสัตว์ปีกและผลิตภัณฑ์จากไข่ อาหาร ประเภทสลัดเช่น ไข่ ทูน่า เนื้อไก่ มันฝรั่งและมักกะโรนีผลิตภัณฑ์ขนมอบ ครีมพาย เอแคลร์ ช็อกโกแลต แซนวิช และผลิตภัณฑ์นม ที่เก็บไว้ในอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสม และเก็บไว้เป็นเวลานานก่อนรับประทาน

1.2.3 ความสำคัญ

ให้ผลบวกในการทดสอบ catalase และในภาวะที่ไม่มีออกซิเจนจะสลายน้ำตาลกลูโคสให้กรดอินทรีย์



รูปที่ ผ-4 *S.aureus* บนอาหาร Mannitol Salt Agar

ที่มา: https://microbeonline.com/mannitol-salt-agar-msa-composition-uses-and-colony-characteristics/ [14/06/2562]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

วิธีการวิเคราะห์และคำนวณ

1. วิธีการวิเคราะห์

1.1 การคำนวณหาปริมาณความชื้นฐานเปียก (%)

$$\text{ความชื้นฐานเปียก (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - (\text{น้ำหนักถ้วยและตัวอย่างหลังอบ} - \text{น้ำหนักถ้วย})}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}} \times 100$$

ความชื้นฐานเปียก (%) =

หาความชื้นฐานเปียก(%) ของน้ำมะยมสด

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ครั้งที่ 1 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{3.0212-(17.5580-17.3818)}{3.0212} \times 100 = 94.17\%$

ครั้งที่ 2 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{3.0514-(15.8066-15.6232)}{3.0514} \times 100 = 93.99\%$

ครั้งที่ 3 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{3.0903-(17.5064-17.3302)}{3.0903} \times 100 = 94.30\%$

ความชื้นฐานเปียกเฉลี่ย (%) = $\frac{94.17+93.99+94.30}{3} = 94.15\ \%$

หาความชื้นฐานเปียก(%) ของน้ำมะยมระเหย

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ครั้งที่ 1 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{3.0601-(17.7378-17.5834)}{3.0601} \times 100 = 94.95\%$

ครั้งที่ 2 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{3.0566-(14.6835-14.5243)}{3.0566} \times 100 = 94.79\%$

ครั้งที่ 3 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{3.0766-(17.8659-17.7088)}{3.0766} \times 100 = 94.89\%$

ความชื้นฐานเปียกเฉลี่ย (%) = $\frac{94.95+94.79+94.89}{3} = 94.58\%$

หาความชื้นฐานเปียก(%) ของน้ำมะยมสด โดยวิธีทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

ที่ปริมาณน้ำมะยม 3 มิลลิลิตร มอลโตเด็กซ์ตริน 2 กรัม

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ครั้งที่ 1 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0074-(18.0234-17.1076)}{1.0074} \times 100 = 9.02\%$

ครั้งที่ 2 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0071-(17.5893-16.6730)}{1.0071} \times 100 = 9.02\%$

ครั้งที่ 3 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0067-(17.9158-17.0013)}{1.0067} \times 100 = 9.16\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชื้นฐานเปียกเฉลี่ย (%) = $\frac{9.02+9.02+9.16}{3}$ = 9.07%

ที่ปริมาณน้ำมะยม 3 มิลลิลิตร มอลโตเด็กซ์ตริน 4 กรัม
ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ครั้งที่ 1 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0059-(18.3017-17.3849)}{1.0059} \times 100$ = 8.86%

ครั้งที่ 2 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0061-(17.3921-16.4750)}{1.0061} \times 100$ = 8.85%

ครั้งที่ 3 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0074-(15.2148-14.2890)}{1.0074} \times 100$ = 8.10%

ความชื้นฐานเปียกเฉลี่ย (%) = $\frac{8.86+8.85+8.10}{3}$ = 8.60 %

ที่ปริมาณน้ำมะยม 3 มิลลิลิตร มอลโตเด็กซ์ตริน 6 กรัม
ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ครั้งที่ 1 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0035-(17.4729-16.5448)}{1.0035} \times 100$ = 7.51%

ครั้งที่ 2 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0041-(17.9821-17.0545)}{1.0041} \times 100$ = 7.62%

ครั้งที่ 3 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0029-(17.0142-16.0860)}{1.0029} \times 100$ = 7.45%

ความชื้นฐานเปียกเฉลี่ย (%) = $\frac{7.51+7.62+7.45}{3}$ = 7.53%

ที่ปริมาณน้ำมะยม 5 มิลลิลิตร มอลโตเด็กซ์ตริน 2 กรัม
ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ครั้งที่ 1 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0045-(14.7045-13.8411)}{1.0045} \times 100$ = 14.05%

ครั้งที่ 2 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0051-(15.8191-14.9561)}{1.0051} \times 100$ = 14.14%

ครั้งที่ 3 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0032-(15.4862-14.6237)}{1.0032} \times 100$ = 14.03%

ความชื้นฐานเปียกเฉลี่ย (%) = $\frac{14.05+14.14+14.03}{3}$ = 14.07%

ที่ปริมาณน้ำมะยม 5 มิลลิลิตร มอลโตเด็กซ์ตริน 4 กรัม
ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ครั้งที่ 1 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0055-(16.0503-15.1568)}{1.0055} \times 100$ = 11.14%

ครั้งที่ 2 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0035-(17.8357-16.9433)}{1.0035} \times 100$ = 11.07%

ครั้งที่ 3 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0039-(17.6148-16.7198)}{1.0039} \times 100$ = 10.85%

ความชื้นฐานเปียกเฉลี่ย (%) = $\frac{11.14+11.07+10.85}{3}$ = 11.02%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ปริมาณน้ำมะยม 5 มิลลิลิตร มอลโตเด็กซ์ตริน 6 กรัม
ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ครั้งที่ 1 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0078-(17.3174-16.4016)}{1.0078} \times 100$ = 9.13%

ครั้งที่ 2 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0029-(17.8916-16.9723)}{1.0029} \times 100$ = 8.34%

ครั้งที่ 3 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0043-(16.2356-15.3344)}{1.0043} \times 100$ = 10.27%

ความชื้นฐานเปียกเฉลี่ย (%) = $\frac{9.13+8.34+10.27}{3}$ = 9.25%

ที่ปริมาณน้ำมะยม 10 มิลลิลิตร มอลโตเด็กซ์ตริน 2 กรัม
ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ครั้งที่ 1 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0089-(15.1341-14.5320)}{1.0089} \times 100$ = 40.32%

ครั้งที่ 2 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0063-(15.5186-14.9188)}{1.0063} \times 100$ = 40.40%

ครั้งที่ 3 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0029-(17.9735-17.3734)}{1.0029} \times 100$ = 40.16%

ความชื้นฐานเปียกเฉลี่ย (%) = $\frac{40.32+40.40+40.16}{3}$ = 40.29%

ที่ปริมาณน้ำมะยม 10 มิลลิลิตร มอลโตเด็กซ์ตริน 4 กรัม
ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ครั้งที่ 1 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0065-(14.6106-13.9781)}{1.0065} \times 100$ = 37.16%

ครั้งที่ 2 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0042-(15.8913-15.2686)}{1.0042} \times 100$ = 37.99%

ครั้งที่ 3 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0054-(15.3694-14.7171)}{1.0054} \times 100$ = 35.12%

ความชื้นฐานเปียกเฉลี่ย (%) = $\frac{37.16+37.99+35.12}{3}$ = 36.76%

ที่ปริมาณน้ำมะยม 10 มิลลิลิตร มอลโตเด็กซ์ตริน 6 กรัม
ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ครั้งที่ 1 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0044-(15.2481-14.5047)}{1.0044} \times 100$ = 25.99%

ครั้งที่ 2 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0068-(17.9122-17.1593)}{1.0068} \times 100$ = 25.22%

ครั้งที่ 3 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0051-(15.3149-14.5715)}{1.0051} \times 100$ = 26.04%

ความชื้นฐานเปียกเฉลี่ย (%) = $\frac{25.99+25.22+26.04}{3}$ = 25.75%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาความชื้นฐานเปียก(%) ของน้ำมะยมระเหย โดยวิธีทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง
ที่ปริมาณน้ำมะยม 3 มิลลิลิตร มอลโตเด็กซ์ตริน 2 กรัม
ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ครั้งที่ 1 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0051-(14.5498-13.6347)}{1.0051} \times 100$ = 8.95%

ครั้งที่ 2 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0079-(15.8293-14.9143)}{1.0079} \times 100$ = 9.22%

ครั้งที่ 3 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0083-(15.9930-15.0782)}{1.0083} \times 100$ = 9.27%

ความชื้นฐานเปียกเฉลี่ย (%) = $\frac{8.95+9.22+9.27}{3}$ = 9.15%

ที่ปริมาณน้ำมะยม 3 มิลลิลิตร มอลโตเด็กซ์ตริน 4 กรัม
ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ครั้งที่ 1 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0077-(16.7186-15.8039)}{1.0077} \times 100$ = 9.23%

ครั้งที่ 2 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0063-(15.9821-15.0672)}{1.0063} \times 100$ = 9.08%

ครั้งที่ 3 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0042-(17.1573-16.2420)}{1.0042} \times 100$ = 8.85%

ความชื้นฐานเปียกเฉลี่ย (%) = $\frac{9.23+9.08+8.85}{3}$ = 9.05%

ปริมาณน้ำมะยม 3 มิลลิลิตร มอลโตเด็กซ์ตริน 6 กรัม
ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ครั้งที่ 1 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0017-(17.5047-16.5826}{1.0017} \times 100$ = 7.95%

ครั้งที่ 2 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0035-(15.9813-15.0593)}{1.0035} \times 100$ = 8.12%

ครั้งที่ 3 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0028-(17.3684-16.4459)}{1.0028} \times 100$ = 8.01%

ความชื้นฐานเปียกเฉลี่ย (%) = $\frac{7.95+8.12+8.01}{3}$ = 8.03%

ที่ปริมาณน้ำมะยม 5 มิลลิลิตร มอลโตเด็กซ์ตริน 2 กรัม
ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ครั้งที่ 1 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0072-(16.6429-15.8031)}{1.0072} \times 100$ = 16.62%

ครั้งที่ 2 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0069-(17.5198-16.6801)}{1.0069} \times 100$ = 16.61%

ครั้งที่ 3 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0038-(17.9023-17.0724)}{1.0038} \times 100$ = 17.32%

ความชื้นฐานเปียกเฉลี่ย (%) = $\frac{16.62+16.61+17.32}{3}$ = 16.85%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณน้ำมะยม 5 มิลลิลิตร มอลโตเด็กซ์ตริน 4 กรัม
ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ครั้งที่ 1 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0073-(14.5291-13.6340)}{1.0073} \times 100$ = 11.14%

ครั้งที่ 2 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0065-(17.9102-17.0156)}{1.0065} \times 100$ = 11.12%

ครั้งที่ 3 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0041-(15.3142-14.4191)}{1.0041} \times 100$ = 10.85%

ความชื้นฐานเปียกเฉลี่ย (%) = $\frac{11.14+11.12+10.85}{3}$ = 11.04%

ที่ปริมาณน้ำมะยม 5 มิลลิลิตร มอลโตเด็กซ์ตริน 6 กรัม
ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ครั้งที่ 1 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0057-(15.7374-14.8274)}{1.0057} \times 100$ = 9.52%

ครั้งที่ 2 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0053-(17.8102-16.8991)}{1.0053} \times 100$ = 9.37%

ครั้งที่ 3 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0048-(15.7258-14.8143)}{1.0048} \times 100$ = 9.29%

ความชื้นฐานเปียกเฉลี่ย (%) = $\frac{9.52+9.37+9.29}{3}$ = 9.39%

ที่ปริมาณน้ำมะยม 10 มิลลิลิตร มอลโตเด็กซ์ตริน 2 กรัม
ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ครั้งที่ 1 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0088-(16.1456-15.5824)}{1.0088} \times 100$ = 44.17%

ครั้งที่ 2 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0053-(17.8126-17.2461)}{1.0053} \times 100$ = 43.65%

ครั้งที่ 3 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0051-(17.3683-16.8133)}{1.0051} \times 100$ = 44.78%

ความชื้นฐานเปียกเฉลี่ย (%) = $\frac{44.17+43.65+44.78}{3}$ = 44.2%

ที่ปริมาณน้ำมะยม 10 มิลลิลิตร มอลโตเด็กซ์ตริน 4 กรัม
ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ครั้งที่ 1 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0039-(15.4288-14.7909)}{1.0039} \times 100$ = 36.46%

ครั้งที่ 2 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0051-(17.8106-17.1746)}{1.0051} \times 100$ = 36.72%

ครั้งที่ 3 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0038-(17.3628-16.7428)}{1.0038} \times 100$ = 38.23%

ความชื้นฐานเปียกเฉลี่ย (%) = $\frac{36.46+36.72+38.23}{3}$ = 37.14%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ปริมาณน้ำมะยม 10 มิลลิลิตร มอลโตเด็กซ์ตริน 6 กรัม

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ครั้งที่ 1 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0061-(18.9824-18.2732)}{1.0061} \times 100 = 29.51\%$

ครั้งที่ 2 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0058-(17.9821-17.2822)}{1.0058} \times 100 = 30.41\%$

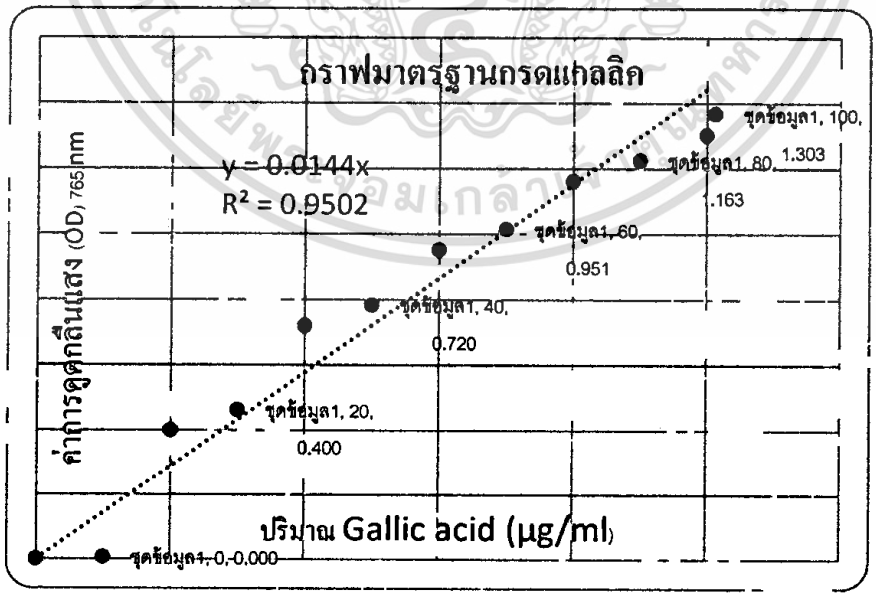
ครั้งที่ 3 ความชื้นฐานเปียก (%) = $\frac{1.0055-(15.5781-14.8884)}{1.0055} \times 100 = 31.01\%$

ความชื้นฐานเปียกเฉลี่ย (%) = $\frac{29.51+30.41+31.01}{3} = 30.31\%$

1.2 การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content)

ตารางที่ ผ-1 แสดงค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร ของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกที่ความเข้มข้น 1,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

ความเข้มข้น (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)	ค่าการดูดกลืนแสง
0	0
20	0.4
40	0.72
60	0.951
80	1.163
100	1.303



รูปที่ ผ-5 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกที่ความเข้มข้น 1,000 µg/ml

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างวิธีการคำนวณ

หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในน้ำมะยมสด น้ำมะยมระเหย และ มะยมผง

<u>น้ำมะยมระเหยที่ความเข้มข้น 100 µg/ml</u>

ซ้ำที่ 1

ค่าการดูดกลืนแสง (y) = 0.022

จากสมการเส้นตรง y = 0.0144x

แทนค่า y = ลงในสมการ

0.022 = 0.0144x

จะได้ X = 1.528 µg GAE/ml

$= \frac{1.528 \times 1000}{100}$ = 15.278 µg GAE/mg

ซ้ำที่ 2

ค่าการดูดกลืนแสง (y) = 0.028

จากสมการเส้นตรง y = 0.0144x

แทนค่า y = ลงในสมการ

0.028 = 0.0144x

จะได้ X = 1.944 µg GAE/ml

$= \frac{1.944 \times 1000}{100}$ = 19.440 µg GAE/mg

ซ้ำที่ 3

ค่าการดูดกลืนแสง (y) = 0.024

จากสมการเส้นตรง y = 0.0144x

แทนค่า y = ลงในสมการ

0.024 = 0.0144x

จะได้ X = 1.667 µg GAE/ml

$= \frac{1.667 \times 1000}{100}$ = 16.670 µg GAE/mg

1.3 การคำนวณหาปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solid)

ปริมาณของแข็งทั้งหมด $TS = \frac{(A-B) \times 1000}{C}$

เมื่อ TS = ปริมาณของแข็งทั้งหมด (มิลลิกรัม/ลิตร)

A = น้ำหนักของตัวอย่างและชามระเหย (มิลลิลิตร)

B = น้ำหนักของชามระเหย (มิลลิลิตร)

C = ปริมาตรน้ำตัวอย่างที่ใช้ (มิลลิลิตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำมะยมสด ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ

ครั้งที่ 1 TS $= \frac{(40.6487-40.6357)\times1000}{40}$ = 0.33 มิลลิกรัม/ลิตร

ครั้งที่ 2 TS $= \frac{(40.5821-40.5671)\times1000}{40}$ = 0.38 มิลลิกรัม/ลิตร

ครั้งที่ 3 TS $= \frac{(38.6593-38.6453)\times1000}{40}$ = 0.35 มิลลิกรัม/ลิตร

ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำมะยมสด $= \frac{0.33+0.38+0.35}{3}$ = 0.35 มิลลิกรัม/ลิตร

การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำมะยมระเหย ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ

ครั้งที่ 1 TS $= \frac{(37.3956-37.3870)\times1000}{40}$ = 0.22 มิลลิกรัม/ลิตร

ครั้งที่ 2 TS $= \frac{(40.3572-40.3497)\times1000}{40}$ = 0.19 มิลลิกรัม/ลิตร

ครั้งที่ 3 TS $= \frac{(40.9824-40.9759)\times1000}{40}$ = 0.16 มิลลิกรัม/ลิตร

ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำยมสด $= \frac{0.22+0.19+0.16}{3}$ = 0.19 มิลลิกรัม/ลิตร

การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำมะยมสดโดยวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ

ที่ปริมาณน้ำมะยม 3 มิลลิลิตร มอลโตเด็กซ์ตริน 2 กรัม

ครั้งที่ 1 TS $= \frac{(38.6178-38.3251)\times1000}{40}$ = 7.32 มิลลิกรัม/ลิตร

ครั้งที่ 2 TS $= \frac{(40.1579-39.8930)\times1000}{40}$ = 6.62 มิลลิกรัม/ลิตร

ครั้งที่ 3 TS $= \frac{(39.2673-39.0075)\times1000}{40}$ = 6.50 มิลลิกรัม/ลิตร

ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำมะยมสด $= \frac{7.32+6.62+6.50}{3}$ = 6.81 มิลลิกรัม/ลิตร

ที่ปริมาณน้ำมะยม 3 มิลลิลิตร มอลโตเด็กซ์ตริน 4 กรัม

ครั้งที่ 1 TS $= \frac{(45.1921-44.8893)\times1000}{40}$ = 7.57 มิลลิกรัม/ลิตร

ครั้งที่ 2 TS $= \frac{(40.9526-40.6401)\times1000}{40}$ = 7.81 มิลลิกรัม/ลิตร

ครั้งที่ 3 TS $= \frac{(39.8325-39.5236)\times1000}{40}$ = 7.72 มิลลิกรัม/ลิตร

ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำมะยมสด $= \frac{7.57+7.81+7.72}{3}$ = 7.70 มิลลิกรัม/ลิตร

ที่ปริมาณน้ำมะยม 3 มิลลิลิตร มอลโตเด็กซ์ตริน 6 กรัม

ครั้งที่ 1 TS $= \frac{(40.9822-40.6731)\times1000}{40}$ = 7.73 มิลลิกรัม/ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่ 2 TS $= \frac{(40.2516-39.9393)\times1000}{40}$ = 7.81 มิลลิกรัม/ลิตร

ครั้งที่ 3 TS $= \frac{(40.3892-40.0694)\times1000}{40}$ = 8.00 มิลลิกรัม/ลิตร

ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำมะยมสด $= \frac{7.73+7.81+8.00}{3}$ = 7.85 มิลลิกรัม/ลิตร

การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำมะยมระเหยโดยวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ

ที่ปริมาณน้ำมะยม 3 มิลลิลิตร มอลโตเด็กซ์ตริน 2 กรัม

ครั้งที่ 1 TS $= \frac{(40.2458-39.9539)\times1000}{40}$ = 7.30 มิลลิกรัม/ลิตร

ครั้งที่ 2 TS $= \frac{(39.9815-39.6917)\times1000}{40}$ = 7.25 มิลลิกรัม/ลิตร

ครั้งที่ 3 TS $= \frac{(40.5149-40.2297)\times1000}{40}$ = 7.13 มิลลิกรัม/ลิตร

ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำมะยมสด $= \frac{7.30+7.25+7.13}{3}$ = 7.23 มิลลิกรัม/ลิตร

ที่ปริมาณน้ำมะยม 3 มิลลิลิตร มอลโตเด็กซ์ตริน 4 กรัม

ครั้งที่ 1 TS $= \frac{(36.0614-35.7561)\times1000}{40}$ = 7.63 มิลลิกรัม/ลิตร

ครั้งที่ 2 TS $= \frac{(40.2593-39.9468)\times1000}{40}$ = 7.81 มิลลิกรัม/ลิตร

ครั้งที่ 3 TS $= \frac{(40.5981-40.2972)\times1000}{40}$ = 7.52 มิลลิกรัม/ลิตร

ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำมะยมสด $= \frac{7.63+7.81+7.52}{3}$ = 7.65 มิลลิกรัม/ลิตร

ที่ปริมาณน้ำมะยม 3 มิลลิลิตร มอลโตเด็กซ์ตริน 6 กรัม

ครั้งที่ 1 TS $= \frac{(40.9822-40.6731)\times1000}{40}$ = 7.73 มิลลิกรัม/ลิตร

ครั้งที่ 2 TS $= \frac{(40.5418-40.2307)\times1000}{40}$ = 7.78 มิลลิกรัม/ลิตร

ครั้งที่ 3 TS $= \frac{(40.8913-40.5712)\times1000}{40}$ = 8.00 มิลลิกรัม/ลิตร

ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำมะยมสด $= \frac{7.73+7.78+8.00}{3}$ = 7.84 มิลลิกรัม/ลิตร

1.4 การคำนวณหาความสามารถในการละลายกลับ

$$\text{ความสามารถในการละลาย (ร้อยละ)} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ})}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ความสามารถในการละลายกลับของน้ำมะยมสดโดยวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ที่ปริมาณน้ำมะยม 3 มิลลิลิตร มอลโตเด็กซ์ตริน 6 กรัม ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ

ครั้งที่ 1 ความสามารถในการละลาย (ร้อยละ) = $\frac{(1.0058-0.0958)}{1.0058} \times 100$ = 90.21%

ครั้งที่ 2 ความสามารถในการละลาย (ร้อยละ) = $\frac{(1.0035-0.0998)}{1.0035} \times 100$ = 90.05%

ครั้งที่ 3 ความสามารถในการละลาย (ร้อยละ) = $\frac{(1.0046-0.0854)}{1.0046} \times 100$ = 91.50%

ค่าเฉลี่ยความสามารถในการละลายกลับของน้ำมะยมสด = $\frac{90.21+90.05+91.50}{3}$ = 90.59%

การวิเคราะห์ความสามารถในการละลายกลับของน้ำมะยมระเหย โดยวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ที่ปริมาณน้ำมะยม 3 มิลลิลิตร มอลโตเด็กซ์ตริน 6 กรัม ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ

ครั้งที่ 1 ความสามารถในการละลาย (ร้อยละ) = $\frac{(1.0575-0.0963)}{1.0575} \times 100$ = 90.89%

ครั้งที่ 2 ความสามารถในการละลาย (ร้อยละ) = $\frac{(1.0133-0.0898)}{1.0133} \times 100$ = 91.14%

ครั้งที่ 3 ความสามารถในการละลาย (ร้อยละ) = $\frac{(1.0498-0.0992)}{1.0498} \times 100$ = 90.55%

ค่าเฉลี่ยความสามารถในการละลายกลับของน้ำมะยมสด = $\frac{90.89+91.14+90.55}{3}$ = 90.86%

1.5 การคำนวณหาปริมาณค่าผลได้ (% Yield)

(% yield) $Y = \frac{\text{ปริมาณสารตั้งต้นที่สกัดได้}}{\text{ปริมาณสารตั้งต้น}} \times 100$

การวิเคราะห์การหาปริมาณค่าผลได้ (% yield) ของตัวอย่างน้ำมะยมสด โดยวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

ที่ปริมาณน้ำมะยม 3 มิลลิลิตร มอลโตเด็กซ์ตริน 2 กรัม

$Y = \frac{2.9857-0.8460}{5.0131} \times 100 = 42.68\%$

ที่ปริมาณน้ำมะยม 3 มิลลิลิตร มอลโตเด็กซ์ตริน 4 กรัม

$Y = \frac{5.8264-0.8541}{7.0047} \times 100 = 70.99\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ปริมาณน้ำมะยม 3 มิลลิลิตร มอลโตเด็กซ์ตริน 6 กรัม

$$Y = \frac{7.9502-0.8467}{9.0143} \times 100 = 78.80\%$$

ที่ปริมาณน้ำมะยม 5 มิลลิลิตร มอลโตเด็กซ์ตริน 2 กรัม

$$Y = \frac{3.1008-0.8470}{7.0150} \times 100 = 32.13\%$$

ที่ปริมาณน้ำมะยม 5 มิลลิลิตร มอลโตเด็กซ์ตริน 4 กรัม

$$Y = \frac{5.2906-0.8408}{9.0186} \times 100 = 49.34\%$$

ที่ปริมาณน้ำมะยม 5 มิลลิลิตร มอลโตเด็กซ์ตริน 6 กรัม

$$Y = \frac{8.9362-0.8327}{11.0095} \times 100 = 73.60\%$$

ที่ปริมาณน้ำมะยม 10 มิลลิลิตร มอลโตเด็กซ์ตริน 2 กรัม

$$Y = \frac{4.4336-0.8390}{12.0168} \times 100 = 29.91\%$$

ที่ปริมาณน้ำมะยม 10 มิลลิลิตร มอลโตเด็กซ์ตริน 4 กรัม

$$Y = \frac{6.7799-0.8429}{14.0891} \times 100 = 42.14\%$$

ที่ปริมาณน้ำมะยม 10 มิลลิลิตร มอลโตเด็กซ์ตริน 6 กรัม

$$Y = \frac{10.3120-0.8445}{16.0167} \times 100 = 59.11\%$$

การวิเคราะห์การหาปริมาณค่าผลได้ (% yield) ของตัวอย่างน้ำมะยมระเหย โดยวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

ที่ปริมาณน้ำมะยม 3 มิลลิลิตร มอลโตเด็กซ์ตริน 2 กรัม

$$Y = \frac{2.9918-0.8389}{5.0128} \times 100 = 42.95\%$$

ที่ปริมาณน้ำมะยม 3 มิลลิลิตร มอลโตเด็กซ์ตริน 4 กรัม

$$Y = \frac{5.6913-0.8581}{7.0051} \times 100 = 69.00\%$$

ที่ปริมาณน้ำมะยม 3 มิลลิลิตร มอลโตเด็กซ์ตริน 6 กรัม

$$Y = \frac{7.9754-0.8691}{9.0269} \times 100 = 78.72\%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ปริมาณน้ำมะยม 5 มิลลิลิตร มอลโตเด็กซ์ตริน 2 กรัม

$$Y = \frac{3.1010-0.8431}{7.0210} \times 100 = 32.16\%$$

ที่ปริมาณน้ำมะยม 5 มิลลิลิตร มอลโตเด็กซ์ตริน 4 กรัม

$$Y = \frac{5.2926-0.8421}{9.0173} \times 100 = 49.36\%$$

ที่ปริมาณน้ำมะยม 5 มิลลิลิตร มอลโตเด็กซ์ตริน 6 กรัม

$$Y = \frac{8.9372-0.8319}{11.0102} \times 100 = 73.62\%$$

ที่ปริมาณน้ำมะยม 10 มิลลิลิตร มอลโตเด็กซ์ตริน 2 กรัม

$$Y = \frac{4.4338-0.8385}{12.0153} \times 100 = 29.96\%$$

ที่ปริมาณน้ำมะยม 10 มิลลิลิตร มอลโตเด็กซ์ตริน 4 กรัม

$$Y = \frac{6.7810-0.8427}{14.0873} \times 100 = 42.15\%$$

ที่ปริมาณน้ำมะยม 10 มิลลิลิตร มอลโตเด็กซ์ตริน 6 กรัม

$$Y = \frac{10.3127-0.8441}{16.0201} \times 100 = 59.10\%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ผลการทดลองจริง

1. การวิเคราะห์หาความชื้นฐานเปียก (%) ของน้ำมะยมสด น้ำมะยมระเหย และมะยมผง

ตารางที่ ผ-2 แสดงปริมาณความชื้นฐานเปียก (%) ของน้ำมะยมสดและน้ำมะยมระเหยก่อนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

ปริมาณความชื้นฐานเปียก (%)	
น้ำมะยมสด	น้ำมะยมระเหย
94.17	94.95
93.99	94.79
94.30	94.89
เฉลี่ย	
94.15	94.58

ตารางที่ ผ-3 แสดงปริมาณความชื้นฐานเปียก (%) ของน้ำมะยมสดหลังการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

ปริมาณความชื้นฐานเปียก (%)									
ปริมาณน้ำมะยม (ml) : ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน (g)	3:2	3:4	3:6	5:2	5:4	5:6	10:2	10:4	10:6
	9.02	8.86	7.51	14.05	11.14	9.13	40.32	37.16	25.99
	9.02	8.85	7.62	14.14	11.07	8.34	40.40	37.99	25.22
	9.16	8.10	7.45	14.03	10.85	10.27	40.16	35.12	26.04
เฉลี่ย	9.07	8.60	7.53	14.07	11.02	9.25	40.29	36.76	25.75

ตารางที่ ผ-4 แสดงปริมาณความชื้นฐานเปียก (%) ของน้ำมะยมระเหยหลังการทำแห้งแบบแช่ยือกแข็ง

ปริมาณความชื้นฐานเปียก (%)									
ปริมาณน้ำมะยม (ml) : ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน (g)	3:2	3:4	3:6	5:2	5:4	5:6	10:2	10:4	10:6
	8.95	9.23	7.95	16.62	11.14	9.52	44.17	36.46	29.51
	9.22	9.08	8.12	16.61	11.12	9.37	43.65	36.72	30.41
	9.27	8.85	8.01	17.32	10.85	9.29	44.78	38.23	31.01
เฉลี่ย	9.15	9.05	8.03	16.85	11.04	9.39	44.2	37.14	30.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content)

ตารางที่ ผ-5 แสดงค่าการดูดกลืนแสงทั้งหมดของน้ำมะยมสด น้ำมะยมระเหย และมะยมผงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร

ความเข้มข้น (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)	ก่อน Freeze dry		หลัง Freeze dry	
	น้ำมะยมสด	น้ำมะยมระเหย	น้ำมะยมสด	น้ำมะยมระเหย
100	0.042	0.022	0.020	0.030
	0.040	0.028	0.021	0.029
	0.043	0.024	0.022	0.028
เฉลี่ย	0.042	0.025	0.021	0.029
500	0.235	0.198	0.172	0.239
	0.245	0.195	0.175	0.242
	0.242	0.160	0.178	0.125
เฉลี่ย	0.241	0.184	0.175	0.232
1000	0.590	0.710	0.850	1.390
	0.880	0.740	0.820	1.330
	0.680	0.730	0.880	1.320
เฉลี่ย	0.717	0.727	0.850	1.347

3. การวิเคราะห์หาของแข็งทั้งหมด (Total Solid)

ตารางที่ ผ-6 แสดงปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solid) ของน้ำมะยมสด น้ำมะยมระเหย และมะยมผง (มิลลิกรัม/ลิตร)

ก่อน Freeze dry		หลัง Freeze dry					
น้ำมะยมสด	น้ำมะยมระเหย	น้ำมะยมสด			น้ำมะยมระเหย		
		3:2	3:4	3:6	3:2	3:4	3:6
0.33	0.22	7.32	7.57	7.73	7.30	7.63	7.73
0.38	0.19	6.62	7.81	7.81	7.25	7.81	7.78
0.35	0.16	6.50	7.72	8.00	7.13	7.52	8.00
เฉลี่ย							
0.35	0.19	6.81	7.70	7.85	7.23	7.65	7.84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การวิเคราะห์หาความสามารถในการละลายกลับ

ตารางที่ ผ-7 แสดงความสามารถในการละลายกลับของน้ำมะยมสดและมะยมระเหยหลังจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งที่ปริมาณน้ำมะยม 3 มิลลิลิตรต่อมอลโตเด็กซ์ตริน 6 กรัม (%)

น้ำมะยมสด	น้ำมะยมระเหย
90.21	90.89
90.05	91.14
91.50	90.55
เฉลี่ย	
90.59	90.86

5. การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง pH

ตารางที่ ผ-8 แสดงค่า pH ของน้ำมะยมสด น้ำมะยมระเหย และมะยมผง

Control		ก่อน Freeze dry		หลัง Freeze dry					
น้ำกลั่น	มอลโตเด็กตริน	น้ำมะยมสด	น้ำมะยม evaporator	น้ำมะยมสด			น้ำมะยม evaporator		
				3:2	3:4	3:6	3:2	3:4	3:6
7.660	6.960	2.880	2.890	3.650	3.710	3.430	3.730	4.010	3.370
7.580	7.180	2.800	2.910	3.580	3.720	3.470	4.010	4.280	3.260
7.600	7.110	2.890	2.950	3.390	3.560	3.490	4.020	3.680	3.380
เฉลี่ย									
7.613	7.083	2.857	2.917	3.540	3.663	3.463	3.920	3.990	3.337

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ลักษณะน้ำมะยมสด น้ำมะยมระเหย และ มะยมผง โดยวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

(A) (B) (C)

รูปที่ ผ-6 แสดงลักษณะผงของน้ำมะยมสดหลังจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 8 ชม.

หมายเหตุ : (A) ปริมาณน้ำมะยมสด 3 มิลลิลิตร ต่อมอลโตเด็กซ์ตริน 4 กรัม
(B) ปริมาณน้ำมะยมสด 3 มิลลิลิตร ต่อมอลโตเด็กซ์ตริน 6 กรัม
(C) ปริมาณน้ำมะยมสด 5 มิลลิลิตร ต่อมอลโตเด็กซ์ตริน 4 กรัม

(A) (B) (C)

รูปที่ ผ-7 แสดงลักษณะผงของน้ำมะยมระเหยหลังจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 8 ชม.

หมายเหตุ : (A) ปริมาณน้ำมะยมระเหย 3 มิลลิลิตร ต่อมอลโตเด็กซ์ตริน 2 กรัม
(B) ปริมาณน้ำมะยมระเหย 3 มิลลิลิตร ต่อมอลโตเด็กซ์ตริน 6 กรัม
(C) ปริมาณน้ำมะยมระเหย 5 มิลลิลิตร ต่อมอลโตเด็กซ์ตริน 4 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

ตารางแสดงผลการวิจัยและคำนวณทางสถิติ

1. การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำมะยมและน้ำมะยมที่ทำแห้งโดยวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

ตารางที่ ผ-9 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำมะยมสดก่อนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

Descriptives

Phenolic								
					95% Confidence Interval for Mean			
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound	Minimum	Maximum
ความเข้มข้น 100	3	28.9353	1.06065	.61237	26.3005	31.5701	27.78	29.86
ความเข้มข้น 500	3	33.4260	.71274	.41150	31.6555	35.1965	32.64	34.03
ความเข้มข้น 1000	3	49.7683	10.30814	5.95141	24.1615	75.3752	40.97	61.11
Total	9	37.3766	10.82262	3.60754	29.0576	45.6956	27.78	61.11

ANOVA

Phenolic					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	721.252	2	360.626	10.028	.012
Within Groups	215.781	6	35.964		
Total	937.033	8			

Duncan[a]

Phenolic			
Duncan[a]			
		Subset for alpha = 0.05	
	N	1	2
ความเข้มข้น 100	3	28.9353	
ความเข้มข้น 500	3	33.4260	
ความเข้มข้น 1000	3		49.7683
Sig.		.394	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

ตารางที่ ผ-10 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำมะยมระเหยก่อนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

Descriptives

Phenolic								
					95% Confidence Interval for Mean			
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound	Minimum	Maximum
ความเข้มข้น 100	3	17.1293	2.11868	1.22322	11.8662	22.3924	15.28	19.44
ความเข้มข้น 500	3	25.6017	2.93429	1.69412	18.3125	32.8909	22.22	27.50
ความเข้มข้น 1000	3	50.4630	1.06054	.61230	47.8285	53.0975	49.31	51.39
Total	9	31.0647	15.12220	5.04073	19.4407	42.6886	15.28	51.39

ANOVA

Phenolic					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1801.000	2	900.500	189.930	.000
Within Groups	28.447	6	4.741		
Total	1829.447	8			

Duncan[a]

Phenolic				
		Subset for alpha = 0.05		
Sample	N	1	2	3
ความเข้มข้น 100	3	17.1293		
ความเข้มข้น 500	3		25.6017	
ความเข้มข้น 1000	3			50.4630
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางที่ ผ-11 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำมะยมสดหลังการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

Descriptives

Phenolic

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
ความเข้มข้น 100	3	14.5833	.69450	.40097	12.8581	16.3086	13.89	15.28
ความเข้มข้น 500	3	24.3057	.41650	.24047	23.2710	25.3403	23.89	24.72
ความเข้มข้น 1000	3	59.0277	2.08350	1.20291	53.8520	64.2034	56.94	61.11
Total	9	32.6389	20.26522	6.75507	17.0617	48.2161	13.89	61.11

ANOVA

Phenolic

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3275.440	2	1637.720	983.266	.000
Within Groups	9.994	6	1.666		
Total	3285.433	8			

Duncan[a]

Phenolic				
		Subset for alpha = 0.05		
	N	1	2	3
ความเข้มข้น 100	3	14.5833		
ความเข้มข้น 500	3		24.3057	
ความเข้มข้น 1000	3			59.0277
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางที่ ผ-12 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำมะยมระเหยหลังการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

Descriptives

Phenolic								
					95% Confidence Interval for Mean			
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound	Minimum	Maximum
ความเข้มข้น 100	3	20.1387	.69450	.40097	18.4134	21.8639	19.44	20.83
ความเข้มข้น 500	3	32.2220	2.05529	1.18662	27.1164	37.3276	29.86	33.61
ความเข้มข้น 1000	3	93.5187	2.62916	1.51795	86.9875	100.0499	91.67	96.53
Total	9	48.6264	34.11589	11.37196	22.4027	74.8502	19.44	96.53

ANOVA

Phenolic					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	9287.913	2	4643.956	1199.057	.000
Within Groups	23.238	6	3.873		
Total	9311.151	8			

Duncan[a]

Phenolic				
		Subset for alpha = 0.05		
Sample	N	1	2	3
ความเข้มข้น 100	3	20.1387		
ความเข้มข้น 500	3		32.2220	
ความเข้มข้น 1000	3			93.5187
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

2. การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น(%) ในน้ำมะยมและน้ำมะยมที่ทำแห้งหลังจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

ตารางที่ ผ-13 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น(%) ในน้ำมะยมสด หลังจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

Descriptives

Moisture								
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
น้ำมะยมสด 3 ml 2 g	3	9.0667	.08083	.04667	8.8659	9.2675	9.02	9.16
น้ำมะยมสด 3 ml 4 g	3	8.6033	.43593	.25168	7.5204	9.6862	8.10	8.86
น้ำมะยมสด 3 ml 6 g	3	7.5267	.08622	.04978	7.3125	7.7408	7.45	7.62
น้ำมะยมสด 5 ml 2 g	3	14.0733	.05859	.03383	13.9278	14.2189	14.03	14.14
น้ำมะยมสด 5 ml 4 g	3	11.0200	.15133	.08737	10.6441	11.3959	10.85	11.14
น้ำมะยมสด 5 ml 6 g	3	9.2467	.97027	.56019	6.8364	11.6570	8.34	10.27
น้ำมะยมสด 10 ml 2 g	3	40.2933	.12220	.07055	39.9898	40.5969	40.16	40.40
น้ำมะยมสด 10 ml 4 g	3	37.4233	.49116	.28357	36.2032	38.6434	37.12	37.99
น้ำมะยมสด 10 ml 6 g	3	25.7500	.45967	.26539	24.6081	26.8919	25.22	26.04
Total	27	18.1115	12.49856	2.40535	13.1672	23.0557	7.45	40.40

ANOVA

Moisture					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4058.285	8	507.286	2785.187	.000
Within Groups	3.278	18	.182		
Total	4061.564	26			

Duncan[a]

Moisture								
		Subset for alpha = 0.05						
sample	N	1	2	3	4	5	6	7
น้ำมะยมสด 3 ml 6 g	3	7.5267						
น้ำมะยมสด 3 ml 4 g	3		8.6033					
น้ำมะยมสด 3 ml 2 g	3		9.0667					
น้ำมะยมสด 5 ml 6 g	3		9.2467					
น้ำมะยมสด 5 ml 4 g	3			11.0200				
น้ำมะยมสด 5 ml 2 g	3				14.0733			

Duncan[a]

Moisture								
sample	N	Subset for alpha = 0.05						
	3	1	2	3	4	5	6	7
น้ำมะยมสด 10 ml 6 g	3					25.7500		
น้ำมะยมสด 10 ml 4 g	3						37.4233	
น้ำมะยมสด 10 ml 2 g	3							40.2933
Sig.		1.000	.096	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางที่ ผ-14 ปริมาณความชื้น(%) ในน้ำมะยมระเหยหลังจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

Descriptives

Moisture								
					95% Confidence Interval for Mean			
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound	Minimum	Maximum
น้ำมะยมระเหย 3 ml 2 g	3	9.1467	.17214	.09939	8.7190	9.5743	8.95	9.27
น้ำมะยมระเหย 3 ml 4 g	3	9.0533	.19140	.11050	8.5779	9.5288	8.85	9.23
น้ำมะยมระเหย 3 ml 6 g	3	8.0267	.08622	.04978	7.8125	8.2408	7.95	8.12
น้ำมะยมระเหย 5 ml 2 g	3	16.8500	.40706	.23502	15.8388	17.8612	16.61	17.32
น้ำมะยมระเหย 5 ml 4 g	3	11.0367	.16197	.09351	10.6343	11.4390	10.85	11.14
น้ำมะยมระเหย 5 ml 6 g	3	9.3933	.11676	.06741	9.1033	9.6834	9.29	9.52
น้ำมะยมระเหย 10 ml 2 g	3	44.2000	.56560	.32655	42.7950	45.6050	43.65	44.78
น้ำมะยมระเหย 10 ml 4 g	3	37.1367	.95574	.55180	34.7625	39.5108	36.46	38.23
น้ำมะยมระเหย 10 ml 6 g	3	30.3100	.75498	.43589	28.4345	32.1855	29.51	31.01
Total	27	19.4615	13.45132	2.58871	14.1403	24.7826	7.95	44.78

ANOVA

Moisture					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4700.225	8	587.528	2539.015	.000
Within Groups	4.165	18	.231		
Total	4704.390	26			

Duncan[a]

Moisture								
Duncan[a]								
		Subset for alpha = 0.05						
Sample	N	1	2	3	4	5	6	7
น้ำมะยมระเหย 3 ml 6 g	3	8.0267						
น้ำมะยมระเหย 3 ml 4 g	3		9.0533					
น้ำมะยมระเหย 3 ml 2 g	3		9.1467					
น้ำมะยมระเหย 5 ml 6 g	3		9.3933					
น้ำมะยมระเหย 5 ml 4 g	3			11.0367				
น้ำมะยมระเหย 5 ml 2 g	3				16.8500			
น้ำมะยมระเหย 10 ml 6 g	3					30.3100		

Duncan[a]

Moisture								
sample	N	Subset for alpha = 0.05						
	3	1	2	3	4	5	6	7
น้ำมะยมระเหย 10 ml 4 g	3						37.1367	
น้ำมะยมระเหย 10 ml 2 g	3							44.2000
Sig.		1.000	.424	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

3. **การวิเคราะห์หาของแข็งทั้งหมด** (Total Solid) **ในน้ำมะยมสดและน้ำมะยมระเหยหลังจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง**

ตารางที่ ผ-15 ผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำมะยมสดหลังจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

Descriptives

TotalSolid								
					95% Confidence Interval for Mean			
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound	Minimum	Maximum
น้ำมะยมสด 3 ml 2 g	3	6.8133	.44287	.25569	5.7132	7.9135	6.50	7.32
น้ำมะยมสด 3 ml 4 g	3	7.7000	.12124	.07000	7.3988	8.0012	7.57	7.81
น้ำมะยมสด 3 ml 6 g	3	7.8467	.13868	.08007	7.5022	8.1912	7.73	8.00
Total	9	7.4533	.54032	.18011	7.0380	7.8687	6.50	8.00

ANOVA

TotalSolid					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.875	2	.938	12.228	.008
Within Groups	.460	6	.077		
Total	2.336	8			

Duncan[a]

TotalSolid			
Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
น้ำมะยมสด 3 ml 2 g	3	6.8133	
น้ำมะยมสด 3 ml 4 g	3		7.7000
น้ำมะยมสด 3 ml 6 g	3		7.8467
Sig.		1.000	.541

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางที่ ผ-16 ผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำมะยมระเหยหลังจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

Descriptives

TotalSolid

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
น้ำมะยมระเหย 3 ml 2 g	3	7.2267	.08737	.05044	7.0096	7.4437	7.13	7.30
น้ำมะยมระเหย 3 ml 4 g	3	7.6533	.14640	.08452	7.2897	8.0170	7.52	7.81
น้ำมะยมระเหย 3 ml 6 g	3	7.8367	.14364	.08293	7.4798	8.1935	7.73	8.00
Total	9	7.5722	.29308	.09769	7.3469	7.7975	7.13	8.00

ANOVA

TotalSolid

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.588	2	.294	17.739	.003
Within Groups	.099	6	.017		
Total	.687	8			

Duncan[a]

TotalSolid			
		Subset for alpha = 0.05	
	N	1	2
น้ำมะยมระเหย 3 ml 2 g	3	7.2267	
น้ำมะยมระเหย 3 ml 4 g	3		7.6533
น้ำมะยมระเหย 3 ml 6 g	3		7.8367
Sig.		1.000	.132

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

4. การวิเคราะห์หาความเป็นกรด-ด่าง(pH) ใน น้ำกลั่น มอลโตเด็กซ์ตริน น้ำมะยมสดและน้ำมะยมระเหย และน้ำมะยมสด น้ำมะยมระเหยหลังจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

ตารางที่ ผ-17 ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำกลั่น มอลโตเด็กซ์ตริน น้ำมะยมสดและน้ำมะยมระเหย

Descriptives

pH								
					95% Confidence Interval for Mean			
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound	Minimum	Maximum
น้ำกลั่น	3	7.6133	.04163	.02404	7.5099	7.7168	7.58	7.66
มอลโตเด็กซ์ตริน	3	7.0833	.11240	.06489	6.8041	7.3625	6.96	7.18
น้ำมะยมสด	3	2.8567	.04933	.02848	2.7341	2.9792	2.80	2.89
น้ำมะยมระเหย	3	2.9167	.03055	.01764	2.8408	2.9926	2.89	2.95
Total	12	5.1175	2.33903	.67522	3.6314	6.6036	2.80	7.66

ANOVA

pH					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	60.146	3	20.049	4522.268	.000
Within Groups	.035	8	.004		
Total	60.182	11			

Duncan[a]

pH				
	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
น้ำมะยมสด	3	2.8567		
น้ำมะยมระเหย	3	2.9167		
มอลโตเด็กซ์ตริน	3		7.0833	
น้ำกลั่น	3			7.6133
Sig.		.302	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางที่ ผ-18 ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำมะยมสดหลังจากการการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

Descriptives

pH								
					95% Confidence Interval for Mean			
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound	Minimum	Maximum
น้ำมะยมสด 3 ml 2 g	3	3.5400	.13454	.07767	3.2058	3.8742	3.39	3.65
น้ำมะยมสด 3 ml 4 g	3	3.6633	.08963	.05175	3.4407	3.8860	3.56	3.72
น้ำมะยมสด 3 ml 6 g	3	3.4633	.03055	.01764	3.3874	3.5392	3.43	3.49
Total	9	3.5556	.12001	.04000	3.4633	3.6478	3.39	3.72

ANOVA

pH					
	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.061	2	.031	3.385	.104
Within Groups	.054	6	.009		
Total	.115	8			

Duncan[a]

pH			
		Subset for alpha = 0.05	
	N	1	2
น้ำมะยมสด 3 ml 6 g	3	3.4633	
น้ำมะยมสด 3 ml 2 g	3	3.5400	3.5400
น้ำมะยมสด 3 ml 4 g	3		3.6633
Sig.		.361	.163

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.