การศึกษาประสิทธิภาพของการทำแห้ง ขิง ข่า ตะไคร้ และมะกรูดโดยการทำแห้งแบบตากแดด, ตู้อบลมร้อน และเตาอบไมโครเวฟ

STUDY ON AN EFFECT OF GINGER, GALANGAL, LEMONGRASS AND BERGAMOT DRYING WITH SUN DRYING, HOT AIR OVEN DRYING AND MICROWAVE DRYING

กชกร แสงมหาไชย
ประภาศรี แสนกล้า

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม)
ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

การศึกษาประสิทธิภาพของการทำแห้ง ขิง ข่า ตะไคร้ และมะกรูดโดยการทำแห้งแบบตากแดด, ตู้อบลมร้อน และเตาอบไมโครเวฟ

STUDY ON AN EFFECT OF GINGER, GALANGAL, LEMONGRASS AND BERGAMOT DRYING WITH SUN DRYING, HOT AIR OVEN DRYING AND MICROWAVE DRYING

กชกร แสงมหาไชย
ประภาศรี แสนกล้า

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม)
ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

STUDY ON AN EFFECT OF GINGER, GALANGAL, LEMONGRASS AND BERGAMOT DRYING WITH SUN DRYING, HOT AIR OVEN DRYING AND MICROWAVE DRYING

MISS KODCHAKORN SANGMAHACHAI
MISS PRAPASRI SANKLA

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE
(INDUSTRIAL MICROBIOLOGY)
DEPARTMENT OF BIOLOGY FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2017

หัวข้อโครงงานพิเศษ การศึกษาประสิทธิภาพของการทำแห้ง ขิง ข่า ตะไคร้ และมะกรูด โดยการทำแห้งแบบตากแดด, ตู้อบลมร้อน และเตาอบไมโครเวฟ
STUDY ON AN EFFECT OF GINGER, GALANGAL, LEMONGRASS AND BERGAMOT DRYING WITH SUN DRYING, HOT AIR OVEN DRYING AND MICROWAVE DRYING

ชื่อนักศึกษา นางสาวกชกร แสงมหาไชย รหัสนักศึกษา 57050787
นางสาวประภาศรี แสนกล้า รหัสนักศึกษา 57050847

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม)

ภาควิชา ชีววิทยา

ปีการศึกษา 2560

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ธนาวดี ก่ออานันต์

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต(จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม) ประจำปีการศึกษา 2560

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.ดวงกมล เรือนงาม ประธานกรรมการ	
ผศ.ดร.สมพิศ สอนโยธา กรรมการ	
อ.ธนาวดี ก่ออานันต์ กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อโครงงานพิเศษ การศึกษาประสิทธิภาพของการทำแห้ง ขิง ข่า ตะไคร้ และมะกรูด โดยการทำแห้งแบบตากแดด, ตู้อบลมร้อน และเตาอบไมโครเวฟ

ชื่อนักศึกษา นางสาวกชกร แสงมหาไชย รหัสนักศึกษา 57050787

นางสาวประภาศรี แสนกล้า รหัสนักศึกษา 57050847

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม)

ภาควิชา ชีววิทยา

คณะ วิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)

ปีการศึกษา 2560

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ธนาวดี ก่ออานันต์

บทคัดย่อ

การทำแห้ง ขิง ข่า ตะไคร้ และใบมะกรูด ด้วยวิธีการตากแดดและการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 30°C ระยะเวลา 0 ถึง 6 วัน และการอบแห้งด้วยไมโครเวฟ กำลังไฟ 100 W ถึง 400 W พบว่า การทำแห้งด้วยเตาอบไมโครเวฟจะช่วยลดเวลาในการทำแห้งได้มากกว่าการทำแห้งด้วยตากแดดและการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน การตากแดดและการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิที่เท่ากันได้ผลิตภัณฑ์แห้งที่มีคุณภาพใกล้เคียงกัน การตากแดดและการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนจะมีค่าปริมาณน้ำในตัวอย่างน้อยกว่าการทำแห้งด้วยการตากแดด โดยมีค่า % moisture content ประมาณ 16.21 ± 1.07 - 17.91 ± 0.72 g H_2O/g dry solid การอบแห้งด้วยเตาอบไมโครเวฟจะมีปริมาณน้ำในตัวอย่าง ประมาณ 3.22 ± 0.31 - 61.63 ± 55.64 g H_2O/g dry การทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนมีจุลินทรีย์ปนเปื้อนน้อยกว่าการตากแดด มีจำนวนจุลินทรีย์ประมาณ 2.02 ± 0.00 ถึง 4.14 × 10^3 ± 973.23 CFU/g การทำแห้งด้วยเตาอบไมโครเวฟกำลังไฟ 300 W และ 400 W จะมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์น้อยกว่า มีค่าประมาณ 0.00 ± 0.00 ถึง 3.42 × 10^3 ± 2,739.72 CFU/g การทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนจะทำให้ได้ผักแห้งที่มีสารฟีนอลิกมากกว่า มีค่าประมาณ 435.00 ± 11.45 ถึง 670.00 ± 112.03 μg GAE/mg และการอบแห้งด้วยไมโครเวฟ กำลังไฟ 300 W และ 400 W จะมีปริมาณสารฟีนอลิกประมาณ 234.16 ± 17.20 ถึง 428.33 ± 14.60 μg GAE/mg การศึกษานี้เสนอแนะว่าแม้ว่าการอบแห้งด้วยไมโครเวฟจะใช้เวลาการอบแห้งที่น้อยกว่าแต่ต้องมีค่าใช้จ่ายจากการใช้ไฟฟ้าขณะที่การตากแดดจะช่วยลดต้นทุนได้มากกว่า

คำสำคัญ : ขิง, ข่า, ตะไคร้, มะกรูด, การตากแดดและการทำแห้งด้วยเตาอบไมโครเวฟ

Title	STUDY ON AN EFFECT OF SPICES DRYING WITH SUN DRYING, HOT AIR OVEN DRYING AND MICROWAVE DRYING
Students	Miss Kodchakorn Sangmahachai Student ID 57050787
	Miss Prapasri Sankla Student ID 57050847
Degree	Bachelor of Science (Industrial Microbiology)
Department	Biology
Faculty	Science
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)
Academic Year	2017
Advisor	Thanavadee Kor-anan

Abstract

Drying of ginger, galangal, lemongrass and bergamot were compared with sun drying, hot air oven drying at 30°C and microwave drying at 100 – 400 W. It was found that, Microwave drying can reduce drying time than another dryer and sun drying, hot air oven drying at 30°C have not different product quality. % moisture content of hot air oven dried products was less than sun drying product, approximately 16.21 ± 1.07 - 17.91 ± 0.72 g H_2O/g dry solid and % moisture content of microwave dried products was 3.22 ± 0.31 - 61.63 ± 55.64 g H_2O/g dry. Total plant count (TPC) of hot air oven dried products was less than sun drying, approximately 2.02 ± 0.00 - 4.14 × 10^3 ± 973.23 CFU/g. TPC of microwave drying product at 300 W and 400 W was 0.00 ± 0.00 - 3.42 × 10^3 ± 2,739.72 CFU/g. Hot air oven drying maintained higher phenolic content than sun drying, approximately 435.00 ± 11.45 - 670.00 ± 112.03 μg GAE/mg. Total phenolic content of microwave drying at 300 W and 400 W was 234.16 ± 17.20 - 428.33 ± 14.60 μg GAE/mg. This study suggests that, microwave drying can reduce drying time, sun drying helps electricity cost decreasing. These methods are an alternative application drying in the next future

Keywords : ginger, galangal, bergamot, sun drying and Microwave drying

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษเรื่อง การศึกษาการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในเครื่องเทศอบแห้งฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี เพราะได้รับการสนับสนุนจากบุคคลหลายท่าน ผู้จัดทำโครงงานพิเศษขอกล่าวขอบคุณไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณอาจารย์ ธนาวดี ก่ออานันต์ ที่กรุณาช่วยเหลือให้ความรู้ ตลอดจนแนวทางแก้ไขปัญหาต่างๆและดูแลข้าพเจ้าอย่างใกล้ชิดมาโดยตลอด

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.ดวงกมล เรือนงาม และ ผศ.ดร.สมพิศ สอนโยธา ที่ให้คำแนะนำที่มีประโยชน์ต่อการนำไปแก้ไขโครงงานพิเศษให้ดียิ่งขึ้น

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่คอยให้คำแนะนำ วิธีการใช้อุปกรณ์ต่างๆ อีกทั้งให้ยืมอุปกรณ์และสารเคมีที่จำเป็นสำหรับโครงงานพิเศษ

ขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัวข้าพเจ้าที่ให้โอกาสทางการศึกษาและคอยรับฟังยามมีเรื่องทุกข์ใจ พร้อมให้กำลังใจที่ดีเสมอมา

ขอขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่คอยแบ่งปันอุปกรณ์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการและช่วยให้คำแนะนำในเรื่องต่างๆเพิ่มเติม

คณะผู้จัดทำหวังว่าโครงงาน
พิเศษฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจและต้องการศึกษาในเรื่องนี้ หากมีข้อผิดพลาดประการใด คณะผู้จัดทำต้องขออภัยไว้ ณ โอกาสนี้ และยินดีรับฟังคำชี้แนะจากผู้อ่านทุกท่าน

กชกร แสงมหาไชย
ประภาศรี แสนกล้า

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญรูป ..... ญ
คำย่อ/สัญลักษณ์ ..... ฎ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3
2.1 ขิง 3
2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ 3
2.1.2 สรรพคุณ 4
2.1.3 สารเคมีและสารอาหารที่สำคัญ 4
2.1.4 คุณค่าทางโภชนาการ 4
2.2 ข่า 5
2.2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ 5
2.2.2 สรรพคุณ 5
2.2.3 สารเคมีและสารอาหารที่สำคัญ 6
2.2.4 คุณค่าทางโภชนาการ 6
2.3 ตะไคร้ 7
2.3.1 ลักษณะทางพฤษศาสตร์ 7
2.3.2 สรรพคุณ 7
2.3.3 สารเคมีและสารอาหารที่สำคัญ 8

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3.4 คุณค่าทางโภชนาการ 8
2.4 มะกรูด 9
2.4.1 ลักษณะทางพฤษศาสตร์ 9
2.4.2 สรรพคุณ 10
2.4.3 สารเคมีและสารอาหารที่สำคัญ 10
2.4.4 คุณค่าทางโภชนาการ 10
2.5 การแปรรูป 11
2.5.1 การตากแห้ง 11
2.5.2 การอบแห้งแบบตู้อบลมร้อน 11
2.5.3 การอบแห้งแบบไมโครเวฟ 11
2.6 การปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในอาหาร 12
2.6.1 แบคทีเรีย 12
2.6.2 รา 13
2.7 เชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค 13
2.7.1 *Salmonella* 13
2.7.2 *Staphylococcus aureus* 14
2.7.3 *Escherichia coli* 15
2.7.4 *Aspergillus* 16
2.7.5 *Penicillium* 16
2.8 วิธีการตรวจสอบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ 17
2.9 การวิเคราะห์หาปริมาณสารฟินอลิกทั้งหมด 17
2.10 บทความที่เกี่ยวข้อง 18
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 20
3.1 วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือ 20
3.1.1 วัตถุดิบ 20
3.1.2 สารเคมี 20
3.1.3 วัสดุและเครื่องแก้ว 20

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.1.4 เครื่องมือ 21
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย..... 22
3.2.1 อบแห้ง ขิง ข่า ตะไคร้ และใบมะกรูด ด้วยวิธีการอบแห้ง 3 วิธี ได้แก่ การตากแดด อบลมร้อน และการอบไมโครเวฟ..... 22
3.2.2 วิเคราะห์จุลินทรีย์ปนเปื้อนด้วยวิธี Total plate count..... 23
3.2.3 ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของจุลินทรีย์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์..... 23
3.2.4 วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic)..... 23
3.2.5 วิเคราะห์ปริมาณความชื้นของตัวอย่างหลังอบที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง..... 24
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล..... 25
4.1 ผลการเจริญของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในเครื่องเทศอบแห้ง..... 25
4.2 ผลการศึกษาลักษณะของจุลินทรีย์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์..... 29
4.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกด้วย Folin-Ciocaltuau..... 33
4.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของตัวอย่าง..... 34
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 39
5.1 สรุปผลการทดลอง..... 39
5.2 ข้อเสนอแนะ..... 39
เอกสารอ้างอิง..... 30
ภาคผนวก..... 42
ภาคผนวก ก..... 44
ภาคผนวก ข..... 45
ภาคผนวก ค..... 47
ภาคผนวก ง..... 52
ภาคผนวก จ..... 52

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 คุณค่าทางโภชนาการของขิง (100 กรัม)..... 4
2.2 คุณค่าทางโภชนาการของข่า (100 กรัม)..... 6
2.3 คุณค่าทางโภชนาการของตะไคร้ (100 กรัม)..... 8
2.4 คุณค่าทางโภชนาการของน้ำมะกรูด (100 กรัม)..... 10
4.1 ผลการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ปนเปื้อนในเครื่องเทศอบแห้งด้วยวิธีตากแดด ที่มีระยะเวลาตากแดดระหว่าง 0 - 6 วัน..... 25
4.2 ผลการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ปนเปื้อนในเครื่องเทศอบแห้งด้วยวิธีอบลมร้อน ที่มีระยะเวลาการอบระหว่าง 0 - 6 วัน..... 26
4.3 ผลการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ปนเปื้อนในเครื่องเทศอบแห้งด้วยวิธีอบไมโครเวฟ กำลังไฟ 100 วัตต์ เป็นระยะเวลา 0, 4 และ 10 นาที..... 26
4.4 ผลการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ปนเปื้อนในเครื่องเทศอบแห้งด้วยวิธีอบไมโครเวฟ กำลังไฟ 180 วัตต์ เป็นระยะเวลา 0, 4 และ 10 นาที..... 27
4.5 ผลการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ปนเปื้อนในเครื่องเทศอบแห้งด้วยวิธีอบไมโครเวฟ กำลังไฟ 300 วัตต์ เป็นระยะเวลา 0, 4 และ 10 นาที..... 27
4.6 ผลการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ปนเปื้อนในเครื่องเทศอบแห้งด้วยวิธีอบไมโครเวฟ กำลังไฟ 400 วัตต์ เป็นระยะเวลา 0, 4 และ 10 นาที..... 28
4.7 แสดงลักษณะของแบคทีเรียภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 1,000 เท่า..... 29
4.8 แสดงลักษณะเส้นใยของราภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า..... 32
4.9 แสดงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของเครื่องเทศอบแห้งด้วยวิธี ตากแดด (0-6 วัน) และวิธีอบลมร้อน (0-6วัน) ที่ความเข้มข้น 100 µg/ml..... 34
4.10 แสดงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของเครื่องเทศอบแห้งด้วยวิธีอบไมโครเวฟ (0-10 นาที) ที่ความเข้มข้น 100 µg/ml..... 34
4.11 แสดงปริมาณความชื้นของ ขิง ข่า ตะไคร้ และใบมะกรูดที่อบแห้งด้วยวิธีตากแดดเป็นระยะเวลา 2-4 วัน..... 35
4.12 แสดงปริมาณความชื้นของ ขิง ข่า ตะไคร้ และใบมะกรูดที่อบแห้งด้วยวิธีอบลมร้อนเป็นระยะเวลา 2-4 วัน..... 35

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

ผ-1 แสดงค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร ของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกที่ความเข้มข้น 1,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร..... 47
ผ-2 แสดงค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตรของเครื่องเทศสด (ไม่อบแห้ง) และเครื่องเทศอบแห้งโดยการ ตากแดด และอบลมร้อน..... 50
ผ-3 แสดงค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตรของเครื่องเทศอบแห้งโดยการอบไมโครเวฟที่กำลังไฟ 100, 180, 300 และ 400 วัตต์..... 51
ผ-4 แสดงผลทางสถิติในการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในเครื่องเทศสด (ไม่อบแห้ง).... 52
ผ-5 แสดงผลทางสถิติในการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในเครื่องเทศอบแห้งโดยการตากแดดเป็นระยะเวลา 2 วัน..... 54
ผ-6 แสดงผลทางสถิติในการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในเครื่องเทศอบแห้งโดยการตากแดดเป็นระยะเวลา 4 วัน..... 56
ผ-7 แสดงผลทางสถิติในการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในเครื่องเทศอบแห้งโดยการตากแดดเป็นระยะเวลา 6 วัน..... 58
ผ-8 แสดงผลทางสถิติในการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในเครื่องเทศอบแห้งโดยการอบลมร้อนเป็นระยะเวลา 2 วัน..... 60
ผ-9 แสดงผลทางสถิติในการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในเครื่องเทศอบแห้งโดยการอบลมร้อนเป็นระยะเวลา 4 วัน..... 62
ผ-10 แสดงผลทางสถิติในการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในเครื่องเทศอบแห้งโดยการอบลมร้อนเป็นระยะเวลา 6 วัน..... 64
ผ-11 แสดงผลทางสถิติในการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในเครื่องเทศอบแห้งโดยการอบไมโครเวฟ กำลังไฟ 100 วัตต์เป็นระยะเวลา 4 นาที..... 66
ผ-12 แสดงผลทางสถิติในการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในเครื่องเทศอบแห้งโดยการอบไมโครเวฟ กำลังไฟ 100 วัตต์เป็นระยะเวลา 10 นาที..... 68
ผ-13 แสดงผลทางสถิติในการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในเครื่องเทศอบแห้งโดยการอบไมโครเวฟ กำลังไฟ 180 วัตต์เป็นระยะเวลา 4 นาที..... 70
ผ-14 แสดงผลทางสถิติในการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในเครื่องเทศอบแห้งโดยการอบไมโครเวฟ กำลังไฟ 180 วัตต์เป็นระยะเวลา 10 นาที..... 72

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

ผ-15 แสดงผลทางสถิติในการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในเครื่องเทศอบแห้งโดยการอบไมโครเวฟ กำลังไฟ 300 วัตต์เป็นระยะเวลา 4 นาที..... 74
ผ-16 แสดงผลทางสถิติในการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในเครื่องเทศอบแห้งโดยการอบไมโครเวฟ กำลังไฟ 300 วัตต์เป็นระยะเวลา 10 นาที..... 76
ผ-17 แสดงผลทางสถิติในการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในเครื่องเทศอบแห้งโดยการอบไมโครเวฟ กำลังไฟ 400 วัตต์เป็นระยะเวลา 4 นาที..... 78
ผ-18 แสดงผลทางสถิติในการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในเครื่องเทศอบแห้งโดยการอบไมโครเวฟ กำลังไฟ 400 วัตต์เป็นระยะเวลา 10 นาที..... 80
ผ-19 แสดงผลทางสถิติในการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของเครื่องเทศสด (ไม่อบแห้ง) ที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร..... 82
ผ-20 แสดงผลทางสถิติในการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของเครื่องเทศอบแห้งโดยการตากแดด ที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร..... 84
ผ-21 แสดงผลทางสถิติในการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของเครื่องเทศอบแห้งโดยการอบลมร้อน ที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร..... 86
ผ-22 แสดงผลทางสถิติในการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของเครื่องเทศอบแห้งโดยการอบไมโครเวฟ กำลังไฟ 100 วัตต์ ที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร..... 88
ผ-23 แสดงผลทางสถิติในการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของเครื่องเทศอบแห้งโดยการอบไมโครเวฟ กำลังไฟ 180 วัตต์ ที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร..... 90
ผ-24 แสดงผลทางสถิติในการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของเครื่องเทศอบแห้งโดยการอบไมโครเวฟ กำลังไฟ 300 วัตต์ ที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร..... 92
ผ-25 แสดงผลทางสถิติในการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของเครื่องเทศอบแห้งโดยการอบไมโครเวฟ กำลังไฟ 400 วัตต์ ที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร..... 94

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 ขิง..... 3
2.2 ข่า..... 5
2.3 ตะไคร้..... 7
2.4 ใบมะกรูด..... 9
2.5 ลักษณะของแบคทีเรีย *Salmonella typhimurium*..... 14
2.6 *Staphylococcus Aureus*..... 15
2.7 *Escherichia coli*..... 15
2.8 *Aspergillus fumigatus*..... 16
2.9 *Penicillium funiculosum*..... 16
2.10 โครงสร้างสารประกอบฟีนอลิก..... 18
4.1 กราฟแสดงปริมาณความชื้นของขิง ข่า ตะไคร้ และใบมะกรูดอบแห้งโดยการอบไมโครเวฟกาลังไฟ 100 W เป็นเวลา 2-10 นาที (อุณหภูมิตู้อบไมโครเวฟ 100 W ระยะเวลา 0 นาที = 30 °C, 2 นาที = 31.5 °C, 4 นาที = 33 °C, 6 นาที = 35 °C, 8 นาที = 39 °C และ 10 นาที = 39 °C....36
4.2 กราฟแสดงปริมาณความชื้นของขิง ข่า ตะไคร้ และใบมะกรูดอบแห้งโดยการอบไมโครเวฟกำลังไฟ 180 W เป็นเวลา 2-10 นาที (อุณหภูมิตู้อบไมโครเวฟ 180 W ระยะเวลา 0 นาที = 30 °C, 2 นาที = 32 °C, 4 นาที = 34 °C, 6 นาที = 36 °C, 8 นาที = 37.5 °C และ 10 นาที = 42 °C....37
4.3 กราฟแสดงปริมาณความชื้นของขิง ข่า ตะไคร้ และใบมะกรูดอบแห้งโดยการอบไมโครเวฟกาลังไฟ 300 W เป็นเวลา 2-10 นาที (อุณหภูมิตู้อบไมโครเวฟ 300 W ระยะเวลา 0 นาที = 30 °C, 2 นาที = 32 °C, 4 นาที = 34 °C, 6 นาที = 36 °C, 8 นาที = 37.5 °C และ 10 นาที = 42 °C....37
4.4 กราฟแสดงปริมาณความชื้นของขิง ข่า ตะไคร้ และใบมะกรูดอบแห้งโดยการอบไมโครเวฟกาลังไฟ 400 W เป็นเวลา 2-10 นาที (อุณหภูมิตู้อบไมโครเวฟ 400 W ระยะเวลา 0 นาที = 30 °C, 2 นาที = 32 °C, 4 นาที = 34 °C, 6 นาที = 36 °C, 8 นาที = 37.5 °C และ 10 นาที = 42 °C...38
ผ-1 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกที่ความเข้มข้น 1,000 µg/ml.....47

คำย่อ/สัญลักษณ์

คำย่อ/สัญลักษณ์	คำอธิบาย
ซม.	เซนติเมตร
%	เปอร์เซ็นต์
g	กรัม
ml	มิลลิลิตร
W	วัตต์
µl	ไมโครลิตร
µg/ml	ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร
ND	Not Detected

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เครื่องเทศที่ได้จากส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ราก เหง้า ใบ ดอก ผล เมล็ด หัว ลำต้น ปล้อง และเปลือก เป็นต้น ล้วนมีคุณค่าต่อประสาทสัมผัสโดยเฉพาะ และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้กับกระบวนการย่อยอาหาร สารที่เป็นตัวกำหนดคุณสมบัติดังกล่าวของเครื่องเทศ ได้แก่ น้ำมันหอมระเหย กรดจำเป็น แอลคาลอยด์ เรซิน สารประกอบกำมะถัน และฟลาโวนอยด์ ซึ่งการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในเครื่องเทศอาจเกิดขึ้นในขั้นตอนของกระบวนการผลิต ได้แก่ การเก็บเกี่ยว การแปรรูป ระหว่างการเก็บรักษา การจัดจำหน่าย การขายปลีก และการใช้งานของผู้บริโภค

เครื่องเทศส่วนใหญ่มีการปนเปื้อนจากแบคทีเรียประเภท Enterobacteriaceae สมุนไพรและเครื่องเทศเป็นต้นกำเนิดสำคัญของแบคทีเรียที่สร้างสปอร์เอื้อต่อการแพร่กระจายของเชื้อจุลินทรีย์ ในปี ค.ศ. 1973-2010 ประเทศสหรัฐอเมริกา แคนาดา อังกฤษ ฝรั่งเศส เยอรมนี เดนมาร์ก และนอร์เวย์ พบว่าการบริโภคเครื่องเทศและสมุนไพรที่ได้รับการปนเปื้อน เป็นสาเหตุของการเกิดโรคอาหารเป็นพิษ ต่อมาในปี ค.ศ.1946 มีผู้ป่วยเข้ารับการรักษาโรคดังกล่าวในโรงพยาบาล 128 ราย และเสียชีวิต 2 ราย

การทำแห้ง เป็นวิธีการถนอมอาหารที่มนุษย์คุ้นเคยมาตั้งแต่โบราณ เช่น การตากเมล็ดพันธุ์พืชสำหรับฤดูกาลหน้า ตากเนื้อสัตว์ ผัก และผลไม้ที่เหลือกินไว้เป็นอาหาร เช่น ซึ่งในการทำแห้งจะต้องมีการให้พลังงานกับอาหารทำให้น้ำในอาหารเปลี่ยนสถานะเป็นไอแล้วเคลื่อนย้ายออกจากอาหาร แสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อนจากธรรมชาติและกระแสลมที่พัดผ่านอาหารทำให้เกิด การเคลื่อนย้ายของไอน้ำ ต่อมามีการพัฒนาเครื่องอบที่มีการให้พลังงานความร้อนในปริมาณที่ควบคุมได้ และมีอุปกรณ์ในการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกจากผิวอาหาร การถ่ายเทความร้อนและมวลสารเกิดได้เร็ว อาหารจึงแห้งได้เร็วขึ้นการถ่ายเทความร้อนและมวลสารระหว่างการอบแห้งทำได้หลายวิธี อันได้แก่ การถ่ายเทความร้อนแบบการพาความร้อน การถ่ายเทความร้อนแบบการนำความร้อน การแผ่รังสีร่วมกับการดูดอากาศไอน้ำ ประโยชน์ของการทำแห้ง ได้แก่ ป้องกันการเน่าเสียจากเชื้อจุลินทรีย์ และเก็บไว้ได้นาน

เนื่องจากเครื่องเทศที่ได้รับความนิยมในการบริโภคในปัจจุบัน อาจจะมีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคได้เมื่อกระบวนการผลิตไม่ถูกสุขลักษณะ การศึกษานี้จึงสนใจที่จะศึกษาความ

เหมาะสมของอุปกรณ์อบแห้งต่าง ๆ ได้แก่ การตากแดด การทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนและการทำแห้งด้วยเตาอบไมโครเวฟ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์อบแห้งมีคุณภาพใกล้เคียงเครื่องเทศสดมากที่สุด เพื่อความปลอดภัยและส่งผลดีต่อสุขภาพของผู้บริโภค

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1) ทราบจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในเครื่องเทศอบแห้ง ได้แก่ ขิง ข่า ตะไคร้ และมะกรูด

2) ทราบสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งแต่ละวิธี ได้แก่ การตากแดด การอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน และการอบแห้งด้วยไมโครเวฟ

3) เพื่อเปรียบเทียบปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในเครื่องเทศสดและเครื่องเทศอบแห้ง

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

นำเครื่องเทศแต่ละชนิดได้แก่ ขิง ข่า ตะไคร้ และมะกรูด มาทำแห้งด้วยวิธีต่างๆ คือ ตากแดด อบลมร้อน และโดยการใช้ไมโครเวฟ เพื่อวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อน วิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกด้วย Folin-Ciocaltuau และหาปริมาณน้ำหนักแห้ง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้ผลิตภัณฑ์เครื่องเทศอบแห้งที่สะอาดไม่มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ก่อโรค

2) นำการทำแห้งด้วยวิธีการต่างๆ มาช่วยในเก็บรักษาเครื่องเทศแต่ละชนิดให้มีระยะเวลาการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้น เพื่อให้ใช้บริโภคได้ในเวลาที่เหมาะสม

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ขิง

ขิง (ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Zingiber officinale* Roscoe) เป็นพืชสมุนไพรชนิดหนึ่งที่มีประโยชน์ต่อร่างกายในหลาย ๆ ด้าน อุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุที่มีความสำคัญอย่างมากต่อร่างกายมนุษย์ เช่น วิตามินเอ วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินบี 3 วิตามินซี เบต้าแคโรทีน ธาตุเหล็ก ธาตุแคลเซียม ธาตุฟอสฟอรัส โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และเส้นใยจำนวนมากอีกด้วย ซึ่งประโยชน์ของขิงนั้น สามารถนำมาใช้ได้หลายอย่าง ทั้งราก เหง้า ต้น ใบ ดอก แก่น และผล

รูปที่ 2.1 ลักษณะของเหง้าขิง

ที่มา : https://www.thairath.co.th/content/1177010

2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

เป็นพืชล้มลุก มีเหง้าใต้ดิน (rhizome) ส่วนเหนือดินสูงประมาณ 40-100 ซม. เปลือกนอกสีน้ำตาลแกมเหลือง เนื้อในสีนวลมีกลิ่นหอมเฉพาะ แทงหน่อหรือลำต้นเทียม (pseudostem) ขึ้นเป็นกอ ประกอบ ด้วยกาบหรือโคนก้านใบ (sheathing petiole) หุ้มซ้อนกัน มีลักษณะเป็นใบเดี่ยวออกเรียงกันสลับกันเป็นสองแถว ใบรูปหอกเกลี้ยงๆ กว้าง 1.5-2 ซม. ยาว 12-20 ซม. ปลายใบสอบเรียวแหลมโคนใบสอบแคบและเป็นกาบหุ้มลำต้นเทียม ตรงช่วงระหว่างกาบกับตัวใบจะหักโค้งเป็นข้อศอก ดอก ช่อสีขาว แทงขึ้นมาจากเหง้า (scapose) ชูก้านช่อดอกยาวประมาณ 15-25 ซม. ดอกย่อยมีกลีบรองดอกสีเขียวปนแดงรูปโค้งๆ ห่อรองรับกลีบจะปิดแน่นเมื่อดอกยังอ่อน เมื่อบานขยายอ้าให้เห็นดอก กลีบดอกสีเหลืองเขียว ปลายกลีบสีม่วงแดง และกลีบรองกลีบดอกอย่างละ 3 กลีบ อุ้มน้ำ และหลุดร่วงง่าย โคนกลีบดอกม้วนห่อ ส่วนปลายกลีบผายกว้างออก เกสรตัวผู้มี 6 อัน

เกสรตัวผู้ที่ฝ่อ (sterile) มีสีม่วงแดงจุดเหลือง ลักษณะคล้ายลิ้น ปลายกลีบกลมมนสั้นกว่ากลีบดอก เกสรตัวเมีย 1 รังไข่ 3 ช่อง (locule) ผล มี 3 พู กลม แข็ง ใหญ่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 ซม. มีหลายเมล็ดสีดำ

2.1.2 สรรพคุณ

ขิงมีสารอาหารที่มีคุณค่าต่อร่างกาย คือ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต แคลเซียม วิตามินเอและอีกมากมาย ขิงมีฤทธิ์อุ่น ช่วยขับเหงื่อ ไล่ความเย็น ขับลม แก้ท้องอืด ท้องเฟ้อ ช่วยให้เจริญอาหาร และทำให้ร่างกายอบอุ่น ในทางยานิยมใช้ขิงแก่ เพราะขิงยิ่งแก่จะยิ่งเผ็ดร้อนและมีใยอาหารมาก นำเหง้าสดย่างไฟให้สุก ตำผสมกับน้ำปูนใสคั้นเอาแต่น้ำดื่ม หรือนำเหง้าสดหมกไฟรับประทานเมื่อมีอาการเบื่ออาหาร

2.1.2 สารเคมีและสารอาหารที่สำคัญ

เหง้าขิง มีน้ำมันหอมระเหยอยู่ประมาณ 1-3 % ขึ้นอยู่กับวิธีปลูกและช่วงการเก็บรักษา ซึ่งในน้ำมันมีสารที่สำคัญคือ ซิงจิเบอรีน (Zingiberene) ซิงจิเบอรอล (Zingiberol) ไบซาโบลี (bisabolene) และแคมฟีน (camphene) มีน้ำมัน (oleo - resin) ในปริมาณสูง เป็นส่วนที่ทำให้ขิงมีกลิ่นฉุน และมีรสเผ็ด ส่วนประกอบสำคัญ ในน้ำมันขัน ได้แก่ จินเจอรอล (gingerol) โวกาออล (shogaol) ซิงเจอโรน (zingerine) มีคุณสมบัติเป็นยากัดบูดหืน ใช้ใส่ในน้ำมัน เพื่อป้องกันการบูดหืน สารที่ทำให้ขิงมีคุณสมบัติดังกล่าวคือ สารจำพวกฟีนนอลิก

2.1.3 คุณค่าทางโภชนาการ

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของขิง (100 กรัม)

ขิง	100 กรัม (มีพลังงาน 25 กิโลแคลอรี่)
โปรตีน	0.4 กรัม
คาร์โบไฮเดรท	4.4 กรัม
ไขมัน	0.6 กรัม
เส้นใยอาหาร	0.8 กรัม
ธาตุเหล็ก	1.2 มิลลิกรัม
แคลเซียม	18 มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	22 มิลลิกรัม
เบต้า-คาโรทีน	10 ไมโครกรัม

วิตามินซี	1 มิลลิกรัม
ไธอะมีน	0.02 มิลลิกรัม
ไนอะซีน	1 มิลลิกรัม
ไลโบฟลาวิน	0.02 มิลลิกรัม

2.2 ข่า

ข่า (ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Alpinia galanga* (L.) Willd.) เป็นพืชสมุนไพรที่นำมาใช้ในการประกอบอาหารในประเทศไทยและประเทศอินโดนีเซีย ซึ่งข่าเจริญเติบโตได้ง่าย มีการนำมาใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย ทั้งในด้านอาหาร สมุนไพร เครื่องเทศ และความงาม เนื่องจากประกอบด้วยสารสำคัญหลายชนิดที่ช่วยบำรุงร่างกาย รักษาโรค และสารต้านอนุมูลอิสระ

รูปที่ 2.2 ลักษณะของเหง้าข่า

ที่มา : http://www.momtanaddak.com/galangal

2.2.1 ลักษณะทางพฤษศาสตร์

ข่าเป็นไม้ล้มลุก สูง 1.5-2 เมตรอยู่เหนือพื้นดิน เหง้ามีข้อและปล้องชัดเจน เนื้อในสีเหลืองและมีกลิ่นหอมเฉพาะ ใบเดี่ยวเรียงสลับ รูปใบหอก รูปวงรีหรือเกือบขอบขนาน กว้าง 7-9 ซม. ยาว 20-40 ซม. ดอก ช่อ ออกที่ยอด ดอกย่อยขนาดเล็ก กลีบดอกสีขาว โคนติดกันเป็นหลอดสั้นๆ ปลายแยกเป็น 3 กลีบ กลีบใหญ่ที่สุดมีริ้วสีแดง ใบประดับรูปไข่ ผล เป็นผลแห้งแตกได้ ทรงกลม

2.2.2 สรรพคุณ

สำหรับการใช้ ประโยชน์ข่า ด้านการรักษาโรค และใช้ทำสมุนไพร นั้น นิยมใช้ใบสามารถนำมาช่วยฆ่าพยาธิ ช่วยรักษากลากเกลื้อน เหง้าสามารถนำมาช่วยบำรุงร่างกาย ช่วยป้องกันมะเร็ง ช่วยช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด ช่วยรักษาโรคหลอดลมอักเสบ ช่วยขับเสมหะ ช่วยแก้อาการคลื่นไส้อาเจียน แก้ท้องอืดท้องเฟ้อ ช่วยขับลมในลำไส้ ช่วยแก้บิด แก้อาหารเป็นพิษ ช่วยย่อยอาหาร

เป็นยาระบายอ่อน ๆ ช่วยยับยั้งแผลในกระเพาะอาหาร ช่วยลดการบีบตัวของลำไส้ ช่วยขับน้ำดี ช่วยขับเลือด ขับน้ำคาวปลา เป็นยารักษาแผลสด ช่วยลดอาการอักเสบ ช่วยแก้พิษจากแมลงสัตว์กัดต่อย ใช้รักษาโรคผิวหนัง ช่วยฆ่าเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา ช่วยรักษากลากเกลื้อน ช่วยแก้โรคน้ำกัด ช่วยแก้ฟกช้ำ ช่วยแก้เหน็บชา ช่วยบรรเทาอาการปวดเมื่อยตามกล้ามเนื้อ ช่วยบำรุงสมรรถภาพทางเพศ ช่วยไล่แมลง ใบ สามารถนำมาช่วยฆ่าพยาธิ ช่วยรักษากลากเกลื้อน รากสามารถนำมาช่วยให้ระบบไหลเวียนของเลือดปรกติ ช่วยขับเสมหะ ดอกสามารถนำมาช่วยแก้อาการท้องเสีย ช่วยแก้ฝีดาษ ผลสามารถนำมารักษาอาการปวดฟัน ช่วยรักษาโรคท้องร่วง ช่วยย่อยอาหาร และหน่อสามารถนำมาช่วยบำรุงธาตุไฟ ช่วยแก้ลมแน่นหน้าอก เรียกได้ว่าทุกส่วนของข่าสามารถใช้ประโยชน์ได้ทั้งหมด รายละเอียด

2.2.3 สารเคมีและสารอาหารที่สำคัญ

น้ำมันหอมระเหย (Essential oils) ประกอบด้วยสาระสำคัญส่วนใหญ่กว่า 70% เป็นสารประกอบ Terpene alcohols, Ketones, Esters, Aldehydes และสารอนุพันธ์ Phenylpropane ในเหง้าข่าแก่มีน้ำมันหอมระเหยประมาณ 0.2-1.5% ของน้ำหนักแห้ง ส่วนในเหง้าสดมีประมาณ 0.1% โดยพบสาร 1´-Acetoxychavicolacetate (ACA) ในปริมาณมาก 76.5% สารเคมีที่พบรองลงมา คือ p-Coumaryl diacetate 8.0%, กรด Palmitic 3.2% และ 1´-Acetoxyeugenol acetate (AEA) 3.1% สารออกฤทธิ์ที่พบมากสุดในน้ำมันหอมระเหยในเหง้า คือ 1,8-Cineole 64.2% รองลงมา คือ Limonene 3.7%

สารให้กลิ่นฉุน และรสเผ็ดร้อน โดยทั่วไปเป็นองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหย ประกอบด้วยสารประกอบ O-methoxyphenols และPropylphenols เช่น Gingerols, Galangol และ Eugenol สารที่ให้กลิ่นข่าจะมีลักษณะเป็นผลึกสีเหลือง ไม่มีรส ประกอบด้วยสาร 3 ชนิด ได้แก่ Kaempferid (C16H12O6) (อนุพันธุ์ของ Flavonol) สามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับกรดไนตริก ได้กรด Anisic, Oxalic Galangin (C15H10O5) เป็นสารตั้งต้นของกรด Benzoic และ Oxalic **และ** Alpinin (C17H12O6)

2.2.4 คุณค่าทางโภชนาการ

ตารางที่ 2.2 คุณค่าทางโภชนาการของข่า (100 กรัม)

ข่า	100 กรัม (มีพลังงาน 20 กิโลแคลอรี่)
กากใยอาหาร	1.1 กรัม
แคลเซียม	5 มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	27 มิลลิกรัม

ธาตุเหล็ก	0.1 มิลลิกรัม
วิตามินบี 1	0.13 มิลลิกรัม
วิตามินบี 2	0.15 กรัม
วิตามินซี	23 มิลลิกรัม

2.3 ตะไคร้

ตะไคร้ (ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Cymbopogon citratus*) เป็นไม้ล้มลุกวงศ์เดียวกันกับหญ้า มีอายุมากกว่า 1 ปี ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม มีถิ่นกำเนิดในประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น พม่า ไทย ลาว มาเลเซีย อินโดนีเซีย เป็นต้น

รูปที่ 2.3 ลักษณะของลำต้นตะไคร้

ที่มา : https://health.kapook.com/view101762.html

2.3.1 ลักษณะทางพฤษศาสตร์

ตะไคร้เป็นพืชล้มลุกมีอายุหลายปี สูง 0.75-1.2 เมตร เหง้าใต้ดินมีกลิ่นเฉพาะ ข้อและปล้องสั้นมาก แตกเป็นกอ กาบใบสีขาวนวลอมม่วงยาวและหนาหุ้มข้อและปล้องไว้ ใบเป็นใบเดี่ยว ยาว เรียวปลายแหลม แผ่นใบสาก ดอกเป็นช่อยาว มีดอกเล็ก จำนวนมาก ผลมีขนาดเล็ก ปลูกง่าย และเจริญในดินทุกชนิด ดอกเป็นช่อยาว มีดอกเล็กจำนวนมาก ผลมีขนาดเล็ก ปลูกง่ายและเจริญในดินทุกชนิด

2.3.2 สรรพคุณ

ฤทธิ์ลดการบีบตัวของลำไส้ น้ำมันหอมระเหยของตะไคร้ออกฤทธิ์ลดอาการแน่นจุกเสียดด้วยการลดการบีบตัวของลำไส้ โดยมีสารสำคัญที่ออกฤทธิ์ ได้แก่ Cineole และ Linalool

ฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรียสาเหตุอาการของอาการท้องเสีย สารเคมีในน้ำมันหอมระเหยของตะไคร้มีสารออกฤทธิ์ ได้แก่ Citral, Citronellol, Geraneol และ Cineole ที่สามารถออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรียที่สำคัญของอาการท้องเสีย คือแบคทีเรีย *E. coli*

ฤทธิ์ขับน้ำดี น้ำมันหอมระเหยของตะไคร้สามารถออกฤทธิ์กระตุ้นการขับน้ำดีของตับอ่อน โดยมีสารสำคัญที่ออกฤทธิ์ ได้แก่ Borneol, Fenchone และ Cineole

ฤทธิ์ขับลม สาร Menthol, Camphor และ Linalool สามารถออกฤทธิ์กระตุ้นการขับลมในร่างกายได้

2.3.3 สารเคมีและสารอาหารที่สำคัญ

ส่วนของลำต้นและใบ มีน้ำมันหอมระเหยที่ประกอบด้วยสารหลายชนิด ได้แก่ Citral (พบมากที่สุด 75-90%),Trans-isocitral, Limonene, Eugenol, Linalool, Geraniol, Myrcene, Caryophyllene oxide, Geranyl acetate, 6-Methyl 5-hepten-2-one, 4-Nonanone, Methyl heptennone, Citronellol และCamphor

2.3.4 คุณค่าทางโภชนาการ

ตารางที่ 2.3 คุณค่าทางโภชนาการของตะไคร้ (100 กรัม)

ตะไคร้	100 กรัม (มีพลังงาน 126 กิโลแคลอรี่)
โปรตีน	1.2 กรัม
คาร์โบไฮเดรต	25.5 กรัม
ไขมัน	2.1 กรัม
กากใยอาหาร	4.2 กรัม
วิตามินเอ	427 มิลลิกรัม
วิตามินซี	1 มิลลิกรัม
ธาตุเหล็ก	2.6 มิลลิกรัม
แคลเซียม	35 มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	30 มิลลิกรัม
ไนอะซีน	2.2 มิลลิกรัม
ไธอะมีน	0.05 มิลลิกรัม

2.4 มะกรูด

มะกรูด (ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Citrus hystrix* DC.) เป็นพืชตระกูลส้ม และมะนาว (Citrus family) ที่เป็นพืชพื้นเมืองในแถบประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยจัดเป็นไม้ผล และพืชผักสมุนไพรที่นิยมปลูกไว้ตามบ้าน และสวน เพื่อใช้สำหรับประกอบอาหาร เนื่องจาก ใบ และผล มีน้ำมันหอมระเหยที่ให้กลิ่นหอมช่วยในการดับกลิ่นคาว และเพิ่มรสให้แก่อาหารได้เป็นอย่างดี รวมถึงมีองค์ประกอบของสารสำคัญหลายชนิดที่มีคุณสมบัติทางยา และคุณสมบัติทางด้านความสวยความงาม

รูปที่ 2.4 ใบมะกรูด

ที่มา : https://th.pngtree.com/freepng/green-lemon-leaf-picture material_2963801.html

2.4.1 ลักษณะทางพฤษศาสตร์

เป็นไม้ยืนต้น ขนาดเล็ก ลำต้นเป็นเนื้อแข็งผิวเปลือกลำต้นเรียบลำต้นและกิ่งก้านมีหนามแหลม ใบมีสีเขียวหนา มีลักษณะเหมือนแบ่งออกเป็น 2 ตอน ส่วนบนเป็นแผ่นใบจะมีขนาดใหญ่กว่า ส่วนล่างเป็น ส่วนของก้านใบที่แผ่ขยายออกเป็นแผ่นใบที่เรียกว่า วิง เส้นก้านใบนูน การออกดอก เป็นดอกเดียวหรืออาจออกเป็นช่อ ช่อมักจะออก 2 กลุ่มๆ ละ 3 ดอก ดอกพร้อมแตกยอดอ่อน กลีบดอก 4 กลีบ สีขาว กลีบเลี้ยง 4 กลีบมีกลิ่นหอม ผลสดเป็นผล เดียวหรือติดเป็นพวง ผลอ่อนมีสีเขียว เมื่อแก่จะมีสีเขียวอมเหลืองผิวของผลขรุขระเป็นปุ่มปมทั้งลูกตรงขั้วผลมีจุก สูง น้ำในผลมีรสเปรี้ยว มีต่อมน้ำมันทั้งผิวผล และเมล็ดมีลักษณะแบน

2.4.2 สรรพคุณ

ผลมะกรูดใช้หรับประทานสดเพื่อบรรเทาอาการปวดหัว ขับพยาธ บำรุงกำลัง กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ ช่วยฟอกเลือด และบำรุงเลือด ขับระดู ขับลม แก้จุกเสียดแน่นท้อง แก้

ท้องอืด ท้องเฟ้อ อาหารไม่ย่อย แก้ไอ ขับเสมหะ ใบมะกรูดช่วยขับลม แก้หน้ามืด ตาลาย และคลื่นเหียน อาเจียนราก และลำต้นมะกรูด สามารถแก้ลมจุกเสียดและบำรุงโลหิต

2.4.3 สารเคมีและสารอาหารที่สำคัญ

น้ำมันหอมระเหย มะกรูดมีน้ำมันหอมระเหยที่ประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ สารในกลุ่มเทอร์พีน (terpenes) และสารที่ไม่ใช่กลุ่มเทอร์พีน (non-terpene) หรือ oxygenated compounds

สารเทอร์พีนเป็นสารพวก unsaturated hydrocarbons ซึ่งเป็นสารที่ไม่อิ่มตัว สามารถเกิดปฏิกิริยา photochemical และปฏิกิริยา oxidation ได้ง่าย ทำให้น้ำมันหอมระเหยเสื่อมลงอย่างช้า ๆ

โมโนเทอร์พีน (monoterpene, C10) เป็นเทอร์พีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำที่สุด แบ่งเป็นกลุ่มย่อย 3 กลุ่ม คือ acyclic, monocyclic และ bicyclic เช่น ocimene, di-limonene และ camphene ตามลำดับ

เซสควิเทอร์พีน (sesquiterpenes, C15) เป็นองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยที่มีจุดเดือดสูง เป็นสารประกอบไม่อิ่มตัวประเภท acyclic หรือ cyclic เช่น farnesol และ d-bisabolene ตามลำดับ ส่วน non-terpenes เป็นส่วนเฉพาะที่ทำให้เกิดกลิ่นเฉพาะตัวของน้ำมันหอมระเหย ได้แก่ สารประกอบแอลกอฮอล์ แอลดีไฮด์ คีโตน อีเธอร์ กรดคาร์บอกซิลิก และเอสเทอร์

2.4.4 คุณค่าทางโภชนาการ

ตารางที่ 2.4 คุณค่าทางโภชนาการของน้ำมะกรูด (100 กรัม)

น้ำมะกรูด	100 กรัม
คาร์โบไฮเดรต	10.8 กรัม
โปรตีน	0.6 กรัม
ไขมัน	0 กรัม
ใยอาหาร	0 กรัม
แคลเซียม	20 มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	20 มิลลิกรัม
เหล็ก	0.6 มิลลิกรัม
วิตามินบี 1	0.02 มิลลิกรัม

วิตามินบี 2	58 มิลลิกรัม
วิตามินซี	55 มิลลิกรัม

2.5 การแปรรูป

2.5.1 การตากแห้ง

การตากแห้ง เป็นวิธีที่ง่ายและประหยัดมากที่สุด สามารถทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งโดยใช้พลังงานความร้อนจากแสงแดด แต่มีความเสี่ยงต่อความเสียหายที่จะเกิดขึ้นจากการแปรปรวนของสภาพอากาศและยากต่อการควบคุมให้มีความสะอาดถูกสุขลักษณะ ใช้ได้กับอาหารประเภทเนื้อสัตว์ ผัก และผลไม้ วิธีการคือนำผลไม้ที่ผ่านกระบวนการเตรียมวัตถุดิบใส่ถาด ตากแดดจนแห้ง แต่ต้องมีการกลับเป็นระยะ ๆ เพื่อให้แห้งอย่างสม่ำเสมอ ใช้เวลาทั้งหมดประมาณ 3-4 วัน ขึ้นกับชนิดของผลไม้ ขนาดชิ้น และอุณหภูมิ เป็นวิธีที่ทำให้อาหารหมดความชื้นหรือมีความชื้นอยู่เพียงเล็กน้อย เพื่อไม่ให้จุลินทรีย์สามารถเกาะอาศัยและเจริญเติบโตได้ โดยการนำน้ำหรือความชื้นออกจากอาหารให้มากที่สุด ก่อนตากแห้งต้องล้างให้สะอาด เพื่อให้หยุดยั้งปฏิกิริยาเคมี (ชมภู่, 2550) ข้อเสียของวิธีการนี้ที่เห็นได้ชัดเจนคือ เป็นการอบแห้งอย่างช้าๆ ไม่สามารถทำให้ความชื้นลดลงเกินกว่า 15-20 % จึงมีอายุการเก็บรักษาสั้น

2.5.2 การอบแห้งแบบตู้อบลมร้อน

เป็นหนึ่งในวิธีการดั้งเดิมที่ใช้ใน การถนอมรักษาอาหารให้สามารถเก็บรักษาได้ยาวนาน โดยการเอาน้ำออกจากวัสดุที่ต้องการทำให้ปริมาณน้ำในวัสดุนั้นลดลง (ความชื้นลดลง) ให้อยู่ในระดับที่เชื้อจุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้ การอบแห้งโดยทั่วไปจะอาศัยพลังงานความร้อนในการระเหยน้ำออกไปเป็นไอน้ำ ส่วนใหญ่วัสดุนั้นจะอยู่ในสถานะของแข็ง น้ำที่ระเหยออกจากวัสดุนั้นอาจจะไม่ต้องระเหยที่จุดเดือดแต่ใช้อากาศพัดผ่านวัสดุนั้นเพื่อดึงน้ำออกมา วัสดุจะแห้งได้มาก-น้อยจะขึ้นอยู่กับธรรมชาติของมันด้วย ในการอบเมื่อทำให้ของเหลวในวัตถุดิบระเหยเป็นไอ จะได้ผลิตภัณฑ์ของแข็งที่มีสัดส่วนของของเหลวต่ำลง

2.5.3 การอบแห้งแบบไมโครเวฟ

เป็นเครื่องทำแห้งที่ใช้เพื่อการทำแห้ง โดยใช้คลื่นไมโครเวฟ ทำงานโดยอาศัยหลักการให้ความร้อนแบบไดอิเล็กทริกโดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ช่วงคลื่นไมโครเวฟซึ่งจะถูกส่งผ่านไปยังอาหาร ซึ่งเป็นวัสดุไดอิเล็กทริก กล่าวคือ เป็นวัสดุที่มีขั้ว ไม่นำไฟฟ้า หรือ มีสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้า โมเลกุลของน้ำที่อยู่ในอาหาร เป็นโมเลกุลที่มีทั้งขั้วบวกและขั้วลบในโมเลกุลเดียวกัน เมื่อได้รับคลื่นไมโครเวฟจะเกิดการหมุนตัว เสียดสีกัน เกิดความร้อน ทำให้อุณหภูมิของอาหารสูงขึ้น ส่งผลให้น้ำระเหย และความชื้นในอาหารลดลงอย่างรวดเร็ว การทำแห้งด้วยไมโครเวฟ แตกต่างจากการทำแห้งด้วยลมร้อน

เนื่องจากความร้อนจากไมโครเวฟ เกิดขึ้นภายในชิ้นของอาหาร มีการกระจายตัวสม่ำเสมอ ส่วนการทำแห้งด้วยลมร้อน เป็นการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในชิ้นอาหาร

2.6 การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในอาหาร

อาหารแต่ละชนิดไม่ว่าจะเป็นอาหารสด อาหารแห้ง อาหารปรุงสำเร็จ อาหารกระป๋อง ฯลฯ มักจะมีจุลินทรีย์หลายชนิดปะปนอยู่ทั้งที่มนุษย์ใช้ในการถนอมอาหารหรือแปรรูปอาหาร อาหารเกิดการปนเปื้อนได้ง่ายจากจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ดิน น้ำ อากาศ ซึ่งการปนเปื้อนนั้นมีสาเหตุมาจาก

ดิน เป็นแหล่งของจุลินทรีย์หลายชนิด ปริมาณของจุลินทรีย์แตกต่างกันขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ความชื้นในดิน ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ชนิดและปริมาณของสารอาหาร ในดิน อุณหภูมิ จุลินทรีย์ส่วนใหญ่ที่พบมากคือ แบคทีเรียที่สร้างสปอร์ได้แก่ เช่น *Bacillus* และ *Clostridium* นอกจากนี้ยังพบแบคทีเรีย *Enterobacter*, *Enterococcus*, *Pseudomonas*, *Proteus*, *Micrococcus* เป็นต้น ส่วนราพบมากที่บริเวณผิวดิน ตัวอย่างเช่น *Aspergillus*, *Fusarium* และ *Penicillium* เป็นต้น และด้วยสาเหตุอื่น จุลินทรีย์ที่มักพบในอาหาร ได้แก่

2.6.1 แบคทีเรีย

เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวที่มีวิวัฒนาการต่ำสุด จัดอยู่ในอาณาจักรมอเนอรา การดำรงชีพมีทั้งที่เป็นผู้ผลิต ผู้ย่อยสลายและปรสิต สืบพันธุ์ด้วยการแบ่งตัว พบได้ทั่วไปในน้ำ ในดิน ในอากาศ ร่างกายสิ่งมีชีวิตอื่น นิยมแบ่งชนิดแบคทีเรียตามลักษณะของรูปร่าง แบ่งได้ 3 ชนิด คือ

คอคคัส (Coccus) มีรูปร่างกลม เช่น *Staphylococcus aureus* เป็นแบคทีเรียที่ทำให้อาหารจำพวกเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากสัตว์ เช่น เนย เนยแข็ง เกิดพิษมากกว่าแบคทีเรียชนิดอื่น ยังทำให้เกิดแผลหนอง ฝี *Streptococcus lactis* ใช้เป็นหัวเชื้อสำหรับทำเนยแข็ง เนยเหลว *Streptococcus pneumonia* ทำให้เกิดโรคปอดบวมในคน

บาซิลลัส (Bacillus) มีรูปร่างแบบทรงกระบอก หรือท่อน เช่น *Pseudomonas syringae* ทำให้เกิดโรคใบจุด ใบเป็นริ้ว ในพืช *Rhizobium* ในปมรากพืชตระกูลถั่ว ช่วยตรึงก๊าซไนโตรเจน แล้วเปลี่ยนเป็นเป็นสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในที่สุด *Acetobacter* ใช้ในอุตสาหกรรมทำไวน์ฟ้าส้มสายชู *Lactobacillus* ใช้ทำนมเปรี้ยว *Escherichia coli* ทำให้กระเพาะและล้าไส้อักเสบในคนและสัตว์เลือดอุ่น *Salmonella* ทุกชนิดพันธุ์ทำให้เกิดโรคในคน เช่น ไทฟอยด์ กระเพาะและลำไส้อักเสบ โลหิตเป็นพิษ *Vibrio cholera* ทำให้เกิดอหิวาตกโรคในคน ฯลฯ

สไปริลลัม (Spirillum) รูปร่างเป็นเกลียว เช่น *Leptospira interogans* ทำให้เกิดโรคฉี่หนู หรือเลปโตสไปโรซิส ในคนและสัตว์ *Borrelia burgdorferi* ทำให้เกิดโรคซิฟิลิส (โรคติดต่อทางเพศสัมพันธ์ชนิดหนึ่ง) *Azospirillum lipoferum* ช่วยตรึงก๊าซไนโตรเจนในรากหญ้าข้าวสาลี และข้าวโพด

2.6.2 รา

จัดอยู่ในอาณาจักรฟังไจ บางชนิดมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า บางชนิดมองเห็น ด้วยตาเปล่า มีทั้งที่เป็นเซลล์เดียวหรือหลายเซลล์เรียงต่อกันเป็นเส้นใยยาว มีสีดำ สีเขียว สีส้ม ฯลฯ ราบางชนิดทำให้เกิดโรคในคน พืชและสัตว์ เช่น โรคผิวหนัง ทำให้อาหารเน่าเสีย โดยเชื้อราที่พบในอาหารคือจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในพืชและสัตว์ มีลักษณะเป็นขุยฟุ้ง ๆ คล้ายขนสัตว์ที่เราสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า มักมีสีเทา สีขาว สีฟ้า สีเขียว สีน้ำตาล หรือสีดำ เชื้อราส่วนมากเป็นต้นเหตุของโรคภูมิแพ้และโรคอื่นๆที่เกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ แต่บางชนิดก็ไม่ได้ก่อให้เกิดโทษแต่อย่างใด เชื้อราเหล่านี้เจริญเติบโตได้ทั้งที่บริเวณชั้นผิวภายนอกและภายในของอาหาร อีกทั้งยังสามารถแพร่กระจายไปยังอาหารอื่นๆที่อยู่ใกล้เคียงได้อย่างรวดเร็วมาก

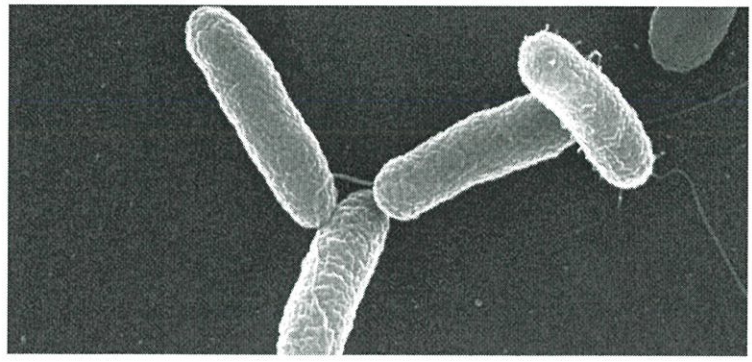
2.7 เชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค

การปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในผัก สามารถปนเปื้อนได้ตั้งแต่กระบวนการผลิตขั้นต้นคือในแปลงเพาะปลูก ขั้นตอนการเพาะปลูกหรือการผลิต ซึ่งอาจปนเปื้อนจาก ดินหรือพื้นที่การเพาะ ปุ๋ยคอก น้ำที่ใช้ในการเพาะปลูก และการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว (Tauxe, 1997) ในการปฏิบัติของเกษตรกรไทยโดยทั่วไปอาจมีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์โดยไม่รู้ตัว ซึ่งอาจเกิดขึ้นจากดินที่ปนเปื้อนมูลสัตว์ น้ำชลประทานที่ไม่ได้รับการบำบัด (ชัยณรงค์ และชุตินธร, 2553) และปุ๋ยคอกซึ่งเป็นแหล่งที่มาของการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ (Martin, 2005) นอกจากปัจจัยการผลิตที่จะทำให้เสี่ยงต่อการปนเปื้อนของเชื้อก่อโรคแล้ว ชนิดของผักมีผลต่อชนิดและจำนวนของเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนต่างกัน เช่น พืชหัวซึ่งมีลำต้นและรากใต้ดิน หรือพืชผักที่สัมผัสกับผิวดินหรือผักที่มีลักษณะใบมีช่องหยักมีโอกาสปนเปื้อนของเชื้อได้มากกว่า (นภาพร, 2546)

2.7.1 *Salmonella*

เป็นแบคทีเรียแกรมลบรูปท่อนไม่สร้างสปอร์ที่เป็นสาเหตุของอาหารเป็นพิษที่พบได้บ่อยที่สุด และจำนวนแบคทีเรียชนิดนี้ในอาหารเพียงเล็กน้อยทำให้เกิดอาการเจ็บป่วยได้ สามารถเติบโตได้ที่อุณหภูมิในขอบเขตระหว่าง 8-45 องศาเซลเซียส ในอาหารที่มีความเป็นกรด-ด่างระหว่าง 4-9 อาหารที่มาจากสัตว์เช่นเนื้อสัตว์ดิบ/ปรุงไม่สุก หรือซากเป็ดไก่ ไข่ดิบ ผลิตภัณฑ์ที่มีไข่ดิบ นมดิบ

หรือนมที่ไม่ได้ผ่านการฆ่าเชื้อ และผลิตภัณฑ์จากนมเช่น เนย ไอศกรีม เนยแข็งและผักบางชนิด สามารถนำเชื้อก่อโรค *Salmonella* จากสัตว์มาสู่คนได้ การใช้น้ำที่สกปรกทางการเกษตรหรือใช้ล้างอาหารสดทำให้เกิดการปนเปื้อนได้เช่นกัน



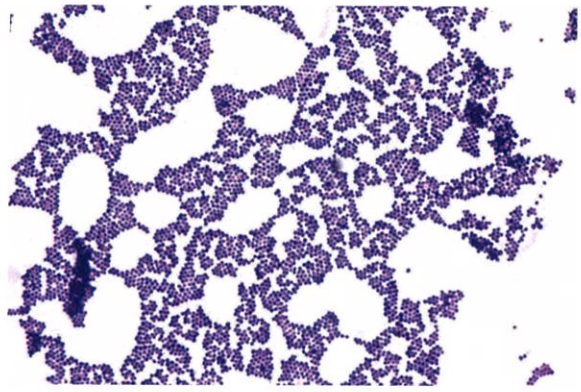
รูปที่ 2.5 ลักษณะของแบคทีเรีย *Salmonella typhimurium*

ที่มา : https://www.isglobal.org/en/-/en-salmonella-typhimurium-la-adquisicion-de-resistencia-a-antibioticos-esta-asociada-a-mutaciones-en-un-gen-regulador

อาการของอาหารเป็นพิษที่เกิดจาก *Salmonella* เป็นเช่นเดียวกับจุลินทรีย์ที่มาจากระบบทางเดินอาหารอื่นๆ เกี่ยวข้องกับอาการถ่ายเป็นน้ำ อาเจียน ปวดท้องและมีไข้ เฉพาะโดยการทดสอบจุลินทรีย์ในอุจจาระของคนจึงจะจำแนกเชื้อที่ก่อโรคได้ ทำให้เกิดไข้ไทฟอยด์ การติดเชื้อ Salmonella สามารถส่งผ่านระหว่างคน และระหว่างคนกับสัตว์ได้

2.7.2 *Staphylococcus aureus*

เป็นแบคทีเรียชนิด facultative anaerobic แกรมบวก รูปกลม เป็นส่วนหนึ่งของจุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อในผิวหนังและโพรงจมูก เป็นแบคทีเรียก่อโรคชนิดหนึ่ง เมื่อ *S. aureus* ปนเปื้อนลงไปในอาหาร จะสร้างสารพิษที่เรียกว่าเอนเทอโรทอกซินขึ้น ซึ่งแบ่งออกเป็น 8 ชนิด ได้แก่ ชนิด A, B, C1, C2, C3, D, E และ H สารพิษนี้ทนต่อความร้อนได้ดีมาก ทำให้ผู้บริโภคเกิดอาหารเป็นพิษหลังจากรับประทานอาหารที่มีแบคทีเรียปนเปื้อนเข้าไปประมาณ 1-6 ชั่วโมง อาการของโรคอาหารเป็นพิษที่เกิดจาก *S. aureus* คือ คลื่นไส้ อาเจียน ท้องร่วง ปวดท้องจากสารพิษ อาการมักเกิดขึ้นอย่างเฉียบพลัน ส่วนมากไม่มีไข้ ในรายรุนแรงอาจช็อกได้



รูปที่ 2.6 ลักษณะของแบคทีเรีย *Staphylococcus Aureus*

ที่มา : https://www.pinterest.com/pin/284923113902996739/

2.7.3 *Escherichia coli*

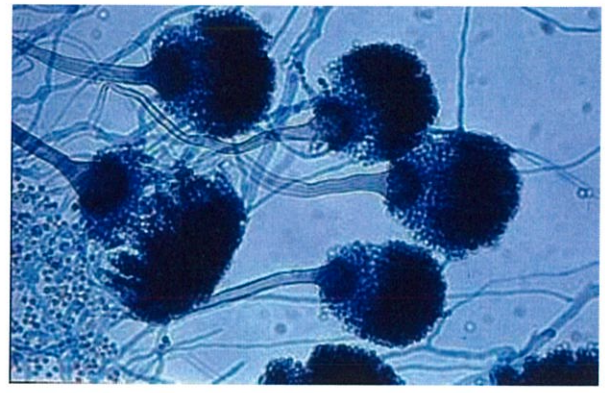
เป็นแบคทีเรียแกรมลบ รูปร่างเป็นแท่ง ไม่สร้างสปอร์เป็น facultative anaerobe เจริญได้ทั้งที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน อยู่ในวงศ์ Enterobacteriaceae และเป็นแบคทีเรียที่จัดอยู่ในกลุ่มโคลิฟอร์ม ประเภท fecal colilorm ซึ่งเป็นโคลิฟอร์มที่พบในอุจจาระของมนุษย์และสัตว์เลือดอุ่น จึงใช้เป็นดัชนีบ่งชี้สุขลักษณะของอาหารและน้ำ มีอยู่ตามธรรมชาติในลำไส้ใหญ่ของสัตว์และมนุษย์ แบคทีเรียชนิดนี้ทำให้เกิดอาการท้องเสียบ่อยที่สุด ทั้งในเด็กและผู้ใหญ่ ทำให้ถ่ายอุจจาระเหลว หรือเป็นน้ำ แต่อาการมักไม่รุนแรง เพราะทั้งเด็ก และผู้ใหญ่มักมีภูมิต้านทานอยู่บ้างแล้ว เนื่องจาก ได้รับเชื้อนี้เข้าไปทีละน้อยอยู่เรื่อยๆ เชื้อนี้มักปนเปื้อนมากับอาหาร น้ำ หรือ มือของผู้ประกอบอาหาร ปกติเชื้อเหล่านี้อาจพบในอุจจาระได้อยู่แล้วแม้จะไม่มีอาการอะไร

รูปที่ 2.7 6 ลักษณะของแบคทีเรีย *Escherichia coli*

ที่มา : https://i1.wp.com/foodconsulting.co.za/wp-content/uploads/2017/10/Escherichia-coli-gram-negative.jpg?ssl=1

2.7.4 *Aspergillus*

Aspergillus คือชื่อ วงศ์ของเชื้อรา มี สายพันธุ์มากว่า 100 สายพันธุ์ พบทั่วไปในใน สิ่งแวดล้อม เป็นสาเหตุให้อาหารเสื่อมเสียได้ทั้งเนื้อสัตว์ น้ำนม ผักผลไม้ เพราะสามารถผลิตเอนไซม์ ได้หลายชนิด เช่น เอนไซม์โปรตีเอส ย่อยโมเลกุลของโปรตีนให้เป็นกรดแอมิโน เอนไซม์เพกทิเนส ย่อยสลายเพกทิน ซึ่งเป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์พืช และ บางสายพันธุ์ยังสร้างสารพิษ (mycotoxin) เช่น aflatoxin ochratoxin ซึ่งเป็นอันตรายในอาหาร

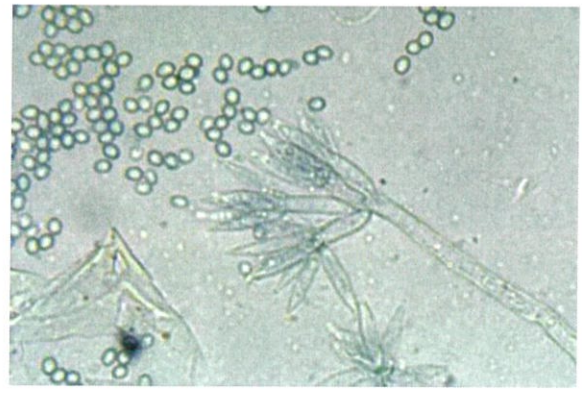


รูปที่ 2.8 6 ลักษณะของรา *Aspergillus fumigatus*

ที่มา : http://bioweb.uwlax.edu/bio203/s2008/miller_melo/

2.7.5 *Penicillium*

Penicillium เป็นชื่อวงศ์ของเชื้อรา ชนิดหนึ่ง ซึ่งอยู่ในอาณาจักรฟังไจ เป็นราที่พบได้ทั่วไปทุกหนทุกแห่ง มีชื่อเรียกกันว่า green mold และ blue mold ตามสีสปอร์ของรา สปอร์แบบไม่อาศัยเพศ ของ *Penicillum* เป็นแบบ codinia ความสำคัญในอาหาร เชื้อรา *Penicillium* เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียของอาหารหลายชนิด เช่น ผลไม้ อาหารกึ่งแห้ง



รูปที่ 2.9 6 ลักษณะของรา *Penicillium funiculosum*

ที่มา : http://mycota-crcc.mnhn.fr/site/specie.php?idE=108

2.8 วิธีการตรวจสอบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์

Standard plate count หรือ วิธีตรวจนับจุลินทรีย์มาตรฐาน เรียกย่อว่า SPC อาจเรียกว่า aerobic plate count (APC) หรือ total viable count (TVA) หรือปริมาณจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมด นิยมใช้สำหรับการตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ (microbial population count) ที่มีชีวิต อยู่ในวัตถุดิบ เช่น การตรวจสอบคุณภาพน้ำนมดิบ ผลิตภัณฑ์อาหาร สิ่งแวดล้อม บริเวณที่ผลิตอาหาร พื้นผิวสัมผัสอาหาร น้ำ อากาศ ค่าที่ได้จากการตรวจนับจุลินทรีย์มาตรฐาน เป็นการนับปริมาณโคโลนี ที่มีขนาดใหญ่พอที่จะมองเห็นด้วยตาเปล่า หรือมองเห็นด้วยแว่นขยาย ซึ่งมาจากเซลล์ของจุลินทรีย์จะถูกตรึงอยู่กับที่ เจริญและแบ่งตัวจากเซลล์เดียว เป็นหลายๆ เซลล์อยู่บนอาหารเลี้ยงเชื้อ ค่าที่ได้จากการตรวจนับจุลินทรีย์มาตรฐาน คือ colony forming unit (cfu) วิธีการตรวจนับจุลินทรีย์มาตรฐาน แบ่งเป็น 2 วิธี เลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ (nutrient agar) ในจานเลี้ยงเชื้อกับเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบฟิมส์แห้ง (compact dry plate) โดยต้องทำการการเจือจางตัวอย่างก่อน โดยทั่วไปการนับจำนวนจุลินทรีย์ จะนับเฉพาะจานอาหารที่มีจำนวนเซลล์ระหว่าง 25-250 เซลล์ เพื่อให้จำนวนโคโลนีที่เจริญบนจานอาหาร อยู่ในช่วงดังกล่าว ไม่มากหรือน้อยเกินไป จึงต้องนำตัวอย่างมาเจือจางเป็นลำดับ ด้วยวิธี serail dilution คือเจือจางตัวอย่าง เชื้อเริ่มต้นโดยทั่วไปทำเป็นลำดับๆ ละ 10 เท่า เริ่มเจือจางใช้ปิเปตต์ดูดตัวอย่างแต่ละ dilution 1 ml. ใส่ในจานเพาะเชื้อ เทอาหารวุ้นลงในจานผสมให้เข้ากันทิ้งไว้ให้วุ้นแข็งคว่ำจานลง บ่ม 48 ชั่วโม และจึงนับโคโลนี โดยใช้แว่นขยาย นำมาหาค่าเฉลี่ย ค่าที่ได้มีหน่วยเป็น colony forming unit (cfu)

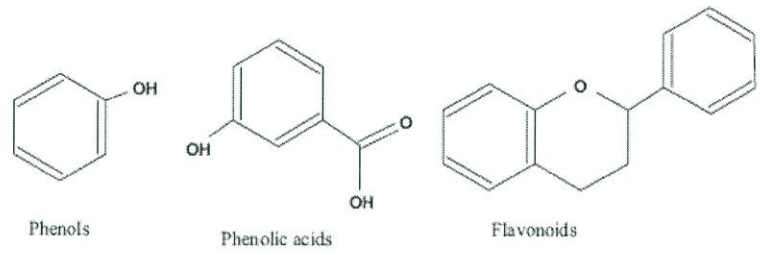
2.9 การวิเคราะห์หาปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด

สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compound) หรือ สารประกอบฟีนอล เป็นสารที่พบได้ตามธรรมชาติ ในพืชหลายชนิด เช่น ผัก ผลไม้ เครื่องเทศ สมุนไพร ถั่วเมล็ดแห้ง เมล็ดธัญพืช ซึ่งถูกสร้างขึ้นเพื่อประโยชน์ในการเจริญเติบโต มีสรรพคุณที่ดีต่อสุขภาพคือ มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) สามารถละลายได้ในน้ำ มีประโยชน์ต่อสุขภาพ เช่น Antioxidation, สารป้องกันการหืนของอาหารได้

สารประกอบฟีนอล มีสูตรโครงสร้างทางเคมีเป็นวงแหวน ที่เป็นอนุพันธ์ของวงแหวนเบนซิน มีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH group) อย่างน้อยหนึ่งหมู่ต่ออยู่ สารประกอบฟีนอลพื้นฐาน คือ สารฟีนอล (phenol) ในโมเลกุลประกอบด้วยวงแหวนเบนซิน 1 วง และหมู่ไฮดรอกซิล 1 หมู่

การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลรวม (Total phenolic compounds) ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu reagent จะอาศัยการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ของโมลิบโดทังสเตตไอออน (Molybdotungstate ion) รี

เอเจนท์ประกอบด้วย โซเดียมทังสเตต (Sodium tungstate) โซเดียมโมลิบเดต (Sodium bolybdate) กรดฟอสฟอริก (Phosphoric acid) และ โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate)



Structures of common phenolic compounds.

รูปที่ 2.10 โครงสร้างสารประกอบฟีนอลิก

ที่มา : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/

สังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของไอออน Mo(VI) ซึ่งมีสีเหลือง เมื่อได้รับอิเล็กตรอนจากสารต้านอนุมูลอิสระจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูป Mo(V) ซึ่งมีสีน้ำเงิน วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร และรายงานค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมในรูปของ มิลลิกรัมของกรดแกลลิค (Gallic acid equivalent, mg/g GAE) (Tsai *et al.*, 2005)

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

L.H.McKee (1995) ศึกษาเกี่ยวกับวิธีการตรวจสอบการปนเปื้อนของแบคทีเรียและเชื้อราในเครื่องเทศและสมุนไพร จากการศึกษาส่วนใหญ่พบว่ามีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในเครื่องเทศและสมุนไพรเป็นจำนวนมาก แสดงให้เห็นถึงความจำเป็นในการควบคุมกระบวนการผลิตในทุกๆด้าน ได้แก่ การผลิต การแปรรูป รวมถึงการใช้ผลิตภัณฑ์ เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของจุลินทรีย์และการเจ็บป่วยของผู้บริโภค

Bourdoux และคณะ (2016) กล่าวว่า การผลิตผลิตภัณฑ์อบแห้ง ได้แก่ ผลไม้ ผัก สมุนไพรและเครื่องเทศ ได้รับความนิยมจากหลายประเทศทั่วโลก แต่มีการรายงานว่าผลิตภัณฑ์อบแห้งเหล่านี้มีการปนเปื้อนของเชื้อ *Salmonella* ที่เป็นสาเหตุของการระบาดของโรค กระบวนการอบแห้งมีหลากหลายวิธี แต่การผลิตส่วนใหญ่นิยมใช้การอบแห้งด้วยวิธีการตากแดด และวิธีการอบไอน้ำ แนวโน้มโดยทั่วไปของเทคโนโลยี มีการเสนอการเพิ่มประสิทธิภาพและสร้างมาตรฐานของกระบวนการอบแห้งเพื่อให้แน่ใจว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพสูง กระบวนการอบแห้งส่วนใหญ่ได้รับการตรวจสอบประสิทธิภาพของการทำงานเพื่อลดต้นทุนในการผลิตแต่ยังคงรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากผลิตภัณฑ์อบแห้งที่มีความเหมาะแก่การเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้น ทั้งในการบริโภคหรือใช้เป็นส่วนประกอบในอาหาร ทำให้มีความสนใจในเรื่องของความปลอดภัยในผลิตภัณฑ์ชนิดนี้เพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย การตรวจสอบกระบวนการอบแห้งทั้งแบบดั้งเดิมและแบบใหม่ ทำให้ต้องมีการเพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ทุกขั้นตอนของกระบวนการผลิตทั้งในผลไม้ ผัก สมุนไพร และเครื่องเทศอบแห้ง การปนเปื้อนของจุลินทรีย์โดยส่วนใหญ่ของกระบวนการผลิตทั้งการตากแดด การอบด้วยไอน้ำ และการแช่แข็งยังไม่ได้รับการตรวจสอบโดยละเอียด กระบวนการอบแห้งที่มาใหม่ เช่น การอบแห้งด้วยไดอิเล็กทริก และการอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งความดันต่ำ พบว่าช่วยลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์

พิมลวรรณ (2011) ได้ตรวจสอบคุณภาพทางชีววิทยาของผลิตภัณฑ์สมุนไพรไทย โดย ทำการตรวจหาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ด้วยวิธี Total plate count ตรวจหาเชื้อกลุ่มโคลิฟอร์ม และ *E. coli* ด้วยเทคนิค Multiple tubes fermentation และตรวจหา *Salmonella* sp. ด้วยเทคนิค Polymerase chain reaction (PCR) จากการศึกษาพบว่าปริมาณการปนเปื้อนจุลินทรีย์โดยรวมของกลุ่มผลิตภัณฑ์สมุนไพรที่มีมาตรฐานรับรองมีค่าระหว่าง 0 ถึง 5.8×10^{8} cfu/g or ml ส่วนกลุ่มผลิตภัณฑ์สมุนไพรที่ไม่มีมาตรฐานรับรองมีค่าระหว่าง 0 ถึง 6.6×10^{7} cfu/g หรือ ml นอกจากนี้ยังพบว่า จาก 49 ตัวอย่าง ผลิตภัณฑ์สมุนไพรที่มีมาตรฐานรับรองมีการปนเปื้อนอยู่ในระดับไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานจำนวน 14 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยล่ะ 28.57 ส่วนผลิตภัณฑ์สมุนไพรที่ไม่มีมาตรฐานรับรองมีการปนเปื้อนอยู่ในระดับไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานจำนวน 16 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยล่ะ 32.65

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือ

3.1.1 วัตถุดิบ

1. ขิง (เอส แอนด์ บี ฟู้ด ซัพพลาย จำกัด)
2. ข่า (เอส แอนด์ บี ฟู้ด ซัพพลาย จำกัด)
3. ตะไคร้ (บริษัท เค.ซี.เฟรช จำกัด)
4. ใบมะกรูด (ตลาดหัวตะเข้)

3.1.2 สารเคมี

1. อาหารเลี้ยงเชื้อ Plate count agar (SRL, India)
2. เอทานอลเข้มข้น 95% (VWRR International CO., Ltd)
3. โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) (UNIVAR, Australia)
4. สีย้อม Crystal violet
5. สีย้อม Safranin
6. สีย้อม Lactophenol cotton blue
7. สารละลายไอโอดีน
8. โซเดียมคาร์บอเนต (Na2CO3) (UNIVAR, Australia)
9. folin-ciocalteu reagent (Sigma, USA)
10. Gallic acid (3,4,5-trihydroxybenzoic acid) (SRL, India)

3.1.3 วัสดุและเครื่องแก้ว

1. โกร่งบดสาร
2. ช้อนตักสาร
3. ช้อนสแตนเลส
4. หลอดทดลอง

5. ตะแกรงใส่หลอดทดลอง

6. แท่งแก้วคนสาร

7. กระบอกตวง

8. แท่งแก้วรูปตัวแอล

9. จานเพาะเชื้อ

10. จุกยาง

11. ตะเกรียงแอลกอฮอล์

12. กระบอกน้ำกลั่น

13. บีกเกอร์ขนาด 250, 500, 1000 มิลลิลิตร

14. ปิเปตขนาด 1,5,10 มิลลิลิตร

15. คีมคีบ (Forceps)

16. ขวดใส่สารขนาดเล็ก (Vial)

17. ขวดฝาเกลียว (Duran)

18. ลวดเขี่ยเชื้อ (Loop)

19. เข็มเขี่ยเชื้อ (Needle)

20. กระป๋องอบตัวอย่าง (Moisture can)

21. Slide

22. Parafilm

23. Micropipette

24. Microwell plate

25. Oil immersion

3.1.4 เครื่องมือ

1. Laminar air flow

2. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Sartorius, Germany)

3. กล้องจุลทรรศน์ (OLYMPUS, Japan)

4. ตู้บ่มเชื้อ 35 องศาเซลเซียส (Memmert, Germany)

5. เครื่องเขย่าสาร (Scientific Industries รุ่น G560E)

6. โถดูดความชื้น (Duran® OHAUS, Germany)

7. Microplate Reader รุ่น EZ READ 2000 (Biochrom, UK)

8. ตู้อบลมร้อน (Contherm Thermotec 2000, Germany)

9. Autoclave (TOMY รุ่น ES-315, Japan)

10. Microwave (SAMSUNG รุ่น ME81Y)

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.2.1 อบแห้ง ขิง ข่า ตะไคร้ และใบมะกรูด ด้วยวิธีการอบแห้ง 3 วิธี ได้แก่ การตากแดด อบลมร้อน และการอบไมโครเวฟ

3.2.1.1 ล้างทำความสะอาด ขิง ข่า ตะไคร้ และใบมะกรูด จากนั้นนำมาฝานให้มีลักษณะบางและเป็นชิ้นเล็กๆ

3.2.1.2 หลังจากล้างทำความสะอาดและฝานให้บาง นำมาแบ่งออกเป็น 4 ส่วน เพื่อนำไปอบแห้งด้วยวิธีการต่าง ๆ ได้แก่

- ผักสด (ไม่อบแห้ง)

- ตากแดด นำขิง ข่า ตะไคร้ และใบมะกรูด แต่ละชนิดวางให้ทั่วตะกร้าและไม่ซ้อนกัน แล้วนำไปตากแดดที่อุณหภูมิ 30 °C เป็นระยะเวลา 2, 4 และ 6 วัน

- อบลมร้อน นำขิง ข่า ตะไคร้ และใบมะกรูด วางบนถาดเหล็กให้ทั่วถาด แล้วนำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 30 °C เป็นระยะเวลา 2, 4 และ 6 วัน

- ไมโครเวฟ นำขิง ข่า ตะไคร้ และใบมะกรูด วางให้ทั่วจานรองไมโครเวฟแล้วนำไปอบแห้งโดยใช้กำลังไฟต่างกันคือ 100 W, 180 W, 300 W และ 400 W เป็นระยะเวลา 2, 4, 6, 8 และ 10 นาที

3.2.1.3 เก็บตัวอย่างแต่ละจุดที่ผ่านการอบแห้งด้วยวิธีการต่างๆลงในขวดใส่สารขนาดเล็ก (Vial) เพื่อนำไปวิเคราะห์จุลินทรีย์ปนเปื้อน, วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic) และวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของเครื่องเทศแต่ละชนิด

3.2.2 วิเคราะห์จุลินทรีย์ปนเปื้อนด้วยวิธี Total plate count

3.2.2.1 บดขิง ข่า ตะไคร้ และใบมะกรูดให้ละเอียดด้วยโกร่งบดสาร แล้วชั่งน้ำหนักตัวอย่างด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่งตัวอย่างละ 0.5 g ลงใน Eppendorf จากนั้นนำมาเจือจางในสารละลาย NaCl 0.85% ปริมาตร 4.5 ml ที่ระดับความเจือจาง 10^{-2} - 10^{-5} ดูดสารละลายตัวอย่างที่ระดับความเจือจาง 10^{-3}, 10^{-4} และ 10^{-5} ปริมาตร 0.1 ml มา spread plate บนอาหาร Plate count agar (PCA) ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ แล้วบ่มในตู้บ่มเชื้ออุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

3.2.2.2 ตรวจนับจำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ในช่วง 30 - 300 โคโลนี

3.2.3 ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของจุลินทรีย์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์

- แบคทีเรีย เขี่ยเชื้อจำนวน 1 loop มาสเมียร์ลงบนแผ่นสไลด์ที่มีน้ำ จากนั้นตรึงเซลล์โดยผ่านเปลวไฟ (fix slide) หยดสี crystal violet ให้ท่วมรอยสเมียร์ทิ้งไว้ 1 นาทีล้างออกด้วยน้ำ จากนั้นหยดน้ำยา gram iodine ให้ท่วมรอยสเมียร์ทิ้งไว้ 1 นาทีล้างออกด้วย alcohol 95 % อย่างเร็วไม่เกิน 20 วินาที จากนั้นล้างออกด้วยน้ำและหยดสี Safranin ให้ท่วมทิ้งไว้ 1 นาทีแล้วล้างออกด้วยน้ำ ซับน้ำออกและรอให้แห้ง นำไปส่องกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 1,000 เท่า

- รา เขี่ยเส้นใยของราโดยใช้เข็มเขี่ยเชื้อ (Needle) มาสเมียร์ลงบนแผ่นสไลด์ที่มีสี Lactophenol cotton blue หลังจากนั้นนำไปส่องกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า

3.2.4 วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic)

นำตัวอย่างเครื่องเทศที่ผ่านการอบแห้ง มาวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic) ด้วยสารละลาย Folin-Ciocalteu ที่ดัดแปลงมาจาก Kalken และคณะ (2005) มีวิธีการวิเคราะห์ดังนี้

3.2.5.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกที่มีความเข้มข้น 20, 40, 60, 80 และ 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรในน้ำกลั่น

3.2.5.2 เตรียมสารละลายตัวอย่าง ชั่งน้ำหนักตัวอย่างขิง ข่า ตะไคร้ และใบมะกรูดที่บดละเอียดแล้วใส่ใน Eppendorf จากนั้นเติมน้ำกลั่นผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่องเขย่าสาร (Vortex) ดูดสารละลายตัวอย่างปริมาตร 18.18 µl ลงใน Microwell plate แล้วเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) 7.5% ปริมาตร 90.91 µl และสารละลาย Folin-Ciocalteu 10% ปริมาตร 90.91 µl บ่มไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปวัดด้วยเครื่อง Microplate Reader ที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร

3.2.5 วิเคราะห์ปริมาณความชื้นของตัวอย่างหลังอบที่อุณหภูมิ 105 ° C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

นำคีมคีบ (forceps) จุ่มแอลกอฮอลล์รนไฟ คีบตัวอย่างขิง ข่า ตะไคร้ และใบมะกรูดที่ผ่านการอบแห้งแต่ละวิธีและผักสด (ไม่อบแห้ง) มาใส่ลงกระป๋องอบตัวอย่าง (moisture can) หรือใส่ขวดใส่สารขนาดเล็ก (vial) ชั่งน้ำหนักก่อนการอบด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง หลังจากนั้นนำไปอบในตู้อบลมร้อน (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบ 24 ชั่วโมงนำมาชั่งน้ำหนักเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณน้ำที่ระเหย

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

4.1 ผลการเจริญของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในเครื่องเทศอบแห้ง

การตากแดด ขิง ข่า ตะไคร้ และใบมะกรูด เป็นระยะเวลา 6 วัน ใบมะกรูดมีปริมาณการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ประมาณ 1.09 ± 5.07 CFU/g ข่ามีปริมาณการปนเปื้อน 1.41 ± 3.11 CFU/g ขิงมีปริมาณการปนเปื้อน 7,783.41 ± 4,409.07 CFU/g และตะไคร้มีปริมาณการปนเปื้อนเชื้อมากที่สุด คือ 13,275.61 ± 4,139.67 CFU/g แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ปนเปื้อนในเครื่องเทศอบแห้งด้วยวิธีตากแดด ที่มีระยะเวลาตากแดดระหว่าง 0 ถึง 6 วัน

เครื่องเทศ	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ± SE (CFU/g)			
	วันที่ 0 (ผักสด)	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6
ขิง	$2.73\times10^{4} \pm 5{,}248.63^{a}$	$1.11\times10^{4} \pm 5{,}349.90^{a}$	2.94 ± 0.00^{a}	$7.78\times10^{3} \pm 4{,}409.07^{b}$
ข่า	$1.52\times10^{4} \pm 1.09^{ab}$	$1.11\times10^{4} \pm 555.55^{b}$	$97{,}777.77 \pm 1.22^{b}$	1.41 ± 3.11^{a}
ตะไคร้	$3.03\times10^{3} \pm 3{,}030.30^{b}$	$1.07\times10^{3} \pm 535.90^{b}$	$9.78\times10^{4} \pm 9{,}690.85^{c}$	$1.33\times10^{4} \pm 4{,}139.67^{b}$
ใบมะกรูด	$3.03\times10^{3} \pm 3{,}030.30^{b}$	0.00 ± 0.00^{c}	$2.34\times10^{3} \pm 902.10^{d}$	1.09 ± 5.07^{ab}

หมายเหตุ a, b, c และ d ในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากผลการทดลองพบว่าการทำแห้งตะไคร้ด้วยวิธีตากแดดเป็นเวลา 6 วันจะมีจำนวนจุลินทรีย์ปนเปื้อนมากกว่า 10^{4} CFU/g มีค่าประมาณ $1.33\times10^{4} \pm 4{,}139.67$ CFU/g ส่วนขิง ข่า และมะกรูดจะมีจุลินทรีย์ปนเปื้อนน้อยกว่า 10^{4} CFU/g ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Vitullo และคณะ (2011) ซึ่งค่าที่ยอมรับได้ไม่ควรมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์เกิน 10^{4} CFU/g

การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในเครื่องเทศอบแห้ง พบว่าการอบลมร้อนขิง ตะไคร้ และใบมะกรูด เป็นระยะเวลา 6 วัน ขิงมีปริมาณการปนเปื้อน 2.02 ± 0.00 CFU/g มะกรูดมีปริมาณการปนเปื้อน $1.25\times10^{3} \pm 414.04$ CFU/g และตะไคร้มีปริมาณการปนเปื้อนเชื้อมากที่สุด คือ $4.14\times10^{3} \pm 973.23$ CFU/g แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ปนเปื้อนในเครื่องเทศอบแห้งด้วยวิธีอบลมร้อน ที่มีระยะเวลาการอบระหว่าง 0 ถึง 6 วัน

เครื่องเทศ	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด + SE (CFU/g)			
	วันที่ 0 (ผักสด)	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6
ขิง	$2.73x10^4 \pm 5,248.63^a$	$1.53x10^4 \pm 234.74^b$	1.05 ± 0.00^b	2.02 ± 0.00^a
ข่า	$1.52x10^4 \pm 1.09^{ab}$	ND	ND	ND
ตะไคร้	$3.03x10^3 \pm 3,030.30^b$	0.00 ± 0.00^c	$1.32 \pm 4,124.17^a$	$4.14x10^3 \pm 973.23^b$
ใบมะกรูด	$3.03x10^3 \pm 3,030.30^b$	1.87 ± 0.00^a	$1.04x10^3 \pm 551.19^c$	$1.25x10^3 \pm 414.04^c$

หมายเหตุ a, b, c และ d ในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ND = ไม่ได้ทดสอบ

จากผลการทดลองข้างต้น การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในเครื่องเทศอบแห้ง มีความปลอดภัยในการบริโภค มีจุลินทรีย์ปนเปื้อนน้อยกว่า 10^4 CFU/g ซึ่งพบว่าการอบไมโครเวฟ ขิง ข่า ตะไคร้ และใบมะกรูด กำลังไฟ 100 W เป็นระยะเวลา 10 นาที ข่ามีการปนเปื้อน 0.00 ± 0.00 CFU/g ใบมะกรูดมีการปนเปื้อน 153.60 ± 153.60 CFU/g ขิงมีการปนเปื้อน 462.96 ± 231.48 CFU/g และตะไคร้มีการปนเปื้อนของเชื้อมากที่สุด คือ 675.67 ± 390.10 CFU/g แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ปนเปื้อนในเครื่องเทศอบแห้งด้วยวิธีอบไมโครเวฟ กำลังไฟ 100 W เป็นระยะเวลา 0, 4 และ 10 นาที

เครื่องเทศ	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ± SE (CFU/g)		
	0 นาที (ผักสด)	4 นาที	10 นาที
ขิง	$2.73x10^4 \pm 5,248.63^a$	869.56 ± 0.00^a	462.96 ± 231.48^a
ข่า	$1.52x10^4 \pm 1.09^{ab}$	0.00 ± 0.00^b	0.00 ± 0.00^a
ตะไคร้	$3.03x10^3 \pm 3,030.30^b$	109.64 ± 109.64^b	675.67 ± 390.10^a
ใบมะกรูด	$3.03x10^3 \pm 3,030.30^b$	231.48 ± 231.48^b	153.60 ± 153.60^a

หมายเหตุ a, b, c และ d ในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในเครื่องเทศอบแห้ง พบว่าการอบไมโครเวฟ ขิง ข่า ตะไคร้ และใบมะกรูด กำลังไฟ 180 W เป็นระยะเวลา 10 นาที เครื่องเทศอบแห้งทุกชนิดจะมีปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อ 0.00 ±0.00 CFU/g แสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ปนเปื้อนในเครื่องเทศอบแห้งด้วยวิธีอบไมโครเวฟ กำลังไฟ 180 W เป็นระยะเวลา 0, 4 และ 10 นาที

เครื่องเทศ	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ±SE (CFU/g)		
	0 นาที (ผักสด)	4 นาที	10 นาที
ขิง	$2.73\times10^4 \pm 5,248.63^a$	$1.95\times10^4 \pm 1,188.73^a$	0.00 ±0.00
ข่า	$1.52\times10^4 \pm 1.09^{ab}$	0.00 ± 0.00^b	0.00 ± 0.00
ตะไคร้	$3.03\times10^3 \pm 3,030.30^b$	0.00 ± 0.00^b	0.00 ± 0.00
ใบมะกรูด	$3.03\times10^3 \pm 3,030.30^b$	709.21 ± 177.30^b	0.00 ± 0.00

หมายเหตุ a, b, c และ d ในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในเครื่องเทศอบแห้ง พบว่าการอบไมโครเวฟ ขิง ข่า ตะไคร้ และใบมะกรูด กำลังไฟ 300 W เป็นระยะเวลา 10 นาที ใบมะกรูดมีการปนเปื้อน 0.00 ± 0.00 CFU/g ข่ามีการปนเปื้อน 537.63 ± 355.61 CFU/g ตะไคร้มีการปนเปื้อน $1.27\times10^3 \pm 735.47$ CFU/g ส่วนขิงปนเปื้อนเชื้อมากสุด คือ $3.53\times10^3 \pm 1,868.74$ CFU/g แสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ปนเปื้อนในเครื่องเทศอบแห้งด้วยวิธีอบไมโครเวฟ กำลังไฟ 300 W เป็นระยะเวลา 0, 4 และ 10 นาที

เครื่องเทศ	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ± SE (CFU/g)		
	0 นาที (ผักสด)	4 นาที	10 นาที
ขิง	$2.73\times10^4 \pm 5,248.63^a$	$1.59\times10^3 \pm 1,376.53^a$	$3.53\times10^3 \pm 1,868.74^a$
ข่า	$1.52\times10^4 \pm 1.09^{ab}$	0.00 ± 0.00^a	537.63 ± 355.61^a
ตะไคร้	$3.03\times10^3 \pm 3,030.30^b$	0.00 ± 0.00^a	$1.27\times10^3 \pm 735.47^a$
ใบมะกรูด	$3.03\times10^3 \pm 3,030.30^b$	146.19 ± 146.19^a	0.00 ± 0.00^a

หมายเหตุ a, b, c และ d ในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในเครื่องเทศอบแห้ง พบว่าการอบไมโครเวฟ ขิง ข่า ตะไคร้ และใบมะกรูด กำลังไฟ 400 W เป็นระยะเวลา 10 นาที ข่ามีปริมาณการปนเปื้อน 0.00 ± 0.00 CFU/g ใบมะกรูดมีปริมาณการปนเปื้อน 148.80 ± 148.80 CFU/g ขิงมีปริมาณการปนเปื้อน 148.80 ± 148.80 CFU/g และตะไคร้มีการปนเปื้อนของเชื้อมากที่สุด คือ 3,424.65 ± 2,739.72 CFU/g แสดงดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ปนเปื้อนในเครื่องเทศอบแห้งด้วยวิธีอบไมโครเวฟ กำลังไฟ 400 W เป็นระยะเวลา 0, 4 และ 10 นาที

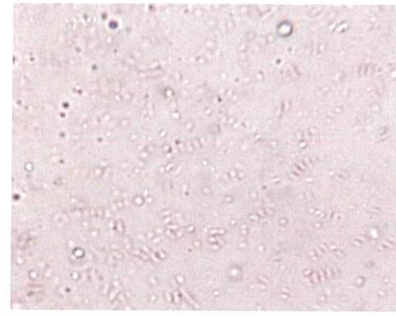
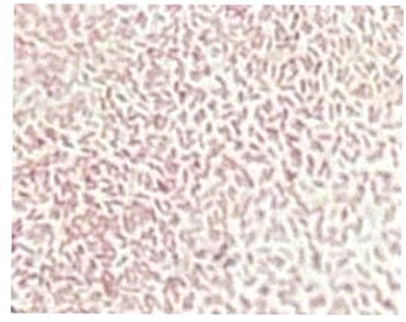
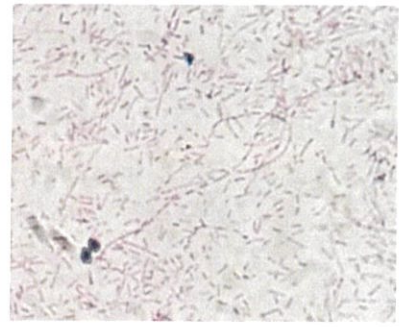
เครื่องเทศ	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ± SE (CFU/g)		
	0 นาที (ผักสด)	4 นาที	10 นาที
ขิง	$2.73x10^4 \pm 5,248.63^a$	234.74 ± 117.37^a	148.80 ± 148.80^a
ข่า	$1.52x10^4 \pm 1.09^{ab}$	148.80 ± 148.80^a	0.00 ± 0.00^a
ตะไคร้	$3.03x10^3 \pm 3,030.30^b$	297.61 ± 297.61^a	$3.42x10^3 \pm 2,739.72^a$
ใบมะกรูด	$3.03x10^3 \pm 3,030.30^b$	0.00 ± 0.00^a	148.80 ± 148.80^a

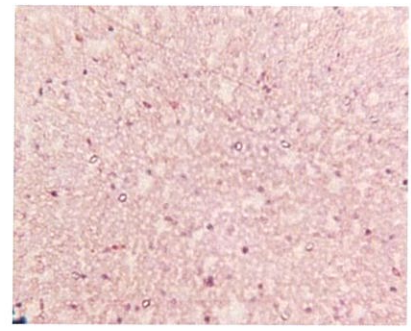
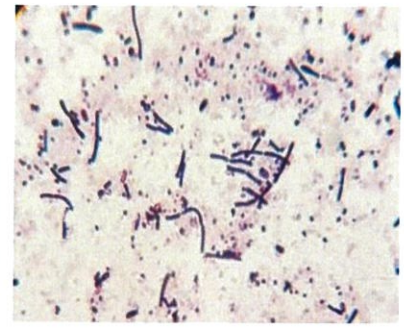
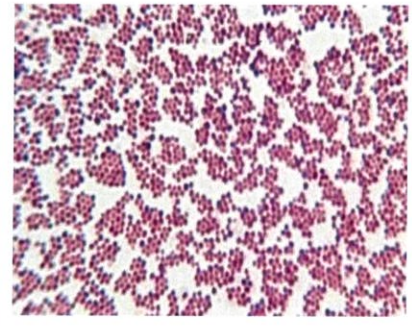
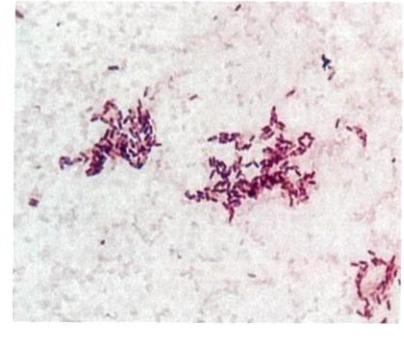
หมายเหตุ a, b, c และ d ในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

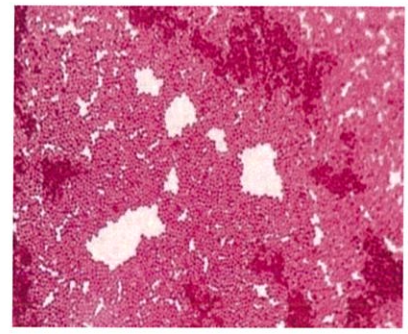
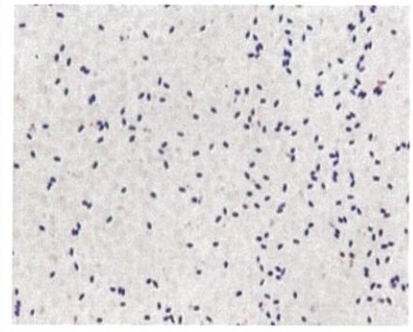
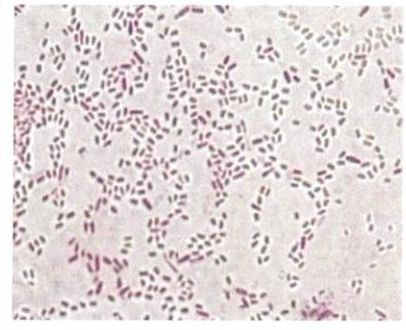
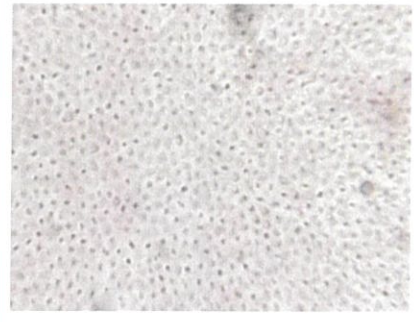
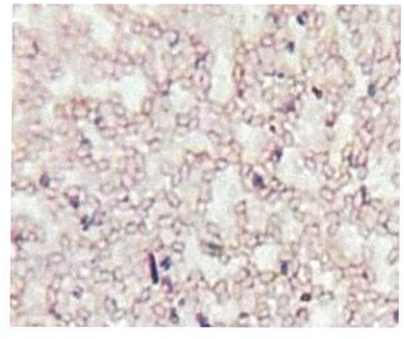
4.2 ผลการศึกษาลักษณะของจุลินทรีย์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์

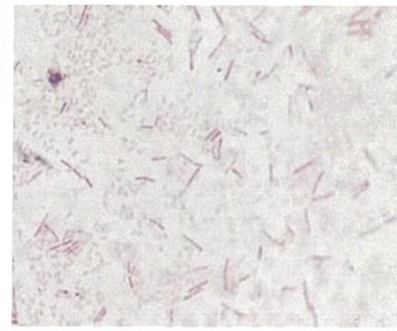
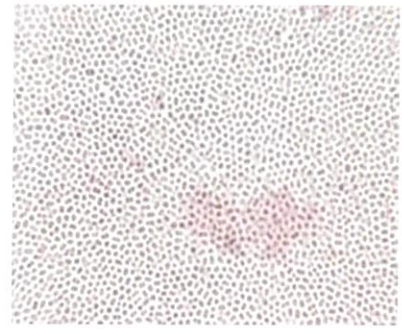
การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของจุลินทรีย์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า ด้วยการย้อมสี Lactophenol cotton blue เพื่อตรวจสอบลักษณะเส้นใยของรา พบว่าเส้นใยของราส่วนใหญ่เป็นแบบมีผนังกั้น ซึ่งจัดเป็นราชั้นสูง และกำลังขยาย 1,000 เท่า ด้วยการย้อมสีแกรม เพื่อตรวจสอบลักษณะรูปร่างของแบคทีเรีย พบว่าแบคทีเรียที่พบส่วนใหญ่มีลักษณะรูปร่างกลมและเป็นท่อน แสดงผลได้ดังตารางที่ 4.7 – 4.8

ตารางที่ 4.7 แสดงลักษณะของแบคทีเรียภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 1,000 เท่า

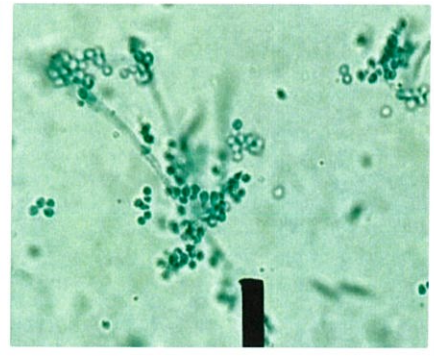
เครื่องเทศ	วิธีการอบแห้ง	ลักษณะแบคทีเรีย	ลักษณะทางสัณฐานวิทยา
ขิง	ผักสด		รูปร่างเป็นท่อนสั้น มีขนาดเล็กและติดกัน ติดสีแกรมบวก
	ตากแดด		รูปร่างเป็นท่อนสั้น อยู่ติดกัน เป็นกลุ่มกระจัดกระจาย ติดสีแกรมบวก
	อบลมร้อน		รูปร่างเป็นท่อนยาว มีลักษณะต่อกันเป็นสาย ติดสีแกรมบวก

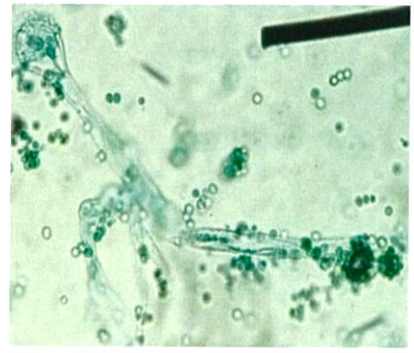
ข่า	ผักสด		รูปร่างเป็นท่อนสั้น ติดกันเป็นกลุ่ม บางส่วนพบสปอร์ ติดสีแกรมบวก
	ตากแดด		มี 2 ลักษณะ คือ - รูปร่างเป็นท่อนยาว - รูปร่างกลมอยู่รวมกันกลุ่ม ติดสีแกรมบวก
	อบลมร้อน	-	-
	อบไมโครเวฟ		รูปร่างกลม อยู่ติดกันเป็นกลุ่มคล้ายพวงองุ่น ติดสีแกรมบวก
ตะไคร้	ผักสด		รูปร่างเป็นท่อนสั้น ติดกัน อยู่รวมกันเป็นกระจุก ติดสีแกรมบวก

	ตากแดด		รูปร่างกลม อยู่ติดกันเป็นกลุ่ม คล้ายพวงองุ่น ติดสีแกรมลบ
	อบลมร้อน		รูปร่างเป็นวงรีเหมือนไข่ อยู่กระจัดกระจายกัน ติดสีแกรมบวก
			รูปร่างเป็นท่อนสั้น กระจัดกระจายไม่ติดกัน ติดสีแกรมบวก
ใบมะกรูด	ผักสด		รูปร่างกลม ขนาดเล็ก อยู่เป็นเซลล์เดี่ยว ไม่ติดกัน ติดสีแกรมบวก
	ตากแดด		รูปร่างเป็นท่อนสั้น ติดกัน อยู่รวมกันเป็นกลุ่ม ติดสีแกรมบวก

	อบลมร้อน		มี 2 ลักษณะ คือ - เป็นท่อน อยู่เป็นเซลล์เดี่ยวๆ กระจัดกระจาย - ทรงกลม อยู่ติดกัน ติดสีแกรมบวก
	อบไมโครเวฟ		รูปร่างกลมขนาดเล็ก ไม่ติดกัน อยู่แบบกระจัดกระจาย ติดสีแกรมบวก

ตารางที่ 4.8 แสดงลักษณะเส้นใยของราภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า

เครื่องเทศ	**วิธีการอบแห้ง**	**ลักษณะของรา**	**ลักษณะทางสัณฐานวิทยา**
ขิง	อบไมโครเวฟ		เห็นสปอร์
			เห็นสปอร์ และvesicle

ตะไคร้	อบไมโครเวฟ		เห็นสปอร์, vesicle และเส้นใยพองออกเป็นกระเปาะ
			เห็นโครงสร้างเส้นใยและสปอร์ของรา

4.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกด้วย Folin-Ciocaltuau

การวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดของเครื่องเทศ (Total phenolic content) พบว่า การอบแห้งด้วยวิธีอบลมร้อนจะมีปริมาณสารฟีนอลิกมากกว่าอบแห้งด้วยวิธีตากแดด ซึ่งปริมาณสารฟีนอลิกของขิงจะมากกว่าใบมะกรูด และใบมะกรูดมากกว่าตะไคร้ ตามลำดับ โดยเครื่องเทศแต่ละชนิดจะมีค่าปริมาณสารฟีนอลิกดังนี้คือ ขิง 670.00 ± 112.03 μg GAE/mg, ข่า 435.00 ± 11.45 μg GAE/mg และมะกรูด 629.16 ± 12.93 μg GAE/mg ซึ่งปริมาณสารฟีนอลิกพบว่ามีค่ามากกว่า 169.59 ± 1.43 μg GAE/mg จากการศึกษาของ Jelle และคณะ (2015) และค่าปริมาณฟีนอลิกยังมากกว่าการอบแห้งขิง การตากแดด อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 25 – 30° C ที่มีค่าฟีนอลิก 0.7634 mg GAE/g และยังมีค่ามากกว่าขิงที่อบในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 60° C เป็นเวลา 36 ชั่วโมง ที่มีค่าปริมาณฟีนอลิก 0.7380 μg GAE/mg จากการศึกษาของ Gumusey และคณะ (2015) ซึ่งผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content) ของ ขิง ข่า ตะไคร้ และใบมะกรูดที่อบแห้งด้วยวิธี ตากแดด อบลมร้อน และอบไมโครเวฟ จะใช้ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตรในการวัดค่าการดูดกลืนแสง แสดงผลได้ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 แสดงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของเครื่องเทศอบแห้งด้วยวิธีตากแดด (0 ถึง 6 วัน) และวิธีอบลมร้อน (0 ถึง 6 วัน) ที่ความเข้มข้น 100 µg/ml

เครื่องเทศ	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (µg GAE/mg)		
	ผักสด (ไม่อบแห้ง)	ตากแดด (30 ^{0}C)	อบลมร้อน (30 ^{0}C)
ขิง	330.83 ± 45.28^{a}	488.33 ± 13.33^{a}	670.00 ± 112.03^{a}
ข่า	273.33 ± 5.83^{a}	348.33 ± 21.42^{b}	ND
ตะไคร้	275.00 ± 7.21^{a}	365.83 ± 44.26^{b}	435.00 ± 11.45^{b}
ใบมะกรูด	298.33 ± 8.33^{a}	417.50 ± 12.99^{ab}	629.16 ± 12.93^{ab}

หมายเหตุ a, b, c และ d ในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ND = ไม่ได้ทดสอบ

ตารางที่ 4.10 แสดงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของเครื่องเทศอบแห้งด้วยวิธีอบไมโครเวฟ (0 ถึง 10 นาที) ที่ความเข้มข้น 100 µg/ml

เครื่องเทศ	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (µg GAE/mg)				
	ผักสด (ไม่อบแห้ง)	อบไมโครเวฟ 100 W	อบไมโครเวฟ 180 W	อบไมโครเวฟ 300 W	อบไมโครเวฟ 400 W
ขิง	330.83 ± 45.28^{a}	222.75 ± 112.27^{a}	211.66 ± 3.00^{b}	391.66 ± 115.47^{a}	290.00 ± 16.07^{b}
ข่า	273.33 ± 5.83^{a}	198.33 ± 3.00^{a}	210.83 ± 17.09^{b}	257.50 ± 4.33^{a}	339.16 ± 7.12^{a}
ตะไคร้	275.00 ± 7.21^{a}	206.66 ± 15.29^{a}	215.00 ± 17.5^{b}	234.16 ± 17.2^{a}	290.83 ± 7.40^{b}
ใบมะกรูด	298.33 ± 8.33^{a}	386.66 ± 38.03^{a}	314.16 ± 12.0^{a}	428.33 ± 14.60^{a}	372.50 ± 19.4^{a}

หมายเหตุ a, b, c และ d ในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของตัวอย่าง

ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของ ขิง ข่า ตะไคร้ และใบมะกรูดที่อบแห้งด้วยวิธี ตากแดด อบลมร้อน และอบไมโครเวฟ ชั่งน้ำหนักตัวอย่างก่อนและหลังอบที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมงด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง แสดงผลได้ในตารางที่ 4.11 - 4.12

ตารางที่ 4.11 แสดงปริมาณความชื้นของ ขิง ข่า ตะไคร้ และใบมะกรูดที่อบแห้งด้วยวิธีตากแดด เป็นระยะเวลา 2–6 วัน

% Moisture content (g H_2O/g Dry solid) ± SE				
ระยะเวลาอบแห้ง (วัน)	**ขิง**	**ข่า**	**ตะไคร้**	**ใบมะกรูด**
2	31.55 ± 8.11[a]	83.32 ± 14.87[a]	37.60 ± 0.28[a]	49.88 ± 3.98[a]
4	42.02 ± 29.86a	18.15 ± 3.64[b]	21.42 ± 1.61[b]	20.86 ± 1.90[b]
6	11.95 ± 0.49a	21.88 ± 4.16[b]	5.21 ± 1.25[c]	7.92 ± 0.32[c]

หมายเหตุ ค่า % moisture content ของผักสด (วันที่ 0) ได้แก่ ขิง = 99.79%, ข่า= 55.05%, ตะไคร้ = 49.37%, ใบมะกรูด = 54.01%

**a, b, c และ d ในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

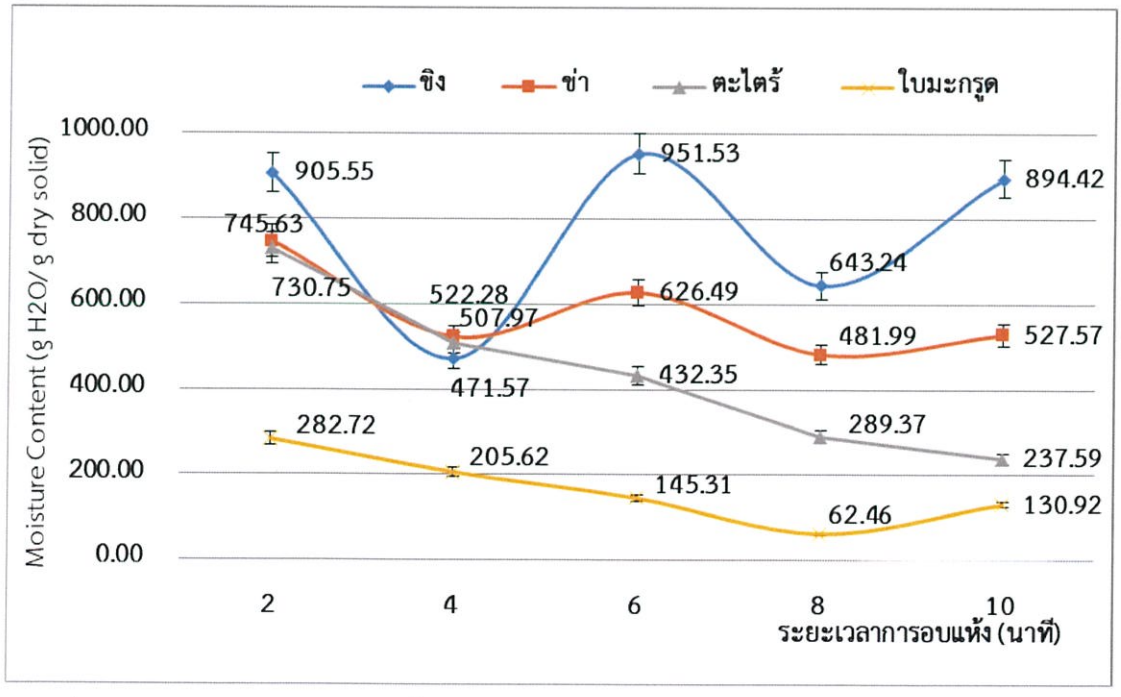
ตารางที่ 4.12 แสดงปริมาณความชื้นของ ขิง ข่า ตะไคร้ และใบมะกรูดที่อบแห้งด้วยวิธีอบลมร้อน เป็นระยะเวลา 2–6 วัน

% Moisture content (g H_2O/g Dry solid) ± SE			
ระยะเวลาการอบแห้ง (วัน)	**ขิง**	**ตะไคร้**	**ใบมะกรูด**
2	87.15 ± 24.01[a]	33.37 ± 2.00[a]	53.27 ± 2.51[a]
4	10.00 ± .12[b]	12.20 ± .33[c]	6.09 ± .13[c]
6	16.90 ± 1.49[b]	17.91 ± .72[b]	16.21 ± 1.07[b]

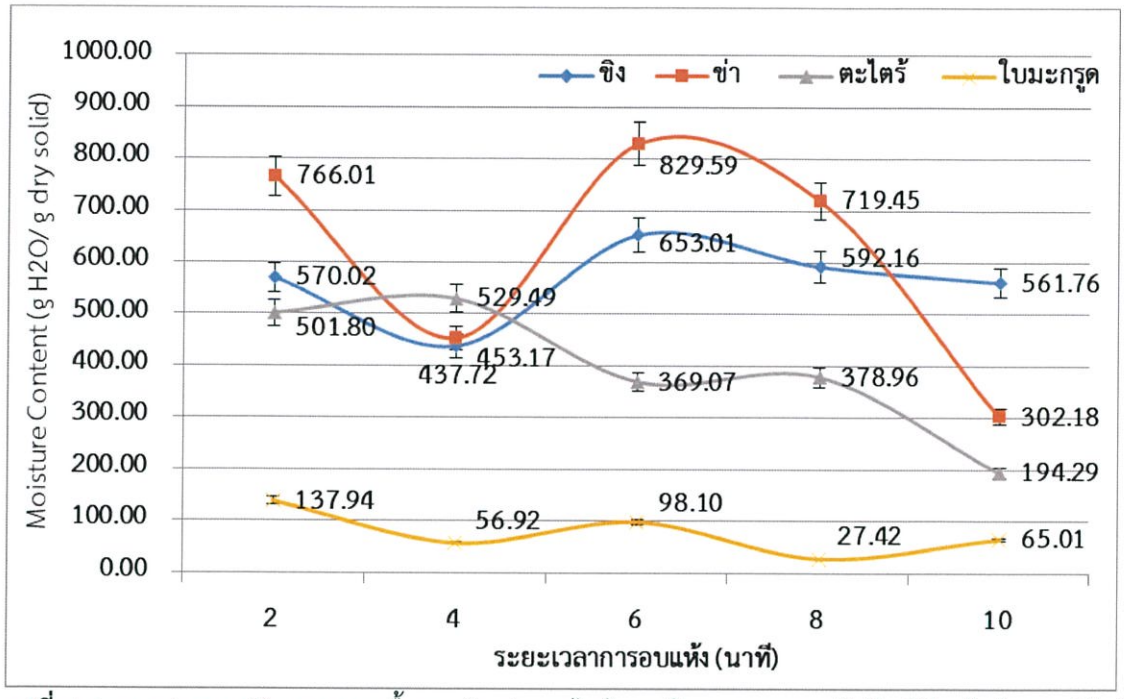
หมายเหตุ ค่า % moisture content ของผักสด (วันที่ 0) ได้แก่ ขิง = 99.79%, ข่า= 55.05%, ตะไคร้ = 49.37%, ใบมะกรูด = 54.01%

**a, b, c และ d ในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

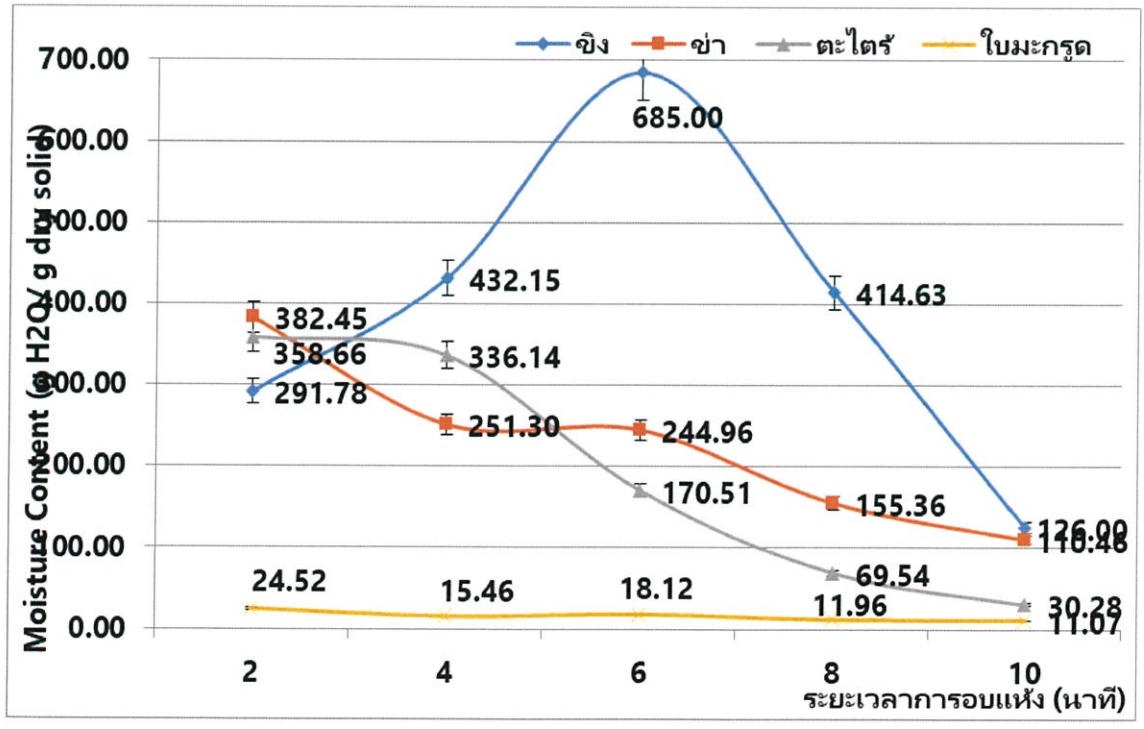
ปริมาณความชื้นของขิง ข่า ตะไคร้ และใบมะกรูดอบแห้งด้วยวิธีอบไมโครเวฟ กำลังไฟ 100 W เป็นเวลา 2-10 นาที (อุณหภูมิตู้อบไมโครเวฟ 100 W ระยะเวลา 0 นาที = 30° C, 2 นาที = 31.5°C, 4 นาที = 33°C, 6 นาที = 35° C, 8 นาที = 39° C และ 10 นาที = 39°C) **(รูปที่ 4.1)** ปริมาณความชื้นของขิง ข่า ตะไคร้ และใบมะกรูดอบแห้งด้วยวิธีอบไมโครเวฟกำลังไฟ 180 W เป็นเวลา 2-10 นาที (อุณหภูมิตู้อบไมโครเวฟ 180 W ระยะเวลา 0 นาที = 30° C, 2 นาที = 32° C, 4 นาที = 34°C, 6 นาที = 36° C, 8 นาที = 37.5° C และ 10 นาที = 42°C **(รูปที่ 4.2)** ปริมาณความชื้นของขิง ข่า ตะไคร้ และใบมะกรูดอบแห้งด้วยวิธีอบไมโครเวฟกำลังไฟ 300 W เป็นเวลา 2 - 10 นาที (อุณหภูมิตู้อบไมโครเวฟ 300 W ระยะเวลา 0 นาที = 30° C, 2 นาที = 32° C, 4 นาที = 34°C, 6 นาที = 36° C, 8 นาที = 37.5° C และ 10 นาที = 42°C) **(รูปที่ 4.3)** ปริมาณความชื้นของขิง ข่า ตะไคร้ และใบมะกรูดอบแห้งด้วยวิธีอบไมโครเวฟกำลังไฟ 400 W เป็นเวลา 2 - 10 นาที (อุณหภูมิตู้อบไมโครเวฟ 400 W ระยะเวลา 0 นาที = 30° C, 2 นาที = 32° C, 4 นาที = 34°C, 6 นาที = 36° C, 8 นาที = 37.5° C และ 10 นาที = 42°C) **(รูปที่ 4.4)**



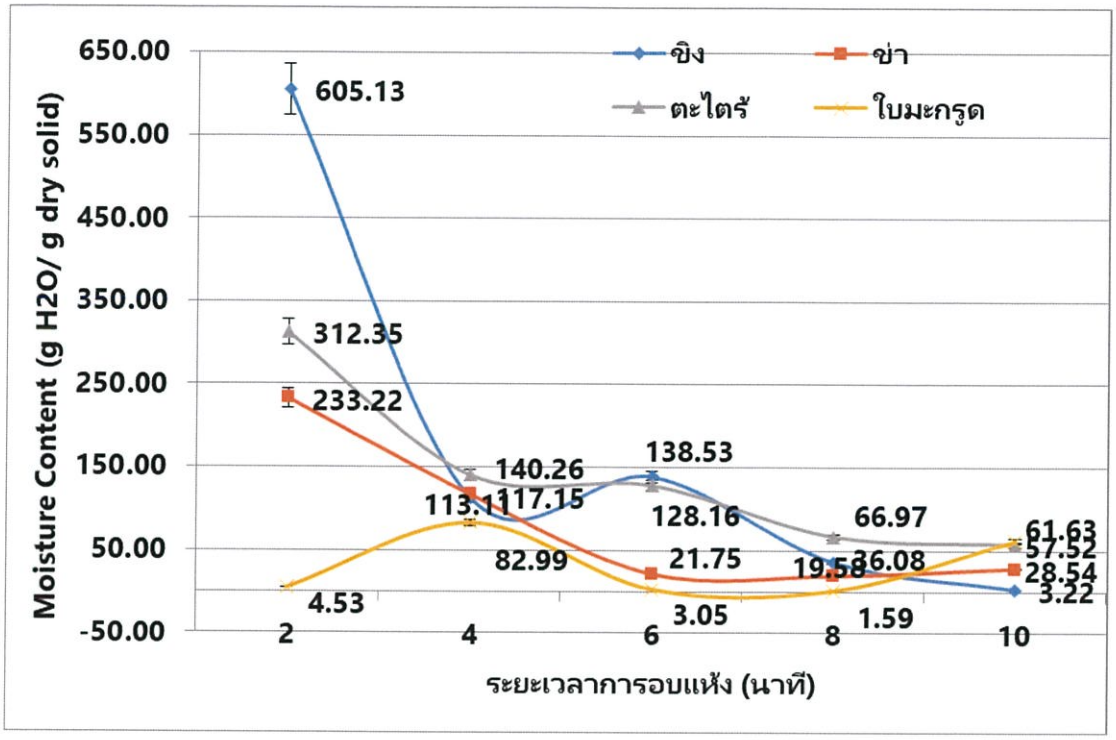
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงปริมาณความชื้นของขิง ข่า ตะไคร้ และใบมะกรูดอบแห้งด้วยวิธีอบไมโครเวฟ กำลังไฟ 100 W เป็นเวลา 2-10 นาที (อุณหภูมิตู้อบไมโครเวฟ 100 W ระยะเวลา 0 นาที = 30° C, 2 นาที = 31.5° C, 4 นาที = 33°C, 6 นาที = 35° C, 8 นาที = 39° C และ 10 นาที = 39°C)



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงปริมาณความชื้นของขิง ข่า ตะไคร้ และใบมะกรูดอบแห้งด้วยวิธีอบไมโครเวฟกำลังไฟ 180 W เป็นเวลา 2-10 นาที (อุณหภูมิตู้อบไมโครเวฟ 180 W ระยะเวลา 0 นาที = 30° C, 2 นาที = 32° C, 4 นาที = 34°C, 6 นาที = 36° C, 8 นาที = 37.5° C และ 10 นาที = 42°C)



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงปริมาณความชื้นของขิง ข่า ตะไคร้ และใบมะกรูดอบแห้งด้วยวิธีอบไมโครเวฟกำลังไฟ 300 W เป็นเวลา 2-10 นาที (อุณหภูมิตู้อบไมโครเวฟ 300 W ระยะเวลา 0 นาที = 30° C, 2 นาที = 32° C, 4 นาที = 34°C, 6 นาที = 36° C, 8 นาที = 37.5° C และ 10 นาที = 42°C)



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงปริมาณความชื้นของขิง ข่า ตะไคร้ และใบมะกรูดอบแห้งด้วยวิธีอบไมโครเวฟกำลังไฟ 400 W เป็นเวลา 2-10 นาที (อุณหภูมิตู้อบไมโครเวฟ 400 W ระยะเวลา 0 นาที = 30° C, 2 นาที = 32° C, 4 นาที = 34°C, 6 นาที = 36° C, 8 นาที = 37.5° C และ 10 นาที = 42°C)

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการแปรรูปเครื่องเทศอบแห้ง ได้แก่ ขิง ข่า ตะไคร้ และใบมะกรูด ด้วยวิธีการตากแดด การอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน และการอบแห้งด้วยไมโครเวฟ เมื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำที่ระเหยหลังจากอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยเปรียบเทียบปริมาณน้ำหนักของผักสด เครื่องเทศตากแดด เครื่องเทศอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน และเครื่องเทศอบแห้งด้วยไมโครเวฟ พบว่าตัวอย่างเครื่องเทศที่ผ่านการอบแห้งส่วมมากมีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ไม่เกินค่าที่ยอมรับได้คือ 10^4 CFU/g พบว่าลักษณะทางสัณฐานวิทยาของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนจากการแปรรูปวิธีเดียวกันในเครื่องเทศต่างชนิดกันจะมีลักษณะโคโลนีที่แตกต่างกัน โคโลนีที่เกิดขึ้นมีลักษณะคล้ายแบคทีเรียและรา

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของผักสดจะมีแนวโน้มต่ำกว่าผักอบแห้งเมื่อทดสอบด้วยเครื่องเทศตากแดด ที่อุณหภูมิประมาณ 28-30 °C เครื่องเทศอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 30 °C และเครื่องเทศอบแห้งด้วยไมโครเวฟ กำลังไฟระหว่าง 100 W ถึง 400 W อาจมีสาเหตุจากปริมาณความชื้นในตัวอย่างที่ลดลงจากการอบแห้ง การทำแห้งด้วยการตากแดดกับการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนอุณหภูมิที่เท่ากันอุณหภูมิ 30 °C จะได้การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในการทำแห้งเมื่อตากแดดสูงกว่าอาจมีสาเหตุจากการอบแห้งในที่แจ้ง แต่การใช้ตู้อบลมร้อนไม่ได้มีลมพัดผ่าน ซึ่งเป็นเหตุให้มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์มากจากอากาศ แต่การทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนอุณหภูมิที่เท่ากันนี้จะทำให้ได้ผักอบแห้งที่มีสารฟีนอลิกเหลืออยู่มากกว่า และการอบแห้งด้วยไมโครเวฟ กำลังไฟระหว่าง 100 W ถึง 400 W พบว่าการอบแห้งที่กำลังไฟ 300 W และ 400 W จะมีแนวโน้มมีประสิทธิภาพดีกว่าการอบแห้งด้วยกำลังไฟที่น้อยกว่าที่ทดสอบคือ 100 W และ 180 W

5.2 ข้อเสนอแนะ

การวัดค่าปริมาณ moisture content หรือ water content พบว่าปริมาณน้ำในตัวอย่างยังมีค่าไม่คงที่ ควรจะอบแห้งเพื่อวัดค่าปริมาณน้ำในตัวอย่างที่อุณหภูมิ 105 °C กระทั่งน้ำหนักตัวอย่างคงที่ ซึ่งต้องทำการศึกษาต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2004). ตอนที่ 4 บทที่ 4 การอนุรักษ์พลังงานในระบบอื่นๆ. ตำราฝึกอบรมผู้รับผิดชอบด้านพลังงานอาวุโส (ผอส.) ด้านความร้อน (pp. 4-33 - 4-51).

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. (2536). เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร. กรุงเทพฯ.

กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2530. คุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย.

กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2544. คุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย.

กาญจนา ขยัน, 2552. การอบแห้งตะไคร้ด้วยเทคนิคการให้ความร้อนแบบไดอิเล็กตริกโดยใช้เครื่องอบไมโครเวฟที่ควบคุมอุณหภูมิได้.

ชมภู่ ยิ้มโต. 2550. การถนอมอาหาร. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพ

ชัยณรงค์ รัตนกรีฑากุล และ ชุตินธร หยุนแดง. 2553. การปนเปื้อนโดย *Escherichia coli* ในแปลงผลิตที่มีผลต่อคุณภาพของผักกาดหอมหลังการเก็บเกี่ยว. ว. วิทย. กษ 41: 572-575.

เต็ม สมิตินันทน์,2544. ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย. ส่วนพฤกษศาสตร์ป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

นภาพร เชี่ยวชาญ. 2546. การควบคุมการปนเปื้อนจุลินทรีย์ในผักและผลไม้. จาร์พา 73:38-41.

นันทวัน บุญยะประภัสสร และอรนุช โชคชัยเจริญพร. 2542. สมุนไพรพื้นบ้าน. กรุงเทพ ฯ. ประชาชน จำกัด.

ไพรัช น้อยแสง, มาโนช ดิพิจารย์ และอนุกูล ชังชัว, 2547. การจัดการควบคุมลูกน้ำยุงลายโดยใช้สารสกัดจากผิวเปลือกของผลมะกรูด กรณีศึกษา : อำเภอเมืองนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์.

สมพร ภูติยานันต์, 2551. สมุนไพรใกล้ตัว เล่ม 13 : สมุนไพรแต่งสี กลิ่น รส. วิทยาศาสตร์เภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ตุลย์การพิมพ์, เชียงใหม่.

สุดสายชล หอมทอง นพวัฒน์ ภูคำ วาทินี พิทักษ์พงศ์ ฐิติพรรณ บางบำรุง และ ณัฐาพร เกตุรัตนมาลี. 2554. การแพร่กระจายของ Staphylococcus aureus ในผลไม้พร้อมบริโภคบริเวณอำเภอเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ออนไลน์

American Public Health Association. 2005. Standard Methods for the Examination of water and Wastewater. 21th Edition, American Public Health Association.

Banerjee, M., Sarkar, P.K., 2004. Growth and enterotoxin production by sporeforming bacterial pathogens from spices. Food Control 15, 491e496.

Bourdoux, S., Li, D., Rajkovic, A., Devlieghere, F., & Uyttendaele, M., 2016. Performance of drying technologies to ensure microbial safety of dried fruits and vegetables. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 15(6), 1056-1066.

Burt, S., 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods e a review. Int. J. Food Microbiol. 94, 223e253.

Ganesapillai, M., Murugan, P., & Singh, A. (2012). Experimental analysis of microwave drying kinetics and characterization of ginger rhizomes. *Journal of Food Processing and Preservation*, *36*(5), 401-411.

Gümüşay, Ö. A., Borazan, A. A., Ercal, N., & Demirkol, O. (2015). Drying effects on the antioxidant properties of tomatoes and ginger. *Food chemistry*, *173*, 156-162.

Jelled, A., Fernandes, Â., Barros, L., Chahdoura, H., Achour, L., Ferreira, I. C., & Cheikh,
H. B. (2015). Chemical and antioxidant parameters of dried forms of ginger rhizomes. *Industrial Crops and Products*, *77*, 30-35.

McKee, L.H., 1995. Microbial contamination of spices and herbs: a review. Leb. Wiss. Technol. 28, 1e11.

Martin, H. 2005 Manure composting as a pathogen reduction strategy. http://www.exposantd.be/site/wp-content/ uploads/ 2012/07/ AspectSanitaire.pdf. Accessed Dec. 22, 2012.

Silva, FVM, and Gibbs, PA. (2011). Thermal pasteurization requirement for the inactivation of Salmonella in food. Food Research International Doi: 10.1016/j.foodres2011.06.018

Tauxe, R.V. 1997. Emerging food bone disease:An evolving public health challenge. Special issue: Emerg. Infect. Dis. 3: 425-434.

Tsai., T.H., Tsai, P.J. and Ho, S.C. 2005. Antioxidant and Anti-Inflammatory Activities of Several Commonly Species. Journal of Food Science. 70(1) : 93 – 97.

Van Doren, J., Neil, K., Parish, M., Gieraltowski, L., Gould, L., Gombas, K., 2013. Foodborne illness outbreaks from microbial contaminants in spices, 1973-2010. Food Microbiol. 36, 456e464.

Vitullo, M., Ripabelli, G., Fanelli, I., Tamburro, M., Delfine, S., & Sammarco, M. L. (2011). Microbiological and toxicological quality of dried herbs. *Letters in applied microbiology*, *52* (6), 573-580.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

อาหารเลี้ยงเชื้อ และ สารละลาย

1. อาหาร Plate Count Agar (PCA) (gm/lit)

Tryptone	5.00	กรัม
Yeast extract	2.50	กรัม
Dextrose	1.00	กรัม
Agar	15.00	กรัม

pH 7.0

ละลายส่วนผสมทั้งหมดในน้ำกลั่น 1 ลิตร จากนั้นใส่ขวด Duran เท่าๆกัน นำไปฆ่าเชื้อด้วยเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อความดันไอ (autoclave) ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที

2. สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl 0.85%)

โซเดียมคลอไรด์	0.85	กรัม
น้ำกลั่น	100	มิลลิลิตร

ละลายโซเดียมคลอไรด์ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร จากนั้นปิเปตใส่หลอดทดลอง ปริมาตรหลอดละ 4.5 มิลลิลิตร นำไปฆ่าเชื้อด้วยเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อความดันไอ (autoclave) ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที

ภาคผนวก ข

สีย้อมและน้ำยา

1. สีย้อม Crystal violet

1.1 สารละลาย A

Crystal violet	2.00	กรัม
95% ethanol	20.0	มิลลิลิตร

1.2 สารละลาย B

Ammonium oxalate	0.80	กรัม
น้ำกลั่น	80.0	มิลลิลิตร

ผสมสารละลาย A และ สารละลาย B เข้าด้วยกัน ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมงแล้วกรองตะกอนออก

2. สีย้อม Safranin

Safranin O	0.25	กรัม
95% ethanol	10.0	มิลลิลิตร
น้ำกลั่น	90.0	มิลลิลิตร

เตรียมสารละลาย Safranin 2.5% ด้วย ethanol แล้วจึงเติมน้ำกลั่น

3. สีย้อม Lactophenol cotton blue

Lactic acid	20.00	กรัม
Phenol crystal	20.00	กรัม
Glycerol	40.00	กรัม
น้ำกลั่น	20.00	มิลลิลิตร

ละลายส่วนผสมทั้งหมดในน้ำกลั่น จากนั้นเติม 0.05 กรัมของ cotton blue ลงในส่วนผสม

4. สารละลายไอโอดีน

Iodine	1.00	กรัม
Potassium iodine	2.00	กรัม
น้ำกลั่น	300	มิลลิลิตร

บด Iodine และ Potassium iodine เติมน้ำจน Iodine ละลายหมด แล้วจึงเก็บในขวดสีชา

ภาคผนวก ค

สารเคมีและวิธีการวิเคราะห์

1. สารเคมี

1.1 การเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก (gallic acid) ความเข้มข้น 1,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

1.1.1 ชั่งกรดแกลลิก 0.001 กรัม ละลายในน้ำกลั่นจากนั้นปรับปริมาตรให้มีปริมาตร 1 มิลลิลิตร

1.2 การเตรียมสารละลาย Folin-Ciocalteu phenol reagent ความเข้มข้น 10% โดยปริมาตร

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

1.3 การเตรียมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ความเข้มข้น 7.5% โดยมวลต่อปริมาตร

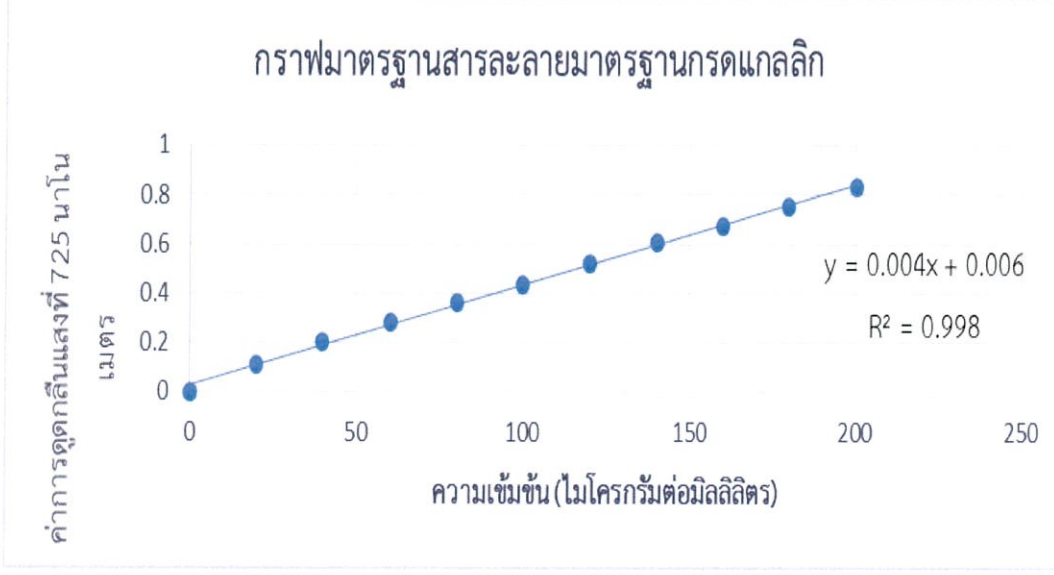
1.3.1 ชั่งโซเดียมคาร์บอเนต 1.125 กรัม แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 15 มิลลิลิตรในขวดปรับปริมาตร จากนั้นเก็บสารละลายที่ได้ในขวดสีชา

2. วิธีการวิเคราะห์

2.1 การวิเคราะห์หาปริมาณสาประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content)

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

ความเข้มข้น (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)	ค่าการดูดกลืนแสง
0	0
20	0.113
40	0.201
60	0.28
80	0.36
100	0.436
120	0.524
140	0.611
160	0.673
180	0.756
200	0.832



รูปที่ ผ-1 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกที่ความเข้มข้น 1,000 µg/ml

ตัวอย่างวิธีการคำนวณ

หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในเครื่องเทศอบแห้งโดยการตากแดด ได้แก่ ขิง ข่า ตะไคร้ และมะกรูด ที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

ขิง

- ซ้ำที่ 1

ค่าการดูดกลืนแสง (y) = 0.196

จากสมการเส้นตรง y = 0.004x + 0.006

แทนค่า y = ลงในสมการ

0.196 = 0.004x + 0.006

จะได้ x = 47.50 ไมโครกรัมแกลลิกต่อไมโครกรัมตัวอย่าง

- ซ้ำที่ 2

ค่าการดูดกลืนแสง (y) = 0.212

จากสมการเส้นตรง y = 0.004x + 0.006

แทนค่า y = ลงในสมการ

0.212 = 0.004x + 0.006

จะได้ x = 51.50 ไมโครกรัมแกลลิกต่อไมโครกรัมตัวอย่าง

- ซ้ำที่ 3

ค่าการดูดกลืนแสง (y) = 0.196

จากสมการเส้นตรง y = 0.004x + 0.006

แทนค่า y = ลงในสมการ

0.196 = 0.004x + 0.006

จะได้ x = 47.50 ไมโครกรัมแกลลิกต่อไมโครกรัมตัวอย่าง

ข่า

- ซ้ำที่ 1

ค่าการดูดกลืนแสง (y) = 0.149

จากสมการเส้นตรง y = 0.004x + 0.006

แทนค่า y = ลงในสมการ

0.149 = 0.004x + 0.006

จะได้ x = 35.75 ไมโครกรัมแกลลิกต่อไมโครกรัมตัวอย่าง

- ซ้ำที่ 2

ค่าการดูดกลืนแสง (y) = 0.158

จากสมการเส้นตรง y = 0.004x + 0.006

แทนค่า y = ลงในสมการ

0.158 = 0.004x + 0.006

จะได้ x = 38.00 ไมโครกรัมแกลลิกต่อไมโครกรัมตัวอย่าง

- ซ้ำที่ 3

ค่าการดูดกลืนแสง (y) = 0.129

จากสมการเส้นตรง y = 0.004x + 0.006

แทนค่า y = ลงในสมการ

0.129 = 0.004x + 0.006

จะได้ x = 30.75 ไมโครกรัมแกลลิกต่อไมโครกรัมตัวอย่าง

ตะไคร้

- ซ้ำที่ 1

ค่าการดูดกลืนแสง (y) = 0.168

จากสมการเส้นตรง y = 0.004x + 0.006

แทนค่า y = ลงในสมการ

0.168 = 0.004x + 0.006

จะได้ x = 40.50 ไมโครกรัมแกลลิกต่อไมโครกรัมตัวอย่าง

- ซ้ำที่ 2

ค่าการดูดกลืนแสง (y) = 0.1117

จากสมการเส้นตรง y = 0.004x + 0.006

แทนค่า y = ลงในสมการ

0.117 = 0.004x + 0.006

จะได้ x = 27.75 ไมโครกรัมแกลลิกต่อไมโครกรัมตัวอย่าง

- ซ้ำที่ 3

ค่าการดูดกลืนแสง (y) = 0.172

จากสมการเส้นตรง y = 0.004x + 0.006

แทนค่า y = ลงในสมการ

0.172 = 0.004x + 0.006

จะได้ x = 41.50 ไมโครกรัมแกลลิกต่อไมโครกรัมตัวอย่าง

มะกรูด

- ซ้ำที่ 1

ค่าการดูดกลืนแสง (y) = 0.164

จากสมการเส้นตรง y = 0.004x + 0.006

แทนค่า y = ลงในสมการ

0.164 = 0.004x + 0.006

จะได้ x = 39.50 ไมโครกรัมแกลลิกต่อไมโครกรัมตัวอย่าง

- ซ้ำที่ 2

ค่าการดูดกลืนแสง (y) = 0.173

จากสมการเส้นตรง y = 0.004x + 0.006

แทนค่า y = ลงในสมการ

0.173 = 0.004x + 0.006

จะได้ x = 41.75 ไมโครกรัมแกลลิกต่อไมโครกรัมตัวอย่าง

- ซ้ำที่ 3

ค่าการดูดกลืนแสง (y) = 0.182

จากสมการเส้นตรง y = 0.004x + 0.006

แทนค่า y = ลงในสมการ

0.182 = 0.004x + 0.006

จะได้ x = 44.00 ไมโครกรัมแกลลิกต่อไมโครกรัมตัวอย่าง

ภาคผนวก ง

ค่าการดูดกลืนแสงของเครื่องเทศ

ตารางที่ ผ- 2 แสดงค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตรของผักสด (ไม่อบแห้ง) และเครื่องเทศอบแห้งโดยการ ตากแดด และอบลมร้อน

ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร									
ความเข้มข้น 100 (µg/ml)									
รูปแบบการอบแห้ง	ผักสด (ไม่อบแห้ง)			ตากแดด			อบลมร้อน		
ซ้ำที่ / เครื่องเทศ	1	2	3	1	2	3	1	2	3
ขิง	0.17	0.11	0.12	0.19	0.21	0.19	0.34	0.27	0.19
ข่า	0.11	0.11	0.11	0.14	0.15	0.12	-	-	-
ตะไคร้	0.12	0.11	0.11	0.16	0.11	0.17	0.18	0.17	0.17
มะกรูด	0.12	0.13	0.12	0.16	0.17	0.18	0.25	0.26	0.25

ตารางที่ ผ- 3 แสดงค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตรของเครื่องเทศอบแห้งโดยการอบไมโครเวฟที่กำลังไฟ 100, 180, 300 และ 400 วัตต์

ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร												
ความเข้มข้น 100 (µg/ml)												
กำลังไฟ (วัตต์)	100			180			300			400		
ซ้ำที่ / เครื่องเทศ	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
ขิง	0.16	0.00	0.11	0.09	0.08	0.09	0.12	0.10	0.25	0.11	0.12	0.13
ข่า	0.08	0.08	0.08	0.08	0.10	0.08	0.10	0.10	0.11	0.14	0.13	0.14
ตะไคร้	0.07	0.10	0.08	0.10	0.08	0.08	0.09	0.09	0.11	0.11	0.12	0.12
มะกรูด	0.19	0.15	0.13	0.12	0.12	0.14	0.18	0.17	0.17	0.14	0.16	0.15

ภาคผนวก จ

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

1. ผลการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนใน ขิง ข่า ตะไคร้ และมะกรูด

1.1 ผักสด (ไม่อบแห้ง)

ตารางที่ ผ-4 แสดงผลทางสถิติในการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในผักสด (ไม่อบแห้ง)

Descriptives

TPC (microbes)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
ginger	3	27272.72727	9090.909090	5248.638810	4689.65717	49855.79737	18181.818	36363.636
Galangal	3	15151.51515	1.892424E4	1.092591E4	-31858.89405	62161.92435	.000	36363.636
lemongrass	3	3030.30303	5248.638811	3030.303030	-10008.03858	16068.64464	.000	9090.909
bergamot	3	3030.30303	5248.638811	3030.303030	-10008.03858	16068.64464	.000	9090.909
Total	12	12121.21212	1.415453E4	4086.059772	3127.85520	21114.56904	.000	36363.636

ANOVA

TPC (microbes)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.212E9	3	4.040E8	3.259	.081
Within Groups	9.917E8	8	1.240E8		
Total	2.204E9	11			

TPC (microbes)

			Subset for alpha = 0.05	
	spices	N	1	2
Duncan[a]	lemongrass	3	3030.30303	
	bergamot	3	3030.30303	
	Galangal	3	15151.51515	15151.51515
	ginger	3		27272.72727
	Sig.		.237	.219

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

1.2 ตากแดด

ตารางที่ ผ-5 แสดงผลทางสถิติในการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในเครื่องเทศอบแห้งโดยการตากแดดเป็นระยะเวลา 2 วัน

Descriptives

TPC (microbes)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
ginger	3	11111.11111	9266.305149	5349.903772	-11907.66696	34129.88918	3921.569	21568.627
Galangal	3	1111.11111	962.250449	555.555556	-1279.25152	3501.47374	.000	1666.667
lemongrass	3	1071.81136	928.215867	535.905681	-1234.00468	3377.62740	.000	1607.717
bergamot	3	.00000	.000000	.000000	.00000	.00000	.000	.000
Total	12	3323.50840	6181.171996	1784.350658	-603.82092	7250.83771	.000	21568.627

ANOVA

TPC (microbes)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.450E8	3	8.166E7	3.726	.061
Within Groups	1.753E8	8	2.191E7		
Total	4.203E8	11			

TPC (microbes)

	spices	N	Subset for alpha = 0.05	
			1	2
Duncan[a]	bergamot	3	.00000	
	lemongrass	3	1071.81136	
	Galangal	3	1111.11111	
	ginger	3		11111.11111
	Sig.		.787	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางที่ ผ-6 แสดงผลทางสถิติในการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในเครื่องเทศอบแห้งโดยการตากแดดเป็นระยะเวลา 4 วัน

Descriptives

TPC (microbes)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
ginger	3	2.94118E5	.000000	.000000	2.94118E5	2.94118E5	294117.647	294117.647
Galangal	3	97777.77778	2.123502E4	1.226004E4	45027.07246	1.50528E5	73333.333	111666.667
lemongrass	3	32154.34084	1.678506E4	9690.858159	-9542.05647	73850.73815	12861.736	43408.360
bergamot	3	2343.75000	1562.500000	902.109796	-1537.71517	6225.21517	781.250	3906.250
Total	12	1.06598E5	1.192503E5	3.442459E4	30830.37715	1.82366E5	781.250	294117.647

ANOVA

TPC (microbes)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.550E11	3	5.165E10	281.060	.000
Within Groups	1.470E9	8	1.838E8		
Total	1.564E11	11			

TPC (microbes)

	spices	N	Subset for alpha = 0.05			
			1	2	3	4
Duncan[a]	bergamot	3	2343.75000			
	lemongrass	3		32154.34084		
	Galangal	3			97777.77778	
	ginger	3				2.94118E5
	Sig.		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-7 แสดงผลทางสถิติในการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในเครื่องเทศอบแห้งโดยการตากแดดเป็นระยะเวลา 6 วัน

Descriptives

TPC (microbes)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
ginger	3	7783.41794	7636.740506	4409.074187	-11187.29715	26754.13302	507.614	15736.041
Galangal	3	1.41176E5	5.393939E4	3.114192E4	7183.59528	2.75169E5	80392.157	183333.333
lemongrass	3	13275.61327	7170.134632	4139.679160	-4535.98856	31087.21511	6493.506	20779.221
bergamot	3	1.09115E5	8.798115E4	5.079594E4	-1.09443E5	3.27672E5	7812.500	166406.250
Total	12	67837.52128	7.538834E4	2.176274E4	19938.05353	1.15737E5	507.614	183333.333

ANOVA

TPC (microbes)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4.100E10	3	1.367E10	5.080	.029
Within Groups	2.152E10	8	2.690E9		
Total	6.252E10	11			

TPC (microbes)

	spices	N	Subset for alpha = 0.05	
			1	2
Duncan[a]	ginger	3	7783.41794	
	lemongrass	3	13275.61327	
	bergamot	3	1.09115E5	1.09115E5
	Galangal	3		1.41176E5
	Sig.		.051	.471

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

1.3 อบลมร้อน

ตารางที่ ผ-8 แสดงผลทางสถิติในการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในเครื่องเทศอบแห้งโดยการอบลมร้อนเป็นระยะเวลา 2 วัน

Descriptives

TPC (microbes)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
ginger	3	1525.82160	406.584697	234.741784	515.80922	2535.83397	1056.338	1760.563
lemongrass	3	.00000	.000000	.000000	.00000	.00000	.000	.000
bergamot	3	1.87500E5	.000000	.000000	1.87500E5	1.87500E5	187500.000	187500.000
Total	9	63008.60720	9.337110E4	3.112370E4	-8762.77641	1.34780E5	.000	187500.000

ANOVA

TPC (microbes)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6.974E10	2	3.487E10	632851.938	.000
Within Groups	330622.231	6	55103.705		
Total	6.975E10	8			

TPC (microbes)

	spices	N	Subset for alpha = 0.05		
			1	2	3
Duncan[a]	lemongrass	3	.00000		
	ginger	3		1525.82160	
	bergamot	3			1.87500E5
	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-9 แสดงผลทางสถิติในการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในเครื่องเทศอบแห้งโดยการอบลมร้อนเป็นระยะเวลา 4 วัน

Descriptives

TPC (microbes)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
ginger	3	1.05634E5	.000000	.000000	1.05634E5	1.05634E5	105633.803	105633.803
lemongrass	3	1.32704E5	7143.280945	4124.175176	1.14960E5	1.50449E5	124528.302	137735.849
bergamot	3	1041.66667	954.703270	551.198190	-1329.94773	3413.28106	.000	1875.000
Total	9	79793.29067	6.032338E4	2.010779E4	33424.63388	1.26162E5	.000	137735.849

ANOVA

TPC (microbes)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.901E10	2	1.450E10	837.752	.000
Within Groups	1.039E8	6	1.731E7		
Total	2.911E10	8			

TPC (microbes)

		N	Subset for alpha = 0.05		
			1	2	3
Duncan[a]	bergamot	3	1041.66667		
	ginger	3		1.05634E5	
	lemongrass	3			1.32704E5
	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-10 แสดงผลทางสถิติในการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในเครื่องเทศอบแห้งโดยการอบลมร้อนเป็นระยะเวลา 6 วัน

Descriptives

TPC (microbes)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
ginger	3	2.02703E5	.000000	.000000	2.02703E5	2.02703E5	202702.703	202702.703
lemongrass	3	4136.25304	1685.694216	973.236010	-51.24353	8323.74962	2189.781	5109.489
bergamot	3	1251.95618	717.147996	414.045588	-529.53820	3033.45056	469.484	1877.934
Total	9	69363.63731	1.000163E5	3.333876E4	-7515.69023	1.46243E5	469.484	202702.703

ANOVA

TPC (microbes)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	8.002E10	2	4.001E10	35766.931	.000
Within Groups	6711732.479	6	1118622.080		
Total	8.003E10	8			

TPC (microbes)

	spices	N	Subset for alpha = 0.05		
			1	2	3
Duncan[a]	bergamot	3	1251.95618		
	lemongrass	3		4136.25304	
	ginger	3			2.02703E5
	Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

1.4 อบไมโครเวฟ

ตารางที่ ผ-11 แสดงผลทางสถิติในการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในเครื่องเทศอบแห้งโดยการอบไมโครเวฟ กำลังไฟ 100 วัตต์เป็นระยะเวลา 4 นาที

Descriptives

TPC (microbes)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
ginger	3	869.56522	.000000	.000000	869.56522	869.56522	869.565	869.565
Galangal	3	.00000	.000000	.000000	.00000	.00000	.000	.000
lemongrass	3	109.64912	189.917852	109.649123	-362.13297	581.43122	.000	328.947
bergamot	3	231.48148	400.937687	231.481481	-764.50295	1227.46591	.000	694.444
Total	12	302.67396	399.949108	115.455363	48.55842	556.78950	.000	869.565

ANOVA

TPC (microbes)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1365912.542	3	455304.181	9.253	.006
Within Groups	393639.638	8	49204.955		
Total	1759552.180	11			

TPC (microbes)

	spices	N	Subset for alpha = 0.05	
			1	2
Duncan[a]	Galangal	3	.00000	
	lemongrass	3	109.64912	
	bergamot	3	231.48148	
	ginger	3		869.56522
	Sig.		.255	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางที่ ผ-12 แสดงผลทางสถิติในการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในเครื่องเทศอบแห้งโดยการอบไมโครเวฟ กำลังไฟ 100 วัตต์เป็นระยะเวลา 10 นาที

Descriptives

TPC (microbes)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
ginger	3	462.96296	400.937687	231.481481	-533.02147	1458.94739	.000	694.444
Galangal	3	.00000	.000000	.000000	.00000	.00000	.000	.000
lemongrass	3	675.67568	675.675676	390.101533	-1002.79575	2354.14710	.000	1351.351
bergamot	3	153.60983	266.060032	153.609831	-507.31993	814.53959	.000	460.829
Total	12	323.06212	447.937547	129.308432	38.45618	607.66806	.000	1351.351

ANOVA

TPC (microbes)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	830975.331	3	276991.777	1.610	.262
Within Groups	1376153.176	8	172019.147		
Total	2207128.507	11			

TPC (microbes)

	spices	N	Subset for alpha = 0.05
			1
Duncan[a]	Galangal	3	.00000
	bergamot	3	153.60983
	ginger	3	462.96296
	lemongrass	3	675.67568
	Sig.		.098

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางที่ ผ-13 แสดงผลทางสถิติในการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในเครื่องเทศอบแห้งโดยการอบไมโครเวฟ กำลังไฟ 180 วัตต์เป็นระยะเวลา 4 นาที

Descriptives

TPC (microbes)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
ginger	3	19455.25292	2058.950440	1188.735591	14340.53648	24569.96935	17898.833	21789.883
Galangal	3	.00000	.000000	.000000	.00000	.00000	.000	.000
lemongrass	3	.00000	.000000	.000000	.00000	.00000	.000	.000
bergamot	3	709.21986	307.101207	177.304964	-53.66183	1472.10155	531.915	1063.830
Total	12	5041.11819	8742.489145	2523.739231	-513.59440	10595.83079	.000	21789.883

ANOVA

TPC (microbes)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	8.321E8	3	2.774E8	256.008	.000
Within Groups	8667176.128	8	1083397.016		
Total	8.407E8	11			

TPC (microbes)

	spices	N	Subset for alpha = 0.05	
			1	2
Duncan[a]	Galangal	3	.00000	
	lemongrass	3	.00000	
	bergamot	3	709.21986	
	ginger	3		19455.25292
	Sig.		.446	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางที่ ผ-14 แสดงผลทางสถิติในการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในเครื่องเทศอบแห้งโดยการอบไมโครเวฟ กำลังไฟ 180 วัตต์เป็นระยะเวลา 10 นาที

Descriptives

TPC (microbes)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
ginger	3	.00000	.000000	.000000	.00000	.00000	.000	.000
Galangal	3	.00000	.000000	.000000	.00000	.00000	.000	.000
lemongrass	3	.00000	.000000	.000000	.00000	.00000	.000	.000
bergamot	3	.00000	.000000	.000000	.00000	.00000	.000	.000
Total	12	.00000	.000000	.000000	.00000	.00000	.000	.000

ANOVA

TPC (microbes)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.000	3	.000	.	.
Within Groups	.000	8	.000		
Total	.000	11			

ตารางที่ ผ-15 แสดงผลทางสถิติในการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในเครื่องเทศอบแห้งโดยการอบไมโครเวฟ กำลังไฟ 300 วัตต์เป็นระยะเวลา 4 นาที

Descriptives

TPC (microbes)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
ginger	3	1587.30159	2384.229674	1376.535644	-4335.45326	7510.05643	.000	4329.004
Galangal	3	.00000	.000000	.000000	.00000	.00000	.000	.000
lemongrass	3	.00000	.000000	.000000	.00000	.00000	.000	.000
bergamot	3	146.19883	253.223802	146.198830	-482.84397	775.24163	.000	438.596
Total	12	433.37510	1238.264195	357.456083	-353.38043	1220.13064	.000	4329.004

ANOVA

TPC (microbes)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5368933.508	3	1789644.503	1.245	.356
Within Groups	1.150E7	8	1437168.358		
Total	1.687E7	11			

TPC (microbes)

	spices	N	Subset for alpha = 0.05
			1
Duncan[a]	Galangal	3	.00000
	lemongrass	3	.00000
	bergamot	3	146.19883
	ginger	3	1587.30159
	Sig.		.166

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางที่ ผ-16 แสดงผลทางสถิติในการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในเครื่องเทศอบแห้งโดยการอบไมโครเวฟ กำลังไฟ 300 วัตต์เป็นระยะเวลา 10 นาที

Descriptives

TPC (microbes)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
ginger	3	3533.02611	3236.759985	1868.744249	-4507.53143	11573.58366	460.829	6912.442
Galangal	3	537.63441	615.937593	355.611735	-992.43939	2067.70821	.000	1209.677
lemongrass	3	1273.88535	1273.885351	735.478050	-1890.62129	4438.39199	.000	2547.771
bergamot	3	.00000	.000000	.000000	.00000	.00000	.000	.000
Total	12	1336.13647	2060.819629	594.907384	26.75414	2645.51879	.000	6912.442

ANOVA

TPC (microbes)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.176E7	3	7253065.517	2.325	.151
Within Groups	2.496E7	8	3119694.552		
Total	4.672E7	11			

TPC (microbes)

	spices	N	Subset for alpha = 0.05
			1
Duncan[a]	bergamot	3	.00000
	Galangal	3	537.63441
	lemongrass	3	1273.88535
	ginger	3	3533.02611
	Sig.		.051

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางที่ ผ-17 แสดงผลทางสถิติในการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในเครื่องเทศอบแห้งโดยการอบไมโครเวฟ กำลังไฟ 400 วัตต์เป็นระยะเวลา 4 นาที

Descriptives

TPC (microbes)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
ginger	3	234.74178	203.292348	117.370892	-270.26440	739.74797	.000	352.113
Galangal	3	148.80952	257.745656	148.809524	-491.46618	789.08523	.000	446.429
lemongrass	3	297.61905	515.491312	297.619048	-982.93236	1578.17046	.000	892.857
bergamot	3	.00000	.000000	.000000	.00000	.00000	.000	.000
Total	12	170.29259	285.476353	82.409925	-11.09043	351.67561	.000	892.857

ANOVA

TPC (microbes)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	149480.441	3	49826.814	.534	.672
Within Groups	746983.789	8	93372.974		
Total	896464.230	11			

TPC (microbes)

	spices	N	Subset for alpha = 0.05
			1
Duncan[a]	bergamot	3	.00000
	Galangal	3	148.80952
	ginger	3	234.74178
	lemongrass	3	297.61905
	Sig.		.294

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางที่ ผ-18 แสดงผลทางสถิติในการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในเครื่องเทศอบแห้งโดยการอบไมโครเวฟ กำลังไฟ 400 วัตต์เป็นระยะเวลา 10 นาที

Descriptives

TPC (microbes)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
ginger	3	684.93151	684.931507	395.445390	-1016.53268	2386.39569	.000	1369.863
Galangal	3	.00000	.000000	.000000	.00000	.00000	.000	.000
lemongrass	3	3424.65753	4745.344678	2739.726027	-8363.43214	15212.74720	684.932	8904.110
bergamot	3	148.80952	257.745656	148.809524	-491.46618	789.08523	.000	446.429
Total	12	1064.59964	2507.550697	723.867535	-528.62206	2657.82134	.000	8904.110

ANOVA

TPC (microbes)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.306E7	3	7686065.086	1.334	.330
Within Groups	4.611E7	8	5763465.027		
Total	6.917E7	11			

TPC (microbes)

	spices	N	Subset for alpha = 0.05
			1
Duncan[a]	Galangal	3	.00000
	bergamot	3	148.80952
	ginger	3	684.93151
	lemongrass	3	3424.65753
	Sig.		.139

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

2. ผลการวิเคราะห์หาสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content)

2.1 ผักสด (ไม่อบแห้ง)

ตารางที่ ผ-19 แสดงผลทางสถิติในการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของผักสด (ไม่อบแห้ง) ที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

Descriptives

Phenolic

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
ginger	3	330.83333	78.435217	45.284594	135.98945	525.67721	272.500	420.000
Galangal	3	273.33333	10.103630	5.833333	248.23453	298.43214	262.500	282.500
lemongrass	3	275.00000	12.500000	7.216878	243.94828	306.05172	262.500	287.500
bergamot	3	298.33333	14.433757	8.333333	262.47789	334.18877	290.000	315.000
Total	12	294.37500	42.347655	12.224715	267.46858	321.28142	262.500	420.000

ANOVA

Phenolic

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6489.062	3	2163.021	1.307	.337
Within Groups	13237.500	8	1654.688		
Total	19726.563	11			

Phenolic

	spices	N	Subset for alpha = 0.05
			1
Duncan[a]	Galangal	3	273.33333
	lemongrass	3	275.00000
	bergamot	3	298.33333
	ginger	3	330.83333
	Sig.		.142

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

2.2 ตากแดด

ตารางที่ ผ-20 แสดงผลทางสถิติในการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของเครื่องเทศอบแห้งโดยการตากแดด ที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

Descriptives

Phenolic

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
ginger	3	488.33333	23.094011	13.333333	430.96463	545.70204	475.000	515.000
Galangal	3	348.33333	37.109073	21.424934	256.14928	440.51738	307.500	380.000
lemongrass	3	365.83333	76.662138	44.260906	175.39403	556.27264	277.500	415.000
bergamot	3	417.50000	22.500000	12.990381	361.60690	473.39310	395.000	440.000
Total	12	405.00000	68.837754	19.871748	361.26258	448.73742	277.500	515.000

ANOVA

Phenolic

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	35537.500	3	11845.833	5.713	.022
Within Groups	16587.500	8	2073.438		
Total	52125.000	11			

Phenolic

	spices	N	Subset for alpha = 0.05	
			1	2
Duncan[a]	Galangal	3	348.33333	
	lemongrass	3	365.83333	
	bergamot	3	417.50000	417.50000
	ginger	3		488.33333
	Sig.		.112	.093

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

2.3 อบลมร้อน

ตารางที่ ผ-21 แสดงผลทางสถิติในการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของเครื่องเทศอบแห้งโดยการอบลมร้อน ที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

Descriptives

Phenolic

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
ginger	3	670.00000	194.052184	112.036080	187.94765	1152.05235	470.000	857.500
lemongrass	3	435.00000	19.843135	11.456439	385.70692	484.29308	420.000	457.500
bergamot	3	629.16667	22.407216	12.936812	573.50406	684.82928	615.000	655.000
Total	9	578.05556	146.499668	48.833223	465.44594	690.66517	420.000	857.500

ANOVA

Phenolic

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	94593.056	2	47296.528	3.680	.091
Within Groups	77104.167	6	12850.694		
Total	171697.222	8			

Phenolic

	spices	N	Subset for alpha = 0.05	
			1	2
Duncan[a]	lemongrass	3	435.00000	
	bergamot	3	629.16667	629.16667
	ginger	3		670.00000
	Sig.		.081	.675

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

2.4 อบไมโครเวฟ

ตารางที่ ผ-22 แสดงผลทางสถิติในการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของเครื่องเทศอบแห้งโดยการอบไมโครเวฟ กำลังไฟ 100 วัตต์ ที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

Descriptives

Phenolic

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
ginger	3	222.75000	194.458061	112.270414	-260.31060	705.81060	8.250	387.500
Galangal	3	198.33333	5.204165	3.004626	185.40547	211.26120	192.500	202.500
lemongrass	3	206.66667	26.496855	15.297966	140.84483	272.48850	182.500	235.000
bergamot	3	386.66667	65.875514	38.033246	223.02282	550.31052	332.500	460.000
Total	12	253.60417	119.663233	34.543800	177.57378	329.63456	8.250	460.000

ANOVA

Phenolic

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	71746.807	3	23915.602	2.231	.162
Within Groups	85765.375	8	10720.672		
Total	157512.182	11			

Phenolic

	spices	N	Subset for alpha = 0.05
			1
Duncan[a]	Galangal	3	198.33333
	lemongrass	3	206.66667
	ginger	3	222.75000
	bergamot	3	386.66667
	Sig.		.070

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางที่ ผ-23 แสดงผลทางสถิติในการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของเครื่องเทศอบแห้งโดยการอบไมโครเวฟ กำลังไฟ 180 วัตต์ ที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

Descriptives

Phenolic

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
ginger	3	211.66667	5.204165	3.004626	198.73880	224.59453	207.500	217.500
Galangal	3	210.83333	29.615593	17.098570	137.26412	284.40254	192.500	245.000
lemongrass	3	215.00000	30.413813	17.559423	139.44790	290.55210	195.000	250.000
bergamot	3	314.16667	20.816660	12.018504	262.45522	365.87812	297.500	337.500
Total	12	237.91667	50.281405	14.514991	205.96939	269.86395	192.500	337.500

ANOVA

Phenolic

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	23285.417	3	7761.806	13.723	.002
Within Groups	4525.000	8	565.625		
Total	27810.417	11			

phenolic

	spices	N	Subset for alpha = 0.05	
			1	2
Duncan[a]	Galangal	3	210.83333	
	ginger	3	211.66667	
	lemongrass	3	215.00000	
	bergamot	3		314.16667
	Sig.		.842	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางที่ ผ-24 แสดงผลทางสถิติในการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของเครื่องเทศอบแห้งโดยการอบไมโครเวฟ กำลังไฟ 300 วัตต์ ที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

Descriptives

Phenolic

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
ginger	3	391.66667	200.005208	115.473061	-105.17381	888.50715	247.500	620.000
Galangal	3	257.50000	7.500000	4.330127	238.86897	276.13103	250.000	265.000
lemongrass	3	234.16667	29.825884	17.219982	160.07506	308.25827	210.000	267.500
bergamot	3	428.33333	25.289985	14.601180	365.50953	491.15714	412.500	457.500
Total	12	327.91667	123.163017	35.554101	249.66262	406.17071	210.000	620.000

ANOVA

Phenolic

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	83685.417	3	27895.139	2.683	.118
Within Groups	83175.000	8	10396.875		
Total	166860.417	11			

Phenolic

	spices	N	Subset for alpha = 0.05
			1
Duncan[a]	lemongrass	3	234.16667
	Galangal	3	257.50000
	ginger	3	391.66667
	bergamot	3	428.33333
	Sig.		.060

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางที่ ผ-25 แสดงผลทางสถิติในการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของเครื่องเทศอบแห้งโดยการอบไมโครเวฟ กำลังไฟ 400 วัตต์ ที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

Descriptives

Phenolic

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
ginger	3	290.00000	27.838822	16.072751	220.84453	359.15547	260.000	315.000
Galangal	3	339.16667	12.332207	7.120003	308.53177	369.80157	325.000	347.500
lemongrass	3	290.83333	12.829004	7.406829	258.96432	322.70234	280.000	305.000
bergamot	3	372.50000	33.634060	19.418634	288.94836	456.05164	335.000	400.000
Total	12	323.12500	41.507461	11.982172	296.75242	349.49758	260.000	400.000

ANOVA

Phenolic

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	14505.729	3	4835.243	8.701	.007
Within Groups	4445.833	8	555.729		
Total	18951.563	11			

Phenolic

	spices	N	Subset for alpha = 0.05	
			1	2
Duncan[a]	ginger	3	290.00000	
	lemongrass	3	290.83333	
	Galangal	3		339.16667
	bergamot	3		372.50000
	Sig.		.967	.122

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

งานทะเบียนคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

คำรับรองเล่มโครงงานพิเศษ

วันที่ 16 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2561

ข้าพเจ้า นางสาวกชกร แสงมหาไชย รหัสประจำตัว 57050787

นางสาวประภาศรี แสนกล้า รหัสประจำตัว 57050847

นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา เทคโนโลยีชีวภาพ ภาควิชา ชีววิทยา

ขอรับรองว่าโครงงานพิเศษ เรื่อง

ชื่อภาษาไทย การศึกษาประสิทธิภาพของการทำแห้ง ขิง ข่า ตะไคร้ และมะกรูด โดยการทำแห้งแบบตากแดด, ตู้อบลมร้อน และเตาอบไมโครเวฟ

ชื่อภาษาอังกฤษ STUDY ON AN EFFECT OF GINGER, GALANGAL, LEMONGRASS AND BERGAMOT DRYING WITH SUN DRYING, HOT AIR OVEN DRYING AND MICROWAVE DRYING

ปีการศึกษา 2560

เป็นผลงานวิจัยที่มิได้คัดลอกหรือละเมิดลิขสิทธิ์ของผู้อื่นและได้ผ่านการตรวจสอบความซ้ำซ้อนเรียบร้อยแล้ว และได้แนบเอกสารการตรวจสอบการลอกเลียนงานวรรณกรรมที่ตรวจสอบจากเล่มโครงงานพิเศษ/ปัญหาพิเศษ/สหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์แล้ว

โปรแกรมอักขราวิสุทธิ์ 2.00 % หรือโปรแกรมTurnitin.....%

ลงชื่อ กชกร แสงมหาไชย ลงชื่อ ประภาศรี แสนกล้า

(นางสาวกชกร แสงมหาไชย) (นางสาวประภาศรี แสนกล้า)

นักศึกษา นักศึกษา

ข้าพเจ้า อ. ธนาวดี ก่ออานันต์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ ได้ตรวจสอบโครงงานพิเศษของนักศึกษาข้างต้น แล้ว ขอรับรองว่าเป็นผลงานวิจัยของนักศึกษาจริงและมีเนื้อหาสมบูรณ์ จึงลงชื่อไว้เป็นหลักฐาน

ลงชื่อ.....

(อ. ธนาวดี ก่ออานันต์)

อาจารย์ที่ปรึกษา