อิทธิพลของการทำแห้งด้วยไมโครเวฟต่อคุณภาพของใบกะเพราขาวแห้ง

EFFECT OF MICROWAVE DRYING ON QUALITIES OF DRIED THAI HOLY BASIL LEAVES (*Ocimum basilicum var. thyrsiflora*)

โสภิตา มะโนมาศ

SOPITA MANOMAS

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2551

KMITL-2008-AI-M-053-107

อิทธิพลของการทำแห้งด้วยไมโครเวฟต่อคุณภาพของใบกะเพราขาวแห้ง

EFFECT OF MICROWAVE DRYING ON QUALITIES OF DRIED THAI HOLY BASIL LEAVES (*Ocimum basilicum var. thyrsiflora*)

โสภิตา มะโนมาศ

SOPITA MANOMAS

เลขหมู่
เลขทะเบียน 81335
วัน,เดือน,ปี 11 มิ.ย. 2551

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2551

KMITL-2008-AI-M-053-107

EFFECT OF MICROWAVE DRYING ON QUALITIES OF DRIED THAI HOLY BASIL LEAVES (*Ocimum basilicum var. thyrsiflora*)

SOPITA MANOMAS

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN FOOD SCIENCE

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2008

KMITL-2008-AI-M-053-107

COPYRIGHT 2008
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	อิทธิพลของการทำแห้งด้วยไมโครเวฟต่อคุณภาพของใบกะเพราขาวแห้ง
ชื่อนักศึกษา	นางสาวโสภิตา มะโนมาศ
รหัสนักศึกษา	48068519
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การอาหาร
พ.ศ.	2551
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา

ศึกษาอิทธิพลของการทำแห้งใบกะเพราด้วยไมโครเวฟเทคนิคโดยใช้อุโมงค์ไมโครเวฟกำลัง 1,800 วัตต์ ที่ความถี่ 2,450 เมกะเฮิร์ต และความเร็วสายพาน 1 เมตรต่อนาที ใบกะเพราที่ผ่านการฉีดพ่นน้ำอัตราส่วน 1:1 (กรัมของใบกะเพราต่อมิลลิลิตรของน้ำ) แล้วให้ความร้อนด้วยอุโมงค์ไมโครเวฟเป็นเวลา 180 วินาที เปรียบเทียบกับการลวกด้วยน้ำเดือด 89-91 ^{0}ซ เป็นเวลา 180 วินาที พบว่า สามารถทดแทนการลวกด้วยน้ำเดือดได้ เมื่อพิจารณาจากการลดลงของกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเหลือเพียง 26% และความชื้นเท่ากับ 28.69% ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงค่าสีทั้งหมด (ΔE* เท่ากับ 8.75) น้อยมาก เมื่อนำใบกะเพรามาทำแห้งต่อในอุโมงค์ไมโครเวฟอีก 21 นาทีจะได้ใบกะเพราแห้งมีระดับความชื้นลดลงเท่ากับ 7.63% a_w เท่ากับ 0.3 การเปลี่ยนแปลงค่าสีทั้งหมด เท่ากับ 9.8, yield เท่ากับ 12% และจำนวนจุลินทรีย์ลดต่ำลง (จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ $1.6x10^{3}$ โคโลนีต่อกรัม และยีสต์และราเท่ากับ 80 โคโลนีต่อกรัม) ใบกะเพราแห้งที่ได้มีปริมาณ Eugenol เท่ากับ 280.11 ppm และมีความสามารถในการต้านการออกซิเดชัน (วิธีการ DPPH) 52.13% และ 46.50 มิลลิกรัมวิตามินซีต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (วิธีการ FRAP)

Thesis	Effect of Microwave Drying on Qualities of Dried Thai Holy Basil Leaves (*Ocimum basilicum var. thyrsiflora*)
Student	Mrs. Sopita Manomas
Student ID.	48068519
Degree	Master of science
Program	Food science
Year	2008
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr. Woatthichai Narkrugsa

ABSTRACT

Study of microwave drying technique effects on dried holy basil leaves was done with microwave tunnel power 1,800 watts at frequency 2,450 MHz and conveyer speed 1 ms^{-1}. Comparing with blanching in hot water at 89-91^{0}C for 180 sec, holy basil leaves sprayed with water at the ratio 1:1 (g of holy basil leaves/ mL of water) and dried for 180 sec could be used instead of blanching. It could be reduced peroxides activity to 26% and moisture content to 28.69% while total colour difference very low (ΔE^* =8.75). When drying further in the microwave tunnel for 21 min, this technique could be used to produce dried holy basil leaves (7.63 %moisture content, a_w= 0.3, ΔE^* = 9.8) with 12% yield and low amount of microorganism (1.6 x 10^3 colonies/g of total colony, and 80 colonies/g of yeast and mold). Dried holy basil leaves from microwave drying had eugenol 280.11 ppm and an antioxidant activity 52.13% DPPH assay and 46.50 mg vitamin C/g dry basis for FRAP assay. Dried holy basil leaves were able to absorbed water 9 times on their weight and had colour value a* equal -16.45.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.วุฒิชัย นาครักษา ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้ให้คำแนะนำตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ และให้การสนับสนุนเป็นอย่างดีแก่ผู้วิจัยโดยตลอด ขอขอบคุณอาจารย์ ดร.กิตติชัย บรรจง ที่ได้ให้คำแนะนำและเสนอข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์

ขอขอบคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ ดร.กิตติชัย บรรจง และ ดร.ชิตสุดา ชัยศักดานุกูล ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ช่วยสนับสนุนอุปกรณ์ เครื่องมือ และสถานที่ในการวิจัย ขอขอบคุณนักวิทยาศาสตร์และเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในงานวิจัย

ขอขอบคุณนักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร ที่เป็นกำลังใจและช่วยเหลืองานวิจัยในครั้งนี้

ท้ายสุดนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่ น้อง ญาติ และเพื่อน ที่ข้าพเจ้าเคารพรัก ที่เป็นกำลังใจสำคัญอย่างยิ่งมาโดยตลอดในการศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้สำเร็จลุล่วง

โสภิตา มะโนมาศ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1. 1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 กะเพรา	3
2.1.1 คุณค่าทางโภชนาการของกะเพรา	10
2.1.2 น้ำมันหอมระเหย (Essential oil) ในกะเพรา	10
2.2 การลวก (Blanching)	15
2.2.1 วัตถุประสงค์ของการลวก	15
2.3 การทำแห้ง	17
2.4 การเกิดสีน้ำตาลในอาหาร (Browning)	19
2.4.1 ปฏิกิริยาสีน้ำตาลเนื่องจากปฏิกิริยาของเอนไซม์	19
2.4.2 ปฏิกิริยาที่ไม่ได้มาจากการกระทำของเอนไซม์	19
2.5 ไมโครเวฟ (Microwave)	20
2.6 การประยุกต์ใช้ไมโครเวฟในการลวกและทำแห้งผักและผลไม้	21
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	25
3.1 วัสดุ	25
3.2 สารเคมี	25
3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ	26
3.4 วิธีการดำเนินงาน	27

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ 29

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 47

บรรณานุกรม 48

ภาคผนวก ก 56

การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น 57

การวัดค่าสี 58

การวัดค่าวอเตอแอคติวิตี้ (a_w) 58

การวัดความสามารถในการดูดซับน้ำ 59

การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส.. 59

การวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยในใบกะเพรา.. 60

ความสามารถในการต้านการออกซิเดชั่น DPPH 63

ความสามารถในการต้านการออกซิเดชั่นเฟอร์ริก 63

ภาคผนวก ข 66

การตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์.. 67

ภาคผนวก ค 69

ภาคผนวก ง 71

ประวัติผู้เขียน.. 75

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงคุณค่าอาหารของใบกะเพราในส่วนที่กินได้ 100 กรัม............................	10
4.1	การเปลี่ยนแปลงค่าสี L*, a* และ b* ของใบกะเพราต่อน้ำปริมาณต่างๆที่ใช้ฉีดพ่นหลังผ่านการลวกด้วยอุโมงค์ไมโครเวฟ 1,800 วัตต์ นาน 180 วินาทีที่ความเร็วสายพาน 1 เมตรต่อนาที..	31
4.2	การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของใบกะเพราหลังผ่านไมโครเวฟ 1,800 วัตต์ โดยใช้น้ำฉีดพ่นและไม่ฉีดพ่นในการทำแห้งเปรียบเทียบกับใบกะเพราสด	43
4.3	แสดงปริมาณจุลินทรีย์ของใบกะเพราหลังผ่านไมโครเวฟ 1,800 วัตต์ โดยใช้น้ำฉีดพ่นและไม่ฉีดพ่นในการทำแห้งเปรียบเทียบกับใบกะเพราสด	44
4.4	แสดงสมบัติในการเป็นสารต้านการออกซิเดชั่นในใบกะเพราหลังผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ 1,800 วัตต์	46

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	กลุ่ม Sweet basil...	4
2.2	กลุ่ม Italian basil..	4
2.3	กลุ่ม Bust basil...	4
2.4	กลุ่ม Purple-colored...	5
2.5	กลุ่ม Dark Opal...	5
2.6	กลุ่ม Citriodorum...	5
2.7	กลุ่ม Thai basil (กะเพราขาว)...	6
2.8	กลุ่ม Thai basil (กะเพราแดง)...	6
2.9	องค์ประกอบหลักทางเคมีที่พบในใบกะเพรา (*O. basilicum* L.)	12
2.10	การทำลายเอนไซม์ Lipolytic acyl hydrolase, Lipoxygenase, Polyphenoloxidase, Peroxidase ของมันฝรั่ง	16
2.11	กราฟการทำแห้ง	17
2.12	การหมุนตัวของสารประกอบที่มีประจุเนื่องจากไมโครเวฟ	20
3.1	ภาพจำลองขนาดของใบกะเพราที่ใช้ในการทดลอง...	25
4.1	อุณหภูมิของใบกะเพราต่อน้ำปริมาณต่างๆ ที่ใช้ฉีดพ่นหลังผ่านอุโมงค์ไมโครเวฟ 1,800 วัตต์ นาน 180 วินาที ที่ความเร็วสายพาน1 เมตรต่อนาที	29
4.2	เอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่เหลืออยู่ของใบกะเพราต่อน้ำปริมาณต่างๆ ที่ใช้ฉีดพ่นหลังผ่านอุโมงค์ไมโครเวฟ 1,800 วัตต์ นาน 180 วินาทีที่ความเร็วสายพาน 1 เมตรต่อนาที เปรียบเทียบกับใบกะเพราสด	30
4.3	การเปลี่ยนแปลงค่าสีทั้งหมด (ΔE^*) ของใบกะเพราต่อน้ำปริมาณต่างๆ ที่ใช้ฉีดพ่นหลังผ่านอุโมงค์ไมโครเวฟ 1,800 วัตต์ นาน 180 วินาที ที่ความเร็วสายพาน 1 เมตรต่อนาที ...	31
4.4	ภาพใบกะเพราผ่านการฉีดพ่นในอัตราส่วน 30: 0, 30:10, 30: 20 และ 30: 30 (กรัม: มิลลิกรัม) ก่อนการให้ความร้อนด้วยอุโมงค์ไมโครเวฟ 1,800 วัตต์ นาน 180 วินาที ที่ความเร็วสายพาน 1 เมตรต่อนาที	32
4.5	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิของใบกะเพราที่ผ่านการฉีดพ่นน้ำเท่ากับ 30: 30 หรือ 1: 1 (กรัม: มิลลิลิตร) แล้วให้ความร้อนด้วยอุโมงค์ไมโครเวฟที่ความเร็วสายพาน 1 เมตรต่อนาทีเปรียบเทียบกับการลวกด้วยน้ำเดือด	34

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.6	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความชื้น (ร้อยละ) ของใบกะเพราที่ผ่านการฉีดพ่นน้ำเท่ากับ 30:30 หรือ 1 : 1 (กรัม : มิลลิลิตร) แล้วให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟที่ความเร็วสายพาน1 เมตรต่อนาที เปรียบเทียบกับการลวกด้วยน้ำเดือด	35
4.7	การทำงานของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่เหลืออยู่ของใบกะเพราที่ผ่านฉีดพ่นน้ำแล้วให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟเปรียบเทียบกับใบกะเพราที่ผ่านการลวกด้วยน้ำเดือด	36
4.8	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับการเปลี่ยนแปลงค่าสีทั้งหมด (ΔE*) ของใบกะ เพราที่ผ่านฉีดพ่นน้ำแล้วให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟเปรียบเทียบกับการลวกด้วยน้ำเดือด	37
4.9	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักใบกะเพรากับเวลาในการทำแห้งด้วยอุโมงค์ไมโครเวฟทุกๆ 3 นาที	38
4.10	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับเวลาในการทำแห้งด้วยอุโมงค์ไมโครเวฟทุกๆ 3 นาที	39
4.11	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการทำแห้งกับเวลาในการทำแห้งด้วย อุโมงค์ไมโครเวฟทุกๆ 3 นาที	40
4.12	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิในการทำแห้งใบกะเพราด้วยอุโมงค์ไมโครเวฟทุกๆ 3 นาที	41
4.13	ภาพใบกะเพราสดทำแห้งด้วยไมโครเวฟและใบกระเพราที่ผ่านการฉีดพ่นน้ำ (1:1) แล้วทำแห้งด้วยไมโครเวฟเมื่อเปรียบเทียบกับใบกะเพราสด	42
4.14	กราฟแสดงปริมาณ Eugenol ในการทำแห้งโดยใช้น้ำฉีดพ่นและไม่ฉีดพ่นในการทำแห้งเปรียบเทียบกับใบกะเพราสด	45
ก1	เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้	59
ก2	กราฟมาตรฐานของวิตามินซีในการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านการออกซิเดชั่นของเฟอร์ริก	65
ค1	แผนภาพอุโมงค์ไมโครเวฟ	70
ง1	โครมาโตรแกรมของใบกะเพราสด (FB)	72
ง2	โครมาโตรแกรมของใบกะเพราแห้ง (DHB)	73
ง3	โครมาโตรแกรมของใบกะเพราฉีดพ่นน้ำแล้วทำแห้ง (SDB)	74

บทที่ 1

บทนำ

1. 1 ความสำคัญและที่มา

ในปัจจุบันการใช้ไมโครเวฟในการอบแห้งผักและผลไม้ได้รับความนิยมมากขึ้น ทำให้เพิ่มคุณภาพ ลดต้นทุนและเวลาการอบแห้งได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งผักและผลไม้แบบแห้ง ยังมีความสำคัญมากและเป็นที่ต้องการในตลาดโลก จึงได้ประยุกต์ใช้อุโมงค์ไมโครเวฟในการอบแห้งกะเพรา ซึ่งพบมากในแถบเอเชีย เช่น ประเทศอินเดียและปลูกทั่วไปในประเทศไทย เป็นต้น

กะเพรามีสรรพคุณทางยาสามารถใช้ใบบำรุงธาตุไฟ ขับลมแก้ปวดท้อง แก้จุกเสียด แก้คลื่นเหียนอาเจียน มีฤทธิ์ปรับสภาพร่างกาย (adaptogenic) ในกะเพราจะเป็นอนุพันธ์ของฟีนิลโพรพีน (Phenylpropane) คล้ายกับที่ได้จากโสมไซบีเรีย กะเพรานำมาประกอบอาหารเพิ่มกลิ่นและรสได้ดี เนื่องจากในกะเพรามีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ น้ำมันหอมระเหย พบว่ามี 4 ชนิดตามสารเคมีหลักที่มีอยู่ในใบกะเพราได้แก่ Citral, Eugenol, Methyl chavicol และ Chavibetol ซึ่งน้ำมันหอมระเหยจากกะเพราจะประกอบด้วย Eugenol ร้อยละ 70 และ Methyl eugenol ร้อยละ 20 (Hiltunen and Holm 1999) น้ำมันที่เป็นส่วนประกอบสำคัญในกะเพราเป็นสารต้านการออกซิไดส์และสามารถยับยั้งการทำงานของแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบ, ยีสต์และรา, *Stapphylococcus*, *Enterococcus* และ *Pseudomonas* ได้ (Choochoat 1998, Joseph et. al. 2003, Obreshkova and Opalchenova 2003) ใบกะเพราเป็นสมุนไพรที่มีรสชาติเผ็ดร้อน และให้กลิ่นรสที่ดีต่ออาหาร อย่างไรก็ตามน้ำมันหอมระเหยจากกะเพราแพงมากกว่าน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรอื่นๆ เพราะมีเพียงร้อยละ 0.2 ของน้ำหนักสมุนไพรโดยสกัดด้วยการกลั่นกับน้ำ (Hydrodistillation) (Choochoat 1998) ดังนั้นในการทดลองนี้ จึงศึกษาการทำแห้งใบกะเพราด้วยไมโครเวฟเทคนิค

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 ศึกษาการใช้ไมโครเวฟเทคนิคทดแทนการลวกใบกะเพราด้วยน้ำเดือด

1.2.2 ศึกษาอัตราการทำแห้งใบกะเพราด้วยอุโมงค์ไมโครเวฟ

1.2.3 ศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมีและปริมาณจุลินทรีย์ของใบกะเพราแห้ง

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ได้แนวทางในการลวกและทำแห้งกะเพราเพื่อประยุกต์ใช้ในระดับอุตสาหกรรม ลดต้นต้นทุน และระยะเวลาการทำแห้ง เพื่อให้ได้กะเพราที่มีคุณภาพดี

1.3.2 ทราบถึงผลของการทำแห้งต่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (Eugenol) ในใบกะเพราเพื่อเป็นแนวทางในกระบวนการผลิตกะเพราแห้ง

บทที่ 2
ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 กะเพรา

กะเพราเป็นพืชล้มลุกที่แตกกิ่งก้านสาขามากมาย เป็นพืชที่พบทั่วไปในเขตร้อน ใบรูปไข่ยาว ขอบใบเรียบหรือหยักแบบซี่ฟัน ใบปกคลุมด้วยขนนิ่มทั้งสองด้าน ดอกสีม่วงแดง หรือแดงเลือดหมู กะเพราเป็นพืชสวนครัว เป็นต้น มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Ocimum sanctum* L. ชื่ออังกฤษ Sacred Basil หรือ Holy Basil วงศ์ Labiatae พืชในตระกูล *Ocimum* โดยทั่วไปมักเรียกรวมกันว่า Basil เป็นพืชจำพวกพุ่มขนาดเล็ก สูงประมาณ 3-4 ฟุต ต้นอ่อนและกิ่งอ่อนมีขนปกคลุม กิ่งและแขนงเป็นรูปสี่เหลี่ยมมีกิ่งก้านมาก ใบรูปไข่ยาวปลายแหลมยาวประมาณ 2-4 เซนติเมตร ดอกตั้งเป็นช่อยาวประมาณ 5-15 เซนติเมตร บนช่อมีดอกเรียงเป็นชั้นๆ คล้ายฉัตรดอก ขนาดเล็กมีสีชมพูอมม่วง ช่อดอกชั้นล่างจะบานก่อนชั้นบน (เดชา 2546) กะเพรามีหลายสายพันธุ์ขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำมันหอมระเหยที่เป็นองค์ประกอบซึ่งพืชในจีนัสนี้มี ประมาณ 30 สายพันธุ์ซึ่งกระจายอยู่ในประเทศตามเขตร้อนและเขตกึ่งร้อนของทวีปเอเชีย แอฟริกา และอเมริกาใต้-กลาง แต่พบมากในแอฟริกา (Simon et. al. 1999) กะเพราเป็นแหล่งของน้ำมันหอมระเหยและสารประกอบที่ให้กลิ่นนิยมใช้เป็นพืชสมุนไพรประกอบอาหารและใช้เป็นส่วนประกอบในการปรุงรสต่างๆ กะเพรา ยังประกอบไปด้วยน้ำมันที่สามารถบริโภคได้ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับน้ำมันลินสีด (Anger et. al. 1996) นอกจากนี้สารสกัดที่ได้จากกะเพรายังถูกนำมาใช้ด้านการแพทย์แผนโบราณรวมทั้งนำมาสกัดเพื่อใช้ ประโยชน์ในด้านต่างๆ เช่น เป็นสารกำจัดแมลง สารกันการเจริญเติบโตของเชื้อรา และเชื้อจุลินทรีย์ (Simon et. al. 1990)

สายพันธุ์ของพืชตระกูล *Ocimum* ที่จำหน่ายทางการค้าในตลาดโลกปัจจุบัน สามารถแยกออกได้เป็น 7 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม Sweet basil หรือ Tall slender types กลุ่ม Italian basil หรือ Large-leafed robust types กลุ่ม Bush basil หรือ Draft types ลักษณะใบจะเล็กและสั้น กลุ่ม Purple-colored มีลักษณะกลิ่นรสจะคล้ายกับ Sweet basil กลุ่ม Dark opal จัดอยู่ในกลุ่ม purple กลิ่นจะคล้ายกานพลู (clove-like aroma basil) เป็นสายพันธุ์ผสมระหว่าง *O. basilicum* และ *O. forskolie* กลุ่ม Citriodorum types ลักษณะกลิ่นรสคล้ายเลมอน (Lemon-flavored basil) และกลุ่ม Thai basil หรือ compact types สายพันธุ์นี้ ได้แก่ *O. basilicum var. thyrsiflora* (Simon et. al. 1999) พืชตระกูล *Ocimum* ทั้ง 7 กลุ่ม แสดงในภาพที่ 2.1-2.8

ภาพที่ 2.1 กลุ่ม Sweet basil

ที่มา : Anonymous. 2008. **"Sweet basil oil โหระพา."** [Online]. Available :

http://www.lightandscent.com/pureessential_22.htm.

ภาพที่ 2.2 กลุ่ม Italian basil

ที่มา : Gernot. 2001. **"Basil (*Ocimum basilicum* L.)."** [Online]. Available :

http://www.uni-graz.at/~katzer/engl/Ocim_bas.html.

ภาพที่ 2.3 กลุ่ม Bush basil

ที่มา : Peoria Gardens Inc. 2008. **"Herbs."** [Online]. Available :

http://www.peoriagardens.com/herbs.html.

ภาพที่ 2.4 กลุ่ม Purple-colored

ที่มา : Dan. 2005. **"Plants for 2006."** [Online]. Available :

http://okeechobee.ifas.ufl.edu/News20columns/200620Plants.htm.

ภาพที่ 2.5 กลุ่ม Dark Opal

ที่มา : Deborah. 2008. **"Bountiful Basil."** [Online]. Available :

www.garden.org/foodguide/browse/herb/annual/296.

ภาพที่ 2.6 กลุ่ม Citriodorum

ที่มา : Burns. 2008. **"Basil, Lemon."** [Online]. Available :

www.pantrygardenherbs.com/.../9/index.htm.

ภาพที่ 2.7 กลุ่ม Thai basil (กะเพราขาว)

ที่มา : Anonymous. 2005. **"Greenary Thai."** [Online]. Available : http://www.oknation.net/blog/kasaem/2007/10/03/entry-3.

ภาพที่ 2.8 กลุ่ม Thai basil (กะเพราแดง)

ที่มา : Anonymous. 2008. **"Krishna Tulsi - Holy Basil."** [Online]. Available : http://www.organicindia.com/PR_OH_krishna_tulsi.php.

กะเพราในประเทศไทย (*O. basilicum var. thyrsiflora*) แบ่งออกเป็น 2 สายพันธุ์ คือ กะเพราขาว (Sri tulsi) มีกิ่งและใบสีเขียว กับกะเพราแดงหรือกะเพราดำ (Krishna tulsi) มีใบและลำต้นสีแดงหรือเขียวอมม่วงแดงซึ่งมีกลิ่นแรงกว่ากระเพราขาว นิยมนำไปทำยามากกว่านำมาประกอบอาหาร ส่วนกะเพราขาวนิยมใช้ปรุงอาหารในขณะเดียวกันก็ใช้ทำยาด้วย พืชนี้ปลูกโดยเมล็ดหรือการตัดกิ่งชำ (เดชา 2546, นิจศิริ 2542)

เมื่อนำส่วนของใบกะเพรามากลั่นด้วยไอน้ำจะได้น้ำมันหอมระเหยสีเหลืองสด และมีกลิ่นชวนดม กลิ่นของน้ำมันหอมระเหยคล้ายกลิ่นกานพลู น้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้มีคุณสมบัติแตกต่างกันไปแล้วแต่สภาพสิ่งแวดล้อมที่ปลูกพืชนี้ เช่น ฤดู ท้องถิ่น อุณหภูมิ และอายุของพืช โดยพบว่าใบกะเพราเมื่อนำมากลั่นด้วยไอน้ำจะได้น้ำมันหอมระเหยร้อยละ 0.53 ประกอบไปด้วย Methyl eugenol ร้อยละ 37.7 รองลงมาเป็น Caryophullene ร้อยละ 27.4 Methyl chavical ร้อยละ 10 นอกจากนั้นมี α-Pinene, β-Pinene, Camphene, Sabinene, *p*-Cymene, Copaena, Linalool, Iso-

Caryophyllene, β-Elemene, Caryphyllene, Borneol, α-Salinene และ Eugenol (นิจศิริ 2542, Miele et. al. 2001)

มีงานวิจัยที่ศึกษาทางด้านองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยที่ได้จาก *O. basilicum* L. มากมายในหลายประเทศทั่วโลกซึ่งพบว่ามีความผันแปรขององค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากกะเพรา ทั้งนี้เป็นผลมาจากความแตกต่างทางลักษณะและสายพันธุ์ จากรายงานของ Lawrence และคณะ (1972) พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจาก *O.basilicum* L. ที่ได้จากประเทศไทยมีองค์ประกอบทางเคมีมากกว่า 75 ชนิด Simon และคณะ (1999) ได้ทำ การวิจัยโดยศึกษาเปรียบเทียบสายพันธุ์ของ *Ocimum spp.* ที่ปลูกเชิงการค้าในอเมริกาเหนือจำนวน 42 สายพันธุ์ โดยศึกษาถึงองค์ประกอบ ลักษณะทางพฤษศาสตร์ของแต่ละสายพันธุ์ รวมทั้งร้อยละผลผลิตของน้ำมันหอมระเหยที่ได้ และองค์ประกอบของสารที่ให้กลิ่นหลัก พบว่าสายพันธุ์ *Camphor* (*O. kilim* และ *scharicum*) จะให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้มากที่สุด ถึงร้อยละ 5.22 ในขณะที่กะเพราไทย (*O. basilicum*) จะให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยร้อยละ 0.75 สารให้กลิ่นหลักที่สำคัญที่เป็นองค์ประกอบน้ำมันหอมระเหยจากกะเพรา ได้แก่ Linalool, Eugenol, Methyl chavicol, Methyl eugenol, Linalool, Methyl cinnamate และ Geraniol (Simon et. al. 1990, 1999, Loughrin and Kasperbauer 2003, Marotti et. al. 1996, Ravid et. al. 1997)

วิธีการสกัดน้ำ มันหอมระเหยเป็นปัจจัยหลัก ที่มีผลต่อคุณภาพและองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหย การสกัดแบบใช้ไอน้ำเป็นวิธีที่นิยมใช้กันทั่วไปในการสกัดน้ำมันหอมระเหยเนื่องจากเป็นวิธีที่สะดวกและง่ายสามารถสกัดได้ทั้งในรูปของตัวอย่างสดและตัวอย่างแห้ง นอกจากนั้นแล้วการใช้วิธีสกัดแบบ Simultaneous distillation-extraction (SDE) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายวิธีหนึ่งในการสกัดแยกสารให้กลิ่น (Chaintreau 2001) และมีการดัดแปลงวิธีการดังกล่าวมาใช้ในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากฮอบและเปปเปอร์ (Godefront et. al. 1981) วิธีการสกัดน้ำมันหอมระเหย โดยใช้ Supercritical CO_2 ให้ผลผลิตสูงที่สุดรองลงมาคือการสกัดโดยใช้ liquid CO_2 และการสกัดโดยใช้น้ำ (Lachowicz et. al. 1997) จากรายงานของ Miele และคณะ (2001) พบว่า O.basilicum L. cv. Genovese Gigante ซึ่งเป็นสายพันธุ์นิยมใช้ในการผลิตซอสอิตาเลียน สารให้กลิ่นที่สำคัญ ได้แก่ Linalool พบมากในช่วงที่กำลังเริ่มออกดอก Methyleugenol และ Eugenol พบมากในช่วง 4-6 สัปดาห์ หลังการปลูก นอกจากนั้นวิธีการอบแห้งวัตถุดิบ ก่อนที่จะนำมาสกัดน้ำมันหอมระเหยก็เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อองค์ประกอบเคมีของน้ำมันหอมระเหย โดยเฉพาะใบกะเพราที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้ไมโครเวฟในช่วง 270-1110 วัตต์ เป็นเวลา 1-2 นาที ยังคงปริมาณของสารให้กลิ่นหลักที่เป็นองค์ประกอบได้มากกว่าใบกะเพราโดยวิธีอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 °ซ (Cesare et. al. 2003)

นอกจากจะมีการนำเอาน้ำมันหอมระเหยจากกะเพราไปใช้เป็นสารแต่งกลิ่นรสในอุตสาหกรรมต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นสินค้าอุปโภค บริโภคแล้ว ยังมีรายงานการศึกษาถึงคุณสมบัติในด้านต่างๆ ของ

น้ำมันหอมระเหยจากกะเพราเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ เช่น ความสามารถในการเป็นสารต้านการออกซิเดชั่น (Antioxidant activity) (Simon et. al. 1999, Lee and Shibamoto 2002) จากรายงานการศึกษาสมบัติการป้องกันการเกิดออกซิเดชั่นของน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากกะเพราสายพันธุ์ต่างๆ มีค่าอยู่ในช่วง 199-562 ไมโครโมลของโทรลอกซ์ต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (μmol Trolox / g น้ำหนักแห้ง) และมีปริมาณฟีนอลลิกทั้งหมด (ในรูปกรดแกลลิก) อยู่ในช่วง 35.6-126 กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (Juliani and Simon 2002) นอกจากนั้นยังมีรายงานการวิจัยถึงผลของ pH และอุณหภูมิที่มีต่อความสามารถการเป็นสารต้านการออกซิเดชั่นของสารสกัดจากกะเพราด้วยเมธานอล ซึ่งพบว่าสารสกัดจากกะเพราสามารถคงต่อความร้อนได้ที่อุณหภูมิ 80 °ซ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง สภาวะความเป็นกรดและสภาวะที่เป็นกลางมีผลทำให้ความสามารถการเป็นสารต้านการออกซิเดชั่นของสารสกัดจากกะเพราสูงที่สุด (Juntachote and Berghofer 2005)

ปัจจุบันมีรายงานผลการวิจัยเกี่ยวกับฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของกะเพรา ต่อระบบต่างๆ ของร่างกายออกมาอย่างต่อเนื่อง จนเกิดคำกล่าวที่ว่า กะเพรามีคุณสมบัติเป็น Multi-medicinal properties คือ มีประสิทธิภาพในการเป็นยาได้หลากหลาย สรุปได้ดังนี้ (รุ้งตะวัน และอธิคม 2540)

ผลของสารสกัดจากกะเพราต่อระบบทางเดินอาหารใช้เป็นยาตั้งธาตุ แก้ปวดท้อง ท้องขึ้น จุกเสียด แน่นท้อง ขับลม ลดอาการท้องอืดท้องเฟ้อ เป็นต้น

สารสกัดจากกะเพรามีฤทธิ์ในการคลายเครียดโดยฤทธิ์ในการคลายเครียดจากกะเพรายังไม่ทราบกลไกที่ละเอียดได้ ผลต่อเซลล์และระดับฮอร์โมนในกระแสเลือด ระบบประสาทส่วนกลางอาจเป็นเป้าหมายหนึ่งของสารสกัดจากกะเพราในการคลายเครียด นอกจากนี้สารสกัดเมทานอลจากรากกะเพรายังมีฤทธิ์ในการกระตุ้นระบบประสาทส่วนกลาง (central nervous system stimulant) และคลายเครียด (antistress activity) ได้

สารสกัดจากกะเพราลดระดับไขมันในหลอดเลือดของกะเพราจากการศึกษาไว้ในปี ค.ศ. 1994 ว่าการให้ใบกะเพราสดขนาด 1 และ 2 กรัม ในอาหารหนูทดลองเป็นเวลา 4 สัปดาห์ มีผลลดระดับ cholesterol, triglyceride, phospholipids และ LDL-cholesterol แต่เพิ่ม HDL-cholesterol ในเลือดและ sterol ที่ขับออกทางอุจจาระ

ฤทธิ์การลดน้ำตาลในกระแสเลือด สารสกัดจากกะเพรามีความสามารถในการลดระดับน้ำตาลในเลือดของหนูทดลองที่เป็นเบาหวานจาก streptozotocin โดยเฉพาะสารสกัดด้วยเอทานอลของกะเพราสามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดของหนูปกติและหนูเบาหวานได้ถึงร้อยละ 91.55 และ 70.43 ตามลำดับ มีผู้ได้ทำการศึกษาในผู้ป่วยเบาหวานชนิด noninsulin-dependent diabetic mellitus ที่รับประทานกะเพราเปรียบเทียบกับการใช้ยาหลอก (placebo) และเสนอว่าอาจนำกะเพรามาใช้ร่วมกับยารักษาเบาหวานได้ เนื่องจากสารสกัดจากกะเพราสามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดและปัสสาวะได้

ฤทธิ์ต้านมะเร็ง มีรายงานในปี ค.ศ. 1992 ว่ากะเพราลดอัตราการเกิดมะเร็งจากสารก่อมะเร็งหลายชนิด และมีการค้นพบว่า สารสกัดด้วยเอทานอลจากใบกะเพราแสดงฤทธิ์การป้องกันมะเร็งด้วยการลดอัตราการเกิด papilloma ในหนูทดลองรวมทั้งเพิ่มปริมาณเอนไซม์ glutathione-S-transferase ได้ถึงร้อยละ 25

ฤทธิ์ในการต้านการออกซิเดชั่นของอนุมูลอิสระ สารสกัดจากกะเพรามีความสามารถในด้านการต้านการออกซิไดส์สารอนุมูลอิสระได้หลายประเภท เช่น peroxyl radical, superoxide amino และ hydroxyl radical สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่นในใบกะเพรามีหลายชนิด เช่น Cirsilineol, Isothymusin, Isothymonin, Rosmarinic acid และ Eugenol สารเหล่านี้มีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่นที่มีความเข้มข้นต่ำประมาณ 10 ไมโครโมล่า รวมทั้งสาร flavonoids ที่สำคัญ 2 ชนิดจากใบกะเพรา คือ orientin และ vicenin

ฤทธิ์การต้านการอักเสบ สารในกลุ่ม ecosanoids มีความเกี่ยวข้องกันอย่างใกล้ชิดกับกระบวนการอักเสบ (inflammatory process) น้ำมันหมอระเหยจากกะเพรามีความสามารถในการลดอาการบวมและต้านการอักเสบที่เกิดจากสารเคมีชนิดต่างๆได้ ส่วนประกอบที่สำคัญของน้ำมันจากกะเพราที่ออกฤทธิ์ต้านการอักเสบ คือส่วนไตรกลีเซอไรด์ Cirsilineol, Cirsimaritin, Isothymonin, Apigenin, Rosmarinic acid และ Eugenol

สารสกัดจากกะเพรามีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียได้ ทั้งชนิดแกรมบวกและแกรมลบ รวมทั้งสามารถต้านเชื้อรา (fungitoxicity or antimycotic activity) *Ceratocystis paradoxa* ได้เป็นต้น

2.1.1 คุณค่าทางโภชนาการของใบกะเพรา

ตารางที่ 2.1 แสดงคุณค่าอาหารของใบกะเพราในส่วนที่กินได้ 100 กรัม

คุณค่าทางอาหาร	กะเพรา	
	ขาว	แดง
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	46	41
โปรตีน (กรัม)	2.7	4.2
ไขมัน (กรัม)	0.3	0.5
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	8	4.8
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	310	25
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	51	287
เหล็ก (มิลลิกรัม)	2.2	1.87*
วิตามิน บีหนึ่ง (มิลลิกรัม)	-	0.04
วิตามินบีสอง (มิลลิกรัม)	-	0.34
ไนอาซีน (มิลลิกรัม)	-	1.8
วิตามินซี (มิลลิกรัม)	22.00*	22.00*
เบต้า-แคโรทีน (RE)	724.00*	1,134.00*
ใยอาหาร (กรัม)	4.30*	4.30*

ที่มา: สถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล (2541)

หมายเหตุ * คือ วิเคราะห์โดยสถาบันวิจัยโภชนการ มหาวิทยาลัยมหิดล

RE คือ ไมโครกรัมเทียบหน่วยเรตินัล

- คือ ไม่มีการวิเคราะห์

2.1.2 น้ำมันหอมระเหย (Essential oil) ในกะเพรา

น้ำมันหอมระเหย หมายถึง น้ำมันหอมระเหยเป็นสารอินทรีย์ที่มีองค์ประกอบสลับซับซ้อนได้จากการสกัดน้ำมันพืชสมุนไพรสร้างขึ้น โดยเก็บไว้ในส่วนต่างๆ ของพืชสมุนไพร ตามปกตินํ้ามันหอมระเหยไม่มีสีหรือมีสีอ่อนๆ แต่เมื่อตั้งทิ้งไว้นานๆ อาจจะถูกออกซิไดซ์ ทำให้สีเข้มขึ้น ดังนั้นจึงควรเก็บในขวดสีชาที่ปิดสนิท เก็บไว้ในที่แห้งและเย็น กลิ่นของน้ำมันหอมระเหยจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันไป ขึ้นกับองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยที่อยู่ในพืชสมุนไพรแต่ละชนิด (สิริลักษณ์ 2545)

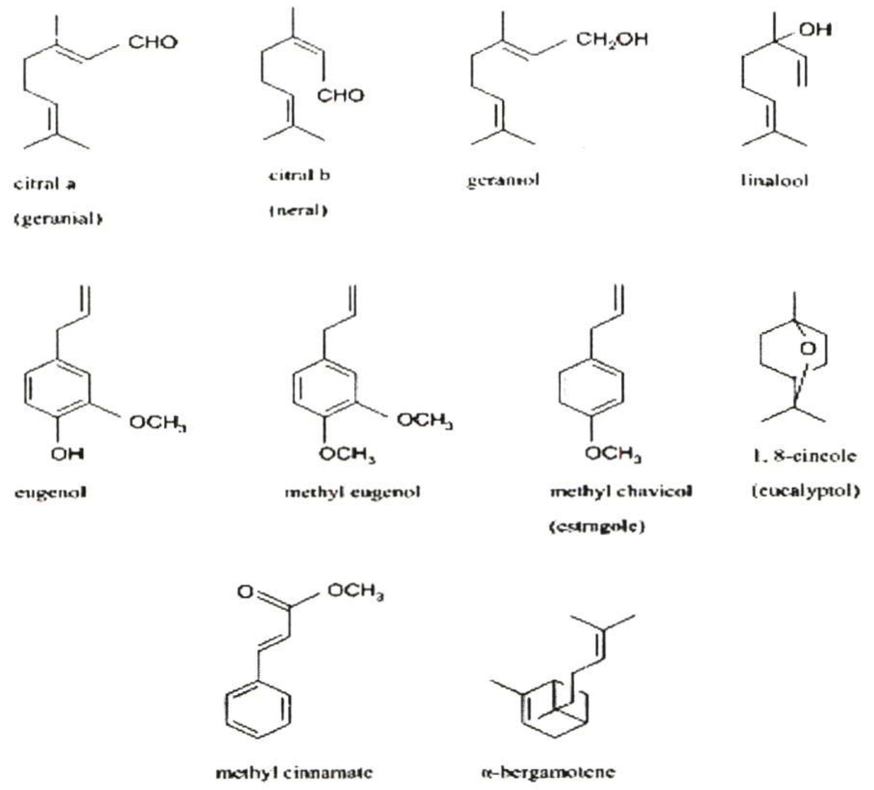
กะเพรามีน้ำมันหอมระเหยซึ่งประกอบด้วยสารหลายชนิด เช่น Ocimol, Eugenol, Methyl eugenol, Linalool และ Methyl chavicol เป็นต้น ซึ่ง Eugenol Linalool และ Methyl chavicol จะพบในใบสดของมัน กะเพรามีส่วนประกอบของน้ำมันหอมระเหย สามารถแบ่งออกเป็น 7 ชนิด ได้แก่

- Central
- Eugenol
- Methyl chavical
- Chavibetol
- Methyl eugenol
- Bisabolene
- Eugenol/ Sesquiterpene

น้ำมันหอมระเหยจากใบกะเพรานั้นสามารถแบ่งได้เป็น 4 ชนิดตามสารเคมีหลักที่มีอยู่ในใบกะเพราได้แก่ (Hiltunen and Holm 1999)

1) ชนิด Citral จะมี Citral เป็นสารประกอบหลักประมาณ ร้อยละ 70
2) ชนิด Eugenol จะมี Eugenol ร้อยละ 70 และ Methyl Eugenol ร้อยละ 20
3) ชนิด Methyl chavicol จะมี Methyl chavicol เป็นหลัก และมี Linalool และ Cineole
4) ชนิด Chavibetonol จะมี Chavibetonol เป็นหลัก และมี Eugenol

สำหรับน้ำมันหอมระเหยที่พบในใบกะเพราของเมืองไทยนั้น Simon และคณะ (1999) ได้ทำการศึกษาพบว่ามี Eugenol β - caryophyllene และ β - elemene นอกจากนั้นยังพบว่ามี Methyl eugenol ในปริมาณสูง (นิจศิริ 2542) โดยองค์ประกอบหลักทางเคมีที่พบในใบกะเพรา (*O. basilicum* L.) (Joseph et. al. 2002) มีโครงสร้างดังภาพที่ 2.9 นอกจากนี้ Pareek และคณะ (1980) ได้ศึกษาน้ำมันหอมระเหยของกะเพรา พบว่ามีสาร Eugenol ในปริมาณสูงเช่นกัน ดังนั้นในการทดลองนี้จึงศึกษาอิทธิพลของไมโครเวฟต่อสาร Eugenol ในใบกะเพรา



ภาพที่ 2.9 องค์ประกอบหลักทางเคมีที่พบในใบกะเพรา (*O. basilicum* L.)
ที่มา : Joseph และคณะ (2002)

Eugenol ($C_{10}H_{12}O_2$) โครงสร้างทางเคมีเป็นสายโซ่อัลลิลของกัวอะคอล (guaiacol) หรือ 2-เมตทอกซิ-4- (2-โพรพินิล) ฟีนอล เป็นของเหลวคล้ายน้ำมันสีเหลืองอ่อน สกัดได้จากน้ำมันหอมระเหย โดยเฉพาะจากน้ำมันกานพลู (Clove) และซินนามอน (Cinnamon) กะเพรา (Basil) ละลายได้เล็กน้อยในน้ำ ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ มีกลิ่นคล้ายกานพลู (วิกิพีเดียสารานุกรมเสรี 2551)

ในประเทศเยอรมนี Laakso และคณะ (1990) ศึกษาน้ำมันหอมระเหยจากใบกะเพรา (*Ocimum sanctum*) โดยการสกัด 2 วิธี ได้แก่ การกลั่นด้วยไอน้ำและการกลั่นด้วยน้ำ จากการวิเคราะห์น้ำมันหอมระเหยแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างขององค์ประกอบด้วยเครื่อง GC-MS และ GC-FTIR ซึ่งพบว่าปริมาณสูงสุดคือ Eugenol (ร้อยละ 24.2), β – bisabolenes (ร้อยละ 15.4), α – bisabolenes (ร้อยละ 10.6) และ Methyl chavicol (ร้อยละ 11.16) แต่ Methyleugenol ไม่สามารถตรวจสอบได้ การกลั่นด้วยไอน้ำ ได้น้ำมันหอมระเหยที่มี Bisabolenes ปริมาณสูง ส่วน Eugenol และองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยที่มีออกซิเจนเป็นส่วนประกอบจะเพิ่มขึ้นเมื่อกลั่นด้วยน้ำ

Brophy และคณะ (1993) ศึกษาน้ำมันหอมระเหยจากใบกะเพรา (*Ocimum tenuiflorum*) แห้งที่เติบโตทางตอนเหลือของประเทศออสเตรเลีย โดยสกัดน้ำมันด้วยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ พบว่าได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยร้อยละ 4.1 ต่อน้ำหนักแห้ง ซึ่งน้ำมันหอมระเหยมีปริมาณของ Methyl chavicol (ร้อยละ 87), β – caryophyllene (ร้อยละ 5.3) และ Camphor (ร้อยละ 4.4) ส่วนน้ำมันที่เหลือคือ Terpenes, Mono และ Sesquiterpenes

Choochoat (1998) ศึกษาปริมาณน้ำมันหอมระเหยของใบกะเพราสดที่เจริญเติบโตในประเทศไทยโดยการสกัดด้วยน้ำเป็นเวลา 4 ชั่วโมง และนำน้ำมันหอมระเหยที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS โดยใช้ DB-5 fused silica capillary column พบว่ามีปริมาณน้ำมันหอมระเหย (ร้อยละ 0.2) ได้แก่ 5 Monoterpenes, 3 Oxygenated monoterpenes, 8 Sesquiterpenes และ 2 Non-terpeniods โดยมี Methyleugenol (ร้อยละ 46.08), 9-epi (E)-caryophyllene (ร้อยละ 23.69) และ Eugenol (ร้อยละ 19.18) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญ

Raju และคณะ (1999) วิเคราะห์องค์ประกอบของกลิ่น (volatile compounds) ในใบกะเพรา (*Ocimum sanctum* L.) จากประเทศอินเดียโดยใช้เครื่อง GC-MS องค์ประกอบที่พบมี Eugenol (ร้อยละ 53.4) มากที่สุดและ β – caryophyllene (ร้อยละ 31.7) รองลงมา

Machado และคณะ (1999) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยของกะเพรา (*Ocimum tenuiflorum* L.) ในประเทศบราซิล พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบกะเพรามีปริมาณ Eugenol (ร้อยละ 72.0-82.7) และ β-caryophylene (ร้อยละ 7.9-9.8) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Laskar และ Majumda (1988) และ Raju และคณะ (1999)

Mondello และคณะ (2002) ศึกษาน้ำมันหอมระเหยของกะเพรา (*Ocimum sanctum* L.) ในประเทศบังกลาเทศพบว่า น้ำมันหอมระเหยจากกะเพราขาวมีปริมาณ Eugenol (ร้อยละ 41.7) และ Sesquiterpene components (ร้อยละ 45.9) ในขณะที่กะเพราแดงมีปริมาณ Eugenol (ร้อยละ 77.5)

กลิ่นในกะเพรามาจากส่วนประกอบที่สำคัญของน้ำมันหอมระเหยเพราะฉะนั้นการอบแห้งจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อกลิ่นของกะเพรานั่นเอง มีนักวิทยาศาสตร์หลายท่านศึกษาผลกระทบของการทำแห้งต่อกลิ่นในกะเพรา เช่น

Baritaux และคณะ (1992) ศึกษาผลกระทบของการทำแห้งกะเพรา (*Ocimum bacilicum*) โดยทำแห้งกะเพราที่ 40° ซ นาน 12 ชั่วโมง ความเร็วลม 0.4 เมตรต่อวินาที ปริมาณความชื้นสุดท้ายเท่ากับร้อยละ 10 พบว่าปริมาณ Methylchavicol และ Eugenol ลดลงหลังจากการทำแห้งและการเก็บรักษาในขณะที่ปริมาณ Linalool และ 1,8-cineol เพิ่มขึ้นกว่าเดิม

Venskutonis (1997) ศึกษาการลดลงของกลิ่นในเครื่องเทศและสมุนไพรแห้งโดยทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง และการทำแห้งแบบตู้อบลมร้อนที่ 30 ° ซ และ 60 ° ซ พบว่า non-oxygenated monoterpenes ลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่การทำแห้ง 60° ซ

Antonelli และคณะ (1998) เปรียบเทียบผลกระทบของการประยุกต์เทคนิคการทำแห้งกะเพรา (*Ocimum basilicum*) แบบปลอดเชื้อซึ่งใช้รังสีแกมมาและเทคนิคไมโครเวฟ พบว่าองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหย Linalool และ Estragol เพิ่มขึ้นเมื่อใช้รังสีแกมมาและลดลงเมื่อใช้ไมโครเวฟ แต่ Eugenol กลับเพิ่มขึ้นทั้งสองวิธี การใช้ความร้อนช่วยรองรับการนำเสนอโครงสร้างแบบ dioxolane ring จาก hydroxyl group ของ Eugenol จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ผู้ทดสอบยอมรับตัวอย่างที่ใช้รังสีแกมมามากว่าอย่างมีนัยสำคัญ

Sompoche (2004) ศึกษาลักษณะส่วนประกอบของกลิ่นที่สำคัญในการทำกะเพรา (*Ocimum sanctum* L.) แห้ง พบว่ามี Eugenol, 2-isopropyl-3-methoxypyrazine, 3-(methylthio) propanal เป็นส่วนประ กอบของกลิ่นที่สำคัญ และ β - ionone, β - damas cenone เกิดขึ้นในระหว่างการทำแห้ง พบว่าในการทำแห้งที่ 40 ° ซ ทำให้ส่วนประกอบที่สำคัญของกลิ่นลดลง โดยเฉพาะ Eugenol ลดลงถึงร้อยละ 50

เป็นที่ทราบกันนานแล้ว ว่าสารประกอบในเครื่องเทศและสมุนไพรมีคุณสมบัติเป็นสารยับยั้งจุลินทรีย์และได้มีการนำมาประยุกต์ใช้ในอาหารและยารักษาโรค

Lahariya และ Rao (1979) ศึกษาคุณสมบัติของการเป็นสารป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในน้ำมันหอมระเหยจาก *O. basilicum* ซึ่งได้ทดสอบในการต้านทานการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ 10 ชนิด พบว่า สามารถ ยับยั้งการเจริญของ *Bacillus pumilus*, *B.anthraces* แต่ไม่มีผลต่อ *B.mycoides*, *Staphylococus allus* และ *Vibrio cholerae* และยังสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราบางชนิดได้ เช่น *Microsporum gypseum, Aspergillus fumigatus*, *A.niger* และ *Penicillium liliacinum.* Conner และ Beuchat (1984) ได้ทดสอบผลของน้ำมันหอมระเหยที่มีต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียจำนวน 13 ชนิด รวมทั้งยีสต์ โดยใช้วิธี diffusion method พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากกะเพราสามารถยับยั้ง การเจริญของ *Kloechera aquialata* ได้เพียงเล็กน้อย มีรายงานว่าน้ำมันหอมระเหยกะเพรามีฤทธิ์ฆ่า เชื้อจุลินทรีย์และแมลง สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อวัณโรค *Mycobacterium tuberculosis* และ *Micrococcus pyogenes var. aureus* ในหลอดทดลองได้ ในการฆ่าแมลงสามารถฆ่ายุงได้ แต่ดีสู้ดอก Pyrethrum ไม่ได้ และมีฤทธิ์ในการไล่ยุงอยู่ได้นานประมาณ 2 ชั่วโมง ซึ่งสกัดด้วยอีเทอร์และแอลกอฮอร์ และน้ำมันหอมระเหยจากใบมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อ *E. coli* (นิจศิริ 2542)

การประยุกต์ใช้คุณสมบัติของน้ำมันหอมระเหย จากพืชตระกูล *Ocimum* เพื่อใช้เป็นสารป้องกันการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ในบรรจุภัณฑ์ หรือ ที่รู้จักในชื่อของ “Active Packaging” เพื่อใช้ในการบรรจุและยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อา หารกำลังเป็นที่สนใจกันมากในปัจจุบันและมีความเป็นไปได้อย่างมากในการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ในรูปแบบดังกล่าว (Suppakul et. al. 2003)

น้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากพืชและเครื่องเทศ มักได้รับความนิยมในการนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารต่างๆ เพื่อใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์ ดังนั้นคุณภาพและความ

บริสุทธิ์ของน้ำมันหอมระเหยที่ได้ จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในแง่ของกระบวนการผลิตและการนำไปใช้ ทั้งในผลิตภัณฑ์อาหาร ยา และเครื่องสำอาง นอกจากจะใช้ลักษณะทางกายภาพ เช่น ค่าการละลาย (Solubility) ความถ่วงจำเพาะ (specific gravity), molecular refractive index และ optical rotation เป็นดัชนีในการประเมินคุณภาพของน้ำมันหอมระเหยแล้วยังใช้ลักษณะคุณภาพทางเคมีในการจำแนกชนิดของสารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหย รวมทั้งการใช้ลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัส นอกจากนี้น้ำมันหอมระเหยบางชนิดยังมีคุณสมบัติทางด้านชีวภาพ ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆได้มากมาย เช่นความสามารถในการเป็นสารต้านการออกซิเดชั่น สารต้านการเจริญของเชื้อราและเชื้อจุลินทรีย์ เป็นต้น (Singhal et. al. 2001)

2.1 การลวก (Blanching)

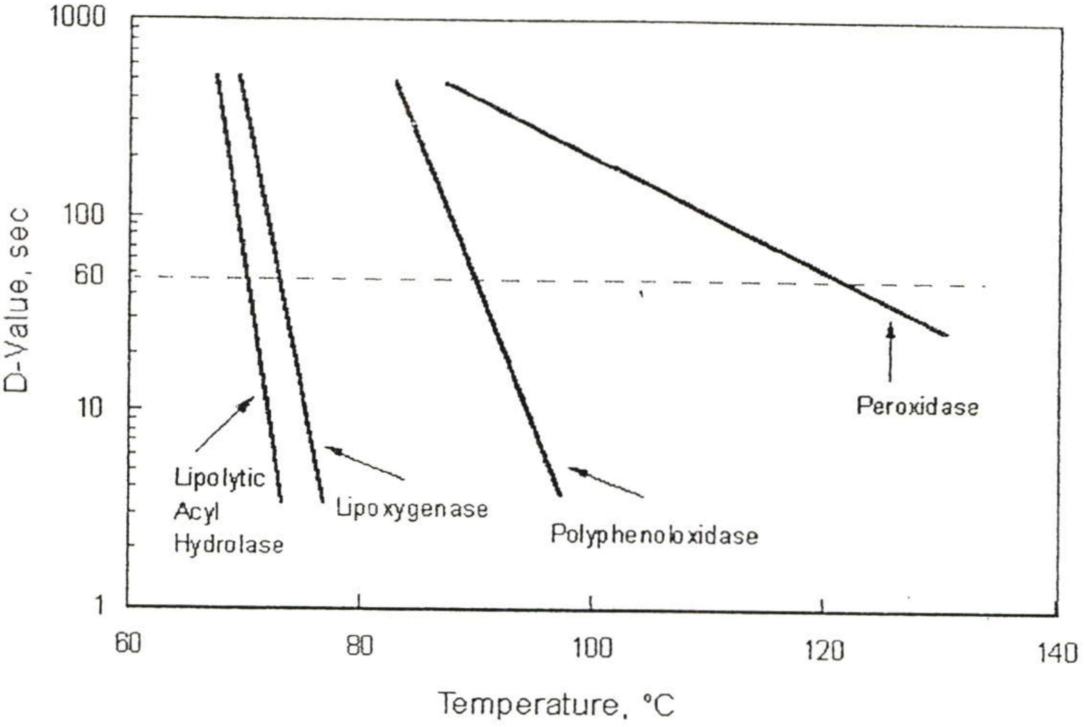
การลวกเป็นเป็นปฏิบัติการเฉพาะหน่วย ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อยังยั้งการทำงานของเอนไซม์ในผักและผลไม้บางชนิดก่อนการแปรรูป หรือเพื่อป้องกันการทำงานของเอนไซม์ในระหว่างการเก็บรักษาขั้นตอนนี้มักจะเป็นขั้นตอนหนึ่งในการเตรียมวัตถุดิบก่อนเข้าสู่กระบวนการต่อไป ได้แก่ การสเตอริไรย์ การทำแห้ง หรือการแช่เยือกแข็ง การลวกทำได้โดยการให้ความร้อนที่อุณหภูมิและเวลาที่ตั้งไว้และทำให้เย็นโดยเร็วที่อุณหภูมิห้อง ปัจจัยที่มีผลต่อการลวก ได้แก่ ชนิดของผักและผลไม้ ขนาดของชิ้นอาหาร อุณหภูมิของการลวก และวิธีการให้ความร้อน

2.2.1 วัตถุประสงค์ของการลวก

เพื่อทำลายเอนไซม์ เอนไซม์สำคัญที่ทำให้เกิดการสูญเสียคุณสมบัติการบริโภคและคุณค่าทางโภชนาการในผักและผลไม้ ได้แก่ โพลีฟีนอลออกซิเดส (Polyphenoloxidas) ไลพอกซิจิเนส (Lipoxygenase) โพลิกาแลกทูโรเนส (Polygalactulonase) และ คลอโรฟิลเลส (Chlorophillase) เอนไซม์ที่พบว่ามีความทนทานต่อความร้อนสูงในผักส่วนใหญ่มี 2 ชนิด คือ คะตะเลส (Catalase) และเปอร์ออกซิเดส (Peroxidase) แม้ว่าเอนไซม์ทั้ง 2 ชนิดนี้จะไม่ได้ทำให้อาหารเสียในระหว่างการเก็บรักษา แต่จะเป็นตัวชี้ความสมบูรณ์ในการลวก เอนไซม์เปอร์ออกซิเดส มีความทนทานต่อความร้อนมากกว่าเอนไซม์คะตะเลส ดังนั้นถ้าตรวจสอบไม่พบเปอร์ออกซิเดสก็แสดงว่าคะตะเลสถูกทำลายไปด้วยเช่น กัน (วิไล 2545)

การทำลายเอนไซม์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียนั้นจะใช้เอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเป็นตัวชี้วัด โดยทั่วไปจะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสหมด แต่ในการศึกษาในบางงานวิจัยพบว่า การทำลายเอนไซม์ให้การทำงานของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (peroxidase activity residule) เหลือ ร้อยละ 10-15 จะได้ผลดีในการผลิตผักแช่เยือกแข็ง (Bottcher 1975) จากภาพที่ 2.10 แสดง

ให้เห็นว่าค่า D และ Z ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความทนทานต่อความร้อนของเอนไซม์ ค่า D และ Z ของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสมากกว่าเอนไซม์ตัวอื่นที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสีย ดังนั้นการลดลงของการทำงานเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเหลือ ร้อยละ 10-15 เพียงพอที่จะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสีย



ภาพที่ 2.10 การทำลายเอนไซม์ Lipolytic acyl hydrolase, Lipoxygenase, Polyphenoloxidase, Peroxides ของมันฝรั่ง

ที่มา : Svensson (1997)

วัตถุประสงค์อื่นๆ ของการลวก คือสามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่บนผิวของอาหาร และเป็นการทำให้เนื้อเยื่อของผักผลไม้นุ่มขึ้น ช่วยให้บรรจุอาหารลงในภาชนะได้ง่ายขึ้น ช่วยทำให้เกิดสุญญากาศในกระป๋องได้ง่ายขึ้น รวมทั้งเป็นการเพิ่มอุณหภูมิให้กับผลิตภัณฑ์ก่อนเข้ากระบวนการแปรรูปต่อไป (อนุกูล และโชคชัย 2543)

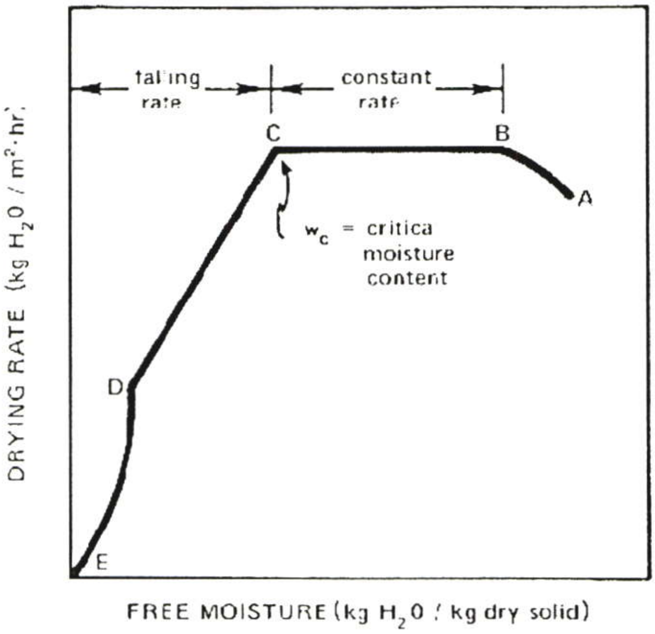
การลวกมีผลทำให้กลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ดีขึ้นและทำให้ปอกเปลือกได้ง่ายขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม การลวกก็มีข้อเสียคือ ทำให้เกิดการสูญเสียสารอาหารโดยเฉพาะวิตามินต่างๆ (Ponne et. al. 1994)

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.2 การทำแห้ง

การทำแห้งเป็นวิธีการลดความชื้นในอาหาร ซึ่งอาหารโดยทั่วไปจะมีปริมาณน้ำหรือความชื้นสูง จะทำให้อาหารเน่าเสียได้ง่าย ทั้งเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์และจากปฏิกิริยาเคมี ดังนั้นการดึงน้ำออกจากอาหารให้มีความชื้นลดลงจนพอเหมาะแก่อาหารแต่ละชนิดแล้วจะทำให้อาหารนั้นสามารถเก็บรักษาได้นานขึ้น (สมบัติ 2529) ซึ่งในสมัยโบราณการทำแห้งนิยมใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ แต่ปัจจุบันได้มีการพัฒนากรรมวิธีการทำแห้งให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยการสร้างตู้อบหรือเครื่องอบแห้งแบบต่างๆขึ้นมาโดยอาศัยพลังงานกล เช่น เครื่องอบแห้งแบบถาด เครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ เครื่องอบแห้งแบบระเหิด เป็นต้น (Canovas and Mercado 1996)

การศึกษาอัตราการทำแห้งจะสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ช่วง จากภาพที่ 2.11 ช่วงแรก คือ ระยะเริ่มต้น A-B (Setting down period) เป็นระยะที่วัตถุเริ่มร้อนขึ้น การระเหยของน้ำเกิดขึ้นน้อยมาก ช่วงที่ 2 คือ ระยะอัตราการระเหยคงที่ B-C (Constant drying rate period) ช่วงนี้อัตราการเคลื่อนที่ของน้ำที่อยู่ภายในวัตถุมาที่ผิว จะมีมากกว่าหรือเท่ากับอัตราการเคลื่อนที่ของน้ำที่ระเหยออกไป อัตราเร็วของการระเหยน้ำในช่วงนี้จะมีค่าคงที่ ช่วงสุดท้าย คือ ระยะอัตราการระเหยลดลง C-D (Falling drying rate period) ช่วงนี้อัตราการเคลื่อนที่ของน้ำในวัตถุจะลดลง ผิวของวัตถุจะเริ่มแห้ง อัตราการระเหยของน้ำจะลดลงเรื่อยๆ (อรไท 2539)



ภาพที่ 2.11 กราฟการทำแห้ง

ที่มา : Maitri และ Viboon. 1989. "**Batch and continuous drying.**" [online] available : http://www.fao.org/docrep/X5036E/x5036E0x.htm.

กฤษณ์ (2545) ศึกษากรรมวิธีและแบบจำลองในการทำแห้งกะเพรา (*Ocimum sanctum*) โดยทำแห้งกระเพราขาวและกะเพราแดงด้วยลมร้อน พบว่าลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของกะเพราขาวและกะเพราแดงที่ผ่านการทำแห้งเตรียมตัวอย่างจากการลวกและไม่ผ่านกระบวนการใดๆ ที่อุณหภูมิต่างๆ พบว่าการลวกมีผลต่ออัตราการดูน้ำกลับคืน (Rehydration ratio) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยกะเพราที่ผ่านการลวกจะมีค่าการดูดน้ำกลับคืนสูงกว่ากะเพราที่ไม่ผ่านกระบวนการใดๆ การศึกษาอัตราส่วนการทำแห้ง (Drying ratio) พบว่าชนิดของใบกะเพรา การลวก และอุณหภูมิในการทำแห้งมีผลต่ออัตราส่วนการทำแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยกะเพราขาวจะมีอัตราส่วนการทำแห้งสูงกว่ากะเพราแดง การลวกจะทำให้อัตราส่วนการทำแห้งสูงกว่า และอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้ค่าอัตราส่วนการทำแห้งสูงขึ้นตามลำดับ ($p < 0.05$) จากการเปลี่ยนแปลงค่าสีของกะเพราหลังกระบวนการทำแห้ง พบว่า การเตรียมตัวอย่างด้วยการลวกจะทำให้เปลี่ยนแปลงค่าสีทั้งหมด (ΔE^*) มีค่าน้อยกว่ากะเพราที่ไม่ผ่านกะบวนการใดๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สำหรับการเปลี่ยนแปลงค่าสีของกะเพราหลังการดูดน้ำกลับคืนพบว่ากะเพราแดงจะมีการเปลี่ยนแปลงค่าสีทั้งหมดน้อยกว่ากะเพราขาวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)และการเตรียมตัวอย่างด้วยการลวกกะเพราจะทำให้การเปลี่ยนแปลงค่าสีทั้งหมดน้อยกว่าไม่ผ่านกระบวนการใดๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)สำหรับการศึกษาน้ำมันหอมระเหยในกะเพราหลังการทำแห้งพบว่า กะเพราแดงจะมีปริมาณ Methyl eugenol มากกว่ากะเพราขาวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และการเตรียมตัวอย่างด้วยการลวกจะทำให้ปริมาณ Eugenol และ Methyl eugenol ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)และอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นจะทำให้ปริมาณ Eugenol ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

Sompoche (2004) ศึกษากลิ่นที่สำคัญในใบกะเพรา (*Ocimum sanctum*) โดยใช้ใบกะเพราสด, กะเพราแห้งที่ 45 °ซ เป็นเวลา 12 ชั่วโมง, กะเพราลวกที่ 100 °ซเป็นเวลา 1 นาที และกะเพราลวกที่ 100 °ซ เป็นเวลา 1 นาที แล้วทำแห้งที่ 45 °ซเป็นเวลา 12 ชั่วโมง พบว่ามีความชื้น 84.14 7.63 84.76 และ 8.48 และมี Eugenol 1,960 274.4 137.4 30.4 ไมโครกรัมต่อกรัม และมี Methyleugenol 11,210 3,860 1,220 370.7 ไมโครกรัมต่อกรัมตามลำดับ ในกะเพรามีส่วนประกอบของกลิ่นที่สำคัญ โดยกะเพราขาวพบ Eugenol (2,730-6,330 ไมโครกรัมต่อกรัม) มากที่สุด และกะเพราแดงพบ Methyleugenol (832-3,670 ไมโครกรัมต่อกรัม) มากที่สุด การลวกและการทำแห้งมีผลต่อการลดลงของกลิ่นในใบกะเพราเพราะน้ำมันภายในเซลล์ถูกระเหยและแตกตัวได้ง่ายในระหว่างการลวกและการทำแห้ง

2.3 การเกิดสีน้ำตาลในอาหาร (Browning)

การเกิดสีน้ำตาลหรือสีคล้ำของผลิตภัณฑ์ผักผลไม้อบแห้ง สามารถเกิดได้ตลอดเวลาตั้งแต่ขั้นตอนในการเตรียมวัตถุดิบ ขั้นตอนการทำแห้ง และในระหว่างการเก็บรักษา การเกิดสีน้ำตาลของผักผลไม้อบแห้ง เกิดจาก 2 ปฏิกิริยา ดังนี้

2.4.1 การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากปฏิกิริยาของเอนไซม์ (Enzymatic browning)

เอนไซม์ที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดปฏิกิริยานี้มีหลายชนิดได้แก่ ฟีนอเลส ฟีนอลออกซิเดส และโพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) เมื่อเนื้อเยื่อของกล้วยฉีกขาด ทำให้เอนไซม์สัมผัสกับอากาศ จะเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนสารประกอบฟีนอลิคในกล้วยให้เป็นสารเมลานิน ซึ่งมีสีน้ำตาล เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (Polyphenoloxidase : PPO) เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (Polyphenoloxidase : 1,2-benzenediol: oxygen oxidoreductase; EC. 1.10.3.1) หรือที่รู้จักในชื่อ catechol oxidase, catecholase, diphenoloxidase, o-diphenolase, phenolase และ tyrosinase เป็นเอ็นไซม์ที่ต้องการโลหะทองแดงที่ active site ในการทำปฏิกิริยา สับสเตรทของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส ในพืชชั้นสูงส่วนใหญ่เป็น o-dihydroxyphenols เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสจะออกซิไดส์ที่หมู่ OH และสามารถเปลี่ยน o-dihydroxyphenols ไปเป็น o-benzoquinones ได้โดยใช้ออกซิเจนเป็นสับสเตรทที่สอง (Martinez และ Whitaker, 1995) และสามารถออกซิไดส์ได้ทั้ง monophenol และ diphenol สารออโทควิโนนที่เกิดขึ้นจะเปลี่ยนแปลงและทำปฏิกิริยาต่อไปกับสารประกอบฟีนอล กรดอะมิโน และสารอื่นๆ แล้วเกิดเป็นสารที่มีสีที่มีโครงสร้างซับซ้อนเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเป็นเอนไซม์ที่สำคัญในการกำหนดคุณภาพและราคาของผักและผลไม้ที่ผ่านการเก็บรักษาและการแปรรูป

2.4.2 ปฏิกิริยาที่ไม่ได้มาจากการกระทำของเอนไซม์ (non-enzymatic browning)

ปฏิกิริยาที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีขององค์ประกอบของอาหาร ซึ่งจะมีผลต่อสี กลิ่นรส และคุณค่าทางโภชนาการของอาหารนั้นๆ ปฏิกิริยาสำคัญ ได้แก่

- ปฏิกิริยาเมลลาร์ด เกิดจากสารพวกเอมีน (amine), กรดอะมิโน หรือ โปรตีน ทำปฏิกิริยากับสารพวกน้ำตาล, อัลดีไฮด์ (aldehyde) หรือคีโตน (ketone) ในขณะ ที่อาหารผ่านความร้อนหรือเก็บเอาไว้นานๆ ทำให้ได้สารเมลานอยดิน (melanoidin) ที่ให้ สีน้ำตาล
- ปฏิกิริยาของวิตามินอันเนื่องมาจากออกซิเจน ทำให้เกิดสารที่มีชื่อว่า เฟอร์ฟิวราล (furfilral) ที่ให้สีน้ำตาล พบมากในน้ำผลไม้และน้ำผลไม้เข้มข้น

- ปฏิกิริยาการเกิดสีคาราเมล (caramel) เกิดจากการ เปลี่ยนแปลงของ น้ำตาลเมื่อได้รับความร้อน ในสภาพที่ไม่มีน้ำหรือน้ำน้อยๆ ที่เราเรียกว่าน้ำตาลไหม้ เกิด เป็นสารเฟอร์ฟิวราลที่มีสีน้ำตาลเช่นกัน

การทำแห้งอาหารจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอาหาร เช่น การเกิดสีน้ำตาล การสูญเสียในกระบวนการผลิตอาหารแห้ง ขั้นตอนการทำแห้งถือว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากขั้นตอนหนึ่ง ซึ่งมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์แห้ง

2.5 ไมโครเวฟ (Microwave)

หลักการของเตาอบไมโครเวฟก็คือ อาศัยการทำงานของคลื่นไมโครเวฟ ซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่อยู่ในช่วงคลื่นวิทยุ ที่มีความถี่ราว 2,450 เมกะเฮิรตซ์ (หรือความยาวคลื่น 12.24 เซนติเมตร) เมื่อคลื่นไมโครเวฟผ่านเข้าไปในอาหาร. โมเลกุลของน้ำ ไขมัน น้ำตาล และ สารอาหารต่างๆ ที่อยู่ในอาหาร ซึ่งส่วนใหญ่นั้นเป็นโมเลกุลที่มีขั้วไฟฟ้า คือ มีประจุบวก และ ประจุลบที่ขั้วตรงกันข้าม จะดูดกลืนพลังงานของคลื่นที่ผ่านเข้าไปและเกิดเป็นความร้อนขึ้น เนื่องจากสนามไฟฟ้าของคลื่นไมโครเวฟ จะเหนี่ยวนำโมเลกุลเหล่านี้ให้หมุนขั้วเพื่อปรับเรียงตัวตามสนามไฟฟ้าของคลื่นไมโครเวฟที่เปลี่ยนแปลงสลับไปมา จึงส่งผลให้โมเลกุลเหล่านี้หมุนกลับไปมา ทำให้เกิดความร้อนขึ้น

การเกิดความร้อนในอาหารด้วยไมโครเวฟนั้นเกิดจากอาหารดูดซับคลื่นไมโครเวฟ แล้วเปลี่ยนไปเป็นพลังงานความร้อน โดยไมโครเวฟทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของไอออนในสารละลายและการเสียดสีกันของไอออนที่เคลื่อนที่ ทำให้เกิดความร้อนขึ้นนอกจากนี้ยังทำให้สารประกอบที่มีขั้วเช่นน้ำ เกิดการเรียงตัวของประจุบวกและประจุลบอย่างเป็นระเบียบ พร้อมกับการการหมุนตัวกลับไปกลับมาอย่างรวดเร็ว ตามระดับความถี่ของคลื่นไมโครเวฟ 915 ถึง 2,450 ล้านครั้งต่อ 1 วินาที เกิดการเสียดสีกันของโมเลกุลน้ำทำให้เกิดความร้อนขึ้น (Decreau 1992) ดังภาพที่ 2.12

ภาพที่ 2.12 การหมุนตัวของสารประกอบที่มีประจุเนื่องจากไมโครเวฟ

ที่มา : Singh และ Heldman (2001)

Hasted และคณะ (1988) พบว่า ปริมาณน้ำและเกลือแร่รวมถึงรูปแบบของน้ำที่เป็นส่วนประกอบในอาหารนั้นจะมีความสำคัญต่อการดูดซับไมโครเวฟ น้ำที่อยู่ในรูปอิสระ (Free water) จะทำให้ดูดซับไมโครเวฟได้ดีกว่าน้ำที่เกาะอยู่กับสารประกอบอื่นเช่น โปรตีน หรือคาร์โบไฮเดรต เช่นเดียวกลับเกลือแร่ ถ้าอยู่ในรูปแตกตัว (Dissociated) จะทำให้อาหารนั้นดูดซับไมโครเวฟได้ดีกว่าเกลือที่อยู่ในรูปรวมตัวกับสารอื่น (Associated) ส่วนปัจจัยอื่นที่มีผลต่อการดูดซับไมโครเวฟนั้นได้แก่ ลักษณะทางกายภาพของอาหาร อุณหภูมิของอาหารและระดับความถี่ของคลื่นไมโครเวฟ สำหรับอาหารแห้งหรืออาหารที่มีไขมันและน้ำมันเป็นองค์ประกอบอยู่สูงจะดูซับไมโครเวฟได้ต่ำ

2.6 การประยุกต์ใช้ไมโครเวฟในการลวกและทำแห้งผักและผลไม้

ศารกิจ (2548) ศึกษาการประยุกต์ใช้ไมโครเวฟในการลวกและการอบแห้งแครอท พบว่า แค-รอทแช่น้ำเกลือความเข้มข้น ร้อยละ 3 มาผ่านสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในอุโมงค์ไมโครเวฟกำลัง 2,400 วัตต์ (ความถี่ 2,450 เมกกะเฮิร์ต) ที่ความเร็วของสายพาน 1.5 เมตรต่อนาที นาน 2 นาที จะสามารถลดการทำงานของเอนไซม์เปอ์ออกซิเดส (peroxidas activity residual) เหลือเพียง ร้อยละ 10.27 ในการอบแห้งแครอทหลังจากนำแครอทไปลวกด้วยการนำไปผ่านอุโมงค์ไมโครเวฟ 800 วัตต์ ที่ความเร็วสายพาน 1.5 เมตรต่อนาที นาน 30 นาที โดยมีอัตราการทำแห้ง 3.52-55.08 กรัมต่อนาทีต่อน้ำหนักแห้ง แล้วต่อด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 °ซ นาน 150 นาที จะมีอัตราการทำแห้ง 0.002-0.91 กรัมต่อนาทีน้ำหนักแห้ง สามารถปริมาณความชื้นได้เหลือ 7.78 กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง มีค่า a_w 0.37 โดยยังคงมีวิตามินซีร้อยละ 32.46 และสามารถคืนรูปได้ลักษณะใกล้เคียงกับแครอทสด ภายใน 6 นาทีโดยการจุ่มน้ำเดือด

สุทัศน์ และจริญญา (2549) ศึกษาการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากกะเพรา (*Ocimum sanctum* L.) และนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร โดยทำการอบแห้งกะเพราขาว และกะเพราแดงด้วยเครื่องไมโครเวฟสุญญากาศ กำลัง 4,800 วัตต์ ที่ความดัน -550 มิลลิเมตรปรอท จนอุณหภูมิภายในตู้อบสูง 60°ซ และวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมี พบว่า กะเพราอบแห้งบดแห้งทั้งสองสายพันธุ์มีค่าเปอร์เซ็นผลผลิตไม่แตกต่างกันโดยกะเพราขาวและกะเพราแดงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 11.58 และร้อยละ 11.45 ตามลำดับ โดยที่กะเพราแดงอบแห้งบดละเอียดจะมีความชื้นสูงกว่ากะเพราขาวอบแห้งบดละเอียดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีความชื้นเท่ากับร้อยละ 8.59 และ 6.39 ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบวิธีการสกัดน้ำมันหอมระเหยโดยวิธีกลั่นและสกัดพร้อมกัน การกลั่นด้วยไอน้ำทางตรง และการกลั่นด้วยไอน้ำทางอ้อม ได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยร้อยละ 1.23 0.44 และ 0.33 ตามลำดับ น้ำมันหอมระเหยมีค่าดรรชนีหักเหระหว่าง 1.5148-1.5153 องค์ประกอบหลักของสารให้กลิ่นในน้ำมันหอมะเหยกะเพราวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS พบว่ามี Methyl eugenol, Trans-Caryophyllene, Eugenol, 2,4- Diisopropenyl-1-methyl-1-vinyl

และ L-linalool ร้อยละ 45.83, 22.46, 19.73, 1.98 และ 0.31 ตามลำดับ การทดสอบความสามารถในการเป็นสารต้านการออกซิเดชั่นโดยวิธี DPPH พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากกะเพราขาวมีการยับยั้งสูงกว่ากะเพราแดง ทั้งที่ได้จากวิธีการกลั่นและสกัดพร้อมกัน

Rao และคณะ (1998) พบว่าการทำแห้งโรสแมรี่ (rosemary) แบบการพาความร้อนจะมีการสูญเสียน้ำมันหอมระเหยน้อยกว่า (ร้อยละ 7.25) เมื่อเทียบกับโรสแมรี่สด การใช้ไมโครเวฟที่ 175 วัตต์ จะสูญเสียน้ำมันหอมระเหยถึงร้อยละ 61.45 และการใช้ไมโครเวฟที่ระดับพลังงานสูงขึ้น (385 วัตต์ และ 595 วัตต์) จะทำให้สูญเสียน้ำมันหอมระเหยมากขึ้นตามลำดับ แต่การใช้ไมโครเวฟในการทำแห้งจะให้สีของโรสแมรี่เขียวกว่า เนื่องจากใช้เวลาน้อยกว่า การวิเคราะห์องค์ประกอบทางคุณภาพของกลิ่นที่ได้จากโรสแมรี่ พบว่า องค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ 175 วัตต์ จะเหมือนกับในโรสแมรี่สด ส่วนตัวอย่างที่ได้จากการทำแห้งแบบพาความร้อนจะมีปริมาณต่ำกว่าโรสแมรี่สด ซึ่งเนื่องมาจากการใช้ระยะเวลานานในการทำแห้งจึงทำให้เกิดการระเหยไป ส่วนองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ 385 วัตต์ และ 595 วัตต์ มีความแตกต่างไปจากตัวอย่างอื่นโดยองค์ประกอบของส่วนที่เป็นขั้วลดลงถึงร้อยละ 40.3 และ 25.1 ตามลำดับ ถึงแม้ว่าการใช้ไมโครเวฟในการทำแห้งจะใช้เวลาสั้นให้สีและลักษณะปรากฏที่ดี แต่ไม่เหมาะกับการทำแห้งและถนอมกลิ่นของโรสแมรี่เพราะระหว่างการทำแห้งมีการสูญเสียน้ำมันหอมระเหยในปริมาณที่มาก

Ren และ Chen (1998) อบแห้งรากโสมด้วยการอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 38 °ซ ความเร็วลม 60 ลิตรต่อนาที และการอบแห้งแบบลมร้อนร่วมกับไมโครเวฟอุณหภูมิ 38 °ซ ความเร็วลม 60 ลิตรต่อนาที ที่กำลังไฟ 60 วัตต์ พบว่าการอบแห้งแบบลมร้อนร่วมกับไมโครเวฟใช้เวลาในการอบแห้งน้อยกว่าวิธีการใช้ลมร้อนเพียงอย่างเดียว โดยการอบแห้งรากโสมจนมีความชื้นร้อยละ 10 ถ้าอบแห้งแบบลมร้อนจะใช้เวลา 136.4 ชั่วโมง ในขณะที่การอบแห้งแบบลมร้อนร่วมกับไมโครเวฟจะใช่เวลาเพียง 61.1 ชั่วโมง ลดลงร้อยละ 55.2

Maskan (2000) ได้ทดลองอบแห้งกล้วยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตร หั่นเป็นแว่นหนา 4.3 มิลลิเมตร ด้วยวิธีการอบแห้ง 3 แบบ แบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60°ซ ความเร็วลม 1.45 เมตรต่อวินาที แบบไมโครเวฟที่กำลังไฟ 350 วัตต์ และแบบลมร้อนที่ 60 °ซ ความเร็วลม 1.45 เมตรต่อวินาที จนมีความชื้น 1.25 กิโลกรัมน้ำต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง แล้วตามด้วยการใช้ไมโครเวฟที่กำลังไฟ 350 วัตต์ พบว่าการอบแห้งกล้วยด้วยลมร้อนจะใช้เวลา 482 นาที ในขณะที่การอบแห้งด้วยไมโครเวฟจะใช้เวลาเพียง 27 นาที ลดระยะเวลาการอบแห้งลงร้อยละ 94 การอบแห้งแบบลมร้อนก่อนนำมาใช้ไมโครเวฟนั้น พบว่า ในขั้นตอนการทำแห้งแบบลมร้อนมีอัตราการอบแห้ง 0.035 กิโลกรัมน้ำต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อนาที และเมื่อนำมาอบด้วยไมโครเวฟอัตราการอบแห้งเพิ่มขึ้นเป็น 0.4 กิโลกรัมน้ำต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อนาที ใช้เวลาในการอบแห้งทั้งหมด 172 นาที ทำให้เวลาในการอบแห้งลดลงร้อยละ 64.3

Khraisheh และคณะ (2000) อบแห้งมันฝรั่งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.6 เซนติเมตร ยาว 5.2 เซนติเมตร ด้วยการอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60 ˚ซ ความเร็วลม 1.5 เมตรต่อวินาที และการอบแห้งแบบไมโครเวฟ ที่กำลังไฟ 10.5 วัตต์ และการอบแห้งแบบลมร้อนร่วมกับไมโครเวฟ ที่อุณหภูมิ 60˚ซ ความเร็วลม 1.5 เมตรต่อวินาที กำลังไฟ 10.5 วัตต์ พบว่าการอบแห้งแบบลมร้อนร่วมกับไมโครเวฟใช้เวลาในการอบแห้งน้อยที่สุด คือ 200 นาที ส่วนการอบแห้งแบบลมร้อนร่วมกับไมโครเวฟใช้เวลาในการอบแห้งน้อยที่สุด คือ 200 นาที ส่วนการอบแห้งแบบลมร้อนใช้เวลาในการอบแห้งนานที่สุด 350 นาที

Sharma และ Prasad (2001) ศึกษาความเป็นไปได้ในการทำแห้งกระเทียมด้วยไมโครเวฟร่วมกับตู้อบ เปรียบเทียบกับการใช้ตู้อบอย่างเดียว พบว่า องค์ประกอบของสารระเหยในกระเทียมที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับตู้อบ (4.06 มิลลิกรัมต่อกรัม) มีมากกว่ากระเทียมที่ผ่านการทำแห้งด้วยตู้อบ (3.27 มิลลิกรัม/ กรัม) เพียงอย่างเดียว

Ramesh และคณะ (2002) ทำการลวกผักขม พริกไทย และแครอท ด้วยไมโครเวฟเปรียบเทียบกับการลวกด้วยน้ำร้อน พบว่า ระยะเวลาที่ใช้ในการทำลายเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส ด้วยไมโครเวฟ ของผักขม และพริกไทยจะสูงกว่าการลวกด้วยน้ำร้อน แต่ในแครอทจะใช้เวลาในการลวกเท่ากัน เมื่อวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีและปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้ง 3 ตัวอย่าง พบว่าการลวกด้วยไมโครเวฟจะมีปริมาณวิตามินซีและปริมาณแคโรทีนอยด์สูงกว่าในการลวกด้วยน้ำร้อน และยังพบว่าการลวกด้วยไมโครเวฟทำให้ทั้ง 3 ตัวอย่าง สูญเสียน้ำไปประมาณร้อยละ 30 เนื่องจากผลของการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ

Bertelli และคณะ (2002) ศึกษาผลกระทบของการใช้ไมโครเวฟที่มีผลต่อสารระเหยในพริกไทยขาวและดำ พบว่า ตัวอย่างที่ผ่านการใช้ไมโครเวฟ ถูกสุขลักษณะ เป็นที่ยอมรับ และป้องกันองค์ประกอบของกลิ่นในพริกไทยได้

Lin และ Brewer (2005) ศึกษาผลกระทบของการลวกด้วยไอน้ำและไมโครเวฟที่มีผลต่อคุณภาพของถั่งแช่แข็ง พบว่าถั่วที่ผ่านการลวกด้วยไมโครเวฟมีสีเขียวกว่าการลวกด้วยวิธีอื่น กลิ่นรส และปริมาณกรดแอสคอบิกของถั่วที่ลวกด้วยไมโครเวฟมีปริมาณสูงกว่าการลวกด้วยไอน้ำ และน้ำ

Marsaioli และคณะ (2006) ศึกษาการทำแห้งถั่วแมคคาเดเมีย (macadamia) ด้วยไมโครเวฟ พบว่า การทำแห้งถั่วแมคคาเดเมียด้วยไมโครเวฟใช้เวลาในการทำแห้ง 4.5-5.5 ชั่วโมง ซึ่งใช้เวลาสั้นกว่าการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (144 ชั่วโมง) อีกทั้งยังรักษาคุณภาพเดิมได้หลังจากเก็บรักษา 6 เดือน

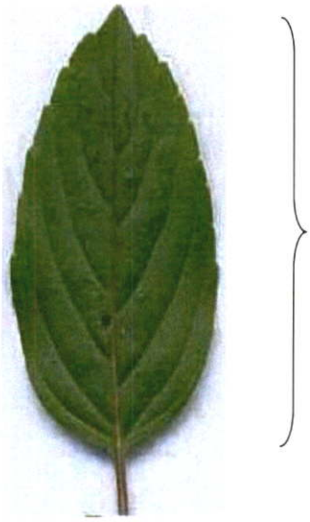
Karatas และ Kamisli (2007) ศึกษาวิตามิน A, C, และ E และ malondialdehyde ในแอปพลิคอท (Prunus armeniaca) จากการทำแห้งด้วยอินฟราเรดเปรียบเทียบกับการใช้ไมโครเวฟ พบว่า วิตามิน A, C, และ E และ malondialdehyde ในแอปพลิคอทที่ทำแห้งด้วยไมโครเวฟมีปริมาณสูงกว่าการทำ

แห้งด้วยอินฟราเรด แสดงว่าการทำแห้งด้วยไมโครเวฟมีผลกระทบต่อวิตามิน A, C, และ E และ malondialdehyde ในแอปพลิคอทน้อยกว่าการทำแห้งด้วยอินฟราเรด

บทที่ 3
วัสดุและอุปกรณ์

3.1 วัสดุ

ใบกะเพรา ชนิดกะเพราขาว กลุ่ม Thai basil ชื่อวิทยาศาสตร์ *Ocimum basilicum var. thyrsiflora* จากตลาดอุดมผล เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ นำมาเด็ดเอาแต่ใบที่สมบูรณ์ ขนาดกว้าง 3 เซนติเมตร ยาว 6.5 เซนติเมตร โดยนับจากยอด มาล้างทำความสะอาด และผึ่งให้สะเด็ดน้ำ



ภาพที่ 3.1 ภาพจำลองขนาดของใบกะเพราที่ใช้ในการทดลอง

3.2 สารเคมี

- 2-methoxyphenaol (guaiacol)
- Hydrogen peroxide
- Phosphate buffer pH 6.0
- Dichloromethane
- Folin-Ciocalteu
- Galic acid

- Sodium sulfate anhydrous (Na_2SO_4)
- N_2
- 2-methyl-3-heptanone
- NaOH
- HCl
- DPPH (1, 1-Diphenyl-2-picryl-hydrazyl)
- Sodium acetate trihydrate
- Glacial aceticacid
- TRTZ (2, 4, 6-Tris (2-pyridyl)-s-triazine)
- $FeCl_3$. $6H_2O$
- Vitamin C

3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ

- อุโมงค์ไมโครเวฟ (Microwave Tunnel) ความถี่ 2,450 เมกกะเฮิร์ต กำลัง 1,800 วัตต์ โดยใช้แมกนิตรอน 3 แมกนิตรอน
- เครื่องวัดอุณหภูมิแบบรังสีอินฟาเรด (Infrared thermometer) ยี่ห้อ Chino ประเทศญี่ปุ่น
- เครื่องวัดระดับวอเตอร์แอคติวิตี้ Novasina รุ่น thermoconstanter ประเทศสวิสเซอร์แลน
- เครื่องวัดสี รุ่น Minolta meter, CR 300 series
- ตู้อบวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (Hot air oven) ยี่ห้อ Memment ประเทศเยอรมัน
- โถดูดความชื้น (Desiccators)
- เครื่องชั่งไฟฟ้า 2 ตำแหน่ง
- เครื่องชั่งไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง
- Water bath
- เครื่อง Rotary evaporation ผลิตโดยบริษัท BUCHI ประเทศสวิสเซอร์แลนด์
- Thermometer
- นาฬิกาจับเวลา
- ปั๊มดูดอากาศ (Vacuum pump)
- ตู้แช่แข็ง (freezer) -18 $^{\circ}$ซ
- Homogenizer (MSE) พร้อมด้วย homogenizing flask (100 มิลลิลิตร)
- เครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์ (Spectophotometer)

- เครื่องปั่น (Brender)
- Stirrer
- เครื่อง Gas chromatography – Mass spectrometry (GC-MS ยี่ห้อ Agilent technologies)
- ชุดอุปกรณ์เครื่องแก้วสำหรับวิเคราะห์ทางเคมี

3.4 วิธีการดำเนินงาน

3.4.1 ศึกษาการใช้ไมโครเวฟเทคนิคทดแทนการลวกใบกะเพราด้วยน้ำเดือด

3.4.1.1 ศึกษากะเพราต่อปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการลวกด้วยไมโครเวฟ

นำใบกะเพราที่ทำความสะอาดแล้ว 30 กรัม มาเกลี่ยบนถาดพลาสติก (PP) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 เซนติเมตร ฉีดพ่นน้ำ 0, 10, 20 และ 30 มิลลิลิตร ให้ทั่ว แล้วนำมาผ่านอุโมงค์ไมโครเวฟ 1,800 วัตต์ ความถี่ 2,450 เมกกะเฮิร์ต ความเร็วสายพาน 1 เมตรต่อนาที เป็นระยะเวลา 180 วินาที จากนั้นนำตัวอย่างไปวัดอุณหภูมิด้วยเครื่อง Infrared Thermometer ทดสอบกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (Peroxidas activity residual ; POD activity residual) (Kim and Yoo, 1996) และวัดค่าสี L*, a*, b* และ ΔE* ระบบ CIE LAB ด้วยเครื่อง Minolta CR300

วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design ; CRD) ทดสอบความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3.4.1.2 ศึกษาอิทธิพลของการฉีดพ่นน้ำ (ใบกะเพราสด : น้ำ เท่ากับ 30 : 30 หรือ 1 : 1 กรัม : มิลลิลิตร) ก่อนการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟเปรียบเทียบกับการลวกด้วยน้ำเดือด

นำกะเพราที่ฉีดพ่นน้ำจากข้อที่ 3.4.1.1 มาผ่านอุโมงค์ไมโครเวฟ 1,800 วัตต์ เปรียบเทียบกับกะเพรา 30 กรัม ที่ลวกด้วยน้ำเดือด (89-91 °ซ) 300 มิลลิลิตร (ดัดแปลงจาก Sompoche, 2004) เป็นเวลา 0, 30, 60, 90, 120, 150 และ 180 วินาที จากนั้นนำตัวอย่างมาวัดอุณหภูมิ ปริมาณความชื้น (AOAC. 1990) ทดสอบกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส และค่าสี L*, a*, b* และ ΔE*

วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design ; CRD) ทดสอบความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3.4.2 ศึกษาอัตราการทำแห้งใบกะเพราด้วยอุโมงค์ไมโครเวฟ

นำใบกะเพราฉีดพ่นน้ำ (1: 1 กรัม: มิลลิลิตร) ที่ผ่านอุโมงค์ไมโครเวฟ 180 วินาทีจากข้อ 3.4.1.2 และกะเพราสดมาทำแห้งด้วยอุโมงค์ไมโครเวฟ 1,800 วัตต์ ที่ความเร็ว 1 เมตรต่อนาที บันทึกน้ำหนักใบกะเพราทุกๆ 3 นาทีที่ผ่านอุโมงค์ไมโครเวฟ จนน้ำหนักคงที่ แล้วนำไปหาอัตราการทำแห้ง ด้วยการนำค่าน้ำหนักที่หายไปของใบกะเพราทุกๆ 3 นาที มาสร้างกราฟระหว่างค่าน้ำหนักที่หายไป (คิดเป็นกรัม : กรัมน้ำหนักแห้ง) กับระยะเวลาในการทำแห้งเปรียบเทียบกับการทำแห้งใบกะเพราสดด้วยอุโมงค์ไมโครเวฟ

3.4.3 ศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมีและปริมาณจุลินทรีย์ของใบกะเพราแห้ง

ตรวจสอบคุณภาพของกะเพราที่ผ่านการทำแห้งโดยนำตัวอย่างที่ผ่านการทำแห้งมาตรวจสอบทางกายภาพ ได้แก่ ความชื้น ค่า a_w อัตราส่วนการดูดซับน้ำ (ดัดแปลงจาก Schadle et. al. 1983) %yield ค่าสี L*, a*, b* และ ΔE*

วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design ; CRD) ทดสอบความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Independent-Sample (T Test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

วิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และรา (AOAC. 2003) และวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณ Eugenol ในสารสกัดใบกะเพราแห้งเปรียบเทียบกับสารสกัดกะเพราสด ด้วยเครื่อง GC-MS โดยใช้ GC รุ่น 6890 (Agilent technologies) MS รุ่น 5973N (Agilent technologies) OVEN (Initial temp: 35°ซ Initial temp : 0.00 min) เฟสเคลื่อนที่ คือ ก๊าซฮีเลี่ยม คอลัมน์ DB-5 MS Quad (150°ซ Maximum 200°ซ) MS Source (230°ซ Maximum 250°ซ) (ดัดแปลงจาก Sompoche, 2004) และนำสารสกัดกะเพราแห้งมาเปรียบเทียบกับสารสกัดกะเพราสด เก็บตัวอย่างที่ได้ในขวดสีชาแล้วนำไปใส่ในโถดูดความชื้นทิ้งไว้ข้ามคืน จากนั้นเก็บตัวอย่างสารสกัดที่อุณหภูมิ -18 °ซ สำหรับใช้ในการทดลองต่อไป โดยทดสอบความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH (1, 1-Diphenyl-2-picryl-hydrazyl) ด้วยวิธีการของ Murakami และคณะ (2004) เปรียบเทียบกับความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (Ferric reducing antioxidative potential, FRAP) ด้วยวิธีการของ Benzie และ strain (1999)

วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design ; CRD) ทดสอบความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

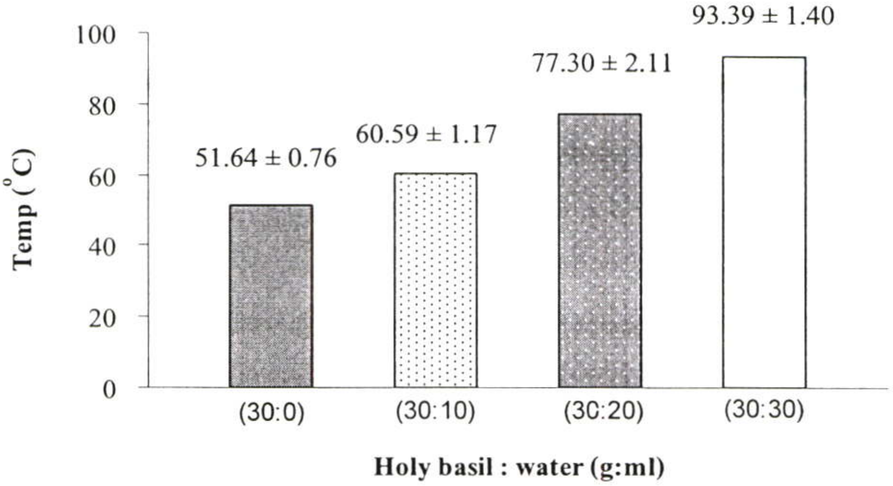
บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลของการใช้ไมโครเวฟเทคนิคทดแทนการลวกใบกะเพราด้วยน้ำเดือด

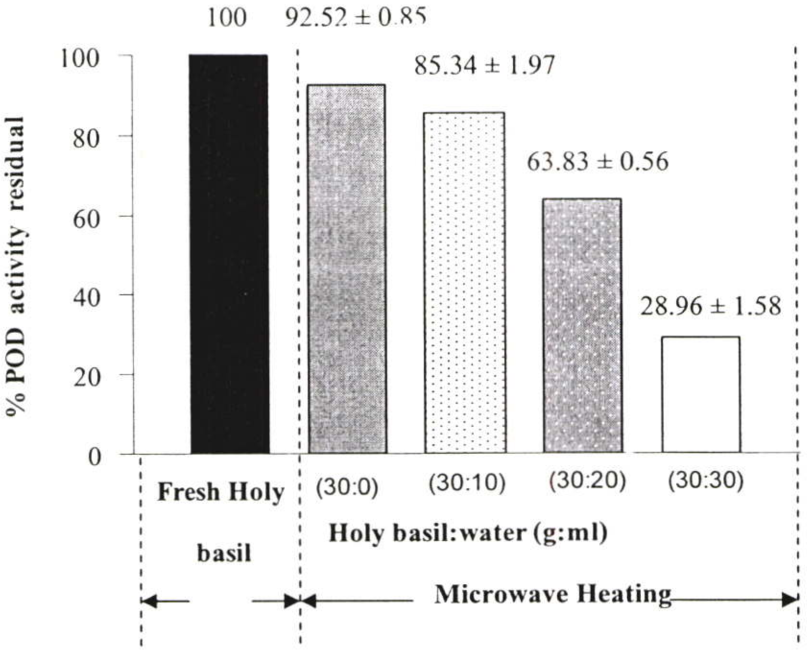
4.1.1 ผลของอัตราส่วนกะเพราต่อน้ำที่ใช้ในการฉีดพ่นก่อนการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ

จากการทดลองในข้อ 3.4.1.1 เมื่อนำตัวอย่างไปวัดอุณหภูมิ เอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่เหลืออยู่ การเปลี่ยนแปลงค่าสี L*, a* และ b* และ ΔE* ได้ผลการทดลองดังภาพที่ 4.1- 4.3 และตารางที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 อุณหภูมิของใบกะเพราต่อน้ำปริมาณต่างๆ ที่ใช้ฉีดพ่นหลังผ่านอุโมงค์ไมโครเวฟ 1,800 วัตต์ นาน 180 วินาที ที่ความเร็วสายพาน1 เมตรต่อนาที

จากการศึกษาอัตราส่วนกะเพราต่อน้ำที่ใช้ในการฉีดพ่น 0, 10, 20 และ 30 มิลลิลิตร ก่อนการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ พบว่า ปริมาณน้ำที่ใช้ฉีดพ่นมีผลต่ออุณหภูมิหลังผ่านไมโครเวฟอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อฉีดพ่นน้ำลงไป น้ำมีประจุทำให้ไปเพิ่มการดูดซับคลื่นไมโครเวฟได้ดียิ่งขึ้น และส่งผลให้เกิดการสั่นสะเทือนหรือหมุนเหวี่ยงของอนุภาคที่มีประจุทำให้ชนกับอนุภาคข้างเคียงและเกิดเป็นความร้อนได้ดีขึ้น (Fellows 2000) จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเมื่อฉีดพ่นน้ำ 0, 10, 20 และ 30 มิลลิลิตรและมีอุณหภูมิ 51.64, 60.59, 77.30 และ 93.39 °ซ ตามลำดับ (ดังภาพที่ 4.1)



ภาพที่ 4.2 เอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่เหลืออยู่ของใบกะเพราต่อน้ำปริมาณต่างๆ ที่ใช้ฉีดพ่นหลังผ่านอุโมงค์ไมโครเวฟ 1,800 วัตต์ นาน 180 วินาทีที่ความเร็วสายพาน 1 เมตรต่อนาที เปรียบเทียบกับใบกะเพราสด

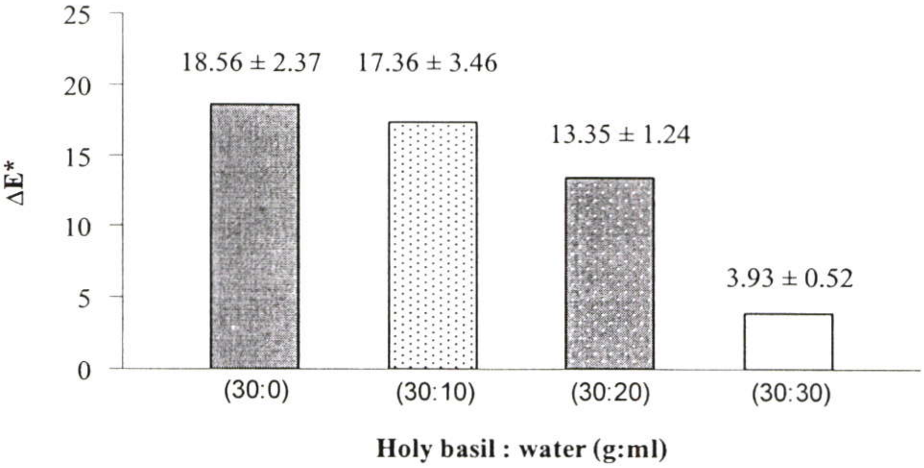
เมื่อพิจารณาการทำงานของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่เหลืออยู่ของใบกะเพราต่อน้ำปริมาณ 0, 10, 20 และ 30 มิลลิลิตร ที่ใช้ฉีดพ่นแล้วผ่านไมโครเวฟเปรียบเทียบกับใบกะเพราสด พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่เหลืออยู่เท่ากับร้อยละ 100, 92, 85, 63 และ 28 ตามลำดับ (ดังภาพที่ 4.2) ซึ่งกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่เหลืออยู่นั้นจะเป็นตัวชี้ความสมบูรณ์ในการลวก เอนไซม์เปอร์ออกซิเดส มีความทนทานต่อความร้อนมากกว่าเอนไซม์คะตะเลสซึ่งเอนไซม์ทั้งสองชนิดนี้ทำให้เกิดสีน้ำตาลในผักและผลไม้ ดังนั้นถ้าตรวจสอบไม่พบเปอร์ออกซิเดสก็แสดงว่าคะตะเลสถูกทำลายไปด้วยเช่นกัน (วิไล 2545) จะเห็นได้ว่าใบกะเพราที่ฉีดพ่นน้ำ 30, 20 และ 10 มิลลิลิตร มีผลต่อการทำงานของกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่เหลือลดลงมากกว่าใบกะเพราที่ไม่ผ่านการฉีดพ่นน้ำ (30 : 0; กรัม: มิลลิลิตร) และใบกะเพราสด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และพบว่า ใบกะเพราต่อน้ำ เท่ากับ 30 : 30 (กรัม : มิลลิลิตร) จะทำให้การทำงานของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสลดลงมากที่สุด

ตารางที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L*, a* และ b* ของใบกะเพราต่อน้ำปริมาณต่างๆที่ใช้ฉีดพ่น หลังผ่านการลวกด้วยอุโมงค์ไมโครเวฟ 1,800 วัตต์ นาน 180 วินาทีที่ความเร็วสายพาน 1 เมตรต่อนาที

กะเพรา:น้ำ (g:ml)	**ค่าสี**		
	L*	**a***	**b***
30:0	35.24c	-3.97a	6.38c
30:10	37.61b	-2.83a	7.14bc
30:20	39.04b	-6.48a	11.05bc
30:30	41.61a	-15.16b	20.41a

หมายเหตุ

- ค่าที่ได้จากตารางได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ
- ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



ภาพที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงค่าสีทั้งหมด (ΔE^*) ของใบกะเพราต่อน้ำปริมาณต่างๆ ที่ใช้ฉีดพ่น หลังผ่านอุโมงค์ไมโครเวฟ 1,800 วัตต์ นาน 180 วินาที ที่ความเร็วสายพาน 1 เมตรต่อนาที

จากตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.3 เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่าสีของใบกะเพราต่อน้ำปริมาณต่างๆที่ใช้ฉีดพ่นหลังผ่านไมโครเวฟ พบว่า ปริมาณน้ำที่ใช้ฉีดพ่นมีผลต่อค่าสี L*, a*และ b* และ ΔE^* (การเปลี่ยนแปลงค่าสีทั้งหมด) ของใบกะเพราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยใบ

กะเพรา 30 กรัม ต่อน้ำที่ใช้ฉีดพ่น 0, 10, 20 และ 30 มิลลิลิตรจะมีค่า ΔE* เท่ากับ 18.56, 17.36, 13.35 และ 3.93 ตามลำดับ และค่า a* (ค่าความเขียว) เท่ากับ -3.97, -2.83, -6.48 และ -15.16 ตามลำดับ และจากค่า ΔE* จะเห็นได้ว่าการฉีดพ่นน้ำ 30 มิลลิลิตรลงบนใบกระเพราจะทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของสีน้อยที่สุดและน้อยกว่าใบกะเพราที่ไม่ผ่านการฉีดพ่นน้ำ (0 มิลลิลิตร) นอกจากนี้ยังพบว่า ในการฉีดพ่นน้ำ 30 มิลลิลิตรจะทำให้ค่า a* น้อยลงแสดงว่ามีความเขียวมากขึ้น เนื่องจากการฉีดพ่นน้ำจะช่วยป้องกันการเสื่อมสลายของคลอโรฟีลล์ (Schwartz and Von 1983) โดยลดการแตกตัวออกของโซ่ไฟทอล (Phytol chain) ในโครงสร้างของคลอโรฟีลล์ (Rocha et. al. 1992) จึงทำให้เกิดสีเขียวเข้มขึ้นซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ กฤษณ์ (2545) และ (Lin and Brewer 2005)

ใบกะเพราต่อน้ำ 30:0 (กรัม: มิลลิลิตร)

ใบกะเพราต่อน้ำ 30:10 (กรัม: มิลลิลิตร)

ใบกะเพราต่อน้ำ 30:20 (กรัม: มิลลิลิตร)

ใบกะเพราต่อน้ำ 30:30 (กรัม: มิลลิลิตร)

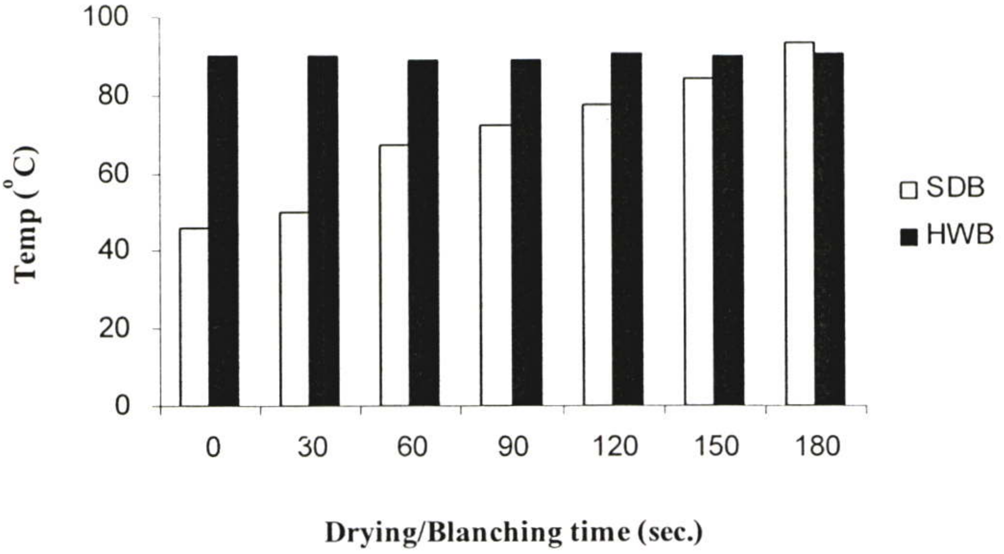
ภาพที่ 4.4 ภาพใบกะเพราผ่านการฉีดพ่นในอัตราส่วน 30: 0, 30:10, 30: 20 และ 30: 30 (กรัม: มิลลิกรัม) ก่อนการให้ความร้อนด้วยอุโมงค์ไมโครเวฟ 1,800 วัตต์ นาน 180 วินาที ที่ความเร็วสายพาน 1 เมตรต่อนาที

จากภาพที่ 4.4 พบว่าเมื่อใช้ใบกะเพราต่อน้ำ 30 :30 (กรัม : มิลลิลิตร) ฉีดพ่นก่อนการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ 1,800 วัตต์ นาน 180 วินาที ที่ความเร็วสายพาน 1 เมตรต่อนาที ยังคงรักษาความเขียวของใบกะเพราได้มากที่สุด เนื่องจากปริมาณน้ำมากพอซึ่งเป็นการเพิ่มประจุที่จะดูดซับคลื่นไมโครเวฟและเปลี่ยนแปลงไปเป็นความร้อนที่สูงพอจะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่ทำให้เกิดสีน้ำตาลในผักและผลไม้

จากการศึกษาอัตราส่วนใบกะเพราต่อน้ำที่ใช้ในการฉีดพ่น (30: 0, 30:10, 30: 20 และ 30: 30 กรัม: มิลลิกรัม) ก่อนการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ พิจารณาอุณหภูมิหลังผ่านไมโครเวฟ กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส ค่าสี L* (ความสว่างของสี), a* (ค่าความเขียว) และ b* (ค่าความเป็นสีเหลือง) และ ΔE* พบว่าการฉีดพ่นน้ำ 30: 30 กรัม: มิลลิกรัม มีอิทธิพลต่อการดูดซับคลื่นไมโครเวฟทำให้เกิดความร้อนได้ดีขึ้นโดยน้ำที่อยู่ในรูปอิสระ (Free water) จะทำให้ดูดซับไมโครเวฟได้ดีกว่าน้ำที่เกาะอยู่กับสารประกอบอื่น (Hasted et. al. 1988) ซึ่งทำให้เกิดอุณหภูมิสูงพอที่จะยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสให้ลดลงได้ซึ่งเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสนี้ใช้เป็นดัชนีวัดความสมบูรณ์ของการลวกเพราะมีความทนทานต่อความร้อนมากกว่าเอนไซม์คะตะเลส ดังนั้นถ้าตรวจไม่พบเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสก็แสดงว่าคะตะเลสถูกทำลายไปด้วยเช่นกัน วิไล (2545) และยังคงรักษาสภาพทางกายภาพคือสีเขียวของกะเพราะ ได้จึงใช้สภาวะนี้ในการศึกษาอิทธิพลของการฉีดพ่นน้ำ (กะเพราสด: น้ำ 1: 1) ก่อนการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟเปรียบเทียบกับการลวกด้วยน้ำเดือด

4.1.2 ผลของอิทธิพลของการฉีดพ่นน้ำ (กะเพราสด : น้ำเท่ากับ 30 : 30 หรือ 1 : 1 กรัม : มิลลิลิตร) ก่อนการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟเปรียบเทียบกับการลวกด้วยน้ำเดือด

จากการทดลองในข้อ 3.4.1.2 เมื่อนำตัวอย่างมาวัดอุณหภูมิ และตรวจวิเคราะห์ปริมาณความชื้น กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส รวมทั้งค่า ΔE* ได้ผลการทดลองดังแสดงในภาพที่ 4.5-4.8

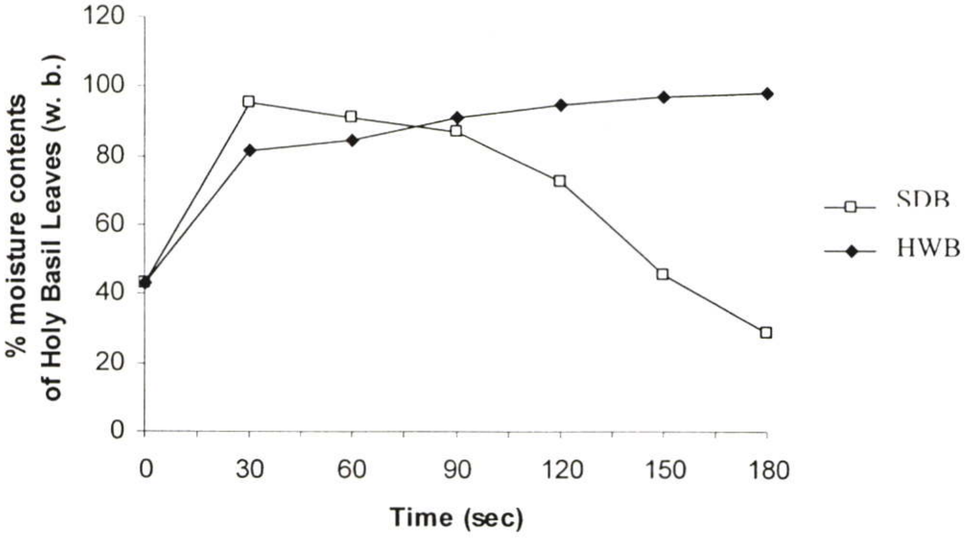


ภาพที่ 4.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิของใบกะเพราที่ผ่านฉีดพ่นน้ำเท่ากับ 30: 30 หรือ 1: 1 (กรัม: มิลลิลิตร) แล้วให้ความร้อนด้วยอุโมงค์ไมโครเวฟที่ความเร็วสายพาน 1 เมตรต่อนาทีเปรียบเทียบกับการลวกด้วยน้ำเดือด

หมายเหตุ SDB = Spraying and Drying Holy Basil leaves

HWB = Hot water Blanching Holy Basil leaves

จากภาพที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่าใบกะเพราที่ผ่านการฉีดพ่นน้ำในอัตราส่วนกะเพรา: น้ำ; 1:1แล้วผ่านความร้อนด้วยไมโครเวฟ (SDB) นาน 0, 30, 60, 90,120, 150 และ 180 วินาที มีผลต่ออุณหภูมิคือเมื่อระยะเวลาการให้ความร้อนเพิ่มขึ้นมีผลทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นมีค่าเท่ากับ 45.98, 50.11, 67.39, 72.24, 77.31, 84.22 และ 93.52 ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกับการลวกด้วยน้ำเดือด (HWB) อุณหภูมิจะคงที่คืออุณหภูมิน้ำเดือด (89-91°ซ) แต่การฉีดพ่นน้ำในอัตราส่วนกะเพรา: น้ำ; 1:1 แล้วผ่านไมโครเวฟเป็นการเพิ่มประจุให้กับใบกะเพราเริ่มต้นทำให้ดูดซับคลื่นไมโครเวฟได้ดีขึ้น เมื่อยิ่งเพิ่มระยะเวลาในการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟยิ่งเป็นการเพิ่มระยะเวลาในการดูดซับคลื่นไมโครเวฟทำให้อุณหภูมิค่อยๆเพิ่มสูงขึ้นนั่นเอง

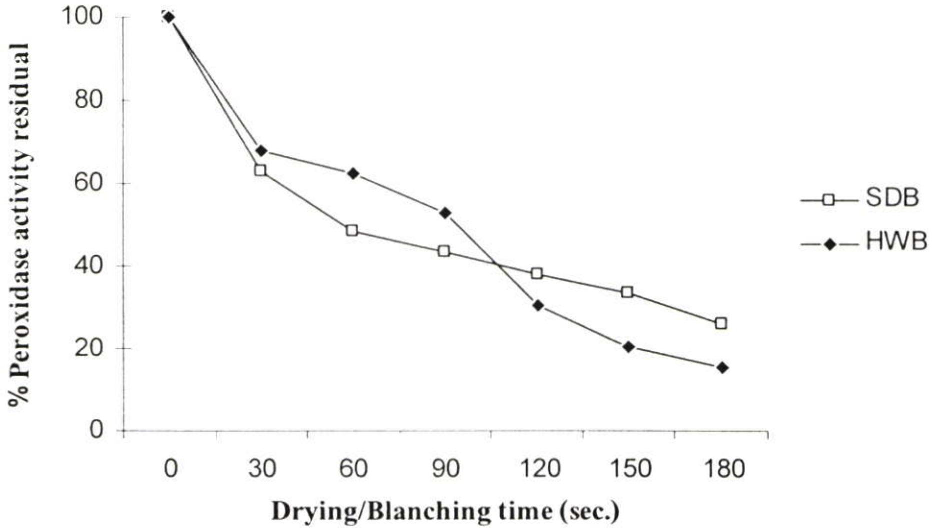


ภาพที่ 4.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความชื้น (ร้อยละ) ของใบกะเพราที่ผ่านการฉีดพ่นน้ำเท่ากับ 30 : 30 หรือ 1 : 1 (กรัม : มิลลิลิตร) แล้วให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟที่ความเร็วสายพาน1 เมตรต่อนาที เปรียบเทียบกับการลวกด้วยน้ำเดือด

หมายเหตุ SDB = Spraying and Drying Holy Basil leaves

HWB = Hot water Blanching Holy Basil leaves

จากภาพที่ 4.6 พบว่า การฉีดพ่นน้ำใบกะเพราเท่ากับ 30 : 30 หรือ 1 : 1 (กรัม : มิลลิลิตร) แล้วให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟที่ความเร็วสายพาน1 เมตรต่อนาที มีอิทธิพลต่อความชื้น คือเมื่อระยะเวลาการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น (0, 30, 60, 90, 120,150 และ 180 วินาที) จะมีความชื้นร้อยละเท่ากับ 43.10, 95.56, 91.42, 86.82, 72.85, 45.84 และ 28.69 ตามลำดับ ซึ่งมีความชื้นลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับการลวกด้วยน้ำเดือดระยะเวลาการลวกเพิ่มขึ้นความชื้นของใบกะเพราจะเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 43.12, 81.71, 84.57, 91.49, 94.61, 97.18, 98.50 ตามลำดับ โดยความชื้นของใบกะเพราที่ฉีดพ่นน้ำ 1:1 แล้วให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟจะมีความชื้นเริ่มลดลงตั้งแต่ 30 วินาทีแรกที่ให้ความร้อนและลดต่ำลงเรื่อยๆจน 180 วินาที เมื่อเปรียบเทียบกับการลวกด้วยน้ำเดือดความชื้นเริ่มสูงขึ้นตั้งแต่ 30 วินาทีแรกและเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนถึง 180 วินาที แสดงให้เห็นว่าการฉีดพ่นน้ำก่อนการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟช่วยลดความชื้นเริ่มต้นของใบกะเพราซึ่งเป็นผลดีในการทำแห้งใบกะเพราและลดระยะเวลาการทำแห้งได้ดีกว่าการลวกด้วยน้ำเพราะการลวกด้วยน้ำเป็นการเพิ่มความชื้นเริ่มต้นของใบกะเพราก่อนกระบวนการทำแห้งและใช้เวลานาน

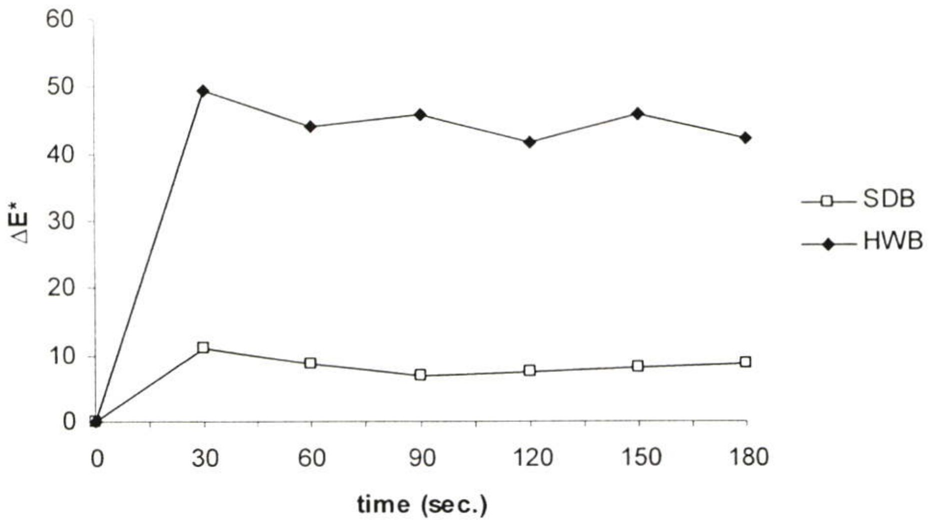


ภาพที่ 4.7 การทำงานของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่เหลืออยู่ของใบกะเพราที่ผ่านฉีดพ่นน้ำแล้วให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟเปรียบเทียบกับใบกะเพราที่ผ่านการลวกด้วยน้ำเดือด

หมายเหตุ SDB = Spraying and Drying Holy Basil leaves

HWB = Hot water Blanching Holy Basil leaves

จากการทำงานของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่เหลืออยู่ของใบกะเพราที่ผ่านฉีดพ่นน้ำในอัตราส่วนกะเพรา : น้ำ ; 1 : 1 (กรัม : มิลลิลิตร) แล้วผ่านการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟเปรียบเทียบกับใบกะเพราที่ผ่านการลวกด้วยน้ำเดือด พบว่า เมื่อเวลาการให้ความร้อนผ่านไป 0, 30, 60, 90,120, 150 และ 180 วินาที การทำงานของกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่เหลืออยู่ของใบกะเพราที่ผ่านการฉีดพ่นน้ำแล้วผ่านการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ (100, 63, 49, 43, 38, 33 และ 26% ตามลำดับ) และใบกะเพราที่ผ่านการลวกด้วยน้ำเดือด (100, 68, 62, 53, 31, 20 และ 16% ตามลำดับ) จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น และมีค่าเท่ากับร้อยละ 26% และ 16% ตามลำดับ เมื่อเวลาผ่านไป 180 วินาที แต่ใบกะเพราที่ผ่านการฉีดพ่นน้ำแล้วผ่านการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟใน 100 วินาทีแรกยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสได้ดีกว่าการลวกด้วยน้ำเดือด และการลวกด้วยน้ำเดือดตั้งแต่ 100 วินาทีเป็นต้นไปจะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสได้ดีกว่าการฉีดพ่นน้ำแล้วผ่านการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ (ดังภาพที่ 4.7)



ภาพที่ 4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับการเปลี่ยนแปลงค่าสีทั้งหมด (ΔE*) ของใบกะเพราที่ผ่านฉีดพ่นน้ำแล้วให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟเปรียบเทียบกับการลวกด้วยน้ำเดือด

หมายเหตุ SDB = Spraying and Drying Holy Basil leaves

HWB = Hot water Blanching Holy Basil leaves

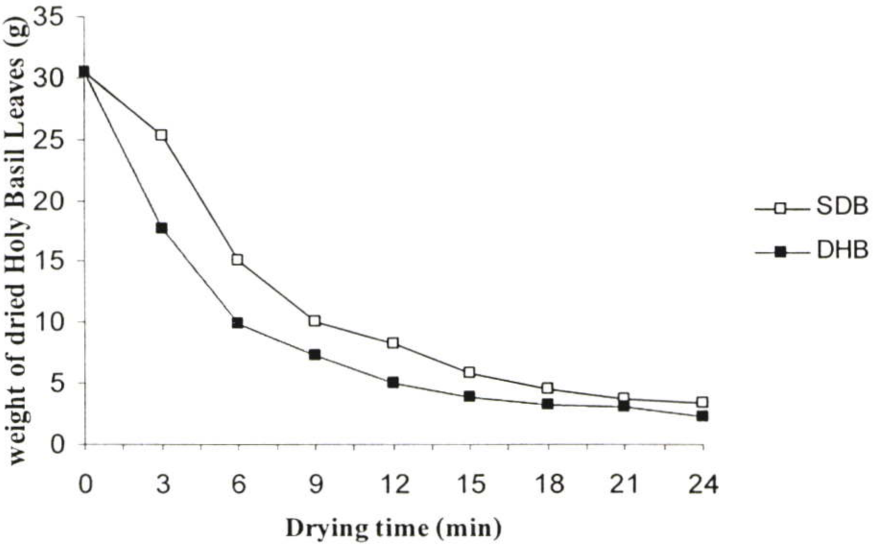
จากภาพที่ 4.8 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับการเปลี่ยนแปลงค่าสีทั้งหมด (ΔE*) ของใบกะเพราที่ผ่านฉีดพ่นน้ำเท่ากับ 1: 1 (กรัม: มิลลิลิตร) แล้วให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟเปรียบเทียบกับการลวกด้วยน้ำเดือด โดยใช้เวลา 0, 30, 60, 90,120, 150 และ 180 วินาที แสดงให้เห็นว่า การฉีดพ่นน้ำลงบนใบกะเพราแล้วให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟที่ความเร็วสายพาน1 เมตรต่อนาที มีการเปลี่ยนแปลงค่าสีทั้งหมด (0, 11.19, 8.74, 6.75, 7.46, 8.11 และ 8.75 ตามลำดับ) น้อยกว่าใบกะเพราที่ผ่านการลวกด้วยน้ำเดือด (0, 49.62, 44.07, 45.76, 41.82, 45.91 และ 42.35 ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากการศึกษาการใช้ไมโครเวฟเทคนิคทดแทนการลวกใบกะเพราด้วยน้ำเดือด พบว่า สามารถใช้ไมโครเวฟทดแทนการลวกได้ โดยการฉีดพ่นน้ำลงบนใบกะเพราในอัตราส่วน 1: 1 (กรัม: มิลลิลิตร) แล้วให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ1,800 วัตต์ ที่ความเร็วสายพาน 1 เมตรต่อนาที เป็นเวลา 180 วินาที พบว่า ทำให้อุณหภูมิของใบกะเพราสูงพอๆกับการลวกด้วยน้ำเดือด อีกทั้ง % ความชื้น การทำงานของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่เหลืออยู่ และการเปลี่ยนแปลงค่าสีทั้งหมด (ΔE*) ต่ำซึ่งเป็นผลดีต่อการทำแห้ง คือ ความชื้นเริ่มต้นต่ำทำให้อัตราการทำแห้งเร็วขึ้นและยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลซึ่งยังคงรักษาคุณลักษณะทางกายภาพคือสีเขียวของใบกะเพราได้ จึงเลือกใช้การ

ฉีดพ่นน้ำลงบนใบกะเพราในอัตราส่วน 1 : 1 (กรัม : มิลลิลิตร) ทดแทนการลวกด้วยน้ำในการทำแห้งต่อไป

4.2 ผลของอัตราการทำแห้งใบกะเพราด้วยอุโมงค์ไมโครเวฟ

จากการทดลองทำแห้งใบกะเพราในข้อ 3.4.2 เมื่อบันทึกน้ำหนักของใบกะเพราทุกๆ 3 นาทีที่ผ่านอุโมงค์ไมโครเวฟ จนน้ำหนักคงที่แล้วนำไปหาอัตราการทำแห้ง ด้วยการนำค่าน้ำหนักที่หายไปของใบกะเพราทุกๆ 3 นาที มาสร้างกราฟระหว่างค่าน้ำหนักที่หายไป (คิดเป็นกรัม : กรัมน้ำหนักแห้ง) กับระยะเวลาในการทำแห้ง เปรียบเทียบกับการทำแห้งใบกะเพราสดด้วยอุโมงค์ไมโครเวฟนั้น ได้ผลการทดลองดังแสดงในภาพที่ 4.9-4.11



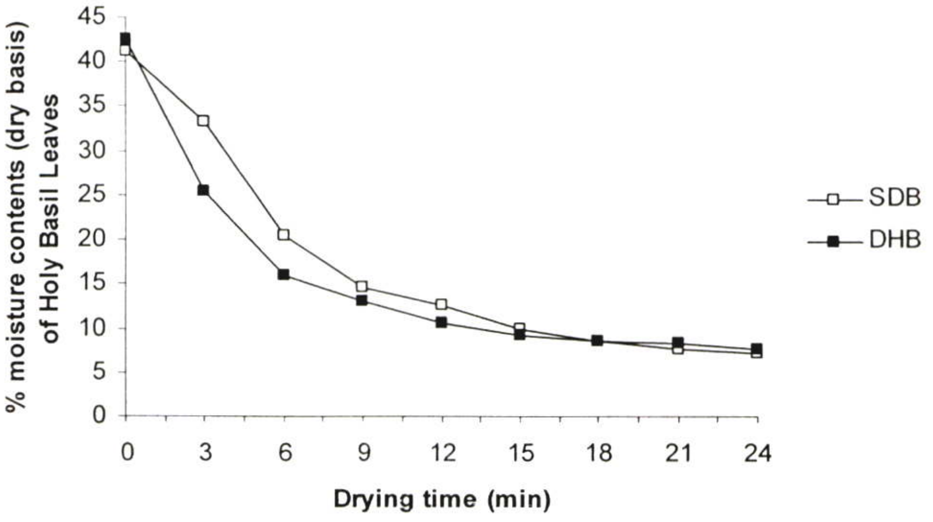
ภาพที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักใบกะเพรากับเวลาในการทำแห้งด้วยอุโมงค์ไมโครเวฟทุกๆ 3 นาที

หมายเหตุ DHB = Dried Holy Basil leaves

SDB = Spraying and drying Holy Basil leaves

จากภาพที่ 4.9 ใบกะเพราสดที่ผ่านการทำแห้งด้วยอุโมงค์ไมโครเวฟ (DHB) และใบกะเพราที่ผ่านการฉีดพ่นน้ำ 1:1 (กรัม: มิลลิลิตร) แล้วผ่านการทำแห้งด้วยอุโมงค์ไมโครเวฟ (SDB) เมื่อเวลาผ่านไปน้ำหนัก (Wet basis) ของใบกะเพราจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยใบกะเพราสดที่ผ่านการทำแห้งด้วยอุโมงค์ไมโครเวฟ และใบกะเพราที่ผ่านการฉีดพ่นน้ำ 1:1 (กรัม: มิลลิลิตร) แล้วผ่านการทำแห้งด้วยอุโมงค์ไมโครเวฟ จะมีน้ำหนักเท่ากับ 2.34 และ 3.36 ตามลำดับ เมื่อใช้เวลาทำแห้ง 24 นาที และพบว่า ใบกะเพราสดที่ผ่านการทำแห้งจะมีน้ำหนักลดลงมากกว่า

ตั้งแต่ 3-18 นาที เนื่องจากความชื้นเริ่มต้นของใบสดน้อยกว่าใบกะเพราที่ฉีดพ่นน้ำจึงทำให้เมื่อเวลาผ่านไปน้ำหนักจึงลดลงมากกว่าใบกะเพราที่ฉีดพ่นน้ำ แต่หลังจาก 21 นาทีเป็นต้นไปน้ำหนักของทั้งใบกะเพราสดและใบกะเพราฉีดพ่นน้ำที่ผ่านการทำแห้งมีค่าใกล้เคียงกัน

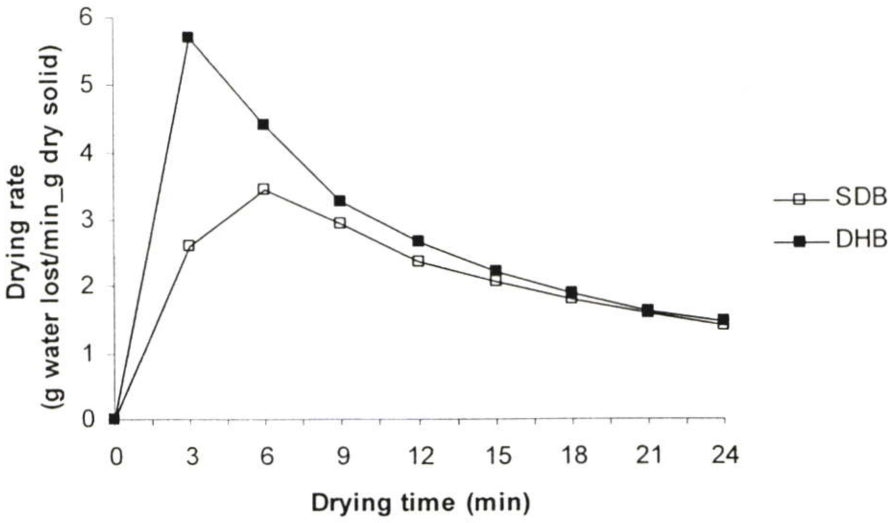


ภาพที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับเวลาในการทำแห้งใบกะเพราด้วยอุโมงค์ไมโครเวฟทุกๆ 3 นาที

หมายเหตุ DHB = Dried Holy Basil leaves

SDB = Spraying and drying Holy Basil leaves

จากภาพที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับเวลาในการทำแห้งด้วยอุโมงค์ไมโครเวฟทุกๆ 3 นาที พบว่า ใบกะเพราสดและใบกะเพราฉีดพ่นน้ำที่ผ่านการทำแห้งจะมีความชื้นสุดท้ายหลังการทำแห้งนาน 24 นาที ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยใบกะเพราสดและใบกะเพราฉีดพ่นน้ำที่ผ่านการทำแห้งจะมีความชื้น 7.61 และ 7.22 ตามลำดับ เมื่อใช้เวลาทำแห้งนาน 24 นาที



ภาพที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการทำแห้งกับเวลาในการทำแห้งใบกะเพรา ด้วยอุโมงค์ไมโครเวฟทุกๆ 3 นาที

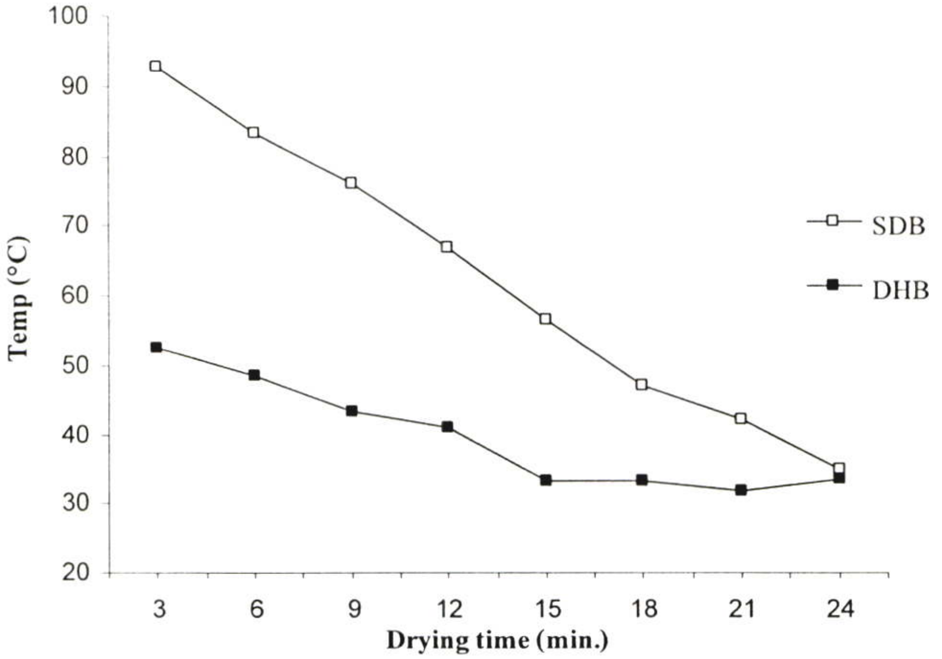
หมายเหตุ DHB = Dried Holy Basil leaves

SDB = Spraying and drying Holy Basil leaves

ใบกะเพราสดผ่านการทำแห้ง (ความชื้นประมาณ 30%) จะมีอัตราการทำแห้งสูงสุดที่ระยะเวลาการทำแห้งผ่านไป 3 นาที ในขณะที่ใบกะเพราฉีดพ่นน้ำผ่านการทำแห้งจะมี (ความชื้นประมาณ 40%) อัตราการทำแห้งสูงสุดเมื่อผ่านอุโมงค์ไมโครเวฟเป็นเวลา 6 นาที หลังจากนาทีที่ 9 อัตราการทำแห้งใบกะเพราจากทั้ง 2 วิธีมีค่าใกล้เคียงกัน โดยอัตราการทำแห้งจะลดลงเมื่อระยะเวลาในการทำแห้งเพิ่มมากขึ้นจาก 3 กรัมน้ำต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (ที่ 9 นาที) เป็น 1.5 กรัมน้ำต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (ที่ 24 นาที) ดังแสดงในภาพที่ 4.11

4.3 ผลของสมบัติทางกายภาพ เคมีและปริมาณจุลินทรีย์ของใบกะเพราแห้ง

จากการทดลองข้อ 3.4.3 เมื่อตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ เคมีและจุลินทรีย์ของใบกะเพราแห้ง ได้ผลการทดลองดังแสดงในภาพที่ 4.12-4.14 และตารางที่ 4.2 -4.4



ภาพที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิในการทำแห้งใบกะเพราด้วยอุโมงค์ไมโครเวฟทุกๆ 3 นาที

หมายเหตุ DHB = Dried Holy Basil leaves

SDB = Spraying and drying Holy Basil leaves

จากภาพที่ 4.12 แสดงกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิในการทำแห้งใบกะเพราด้วยอุโมงค์ไมโครเวฟทุกๆ 3 นาที พบว่า เมื่อเวลาการทำแห้งผ่านไป 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 และ 24 นาที อุณหภูมิของใบกะเพราที่ผ่านฉีดพ่นน้ำแล้วทำแห้งด้วยไมโครเวฟ (92.76, 83.37, 76.19, 66.90, 56.53, 47.18, 42.26 และ34.88 ^{0}ซ) และใบกะเพราที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ (52.51, 48.37, 43.38, 41.10, 33.12, 33.22, 31.76 และ 33.39 ^{0}ซ) จะมีอุณหภูมิเริ่มต้นสูงกว่าในใบกะเพราสดที่ไม่ผ่านการฉีดพ่นน้ำแล้วทำแห้ง เพราะการฉีดพ่นน้ำบนใบกะเพราจะเป็นการเพิ่มความสามารถในการดูดซับพลังงานไมโครเวฟและเปลี่ยนเป็นความร้อน และเมื่อระยะเวลาการทำแห้งผ่านไป 24 นาที อุณหภูมิของทั้งสองตัวอย่างจะมีค่าใกล้เคียงกันและน้ำหนักของตัวอย่างเริ่มคงที่และมีความชื้นในตัวอย่างต่ำจึงทำให้ปริมาณน้ำในใบกะเพราทั้งสองตัวอย่างลดต่ำลงทำให้ความสามารถในการดูดซับพลังงานไมโครเวฟและเปลี่ยนเป็นความร้อนลดลงนั่นเอง

ใบกะเพราสด (FHB)

ใบกะเพราแห้ง (DHB)

ใบกะเพราฉีดพ่นน้ำ (1 : 1) แล้วทำแห้ง (SDB)

ภาพที่ 4.13 ภาพใบกะเพราสดทำแห้งด้วยไมโครเวฟและใบกระเพราที่ผ่านการฉีดพ่นน้ำ (1:1) แล้วทำแห้งด้วยไมโครเวฟเมื่อเปรียบเทียบกับใบกะเพราสด

หมายเหตุ FHB = Fresh Holy Basil leaves

DHB = Dried Holy Basil leaves

SDB = Spraying and drying Holy Basil leaves

จากภาพที่ 4.13 แสดงภาพภาพใบกะเพราสดทำแห้งด้วยไมโครเวฟและใบกระเพราที่ผ่านการฉีดพ่นน้ำ (1:1) แล้วทำแห้งด้วยไมโครเวฟเมื่อเปรียบเทียบกับใบกะเพราสด จะพบว่า ใบกระเพราที่ผ่านการฉีดพ่นน้ำ (1:1) แล้วทำแห้งด้วยไมโครเวฟนาน 24 นาที เขียวกว่าใบกะเพราสดที่ทำแห้งด้วยไมโครเวฟนาน 24 นาที และใบกะเพราสด เนื่องจากการฉีดพ่นน้ำเปรียบเสมือนการลวกด้วยน้ำนั่นเองจึงเป็นการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดสีน้ำตาลในผักและผลไม้

ตารางที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของใบกะเพราหลังผ่านไมโครเวฟ 1,800 วัตต์ โดยใช้น้ำฉีดพ่นและไม่ฉีดพ่นในการทำแห้งเปรียบเทียบกับใบกะเพราสด

ตัวอย่าง	% mc	a_w	Water absorbsion	%yield	ค่าสี			
					L*	a*	b*	ΔE*
DHB	7.21±0.13a	0.30±0.05a	7.72 ± 0.18a	9.00±0.42 b	34.67b	-4.32 a	20.89a	13.50a
SDB	7.63±0.05a	0.31±0.09a	9.14 ± 0.38b	12.33±0.29a	37.15a	-10.23 b	15.68b	9.80b
FHB	43.98±2.37	0.83±0.10	-	-	43.38	-16.45	23.79	-

หมายเหตุ FHB = Fresh Holy Basil leaves

DHB = Dried Holy Basil leaves

SDB = Spraying and drying Holy Basil leaves

- ค่าที่ได้จากตารางได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ
- ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 4.2 พบว่า ใบกะเพราสดและใบกะเพราฉีดพ่นน้ำทำแห้งมีความชื้น (ร้อยละ) 7.63 และ 7.21 ตามลำดับ a_w 0.30 และ 0.31 ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันแตกแตกต่างจากกะเพราสดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และใบกะเพราฉีดพ่นน้ำผ่านการทำแห้ง (9.14) มีความสามารถในการดูดซับน้ำมากกว่าใบกะเพราสดผ่านการทำแห้ง (7.72) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กล่าวคือใบกะเพราฉีดพ่นน้ำผ่านการทำแห้งและใบกะเพราสดผ่านการทำแห้งสามารถดูดน้ำกลับคืนได้ประมาณ 9 และ 8 เท่าของน้ำหนักแห้งตามลำดับ ผลการทดลองสอดคล้องกับ Esthiaghi และคณะ 1994, Senadeera และคณะ 2000 ซึ่งพบว่า การลวกจะทำให้การดูดน้ำกลับคืนมีค่าสูงกว่าเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านกระบวนการใดๆ %yield ของใบกะเพราหลังทำแห้งด้วยไมโครเวฟจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) คือใบกะเพราฉีดพ่นน้ำผ่านการทำแห้ง (12.33%) จะมี %yield มากกว่ากะเพราสดผ่านการทำแห้ง (9.00%)

เมื่อพิจารณาค่าสี L*, a*, b* และ ΔE* พบว่า ค่า a* (ค่าความเขียว) ของใบกะเพราสดและใบกะเพราฉีดพ่นน้ำทำแห้งจะมีค่า -4.32 และ -10.23 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับใบกะเพราสด (-16.45) พบว่า ค่า a* เพิ่มขึ้น เนื่องจากการฉีดพ่นน้ำก่อนการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟจะเปรียบเสมือนการลวกจึงช่วยป้องกันการเกิดกระบวนการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลได้ดีกว่าการไม่ฉีดพ่นน้ำและ ΔE* ของใบกะเพราฉีดพ่นน้ำทำแห้งน้อยกว่าใบกะเพราสด

ตารางที่ 4.3 แสดงปริมาณจุลินทรีย์ของใบกะเพราหลังผ่านไมโครเวฟ 1,800 วัตต์ โดยใช้น้ำฉีดพ่นและไม่ฉีดพ่นในการทำแห้งเปรียบเทียบกับใบกะเพราสด

ตัวอย่าง	Total plate count (colony/g)	Yeasts and Molds (colony/g)
DHB	1.6×10^3 b	80b
SDB	2.1×10^3 b	97b
FHB	1.5×10^4 a	212a

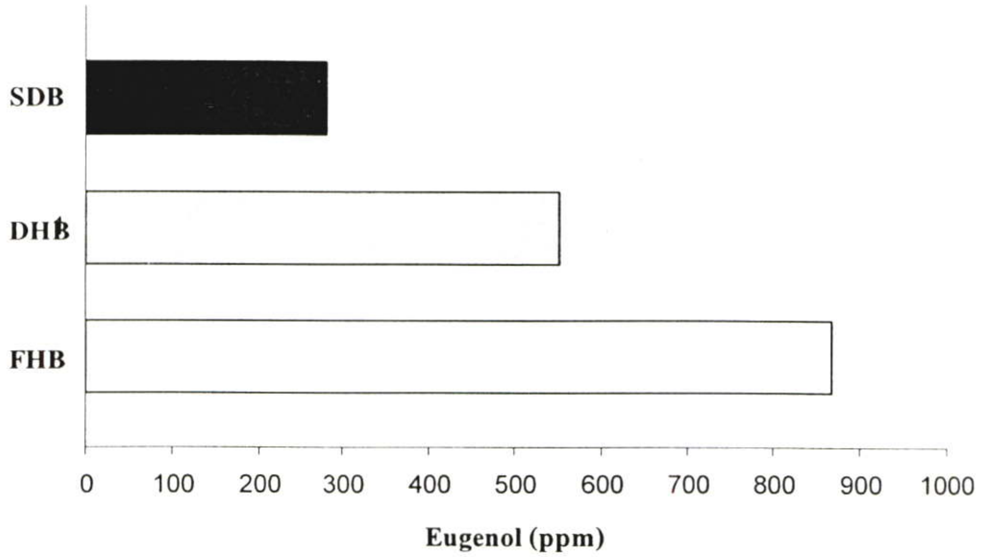
หมายเหตุ FHB = Fresh Holy Basil leaves

DHB = Dried Holy Basil leaves

SDB = Spraying and drying Holy Basil leaves

- ค่าที่ได้จากตารางได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ
- ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

เมื่อพิจารณาปริมาณจุลินทรีย์ จากตารางที่ 4.3 พบว่า เมื่อนำใบกะเพราสด ใบกะเพราแห้ง และใบกะเพราที่ผ่านการฉีดพ่นน้ำแล้วทำแห้ง มาตรวจสอบคุณภาพทางจุลลินทรีย์โดย ตรวจหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และรา พบว่า ในใบกะเพราสดตรวจพบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์และรามีความแตกต่างกับใบกะเพราแห้งและใบกะเพราที่ผ่านการฉีดพ่นน้ำแล้วทำแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ใบกะเพราแห้งและใบกะเพราที่ผ่านการฉีดพ่นน้ำแล้วทำแห้งนั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยใบกะเพราสดจะมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์และรามากกว่าใบกะเพราแห้ง และใบกะเพราที่ผ่านการฉีดพ่นน้ำแล้วทำแห้งตามลำดับ โดยพบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 1.5×10^4, 1.6×10^3 และ 2.1×10^3 โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ และยีสต์และราเท่ากับ 212, 97 และ 80 โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ ในใบกะเพราสดไม่ได้ผ่านการกระบวนการแปรรูปมีปริมาณความชื้นเริ่มต้นสูงเหมาะแก่การเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ แต่ใบกะเพราแห้ง และใบกะเพราผ่านการฉีดพ่นน้ำแล้วทำแห้งเป็นการลดปริมาณน้ำในอาหารทำให้ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ได้ สอดคล้องกับปริมาณความชื้นและค่า a_w หลังทำแห้ง อีกทั้งผลของการให้ความร้อนและระยะเวลาในการแปรรูปสามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้



ภาพที่ 4.14 กราฟแสดงปริมาณ Eugenol ในการทำแห้งโดยใช้น้ำฉีดพ่นและไม่ฉีดพ่นในการทำแห้งเปรียบเทียบกับใบกะเพราสด

หมายเหตุ FHB = Fresh Holy Basil leaves

DHB = Dried Holy Basil leaves

SDB = Spraying and drying Holy Basil leaves

จากภาพที่ 4.13 พบว่า เมื่อนำใบกะเพราสด ใบกะเพราแห้ง และใบกะเพราผ่านการฉีดพ่นน้ำแล้วทำแห้ง มาวิเคราะห์หาปริมาณน้ำมันหอมระเหยซึ่งในใบกะเพราขาวจะมีน้ำมันหอมระเหยชนิด Eugenol ในปริมาณสูง (Pareek et. al. 1980, Machado et. al. 1999, Mondello et. al. 2002) ในการทดลองนี้จึงเลือกวิเคราะห์ Eugenol เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยในใบกะเพรา ดังนั้นจากการทดลองจะพบว่าปริมาณ Eugenol มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กล่าวคือในใบกะเพราสด ใบกะเพราแห้ง และใบกะเพราผ่านการฉีดพ่นน้ำแล้วทำแห้งจะมีปริมาณ Eugenol 886.70 551.70 และ 280.11 ppm ตามลำดับ โดยพบว่า การเตรียมตัวอย่างก่อนการทำแห้งทำให้ปริมาณของ Eugenol มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) การฉีดพ่นน้ำใบกะเพราก่อนการทำแห้งจะมีผลทำให้ปริมาณ Eugenol ที่วิเคราะห์ได้มีปริมาณลดลงอย่างเห็นได้ชัด ใบกะเพราที่ผ่านการฉีดพ่นน้ำนั้นจะทำให้เกิดการสูญเสียน้ำมันหอมระเหยในระหว่างกระบวนการฉีดพ่นน้ำเพราะการฉีดพ่นน้ำเปรียบเสมือนการลวกด้วยน้ำนั่นเอง อีกทั้งอุณหภูมิในการทำแห้งก็มีผลต่อปริมาณของ Eugenol เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะไปเพิ่มความสามารถในการระเหยของน้ำมันหอมระเหยนั่นเอง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ กฤษณ์ 2545, Baritaux et. al. 1992, Sompoche 2004)

ตารางที่ 4.4 แสดงสมบัติในการเป็นเป็นสารต้านการออกซิเดชันในใบกะเพราหลังผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ 1,800 วัตต์

ตัวอย่าง	ความสามารถในการต้านการออกซิเดชันของ DPPH (%)	ความสามารถในการต้านการออกซิเดชันของ FRAP (มิลลิกรัมวิตามินซี /กรัมน้ำหนักแห้ง)
DHB	57.99 ± 1.66b	57.41 ± 1.72b
SDB	52.13 ± 0.69c	46.50 ± 1.74c
FHB	66.749 ± 1.43a	133.07 ± 5.77a

หมายเหตุ FHB = Fresh Holy Basil leaves

DHB = Dried Holy Basil leaves

SDB = Spraying and drying Holy Basil leaves

- ค่าที่ได้จากตารางได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ
- ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 4.4 พบว่าใบกะเพราสด ใบกะเพราแห้ง และใบกะเพราผ่านการฉีดพ่นน้ำแล้วทำแห้งมีความสามารถในการต้านการออกซิเดชันของ DPPH และมีความสามารถในการต้านการออกซิเดชันของเฟอร์ริก (Ferric reducing antioxidative potential, FRAP) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยใบกะเพราสด ใบกะเพราแห้ง และใบกะเพราผ่านการฉีดพ่นน้ำแล้วทำแห้งมีความสามารถในการต้านการออกซิเดชันของ DPPH เท่ากับ 66.749, 57.99 และ 52.13% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับความสามารถในการต้านการออกซิเดชันของเฟอร์ริกเท่ากับ 133.07, 57.41 และ 46.50 มิลลิกรัมวิตามินซีต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับสออดคล้องกัน แสดงให้เห็นว่าในใบกะเพราสด จะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมากกว่าใบกะเพราแห้งและใบกะเพราผ่านการฉีดพ่นน้ำแล้วทำแห้งตามลำดับ เนื่องจากใบกะเพราที่ผ่านการทำแห้งจะทำให้ความสามารถในการต้านการออกซิเดชันลดลงเป็นผลเนื่องมาจากความร้อน

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

การศึกษาการใช้ไมโครเวฟเทคนิคทดแทนการลวกใบกะเพราด้วยน้ำเดือด พบว่า ใบกะเพราที่สเปรย์น้ำในอัตราส่วนใบกะเพราต่อน้ำ 30:30 หรือ 1:1 กรัมต่อมิลลิลิตร แล้วนำมาให้ความร้อนด้วยอุโมงค์ไมโครเวฟ 1,800 วัตต์ที่ ความถี่ 2,450 เมกะเฮิร์ต ความเร็วสายพาน 1 เมตรต่อวินาที เป็นระยะเวลา 180 วินาที สามารถทดแทนหรือเปรียบเสมือนการลวกด้วยน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 85 ˚ซ เป็นเวลา 180 วินาทีได้ เนื่องจากสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสให้ลดลง 28.96% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และทำให้อุณหภูมิหลังผ่านการให้ความร้อน 180 วินาทีมีค่าเท่ากับ 94 ˚ซ ใกล้เคียงกับอุณหภูมิของการลวกด้วยน้ำร้อน 180 วินาทีซึ่งมีค่าเท่ากับ 91 ˚ซ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ใบกะเพราที่ได้มีความชื้นเหลืออยู่ 35.75% และเกิดการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE*) เพียงเล็กน้อย เมื่อนำใบกะเพราที่ได้ไปทำแห้งต่อด้วยอุโมงค์ไมโครเวฟ พบว่า จะต้องใช้ระยะเวลาอีก 21 นาที ในการทำแห้งใบกะเพราจนมีระดับความชื้นประมาณ 7 % a_w เท่ากับ 0.3 (%yeild = 12) ใบกะเพราที่ได้มีความสามารถในการดูดซับน้ำ 9 เท่า (คิดเทียบโดยน้ำหนักเปียก) มีค่า a* ใกล้เคียงกับกะเพราสด (-16.45) มีการเปลี่ยนแปลงของสีต่ำอยู่ที่ 9.8 และมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 1.6×10^3 โคโลนีต่อกรัม และยีสต์และราเท่ากับ 80 โคโลนีต่อกรัม ในใบกะเพราสด ใบกะเพราแห้งและใบกะเพราสเปรย์น้ำแล้วทำแห้งมีปริมาณ Eugenol เท่ากับ 886.70, 551.70 และ 280.11 ppm ตามลำดับ อีกทั้งมีความสามารถในการต้านการออกซิเดชันของ DPPH เท่ากับ 66.749, 57.99 และ 52.13% ตามลำดับ สอดอดคล้องกับความสามารถในการต้านการออกซิเดชันของเฟอร์ริก (FRAP) เท่ากับ 133.07, 57.41 และ 46.50 มิลลิกรัมวิตามินซีต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

บรรณานุกรม

กฤษณ์ จันท์โชติกุล. 2545. **การศึกษากรรมวิธีและแบบจำลองในการทำแห้งกะเพรา**. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เดชา ศิริภัทร. 2546. **สมุนไพรจากครัวไทย**. สำนักพิมพ์หมอชาวบ้าน กรุงเทพฯ.

นิจศิริ เรืองรังสี. 2542. **เครื่องเทศ**. พิมพ์ครั้งที่ 3. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

รุ้งตะวัน สุภาพผล และอธิคม สุภาพผล. 2540. **เภสัชวิทยาของกะเพรา**. วารสารการแพทย์แผนไทย. 6(6) : 1-14.

วิกิพีเดีย สารานุ กรมเสรี. 2551. "**ยูเจนอล**." [online] available; http://th.wikipedia.org/wiki/E0B8A2E0B8B9E0B9 80E0B888E0B899E0B8ADE0B8A5.

วิไล รังสาดทอง. 2545. **เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 2. บริษัท เท็กส์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น จำกัด กรุงเทพฯ. หน้า 506.

ศารกิจ โรจน์วัฒนเมธี. 2548. **การประยุกต์ใช้ไมโครเวฟในการลวกและอบแห้งแครอท.** วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท, เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สิริลักษณ์ มาลานิยม. 2545. **น้ำมันหอมระเหยสารสกัดจากพืชสมุนไพรไทย**. สมอ.สาร. 28 (325):3-6.

สุทัศน์ สุระวัง และจริญญา พันธุรักษา. 2549. **การสกัดและการนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารของน้ำมันหอมระเหยจากกะเพรา**. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล และ มูลนิธิโตโยตาประเทศไทย. **มหัศจรรย์ผัก 108**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: คบไฟ; 2541.

สมบัติ ขอทวีวัฒนา. 2529. **กรรมวิธีการอบแห้ง**. พิมพ์ครั้งที่ 1. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

อนุกูล วัฒนสุข และ โชคชัย ธีรกุลเกียรติ. 2543. **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่3. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

อรไท สุขเจริญ. 2539. **วิศวกรรมกระบวนการชีวภาพ**. พิมพ์ครั้งที่ 1. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. กรุงเทพฯ.

Angers, P.,Morales, M. R., and Simon, J. E. 1996. Fatty acid Variation in Seed Oil Among *Ocimumspecies*. **J. Am. Oil Chem.** Soc. 73 : 393-395.

Anonymous. 2005. **"**Greenary Thai." [Online]. Available : http://www.oknation.net/blog/kasaem/2007/10/03/entry-3.

Anonymous. 2008. **"Krishna Tulsi - Holy Basil**." [Online]. Available : http://www.organicindia.com/PR_OH_krishna_tulsi.php.

Anonymous. 2008. **"Sweet basil oil โหระพา."** [Online]. Available : http://www.lightandscent.com/pureessential_22.htm.

Antonelli,A.,Fabbri,C. and Boselli,E. 1998. Modifications of Dried Basil (*Ocinum Basilicum*)Leaf Oil by Gamma and Microwave Irradiation. **Food Chemistry**.63:485-489.

AOAC. 2003. Office Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists. 14th ed. **The Association of official Analytical Chemist,** Inc.

Baritaux,O.,Richard,H.,Touche,J. and Derbesy,H. 1992. Effects of Drying and Storage of Herbs and Spices on the Essential Oil. Part I.Basil, *Ocimum bacillicum*. **Flavour Fragr. Journal.**7:267-271.

BenZie,I.F.F. and Strain, J.J. 1999. Ferric Reducing/Antioxidative Power assay: Direct Measure of Measurement of Antioxidant Power and Ascorbic acid Concentration. **In Methods in enzymology**, vol. 299(Packer, L., ed) New York: Academic Press, Inc. 15-27.

Bertelli D., Miglietta F., and Plessi M. 2002. Effect of Microwave on Volatile Compoumds in White and Black Pepper. **Elsevier Sci Ltd**. 35 : 260-264.

Bottcher H. 1975. On the Question of EnzymeActivity and Quality of Frozen Vegetables. I. Remaining Residual Activity of Peroxidase. **Die Nahrung**. 19(2) 173-179.

Brophy, J.J., R.J. Goldsach and J.R. Clakson. 1993. The Essential Oil of *ocimum tenuiflorum* L. (Lamiaceae) Growing in Northerm Australia. **J. Essent. Oil. Res**. 5: 459-461.

Burns. 2008. **"Basil, Lemon**." [Online]. Available : www.pantrygardenherbs.com/.../9/index.htm.

Canovas, G.V. and Mercado, H. 1996. **Dehydration of Food**. 1 st ed., Chapman & Hall, New York.

Cantos, E., Tudela, J. A., Gil, M. I, Espín, J. C. 2002. Phenolic Compounds and Related Enzymes are not Rate-limiting in Browning Development of Fresh-cut Potatotes. **J. Agric. Food Chem** 50, 3015-3023.

Chaintreau, A. 2001. Simultaneous Distillation-Extraction: from Birth to Maturity-Review. **Flavour Fragr. J**. 61: 136-148.

Choochoat, D. 1998. **Chemical Composition of Essential Oils from Thai Lamiaaceous Plants**. Thesis for the degree of Master of Science in Pharmacy. Graduate School, Chulalongkorn University, Thailand. 212 p.

Conner, D. E. and Beuchat, L. 1984. Effects of Essential Oils from Plants on Growth of Food Spoilage Yeasts. **J. Food Sci.** 49: 429-434.

Cesare, D. L. F., Forni, E., Viscardi, D. and Nani, R. C. 2003. Changes in the Chemical Composition of Basil Caused by Different Drying Procedures. **J. Agric. Food chem.** 51 : 3575-3581.

Dan Culbert. 2005. **"Plants for 2006."** [Online]. Available : http://okeechobee.ifas.ufl.edu/News20columns/200620Plants.htm.

Deborah Wechsler. 2008. **"Bountiful Basil."** [Online]. Available : www.garden.org/foodguide/browse/herb/annual/296.

Decareau, R. V. 1992. Microwave Foods : New Product Development. **Food and Nutrition. Press**, Inc., Conecticut.

Eshtiaghi MN, Stute R,Knorr D. 1994. High-Pressure and Freezing Pretreatment Effect on Drying, Rehydration, Texture and Color of Green Beans, Carrots and Potatoes. **J. Food Sci.** 59 (6): 1168-1170.

Gernot Katzer. 2001. **"Basil (*Ocimum basilicum* L.)."** [Online]. Available : http://www.uni-graz.at/~katzer/engl/Ocim_bas.html.

Godefront, M., Sandra, P. and Uggla, M. 1981. New method for Quantitative Essential Oil Analysis. **J. of Chromatography**. 203 : 325-335.

Hasted, J. B., Ritson, D.M. and Colie, C. H. 1988. Dielectric Properties of Ionic Solutions part I, II. **J. Food Eng.** 49 : 173-182.

Hiltunen, R. and Holm, Y. 1999. Basil: The Genus *Ocimum*. Singapore: **Harwood Academic.**

Joseph M., Kees S., Pauwut S. and Stephen W., 2002. Antimicrobial Properties of Basil and Its Possible Application in Food Packaging. **Food Engineering and Biotechnology.** Victoria University. Australia.

Juntachote, T. and Berghofer, E. 2005. Antioxidant Properties and Stability of Ethanolic Extracts of Holy Basil and Galangal. **Food Chem.** 92: 193-202.

Khraisheh, M.AM., McMinn, W.A.M. and Magee, T.R.A. 2000. A Multiple Regression Approach to Combined Microwave and Air Drying Process. **J. Food Eng.** 43: 243-250.

Kim, Y. H., and Yoo, Y. J. 1996. Peroxidase Production from Carrot Hairy Root Cell. **Enzyme and Microbial Technology**. 18: 531-535.

Laakso,I.Seppanen,T.,Herrmann-Wolf,B.,Kuhnel,N. and Knobloch,K. 1990. Constituents of the Essential Oil from the Holy Basil or Tulsi Plant, *Ocimum sanctum*. **Planta Med**.56:527.

Lachowicz, K. J., Jone, G.P., Briggs, D.R., Bienvenu, F. E., Palmer, M.V., Mishra, V.and Hunter, M. 1997. Characteristics of Plants and Plant Extracts from Varieties of Basil (*Ocimum basilicum L.*) grown in Australia. **J. Agric. Food Chem**. 45 : 2660-2665.

Lahariya, A. K. and Rao, J. J. 1979. In Vitro Antimicrobial Studies of the Essential Oils of Cyperus Scariosus and *Ocimum Basilicum*. **Indian Drugs**. 16: 150-152.

Laskar, S. and Majumdar, S.G. 1988. Variation of Major Constituents of Essential Oil of Leaves of *Ocimum sanctum* Linn. **J. Indian Chem**. Soc. 301-302.

Lawrence, M.L., Hogg, J.W., Terhune, S.J. and Pichitakul, N. 1972. Essential Oils and Their Constituents. IX. The oils of *Ocimum basilicum* from Thailand. **Flavor Industry** 3. 47-49.

Lee, K. G. and Shibamoto, T. 2002. Determination of Antioxidant Potential of Volatile Extracts Isolated from Various Herb and Spices. **J. Agric. Food Chem**. 50 : 4947-4952.

Lin S. and Brewer M S 2005. Effects of Blanching Method on the Quality Characteristics of Frozen Peas. **Journal of Food Quality**, 28(4), 350–360

Loughrin, J. H. and Kasperbauer., M. J. 2003. Aromacontent of Fresh Basil (*Ocimum basilicum L.*) Leaves is Affected by Light Reflected from Coloredmulches. **J. Agric. Food Chem**. 51 : 2272-2276.

Karatas F. and Kamisli F. 2007. Variations of Vitamins (A, C and E) and MDA in Apricots Dried in IR and Microwave. **Journal of Food Engineering**, 78(2), 662–668

Machado,M.I.L.,Silva,M.G.D.V.,Matos,F.J.A., Craverio,A.A. and Alencar,J.W. 1999. Volatile Constitutents from the Leaves and Inflorescene Oil of *Ocimum tenuiflorum* L. f.(syn. O. sanctum L.) Growth in Northern Brazil. **J.Essent.Oil Res.** 11 : 324-326.

Maitri Naewbanij and Viboon Thepent. 1989. "**Batch and continuous drying**." [online] available : http://www.fao.org/docrep/X5036E/x5036E0x.htm.

Marotti, M., Piccaglia, R. and Giovanelli, E. 1996. Differences in Essential Oil Composition of Basil (*Ocimum basilicum L.*) Italian Cultivars Related to Morphological Characteristic. **J. Agric. Food Chem**. 44 : 3926-3929.

Marsaioli A., MaximoG. J., and Silva F. A. 2006. Microwave Assisted Drying of Macadamia Nuts. **J. of Food Engineering** 77 : 550-558.

Maskan M. 2000. Microwave/ Air and Microwave Finish Drying of Banana. **J Food Eng**. 44: 71-78.

Matinez, M. V. and Whitaker, J. R. 1995. The Biochemistry and Control of Enzymatic Browning. **Trends Food Sci**. Technol. 6 : 195-200.

Miele, M., Dondero, R., Ciarallo, G and Mazzei, M. 2001. Methyleugenol in *Ocimum basilicum L.* cv. Genovese Gigante. **J. Agric. Food Chem**. 49 : 517-521.

Mondello, L.,Zappia,G.,Cotroneo,A.,Bonaccorsi,L.,Chowdhury,J.D.,Yusuf,M. and Dugo,G. (2002). Studies on the Essential Oil-Bearing Plants of Bangladesh. Part VIII. Composition of Some *Ocimum* oil *O. basilicum* L. var. *purpurascens*; *O. santum* L. green; *O. santum* L. purple; *O. americanum* L. citral type; *O. americanum* L., camphor type. **Flavour Fragr. J.** 17 : 335-340.

Murakami, M., Yamaguchi,T., Takamura, H., and Matoba, T. 2004. Effects of Thermal Treatment on Radical-Scarvenging Activity of Single and Mixed Polyphenolic Compounds. **J. Food Sci.** 69:FCT7-FTC10.

Obreshkova, D. and Opalchenova, G. 2003. Comparative Studies on the Activity of Basil-an Essential Oil from *Ocimum basilicum* L. -Againt Multridrug Resistant Clinical Isolates of the Genera *Staphylococcus, Enterococcus* and *Pseudomonas* by Using Different Test Methods. **Microbiological Methods J**. 54. 105-110.

Pareek, S.K., Maheshwari, M.L., and Gupta R. 1980. Domestication Studies on *Ocimum sanctum* for High Oil and Eugenol Content. **Indian Perfumer**. 24(2): 93-100.

Peoria Gardens Inc. 2008. **"Herbs.**" [Online]. Available : http://www.peoriagardens.com/herbs.html.

Ponne C.T., Batsal T. and Yuksel D. 1994. "Blanching Leafy Vegetables with Electromagnetic Energy." **J. of Food Sci**. 59(5) : 1037-1041.

Raju,P.M., Ali,M., Velasco-Negueruela,A. and Perez-Alonso,M.J. 1999. Volatile Constituents of the Leaves of *Ocimum sanctum* L. **J.Essent.Oil Res.** 11 : 159-161.

Ramesh, M.N., Wolf, W., Tevini, D., and Bognar, A. 2002. Microwave Blanching of Vegetables. **Journal of Food Science**, 67(1), 390–398

Rao L. J., Singh M., Raghavan B., Abraham K. O. 1998. Rosemary (*Rosmarinus officianalis* L.) : Impact of Drying on Its Flavor Quality. **J. Food Quality**. 21(2) : 107-115.

Ravid, U., Putievsky, E., Katzir, L. and Lewinsohn, E. 1997. Enantioneric Composition of Linalool in the Essential Oils of *Ocimum* Species and in Commercial Basil Oils. **Fravour Fragence J.** 12 : 293-296.

Ren, G. and Chen, F. 1998. Drying of American Ginseng (Panax quinquefolium) Roots by Microwave Hot Air Combination. **Journal Food Eng.** 35 (4): 433-443.

Rocha T, Lebert A, Marty-Audouin C. Effect of Drying Conditions and Blanching on Drying Kinetics and Color on Mint (Mentha specicata Huds.) and Basil (Ocimum basilicum). **In A. Mujumdr (ed.) Drying**. The Nethelands: Elsevier Science Publishers B. V; 1992.

Schadle, E.R. Burns, E.E. and Talley, L.J. 1983. Force Air Drying of Partoally Freeze Dried Compressed Carrot Bars. **J. Food Sci.** 48: 193-196.

Schwartz SJ, Von Elbe JH. 1983. Kenetics of Chlorophyll Degradation to Pyrophytin in Vegetables. **J.Food Sci**; 48: 1303-1306.

Senadeera W, Bhandari B, Young G, Wijensinghe B. 2000. Physical Property Changes of Fruits and Vegetables During Hot Air Drying. In : Mujumdar AS, Suvachittanont S, editors. **Developments in drying volumn I: Food dehydration**. Bangkok: Kasersart University Press.

Sharma, G.P., and Prasad, S. 2001. Drying of Garlic (Allium sativum) Cloves by Microwave-Hot Air Combination. **Journal of Food Engineering**, 50(2), 99–105

Simon, J. E., Morales, M. R., Rippen, W. B., Vieira, R. F. and Hao, Z. 1999. Basil : a Source of Aroma Compounds and Popular Culinary and Ornamental Herb. In : **Perspective on new crops and New uses**. J. Janick. (eds). pp. 499-505, ASHS Press, Alexandria, VA.

Simon, J.E. 1990. Essential Oils and Culinary Herbs. In J. Janick and J.E. Simon, eds. **Advances in New Crops**. Timble Press, Portlands, OR : Pp. 472-483.

Simon, J. E., Quinn, J. and Murray, R. G. 1990. Basil : a Source of Essentials Oils. In : **advances in new crops**. J. Janick and J. E. Simon (eds). Timber Press, Portland, OR : pp. 484-489

Singh, R. P. and Heldman, D. R. 2001. Microwave Heating. *In* "**Introduction to Food Engineering**". 3rd ed. Academic Press, London : pp. 306 – 331.

Singhal, R.S., Kulkarni, P. R. and Rege, D. V. 2001. Quality Indices for Spice Essential Oils. In: Handbook of Herbs and Spices. K.V. Peter. (eds). **Woodhead Publishing Limited**. Cambridge : pp. 22-33.

Sompoche, P. 2004. Characterization of Aroma Impact Compounds in Fresh, Heated, and Dried Holy Basil (*Ocimum sanctum*) Leaves. Doctor of Philosophy thesis **(Food Science)**, Graduate school, Kasetsart University.

Suppakul, P, Miltz, J., Sonneveld, K. and Bigger, S.W. 2003. Antimicrobial Properties of Basil and Its Possible Application in Food Packaging. **J. Agric. Food Chem**. 51 : 3197-3207.

Svensson, S. 1997. Inactivation of Enzymes During Thermal Processing. In T. Hoyem & O. Kvale (eds.). Physical, Chemical, and Biological Changes in Food Caused by Thermal Processing. **Applied Science Publishers**, London : pp. 667-683.

Venskutonis, P.R. 1997. Effect of Drying on the Volatile Constituents of Thyme (Thymus vulgaris L.) and Sage (Salvia officinalis L.) **Food Chem**. 59 : 219-227.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC. 1990)

อบจานจานอลูมิเนียมในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 100 $^{\circ}$ - 102 $^{\circ}$ซ นาน 6 ชั่วโมง นำมาใส่โถดูดความชื้น ทิ้งให้เย็น จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักที่แน่นอน ชั่งตัวอย่างที่จะวิเคราะห์ใส่ในภาชนะหาความ ชื้นให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน ประมาณ 2-5 กรัม แล้วนำไปเข้าตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ100 $^{\circ}$- 102° ซ นาน 6 ชั่วโมง นำมาใส่โถดูดความชื้นทิ้งไว้ให้เย็น นำมาชั่งน้ำหนัก แล้วนำตัวอย่างไปอบซ้ำอีกครั้งเป็นเวลา 4 ชั่วโมง จนได้น้ำหนักคงที่

การคำนวณ

$$\text{ร้อยละปริมาณความชื้น} = \frac{(W_2 - W_3) \times 100}{(W_2 - W_1)}$$

เมื่อ W_1 คือ น้ำหนักของจานอลูมิเนียม หน่วยเป็นกรัม

W_2 คือ น้ำหนักของจานอลูมิเนียมและตัวอย่างก่อนอบ หน่วยเป็นกรัม

W_3 คือ น้ำหนักของจานอลูมิเนียมและตัวอย่างหลังอบ หน่วยเป็นกรัม

1.1 ความชื้นโดยน้ำหนักเปียก (Moisture content wet basis, w.b.)

เป็นอัตราส่วนของมวลเปียกต่อมวลทั้งหมดของอาหาร

การคำนวณ

$$\text{\%ความชื้นโดยน้ำหนักเปียก} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบแห้ง - น้ำหนักตัวอย่างหลังอบแห้ง}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบแห้ง}} \times 100$$

2. การวัดค่าสี

ทำการสุ่มตัวอย่างใบกะเพรา 5 ใบมาวัดด้วยเครื่องวัดสี (Minolta CR300) ซึ่งค่า L* คือค่าความสว่าง (Lightness) ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0 คือไม่มีความสว่างหรือสีดำ ถึง 100 คือมีความสว่างสูงที่สุดหรือสีขาว ค่า a* คือ ความแดง (Redness) เมื่อมีค่าเป็นบวก (+) หรือค่าความเขียว (Greenness) เมื่อมีค่าเป็น (-) และค่า b* คือ ค่าความเหลือง (Yellowness) เมื่อมีค่าเป็นบวก (+)หรือค่าความน้ำเงิน (Blueness) เมื่อมีค่าเป็น (-) ตามลำดับ แล้วนำมาคำนวณค่า ΔE^* (Total color difference) คือความแตกต่างของค่าสีทั้งหมด ซึ่งได้จากค่า ΔL^* Δa^* และ Δb^* ดังสมการ

การคำนวณ

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

3. การวัดค่าวอเตอแอคติวิตี้ (a_w)

หาค่า a_w โดยใช้เครื่อง Navasina รุ่น Thermoconstanter โดยนำตัวอย่างใส่ตลับพลาส ติก (sample cup) นำไปวัดระดับ a_w โดยวางถ้วยพลาสติกใน chamber ของเครื่องวัด และปิดฝา ทิ้งไว้จนสภาพภายใน chamber สมดุล โดยวัดค่า a_w ต่างกันไม่เกิน 0.01 เป็นเวลา 10 นาที 25° ซ จึงอ่านค่า a_w ที่แสดงบนเครื่องวัด

ภาพที่ ก1 เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้

4. หาอัตราส่วนการดูดซับน้ำ (ดัดแปลงจาก Schadle et. al. 1983)

นำกะเพราที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน 5 กรัม เติมน้ำต้มเดือดปริมาตร 150 มิลลิลิตร ทิ้งไว้นาน 5 นาที จากนั้นมาใส่ตะแกรงเพื่อสะเด็ดน้ำ นาน 2 นาที ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

การคำนวณ

อัตราการดูดซับน้ำ = $\frac{\text{น้ำหนักกะเพราหลังการคืนตัว}}{\text{น้ำหนักกะเพราแห้งเริ่มต้น}}$

5. การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (Peroxidase activity residual ; POD) (Kim and Yoo. 1996)

เอนไซม์ peroxidase เป็นเอนไซม์ที่มี heme เป็นองค์ประกอบ โดยทั่วไปจะเกิดปฏิกิริยาเมื่อผ่านกระบวนการที่ทำลายเนื้อเยื่อ เอนไซม์ peroxidaseจะทำงานเมื่อสารประกอบ phenolics อยู่ในรูป single-electron oxidation และมี hydrogen peroxide (Cantos et. al. 2002) โดยเอนไซม์ peroxidase มีบทบาทในผักและผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพทางด้าน กลิ่นรส สี เนื้อสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการในระหว่างกระบวนการผลิตและเก็บรักษา

1. ชั่งตัวอย่างกะเพราลวก 10 กรัม ผสมกับ 30 มิลลิลิตร ของ 0.1 phosphate buffer นำมาบดปั่นด้วยเครื่อง Homogenizer (MSE) ปั่น 1 นาที กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4
2. นำสารละลายที่ได้ 1 มิลลิลิตรผสมกับ 1 มิลลิลิตรของ 15 mM 2-methoxyphenaol (guaiacol) และ 1 มิลิลิตรของ 3 mM hydrogen peroxide
3. นำไปวัดด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ 470 นาโนเมตร ภายใน 1 นาที โดยใช้สารละลาย 0.1 phosphate buffer เป็น blank
4. นำค่าที่ได้ไปคิดเทียบกับค่าของตัวอย่างสด เป็นร้อยละของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่เหลืออยู่

การคำนวณ

% กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่เหลืออยู่ = $\frac{\text{ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง}}{\text{ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างสด}}$ x 100

หมายเหตุ 1 หน่วยยูนิตของกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (U) แสดงในรูปของปริมาณของเอนไซม์ที่ถูกกระตุ้น (catalyze) ให้เกิดออกซิเดชันของ 1 ไมโครโมลของสารละลาย guaiacol 1 มิลลิลิตร

6. การวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยในใบกะเพรา

6.1 การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากใบกะเพรา (ดัดแปลงจาก Sompoche 2004)

1. ชั่งตัวอย่างบดละเอียดน้ำหนัก 10 กรัม บรรจุในขวดดูเร็มขนาด 250 มิลลิลิตร
2. เติม Standard 2-methyl-3-heptanone ความเข้มข้น 1,000 ppm ไมโครลิตร และ NaCl 10 กรัม
3. เติม Dichloromethane 50 มิลลิลิตร
4. คนด้วยเครื่อง Stirrer เป็นเวลา 2 ชั่วโมงด้วยความเร็วสูง
5. กรองสารละลายที่สกัดได้ด้วยกระดาษกรองเบอร์ 40 และนำกากที่เหลือทำซ้ำตามข้อ 4-5 อีก 2 ครั้ง
6. เติม Sodium sulfate anhydrous (Na_2SO_4) 1:1 w / w เพื่อดูดซับน้ำออกจากน้ำมันหอมระเหย
7. ทำการระเหยตัวทำละลาย Dichloromethane ด้วย N_2 จนเหลือ 4 มิลลิลิตร เก็บที่อุณหภูมิ -20° ซ เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณและชนิดของน้ำมันหอมระเหยที่ได้ด้วยเครื่อง GC-MS

6.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยใบกะเพราด้วยเครื่อง GC-MS (Gas chromatography-Mass Spectrometry)

สภาวะในการวิเคราะห์

GC : 6890 (Agilent technologies)

MSD : 5973N (Agilent technologies)

OVEN : Initial temp : 35°ซ Initial temp : 0.00 min

Ramps:

#	Rate	Final temp	Final time
1	4.00	120	0.00
2	20.00	210	0.00
3	4.00	230	20.00

Run time : 42.35 min

FRONT INLET :

Mode : Splitless

Initial : 230°ซ

Pressure : 6.74 psi

Purge flow : 0.0 ml / min

Purge time : 0.0 min

Total flow : 3.8 ml / min

COLUMN :Capillary Column

Model number : Agilent DB-WEX, 0.25 mm* 30m* 0.25 um

Mode : Constant Flow

Pressure : 6.74 psi

Nominal Initial flow : 1.0 ml / min

Average Velocity : 36 cm/sec

Inlet : Front Inlet

Outlet : MSD

Outlet Pressure : vacuum

SIGNAL :

Data rate : 20 Hz

Type : test plot

THERMAL AUX :

Use : MSD Transfer Line Heater

Initial temp : 230°ซ

General Information :

Tune File : atune.u

Acquistion Mode : Scan

MS Information :

Solvent Delay : 5.00 min

Resulting EM Voltage : 1764.7

Scan Parameters :

Low Mass : 30.0

High Mass : 500.0

Threshold : 150

MS Zones :

MS Quad : 150°ซ Maximum 200°ซ

MS Source : 230°ซ Maximum 250°ซ

6.3. การคำนวณความเข้มข้นของ Eugenol

การคำนวณ

$$Cs = \frac{Ci \times As \times Vi \times r}{Ai \times Ws}$$

เมื่อ Cs = ความเข้มข้นสัมพัทธ์ของตัวอย่าง (ไมโครกรัมต่อกรัมตัวอย่าง; ppm)

Ci = ความเข้มข้นของ internal standard (ไมโครกรัมต่อกรัมตัวอย่าง; ppm)

As = พื้นที่ใต้พีคของตัวอย่าง

Ai = พื้นที่ใต้พีคของ internalstandard

Vi = ปริมาตรของ internal standard ที่ใช้ (ไมโครลิตร)

Ws = น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ (กรัม)

r = Response factor ~ 1

7. ความสามารถในการต้านการออกซิเดชั่น DPPH (Murakami et. al. 2004)

สามารถในการต้านการออกซิเดชั่น 2, 2-Diphenyl-1-picryhydrazyl (DPPH) จะใช้วิธีที่รายงานโดย Murakami และคณะ (2004) โดยมีหลักการคือ สารละลาย DPPH จะมีสีม่วงแดง ซึ่งดูดกลืนแสงได้ที่ 517 นาโนเมตร ในกรณีตัวอย่างสารสกัดที่มีฤทธิ์ในการทำลายอนุมูลอิสระได้ดี จะทำให้สีม่วงแดงของสาร ละลาย DPPH จางลงได้มากกว่าตัวอย่างสารสกัดที่มีฤทธิ์ในการทำลายอนุมูลอิสระได้น้อย

7.1 สารเคมี

1. สารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.8 มิลลิโมลาร์ 0.12 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลอง
2. ปิเปตตัวอย่างสารสกัด และไดคลอโรมีเทน โดยให้ปริมาตรสารละลายที่ทำปฏิกิริยารวมทั้งหมดเป็น 1.2 มิลลิลิตร นั่นคือปริมาตรรวมของตัวอย่างสารสกัดและเอธานอลความเข้มข้น 40% จะต้องเท่ากับ 1.08 มิลลิลิตร
3. ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (Vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที
4. วัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยใช้เอธานอล 40% เป็น Blank
5. คำนวณความสามารถในการต้านการออกซิเดชั่น โดยแทนค่าในสมการดังนี้

การคำนวณ

$$\text{ความสามารถในการต้านการออกซิเดชั่น} = 1 - \left(\frac{\text{ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง}}{\text{ค่าดูดกลืนแสงของหลอดควบคุม}}\right) \times 100$$

8. ความสามารถในการต้านออกซิเดชั่นเฟอร์ริก (Ferric reducing antioxidative potential, FRAP)

การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านออกซิเดชั่นเฟอร์ริก จะใช้วิธีที่รายงานโดย Benzie และ Strain (1999) มีหลักการคือ ดูความสามารถของตัวอย่างสารสกัดในการต้านออกซิเดชั่นเฟอร์ริก (Fe^{3+}) ให้เป็นเฟอร์รัส (Fe^{2+}) ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับสารละลาย TPTZ ภายใต้สภาวะที่เป็นกรด เกิดสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีน้ำเงิน และสามารถดูดกลืนแสงได้ที่ 593 นาโนเมตร

8.1 สารเคมี

1. อะซิเตต บัฟเฟอร์ (Acetate buffer) pH 3.6 ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ชั่ง sodium acetate trihydrate 3.1 กรัม ผสมกับ glacial acetic acid 16 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1 ลิตร

2. สารละลาย TPTZ (2,4,6-Tris (2-pyridyl)-s-triazine) ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ ใน HCL ความเข้มข้น 40 มิลลิโมลาร์ ชั่ง TPTZ 0.156 กรัม ละลายใน HCl ความเข้มข้น 40 มิลลิโมลาร์ แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร

3. สารละลาย $FeCl_3$. $6H_2O$ ความเข้มข้น 20 มิลลิโมลาร์ สารละลาย FeCl3. $6H_2O$ 0.27 กรัม ละลายในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร

4. FRAP reagent

ผสมสารละลายที่เตรียมไว้ทั้งหมดดังที่กล่าวมาข้างต้น โดยให้มีอัตราส่วนของอะซิเตต บัฟเฟอร์: สารละลาย TPTZ: สารละลาย $FeCl_3$. $6H_2O$ เป็น 10 : 1 : 1 โดยปริมาตร ตามลำดับ ซึ่งจะต้องเตรียมใหม่ทุกวัน

8.2 การเตรียมกราฟมาตรฐานวิตามินซี

1. ปิเปตสารละลายมาตรฐานวิตามินซีใส่หลอดทดลอง โดยให้แต่ละหลอดมีความเข้มข้น 3, 6,
9, 12, 15, 18 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 0.1 มิลลิลิตร

2. **เติมสารละลาย FRAP reagent ปริมาตร 3 มิลลิลิตร**

3. ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 8 นาที

4. วัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร

5. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณวิตามินซีในหน่วยไมโครกรัม

8.3 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านการออกซิชันเฟอร์ริกในตัวอย่างสารสกัด

1. ปิเปตตัวอย่างสารสกัด ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร
2. เติมสารละลาย FRAP reagent ปริมาตร 3 มิลลิลิตร
3. ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 8 นาที
4. วัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร

8.4 ตัวอย่างการคำนวณ

การคำนวณความสามารถในการต้านออกซิเดชันเฟอร์ริกของตัวอย่างสารสกัด สมมูลกับวิตามินซี โดยนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้จากการวิเคราะห์ ในข้อ 8.3 มาแทนค่าในสมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟมาตรฐานวิตามินซี ดังภาพที่ ก2 โดยมีตัวอย่างการคำนวณดังนี้

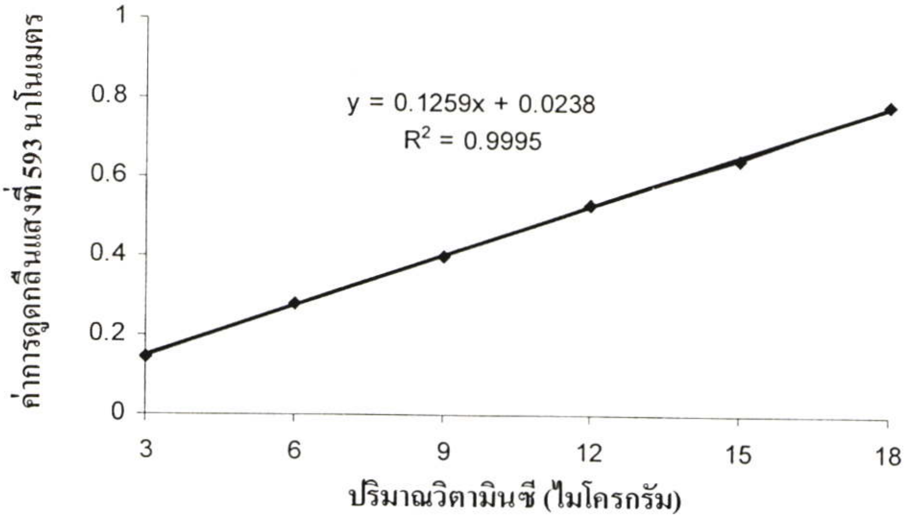
จากการวิเคราะห์ตัวอย่างสารสกัดใบกะเพราสดได้ค่าการดูดกลืนแสงเท่ากับ 0.505 เมื่อนำไปแทนในสมการที่ได้จากกราฟมาตรฐานวิตามินซี คือ y = 0.1259x+0.0238 ดังนั้นค่า x = 3.82 มิลลิกรัม

ปิเปตตัวอย่างสารสกัดมา 0.08 มิลลิลิตร มีความสามารถในการต้านการออกซิเดชันของเฟอร์ริกกับวิตามินซี 3.82 มิลลิกรัม

ถ้าปิเปตตัวอย่างสารสกัดมา 150 มิลลิลิตร จะมีความสามารถในการต้านการออกซิเดชันของเฟอร์ริกกับวิตามินซี (3.82x150)/0.08 = 7,162.5 มิลลิกรัม

โดยที่ตัวอย่างสารสกัด 150 มิลลิลิตร นั้นมาจากใบกะเพรา 5.591 กรัมน้ำหนักแห้ง

ดังนั้นจากใบกะเพรา 5.591 กรัมน้ำหนักแห้ง จึงมีความสามารถในการต้านการออกซิเดชันของเฟอร์ริกกับวิตามินซี 7,162.5 /5.591 = 1,281.08 มิลลิกรัมวิตามินซีต่อกรัมสารสกัด



ภาพที่ ก2 กราฟมาตรฐานของวิตามินซีในการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านการออกซิเดชันของเฟอร์ริก

ภาคผนวก ข

1. การตรวจสอบปริมาณของจุลินทรีย์

1.1 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อและจานเพาะเชื้อ

1.1.1 อุปกรณ์

- จานเพาะเชื้อ
- บีกเกอร์บรรจุน้ำสเตอริไรซ์ 200 มิลลิลิตร
- หลอดบรรจุน้ำสเตอริไรซ์ 9 มิลลิลิตร
- ถุงพลาสติกสำหรับตีปั่นตัวอย่าง
- แอลกอฮอล์ 70%
- ฟลาสก์ ขนาด 250 มิลลิลิตร
- ช้อนตักสาร
- ตู้ Laminar flow
- ตู้ Incubator

1.1.2 อาหารเลี้ยงเชื้อ

- Potato dextrose agar
- Total plate count agar

1.2 การตรวจสอบปริมาณจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count agar) (AOAC. 2003)

1.2.1 วิธีวิเคราะห์

1) ใช้แอลกอฮอล์ 70% ฉีดช้อนตัวอย่าง ตักตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ หนัก 10 กรัม ใส่ถุงพลาสติกบนเครื่องชั่ง

2) เทน้ำสเตอริไรซ์ ปริมาณ 90 มิลลิลิตร นำมาตีผสมให้เข้ากันโดยเครื่อง Stromacher

3) ปิเปตตัวอย่างที่ผสมแล้ว โดยทำตามขั้นตอนดังนี้

3.1 ใส่ลงในหลอดน้ำสเตอริไรซ์ ปริมาณ 9 มิลลิลิตร (dilution 1:10) ปริมาณ 1 มิลลิลิตร

3.2 ใส่จานเพาะเลี้ยงเชื้อสำหรับวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 2 จาน จานละ 1 มิลลิลิตร

3.3 ใช้ปิเปตดูดสารตัวอย่างจากข้อ 3.1 มา 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดน้ำสเตอริไรซ์ ปริมาณ 9 มิลลิลิตร (dilution 1:100)

3.4 ปิเปตน้ำตัวอย่างจากข้อ 3.3 มา 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดน้ำสเตอริไรซ์ ปริมาณ 9 มิลลิลิตร (dilution 1:1000)

3.5 ปิเปตน้ำตัวอย่างจากข้อ 3.4 ใส่จานเพาะเชื้อทั้ง 2 จาน

4) เทอาหารเลี้ยงเชื้อ plate count agar ที่หลอมเหลวแล้วมีอุณหภูมิ 45 °ซ ลงในจานเพาะเลี้ยงเชื้อ จานละ 10-15 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

5) ตั้งทิ้งไว้ให้แข็ง กลับจานเพาะเชื้อ แล้วนำไปอบเพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 33-37 °ซ เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

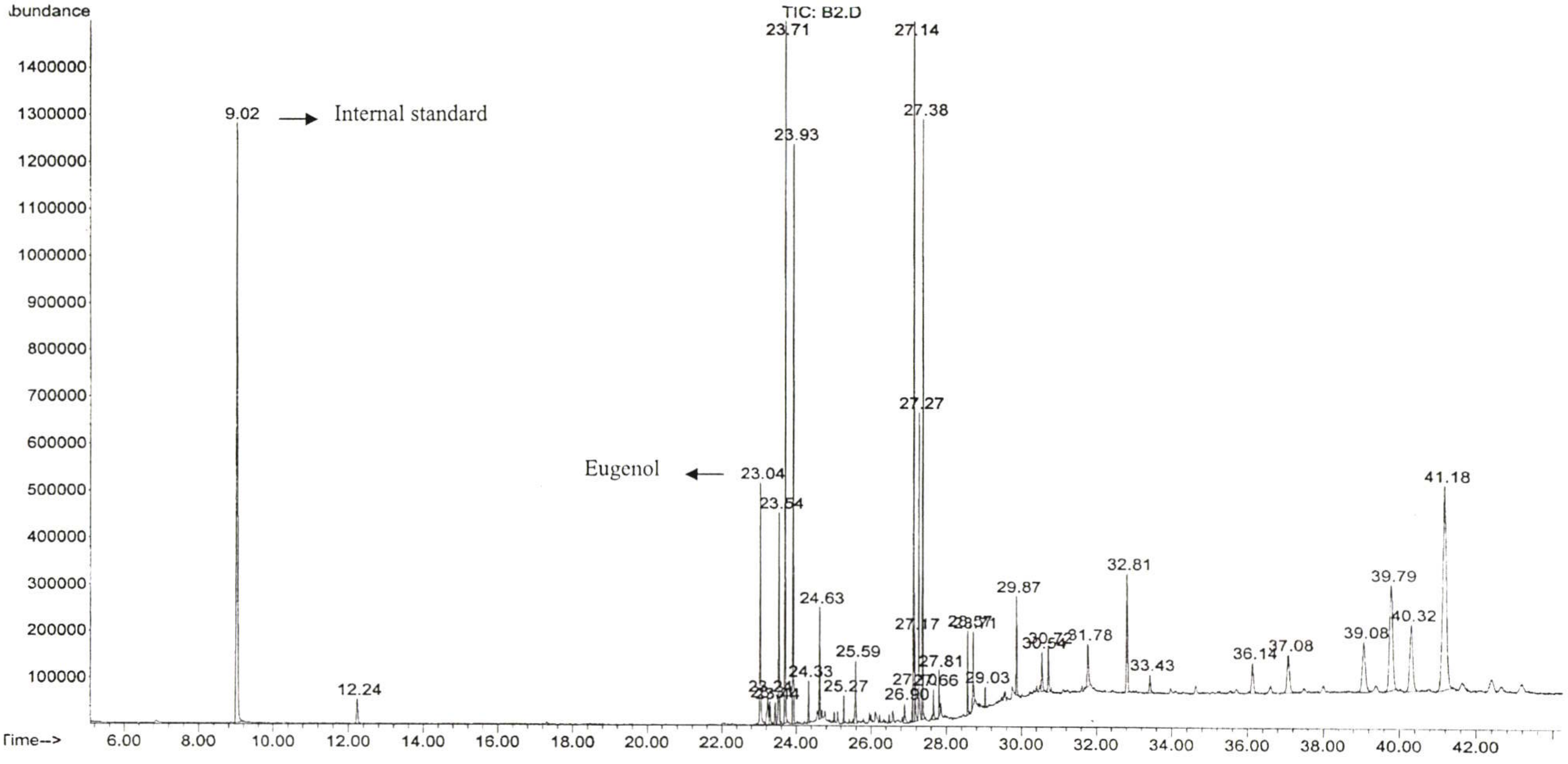
6) เมื่อครบกำหนดเวลา นับจำนวนโคโลนีในจานเพาะเลี้ยงเชื้อซึ่งมีปริมาณ 30-300 โคโลนี หาค่าเฉลี่ยแล้วนำไปคำนวณเป็นโคโลนีต่อกรัม

1.3 ยีสต์และรา (AOAC. 2003)

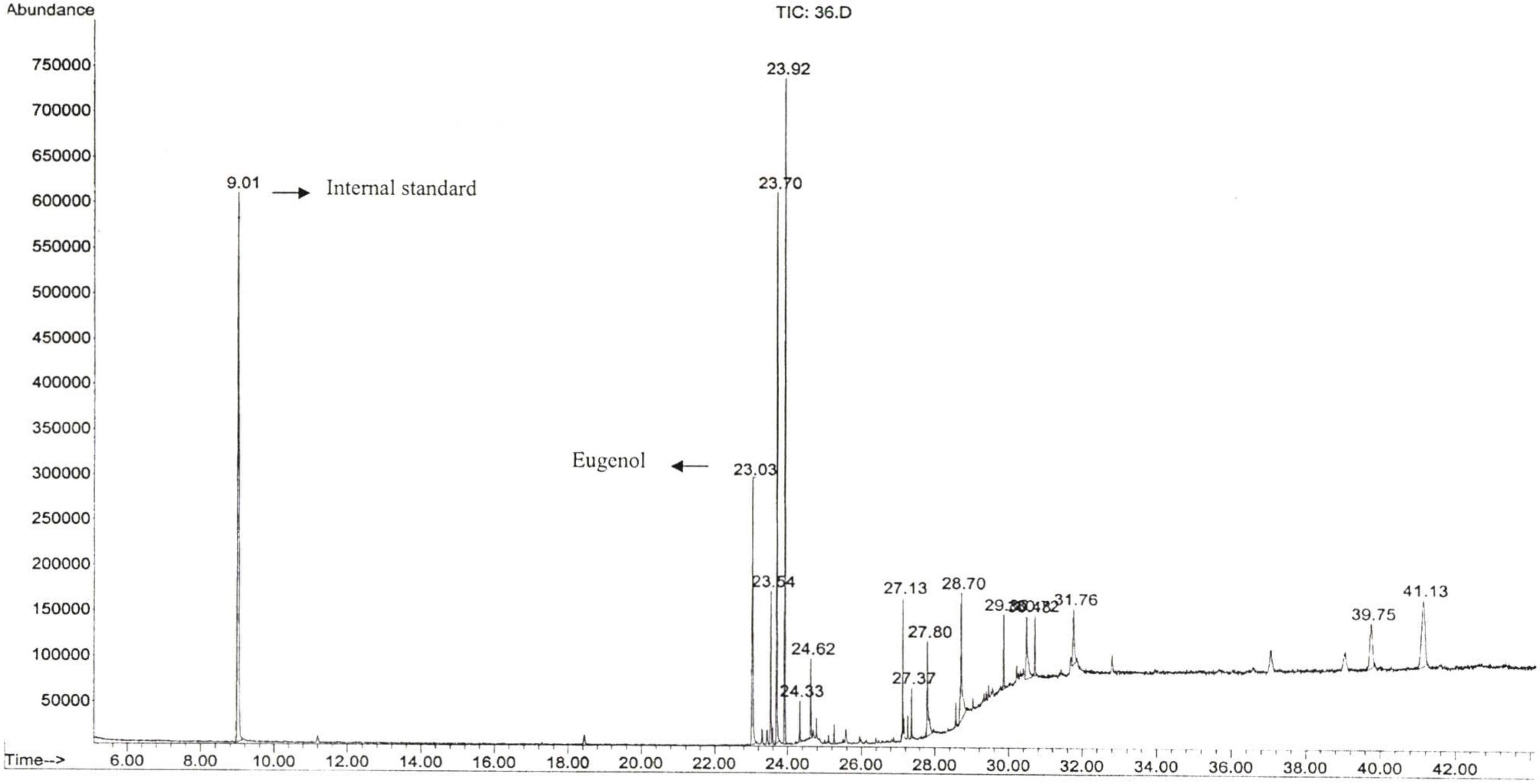
โดยใช้ Potato dextrose agar วิเคราะห์เช่นเดียวกับการวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด แต่อาหารเพาะเลี้ยงเชื้อที่ใช้ คือ Potato dextrose agar ที่ปรับความเป็นกรด-ด่าง 3.5 ด้วยกรดทาทาร์ริก และเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 25 °ซ เป็นเวลา 3 วัน แล้วนับจำนวนโคโลนีของยีสต์และราเป็นโคโลนีต่อกรัม

ภาคผนวก ค

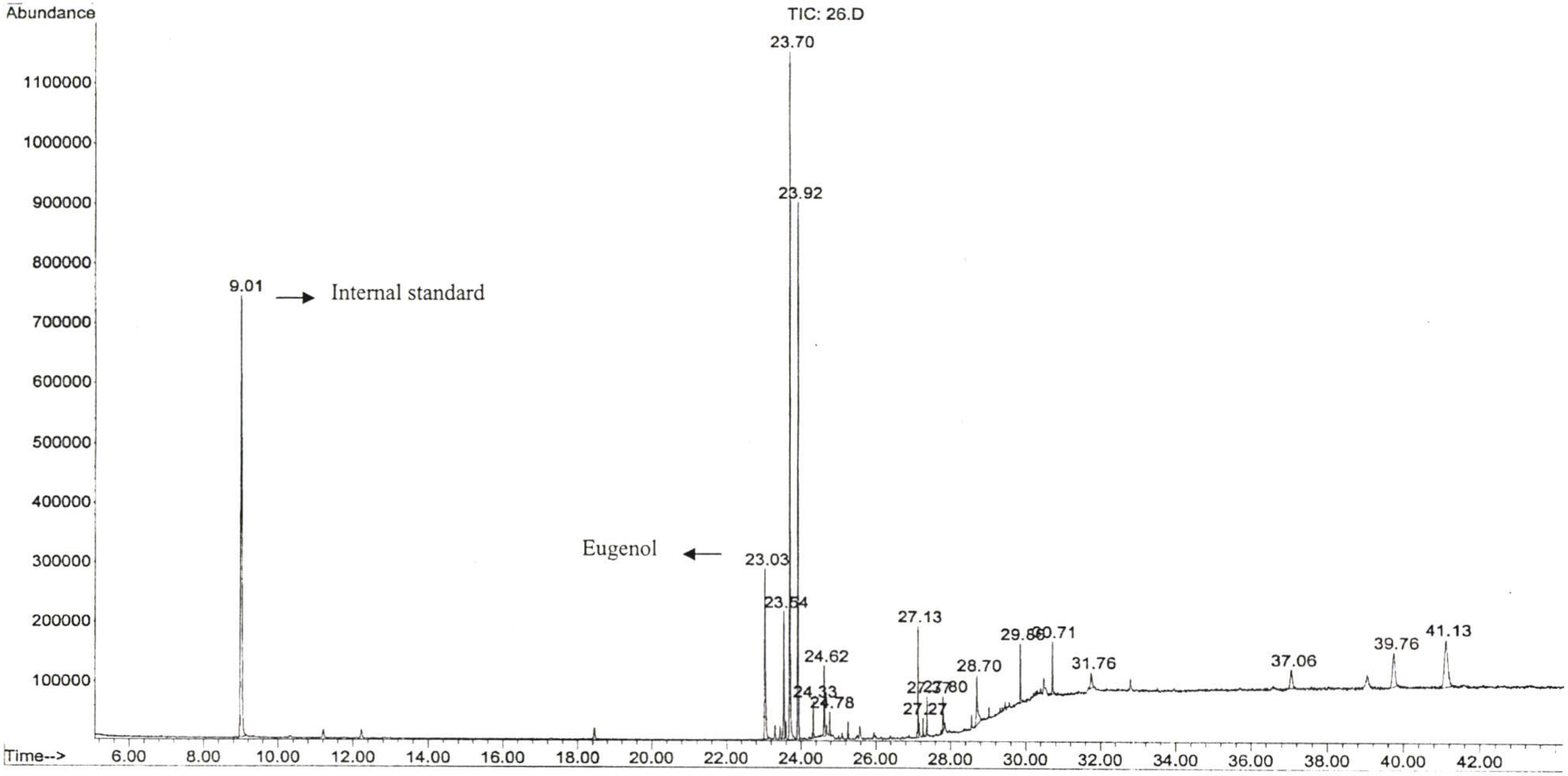
ภาคผนวก ง



ภาพที่ ง1 โครมาโตรแกรมของใบกะเพราสด (FB)



ภาพที่ ง2 โครมาโตรแกรมของใบกะเพราแห้ง (DHB)



ภาพที่ ง3 โครมาโตรแกรมของใบกะเพราฉีดพ่นน้ำแล้วทำแห้ง (SDB)

ประวัติผู้เขียน

นางสาวโสภิตา มะโนมาศ เกิดเมื่อวันที่ 14 พฤศจิกายน พ.ศ. 2525 จังหวัดชุมพร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วทบ.) มหาวิทยาลัยรังสิต สาขาเทคโนโลยีการอาหาร ในปีพ.ศ. 2548 เข้าศึกษาต่อในระดับวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วท.ม) สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และสำเร็จการศึกษาในปี 2551