

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ผลของกระบวนการทำแห้งที่มีต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณ สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด วิตามินซี และวิตามินอี ของขมิ้นชันและขิง

EFFECT OF DRYING PROCESS ON ANTIOXIDANT ACTIVITY,
TOTAL POLYPHENOL, VITAMIN C AND VITAMIN E CONTENT
OF TURMERIC AND GINGER RHIZOME



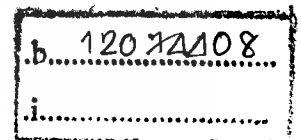
พ.ศ.

ชญสิริ แก้วเรื่อน

TANYASIRI KAEWRUAN

ทพ.
วิ4๒๙๗
2๕๕1

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 87859
วัน,เดือน,ปี..... 19 ส.ค. 2552



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสุขภาพอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2551

KMITL-2008-AI-M-054-030

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**EFFECT OF DRYING PROCESS ON ANTIOXIDANT ACTIVITY,
TOTAL POLYPHENOL, VITAMIN C AND VITAMIN E CONTENT
OF TURMERIC AND GINGER RHIZOME**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN FOOD SANITATION
FACULTY OF AGRICULTURAL INDUSTRY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2008

KMITL-2008-AI-M-054-030

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2008

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของกระบวนการทำแห้งที่มีต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด วิตามินซี และวิตามินอี ของขมิ้นชันและขิง
นักศึกษา	นางสาวรัชฎีรี แก้วเรือน
รหัสประจำตัว	48068772
ปริญญา	วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สาขาโภชนาการ
พ.ศ.	2551
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.พอใจ ถาฆากร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาถึงผลของกระบวนการทำแห้งที่มีต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด วิตามินซี และวิตามินอีที่มีอยู่ในขิงและขมิ้นชัน จากผลการทดลองพบว่ากระบวนการทำแห้งไม่มีผลต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดต่อ 1 กรัมสารสกัดจากขิง โดยที่ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดที่ได้จากขิงทั้งที่ผ่านและไม่ผ่านกระบวนการทำแห้งมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดต่อ 1 กรัมสารสกัดของขิงทั้งที่ผ่านและไม่ผ่านกระบวนการทำแห้งซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกัน แต่ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดจากขมิ้นชันที่ไม่ผ่านกระบวนการทำแห้งจะมีค่ามากกว่าสารสกัดจากขมิ้นชันที่ผ่านกระบวนการทำแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดต่อ 1 กรัมสารสกัดของขมิ้นชันทั้งที่ผ่านและไม่ผ่านกระบวนการทำแห้งมีค่าใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ยังพบว่ากระบวนการทำแห้งมีผลต่อปริมาณวิตามินซีทั้งในขิงและขมิ้นชัน โดยที่การต้มจะทำให้ปริมาณวิตามินซีในขิงและขมิ้นชันสูญเสียไปเท่ากับร้อยละ 21.07 และ 32.85 ตามลำดับ และเมื่อนำขิงและขมิ้นชันไปผ่านกระบวนการทำแห้งก็จะทำให้เกิดการสูญเสียวิตามินซีในขิงและขมิ้นชันมากยิ่งขึ้น โดยลดลงไปเท่ากับร้อยละ 63.27-67.43 และ 73.85-79.88 ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามพบว่าปริมาณวิตามินอีทั้งในขิงและขมิ้นชันไม่มีการสูญเสียโดยความร้อนหรือการผ่านกระบวนการที่อุณหภูมิสูง

Thesis Title	Effect of Drying Process on Antioxidant Activity, Total Polyphenol, Vitamin C and Vitamin E Content of Turmeric and Ginger Rhizome
Student	Miss Tanyasiri Kaewruan
Student ID.	48068772
Degree	Master of Science
Program	Food Sanitation
Year	2008
Thesis advisor	Assist. Prof. Dr.Porjai Thamakorn

ABSTRACT

The effect of drying process on antioxidant activity, total polyphenol content, vitamin C and vitamin E of turmeric and ginger rhizome was studied on this research. The result revealed that the drying process was not affect to antiradical capacity (percentage of DPPH scavenging activity) and total polyphenol content (mg. gallic acid / 1 g. extract) of ginger extract. The percentage of DPPH scavenging activity of ginger extract samples (fresh, cooked and dried) were similar and complied with the similar in total polyphenol content. However, the percentage of DPPH scavenging activity of fresh and cooked turmeric extract were significantly higher than dried turmeric extract ($p \leq 0.05$), while the total polyphenol contents were not significant difference ($p > 0.05$). In addition, the drying process was also affect to vitamin C content in both of ginger and turmeric. When the fresh raw material was cooked, the vitamin C was decreased about 21.07 and 32.85% in ginger and turmeric respectively. However, the reduction in vitamin C content of dried ginger and turmeric was significantly high; 63.27-67.43 and 73.85-79.88% respectively. Nevertheless, the different thermal process condition was not affect to vitamin E content.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จ ได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.พอใจ ถามากร ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะ ช่วยแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ รศ.ดร.ประภาพร ขอไพบุลย์ รศ.ดร.อนุวัตร แจ่มชัด ดร.กิตติชัย บรรจง และผศ.ดร.พอใจ ถามากร กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนข้อชี้แนะจนในที่สุดทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้

ขอขอบคุณ คุณสุชาสินี แซ่ลิ้ม คุณเจนจิรา ชุ่มนวล คุณแม่สุวรรณี เอื้ออุดมวัฒนา ที่คอยให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดีตลอดมา

ขอขอบคุณบริษัทนำเขา (ประเทศไทย) จำกัดที่ให้โอกาสในการเข้าศึกษาต่อ รวมทั้งพี่น้องๆ จากบริษัทนำเขา (ประเทศไทย) จำกัด ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลืออยู่เสมอ

ขอขอบคุณมูลนิธิยูวพัฒน์และมูลนิธิดำรงชัยธรรมที่ได้มอบ โอกาสดีๆ ให้เสมอมา

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดา และครอบครัวอันเป็นที่รักยิ่ง ตลอดจนครูบาอาจารย์ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

ธัญสิริ แก้วเรือน

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญรูป.....	IX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มา.....	1
1.2 ขอบเขตงานวิจัย.....	2
1.3 วัตถุประสงค์.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 พืชวงศ์ขิง.....	3
2.1.1 ขิง (ginger).....	3
2.1.1.1 องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญในขิง.....	6
2.1.1.2 คุณค่าทางโภชนาการของขิง.....	8
2.1.2 ขมิ้นชัน (turmeric).....	10
2.1.2.1 องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญในขมิ้นชัน.....	12
2.1.2.2 คุณค่าทางโภชนาการของขมิ้นชัน.....	16
2.2 กระบวนการผลิตขิงและขมิ้นชันแห้ง.....	17
2.3 สารต้านออกซิเดชัน.....	19
2.3.1 ชนิดของสารต้านออกซิเดชัน.....	20
2.3.2 ผลของสารต้านออกซิเดชัน.....	24
2.3.3 สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds).....	24
2.3.3.1 ลักษณะทั่วไปของสารประกอบฟีนอลิก.....	24
2.3.3.2 กลไกการทำงานของสารประกอบฟีนอลิก.....	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3.3.3	ประโยชน์ของสารประกอบฟีนอลิก.....	29
2.3.4	วิตามินซี (Ascorbic acid).....	30
2.3.4.1	ลักษณะทั่วไปของวิตามินซี.....	30
2.3.4.2	กลไกการทำงานของวิตามินซี.....	30
2.3.4.3	ประโยชน์ของวิตามินซี.....	32
2.3.5	วิตามินอี (Tocopherol).....	33
2.3.5.1	ลักษณะทั่วไปของวิตามินอี.....	33
2.3.5.2	กลไกการทำงานของวิตามินอี.....	34
2.3.5.3	ประโยชน์ของวิตามินอี.....	35
2.4	การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ.....	36
บทที่ 3	วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินการทดลอง.....	37
3.1	วัสดุดิบ.....	37
3.2	สารเคมีที่ใช้สำหรับทดลอง.....	37
3.3	อุปกรณ์และเครื่องมือในการทดลอง.....	38
3.4	สถานที่ดำเนินการทดลอง.....	38
3.5	วิธีการดำเนินการ.....	39
3.5.1	การเตรียมผลิตภัณฑ์แห้งจากเหง้าพืชวงศ์ขิง.....	39
3.5.2	แผนการศึกษาเพื่อศึกษาถึงปัจจัยของกระบวนการทำแห้งต่อสมบัติการ ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด วิตามินซี และวิตามินอี.....	40
3.5.3	การเตรียมสารสกัดเหง้าพืชวงศ์ขิง.....	41
3.5.4	การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH.....	41
3.5.5	การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด.....	42
3.5.6	การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี (L-ascorbic acid).....	42
3.5.7	การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินอี (α -tocopherol).....	43
3.5.8	การวัดค่าสี L*, a*, b* โดยเครื่องวัดสี Minolta CR-400.....	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.5.9	การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น.....	44
3.5.10	การวัดค่า water activity (a_w).....	44
3.5.11	การวิเคราะห์ผลทางสถิติ.....	44
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง.....		45
4.1	ปริมาณความชื้นและค่า Water activity (a_w).....	45
4.1.1	ผลิตภัณฑ์ขิงแห้ง.....	45
4.1.2	ผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง.....	46
4.2	ค่าสี.....	48
4.2.1	ขิงและผลิตภัณฑ์ขิงแห้ง.....	48
4.2.2	ขมิ้นชันและผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง.....	49
4.3	ปริมาณวิตามินซี.....	51
4.3.1	ขิงและผลิตภัณฑ์ขิงแห้ง.....	51
4.3.2	ขมิ้นชันและผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง.....	52
4.4	ปริมาณวิตามินอี.....	53
4.4.1	ขิงและผลิตภัณฑ์ขิงแห้ง.....	53
4.4.2	ขมิ้นชันและผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง.....	54
4.5	ปริมาณสารสกัด.....	56
4.5.1	ขิงและผลิตภัณฑ์ขิงแห้ง.....	56
4.5.2	ขมิ้นชันและผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง.....	57
4.6	ปริมาณสารประกอบ โพลีฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ.....	59
4.6.1	ขิงและผลิตภัณฑ์ขิงแห้ง.....	59
4.6.2	ขมิ้นชันและผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง.....	61
4.7	การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์.....	65

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการรณรงค์เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บรรณานุกรม.....	70
ภาคผนวก ก.....	78
ภาคผนวก ข.....	81
ภาคผนวก ค.....	85
ภาคผนวก ง.....	89
ประวัติผู้เขียน.....	91



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	องค์ประกอบทางโภชนาการของจิงแห้ง ¹ และจิงสด ² 100 กรัม.....9
2.2	องค์ประกอบทางโภชนาการของขมิ้นแห้ง 100 กรัม.....16
2.3	สารต้านออกซิเดชัน.....22
2.4	สารประกอบฟีนอลิกในพืชชนิดต่างๆ25
4.1	ปริมาณความชื้นและค่า a_w ของผลิตภัณฑ์จิงแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งที่สภาวะต่างๆ47
4.2	ปริมาณความชื้นและค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ขมิ้นแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งที่สภาวะ ต่างๆ.....47
4.3	ค่าสีของจิงสดและผลิตภัณฑ์จิงแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งที่สภาวะต่างๆ.....50
4.4	ค่าสีของขมิ้นสดและผลิตภัณฑ์ขมิ้นแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งที่สภาวะต่างๆ..50
4.5	ปริมาณสารสกัดจากจิงสด จิงคัม และผลิตภัณฑ์จิงแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งที่สภาวะ ต่างๆ.....58
4.6	ปริมาณสารสกัดจากขมิ้นสด ขมิ้นคัมและผลิตภัณฑ์ขมิ้นแห้งที่ผ่านกระบวนการ ทำแห้งที่สภาวะต่างๆ.....58
4.7	ปริมาณสารประกอบ โพลีฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสาร สกัดจากจิงสด จิงคัม และผลิตภัณฑ์จิงแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งที่สภาวะต่างๆ.....63
4.8	ปริมาณสารประกอบ โพลีฟีนอลทั้งหมดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัด จากขมิ้นสด ขมิ้นคัม และผลิตภัณฑ์ขมิ้นแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งที่สภาวะ ต่างๆ..... 64
4.9	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (ร้อยละ) กับปริมาณ สารประกอบ โพลีฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 1 กรัมสารสกัด) ในสารสกัดจาก จิงและขมิ้น.....66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ลักษณะของเหง้าจิง.....	3
2.2	ลักษณะของจิงใหญ่.....	5
2.3	ลักษณะของจิงเล็ก.....	5
2.4	โครงสร้างเซลล์ต่างๆ ภายในของเหง้าจิง (a), ลักษณะของ oil cell ที่บรรจุ oleoresin (b)...	7
2.5	โครงสร้างทางเคมีของสารประกอบหลักที่พบในสารสกัดจากจิง.....	8
2.6	ลักษณะของเหง้าขมิ้นชัน.....	10
2.7	รงควัตถุเคอร์คิวมิน น้ำมันหอมระเหย และสตาร์ชในเนื้อเยื่อของเหง้าขมิ้นชัน.....	11
2.8	โครงสร้างเนื้อเยื่อภาคตัดขวางของเหง้าขมิ้นชัน (<i>Curcuma domestica</i> Valenton).....	12
2.9	สารประกอบที่พบในน้ำมันหอมระเหยจากขมิ้นชัน.....	13
2.10	สารประกอบของสารมีสีในขมิ้นชัน.....	14
2.11	แผนผังการทำแห้งจิงและขมิ้นชัน.....	17
2.12	โครงสร้างสารประกอบฟีนอลิก.....	24
2.13	โครงสร้างสารฟลาโวนอล.....	26
2.14	โครงสร้างสารฟลาโวนอน.....	26
2.15	โครงสร้างสารฟลาโวน.....	27
2.16	โครงสร้างสารฟลาโวนอล.....	27
2.17	โครงสร้างสารไอโซฟลาโวน.....	28
2.18	โครงสร้างสารแอนโทไซยานิน.....	28
2.19	การต้านอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลิก.....	29
2.20	โครงสร้างวิตามินซี.....	30
2.21	การต้านอนุมูลอิสระของวิตามินซี.....	31
2.22	การเสริมฤทธิ์วิตามินอีแอลฟาโทโคฟีรอล โดยวิตามินซี.....	31
2.23	โครงสร้างสารกลุ่มวิตามินอี.....	34
2.24	การต้านอนุมูลอิสระของแอลฟาโทโคฟีรอล.....	34
2.25	ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารต้านอนุมูลอิสระต่อสาร DPPH.....	36
3.1	ขั้นตอนการเตรียมผลิตภัณฑ์แห้งจากเหง้าพืชวงศ์จิง.....	39
3.2	ขั้นตอนการเตรียมสารสกัดเหง้าพืชวงศ์จิง.....	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่

หน้า

- 4.1 กราฟปริมาณวิตามินซีและวิตามินอีในจิงสด ชิงคัมและผลิตภัณฑ์จิงแห้งที่ผ่าน
กระบวนการทำแห้งที่สภาวะต่าง.....55
- 4.2 กราฟปริมาณวิตามินซีและวิตามินอีในขมิ้นชันสด ขมิ้นชันคัมและผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งที่
ผ่านกระบวนการทำแห้งที่สภาวะต่างๆ.....55



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ปัจจุบันผู้คนในสังคมหันมาใส่ใจการบริโภคอาหารมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการบริโภคอาหารที่เหมาะสมและมีคุณค่าทางโภชนาการจะช่วยรักษาและป้องกันโรคต่าง ๆ ได้ ซึ่งโรคที่เป็นสาเหตุหลักของการเจ็บป่วยและเสียชีวิตของมนุษย์ที่สำคัญในปัจจุบันได้แก่ โรคมะเร็ง โรคหัวใจ โรคไข่ม้วนอุดตันในเส้นเลือด โรคไขข้ออักเสบ เป็นต้น ล้วนมีสาเหตุมาจากการที่อนุมูลอิสระ (free radical) ที่เกิดขึ้นภายในร่างกายของมนุษย์เข้าไปทำลายชีวโมเลกุลที่สำคัญ เช่น ทำลายหน้าที่ของเซลล์เมมเบรนอันนำไปสู่การตายของเซลล์ ทำลายดีเอ็นเอโดยไปจับกับหมู่ฟอสเฟตและน้ำตาลดีออกซีไรโบส นอกจากนี้อนุมูลอิสระยังสามารถแตกพันธะเปปไทด์ของโปรตีนทำให้โปรตีนไม่สามารถทำงานได้ตามปกติเป็นผลให้เกิดพยาธิสภาพในร่างกายและนำมาซึ่งโรคต่าง ๆ ที่กล่าวมา โดยปกติร่างกายมนุษย์จะมีกลไกควบคุมอนุมูลอิสระให้อยู่ในระดับที่พอเหมาะ แต่เนื่องจากในปัจจุบันสภาวะแวดล้อมที่เสื่อมเสีย หรือความเครียดจากสาเหตุต่าง ๆ ทำให้อวัยวะไม่สามารถควบคุมอนุมูลอิสระเหล่านี้ได้ จึงทำให้ระดับอนุมูลอิสระในร่างกายมนุษย์เกิดขึ้นในระดับที่สูงขึ้น ดังนั้นมนุษย์จึงต้องหันมาให้ความสำคัญกับการบริโภคอาหาร โดยจะบริโภคอาหารที่มีประโยชน์ มีสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) เข้าไปเพื่อช่วยควบคุมปริมาณอนุมูลอิสระให้เกิดสมดุล

ในพืชผัก ผลไม้ และสมุนไพรเกือบทุกชนิดล้วนมีสารต้านอนุมูลอิสระอยู่ในปริมาณและชนิดที่แตกต่างกันออกไป พืชวงศ์ขิง เช่น ขมิ้น และขิง ก็เป็นพืชสมุนไพรอีกกลุ่มหนึ่งที่มีสารต้านอนุมูลอิสระอยู่ โดยจะเป็นสารในกลุ่มของสารประกอบ โพลีฟีนอลเป็นส่วนใหญ่และได้มีการศึกษาและสกัดสารประกอบดังกล่าวออกมาเพื่อติดตามคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (สาริกา, 2546; Chan *et al.*, 2008) แต่สำหรับการศึกษาทางด้านผลของกระบวนการแปรรูปยังมีไม่มากนัก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาเพื่อติดตามคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบ โพลีฟีนอลทั้งหมด วิตามินซี และวิตามินอีของขมิ้นชันและขิงที่นำไปผ่านกระบวนการทำแห้งเพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งและขิงแห้ง

1.2 ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณวิตามินซีและปริมาณวิตามินอีในขมิ้นชันและขิงที่ผ่านกระบวนการทำแห้ง รวมทั้งได้ศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น ค่า water activity (a_w) และสีของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการทำแห้งที่สภาวะต่างๆ กัน

1.3 วัตถุประสงค์งานวิจัย

1. ศึกษาสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดขมิ้นชันและขิง ทั้งที่เป็นวัตถุดิบสดและที่ผ่านกระบวนการทำแห้ง
2. ศึกษาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (total polyphenol) วิตามินซี (L-ascorbic acid) และวิตามินอี (α -tocopherol) ที่ได้จากสารสกัดขมิ้นชันและขิง ทั้งที่เป็นวัตถุดิบสดและที่ผ่านกระบวนการทำแห้ง



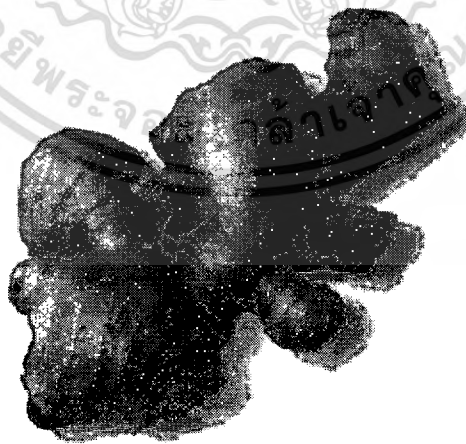
บทที่ 2

ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 พืชวงศ์ขิง (*Zingiberaceae*)

พืชวงศ์ขิงเป็นพืชพื้นเมืองของประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ แต่มีการปลูกทั้งในอินเดีย จากไมก้า จีน ออฟริกาตะวันตก ไนจีเรีย ซีเรีย ออสเตรเลีย อินโดนีเซีย และไทย ลักษณะเฉพาะของพืชวงศ์ขิงที่เห็นได้ชัดคือ มีลำต้นอยู่ใต้ดินที่เรียกว่าเหง้า และเป็นไม้ล้มลุกที่มีอายุได้หลายปี โดยพบประมาณ 1,000 ชนิด จาก 47 สกุล พืชวงศ์ขิงหลายชนิดมีความสำคัญในฐานะเป็นไม้ดอกไม้ประดับ เป็นเครื่องเทศหรือยาสมุนไพร พืชวงศ์ขิงที่สำคัญได้แก่ขมิ้นชันและขิง เป็นต้น พืชวงศ์ขิงกลุ่มนี้จะbecome พืชที่นิยมนำมาใช้เป็นส่วนผสมของอาหารหลากหลายชนิด นอกจากนี้จะให้กลิ่นรสแก่อาหารที่เฉพาะแล้วพืชเหล่านี้ยังมีสารที่ทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น สารประกอบโพลีฟีนอล วิตามินซี วิตามินอี เป็นต้น ซึ่ง Habsah และคณะ (2000) พบว่าสารสกัดจากพืชวงศ์ขิงจำนวน 13 ชนิดในสกุลของ *Alpinia*, *Cortur* และ *Zingiber* ที่พบในประเทศมาเลเซียสามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีเมื่อเทียบกับ α -tocopherol ซึ่งเป็นสารกันหืนธรรมชาติที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน

2.1.1 ขิง (*Ginger: Zingiber officinale* Roscoe)

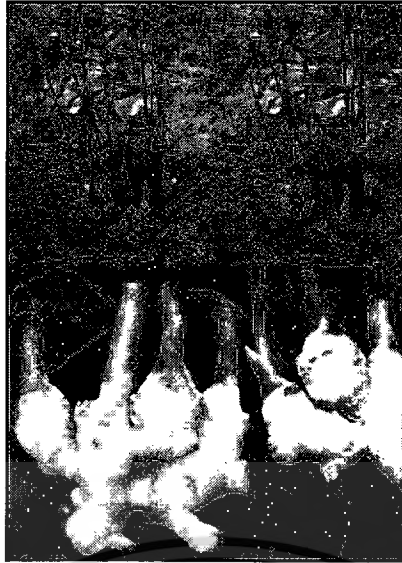


รูปที่ 2.1 ลักษณะของเหง้าขิง

ที่มา : <http://modernway.atspace.com/herbs/herbs.html> (2008)

ขิงที่ปลูกกันทั่วไปจะมีลักษณะของลำต้นอยู่เหนือดิน หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ลำต้นเทียม ลักษณะลำต้นเหนือดินของขิงตั้งตรง ขึ้นเป็นกอสูงประมาณ 90 เซนติเมตร มีกาบใบห่อหุ้ม ดอก ออกเป็นช่อ ดอกอ่อนมีสีขาวระหว่างเดือนพฤษภาคม-สิงหาคม ใบเป็นชนิดใบเดี่ยวออกเรียง สลับกันเป็นสองแถว ปลายใบสอบเรียวแหลม ผลมีลักษณะกลม แข็ง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ประมาณ 1 เซนติเมตร ส่วนลำต้นใต้ดินหรือเหง้ามีการแตกแขนงเป็นแบบนิ้วมือ (รูปที่ 2.1) เปลือก นอกสีน้ำตาลแกมเหลือง เนื้อในสีเหลืองอ่อน ขยายพันธุ์โดยใช้เหง้า ควรปลูกในดินร่วนปน ทราย ที่มีการระบายน้ำได้ดี การเก็บเกี่ยวอยู่ในช่วงเดือนพฤศจิกายน-เดือนมกราคม ซึ่งได้ขิงแก่ที่มี อายุประมาณ 11-12 เดือน (รุ่งรัตน์, 2540) ลักษณะของขิงที่ศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์เมื่อตัดตาม ขวางพบ cork cell 2 ชั้น ชั้นนอกสุดเรียงตัวไม่เป็นระเบียบ ส่วนชั้นในเรียงตัวตามแนวรัศมี ถัดเข้า มาเป็นชั้น cortex มีเม็ดแป้งรูปไข่ขนาดยาวตั้งแต่ 5-60 ไมโครเมตร และ oil cell อยู่ ซึ่ง oil cell ภายในมีน้ำมันชั้น (oleoresin) สีน้ำตาลเหลืองจำนวนมาก (ถนอมศรี, 2538) ขิงแต่ละชนิดจะจำแนก ออกจากกัน ได้ยากเนื่องจากใบและดอกมีลักษณะคล้ายคลึงกันมากในแต่ละพันธุ์ แต่มีที่สังเกตถึง ความแตกต่างของขิงที่เห็นได้ชัดคือดูจากสีของเหง้าขิง ซึ่งทำให้แยกขิงได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มแรก ที่บริเวณใต้เซลล์ของผิวจะมีสีม่วงปนแดงหรือม่วงปนน้ำเงิน และกลุ่มที่สองบริเวณใต้เซลล์ผิวจะ ไม่มีสีหรืออาจมีสีเหลืองอ่อนๆ แต่เมื่อผ่าเหง้าออกตามขวางทั้งสองกลุ่มนี้แล้วจะเห็นภายในเหง้า เป็นสีเหลืองอ่อนและตรงใจกลางของเหง้าจะมีลักษณะคล้ายวงกลมหรือวงแหวนสีน้ำเงินอ่อน เหมือนกัน สำหรับพันธุ์ที่ปลูกกันในปัจจุบัน เกิดจากการคัดเลือกจากสองกลุ่มนี้และมีชื่อเรียก แยกต่างกันไปตามแหล่งที่ปลูก (ธงชัย, มปป.) เช่นขิงจาไมก้า ขิงอินเดีย ขิงแอฟริกา ขิงจีน และ ขิงญี่ปุ่น เป็นต้น สำหรับขิงไทยนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. ขิงใหญ่หรือขิงหยวกหรือขิงขาว ลักษณะเหง้าใหญ่ ขื่อห่าง (รูปที่ 2.2) เนื้อละเอียด เส้น น้อยมาก รสไม่เผ็ด เมื่อดอกเปลือกออกเนื้อในไม่มีสีหรือมีสีเหลืองเรื่อ ๆ ลักษณะของตาที่ปรากฏ บนเหง้าจะกลมมน เมื่อเจริญเติบโตไปเป็นลำต้นและแตกใบแล้วจะมีปลายใบที่ป้านกว่าขิงเล็ก แต่ ลำต้นจะมีความสูงมากกว่าขิงเล็ก เหมาะสำหรับรับประทานเป็นขิงอ่อนหรือขิงดอง



รูปที่ 2.2 ลักษณะของจิงใหญ่

ที่มา : <http://web.ku.ac.th/agri/jinsen/kingg.htm> (2008)

2. จิงเล็กหรือจิงเผ็ด โดยบางแห่งเรียกว่า จิงดำ ลักษณะเหง้าเล็กสั้น ข้อถี่ (รูปที่ 2.3) เนื้อมีเสี้ยนมาก รสค่อนข้างเผ็ด เมื่อดอกเปลือกออกเนื้อจะมีสีน้ำตาลเงินปนเขียว บางชนิดจะมีสีแดงเรื่อ ๆ ลักษณะของตาที่ปรากฏบนเหง้าจะแหลม เมื่อเจริญไปเป็นลำต้นและแตกใบแล้วจะมีปลายใบที่แหลม เหง้าของจิงเล็กจะแตกแขนงหรือแตกกอได้ดี ไม่นิยมปลูกขายเป็นจิงอ่อน ส่วนใหญ่มักจะนำไปทำเป็นจิงแห้งเพราะให้น้ำหนักดี นิยมนำมาทำยาสมุนไพรประกอบยารักษาโรค



รูปที่ 2.3 ลักษณะของจิงเล็ก

ที่มา : <http://web.ku.ac.th/agri/jinsen/kingg.htm> (2008)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.1 องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญในจิง

จิงประกอบด้วยน้ำมันหอมระเหยร้อยละ 1- 2 สารพวกชั้นร้อยละ 5-8 นอกจากนั้นจะเป็นแป้งและสารประกอบโพลีแซคคาไรด์ประเภทกัม (นิจศิริ, 2534)

1. น้ำมันหอมระเหย (essential oil)

น้ำมันหอมระเหยซึ่งเป็นสารที่ให้กลิ่นหอมประกอบด้วย sesquiterpene hydrocarbon ร้อยละ 50 หรือมากกว่า นอกจากนี้ยังมีองค์ประกอบอื่นๆ คือ sesquiterpene alcohols, monoterpenoids, เอสเทอร์ของกรดอะซิติก, cuprylic acid และสารประกอบฟีนอลิก

Zingiberene เป็นสารกลุ่ม sesquiterpene hydrocarbon ที่พบมากในน้ำมันหอมระเหยจิง กล่าวคือพบประมาณร้อยละ 35.6 สาร sesquiterpene ชนิดอื่น ๆ ที่พบก็มี curcumene ร้อยละ 17.7 farnesene ร้อยละ 9.8 และสารอื่นๆ อีกที่พบในปริมาณน้อย ส่วนสารกลุ่ม sesquiterpene alcohols ที่พบในน้ำมันหอมระเหยจิงคือ zingiberol สารกลุ่ม monoterpenoids hydrocarbon ที่พบในน้ำมันหอมระเหยจิง ได้แก่ camphene, α และ β -pinene, cumene, myrcene, limonene, p-cymene และ phellandrene สารกลุ่ม oxygenated monoterpene ที่พบได้แก่ 2-heptanol, 2-nonanol, n-onanol, n-decanol linalool, geraniol และ neral

ในการศึกษาน้ำมันหอมระเหยจิงที่ได้จากแหล่งต่างๆ กัน พบว่าน้ำมันหอมระเหยจะมีส่วนประกอบที่คล้ายๆ กันแต่ต่างกันที่ปริมาณของสารเท่านั้น น้ำมันหอมระเหยจิงที่เก็บไว้ให้ถูกอากาศและแสงเป็นเวลานานจะมีความเข้มข้นมากขึ้นและมีส่วนที่เป็นสารที่ไม่ระเหยเพิ่มขึ้น กล่าวคือจะมีสาร ar-curcumene ซึ่งเป็นสารที่ไม่ระเหยมากขึ้น ส่วนสาร zingiberene ซึ่งเป็นสารที่ระเหยได้จะมีปริมาณลดลง

2. น้ำมันชัน (oleoresin)

น้ำมันชันหรือ โอเลโอเรซิน เป็นของผสมระหว่างเรซินกับน้ำมันหอมระเหย น้ำมันชันที่สกัดจากจิงจึงมีกลิ่นฉุนและรสเผ็ด รวมทั้งมีกลิ่นหอมของน้ำมันด้วย จะพบมากในชั้นเซลล์ cortex และมีกระจายอยู่ทั่วไปในชั้นเซลล์ endodermis ดังรูปที่ 2.4 สกัดออกมาจากจิงแห้งด้วยตัวทำละลายต่างๆ เช่น อะซิโตน เอธิลแอลกอฮอล์หรือเอทิลอีเทอร์ เมื่อระเหยตัวทำละลายออกแล้วจะได้น้ำมันชันที่ข้นเหนียวสีน้ำตาลเข้ม ซึ่งทางการค้าเรียกว่า จิงเจอร์อิน (gingerin) ในน้ำมันชันประกอบด้วยสารสำคัญได้แก่ gingerol หรือ (1-(3-methoxy-4-hydroxyphenyl)-3-keto-5-hydroxyhexanal), shogaol, zingerone, paradol และสารประกอบอื่นๆ อีกหลายชนิด น้ำมันชันที่เตรียมใหม่ๆ จะมี gingerol เป็นองค์ประกอบหลัก ส่วน shogaol และ zingerone ไม่ได้เป็นสารที่เกิดตามธรรมชาติแต่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีขณะเตรียมและการเก็บน้ำมันชัน โดย gingerol จะเปลี่ยนเป็น shogaol จากกระบวนการ dehydration ในการแปรรูปด้วยความร้อนหรือเกิดจากที่เก็บไว้เป็นระยะเวลายาวนาน (Prasad *et al.*, 2000; Jolad *et al.*, 2004) และเปลี่ยนเป็น zingerone ด้วยปฏิกิริยา

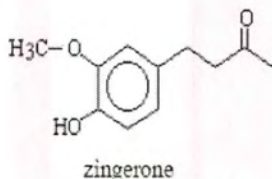
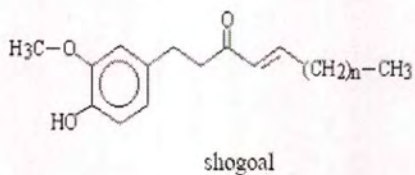
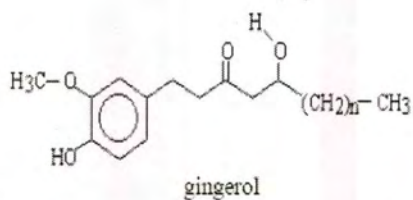
retro-aldol (Zhang *et al.*, 1994) มีโครงสร้างทางเคมี ดังรูปที่ 2.5 ซึ่งสารประกอบทั้งสามชนิดจะมีการไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแตกต่างกันที่จำนวนคาร์บอนที่มาเกาะกับ aromatic ring และตำแหน่งของหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ดังนั้นน้ำมันชั้นที่มีคุณภาพต่ำจะมีปริมาณสาร shogaol และ zingerone ในปริมาณสูง และพบว่าสาร gingerol ที่มีอยู่ในจริงจะอยู่ในรูป [6], [8], และ [10]-gingerol ในอัตราส่วนต่างๆ โดยจริงสดจะมี [6]-gingerol ในปริมาณที่สูงที่สุดและจะค่อยๆ ลดลงตามระยะเวลาและในสภาพที่เก็บรักษา (Kikuzaki *et al.*, 1993) นอกจากนี้ยังพบว่าสาร gingerol จะมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่แข็งแรง แต่เมื่ออยู่ในรูป shogaol และ zingerone คุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระลดลง (Surh *et al.*, 1998) นอกจากนี้ในน้ำมันชั้นยังพบสาร gingerol, zingiberene, gingediol, diarylheptanoids ซึ่งเป็นสารที่ให้กลิ่นหอม (Ganguly *et al.*, 2003)



รูปที่ 2.4 โครงสร้างเซลล์ต่างๆ ภายในของเหง้าขิง (a), ลักษณะของ oil cell ที่บรรจุ oleoresin (b)
ที่มา : ถนอมศรี (2538); Azian และคณะ (2004)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 โครงสร้างทางเคมีของสารประกอบหลักที่พบในสารสกัดจากขิง

ที่มา : <http://www.gpo.or.th/rdi/htmls/ginger.html> (2008)

2.1.1.2 คุณค่าทางโภชนาการของขิง

ขิงเป็นพืชที่นำมาใช้ประโยชน์กันอย่างกว้างขวางทั้งในรูปของสมุนไพรและพืชเครื่องเทศ ทั้งนี้เนื่องจากว่าเหง้าขิงจะมีองค์ประกอบของสารที่มีคุณค่าทางอาหารที่สำคัญๆ อยู่หลากหลายชนิดด้วยกัน ดังแสดงในตารางที่ 2.1 โดยเฉพาะคาร์โบไฮเดรตจะพบว่ามีปริมาณสูงเมื่ออยู่ในรูปของขิงแห้งนอกจากนี้ในเหง้าขิงยังพบทั้งวิตามิน แร่ธาตุและสารประกอบอื่นๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภคอีกด้วย

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางโภชนาการของขิงแห้ง¹และขิงสด² 100 กรัม

Composition	ขิงแห้ง ¹ USDA Handbook 8-2 ^{1/} (Ground)	ขิงสด ² USDA National Nutrient Database ^{2/}
Water (grams)	9.38	78.89
Food energy (Kcal)	347	80
Protein (grams)	9.12	1.82
Fat (grams)	5.95	0.75
Carbohydrate (grams)	70.79	1.7
Ash (grams)	4.77	0.77
Calcium (grams)	0.116	0.016
Phosphorus (mg)	148	34
Sodium (mg)	32	13
Potassium (mg)	1,342	415
Iron (mg)	11.52	0.6
Thiamine (mg)	0.046	0.025
Riboflavin (mg)	0.185	0.034
Niacin (mg)	5.155	0.75
Ascorbic acid (mg)	-	5
Vitamin A activity (RE)	15	0

^{1/} Composition of Foods: Spices and Herbs. USDA Agricultural Handbook 8-2. January 1997.

^{2/} USDA National Nutrient Database

ที่มา : (1) [http://naldr.nal.usda.gov/NALWeb/Agricola_Link.asp?Accession=CAT77686316\(2008\)](http://naldr.nal.usda.gov/NALWeb/Agricola_Link.asp?Accession=CAT77686316(2008))

(2) <http://www.dietaryfiberfood.com/gingerroot-nutrition.php> (2008)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

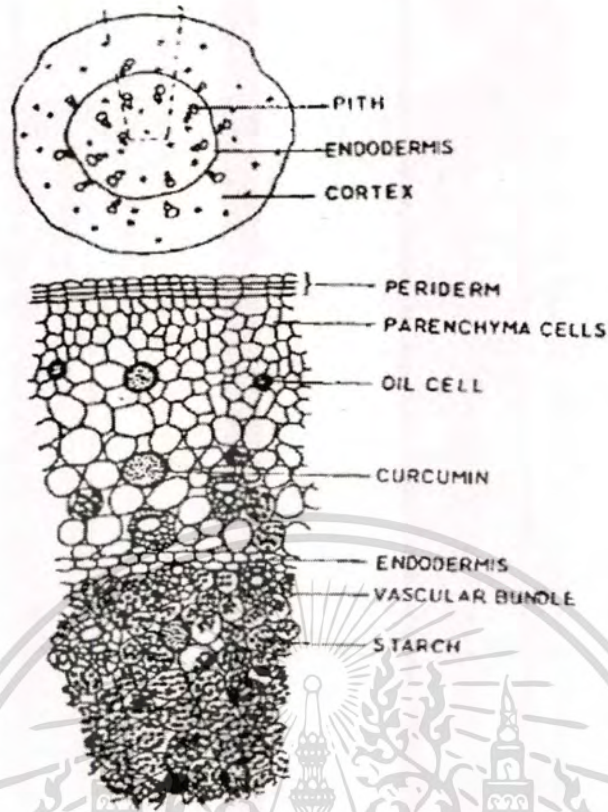
2.1.2 ขมิ้นชัน (Turmeric: *Curcuma longa* Linn.)



รูปที่ 2.6 ลักษณะของเหง้าขมิ้นชัน

ที่มา : http://www.geocities.com/saohai_learn/page2.html (2008)

ขมิ้นชันเป็นพรรณไม้ล้มลุก ลักษณะของเหง้าขมิ้นชันแสดงดังในรูปที่ 2.6 ส่วนของเหง้ามีเนื้อสีเหลืองส้มและมีกลิ่นหอม ดอกมีสีขาวแกมเหลือง ออกเป็นช่อทรงกระบอก และใบเป็นใบเดี่ยว ขนาดยาว 2-3 ฟุต ปลายใบมน มีสีเขียว ลำต้นเหนือดินมีความสูงประมาณ 1 เมตร มักขึ้นรวมกันอยู่เป็นกอ ๆ เจริญได้ดีในฤดูฝนและดินปนทราย (บัญญัติ, 2527) เริ่มแก่หลังจากปลูกได้ประมาณ 7 เดือน โดยสังเกตจากใบต่างๆ ของขมิ้นจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง แก่เต็มที่เมื่อมีอายุประมาณ 9-10 เดือน ซึ่งอยู่ในช่วงเดือนพฤศจิกายน-เดือนธันวาคม การศึกษาลักษณะการเรียงตัวของเนื้อเยื่อด้วยกล้องจุลทรรศน์ (ถนอมศรี, 2538) และการศึกษาโครงสร้างเนื้อเยื่อของขมิ้นโดย Mangalakumari และ Mathew (1986) พบว่าแก่งขมิ้นจะมีการสะสมสตาโรลหลังจากเดือนที่ 5 ของการเจริญภายในเนื้อเยื่อเซลล์พาราไคมา (parenchymatous cell) ซึ่งอยู่ส่วนในของลำต้นที่ถัดจากชั้นเอนโดเดอริส (endodermis) เข้าไปด้านในและจะมีปริมาณมากขึ้นเมื่อแก่เต็มที่ โดยมีเซลล์สตาโรลที่พบจะติดสีน้ำตาลของไอโอดีนและมีรูปร่างรี และยังพบรงควัตถุเคอร์คิวมินสะสมในเซลล์ที่มีรูปร่างกลมที่ล้อมรอบด้วยกลุ่มเซลล์ไฮยาลิน (hyaline cell) ส่วนน้ำมันหอมระเหยจะมีลักษณะเช่นเดียวกับรงควัตถุเคอร์คิวมินคือถูกล้อมรอบด้วยเซลล์ไฮยาลินประมาณ 4-5 เซลล์ ทั้งรงควัตถุเคอร์คิวมินและน้ำมันหอมระเหยจะกระจายตัวอยู่ทั่วไปในโครงสร้างของเนื้อเยื่อขมิ้นดังแสดงในรูปที่ 2.7

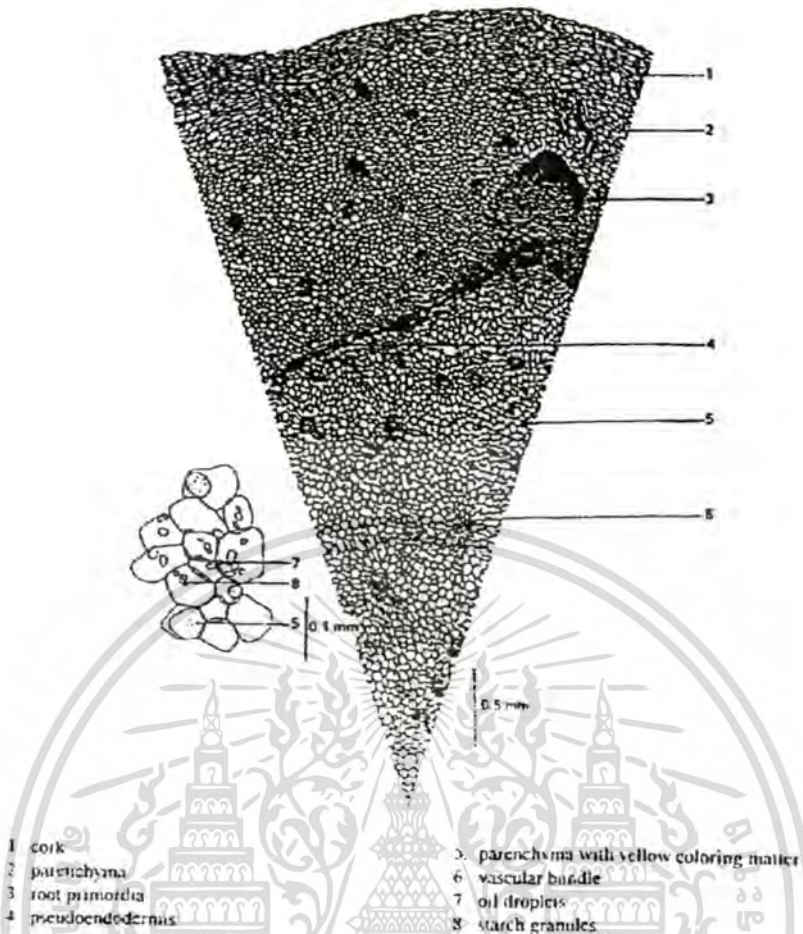


รูปที่ 2.7 รงควัสดุเกอร์คิวมิน น้ำมันหอมระเหย และสตาร์ชในเนื้อเยื่อของเหง้าขมิ้นชัน

ที่มา : Mangalakumari และ Mathew (1986)

การศึกษาจากกล้องจุลทรรศน์พบว่าลักษณะของขมิ้นเมื่อตัดตามขวางจะเห็นลักษณะของเนื้อเยื่อ คือ ชั้นแรกที่อยู่นอกสุดมีคอร์กเซลล์ (cork cell) เรียงตัวกันหลายชั้น เป็นเซลล์รูปเหลี่ยมผนังบาง สีน้ำตาล ส่วนชั้นถัดมาเรียกว่าคอร์เทก (cortex) ประกอบด้วยชั้น reserved parenchyma ที่มีช่องว่างระหว่างเซลล์ (intercellular spaces) และเซลล์เหล่านี้บรรจุเม็ดแป้ง (starch grains) น้ำมันหอมระเหย (essential oil) และสารสีเหลืองกระจายอยู่ทั่วไป ดังแสดงในรูปที่ 2.8 นอกจากนี้ยังมีเซลล์ที่เรียก pseudoendodermal cells ซึ่งเป็นเซลล์ที่แบ่งเซลล์ที่แบ่งชั้นคอร์เทกออกเป็นด้านนอกและด้านใน ซึ่งพบกลุ่มท่อน้ำและท่ออาหารกระจายอยู่ทั่วไปในบริเวณชั้นคอร์เทก ซึ่งพบมากในส่วนคอร์เทกด้านใน (ถนอมศรี, 2538)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



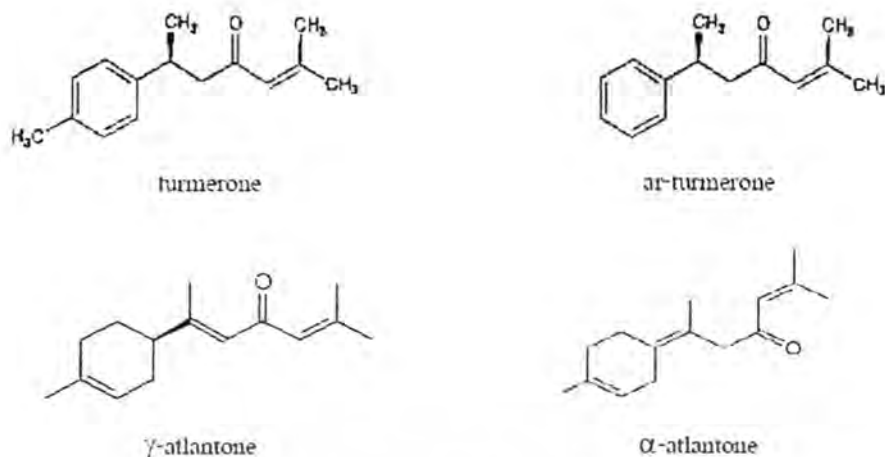
รูปที่ 2.8 โครงสร้างเนื้อเยื่อภาคตัดขวางของเหง้าขมิ้นชัน (*Curcuma domestica* Valenton)
ที่มา : ถนอมศรี (2538)

2.1.2.1 องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญในขมิ้นชัน

1. น้ำมันหอมระเหย (essential oil)

น้ำมันหอมระเหยในเหง้าขมิ้นจะเป็นสารที่ให้กลิ่นรสของขมิ้นซึ่งเมื่อแยกองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยจากขมิ้น (turmeric oil) จะได้ทิวเมอร์อล (turmerol) ซึ่งเป็นแอลกอฮอล์ที่มีสูตรโมเลกุล $C_{13}H_{18}O$ หรือ $C_{14}H_{20}O$ ต่อมามีการศึกษาที่แสดงให้ทราบว่าทิวเมอร์อลเป็นสารผสมของ sesquiterpene ketone ส่วนใหญ่เป็น turmerone อยู่มากกว่า 60 นอกจากนี้มี ar-turmerone, α -atlantone และ γ -atlantone ดังแสดงในรูปที่ 2.9 รวมกันอีกประมาณร้อยละ 25 พร้อมทั้งยังพบสารต่าง ๆ อีกหลายชนิดได้แก่ sabinene, cineol, phellandrene, zingiberene, curcumone และ borneol เป็นต้น โดยทั่วไปปริมาณน้ำมันหอมระเหยในขมิ้นแห้งจะมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 1.5-5.0 (Govindarajan, 1980)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



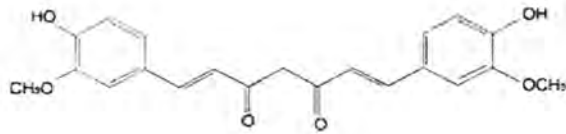
รูปที่ 2.9 สารประกอบที่พบในน้ำมันหอมระเหยจากขมิ้นชัน

ที่มา : <http://www.nutrisana.com/html/Monograph-Curcuma.html> (2008)

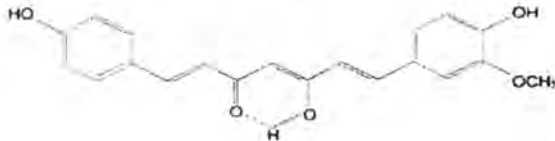
2. รงควัตถุ (pigment)

สารประกอบหลักที่ให้สีเหลืองในขมิ้นชันคือ สารประกอบเคอร์คิวมินอยด์ ซึ่งเป็นสารประกอบพวก diaroylmethane (Mayer, 1943) โดยสารสกัดที่มีสีจากขมิ้นชันประกอบด้วยสารผสม 3 ชนิด คือ เคอร์คิวมิน (curcumin) (1,7-bis(4-hydroxy-5-methoxy-phenyl)-1,6-heptadiene-3,5-dione) บิสเดสมโทกซีเคอร์คิวมิน (bisdemethoxycurcumin) และ เดสมโทกซีเคอร์คิวมิน (demethoxycurcumin) ดังแสดงในรูปที่ 2.10 โดยปริมาณของสารให้สีในขมิ้นชันจะมีอยู่ประมาณร้อยละ 0.02-8.1 และจากการวิเคราะห์ทางเคมีพบว่าสารประกอบที่ให้สี 3 ชนิดจะมีปริมาณแตกต่างกันดังนี้คือ เคอร์คิวมินประมาณร้อยละ 49-61 เดสมโทกซีเคอร์คิวมิน ประมาณร้อยละ 20-29 และ บิสเดสมโทกซีเคอร์คิวมิน ประมาณร้อยละ 15-26 (Purseglove *et al.*, 1981) สารประกอบเคอร์คิวมินจะไวต่อกรดและด่าง โดยจะเปลี่ยนแปลงจากสีเหลืองเป็นสีแดงเมื่ออยู่ในสภาวะที่เป็นกรด และมีสีน้ำตาลแดงเมื่ออยู่ในสภาวะที่เป็นด่าง สารประกอบเคอร์คิวมินที่บริสุทธิ์จะเป็นผลึกสีเหลือง ไม่มีกลิ่น มีจุดหลอมเหลว 184-186 องศาเซลเซียส ละลายได้น้อยในน้ำ บีโครเลียมอีเธอร์และเบนซีน แต่ละลายได้ในเมธานอล เอทานอล กรดอะซิติกเข้มข้น (glacial acetic acid) และ โพรพิลีน ไกลคอล และละลายได้ดีในอะซีโตนและ ไดเอทิลอีเธอร์

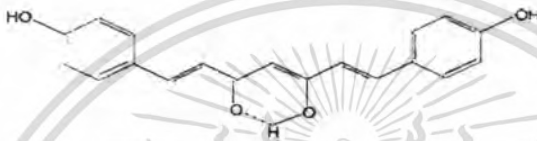
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



curcumin



demethoxycurcumin



bisdemethoxycurcumin

รูปที่ 2.10 สารประกอบของสารมีสีในขมิ้นชัน

ที่มา : <http://www.food-info.net/uk/colour/curcumin.htm> (2008)

3. น้ำมันชัน (oleoresin)

น้ำมันชันหรือโอเลโอเรซินของขมิ้นชัน เป็นผลิตภัณฑ์ของสารผสมระหว่างส่วนที่สามารถระเหยได้ คือน้ำมันหอมระเหย (volatile oils) กับส่วนของสารที่ไม่ระเหย (non-volatile materials) ซึ่งประกอบด้วยสารหลายชนิด ได้แก่ น้ำมันที่สกัดได้จากพืชที่อยู่ในรูปไตรกลีเซอไรด์ รงควัตถุต่างๆ สารประกอบที่ให้รสชาติและสารต้านออกซิเดชันตามธรรมชาติ (นันทวัฒน์, 2537; Stahl, 1972; Govindarajan, 1980) โดยทั่วไปโอเลโอเรซินขมิ้นชันที่สกัดได้จะมีปริมาณเคอร์คิวมินอยู่ในช่วงร้อยละ 37-55 ซึ่งโอเลโอเรซินจากขมิ้นชันจะมีสีส้มถึงแดง อาจแยกเป็น 2 ชั้นคือชั้นบนเป็นชั้นน้ำมัน ส่วนชั้นล่างเป็นผลึก และโอเลโอเรซินที่มีคุณภาพดีจะมีปริมาณเคอร์คิวมินที่ให้สีอยู่สูงถึง 1 ใน 3 ของปริมาณทั้งหมด (Krishnamurthy *et al.*, 1976)

สรรพคุณในไขมันชั้นนั้นมีหลายประการด้วยกัน โดยส่วนใหญ่แล้วเน้นทางการแพทย์ เช่น สามารถยับยั้งเชื้อ HIV ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคเอดส์ (Mazumber *et al.*, 1995) และลดอาการอักเสบ (Scartezzini and Speroni, 2000) ได้ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียด้วยดั่งรายงานการวิจัยของ Negi และคณะ (1999) ซึ่งพบว่าสารประกอบหลักที่พบในน้ำมันหอมระเหยของขมิ้นชันนั้น ได้แก่ ar-turmerone, turmurone และ curlone ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Guddadranganahally และคณะ (2002) ที่วิเคราะห์สารสกัดจากขมิ้นชันด้วยเทคนิค GC-MS พบว่า ประกอบด้วย ar-turmerone ร้อยละ 31.32, turmurone ร้อยละ 15.08 และ curlone ร้อยละ 9.7 ซึ่งสารประกอบดังกล่าวนี้มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ และประสิทธิภาพการยับยั้งสูงขึ้นเมื่อ conjugate สาร curcumin ที่ได้จากเหง้าขมิ้นชันด้วย amino acid และ nucleoside (Kumar *et al.*, 2001) ทั้งนี้ชนิดและปริมาณสารสกัดที่พบในขมิ้นชันจะแตกต่างกันไปในแต่ละวิธีการสกัด

การต้านอนุมูลอิสระเป็นสรรพคุณหนึ่งที่พบในสารสกัดของขมิ้นชัน โดยพบว่า curcumin ซึ่งเป็นสารสีเหลืองที่สกัดได้จากขมิ้นชันสามารถทำปฏิกิริยากับ linoleic peroxy radicals ได้ (Masuda *et al.*, 2001) โดยความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระนี้อาจเกิดจากคุณสมบัติของไฮโดรเจนอะตอมในโครงสร้างของสาร curcumin สามารถถ่ายโอนได้เนื่องจากพันธะที่จับอยู่เป็นพันธะแบบอ่อน ทำให้ไฮโดรเจนอะตอมสามารถจับกับ radical ที่เกิดขึ้นได้ง่าย (Jovanovic *et al.*, 1999)

2.1.2.2 คุณค่าทางโภชนาการของขมิ้นชัน

ขมิ้นชันเป็นพืชที่นำมาใช้ประโยชน์กันอย่างกว้างขวางทั้งในรูปของสมุนไพรและพืชเครื่องเทศ ทั้งนี้เนื่องจากว่าเหง้าขมิ้นชันจะมีองค์ประกอบของสารที่มีคุณค่าทางอาหารที่สำคัญๆ อยู่หลายชนิดด้วยกัน ดังแสดงในตารางที่ 2.2 นอกจากนี้จะมีคาร์โบไฮเดรตที่พบในปริมาณสูงแล้วยังพบทั้งวิตามิน แร่ธาตุและสารประกอบอื่นๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภคอีกด้วย

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบทางโภชนาการของขมิ้นแห้ง 100 กรัม

Composition	USDA Handbook 8-2 ¹⁾ (Ground)	ASTA ²⁾
Water (grams)	11.36	6.0
Food energy (Kcal)	354	390
Protein (grams)	7.83	8.5
Fat (grams)	9.88	8.9
Carbohydrate (grams)	64.93	69.9
Ash (grams)	6.02	6.8
Calcium (grams)	0.182	0.2
Phosphorus (mg)	268	260
Sodium (mg)	38	10
Potassium (mg)	2,525	2,500
Iron (mg)	41.42	47.5
Thiamine (mg)	0.152	0.090
Riboflavin (mg)	0.233	0.190
Niacin (mg)	5.140	4.8
Ascorbic acid (mg)	25.85	50
Vitamin A activity (RE)	Trace	ND ³⁾

¹⁾ Composition of Foods : Spices and Herbs. USDA Agricultural Handbook 8-2. January 1997.

²⁾ The Nutritional Composition of Spices. ASTA Research Committee.

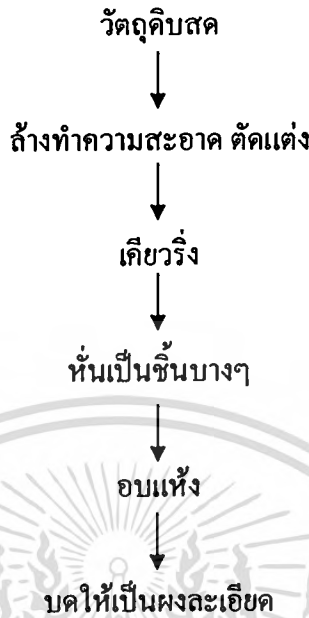
February 1997.

³⁾ ND = Not detected

ที่มา : Tainter และ Grenis (1993)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 กระบวนการผลิตขิงและขมิ้นชันแห้ง



รูปที่ 2.11 แผนผังการทำแห้งขิงและขมิ้นชัน

ที่มา : http://www.fao.org/inpho/content/compend/text/ch27/ch27_02.htm (2008)

กระบวนการผลิตขิงและขมิ้นชันผงนั้น มีขั้นตอนในการผลิตดังข้อมูลในรูปที่ 2.11 โดยขิงที่จะนำมาทำแห้งจะต้องมีอายุประมาณ 8-9 เดือน ส่วนขมิ้นชันควรมีอายุ 7-10 เดือน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับดิน สภาพแวดล้อมที่ปลูกและสภาวะการเจริญของพืช โดยที่อายุของขิงและขมิ้นชันในช่วงเวลาดังกล่าวจะเป็นช่วงที่แก่จัด ทำให้มีปริมาณน้ำมันและน้ำมันชันในปริมาณที่สูง แต่ถ้าเก็บช่วงก่อนหน้านี้อายุขิงและขมิ้นชันจะยังไม่แก่ ปริมาณน้ำมันและน้ำมันชันมีน้อย ทำให้ไม่เหมาะกับการนำไปทำแห้ง (http://www.fao.org/inpho/content/compend/text/ch27/ch27_02.htm (2008))

การทำความสะอาด คัดแยกเหง้าและแง่ออกจากกัน ตัดรากและส่วนต่างๆ ที่ไม่ต้องการทิ้ง คัดเลือกส่วนสมบูรณ์ปราศจากโรคและแมลง นำมาล้างด้วยน้ำสะอาดหลายๆ ครั้ง เนื่องจากทั้งขิงและขมิ้นชันเป็นพืชที่ใช้ส่วนที่อยู่ในดิน การล้างทำความสะอาดจึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุด (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2551)

ก่อนที่จะนำขิงหรือขมิ้นชันไปทำแห้งจะนำมาผ่านวิธีการเดียวรียงเพื่อเป็นการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์และทำให้สีมีความสม่ำเสมอ โดยวิธีการเดียวรียงที่เหมาะสมคือ วิธีที่ทำให้ขิงและขมิ้นชันที่ผ่านการเดียวรียงและทำแห้งแล้วเกิดการสูญเสียน้ำมันหอมระเหยและรงควัตถุค่าที่สุด โดยวิธีการเดียวรียงดั้งเดิมของขิงจะใช้การจุ่มในน้ำร้อนเป็นเวลา 10 นาที เพื่อที่จะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ หรือใช้การแช่ในสารละลายแคลเซียมออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1.5-2.0 เป็น

เวลา 6 ชั่วโมง (http://www.fao.org/inpho/content/compend/text/ch27/ch27_02.htm (2008)) ส่วนการเคียวรีงไขมันจะใช้การต้มในน้ำเป็นเวลา 1 ชั่วโมงก่อนการทำแห้ง ซึ่งจะช่วยลดเวลาในการทำแห้งได้ รวมถึงการทำให้ไขมันชั้นมีสีสม่ำเสมอและทำให้ไขมันชั้นแห้งที่ได้มีลักษณะแข็ง เนื่องจากเกิดเจลลาโนส (Purseglove *et al.*, 1981) โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีสีดีและสม่ำเสมอทั้งนี้เนื่องจากการแพร่ของรงควัตถุสีเหลืองจาก oil cell แต่ละเซลล์ไปยังเนื้อเยื่อที่อยู่รอบข้าง และการใช้ค้างในการเคียวรีงก็เพื่อให้สีของไขมันชั้นมีความเข้มมากขึ้น (Govindarajan, 1980)

การทำแห้งขิงและไขมันชั้นโดยปกติจะนิยมใช้การทำแห้งด้วยพลังแสงอาทิตย์ แต่ใช้เวลานานมากและมีปัญหาการปนเปื้อนของจุลินทรีย์และสิ่งปนื้อกต่าง ๆ จึงมีการนำอุปกรณ์ทำแห้งเข้ามาใช้เพื่อช่วยลดปัญหาดังกล่าว อุณหภูมิของลมร้อนที่ใช้ทำแห้งต้องไม่สูงเกิน 65 องศาเซลเซียสเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดีและช่วยลดปัญหาการซีดจางของสีเนื่องจากการสัมผัสกับแสงอาทิตย์โดยตรงเป็นเวลานานในระหว่างการทำแห้ง โดยเฉพาะขิงหรือไขมันชั้นที่ต้องหันเป็นชั้นก่อนการทำแห้ง (Purseglove *et al.*, 1981)

Said และ Hussain (1964) ได้ศึกษาการเคียวรีงโดยการอบในทรายร้อนที่เวลา 3, 6, 9, 12 และ 15 นาที และการต้มไขมันในน้ำเดือดเป็นเวลา 30, 60 และ 90 นาที จะพบว่าการเคียวรีงโดยการอบในทรายร้อนจะใช้เวลาในการทำแห้งสั้นกว่าวิธีการต้มในน้ำเดือด และไขมันแห้งที่ได้จากไขมันที่อบในทรายร้อน 9-12 นาที จะมีรูปร่างดี มีกลิ่นและสีดีกว่าไขมันที่ผ่านการเคียวรีงด้วยวิธีอื่นๆ ในขณะที่การเคียวรีงโดยการต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 30 นาที จะให้ปริมาณผลผลิตไขมันแห้งสูงที่สุดคือร้อยละ 20 และให้ผลิตภัณฑ์ไขมันแห้งที่มีสีเหลืองสว่าง มีผิวเรียบและมีกลิ่นของไขมันดี

กานดา (2540) ได้ศึกษาเวลาในการเคียวรีงโดยการต้มในน้ำเดือดที่เวลาต่างกัน 7 ระดับคือ 0 (ไม่ผ่านการเคียวรีง), 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 นาที และพบว่าไขมันชั้นที่ผ่านการเคียวรีงจะใช้เวลาในการทำแห้งน้อยกว่าไขมันชั้นที่ไม่ผ่านการเคียวรีง และเวลาที่ใช้ในการเคียวรีงไขมันชั้นโดยการต้มในน้ำเดือดที่เหมาะสมคือ 30 นาที เนื่องจากช่วยลดเวลาในการทำแห้งได้เมื่อเปรียบเทียบกับไขมันที่ไม่ผ่านการเคียวรีง โดยใช้เวลาในการทำแห้ง 14 ชั่วโมง ทำให้ประหยัดพลังงานในการต้มและการทำแห้ง ไขมันแห้งที่ได้จะมีปริมาณเคอร์คิวมินร้อยละ 5.47 และปริมาณน้ำมันหอมระเหย 7.70 มิลลิกรัม/100 กรัม ซึ่งมีค่าสูงกว่ามาตรฐานของสหรัฐอเมริกาที่กำหนดให้มีปริมาณไม่ต่ำกว่าร้อยละ 5 และ 3.5 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ

2.3 สารต้านออกซิเดชัน (antioxidant)

สารต้านออกซิเดชันคือสารเคมีที่ทำหน้าที่ต่อต้านหรือยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (มลศิริ, 2540) ซึ่งรวมถึงสารที่สามารถยับยั้งและควบคุมอนุมูลอิสระไม่ให้ไปกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน จึงเป็นการช่วยยับยั้งอนุมูลอิสระไม่ให้ทำลายองค์ประกอบของเซลล์ (วัลยาและพัชรี, 2542) สารต้านอนุมูลอิสระมีทั้งที่เป็นสารจากธรรมชาติ (natural antioxidant) เช่น สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) วิตามินซี (ascorbic acid) เป็นต้น และที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระจากการสังเคราะห์ (synthetic antioxidant) เช่น Tert-butyl-4-hydroxyanisole (BHA), Tert-butylhydroquinone (TBHQ) เป็นต้น

สารต้านอนุมูลอิสระมีบทบาทสำคัญในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชัน และปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระ ดังนั้นจึงมีผลในการป้องกันโรคต่าง ๆ ที่มีสาเหตุจากอนุมูลอิสระทำลายเซลล์ อย่างไรก็ตามสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาตินั้น ได้ว่ามีความปลอดภัยมากที่สุดต่อการบริโภคเพื่อยับยั้งและป้องกันอนุมูลอิสระ งานวิจัยต่าง ๆ จึงมุ่งเน้นไปที่แหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ เช่น การตรวจหาและบ่งชี้ชนิดสารต้านอนุมูลอิสระจากผักพื้นบ้านและสมุนไพรไทย โดยพบว่า สารสกัดเมธานอลของกระชายและข่าที่ผ่านการทำให้แห้งจะให้ค่า Antioxidant index ลดลงจากการสกัดจากกระชายและข่าสด โดยลดลงจาก 1.52 เป็น 1.02 และจาก 4.20 เป็น 3.24 ตามลำดับ แต่จะให้ผลตรงกันข้ามในกรณีที่เป็นขิง โดยจะให้ค่า Antioxidant index เพิ่มขึ้นเมื่อสกัดจากขิงแห้ง โดยมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 1.75 เป็น 2.00 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณวิตามินซีในสารสกัด Oxalic acid/0.02 mM EDTA ของขิงและข่าจะอยู่ในระดับ 7.82 และ 9.38 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง แต่ในกระชายจะพบน้อยมากคือประมาณ 0.96 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง (อัญชญา, 2544)

สารประกอบหลัก ๆ ที่เป็นสารต้านออกซิเดชันคือสารประกอบฟีนอลิก ในการสกัดจากวัตถุดิบน้ำหนักแห้ง 100 กรัม พบว่าขิงจะมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกประมาณ 60.07 มิลลิกรัม (นวลศรี และ อัญชญา, 2545)

สาธิตา (2546) พบว่าสารสกัดเมธานอลจากเหง้าขมิ้นชัน ขิง และข่า มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดีกว่าสารสกัดน้ำและน้ำมันหอมระเหย โดยมีค่าความเข้มข้นที่กำจัดอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 (EC_{50}) เป็น 9.7, 35.6 และ 57.7 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ

จันทร์เพ็ญ (2549) พบว่า ขิงแก่ที่ปอกเปลือกและไม่ปอกเปลือกให้ค่าของสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดเป็น 17.56 และ 19.41 มิลลิกรัมกรดแกลลิก/กรัมตัวอย่างแห้งตามลำดับ และมีค่าสูงกว่าที่พบในขิงอ่อน ส่วนความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธีการทำลายอนุมูล DPPH พบว่า ในขิงแก่และขิงอ่อน ไม่ปอกเปลือกมีความสามารถสูงกว่าขิงที่ปอกเปลือก และพบว่าการแปรรูปขิงผงนั้นสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของขิงผงมีค่าเพิ่มขึ้นจากวัตถุดิบเริ่มต้น (ขิงแก่ปอกเปลือก) คือ 17.56 เป็น 45.41 มิลลิกรัมกรดแกลลิก/กรัมตัวอย่างแห้ง ส่วนความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH มีค่าคงที่

Vankar และ คณะ (2006) พบว่า จิงและขมิ้นผงเมื่อนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิมากกว่า 100 องศาเซลเซียสจะทำให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระลดลง (โดยในจิงผงเมื่อเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน BHT และ Pyragallol จะลดลงจากร้อยละ 8.46 และ 3.19 เป็นร้อยละ 6.16 และ 1.63 ตามลำดับ สำหรับในขมิ้นผงเมื่อเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน BHT และ Pyragallol จะลดลงจากร้อยละ 10.81 และ 4.13 เป็นร้อยละ 6.01 และ 1.36 ตามลำดับ) และให้ผลเช่นเดียวกันในกรณีที่เป็นน้ำมันจิงโดยลดลงจากร้อยละ 1.54 เป็น 1.35 แต่ในกรณีที่เป็นน้ำมันขมิ้นจะให้ผลตรงกันข้ามคือจะทำให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น โดยเพิ่มจากร้อยละ 1.46 เป็น 3.16

Chan และ คณะ (2008) พบว่าสารสกัดเมธานอลของพืชวงศ์ขิงจำพวกกระชาย ขมิ้น ข่า และขิง ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในปริมาณที่แตกต่างกันโดยขมิ้น (*Curcuma longa*) จะมีปริมาณมากที่สุดคือ 534 ± 205 mg GAE/100g รองลงมาคือ ข่า (*Alpinia galangal*) 214 ± 20 mg GAE/100g กระชาย (*Boesenbergia rotunda*) 197 ± 50 mg GAE/100g และมีปริมาณน้อยสุดคือขิง (*Zingiber officinale*) 157 ± 18 mg GAE/100g

2.3.1 ชนิดของสารต้านออกซิเดชัน

สารต้านออกซิเดชันมีมากมายหลายชนิด แต่ชนิดที่ใช้ในอาหารได้ต้องผ่านการทดสอบแล้วว่าปลอดภัย เมื่อแบ่งตามแหล่งที่มาแล้วสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ

1. สารต้านออกซิเดชันที่ได้จากธรรมชาติ โดยพบอยู่ตามส่วนต่างๆ ของพืช เป็นสารประกอบพวก polyphenols ชนิดที่ใช้อยู่เกือบทั่วโลก ได้แก่ lecithin และ α -tocopherols เป็นต้น
2. สารต้านออกซิเดชันที่ได้จากการสังเคราะห์ ได้แก่ butylated hydroxyanisole (BHA), propyl gallate (PG), butylated hydroxytoluene (BHT) และ tertiary butylated hydroquinone (TBHQ) (Dapkevicius *et al.*, 1998)

นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งสารต้านออกซิเดชันตามหน้าที่ได้เป็น 5 ประเภทใหญ่ๆ (Hudson, 1990) ดังนี้

1. primary antioxidant

สารในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่ได้แก่สารประกอบฟีนอลิก (phenolic substance) ทำหน้าที่หยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ของการเกิดอนุมูลอิสระในปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน นอกจากนี้ยังรวมถึงสารโทโคฟีรอลธรรมชาติและสังเคราะห์ (natural and synthetic tocopherol) alkyl gallate, BHA, BHT, TBHQ และอื่นๆ ซึ่งสารในกลุ่มนี้จะทำหน้าที่เป็นตัวให้อิเล็กตรอน

2. oxygen scavenger

สารในกลุ่มนี้ได้แก่กรดแอสคอร์บิกหรือวิตามินซี ascorbyl palmitate erythorbic acid (isoascorbic acid) และ sodium erythorbate เป็นต้น โดยสารในกลุ่มนี้จะเข้าทำปฏิกิริยากับออกซิเจน จึงเป็นการช่วยกำจัดออกซิเจนในระบบปิดได้

3. secondary antioxidant

สารในกลุ่มนี้ได้แก่ dilauryl thiopropionate และ thiopropionic acid ทำหน้าที่สลายโมเลกุลของ lipid hydroperoxide ให้เป็นสารที่มีความเสถียร

4. enzymic antioxidant

สารในกลุ่มนี้ได้แก่เอนไซม์ต่างๆ ซึ่งแบ่งเป็น primary antioxidant enzyme และ ancillary antioxidant enzyme สารในกลุ่มนี้ทำหน้าที่กำจัดออกซิเจนหรืออนุพันธ์ของออกซิเจน โดยเฉพาะไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2)

5. chelating agent หรือ sequestrant

สารในกลุ่มนี้ เช่น กรดซิตริก กรดอะมิโน ethylenediaminetetra-acetic acid (EDTA) เป็นต้น สารในกลุ่มนี้ทำหน้าที่ไปจับกับไอออนของโลหะ เช่น เหล็กและทองแดง ซึ่งไอออนเหล่านี้เป็นไอออนที่ส่งเสริมและเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ทำให้เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่เสถียร

การแบ่งกลุ่มของสารต้านออกซิเดชันนอกจากจะแบ่งตามแหล่งที่มาและหน้าที่แล้ว สารต้านออกซิเดชันยังสามารถแบ่งตามลักษณะโครงสร้างทางเคมีได้เช่นเดียวกัน ดังข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 สารต้านออกซิเดชัน

Antioxidant type	List of antioxidant
Vitamin	Vitamin A (retinol) Vitamin C (ascorbic acid) Vitamin E including tocotrienol and tocopherol
Vitamin cofactor and mineral	Coenzyme Q10 Manganese Iodide
Hormones	Melatonin
Carotenoid terpenoids	Lycopene Lutein Alpha-carotene Zeaxanthin Astaxanthin Canthaxanthin
Flavonoid polyphenolics	
- Flavones	Luteolin Apigenin Tangeritin
- Flavonols	Quercetin and related, such as rutin Kaempferol Myricetin Isorhamnetin
	Proanthocyanidins, or condensed tannins
- Flavanones	Hesperetin Naringenin Eriodictyol
- Flavonols and their polymers	Catechin, gallocatechin and their corresponding gallate esters Epicatechin, epigallocatechin and their corresponding gallate esters Theaflavin and gallate esters Thearubigins

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

Antioxidant type	List of antioxidant
- Isoflavone phytoestrogens	Genistein Daidzein Glycitein
- Stilbenoids	Resveratrol Pterostilbene
Phenolic acids and their esters	Ellagic acid Gallic acid Salicylic acid Rosmarinic acid Cinnamic acid and its derivatives, such as ferulic acid Chlorogenic acid Chicoric acid Gallotannins Ellagitannins
Other nonflavonoid phenolics	Curcumin Xanthones Flavonolignans Eugenol
Other organic antioxidants	Citric acid, oxalic acid and phytic acid Lignan Bilirubin Uric acid R- α -Lipoic acid N-Acetylcysteine

ที่มา : http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_antioxidants_in_food (2008)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

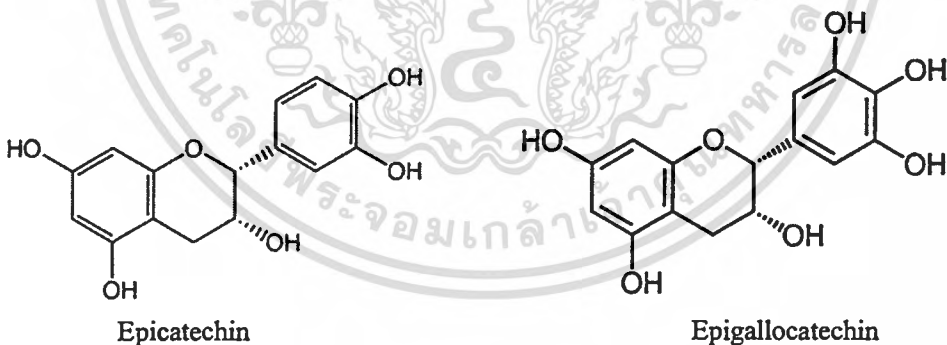
2.3.2 ผลของสารต้านออกซิเดชัน

เนื่องจากสารต้านออกซิเดชันมีหน้าที่หลายอย่าง เช่น ทำหน้าที่เป็นสารรีดิวซ์ (reducing agent) เป็นตัวขจัดอนุมูลอิสระ จับกับไอออนโลหะที่เร่งให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ชะลอการเกิดออกซิเจนในรูปแอกทีฟซึ่งพบในชั้นคอนอินินิทีเอชันของปฏิกิริยาออกซิเดชัน ด้วยหน้าที่ต่างๆ เหล่านี้จึงทำให้มีผลในการชะลอหรือยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือสามารถหยุดปฏิกิริยาถูกโซ่โดยการทำปฏิกิริยากับอนุมูล peroxy เพื่อให้เป็นสารที่มีความเสถียร หรือเป็นสารที่ไม่ทำปฏิกิริยาออกซิเดชันอีกต่อไป หรือเป็นสารที่ไม่ใช่อนุมูลอิสระ (non-radical product) (Basu *et al.*, 1999)

2.3.3 สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds)

2.3.3.1 ลักษณะทั่วไปของสารประกอบฟีนอลิก

สารประกอบฟีนอลิกเป็นกลุ่มของสารที่มีหมู่ฟีนอล (หมู่ฟีนอลคือ วงแหวนเบนซีน ที่มีหมู่ไฮดรอกซิลมาเกาะ (OH) จำนวนมากในโมเลกุล) ดังแสดงในรูป 2.12 ซึ่งสารประกอบฟีนอลิกถือเป็นสารกลุ่มใหญ่ที่มีอยู่ในธรรมชาติ พบได้ทั่วไปในอาหารที่เป็นพืช เช่น ผักและผลไม้ มีมากมายหลายชนิดซึ่งสามารถจำแนกได้ตามลักษณะของจำนวนคาร์บอนอะตอม และโครงสร้างพื้นฐาน เช่น phenolic acids, catechol, melanins, flavonoids, lignans, isoflavonoids โดยมีโครงสร้างพื้นฐานแตกต่างกันดังแสดงในตาราง 2.4 (Urquiga and Leighton, 2000)



รูปที่ 2.12 โครงสร้างสารประกอบฟีนอลิก

ที่มา : วิกาวดี (2549)

ตารางที่ 2.4 สารประกอบฟีนอลิกในพืชชนิดต่างๆ

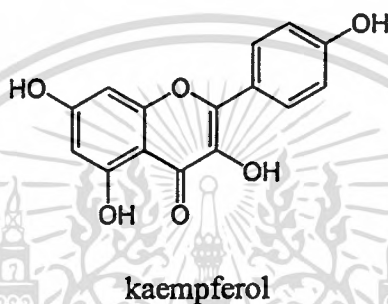
จำนวนคาร์บอน อะตอม	โครงสร้าง พื้นฐาน	ชนิด	ตัวอย่าง
6	C6	simple phenols	benzoquinones, catechol, hydroquinone dimethoxybenzoquinone
7	C6-C1	phenolic acids	gallic, salicylic
8	C6-C2	acetophenones	3-acetyl-methoxybenzaldehyde
9	C6-C3	tyrosine derivatives	Tyrosol
		phenylacetic acids	p-hydroxyphenylacetic
		hydroxycinnamic acids	caffeic, ferulic
		phenylpropenes	myristicin, eugenol
		coumarins	umbelliferone, aesculetin
10	C6-C4	isocoumarins	bergenon
		chromones	eugenin
		naphthoquinones	juglone, plumbagin
		xanthones	mangiferin
13	C6-C1-C6	xanthones	mangiferin
14	C6-C2-C6	stilbenes	anthraquinones, resveratrol, emodin
		flavonoids	
15	C6-C3-C6	isoflavonoids	quercetin, cyanidin, genistein
18	(C6-C3-C6) ₂	biflavonoids	amentoflavone
n	(C6-C3) _n	Lignins	
	(C6) _n	Catechol melanins	
	(C6-C3-C6) _n	Flavolans (Condensed Tannins)	

ที่มา : Urquiga และ Leighton (2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนั้นสารประกอบฟีนอลิกยังมีการจำแนกสารกลุ่มใหญ่คือ สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ ซึ่งพบในธรรมชาติในรูปของอะไกลโคไซด์จับกับน้ำตาลเป็นอะไกลโคน หรือจับกับน้ำตาลที่เป็น ไกลโคไซด์ (Rice-Evans *et al.*, 1996) มีโครงสร้างที่เป็นแกนหลักคือไดฟีนิลโพรเพน (diphenylpropane $C_6C_3C_6$ skeleton) ประกอบไปด้วยหน่วยย่อย คือมีคาร์บอน 6 ตัวคือ A ring และ ส่วนที่เป็นคาร์บอน 6 ตัว จับอยู่กับที่เป็นคาร์บอน 3 ตัว คือส่วนที่เป็น B ring สามารถจำแนกได้ 6 ประเภท ตามการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของฟลาโวน ได้แก่

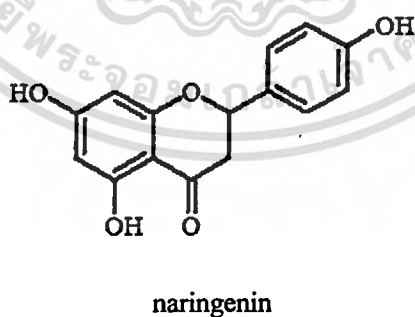
1. ฟลาโวนอล (flavonols) เป็นโครงสร้างที่มีตำแหน่งไฮโดรเจนที่ 3 ถูกแทนที่ด้วยหมู่ไฮดรอกซิล (OH) เช่น kaempferol quercetin และ myricetin พบมากในพืชตระกูลชา เช่น ชาเขียว ชาดำ ชาจีน เป็นต้น ดังรูป 2.13



รูปที่ 2.13 โครงสร้างสารฟลาโวนอล

ที่มา : Rice-Evans และคณะ (1996)

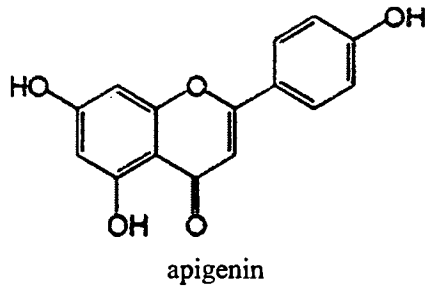
2. ฟลาโวนอน (flavonones) เป็นโครงสร้างของฟลาโวนที่ตำแหน่งที่ 2 และ 3 ที่อิมตัวเช่น naringenin และ laxifolin พบมากในพืชตระกูลส้ม ดังรูป 2.14



รูปที่ 2.14 โครงสร้างสารฟลาโวนอน

ที่มา : Rice-Evans และคณะ (1996)

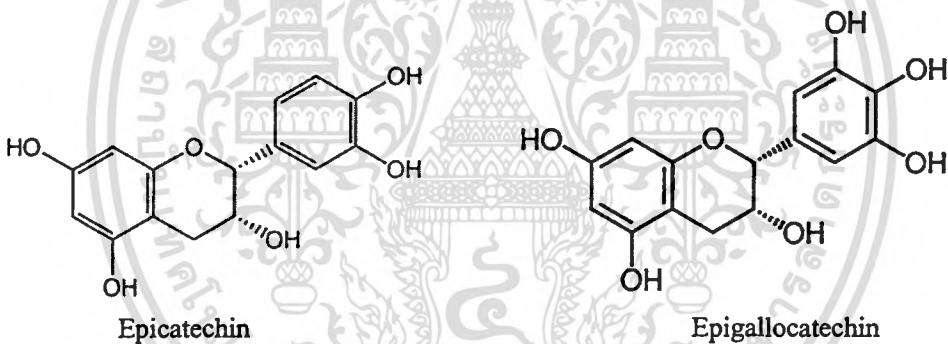
3. ฟลาโวน (flavone) เช่น apigenin และ chysin พบมากที่ผิวของผลไม้ ผักชีฝรั่ง ดังรูป 2.15



รูปที่ 2.15 โครงสร้างสารฟลาโวน

ที่มา : Rice-Evans และคณะ (1996)

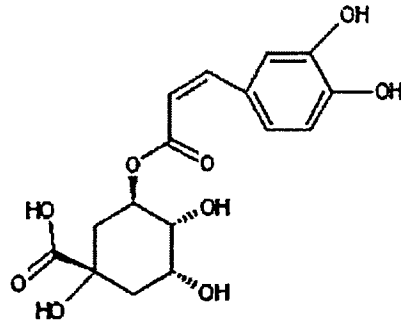
4. ฟลาวานอล (flavanol) ไฮโดรเจนอะตอมในตำแหน่งที่ 3 ถูกแทนที่ด้วยหมู่ไฮดรอกซิล ได้แก่ catechin, epicatechin, gallocatechin, epigallocatechin พบมากในพืชตระกูลชา เช่น ชาเขียว ชาดำ ชาจีน และไวน์แดง เป็นต้น ดังรูป 2.16



รูปที่ 2.16 โครงสร้างสารฟลาวานอล

ที่มา : Rice-Evans และคณะ (1996)

5. ไอโซฟลาโวน (isoflavanone) หรือ phenyl propanoids ได้แก่ ferulic acid พบมากในข้าวสาลี มะเขือเทศ ผักขม caffeic acid พบมากในองุ่นขาว ไวน์ขาว น้ำมันมะกอก ผักขม เป็นต้น p-coumaric acid พบมากในองุ่นขาว มะเขือเทศ กระหล่ำปลี chlorogenic acid พบมากในแอปเปิ้ล แอปพริคอต บลูเบอร์รี่ ลูกแพร์ เป็นต้น ดังรูปประกอบ 2.17

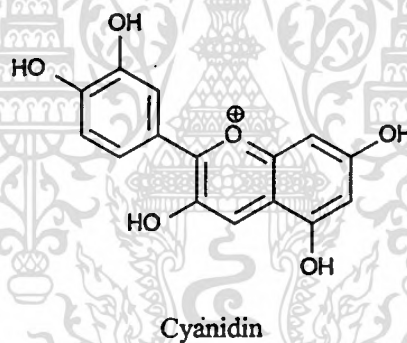


Chlorogenic acid

รูปที่ 2.17 โครงสร้างสารไอโซฟลาโวน

ที่มา : Rice-Evans และคณะ (1996)

6. แอนโทไซยานิน (anthocyanin) เป็นเกลือของฟลาโวลีียม (flavolium cation) โดยมีหมู่ไฮดรอกซิลเกาะที่ตำแหน่งที่ 5 และ 7 เป็นต้น ดังรูปประกอบ 2.18



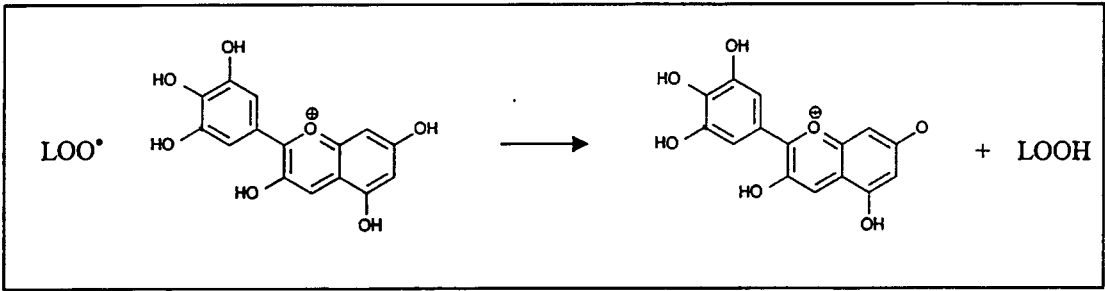
รูปที่ 2.18 โครงสร้างสารแอนโทไซยานิน

ที่มา : Rice-Evans และคณะ (1996)

2.3.3.2 กลไกการทำงานของสารประกอบฟีนอลิก

กลไกการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลิกคือสามารถให้ไฮโดรเจนอะตอมแก่อนุมูลอิสระทำให้อนุมูลอิสระหมดสภาพไป ส่วนตัวเองจะกลายเป็นอนุมูลอิสระเองแต่จะไม่เป็นอันตรายเพราะอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจะเกิดการรวมภายใน โครงสร้างเองหรือที่เรียกว่าเกิดการเรโชนเมนต์ (Kontush *et al.*, 2000) ดังรูปประกอบ 2.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 การต้านอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลิก

ที่มา : Kontush และคณะ (2000)

2.3.3.3 ประโยชน์ของสารประกอบฟีนอลิก

1. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยสามารถให้ไฮโดรเจนอะตอมแก่อนุมูลอิสระส่วนตัวเองจะกลายเป็นอนุมูลอิสระเองแต่ไม่เป็นอันตรายเนื่องจากจะเกิดการเรโซแนนซ์เกิดขึ้นภายในบริเวณวงแหวนเบนซีนริง โดยสามารถขยับขังอนุมูลอิสระที่เกิดจากปฏิกิริยาออกได้ออกซิเดชันของกรดไขมัน (Kaur and Kapoor, 2002) ขยับขังซูเปอร์ออกไซด์ ไฮดรอกซิลเรดิคัล แอลดีแอลออกซิเดชัน ไนตริกออกไซด์ (Nagai *et al.*, 2005) เป็นต้น

2. ป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง เช่น ฟลาโวนอยด์ ฟีนอลิกแอซิดสามารถที่จะลดอัตราการเกิดโรคมะเร็ง Rice-Evans และคณะ (1996) ได้กล่าวไว้ในบทความตอนหนึ่งว่าการรับประทานอาหารที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก 125-250 มิลลิกรัม/วัน สามารถป้องกันการเกิดโรคมะเร็งเช่น มะเร็งลำไส้ มะเร็งกระเพาะอาหาร นอกจากนั้นแล้วยังสามารถจับกับวงจรชีวิตของเซลล์ในระยะ G₂/M phase กระตุ้นให้เซลล์มะเร็งตายได้เร็วขึ้น ด้วยการผ่าเหล่าของเชื้อจุลินทรีย์ที่ถือว่าเป็นอีกสาเหตุหนึ่งของการเกิดมะเร็ง (Geetha *et al.*, 2004)

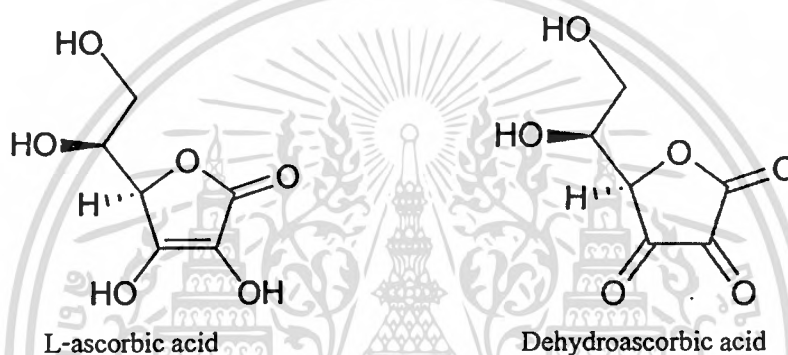
3. ป้องกันโรคหัวใจ โดยการลดระดับคลอเลสเตอรอลและน้ำตาลในเลือด ลดอัตราการเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจโดยสารประกอบฟีนอลิก เช่น ฟลาโวนอยด์ จะส่งต่อการเพิ่มพรอสตาแกลนดิน (prostaglandin) ส่งเสริมการสร้างคลอเลสเตอรอล ลดการเกิดแอลดีแอลออกซิเดชัน ลดการเกิดลิ่มเลือด (Polagruto *et al.*, 2003) การคกตะกอนของเลือด และช่วยทำให้เซลล์เยื่อที่ผนังหลอดเลือดแข็งแรง และยังช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกันต้านทานเช่น ช่วยกระตุ้นการหลั่งทูเมอร์เนคโครซิสแฟกเตอร์ (tumor necrosis factor- α , TNF- α) ที่ช่วยลดการเกิดโรคหัวใจ (Alonso *et al.*, 2004)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 วิตามินซี (Ascorbic acid)

2.3.4.1 ลักษณะทั่วไปของวิตามินซี

วิตามินซีในอาหารมี 2 รูปแบบ ซึ่งร่างกายสามารถนำไปใช้ได้ทั้ง 2 ชนิด คือ แอสคอร์บิกแอซิด (ascorbic acid) และดีไฮโดรแอสคอร์บิกแอซิด (dehydroascorbic acid) แหล่งของวิตามินซีอยู่ในพืช ผัก ผลไม้ที่มีรสเปรี้ยว เช่น ฝรั่ง แอปเปิ้ล มะเขือเทศ ถั่วงอก เป็นต้น วิตามินซีเป็นวิตามินที่ไม่สามารถที่จะทนความร้อน แสง ความเป็นด่าง โลหะหนัก และเอนไซม์แอสคอร์บิกออกซิเดส (ascorbic oxidase enzyme) โดยวิตามินซีจะถูกดูดซึมที่ผนังลำไส้เล็กแต่การขนส่งในเลือดยังไม่เป็นที่แน่ชัด หากมีมากอาจมีการสะสมที่ต่อมหมวกไต ในปริมาณมากรองลงมาคือตับและม้าม ดังแสดงในรูป 2.20 (พจน์ และคณะ, 2545)

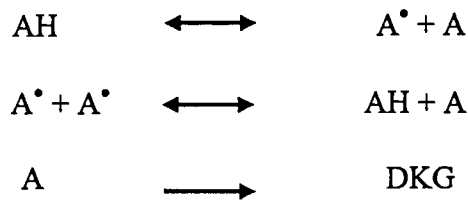


รูปที่ 2.20 โครงสร้างวิตามินซี

ที่มา : พจน์ และคณะ (2545)

2.3.4.2 กลไกการทำงานของวิตามินซี

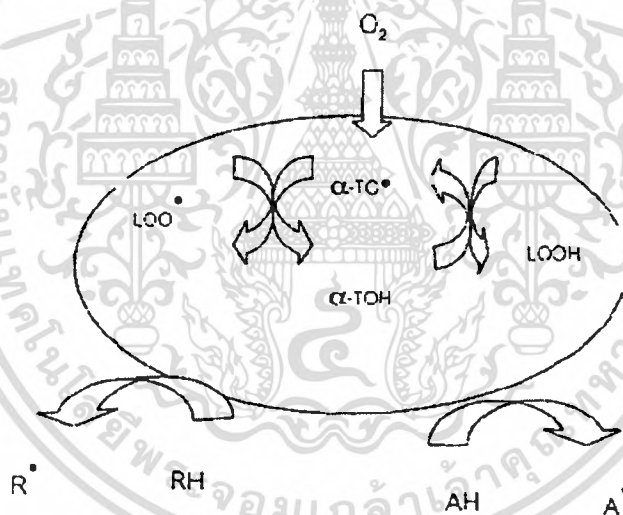
กลไกการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของวิตามินซีโดยสามารถให้ไฮโดรเจนอะตอมแก่อนุมูลอิสระและยังช่วยส่งเสริมการทำงานของวิตามินอีโดยให้ไฮโดรเจนอะตอมแก่วิตามินอีให้วิตามินอีสามารถทำงานได้ดียิ่งขึ้น (Lowe *et al.*, 2003) โดยสามารถลดคปริมาณอนุมูลอิสระที่เป็นสารในหมู่ออกซิเจนที่มีความว่องไว (reactive oxygen species, ROS) ได้แก่ ไฮดรอกซิลเรดิคัล เปอร์ออกซิล ซิงเลตออกซิเจน เปอร์ออกซิลไนไตรท์ ไนตริกออกไซด์ เป็นต้น โดยสามารถให้ไฮโดรเจนอะตอมแก่สารอนุมูลอิสระ (Carr and Frei, 1999) ดังรูป 2.21



รูปที่ 2.21 การต้านอนุมูลอิสระของวิตามินซี

ที่มา : Carr และ Frei (1999)

แทนสัญลักษณ์ AH คือแอสคอร์เบต A^\bullet แทนแอสคอร์บิลเรดิคัล A แทนดีไฮโดรแอสคอร์บิกแอซิด และยังสามารถแตกสลายเป็นสารพวกออกซาลेट ทรีโอเนตและผลิตภัณฑ์อื่นๆ และยังสามารถในการเป็นตัวส่งเสริมสารแอนติออกซิแดนซ์อย่างวิตามินอี (Carr and Frei, 1999; Kontush *et al.*, 2000) ดังรูป 2.22



รูปที่ 2.22 การเสริมฤทธิ์วิตามินอีแอลฟาโทโคฟีรอล โดยวิตามินซี

ที่มา : Carr และ Frei (1999)

สัญลักษณ์ $\alpha\text{-TOH}$ แทน $\alpha\text{-tocopherol}$ LOO^\bullet แทนอนุมูลอิสระ RH แทนสารส่งเสริมการต้านอนุมูลอิสระต่างๆ AH แทนวิตามินซี จากปฏิกิริยาดังกล่าวทำให้วิตามินอีสามารถกลับมามีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเหมือนเดิม โดยที่ตัวเองสลายกลายเป็นสารอื่นที่ไม่อันตราย (Carr and Frei, 1999)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4.3 ประโยชน์ของวิตามินซี

1. วิตามินซีมีบทบาทกว้างขวางในหลายระบบ โดยคุณสมบัติที่โดดเด่นของวิตามินซี คือ เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์โคเอนไซม์ เพื่อใช้ในการสังเคราะห์โปรคอลลาเจน โดยพบมากในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน โดยทำหน้าที่เติมหมู่ไฮดรอกซิล (OH) แก่กรดอะมิโน โพรลีน (proline) และไลซีน (lysine) ให้เป็นไฮดรอกซีโพรลีน (hydroxyproline) และไฮดรอกซีไลซีน (hydroxylysine) ช่วยสร้างความแข็งแรงให้กับผนังเส้นเลือด นอกจากนั้นแล้วยังเป็นโคเอนไซม์ของการสังเคราะห์ฮอร์โมนอิพินเฟพริน (epinephrine) และสเตอรอยด์ (steroid) ที่หมวกไต ขบวนการเมตาบอลิซึมของกรดโฟลิก การเปลี่ยนฟีนิลอะลานิน (phenylalanine) เป็นไทโรซีน (tyrosine) (Carr and Frei, 1999)

2. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ วิตามินซีสามารถให้ไฮโดรเจนอะตอมแก่อนุมูลอิสระและยังช่วยส่งเสริมการทำงานของวิตามินอีโดยให้ไฮโดรเจนอะตอมแก่วิตามินอีที่เกิดการสูญเสียไฮโดรเจนอะตอมไปให้อนุมูลอิสระ ทำให้วิตามินอีสามารถกลับมาทำงานได้อีกครั้ง (Lowe *et al.*, 2003) โดยสามารถลดปฏิกิริยาอนุมูลอิสระได้แก่ ไฮดรอกซิลเรดิคัล เปอร์ออกซิลเรดิคัล ซิงเลตออกซิเจน ไนตริกออกไซด์ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ โดยสามารถให้ไฮโดรเจนอะตอมแก่สารอนุมูลอิสระเหล่านี้

3. ป้องกันโรคมะเร็ง โดยวิตามินซีสามารถช่วยลดปฏิกิริยาที่ปิดออกซิเดชันที่เป็นแหล่งอนุมูลอิสระที่จะคอยทำลายเนื้อเยื่อต่างๆ รวมทั้งทำลายพันธุกรรมทำให้เซลล์ผิดปกติจนกลายเป็นเซลล์มะเร็ง ช่วยเสริมภูมิคุ้มกันของร่างกายเพื่อต่อสู้กับโรคมะเร็ง จะลดการขนส่งโลหะเช่น จากเฟอริกไอออนไปเป็นเฟอร์รัสไอออนและให้ไฮโดรเจนอะตอมแก่อนุมูลอิสระป้องกันการทำลายสารพันธุกรรมเช่นดีเอ็นเอ และเนื้อเยื่อต่างๆ (Goldc, 2003) ต่อต้านการสังสารไนโตรซามีน ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดมะเร็ง นอกจากวิตามินซีจะช่วยสร้างคอลลาเจนซึ่งเสมือนดาวยักษ์คลุมเซลล์ให้พ้นจากมะเร็งแล้ว วิตามินซียังช่วยขัดขวางการเกิดสารไนโตรซามีน อันเป็นต้นเหตุของมะเร็งกระเพาะอาหารและตับ นอกจากนี้ยังเป็นผู้ช่วยในการสังสารที่ต้านมะเร็ง

4. ป้องกันโรคหัวใจ โดย Carr และ Frei (1999) ได้ทำการศึกษาพบว่าวิตามินซีช่วยให้หลอดเลือดแดงมีความยืดหยุ่นตัวได้ดีขึ้น ป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชันของคอเลสเตอรอล ทำให้ระดับความดันโลหิตอยู่ในระดับปกติ ป้องกันการเกิดภาวะความดันโลหิตสูง ป้องกันการเกิดภาวะโรคหัวใจได้ ซึ่งหากใช้ร่วมกับวิตามินอีก็จะทำให้ประสิทธิภาพในการป้องกันภาวะโรคหัวใจนี้ได้ดียิ่งขึ้น (Carr and Frei, 1999) ส่งผลต่อกระบวนการขนส่งกลูโคสและยับยั้งสถานะน้ำตาลในเลือดสูงในผู้ป่วยโรคเบาหวาน ช่วยทำให้หลอดเลือดขยายตัวและแข็งแรง ลดอัตราเมตาบอลิซึมของน้ำตาลกลูโคสและไขมัน ป้องกันการเกิดออกซิเดชันของแอลดีแอล ลดกระบวนการเกิดคราบหินปูนที่บริเวณผนังหลอดเลือด เพิ่มจำนวนเฮชดีแอล (HDL) เพิ่มการเผาผลาญคอเลสเตอรอล ลดการแข็งตัวของเลือด (Price *et al.*, 2001) การศึกษาในเชิงระบาดวิทยาในประชากรจำนวน 1,240,566 คน เป็น

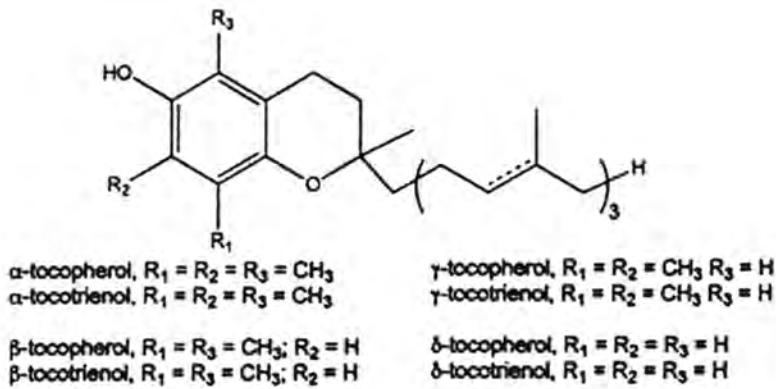
ระยะเวลา 16 ปี พบว่าผู้ที่ได้รับวิตามินซีอย่างเพียงพอจะเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจน้อยลง (Osganian *et al.*, 2003)

2.5 เสริมสร้างภูมิคุ้มกันและภูมิแพ้ วิตามินซีเป็นส่วนในการกระตุ้นกระบวนการทางเคมี ช่วยยับยั้งและต้านทานเชื้อโรค กระตุ้นการทำงานของเม็ดเลือดขาวและภูมิคุ้มกันของร่างกาย ป้องกันโรคภูมิแพ้ โรคหวัด (Lowe *et al.*, 2003) Albers และคณะ (2003) พบว่าในการใช้สาร วิตามินเอ 2,500 มิลลิกรัม/กิโลกรัม วิตามินซี 1,000 มิลลิกรัม/กิโลกรัม วิตามินอี 2 มิลลิกรัม/กิโลกรัม แร่ธาตุเซเลเนียมและสังกะสี อย่างละ 500 ไมโครกรัม/กิโลกรัม เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า ช่วยกระตุ้นภูมิคุ้มกัน โรคของร่างกาย เช่น ภูมิคุ้มกัน โดยกำเนิด กระตุ้นระบบการต่อต้านเชื้อโรค อิมมูโนโกลบูลิน (immunoglobulin) ทูเมอร์เนค โทซิสแฟกเตอร์แอลฟา (tumor necrosis factor- α)

2.3.5 วิตามินอี (Tocopherol)

2.3.5.1 ลักษณะทั่วไปของวิตามินอี

วิตามินอีมีชื่อทางเคมีว่าโทโคเฟอรอล (tocopherol) มีอยู่หลายไอโซเมอร์ได้แก่ แอลฟาโทโคเฟอรอล (α -tocopherol) เบต้าโทโคเฟอรอล (β -tocopherol) แกมมาโทโคเฟอรอล (γ -tocopherol) และ ซิกมาโทโคเฟอรอล (δ -tocopherol) (Jiang *et al.*, 2001) ในกลุ่มนี้แอลฟาโทโคเฟอรอลมีกิจกรรมสูงที่สุด แหล่งของวิตามินอี พบมากในน้ำมันพืช โดยเฉพาะน้ำมันเมล็ดคำฝอยและน้ำมันถั่วเหลือง รำข้าว ไข่แดงและตับ (Weber *et al.*, 1997) หน่วยของวิตามินอีเรียกว่าโทโคเฟอรอลอิควิวเลนต์ (tocopherol equivalent, T.E.) 1 IU เท่ากับ 1 มิลลิกรัม α -tocopheryl acetate หรือเท่ากับ 0.6 มิลลิกรัม α -tocopherol วิตามินชนิดนี้ค่อนข้างทนความร้อนแต่จะไม่ทนแสงและโลหะเช่นเหล็กและตะกั่ว สามารถถูกออกซิไดส์ได้ง่าย (นิธิยา, 2545; พจน์, 2545) ซึ่งวิตามินอีถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายเช่นเดียวกับวิตามินที่ละลายในไขมันชนิดอื่นๆ หากมีมากเกินไปความจำเป็นจะถูกสะสมไว้ในตับ กล้ามเนื้อ และเนื้อเยื่อไขมัน ลักษณะโครงสร้างของวิตามินอีแบบต่างๆ (Jiang *et al.*, 2001) ดังรูปที่ 2.23

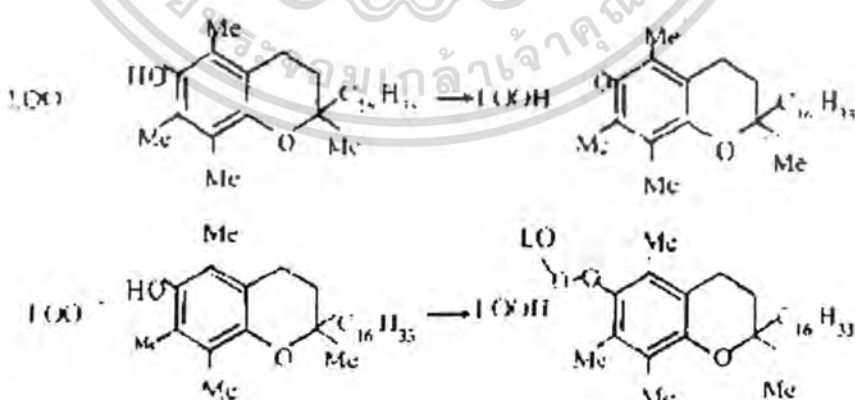


รูปที่ 2.23 โครงสร้างสารกลุ่มวิตามินอี

ที่มา : Jiang และคณะ (2001)

2.3.5.2 กลไกการทำงานของวิตามินอี

กลไกการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของวิตามินอี โดยวิตามินอีสามารถให้ไฮโดรเจนอะตอมแก่อนุมูลอิสระ ทำให้ไม่เป็นอันตรายต่อไป โดยที่วิตามินอีสามารถป้องกันปฏิกิริยาลิปิดออกซิเดชันขององค์ประกอบภายในเซลล์ ได้มีการทดลองใช้สารแอลฟาโทโคฟีรอล สามารถยับยั้งไนตริกออกไซด์ เช่นทรินออกไซด์ ซูเปอร์ออกไซด์ เปอร์ออกซิลไนไตรท์ ไฮโปคลอไรต์ (Kontush *et al.*, 2000) ส่วนตัวเองจะกลายเป็นอนุมูลอิสระแต่จะไม่เป็นอันตรายเพราะอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจะเกิดการวนภายใน โครงสร้างเองหรือที่เรียกว่าเกิดเรโซแนนซ์ ในระบบที่มีวิตามินอีสามารถที่จะให้ไฮโดรเจนอะตอมแก่วิตามินอี วิตามินอี จึงกลับมามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระอีกครั้งแทน Me ซึ่งคือหมู่เมทิล (Jiang *et al.*, 2001) ดังรูป 2.24



รูปที่ 2.24 การต้านอนุมูลอิสระของแอลฟาโทโคฟีรอล

ที่มา : Jiang และคณะ (2001)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5.3 ประโยชน์ของวิตามินอี

1. มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยวิตามินอีสามารถให้ไฮโดรเจนอะตอมแก่อนุมูลอิสระได้ โดยที่ตัวเองจะกลายเป็นอนุมูลอิสระเอง (Jiang *et al.*, 2001) ในระบบที่มีวิตามินซี โดยที่วิตามินซีสามารถที่จะให้ไฮโดรเจนอะตอมแก่วิตามินอี วิตามินอีจึงกลับมามีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระอีกครั้ง ทำให้ไม่เป็นอันตรายต่อไป นอกจากนี้แล้วยังป้องกันปฏิกิริยา lipid peroxidation ขององค์ประกอบภายในเซลล์ (Weber *et al.*, 1997) โดยสามารถต้านอนุมูลอิสระได้มีการทดลองโดยใช้สาร α -tocopherol สามารถยับยั้งไนตริกออกไซด์ เซนทรินออกไซด์ ซูเปอร์ออกไซด์ เปอร์ออกซิไลนไนโตรท ไฮโปคลอไรด์ (Kontush *et al.*, 2000)

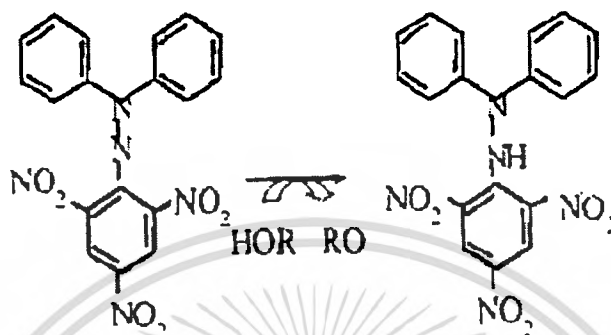
2. ป้องกันโรคมะเร็ง ได้มีการศึกษาเชิงระบาดวิทยา และจากการทดลองพบว่าผู้ที่ได้รับประทานวิตามินอีในปริมาณที่สูงคือมากกว่า 100 IU ต่อวันเป็นเวลาติดต่อกันสองปี สามารถลดอัตราการเกิดโรคมะเร็งที่ปาก มะเร็งปอด มะเร็งลำไส้ มะเร็งกระเพาะอาหาร (Rose *et al.*, 2001; Weber *et al.*, 1997) และมีการใช้สาร α -tocopherol 30 IU และ β -carotene 15 มิลลิกรัม และแร่ธาตุเซเลเนียม 50 ไมโครกรัม/วัน เป็นเวลา 5 ปี พบว่าสามารถลดอัตราการเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งปอด มะเร็งต่อมลูกหมากได้ร้อยละ 35 เป็นต้น โดยมีผลต่อเซลล์มะเร็ง โดยจะยับยั้งปฏิกิริยาขั้นโปรเกรสชัน (progression) และเมตาทาสิส (metastasis) ของเซลล์มะเร็ง ป้องกันร่างกายจากอนุมูลอิสระ ยับยั้งสารก่อมะเร็งพวกไนโตรซามีน (nitrosamine) และเพิ่มโปรตีน p 53 เพิ่มประสิทธิภาพของภูมิคุ้มกัน เช่น เพิ่มจำนวนเซลล์ lymphocyte, cytokine และ interleukin (Weber *et al.*, 2003; Rose *et al.*, 2001) โดยสามารถจับกับ G1 phase ของวงจรชีวิตของเซลล์ ทำให้เซลล์มีเวลาซ่อมแซมตัวเอง ช่วยลดความผิดปกติมากขึ้น ช่วยเพิ่มโปรตีน ไซคลิน D1, D3 และ E rb phosphorylation และการแสดงออกของ mRNA ของเซลล์มะเร็งต่อมลูกหมาก เป็นต้น

3. ป้องกันโรคหัวใจ

โดยได้มีการศึกษาทางระบาดวิทยา โดยได้ให้วิตามินอี (α -tocopherol) ในกลุ่มผู้หญิงในปริมาณมากกว่า 100 IU/วัน เป็นเวลา 2 ปี สามารถลดอัตราการเกิดโรคหัวใจได้ร้อยละ 34 (Weber *et al.*, 1997) และได้ทดลองให้วิตามินอี 26 IU/วัน สามารถลดการเกิดแอลดีแอลออกซิเดชัน (Weber *et al.*, 1997) และนอกจากนั้นยังสามารถพบว่าช่วยลดการเพิ่มจำนวนของเซลล์กล้ามเนื้อเรียบที่ส่งเลือดไปเลี้ยงหัวใจ ลดอัตราการเกิดโรคหัวใจ (Ozer and Azzi, 2000; Jacobsson *et al.*, 2004) ลดการเกิดลิ่มเลือด การตกตะกอนของเลือด ยับยั้งปฏิกิริยาตีปดออกซิเดชัน และเพิ่มความสามารถของเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเตส ในการกำจัดอนุมูลอิสระที่เป็นสาเหตุสำคัญของโรคหัวใจ (Jiang *et al.*, 2001)

2.4 การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารไดฟีนิลไพคิลไฮดราซิล (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl DPPH) ซึ่งสาร DPPH จัดเป็นสารอนุมูลอิสระที่มีความเสถียรโดยสารต้านอนุมูลอิสระจะสามารถยับยั้งอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นของสาร DPPH (Dasgupta and De, 2004) ดังรูป 2.25



รูปที่ 2.25 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารต้านอนุมูลอิสระต่อสาร DPPH
ที่มา : Dasgupta และ De (2004)

โดยสารต้านอนุมูลอิสระจะสามารถให้ไฮโดรเจนอะตอมแก่ DPPH ที่เป็นสารอนุมูลอิสระที่มีความเสถียร มีสีม่วงจนเกิดการฟอกจางสีไปเป็นสีเหลือง ทำให้อนุมูลอิสระหมดสภาพไป โดยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก วิตามินอี เบต้าแคโรทีน เป็นต้น

บทที่ 3

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการดำเนินการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

- 3.1.1 ขมิ้นชันสด (*Curcuma longa* Linn.) อายุประมาณ 8-9 เดือน
เก็บเกี่ยวในช่วงเดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2551 แหล่งที่ปลูก จังหวัดนครปฐม
- 3.1.2 ขิงเผ็ดสด (*Zingiber officinale* Rosc.) อายุประมาณ 8-9 เดือน
เก็บเกี่ยวในช่วงเดือน มิถุนายน พ.ศ. 2551 แหล่งที่ปลูก จังหวัดเพชรบูรณ์
โดยวัตถุดิบทั้งสองชนิดซื้อจากตลาดสดหัวตะเข้

3.2 สารเคมีที่ใช้สำหรับทดลอง

- 3.2.1 Absolute ethanol Merck, Germany
- 3.2.2 Acetic acid Carlo Erba, France
- 3.2.3 Ammoniummolybdate Carlo Erba, France
- 3.2.4 L-ascorbic acid Carlo Erba, France
- 3.2.5 Biquinoline Fluka, Poland
- 3.2.6 Copper nitrate Fluka, France
- 3.2.7 2,2 -Diphenyl-1 -picrylhydrazyl (DPPH) Sigma, Germany
- 3.2.8 EDTA Univar, Australia
- 3.2.9 95% Ethanol Italmar, Thailand
- 3.2.10 Folin-Ciocalteu reagent (FCR) Carlo Erba, France
- 3.2.11 Gallic acid Fluka, Spain
- 3.2.12 Heptane Merck, Germany
- 3.2.13 3% Meta-phosphoric acid Merck, Germany
- 3.2.14 Oxalic acid Merck, Germany
- 3.2.15 Potassium hydroxide Carlo Erba, France
- 3.2.16 Sodium carbonate Merck, Germany
- 3.2.17 Sodium sulfate Merck, Germany
- 3.2.18 Sulfuric acid J.T.Baker, USA
- 3.2.19 α -Tocopherol Sigma, Germany

3.2.20 Toluene	Carlo Erba, France
3.2.21 Urea	Merck, Germany

3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือในการทดลอง

3.3.1 Water activity (a_w) analyzer	Aqualab, Japan
3.3.2 Blender	Moulinex, France
3.3.3 Hot air oven	Memmert, Germany
3.3.4 Shaker	GFL3017, Germany
3.3.5 Spectrophotometer	Shimadzu, Japan
3.3.6 Tray dryer	Patch OV663
3.3.7 Vacuum pump	Sibata Circulating Aspirator
3.3.8 Vacuum rotary evaporator	B.U.Chi, Switzerland
3.3.9 Vortex mixer	Scientific Industries
3.3.10 Water bath	Memmert, Germany
3.3.11 เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง	Mettler Toledo, Switzerland
3.3.12 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง	AND HR-200, Japan
3.3.13 เครื่องวัดสี	Minolta, Japan
3.3.14 กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1	Germany

3.4 สถานที่ดำเนินการทดลอง

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.5 วิธีการดำเนินการ

3.5.1 การเตรียมผลิตภัณฑ์แห้งจากเหง้าพีชวงศ์ขิง

จากรูปที่ 3.1 ได้แสดงถึงขั้นตอนการเตรียมผลิตภัณฑ์แห้งของเหง้าพีชวงศ์ขิง ซึ่งจะมีการเก็บตัวอย่างทั้งที่เป็นวัตถุดิบสดและผลิตภัณฑ์แห้งไว้ สำหรับนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการเตรียมผลิตภัณฑ์แห้งจากเหง้าพีชวงศ์ขิง

3.5.2 แผนการศึกษาเพื่อศึกษาถึงปัจจัยของกระบวนการทำแห้งต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด วิตามินซี และวิตามินอี

3.5.2.1 การศึกษาในตัวอย่างวัตถุดิบสดและวัตถุดิบต้ม

นำตัวอย่างวัตถุดิบสด (1) และวัตถุดิบที่ผ่านการต้ม (2) ที่ได้จากข้อ 3.5.1 มาบดให้ละเอียด โดยใช้เครื่องบดหลังจากนั้นนำไปศึกษาในขั้นต่อไป ดังนี้

1. การเตรียมสารสกัดแห้งที่ช่วงครึ่ง
2. การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH
3. การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบ โพลีฟีนอลทั้งหมด
4. การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี (L-ascorbic acid)
5. การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินอี (α -tocopherol)
6. การวัดค่าสี L*, a*, b*
7. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

3.5.2.2 การศึกษาในตัวอย่างผลิตภัณฑ์แห้ง

ตัวอย่างที่ผ่านการต้มและนำไปทำแห้งที่สภาวะต่างๆ ดังนี้

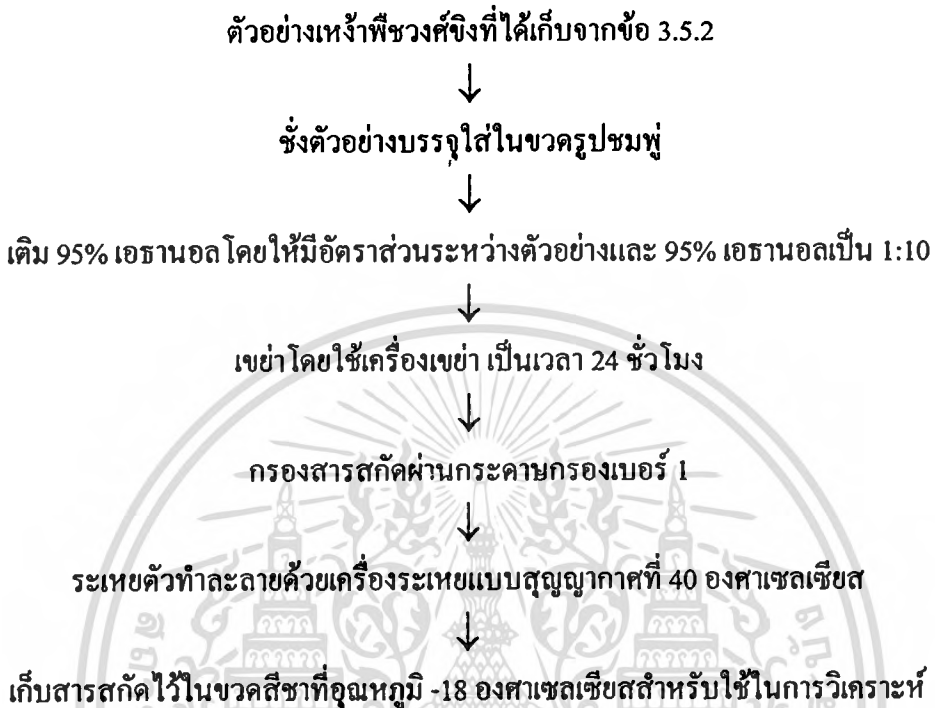
1. การอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เวลา 14 ชั่วโมง
2. การอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เวลา 12 ชั่วโมง
3. การอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 10 ชั่วโมง และ
4. การตากแดดในช่วงเวลา 08.00-17.00 น. เป็นเวลา 5 วัน

หลังจากนั้นนำตัวอย่างผลิตภัณฑ์แห้งที่ได้มาบดให้ละเอียดโดยใช้เครื่องบด และเก็บไว้ในภาชนะปิดสนิทและทึบแสง หลังจากนั้นนำไปศึกษาตามขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1. การเตรียมสารสกัดแห้งที่ช่วงครึ่ง
2. การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH
3. การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบ โพลีฟีนอลทั้งหมด
4. การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี (L-ascorbic acid)
5. การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินอี (α -tocopherol)
6. การวัดค่าสี L*, a*, b*
7. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น
8. การวัดค่า water activity (a_w)

3.5.3 การเตรียมสารสกัดเหง้าพืชวงศ์ขิง

การเตรียมสารสกัดเหง้าพืชวงศ์ขิงสามารถทำได้โดยการนำตัวอย่างที่เก็บได้จากข้อ 3.5.2 แล้วนำมาสกัดตามขั้นตอนที่แสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการเตรียมสารสกัดเหง้าพืชวงศ์ขิง

3.5.4 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH

การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ใช้วิธีดัดแปลงจากวิธีที่รายงานโดย Parejo และคณะ (2002) โดยที่สารละลายของอนุมูลอิสระ DPPH จะมีสีม่วงและดูดกลืนแสงได้ที่มีความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ดังนั้นสารตัวอย่างที่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดังกล่าวได้ดีจะทำให้สีม่วงของสารละลายปฏิกิริยาจางลงมาก

เตรียมสารละลายปฏิกิริยาโดยเปิดสารละลายต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ใส่ในหลอดทดลองคือ สารละลาย DPPH (0.8 มิลลิโมลาร์ ในแอลกอฮอล์ 95%) ปริมาตร 1.2 มิลลิลิตร สารละลายสารสกัด 0.2 มิลลิลิตรและสารละลายแอลกอฮอล์ 40% ปริมาตร 10.6 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร

3.5.5 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดจะใช้วิธีดัดแปลงจากวิธีที่รายงาน โดย Yildirim และคณะ (2001) โดยสารประกอบโพลีฟีนอลจะทำปฏิกิริยากับ Folin – Ciocalteu ได้เป็น สารประกอบเชิงซ้อนมีสีน้ำเงินซึ่งดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร ใช้กรดแกลลิกเป็น สารประกอบโพลีฟีนอลมาตรฐาน

เตรียมสารละลายของตัวอย่างสารสกัดจากพืชวงศ์จิงที่จะวิเคราะห์ โดยชั่งสารสกัดจากข้อ 3.5.3 จำนวน 0.10 กรัม ละลายในแอลกอฮอล์ 70% และปรับปริมาตรให้ได้ 10 มิลลิลิตร จากนั้น ปิเปตสารละลายที่ได้ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 50 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 9.5 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลาย Folin – Ciocalteu 0.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่ อุณหภูมิห้อง 5 นาที เติมน้ำโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 10% ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้า กันตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร

3.5.6 การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี (L-ascorbic acid)

การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี ทำได้โดยการนำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงของ ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาที่มีสารละลาย 0.07 โมลาร์ oxalic acid ใน 0.02 มิลลิโมลาร์ EDTA 3% meta-phosphoric acid ใน 8% acetic acid 5% sulfuric acid และ 5% ammonium molybdate ที่ ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร เทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลาย 0.1% L-ascorbic acid (รณฤทธิ์, 2535)

ชั่งตัวอย่างที่เก็บจากข้อ 3.5.2 ในรูปวัตถุคิบสดและผลิตภัณฑ์แห้งจำนวน 1.00 กรัม ใน ขวดรูปชมพู่ขนาด 100 มิลลิลิตรที่มีสารละลาย 0.07 โมลาร์ oxalic acid ใน 0.02 มิลลิโมลาร์ EDTA ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ปิดปากขวดด้วยอลูมิเนียมฟอยล์ ตั้งทิ้งไว้ข้ามคืนที่อุณหภูมิห้อง เมื่อครบเวลา กรองเอากากออกด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1

ปิเปตสารสกัดที่กรองได้ 2.50 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตรที่มี สารละลาย 0.07 โมลาร์ Oxalic acid ใน 0.02 มิลลิโมลาร์ EDTA 2.50 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 3% meta-phosphoric acid ใน 8% acetic acid 0.5 มิลลิลิตร สารละลาย 5% sulfuric acid 1.0 มิลลิลิตร และสารละลาย 5% ammonium molybdate 2.0 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรสารละลายด้วยน้ำกลั่นให้ถึง ขีดวัดปริมาตร เขย่าให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงของ ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร สำหรับหลอด Blank ให้ใช้สารละลาย Oxalic acid/EDTA แทนสารละลายที่สกัดได้จากตัวอย่าง

3.5.7 การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินอี (α -tocopherol)

การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินอี อาศัยหลักการเกิดปฏิกิริยารีดักชันของ cupric ions และการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง cuprous ion และ 2,2'-biquinoline ซึ่งตรวจสอบได้โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 545 นาโนเมตร (Contreras-Guzman and Strong III, 1982)

ซึ่งตัวอย่างที่เก็บจากข้อ 3.5.2 ในรูปวัตถุดิบสดและผลิตภัณฑ์แห้งจำนวน 1.00 กรัม ลงในขวดรูปชมพู่ที่มี absolute ethanol 20 มิลลิลิตร ปิดปากขวดด้วยอลูมิเนียมฟอยล์ และพันทับด้วยพาราฟิล์มเพื่อป้องกันการระเหย นำไปแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที โดยเขย่าเป็นครั้งคราว เมื่อครบเวลาจึงเติมเฮปแทน 20 มิลลิลิตร เขย่านาน 5 นาที จากนั้นเติมสารละลาย 1.25% sodium sulfate 20 มิลลิลิตร เขย่านาน 2 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้น สำหรับการทดลองควบคุมให้ใช้สารละลายมาตรฐาน 0.1% α -tocopherol 0.50 มิลลิลิตรแทนตัวอย่าง

ปิเปตสารละลายชั้นบนที่สกัดได้ปริมาตร 14 มิลลิลิตร (สำหรับ blank ให้ใช้เฮปแทนแทนสารที่สกัดได้จากตัวอย่าง) เติมสารละลาย 5% L-ascorbic acid 10 มิลลิลิตร และสารละลาย potassium hydroxide ใน ethanol 10 มิลลิลิตร เขย่านาน 5 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้นจากนั้นนำสารละลายชั้นบนปริมาตร 10 มิลลิลิตร มาเติมสารละลาย 80% ethanol 20 มิลลิลิตร เขย่านาน 2 นาที เพื่อแยกไขมันที่ถูกไฮโดรไลซ์ ascorbate และ potassium hydroxide

นำสารละลายชั้นบนที่ได้ปริมาตร 5.0 มิลลิลิตร มาเติมสารละลาย complexing reagent 10 มิลลิลิตร เขย่าอย่างแรงนาน 5 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้น จากนั้นดูดสารละลายชั้นบนทิ้งไป ปิเปตสารละลายชั้นล่างมา 6 มิลลิลิตร เติม absolute ethanol จำนวน 1.0 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 545 นาโนเมตร

จากค่าดูดกลืนแสงของสารละลายวิตามินอีในสารสกัดที่อ่านได้ นำมาคำนวณเป็นปริมาณวิตามินอีได้ดังสูตรต่อไปนี้ (Contreras-Guzman and Strong III, 1982)

$$\text{ปริมาณวิตามินอี } (\alpha\text{-tocopherol) (mg./100g.)} = \frac{A_x C_s f}{1000 A_s W_x}$$

โดยที่	A_x	=	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 545 นาโนเมตรของตัวอย่าง
	A_s	=	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 545 นาโนเมตรของสารมาตรฐาน
	C_s	=	จำนวนไมโครกรัมของสารมาตรฐาน / 1 มิลลิลิตร
	W_x	=	น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)
	f	=	dilution factor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.8 การวัดค่าสี L^* , a^* , b^* โดยเครื่องวัดสี Minolta CR-400

นำตัวอย่างที่เก็บจากข้อ 3.5.2 ในรูปวัตถุดิบสดและผลิตภัณฑ์แห้ง ไปวัดค่าสี L^* , a^* , b^* โดยเครื่องวัดสี

3.5.9 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

ชั่งตัวอย่างที่เก็บจากข้อ 3.5.2 ในรูปวัตถุดิบสดและผลิตภัณฑ์แห้งให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 5 กรัม แล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นโดยบรรจุใน moisture can และนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นานประมาณ 3 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบและปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก และนำไปอบซ้ำหลายๆ ครั้งจนได้น้ำหนักคงที่ (AOAC, 2000)

3.5.10 การวัดค่า water activity (a_w)

นำตัวอย่างที่เก็บจากข้อ 3.5.2 ในรูปวัตถุดิบสดและผลิตภัณฑ์แห้งไปวัดค่า a_w โดยเครื่องวัดค่า a_w

3.5.11 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การวิเคราะห์ผลทางสถิติทำได้โดยใช้การวางแผนการทดลองตามแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) และนำผลการวิเคราะห์มาหาค่าเฉลี่ยและวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ($p \leq 0.05$)

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองเพื่อศึกษาถึงผลของกระบวนการทำแห้งที่มีต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบ โพลีฟีนอลทั้งหมด วิตามินซี และวิตามินอีในขิงและขมิ้นชันซึ่งให้ผลการทดลองดังนี้

4.1 ปริมาณความชื้นและค่า Water activity (a_w)

4.1.1 ผลึกัณฑ์ขิงแห้ง

ปริมาณความชื้นในผลึกัณฑ์ขิงแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งโดยการอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 ชั่วโมงจะมีค่าใกล้เคียงกับปริมาณความชื้นในผลึกัณฑ์ขิงแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งโดยการตากแดดเป็นเวลา 5 วัน โดยมีปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 9.73 และ 9.87 ตามลำดับ (ดังข้อมูลในตารางที่ 4.1) ทั้งนี้เป็นผลมาจากการอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นการให้ความร้อนที่ใช้เวลาไม่นานและอุณหภูมิที่ไม่สูงมากนักซึ่งใกล้เคียงกับการตากแดดซึ่งมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 35-45 องศาเซลเซียสถึงแม้จะเป็นอุณหภูมิที่ต่ำกว่าแต่ใช้เวลาในการตากแดดนาน จึงทำให้ปริมาณความชื้น ไม่แตกต่างกัน โดยที่ปริมาณความชื้นของทั้งสองผลึกัณฑ์นี้มีค่าสูงกว่าปริมาณความชื้นในผลึกัณฑ์ขิงแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งโดยการอบที่อุณหภูมิ 65 และ 80 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 9.20 และ 9.15 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องมาจากการอบที่อุณหภูมิสูงกว่าจะทำให้ปริมาณน้ำที่มีอยู่สามารถระเหยออกไปได้มากกว่า (วิไล ,2546) ดังนั้นปริมาณน้ำหรือความชื้นที่เหลืออยู่จึงมีน้อยกว่าการอบที่อุณหภูมิต่ำนั่นเอง

เมื่อพิจารณาค่า a_w ของผลึกัณฑ์ขิงแห้งดังข้อมูลในตารางที่ 4.1 พบว่าค่า a_w ในผลึกัณฑ์ขิงแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งโดยการตากแดดจะมีค่ามากที่สุดคือ 0.432 และมีค่าใกล้เคียงกับค่า a_w ของผลึกัณฑ์ขิงแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งโดยการอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ส่วนค่า a_w ที่น้อยที่สุดจะพบในผลึกัณฑ์ขิงแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งโดยการอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสซึ่งใกล้เคียงกับค่า a_w ของผลึกัณฑ์ขิงแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งโดยการอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าค่า a_w ในแต่ละตัวอย่างนั้นมีค่าสอดคล้องกับปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในตัวอย่างนั้นๆ โดยที่ถ้าปริมาณความชื้นในผลึกัณฑ์ขิงแห้งมาก ค่า a_w ในผลึกัณฑ์แห้งนั้นก็มียค่ามากด้วยเช่นกัน

4.1.2 ผลลัพท์ขมิ้นชันแห้ง

ปริมาณความชื้นในผลลัพท์ขมิ้นชันแห้งจะให้ผลการทดลองเหมือนกับในผลลัพท์ขมิ้นชันแห้งโดยปริมาณความชื้นในผลลัพท์ขมิ้นชันแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งโดยการอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 14 ชั่วโมงเช่นเดียวกับการอบขมิ้นชัน จะมีค่าใกล้เคียงกับปริมาณความชื้นในผลลัพท์ขมิ้นชันแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งโดยการตากแดดเป็นเวลา 5 วัน โดยมีปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 9.33 และ 9.61 ตามลำดับ (ดังข้อมูลในตารางที่ 4.2) ทั้งนี้เป็นผลมาจากการอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นการให้ความร้อนที่ไม่สูงมากนักซึ่งใกล้เคียงกับการตากแดดซึ่งมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 35-45 องศาเซลเซียส จึงทำให้ปริมาณความชื้นไม่แตกต่างกัน ถึงแม้เวลาที่ใช้ในการทำแห้งจะต่างกันแต่เนื่องจากการอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นการให้ความร้อนที่สม่ำเสมอมากกว่าการตากแดดจึงทำให้ใช้เวลาใช้น้อยกว่านั่นเอง โดยที่ปริมาณความชื้นของทั้งสองผลลัพท์นี้มีค่าสูงกว่าปริมาณความชื้นในผลลัพท์ขมิ้นชันแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งโดยการอบที่อุณหภูมิ 65 และ 80 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 8.25 และ 8.33 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องมาจากการอบที่อุณหภูมิสูงกว่าจะทำให้ปริมาณน้ำที่มีอยู่สามารถระเหยออกไปได้มากกว่า (วิลโลว์, 2546) ดังนั้นปริมาณน้ำหรือความชื้นที่เหลืออยู่จึงมีน้อยกว่าการอบที่อุณหภูมิต่ำเช่นเดียวกับการอบในกรณีของผลลัพท์ขมิ้นชันแห้ง

สำหรับค่า a_w ของผลลัพท์ขมิ้นชันแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งต่างๆ สภาวะมีค่าใกล้เคียงกันโดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.324-0.336 ดังข้อมูลในตารางที่ 4.2 ทั้งนี้จะพบว่าค่า a_w ของผลลัพท์ขมิ้นชันแห้งทุกสภาวะจะมีความสอดคล้องกับปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในผลลัพท์นั้น โดยที่ถ้าปริมาณความชื้นในผลลัพท์มีมาก ค่า a_w ของผลลัพท์นั้นๆ ก็มีค่ามากด้วยเช่นกัน

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณความชื้นของผลลัพท์ขมิ้นชันแห้งกับผลลัพท์ขมิ้นชันแห้งที่ผ่านการกระบวนการทำแห้งที่อุณหภูมิเดียวกันแล้วพบว่า ปริมาณความชื้นของผลลัพท์ขมิ้นชันแห้งจะมีค่ามากกว่าปริมาณความชื้นในผลลัพท์ขมิ้นชันแห้ง โดยที่เวลาที่ใช้ในการทำแห้งนั้นเท่ากัน แต่อย่างไรก็ตามปริมาณความชื้นในระดับร้อยละ 8-10 นี้เป็นปริมาณความชื้นทั่วไปของผลลัพท์แห้ง และยังมีค่า a_w ที่อยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำซึ่งจะไม่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ ดังนั้นจึงทำให้สามารถเก็บผลลัพท์ได้ยาวนานและป้องกันการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ได้

ตารางที่ 4.1 ปริมาณความชื้นและค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ขิงแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งที่สภาวะต่างๆ

ตัวอย่าง	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	ค่า a_w
ขิงอบ 50 องศาเซลเซียส 14 ชม.	9.73±0.20b	0.406±0.003
ขิงอบ 65 องศาเซลเซียส 12 ชม.	9.20±0.09a	0.393±0.004
ขิงอบ 80 องศาเซลเซียส 10 ชม.	9.15±0.14a	0.380±0.001
ขิงตากแดด 5 วัน	9.87±0.11b	0.432±0.004

* หมายถึง ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.2 ปริมาณความชื้นและค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งที่สภาวะต่างๆ

ตัวอย่าง	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	ค่า a_w
ขมิ้นชันอบ 50 องศาเซลเซียส 14 ชม.	9.33±0.06b	0.331±0.001
ขมิ้นชันอบ 65 องศาเซลเซียส 12 ชม.	8.25±0.37a	0.324±0.011
ขมิ้นชันอบ 80 องศาเซลเซียส 10 ชม.	8.33±0.11a	0.329±0.006
ขมิ้นชันตากแดด 5 วัน	9.61±0.37b	0.336±0.001

* หมายถึง ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ค่าสี

4.2.1 จิงและผลิตภัณฑ์จิงแห้ง

ค่าความสว่าง (L^*) ของจิงและผลิตภัณฑ์จิงแห้งจะมีค่าใกล้เคียงกันซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 64.62 – 66.26 โดยที่จิงสดจะมีความสว่างต่ำสุด และผลิตภัณฑ์จิงแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้ง โดยการตากแดดมีค่าความสว่างมากที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่ากระบวนการทำแห้ง โดยการอบที่อุณหภูมิ 50, 65 และ 80 องศาเซลเซียสไม่ทำให้ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์จิงแห้งแตกต่างกัน ดังข้อมูลในตารางที่ 4.3

ค่าแสดงสีแดง (a^*) ของจิงสดจะมีค่าน้อยกว่าค่าแสดงสีแดงของผลิตภัณฑ์จิงแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งทุก ๆ สภาวะ โดยมีค่าเท่ากับ 3.34 และเมื่อพิจารณาค่าแสดงสีแดงของผลิตภัณฑ์จิงแห้งพบว่า ผลิตภัณฑ์จิงแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้ง โดยการอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสจะมีค่าแสดงสีแดงต่ำสุดคือเท่ากับ 5.28 ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นการทำให้ใช้อุณหภูมิสูงซึ่งอาจทำให้รังควัตถุของผลิตภัณฑ์ซีดจางไป ส่วนค่าแสดงสีแดงของผลิตภัณฑ์จิงแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้ง โดยการอบที่อุณหภูมิ 50 และ 65 องศาเซลเซียส และการตากแดดนั้นจะมีค่าใกล้เคียงกัน

ค่าแสดงสีเหลือง (b^*) ของจิงสดจะมีค่ามากกว่าค่าแสดงสีเหลืองของผลิตภัณฑ์จิงแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งทุก ๆ สภาวะ โดยมีค่าเท่ากับ 26.98 สำหรับค่าแสดงสีเหลืองของผลิตภัณฑ์จิงแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้ง โดยการอบที่อุณหภูมิ 50 65 และ 80 องศาเซลเซียสนั้นมีค่าใกล้เคียงกัน และมีค่ามากกว่าค่าแสดงสีเหลืองผลิตภัณฑ์จิงแห้งที่ได้จากการตากแดดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการอบมีค่าสูงขึ้นจะทำให้สีเหลืองของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น

แต่อย่างไรก็ตามทั้งค่าความสว่าง (L^*) ค่าแสดงสีแดง (a^*) และค่าแสดงสีเหลือง (b^*) ของจิงสดนั้นเป็นการวัดตัวอย่างสดซึ่งมีปริมาณความชื้นที่สูงมากซึ่งจากลักษณะของตัวอย่างจะมีความต่างจากลักษณะของผลิตภัณฑ์จิงแห้งจากทุก ๆ สภาวะซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นต่ำ ดังนั้นอาจทำให้ค่าสีที่วัดได้ในจิงสดมีความแตกต่างจากผลิตภัณฑ์จิงแห้ง

4.2.2 ขมิ้นชันและผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง

ค่าความสว่าง (L^*) ของขมิ้นชันสดและผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งมีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย (53.66-56.54) โดยที่ค่าความสว่างของขมิ้นชันสดมีค่าน้อยกว่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งทุกๆ สภาพ และพบว่าค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งที่ได้จากการทำแห้งโดยการอบที่อุณหภูมิ 65 และ 80 องศาเซลเซียส และผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งที่ได้จากการตากแดดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่จะมีค่าน้อยกว่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งที่ได้จากการทำแห้งโดยการอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จากผลการทดลองในตารางที่ 4.4 จะเห็นได้ว่าถ้าอุณหภูมิที่ใช้ในการอบขมิ้นชันสูงจะทำให้ความสว่างของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งต่ำ ส่วนการทำแห้งโดยการตากแดดแม้จะเป็นการใช้ความร้อนที่ไม่สูง แต่เนื่องจากเป็นการทำแห้งที่ใช้แสงแดดและใช้เวลานานจึงทำให้ความสว่างของผลิตภัณฑ์ลดลง

ค่าแสดงสีแดง (a^*) ของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งจะมีค่าลดลงอย่างชัดเจนจากขมิ้นชันสด ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากระบวนการทำแห้งส่งผลให้สีแดงของขมิ้นชันเปลี่ยนไป โดยลดลงจาก 23.34 เป็น 15.31-16.49 สำหรับค่าแสดงสีแดงของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งทุก ๆ สภาพมีค่าใกล้เคียงกันแสดงว่ากระบวนการทำแห้งในแต่ละสภาพไม่มีผลต่อค่าแสดงสีแดงของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง

ค่าแสดงสีเหลือง (b^*) ของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งจะมีค่าลดลงอย่างชัดเจนจากขมิ้นชันสด ทั้งนี้แสดงว่ากระบวนการทำแห้งส่งผลให้สีเหลืองของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันเปลี่ยนไป โดยลดลงจาก 44.92 เป็น 34.05-35.61 แต่สำหรับค่าแสดงสีเหลืองของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งทุกๆ สภาพมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่ากระบวนการทำแห้งในแต่ละสภาพไม่มีผลต่อค่าแสดงสีเหลืองของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งเช่นเดียวกับค่าแสดงสีแดง

แต่อย่างไรก็ตามทั้งค่าความสว่าง (L^*) ค่าแสดงสีแดง (a^*) และค่าแสดงสีเหลือง (b^*) ของขมิ้นชันสดนั้นเป็นการวัดตัวอย่างสดซึ่งมีปริมาณความชื้นที่สูงเช่นเดียวกับในกรณีของจิงสด โดยลักษณะของตัวอย่างจะมีความต่างจากลักษณะของผลิตภัณฑ์ขมิ้นแห้งซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นต่ำเช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์จิงแห้ง ดังนั้นจึงอาจทำให้ค่าที่วัดได้จากขมิ้นชันสดมีความแตกต่างจากค่าสีของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งเช่นกัน

ตารางที่ 4.3 ค่าสีของขิงสดและผลิตภัณฑ์ขิงแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งที่สภาวะต่างๆ

ตัวอย่าง	ค่าสี		
	L*	a*	b*
ขิงสด	64.62±0.01a	3.34±0.21a	26.98±1.02c
ขิงอบ 50 องศาเซลเซียส 14 ชม.	65.12±0.61ab	5.77±0.12c	25.27±0.10b
ขิงอบ 65 องศาเซลเซียส 12 ชม.	65.42±0.23b	5.54±0.15bc	25.40±0.08b
ขิงอบ 80 องศาเซลเซียส 10 ชม.	65.58±0.19bc	5.28±0.13b	25.71±0.27b
ขิงตากแดด 5 วัน	66.26±0.02c	5.88±0.04c	23.42±0.09a

* หมายถึง ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.4 ค่าสีของขมิ้นชันสดและผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งที่สภาวะต่างๆ

ตัวอย่าง	ค่าสี		
	L*	a*	b*
ขมิ้นชันสด	53.66±0.04a	23.34±0.02c	44.92±0.71c
ขมิ้นชันอบ 50 องศาเซลเซียส 14 ชม.	56.54±0.05c	15.73±0.35a	35.61±0.19b
ขมิ้นชันอบ 65 องศาเซลเซียส 12 ชม.	54.70±0.21b	15.31±0.23a	34.58±0.22ab
ขมิ้นชันอบ 80 องศาเซลเซียส 10 ชม.	54.58±0.05b	16.49±0.22b	34.54±0.02ab
ขมิ้นชันตากแดด 5 วัน	54.80±0.49b	15.34±0.25a	34.05±0.54a

* หมายถึง ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ปริมาณวิตามินซี

4.3.1 ชিংและผลิตภัณฑ์ชিংแห้ง

ปริมาณวิตามินซีในชิงสดมีมากที่สุดคือ 173.74 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง และเมื่อนำชিংไปต้ม ปริมาณวิตามินซีจะลดลงเป็น 137.13 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง หรือลดลงเท่ากับร้อยละ 21.07 ทั้งนี้เป็นผลมาจากคุณสมบัติของวิตามินซีซึ่งเป็นวิตามินที่สามารถละลายน้ำได้และไม่ทนต่อความร้อน (พจน์ และคณะ, 2545) ดังนั้นปริมาณวิตามินซีในชิงต้มจึงมีค่าน้อยกว่าปริมาณวิตามินซีในชิงสด และเมื่อพิจารณาปริมาณวิตามินซีในผลิตภัณฑ์ชিংแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งโดยการอบที่อุณหภูมิ 50, 65 และ 80 องศาเซลเซียสและการตากแดดนั้นมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งปริมาณวิตามินซีในผลิตภัณฑ์ชিংแห้งจะมีค่าลดลงจากปริมาณวิตามินซีในชิงสด โดยลดลงเท่ากับร้อยละ 63.27 – 67.43 หรือลดลงเหลือ 56.58-63.81 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง ดังข้อมูลในรูปที่ 4.1 ทั้งนี้เป็นผลมาจากคุณสมบัติไม่ทนต่อความร้อนของวิตามินซีดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ซึ่งกระบวนการทำแห้งทุกๆ สภาวะเป็นการใช้ความร้อนเพื่อระเหยน้ำออกจากชิงจึงทำให้วิตามินซีถูกทำลายไปด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณวิตามินซีในผลิตภัณฑ์ชিংแห้งที่ได้จากการอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสและจากการตากแดดจะมีค่าใกล้เคียงกันและมีค่าสูงกว่าปริมาณวิตามินซีในผลิตภัณฑ์ชিংแห้งที่ได้จากการอบที่อุณหภูมิ 65 และ 80 องศาเซลเซียสเล็กน้อย ทั้งนี้เป็นผลมาจากการอบที่อุณหภูมิที่ 80 และ 65 องศาเซลเซียสเป็นการให้ความร้อนที่สูงกว่าการอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และการตากแดด ดังนั้นจึงทำให้วิตามินซีที่มีอยู่ถูกทำลายได้มากกว่า ดังรายงานของ Abushita และคณะ (2000) ที่ได้กล่าวไปแล้วว่ามะเขือเทศที่ผ่านการแปรรูปโดยใช้ความร้อนจะทำให้สูญเสียวิตามินซีไปประมาณร้อยละ 38 จากที่มีอยู่เดิม นอกจากนี้อัญชุนา (2544) ได้วิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีในพืชสมุนไพรแห้งและพบว่าในชিংแห้งจะมีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 9.38 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง ทั้งนี้แสดงให้เห็นว่าในชিংจะมีปริมาณวิตามินซีอยู่ด้วย ซึ่งปริมาณที่มีอยู่นั้นขึ้นอยู่กับอายุ สายพันธุ์ การเก็บรักษา เป็นต้น

4.3.2 ขมิ้นชันและผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง

ปริมาณวิตามินซีในขมิ้นชันสดมีค่ามากที่สุดโดยมีค่าเท่ากับ 136.62 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง ซึ่งเมื่อนำขมิ้นชันไปต้มจะทำให้ปริมาณวิตามินซีลดลงเป็น 91.74 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง หรือลดลงเท่ากับร้อยละ 32.85 ทั้งนี้เป็นผลมาจากวิตามินซีเป็นวิตามินที่สามารถละลายน้ำได้และไม่ทนต่อความร้อนดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ดังนั้นปริมาณวิตามินซีในขมิ้นชันต้มจึงมีค่าน้อยกว่าปริมาณวิตามินซีในขมิ้นชันสด และเมื่อนำขมิ้นชันไปผ่านกระบวนการทำแห้งโดยการอบที่อุณหภูมิ 50 65 และ 80 องศาเซลเซียส และการตากแดด ก็จะทำให้ปริมาณวิตามินซีในผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งลดลง โดยลดลงไปเท่ากับร้อยละ 73.85 – 79.88 หรือลดลงเหลือ 27.49-35.73 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง (ดังข้อมูลในรูปที่ 4.2) ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับการทำแห้งจึงแห้งคือความร้อนในระหว่างกระบวนการทำแห้งทำให้ปริมาณวิตามินซีที่มีอยู่ถูกทำลายไป นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณวิตามินซีในผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งทุกๆ สภาวะมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ปริมาณวิตามินซีในขมิ้นชันแห้งที่ได้จากการอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสและที่ได้จากการตากแดดจะมีค่าใกล้เคียงกันและมากกว่าปริมาณวิตามินซีในขมิ้นชันแห้งที่ได้จากการอบที่อุณหภูมิ 65 และ 80 องศาเซลเซียสเล็กน้อย ทั้งนี้เป็นผลมาจากการทำแห้งที่ใช้อุณหภูมิสูงจะทำให้วิตามินซีถูกทำลายได้มากกว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำนั่นเอง

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าวิตามินซีที่มีอยู่ในขิงหรือขมิ้นชันสดนั้นสามารถสลายตัวไปได้เมื่อได้รับความร้อน โดยปกติวิตามินซีที่อยู่ในรูปแอล-แอสคอร์บิกเอซิด และแอล-ดีไฮโดรแอสคอร์บิกเอซิดจะเปลี่ยนรูปไปเป็นได-คีโกลูโลนิคเอซิดเมื่อได้รับความร้อน ดังนั้นจึงทำให้เสียสภาพการเป็นวิตามินซีไป (รัชนี, 2535) นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าปริมาณวิตามินซีในขิงและขมิ้นชันนั้นจะมีค่าไม่สูงมากนัก โดยพืชที่พบปริมาณวิตามินซีสูงจะอยู่ในกลุ่มของพืชผัก ผลไม้ที่มีรสเปรี้ยว เช่น ฝรั่ง แอปเปิ้ล มะเขือเทศ ถั่วงอก เป็นต้น (พจน์ และคณะ, 2545)

4.4 ปริมาณวิตามินอี

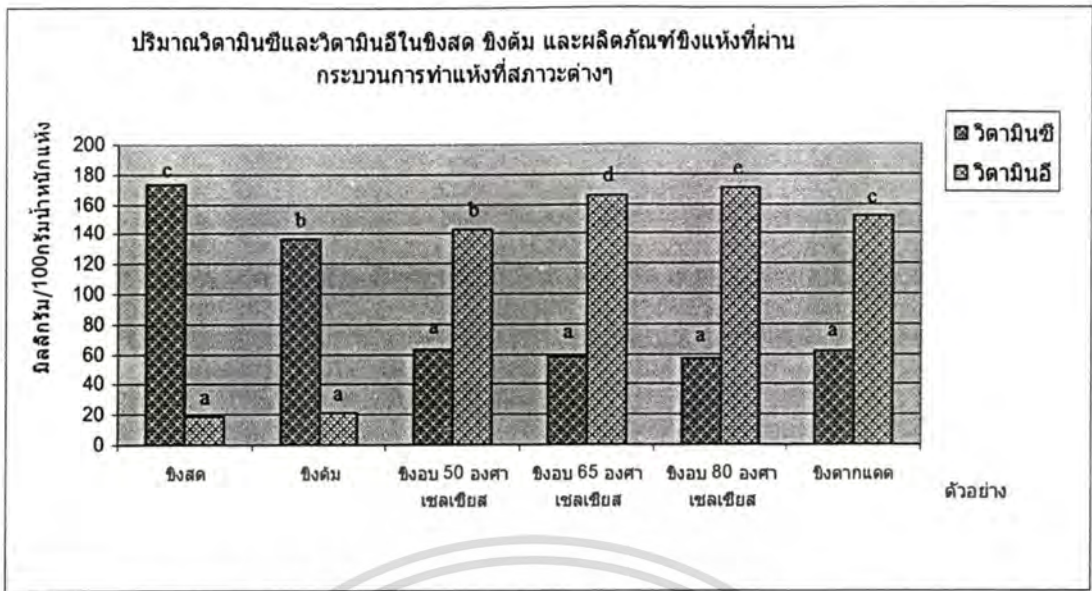
4.4.1 จิงและผลิตภัณฑ์จิงแห้ง

ปริมาณวิตามินอีในจิงสดและจิงคัมมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเท่ากับ 19.15, 21.54 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้งตามลำดับ ซึ่งแสดงว่าการคัมไม่มีผลทำให้ปริมาณวิตามินอีแตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากวิตามินอีเป็นวิตามินที่ทนต่อความร้อนและไม่ละลายในน้ำแต่ละลายในไขมัน (พจน์และคณะ, 2545; นิธิยา, 2548) ซึ่งเมื่อนำจิงไปคัมจึงไม่ทำให้ปริมาณวิตามินอีที่มีอยู่แตกต่างจากปริมาณวิตามินอีที่พบในจิงสด และจากข้อมูลในรูปที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าปริมาณวิตามินอีในจิงสดและจิงคัมนั้นจะมีปริมาณน้อยกว่าปริมาณวิตามินอีในผลิตภัณฑ์จิงแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งที่ทุกๆ สภาวะ (143.13-170.83 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในจิงสดและจิงคัมซึ่งมีค่าสูงถึงร้อยละ 90.92 และ 90.71 ตามลำดับ และจากคุณสมบัติของวิตามินอีที่ได้กล่าวมาแล้วว่าเป็นวิตามินที่ละลายได้ในไขมัน ดังนั้นการที่จิงสดและจิงคัมมีปริมาณความชื้นที่มากจึงอาจส่งผลกระทบต่อขั้นตอนการสกัดทำให้ได้ปริมาณวิตามินอีน้อยกว่าที่ได้จากผลิตภัณฑ์จิงแห้งซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นต่ำ ซึ่งอาจเป็นผลจากความชื้นที่ต่ำทำให้การสกัดสามารถสกัดวิตามินอีออกมาได้มาก ทำให้ปริมาณวิตามินอีที่ได้มีค่ามาก ดังนั้นการวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินอีในผลิตภัณฑ์จิงแห้งจึงได้ปริมาณมากกว่าในจิงสดและจิงคัม นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณวิตามินอีในผลิตภัณฑ์จิงแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งโดยการอบที่อุณหภูมิ 50 65 และ 80 องศาเซลเซียสและการตากแดดมีค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณวิตามินอีในผลิตภัณฑ์จิงแห้งที่ได้จากการอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสมีปริมาณมากที่สุดคือ 170.83 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่างแห้ง และพบรองลงมาในผลิตภัณฑ์จิงแห้งที่ได้จากการอบที่อุณหภูมิ 65 ผลิตภัณฑ์จิงแห้งที่ได้จากการตากแดด และผลิตภัณฑ์จิงแห้งที่ได้จากการอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสตามลำดับ จากผลการทดลองสามารถกล่าวได้ว่าปริมาณวิตามินอีในจิงไม่มีการสูญเสียโดยความร้อนหรือการผ่านกระบวนการที่อุณหภูมิสูง และจากการทดลองนี้พบว่ามีปริมาณวิตามินอีในจิงที่ค่อนข้างสูงซึ่งจากผลการศึกษาของอัญชนา (2544) ซึ่งพบว่าปริมาณวิตามินอีในจิงแห้งมีค่าเท่ากับ 3.50×10^3 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความแตกต่างของวัตถุดิบที่นำมาวิเคราะห์

4.4.2 ขมิ้นชันและผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง

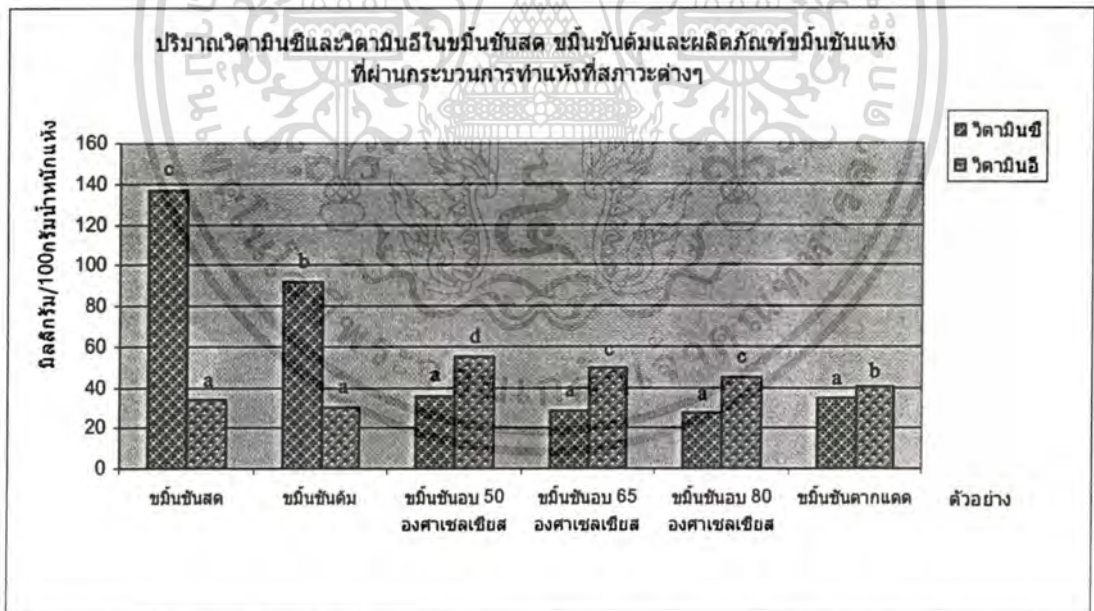
ปริมาณวิตามินอีในขมิ้นชันสดและขมิ้นชันคัมมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเท่ากับ 34.08, 29.91 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้งตามลำดับ และมีปริมาณน้อยกว่าปริมาณวิตามินอีในผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันที่ผ่านกระบวนการทำแห้งที่ต่างๆ สภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังข้อมูลในรูปที่ 4.2 ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในขมิ้นชันสดและขมิ้นชันคัมมีค่าสูงเช่นเดียวกับปริมาณความชื้นในขิงสดและขิงคัม โดยที่ปริมาณความชื้นของขมิ้นชันสดและขมิ้นชันคัมมีค่าเท่ากับร้อยละ 90.74 และ 90.30 ตามลำดับ และจากคุณสมบัติของวิตามินอีที่ได้กล่าวมาแล้วว่าเป็นวิตามินที่ละลายได้ในไขมันดังนั้นการที่ขมิ้นชันสดและขมิ้นชันคัมมีปริมาณความชื้นที่มากซึ่งอาจส่งผลต่อขั้นตอนการสกัดวิตามินอี โดยอาจเข้าไปขัดขวางการสกัดทำให้ปริมาณวิตามินอีที่ได้มีค่าน้อยกว่าปริมาณวิตามินอีที่สกัดได้จากผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นต่ำเช่นเดียวกับกรณีของขิงและผลิตภัณฑ์ขิงแห้ง นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณวิตามินอีในผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งโดยการอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสมีค่ามากที่สุดคือ 54.76 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง และรองลงมาคือปริมาณวิตามินอีในผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งที่ได้จากการอบที่อุณหภูมิ 65 และ 80 องศาเซลเซียสและการตากแดดตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามพบว่าปริมาณวิตามินอีในขมิ้นชันไม่มีการสูญเสียโดยความร้อนหรือการผ่านกระบวนการที่อุณหภูมิสูงเช่นเดียวกับปริมาณวิตามินอีในขิง

ปริมาณวิตามินอีในขิงสดและขิงคัมมีค่าแตกต่างจากปริมาณวิตามินอีในขมิ้นชันสดและขมิ้นชันคัมไม่มากนัก โดยที่ปริมาณวิตามินอีในขิงจะมีค่าน้อยกว่าที่พบในขมิ้นชันเล็กน้อย แต่ในกรณีของผลิตภัณฑ์ขิงแห้งปริมาณวิตามินอีจะมีมากกว่าที่พบในผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง คือมีปริมาณเท่ากับ 143.13-170.83 และ 40.11-54.76 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้งตามลำดับ หรือมีค่ามากกว่า 2.61-4.26 เท่า อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าปริมาณวิตามินอีที่พบในขิงและขมิ้นชันสดนั้นจะมีไม่มากนัก ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติของวิตามินอีที่ได้กล่าวมาแล้วว่าเป็นวิตามินที่ไม่ละลายในน้ำแต่ละลายในไขมันซึ่งในขิงและขมิ้นชันสดมีปริมาณน้ำมันน้อยจึงทำให้มีปริมาณวิตามินอีอยู่น้อย โดยแหล่งของวิตามินอีที่พบมากที่สุดก็อยู่ในพืชน้ำมัน เช่น น้ำมันเมล็ดคอกคาฟอย น้ำมันถั่วเหลือง ข้าว และอาหารประเภทไข่แดงและตับ เป็นต้น (Weber, et al., 1997)



* หมายถึง ตัวอักษรที่แตกต่างกันบนแท่งกราฟแบบเดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

รูปที่ 4.1 กราฟปริมาณวิตามินซีและวิตามินอีในขิงสด ขิงต้มและผลิตภัณฑ์ขิงแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งที่สภาวะต่างๆ



* หมายถึง ตัวอักษรที่แตกต่างกันบนแท่งกราฟแบบเดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

รูปที่ 4.2 กราฟปริมาณวิตามินซีและวิตามินอีในขมิ้นชันสด ขมิ้นชันต้มและผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งที่สภาวะต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ปริมาณสารสกัด

4.5.1 ชิงและผลิตภัณฑ์ชิงแห้ง

ปริมาณสารสกัดต่อ 100 กรัม น้ำหนักผลิตภัณฑ์ที่ได้จากชิงสดและชิงต้มมีค่าไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าเท่ากับ 2.93, 2.86 กรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักผลิตภัณฑ์ตามลำดับ ซึ่งแสดงว่าการต้มไม่ทำให้ปริมาณสารสกัดที่ได้แตกต่างจากการสกัดในชิงสด และจากข้อมูลในตารางที่ 4.5 พบว่าปริมาณสารสกัดที่ได้จากชิงสดและชิงต้มนั้นจะมีค่าน้อยกว่าปริมาณสารสกัดที่ได้จากผลิตภัณฑ์ชิงแห้ง (ต่อน้ำหนักผลิตภัณฑ์) ที่ผ่านกระบวนการทำแห้งทุกๆ สภาวะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และยังพบว่าปริมาณสารสกัดที่ได้จากชิงที่ผ่านกระบวนการทำแห้งทุกสภาวะมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

เมื่อพิจารณาปริมาณสารสกัดต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้งที่ได้จากชิงสดและชิงต้มก็มีค่าไม่แตกต่างกันเช่นเดียวกันคือมีปริมาณเท่ากับ 36.54 และ 30.88 กรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้งตามลำดับ แต่มีปริมาณสารสกัดมากกว่าปริมาณสารสกัดที่ได้จากผลิตภัณฑ์ชิงแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งทุกๆ สภาวะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากอุณหภูมิในระหว่างการแปรรูปทำให้สารประกอบฟีนอล โมเลกุลระเหยกลายเป็นไอได้ เช่น ฟลาโวนอยด์ ซึ่งเป็นสารประกอบฟีนอลที่มีโครงสร้างแบบ C6-C3-C6 โดยลักษณะเป็นวงแหวน 3 วงต่อกันจะเกิดการแตกของวงแหวน C และสลายตัวต่อไป โดยวงแหวน B จะเปลี่ยนเป็นกรดคาร์บอกซิลิก และวงแหวน A จะเปลี่ยนเป็นคาร์บอกซีอัลดีไฮด์ตามลำดับและระเหยไปพร้อมกับไอน้ำ (วิวัฒน์, 2545) ดังนั้นปริมาณสารสกัดที่ได้จากชิงที่ผ่านกระบวนการทำแห้งจึงมีปริมาณสารสกัดน้อยกว่าสารสกัดที่ได้จากชิงที่ไม่ผ่านกระบวนการทำแห้ง แต่อย่างไรก็ตามได้มีรายงานโดยจันทร์เพ็ญ (2549) พบว่าปริมาณสารสกัดที่ได้จากชิงผงจะมีค่ามากขึ้นจากการสกัดโดยใช้ชิงสด โดยเพิ่มจาก 17.85 เป็น 18.53 กรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง

นอกจากนี้ยังพบว่ากระบวนการทำแห้งทุกๆ สภาวะให้ปริมาณสารสกัดที่ไม่แตกต่างกัน แสดงว่ากระบวนการทำแห้งชิง ในแต่ละสภาวะ ไม่มีผลต่อปริมาณสารสกัดที่ได้นั่นเอง

4.5.2 ขมิ้นชันและผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง

ปริมาณสารสกัดต่อ 100 กรัม น้ำหนักผลิตภัณฑ์ที่ได้จากขมิ้นชันสดและขมิ้นชันดัมมีค่าไม่แตกต่างกัน (4.51, 4.90 กรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักผลิตภัณฑ์ตามลำดับ) ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกันกับในกรณีขิงสดและขิงดัมคือการดัมไม่ทำให้ปริมาณสารสกัดที่ได้แตกต่างจากการสกัดในขมิ้นชันสด แต่ทั้งนี้ กานดา (2540) ได้พบว่าการเคี้ยวขมิ้น โดยการดัมในน้ำเดือดจะทำให้ปริมาณเคอร์คิวมินของขมิ้นลดลงเนื่องจากถูกชะออกในระหว่างการดัม ซึ่งจะสังเกตได้จากน้ำที่ดัมขมิ้นจะมีสีน้ำตาล แต่อย่างไรก็ตาม สารสกัดที่สกัดได้จะประกอบด้วยสารหลายชนิด โดยมีทั้งส่วนที่ระเหยได้ เช่น น้ำมันหอมระเหย และส่วนที่ไม่ระเหยซึ่งประกอบด้วย น้ำมันที่สกัดได้จากพืชในรูปของไตรกลีเซอไรด์ (fixed oil) รงควัตถุต่างๆ สารประกอบที่ให้รสชาติและสารต้านออกซิเดชันตามธรรมชาติ (นนทวัฒน์, 2537; Stahl, 1972; Govindarajan, 1980) ซึ่งสารเหล่านี้ อาจไม่ถูกทำลายหรือชะออกมา โดยจะมีเพียงเคอร์คิวมินเท่านั้นที่ถูกชะออกมาเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณสารสกัดที่มีอยู่ทั้งหมด ดังนั้น ปริมาณสารสกัดที่ได้จากขมิ้นชันดัมจึงยังคงมีปริมาณที่ใกล้เคียงกับสารสกัดที่ได้จากขมิ้นชันสดในการทดลองนี้

จากผลการทดลองปริมาณสารสกัดที่ได้จากขมิ้นชันสดและขมิ้นชันดัมมีค่าน้อยกว่าปริมาณสารสกัดที่ได้จากผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง (คือน้ำหนักผลิตภัณฑ์) ที่ผ่านกระบวนการทำแห้งต่างๆ สภาวะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 30.88-38.10 กรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักผลิตภัณฑ์ (คังข้อมูลในตารางที่ 4.6) โดยที่ปริมาณสารสกัดที่ได้จากผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งที่อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสและที่ตากแดดมีค่าใกล้เคียงกันและมีค่ามากกว่าปริมาณสารสกัดที่ได้จากผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งอบที่อุณหภูมิ 65 และ 80 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งเนื่องมาจากอุณหภูมิที่ใช้ในการแปรรูปต่างกัน โดยในสภาวะที่ใช้อุณหภูมิสูงอาจทำให้สารประกอบฟีนอล โมเลกุลระเหยกลายเป็นไอ ได้ ดังนั้น ปริมาณสารสกัดที่ได้จากขมิ้นชันที่ผ่านกระบวนการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงจึงทำให้ได้ปริมาณสารสกัดน้อยกว่า

เมื่อพิจารณาปริมาณสารสกัดต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้งของขมิ้นชันสดและขมิ้นชันดัมก็มีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเท่ากับ 48.84 และ 50.49 กรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้งตามลำดับ ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับกรณีของปริมาณสารสกัดคือน้ำหนักผลิตภัณฑ์ และจะมีค่ามากกว่าปริมาณสารสกัดที่ได้จากผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งต่างๆ สภาวะ ซึ่งปริมาณสารสกัดที่ได้จากผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสและการตากแดดมีปริมาณมากกว่าปริมาณสารสกัดที่ได้จากผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 65 และ 80 องศาเซลเซียสเช่นเดียวกัน

ตารางที่ 4.5 ปริมาณสารสกัดจากขิงสด ขิงคั่ว และผลิตภัณฑ์ขิงแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งที่สภาวะต่างๆ

ตัวอย่าง	ปริมาณสารสกัด	ปริมาณสารสกัด
	(กรัม/100กรัม น้ำหนักผลิตภัณฑ์)	(กรัม/100กรัม น้ำหนักแห้ง)
ขิงสด	2.93±0.08a	36.54±5.51a
ขิงคั่ว	2.86±0.07a	30.88±3.14a
ขิงอบ 50 องศาเซลเซียส 14 ชม.	9.16±1.02b	10.15±1.15b
ขิงอบ 65 องศาเซลเซียส 12 ชม.	8.40±0.06b	9.25±0.06b
ขิงอบ 80 องศาเซลเซียส 10 ชม.	8.44±0.03b	9.29±0.04b
ขิงตากแดด 5 วัน	8.98±0.37b	9.97±0.40b

* หมายถึง ตัวอักษรที่แตกต่างตามแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.6 ปริมาณสารสกัดจากขมิ้นชันสด ขมิ้นชันคั่วและผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งที่สภาวะต่างๆ

ตัวอย่าง	ปริมาณสารสกัด	ปริมาณสารสกัด
	(กรัม/100กรัม น้ำหนักผลิตภัณฑ์)	(กรัม/100กรัม น้ำหนักแห้ง)
ขมิ้นชันสด	4.51±0.06a	48.84±4.02c
ขมิ้นชันคั่ว	4.90±0.03a	50.49±1.44c
ขมิ้นชันอบ 50 องศาเซลเซียส 14 ชม.	38.10±0.58c	42.02±0.61b
ขมิ้นชันอบ 65 องศาเซลเซียส 12 ชม.	30.88±1.12b	33.65±1.36a
ขมิ้นชันอบ 80 องศาเซลเซียส 10 ชม.	31.98±0.10b	34.89±0.15a
ขมิ้นชันตากแดด 5 วัน	37.43±1.32c	41.41±1.63b

* หมายถึง ตัวอักษรที่แตกต่างตามแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

4.6.1 ชิงและผลิตภัณฑ์ชิงแห้ง

ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดต่อ 1 กรัมสารสกัดของชิงทั้งที่ผ่านและไม่ผ่านกระบวนการทำแห้งมีค่าใกล้เคียงกัน คือมีค่าเท่ากับ 10.741-12.165 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 1 กรัมสารสกัด จากข้อมูลในตารางที่ 4.7 จะเห็นได้ว่าปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดต่อ 1 กรัม น้ำหนักผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสารสกัดของชิงที่ไม่ผ่านกระบวนการทำแห้งมีค่าเท่ากับ 0.315-0.328 มิลลิกรัมกรดแกลลิก ต่อ 1 กรัม น้ำหนักผลิตภัณฑ์ และมีค่าน้อยกว่าปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดที่ได้จากสารสกัดจากชิงที่ผ่านกระบวนการทำแห้ง (0.979-1.116 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 1 กรัม น้ำหนักผลิตภัณฑ์) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ในทางกลับกันปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดต่อ 1 กรัม น้ำหนักแห้งที่ได้จากสารสกัดจากชิงที่ไม่ผ่านกระบวนการทำแห้งจะมีค่าเท่ากับ 3.493-3.918 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 1 กรัม น้ำหนักแห้ง ซึ่งมากกว่าปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดที่ได้จากสารสกัดจากชิงที่ผ่านกระบวนการทำแห้ง (1.077-1.236 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 1 กรัม น้ำหนักแห้ง) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดต่อ 1 กรัม น้ำหนักแห้งจะมีปริมาณลดลงเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้งสูงขึ้นซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของวิวัฒน์ (2545) ดังที่ได้กล่าวมาแล้วโดยพบว่าผลของอุณหภูมิในระหว่างการแปรรูปจะมีผลทำให้สารประกอบฟีนอล โมเลกุล เช่น ฟลาโวนอยด์ ระเหยกลายเป็นไอได้ ดังนั้นสารประกอบ โพลีฟีนอลทั้งหมดจึงลดลงเมื่อใช้อุณหภูมิในการทำแห้งสูงขึ้น

นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าความคงตัวของสารประกอบฟีนอล ในการเป็นสารต้านออกซิเดชันจะขึ้นอยู่กับปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง โครงสร้างของ โมเลกุลของสารประกอบฟีนอล ได้แก่ ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) อุณหภูมิ แสง เอนไซม์ และการรวมตัวกับ โมเลกุลอื่นๆ ซึ่งจากรายงานของ Mansour และ Khaili (2000) พบว่าการลดลงของปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในสารสกัดจากชิงผงจะขึ้นอยู่กับระยะเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้ง โดย gingerol ในสารสกัดจากชิงที่เป็นสารในกลุ่มฟีนอลิกลิโคไซด์จะไม่ถูกทำลายถ้าใช้อุณหภูมิในการทำแห้งไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส แต่ถ้าใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 30 นาทีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระจะลดลงเท่ากับร้อยละ 25 เนื่องจากสาร gingerol จะเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีเป็นสารประกอบ shogaol โดยเปลี่ยนหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ที่ตำแหน่ง C5 เป็นพันธะคู่อยู่ระหว่าง C4-C5 ทำให้สมบัติการต้านอนุมูลอิสระลดลง (Jalad *et al.*, 2004) แต่อย่างไรก็ตามจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดต่อ 1 กรัม น้ำหนักแห้งของชิงที่ผ่านกระบวนการทำแห้งทุกๆ สภาวะ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สอดคล้องกับรายงานของ Hamama และ Nawar (1991) ที่พบว่าสารสกัดที่ได้จากขิงถือเป็นสารสกัดจากธรรมชาติที่ทนต่อความร้อนได้สูงอีกชนิดหนึ่ง โดยสามารถทนความร้อนได้สูงถึง 185 องศาเซลเซียสซึ่งถือเป็นจุดเด่นที่พบในสารสกัดจากขิงเนื่องจากสารสกัดจากธรรมชาติส่วนใหญ่จะมีประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านออกซิเดชันลดลงเมื่อได้รับความร้อนสูง

จากคุณสมบัติดังที่ได้กล่าวมาของสารสกัดจากขิงที่สามารถทนความร้อนได้สูงจึงทำให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดที่ได้จากขิงทั้งที่ผ่านและไม่ผ่านกระบวนการทำแห้งมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับร้อยละ 89.24-91.68 ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Stoilova และคณะ (2007) ที่พบว่าสารสกัดจากขิงมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับร้อยละ 90.1 และให้ผลใกล้เคียงกับรายงานของจันทร์เพ็ญ (2549) ที่พบว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากขิงสดและขิงผงมีค่าเท่ากับร้อยละ 85.91 และ 87.78 ตามลำดับ ซึ่งจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่ากระบวนการทำแห้งไม่มีผลต่อการสลายตัวของสารที่ทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระซึ่งแสดงว่าสารดังกล่าวเป็นสารที่ทนความร้อนได้เป็นเวลานานๆ และไม่น่าจะใช่สารในกลุ่มเอนไซม์ ซึ่ง Erikson และ Na (1995) ได้มีรายงานการวิจัยสนับสนุนผลการทดลองนี้ว่าอาหารที่ผ่านกระบวนการแปรรูปโดยใช้ความร้อนจะมีผลทำให้เอนไซม์ที่ทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระเสียดสภาพไป เช่น เอนไซม์ superoxide dismutase, glutathione peroxidase และ catalase เป็นต้น แต่สารต้านอนุมูลอิสระที่ไม่ใช่เอนไซม์จะทนความร้อนได้ดีและยังคงมีประสิทธิภาพอยู่ นอกจากนี้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อยอาจเป็นผลมาจากความร้อนที่ใช้ในการทำแห้งไปกระตุ้นให้เกิดสารประกอบต่างๆ ที่มีสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระขึ้นได้

4.6.2 ขมิ้นชันและผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง

ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดต่อ 1 กรัมสารสกัดของขมิ้นชันทั้งที่ผ่านและไม่ผ่านกระบวนการทำแห้งมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเท่ากับ 10.320-13.304 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 1 กรัมสารสกัด (ดังข้อมูลในตารางที่ 4.8) แต่เมื่อพิจารณาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดต่อ 1 กรัม น้ำหนักผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสารสกัดของขมิ้นชันที่ไม่ผ่านกระบวนการทำแห้งจะมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดเท่ากับ 0.466-0.561 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 1 กรัม น้ำหนักผลิตภัณฑ์ซึ่งน้อยกว่าปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดที่ได้จากสารสกัดจากขมิ้นชันที่ผ่านกระบวนการทำแห้ง (3.754-4.988 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 1 กรัม น้ำหนักผลิตภัณฑ์) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และพบว่าปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดต่อ 1 กรัม น้ำหนักผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสารสกัดขมิ้นชันอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสและการตากแดดมีปริมาณมากกว่าที่ได้จากสารสกัดจากขมิ้นชันอบที่อุณหภูมิ 65 และ 80 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งแสดงว่าการอบที่อุณหภูมิต่ำทำให้ได้ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดมากกว่าการอบที่อุณหภูมิสูง

จากข้อมูลในตารางที่ 4.8 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดต่อ 1 กรัม น้ำหนักแห้งที่ได้จากสารสกัดจากขมิ้นชันทั้งที่ผ่านและไม่ผ่านกระบวนการทำแห้งจะมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดใกล้เคียงกัน (4.095-5.787 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 1 กรัม น้ำหนักแห้ง) และพบว่าปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดที่ได้จากสารสกัดจากขมิ้นชันอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสและการตากแดดมีปริมาณมากกว่าที่ได้จากสารสกัดจากขมิ้นชันอบที่อุณหภูมิ 65 และ 80 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงว่ากระบวนการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงทำให้ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดจากขมิ้นชันลดลง ดังนั้นปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในสารสกัดจากผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันผงที่ผ่านกระบวนการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงจึงมีค่าน้อยกว่าที่ผ่านกระบวนการทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำเช่นเดียวกับจิง โดยที่ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากขมิ้นชันที่ไม่ผ่านกระบวนการทำแห้ง (ร้อยละ 87.13-87.52) จะมีค่ามากกว่าสารสกัดจากขมิ้นชันที่ผ่านกระบวนการทำแห้ง (ร้อยละ 84.52-86.24) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากขมิ้นชันที่ผ่านกระบวนการทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำจะมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าสารสกัดจากขมิ้นชันที่ผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยอุณหภูมิสูงดังข้อมูลในตารางที่ 4.8 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเคอร์คูมินที่มีอยู่ในสารสกัดจากขมิ้นชันเสื่อมสภาพไปเมื่อผ่านกระบวนการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงๆ (Chassagnez-Mendez, et al., 2000) และเนื่องจากสารที่ทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระมีหลายชนิด บางชนิดไม่ทนต่อความร้อน เช่น เอนไซม์และวิตามินซี ดังนั้นตัวอย่างขมิ้นชันที่ผ่านกระบวนการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงอาจเป็นสาเหตุให้สูญเสียสารเหล่านี้ไป และอีกปัจจัยหนึ่งที่น่าจะเป็นผลต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระคือน้ำมันหอมระเหยที่มีอยู่สารสกัดนั้นๆ ซึ่งน้ำมันหอมระเหยนี้เองสามารถที่จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ ดังนั้นจึงทำให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระน้อยกว่าที่ควรจะเป็น

นอกจากนี้สารต้านอนุมูลอิสระบางชนิดเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีปัจจัยที่ไม่เหมาะสมก็สามารถทำหน้าที่เหนี่ยวนำหรือกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ ซึ่งเรียกว่าสาร โปรออกซิแดนซ์ (วิลยา และพัชรี, 2542) โดยปัจจัยที่มีผลทำให้สารต้านอนุมูลอิสระบางชนิดทำหน้าที่เป็นสาร โปรออกซิแดนซ์มี 4 ปัจจัยด้วยกันโดยปัจจัยแรกคือความเข้มข้นของสารต้านอนุมูลอิสระ กล่าวคือ สารบางชนิดเมื่อมีความเข้มข้นต่ำๆ จะทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้ดีแต่ในทางกลับกันเมื่อความเข้มข้นของสารดังกล่าวมีค่าสูงๆ จะทำหน้าที่เป็นสาร โปรออกซิแดนซ์ ปัจจัยที่สองคือ ไอออนของโลหะทรานซิชัน ก็มีผลทำให้สารต้านอนุมูลอิสระทำหน้าที่เป็นสาร โปรออกซิแดนซ์ได้ เช่นวิตามินซีสามารถเป็นสาร โปร ออกซิแดนซ์ได้เมื่ออยู่ในสารละลายที่มีไอออนของโลหะบางชนิดเช่น เหล็กหรือทองแดง เป็นต้น ก๊าซออกซิเจนก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สามารถส่งผลต่อการทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยมีสารบางชนิดทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่ความดันของก๊าซออกซิเจนต่ำ แต่เมื่อความดันของก๊าซออกซิเจนสูงๆ สารดังกล่าวจะทำหน้าที่เป็นสาร โปรออกซิแดนซ์ เช่น เบต้าแคโรทีน สามารถทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้ดีเมื่อความดันของก๊าซออกซิเจนเท่ากับ 150 มิลลิเมตรปรอท แต่ในสภาวะที่ความดันของก๊าซออกซิเจนสูงเท่ากับ 760 มิลลิเมตรปรอท เบต้าแคโรทีน สามารถเป็นสาร โปรออกซิแดนซ์ได้โดยจะเร่งให้เกิดปฏิกิริยา ออกซิเดชัน และปัจจัยสุดท้ายก็คือค่า redox potential โดยพบว่าถ้าค่า redox potential ยิ่งเป็นบวกมากเท่าใดสารนั้นยังสามารถทำหน้าที่เป็นสาร โปรออกซิแดนซ์ได้ดี นั่นคือมีสมบัติการเป็น สารออกซิไดส์ (oxidizing agent) เพิ่มขึ้นด้วย ในทางกลับกันถ้าค่า redox potential ยิ่งมีค่าเป็นลบมากเท่าใดสารนั้นจะมีสมบัติเป็นสารรีดิวซ์ (reducing agent) ที่ดี นั่นคือสามารถทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้ดี

ตารางที่ 4.7 ปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากขิงสด ขิงต้ม และผลิตภัณฑ์ขิงแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งที่สภาวะต่างๆ

ตัวอย่าง	ปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัมกรดแกลลิก ต่อ 1 กรัมสารสกัด)	ปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัมกรดแกลลิก ต่อ 1 กรัมตัวอย่างผลิตภัณฑ์)	ปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัมกรดแกลลิก ต่อ 1 กรัมตัวอย่าง น้ำหนักแห้ง)	ความสามารถในการ ต้านอนุมูลอิสระ (%)
ขิงสด	10.741±0.20a	0.315±0.01a	3.918±0.52b	89.24±0.16a
ขิงต้ม	11.296±0.26b	0.323±0.02a	3.493±0.44b	91.07±0.08c
ขิงอบ 50 องศาเซลเซียส 14 ชม.	12.165±0.28d	1.116±0.15b	1.236±0.17a	91.29±0.08c
ขิงอบ 65 องศาเซลเซียส 12 ชม.	11.737±0.06bcd	0.986±0.01b	1.086±0.01a	91.12±0.01c
ขิงอบ 80 องศาเซลเซียส 10 ชม.	11.595±0.04bc	0.979±0.01b	1.077±0.01a	90.79±0.16b
ขิงตากแดด 5 วัน	12.079±0.22cd	1.085±0.02b	1.203±0.03a	91.68±0.01d

* หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.8 ปริมาณสารประกอบ โพลีฟีนอลทั้งหมด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากขมิ้นชันสด ขมิ้นชันต้ม และผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง ที่ผ่านกระบวนการทำแห้งที่สภาวะต่างๆ

ตัวอย่าง	ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 1 กรัมสารสกัด)	ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 1 กรัมตัวอย่าง ผลิตภัณฑ์)	ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 1 กรัมตัวอย่าง นำหนักแห้ง)	ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (%)
ขมิ้นชันสด	10.320±0.23a	0.466±0.02a	5.045±0.53bc	87.52±0.08c
ขมิ้นชันต้ม	11.452±0.58b	0.561±0.02a	5.787±0.46c	87.13±0.16c
ขมิ้นชันอบ 50 องศาเซลเซียส 14 ชม.	13.090±0.34c	4.988±0.21c	5.501±0.22c	86.24±0.16b
ขมิ้นชันอบ 65 องศาเซลเซียส 12 ชม.	12.663±0.10c	3.909±0.11b	4.261±0.14ab	85.13±0.47a
ขมิ้นชันอบ 80 องศาเซลเซียส 10 ชม.	11.737±0.22b	3.754±0.08b	4.095±0.09a	84.52±0.08a
ขมิ้นชันตากแดด 5 วัน	13.304±0.42c	4.982±0.33c	5.513±0.39c	86.24±0.31b

* หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.7 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์

เมื่อวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (ร้อยละ) กับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 1 กรัมสารสกัด) ของสารสกัดจากขิงและขมิ้นชัน จะพบว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากขิงมีสหสัมพันธ์ที่ชัดเจนกับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.857 (ตารางที่ 4.9) ทั้งนี้เมื่อปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดเพิ่มขึ้นก็จะทำให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของอัญชญา (2544) ที่ศึกษาปริมาณของสารองค์ประกอบต่างๆ ในตัวอย่างพืชแห้งซึ่งคาดว่าจะทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้แก่ วิตามินซี วิตามินอี แคโรทีน แซนโทฟิลล์ แทนนิน และสารประกอบฟีนอลิก และพบว่าองค์ประกอบที่มีมากที่สุดในทุกตัวอย่างคือสารประกอบฟีนอลิก รองลงมาคือแทนนินซึ่งก็เป็นสารประกอบฟีนอลิกชนิดหนึ่ง ทั้งนี้เพราะสารประกอบฟีนอลิกเป็นสารที่พบได้ทั่วไปในพืชชั้นสูงทุกชนิด และพบได้ทุกส่วนของพืชตั้งแต่เปลือกไม้ เนื้อไม้ ลำต้น ใบ ผล ดอก ราก เถส และเมล็ด (Charalambous and Katz, 1976) ซึ่งต่างจากสารองค์ประกอบอื่นๆ ที่จะพบในบางส่วนของพืชเท่านั้น ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Liègeois และคณะ (2000) ที่พบว่าสารประกอบในกลุ่มสารประกอบฟีนอลิกจะแสดงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้สูงที่สุด

แต่เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (ร้อยละ) ของสารสกัดจากขมิ้นชันจะพบว่าไม่มีสหสัมพันธ์กับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 1 กรัมสารสกัด) ซึ่งสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเท่ากับ -0.427 ซึ่งความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากขิงและขมิ้นชันนั้น ไม่เพียงแต่ขึ้นอยู่กับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดที่มีอยู่เพียงอย่างเดียว แต่อาจมีสารประกอบชนิดอื่นๆ ที่สามารถส่งผลต่อประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดได้ เช่นวิตามินซี วิตามินอี เป็นต้น

ตารางที่ 4.9 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (ร้อยละ) กับ ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 1 กรัมสารสกัด) ในสารสกัดจากขิงและขมิ้นชัน

	ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (ร้อยละ)	
	ขิง	ขมิ้นชัน
สารประกอบ โพลีฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 1 กรัมสารสกัด)	0.857	-0.427



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองศึกษาปัจจัยของกระบวนการทำแห้งที่มีต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบ โพลีฟีนอลทั้งหมด วิตามินซี และวิตามินอีของขมิ้นชันและจึงสามารถสรุปได้ ดังนี้

1. กระบวนการทำแห้งที่สภาวะต่างกันมีผลต่อปริมาณความชื้นและค่า a_w ของทั้งผลิตภัณฑ์ขิงแห้งและผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง โดยที่ผลิตภัณฑ์แห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงจะมีปริมาณความชื้นและค่า a_w น้อยกว่าผลิตภัณฑ์แห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำ

2. กระบวนการทำแห้ง ไม่มีผลต่อค่าความสว่าง (L^*) แต่มีผลต่อค่าแสดงสีแดง (a^*) และค่าแสดงสีเหลือง (b^*) โดยที่ค่าความสว่างของขิงและผลิตภัณฑ์ขิงแห้งจะมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนในกรณีของขมิ้นชันและผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งนั้นก็มีความใกล้เคียงกันเช่นเดียวกัน สำหรับค่าแสดงสีแดงของขิงสดนั้นจะมีค่าน้อยกว่าค่าแสดงสีแดงของผลิตภัณฑ์ขิงแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งทุก ๆ สภาวะ แต่ให้ผลตรงข้ามกับค่าแสดงสีเหลืองซึ่งขิงสดจะมีค่ามากกว่าผลิตภัณฑ์ขิงแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งทุก ๆ สภาวะ แต่ในกรณีของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งทั้งค่าแสดงสีแดงและค่าแสดงสีเหลืองจะมีค่าลดลงอย่างชัดเจนจากขมิ้นชันสด

3. กระบวนการทำแห้งมีผลต่อปริมาณวิตามินซีทั้งในขิงและขมิ้นชัน โดยที่ปริมาณวิตามินซีทั้งในขิงสดและขมิ้นชันสดจะมีค่ามากสุดในแต่ละชนิดผลิตภัณฑ์โดยมีค่าเท่ากับ 173.74 และ 136.62 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้งตามลำดับ และเมื่อนำขิงและขมิ้นชันไปต้มจะทำให้ปริมาณวิตามินซีลดลงเท่ากับร้อยละ 21.07 และ 32.85 ตามลำดับ โดยที่กระบวนการทำแห้งโดยการอบที่อุณหภูมิ 50 65 และ 80 องศาเซลเซียสและการตากแดดจะทำให้ปริมาณวิตามินซีลดลงไปจากในขิงสดและขมิ้นชันสด ซึ่งลดลงเท่ากับร้อยละ 63.27-67.43 และ 73.85-79.88 ตามลำดับ

4. การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินอีในขิงและขมิ้นชันสดและต้มจะมีปริมาณวิตามินอีน้อยกว่าในผลิตภัณฑ์ขิงและขมิ้นชันแห้ง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณความชื้นที่มีปริมาณมากในวัตถุดิบสดและต้มไปขัดขวางการสกัดทำให้ปริมาณวิตามินอีที่ได้มีค่าน้อยกว่าปริมาณวิตามินอีที่สกัดได้จากผลิตภัณฑ์แห้งซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นต่ำ แต่อย่างไรก็ตามปริมาณวิตามินอีไม่มีการสูญเสียโดยความร้อนหรือการผ่านกระบวนการที่อุณหภูมิสูง

5. กระบวนการทำแห้งส่งผลต่อปริมาณสารสกัดจากขิงและขมิ้นชัน โดยที่ปริมาณสารสกัดต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้งที่ได้จากขิงสดและขิงต้มมีค่าไม่แตกต่างกันและมีปริมาณสารสกัดมากกว่าปริมาณสารสกัดที่ได้จากผลิตภัณฑ์ขิงแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งทุกๆ สภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่ปริมาณสารสกัดจากผลิตภัณฑ์ขิงแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งทุกๆ สภาพทำให้ปริมาณสารสกัดที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ในขณะที่เดียวกันปริมาณสารสกัดต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้งของขมิ้นชันสดและขมิ้นชันต้มก็มีค่าใกล้เคียงกันและมีค่ามากกว่าปริมาณสารสกัดที่ได้จากผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งทุกๆ สภาพ

6. กระบวนการทำแห้งไม่มีผลต่อปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดต่อ 1 กรัมสารสกัดของขิง โดยที่ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดต่อ 1 กรัมสารสกัดของขิงทั้งที่ผ่านและไม่ผ่านกระบวนการทำแห้งมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ส่งผลต่อปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดต่อ 1 กรัมน้ำหนักแห้ง โดยที่ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดต่อ 1 กรัมน้ำหนักแห้งที่ได้จากสารสกัดจากขิงที่ไม่ผ่านกระบวนการทำแห้งมีค่ามากกว่าปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดที่ได้จากสารสกัดจากขิงที่ผ่านกระบวนการทำแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดที่ได้จากขิงทั้งที่ผ่านและไม่ผ่านกระบวนการทำแห้งมีค่าใกล้เคียงกัน ในกรณีของขมิ้นชันกระบวนการทำแห้งไม่มีผลต่อปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดต่อ 1 กรัมสารสกัดและปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดต่อ 1 กรัมน้ำหนักแห้ง โดยที่ทั้งปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดต่อ 1 กรัมสารสกัดและปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดต่อ 1 กรัมน้ำหนักแห้งของขมิ้นชันทั้งที่ผ่านและไม่ผ่านกระบวนการทำแห้งมีค่าใกล้เคียงกัน แต่อย่างไรก็ตามกระบวนการทำแห้งมีผลต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยที่ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากขมิ้นชันที่ไม่ผ่านกระบวนการทำแห้งจะมีค่ามากกว่าสารสกัดจากขมิ้นชันที่ผ่านกระบวนการทำแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

7. ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากขิงมีสหสัมพันธ์ที่ชัดเจนกับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.857 ในขณะที่ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดจากขมิ้นชันจะไม่มีสหสัมพันธ์ต่อกัน

ข้อเสนอแนะ

1. การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากขิงและขมิ้นชันนั้น ได้วิเคราะห์โดยใช้วิธีการทำลายนุมูลอิสระ DPPH (DPPH-Scavenging activity assay) เพียงวิธีเดียว ซึ่งการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระนั้นสามารถทำได้หลายวิธีด้วยกัน ดังนั้น เพื่อเป็นการยืนยันประสิทธิภาพของสารสกัดจากขิงและขมิ้นชันควรจะใช้การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมากกว่า 1 วิธี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กานดา วณิชกาญจนกุล. 2540. “การผลิตและการใช้ประโยชน์มันชันผงและโอลีโอเรซิน.”

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กฤติกา นรจิตร. 2548. “คุณสมบัติของสารสกัดจากพืชวงศ์ขิง : อิทธิพลของวิธีสกัดต่อการยับยั้ง
การเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียและการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ.” วิทยานิพนธ์วิทยา
ศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี,
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2551. สมุนไพรใกล้บ้าน. [Online]. Available : [http://www.moac-
info.net/template.php?name=news&newsType=4&province_c=35](http://www.moac-info.net/template.php?name=news&newsType=4&province_c=35). Acc.22/8/08.

จันทร์เพ็ญ มะลิพันธ์. 2549. “ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและการยับยั้งการเจริญของ
เชื้อจุลินทรีย์ของสารสกัดจากขิงและผลิตภัณฑ์ขิง.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง.

ถนอมศรี วงศ์รัตนาสถิต. 2538. เอกลักษณ์สมุนไพร. ภาควิชาเภสัชวินิจฉัย คณะเภสัชศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหิดล.

ธงชัย เนมขุนทด. มปป. การปลูกขิง. โครงการหนังสือเกษตรชุมชน กรุงเทพฯ.

นวลศรี รักษาริยะธรรม และ อัญชญา เจนวิจิตรสุข. 2545. “แอนติออกซิแดนท์สารต้านมะเร็งในผัก-
สมุนไพรไทย.” ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นิจศิริ เรืองรังษี. 2534. เครื่องเทศ. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545. เคมีอาหาร. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2548. วิทยาศาสตร์การอาหารของไขมันและน้ำมัน. กรุงเทพฯ : โอ.เอส.
พรินติ้ง เฮ้าส์.

นिरนาม. 2008. ขมิ้น. [Online]. Available : http://www.geocities.com/saohai_learn/page2.html.
Acc.22/8/08.

นिरนาม. 2008. ขิง. [Online]. Available : <http://modernway.atspace.com/herbs/herbs.html>.
Acc.14/8/08.

นนทวัฒน์ ปรีดาภัทรพงษ์. 2537. “การผลิตโอลีโอเรซินและสีน้ำมันจากพริก.” วิทยานิพนธ์วิทยา
ศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัญญัติ สุขศรีงาม. 2527. “สมุนไพรเพื่อสุขภาพที่ดีล่วงหน้าก่อน พ.ศ. 2543 : ขมิ้น.” ใกล้เคียง. 9(5) : 9-10.

พจน์ ศรีบุญถื่อ, โสพิศ วงศ์คำ และ พัชรี บุญศิริ. 2545. ชีวเคมี. ขอนแก่น : ภาควิชาชีวเคมี คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2008. การผลิตพันธุ์ขิง. [Online]. Available : <http://web.ku.ac.th/agri/jinsen/kingg.htm>. Acc.14/8/08.

มลศิริ วิโรทัย. 2540. “ส่วนประกอบของอาหารเพื่อสุขภาพชนิดใหม่ๆ.” วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 13 : 69-75.

รัชณี คัมพะพานิชกุล. 2535. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชวนพิมพ์.

รัตนา อินทรานุปกรณ์. 2008. ginger is a food as well as medicine. [Online]. Available : <http://www.gpo.or.th/rdi/htmls/ginger.html>. Acc.19/8/08.

รุ่งรัตน์ เหลืองนทีเทพ. 2540. พืชเครื่องเทศและสมุนไพร. กรุงเทพฯ : โอ.เอส. พรินติ้ง เฮ้าส์.

รณฤทธิ์ สีนทนะโยธิน. 2535. “การศึกษาการสลายตัวของแอสคอร์บิกแอซิดในเมล็ดวิตามินซีและในน้ำฝรั่ง.” ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมี ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วัลยา เนาวรัตน์วัฒนา และ พัชรี บุญศิริ. 2542. “โปรออกซิแดนซ์ : อีกโฉมหน้าของออกซิแดนซ์.” วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 53 : 196-198.

วิภาวดี พันธุ์หนองหว่า. 2549. “การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของใบปอกระเจาฝักยาว.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

วิไล รังสาทอง. 2546. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : เท็กซ์ และ เจอร์นัล พับลิเคชัน.

วิวัฒน์ หวังเจริญ. 2545. “บทบาทของสารประกอบฟีนอลต่อสุขภาพ.” วารสารอาหาร. 32 : 245-253.

สาธิตา แซ่อึ้ง. 2546. “ฤทธิ์ต้านเซลล์มะเร็งและต้านอนุมูลอิสระของเหง้าพืชวงศ์ขิงที่ใช้เป็นเครื่องเทศ.” วิทยานิพนธ์เภสัชศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อัญชญา เจนวิถีสุข. 2544. “การตรวจหาและบ่งชี้ชนิดสารต้านอนุมูลอิสระจากผักพื้นบ้านและสมุนไพรไทย.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Abushita, A.A., Daood, H.G. and Biacs, P.A. 2000. “Chang in carotenoids and antioxidant vitamins in tomato as a function of varietal and technological factors.” *J. Agric. Food Chem.* 48(6) : 2075-2081.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Albers, R., Bol, M., Bleumink, R., Willems, A. and Pieters, R.H.H. 2003. "Effects of supplementation with vitamins A, C and E, selenium, and zinc on immune function in a murine sensitization model." *Nutrition*. 19 : 940-946.
- Alonso, M.G., Rimbach, G., Gonzalo, J.R. and Teresa, S. P. 2004. "Antioxidant and cellular activities of anthocyanins and their corresponding vitisins a-studies in platelets, monocytes, and human endothelial cells." *J. Agric. Food Chem.* 52 : 3378-3384.
- Azian, M.N., Mustafa Kamal, A.A. and Azlina, M.N. 2004. "Changes of cell structure in ginger during processing." *J. Food Engineering*. 62 : 359-364.
- Basu, T.K., Temple, N.J. and Garg, M.L. 1999. **Antioxidant in Human Health and Disease.** United Kingdom : CABI Publishing.
- Carr. A.C. and Frei, B. 1999. "Toward a new recommended dietary allowance for vitamin C based on antioxidant and health effects in human." *American Society Society for Clinical Nutrition*. 69(6) : 1086-1089.
- Chan, E.W.C., Lim, Y.Y., Wong, L.F., Lianto, F.S., Wong, S.K., Lim, K.K., Joe, C.E. and Lim, T.Y. 2008. "Antioxidant and tyrosinase inhibition properties of leaves and rhizomes of ginger species." *Food Chemistry*. 109 : 477-483.
- Contreras-Guzman, E. and Strong III, C.F. 1982. "Determination of total tocopherols in grain products, and commercial oils, with only slight saponification, and by a new reaction with cupric ion." *J. Agric. Food Chem.* 30 : 1109-1112.
- Dapkevicius, A., Venskutonis, R., van Beek, T.A. and Linssen, P.H. 1998. "Antioxidant activity of extracts obtained by different isolation procedure from some aromatic herbs grown in Lithuania." *Journal Science Food Agricultural*. 77 : 140-146.
- Dasgupta, N. and De, B. 2004. "Antioxidant activity of *Piper betle* L. leaf extract in vitro." *Food Chemistry*. 88 : 219-224.
- Eriksson, C.E. and Na, A. 1995. "Antioxidant agents in raw materials and processed foods." *Biochem Soc Symp.* 61 : 221-234.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2008. **CHAPTER XXVII GINGER: Post-Production Management for Improved Market Access for Herbs and Spices – Ginger.** [Online]. Available : http://www.fao.org/inpho/content/compend/text/ch27/ch27_02.htm. Acc.19/8/08.

- Ganguly, N.K., Medappa, N. and Srivastava, V.K. 2003. "Ginger : its role in xenobiotic metabolism." **ICMR BULL.** 33 : 57-63.
- Geetha, T., Garg, A., Chopra, K. and Indu, P.K. 2004. "Delineation of antimutagenic activity of catechin, epicatechin and green tea extract." **Mutation Research.** 556 : 65-74.
- Goldc, D.W. 2003. "Vitamin C in cancer." **Integrative Cancer Therapies.** 2 : 158-159.
- Govindarajan, V.S. 1980. "Turmeric-chemistry, technology and quality." **Crit. Rev. Food Sci. Nutr.** 12(3) : 199-301.
- Guddadrangarranahally, K., Jayaprakasha, B.S., Pradeep, N. and Kunnumpurath, K.S. 2002. "Evaluation of antioxidant activities and antimutagenicity of turmeric oil: A byproduct of curcumin product." **Central Food Technological Research Institute.** 7 : 828-835.
- Habsah, M., Amran, M., Mackeen, M.M., Lajis, N.H., Kikuzaki, H., Nakatani, N., Rahman, A.A. and Ghafar, A.M. 2000. "Screening of Zingiberaceae extracts for antimicrobial and antioxidant activities." **Journal of Ethnopharmacology.** 72 : 403-410.
- Hamama, A.A. and Nawar, W.W. 1991. "Thermal decomposition of some phenolic antioxidant." **J. Agric. Food Chem.** 39 : 1063-1069.
- Horwitz, W., Editor. 2000. **Official method of analysis of AOAC international.** 17th ed. United State of America : AOAC International.
- Hudson, B.J.F. 1990. **Food antioxidants.** England : Elsevier Science.
- Jacobsson, L.S., Yuan, X.M., Ziedén, B. and Olsson, A.G. 2004. "Effect of α -Tocopherol and astaxanthin on LDL oxidation and atherosclerosis in WHHL rabbits." **Atherosclerosis.** 173 : 231-237.
- Jayaprakasha, G.K., Jaganmohan Rao, L. and Sakariah, K.K. 2006. "Antioxidant activities of curcumin, demethoxycurcumin and bisdemethoxycurcumin." **Food Chemistry.** 98 : 720-724.
- Jiang, Q., Christen, S., Shigenaga, M.K. and Ames, B.N. 2001. " α -Tocopherol, the major form of vitamin E in the US diet, deserves more attention." **American Society for Clinical Nutrition.** 74 : 714-722.
- Jolad, S.D., Lantz, R.C., Solyom, A.M., Chen, G.J., Bates, R.B. and Timmermann, B.N. 2004. "Fresh organically grown ginger (*Zingiber officinale*): composition and effects on LPS-induced FGE₂ production." **Phytochemistry.** 65 : 1937-1954.

- Jovanovic, S.V., Steenken, S., Boone, C.W. and Simic, M.G. 1999. "H-atom transfer is a preferred antioxidant mechanism of curcumin." **Journal of the American Chemical Society.** 121 : 9677-9681.
- Juntachote, T. and Berghofer, E. 2005. "Antioxidative properties and stability of ethanolic extracts of holy basil and galangal." **Food Chemistry.** 92 : 193-202.
- Kaur, C and Kapoor, C. 2002. "Antioxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetable." **International Journal of Food Science and Technology.** 37 : 153-161.
- Kikuzaki, H. and Nakatani, N. 1993. "Antioxidant effect of some ginger constituent." **J. Food Sci.** 58 : 1407-1410.
- Kontush, A., Wilfried, W. and Beisiegel, U. 2000. " α and β -Carotenes in low density lipoprotein are the preferred target for nitric oxide-induced oxidation." **Atherosclerosis.** 148 : 87-93.
- Krishnamurthy, N., Mathew, A.G., Nambudiri, E.S., Shivashankar, S., Lewis, Y.S. and Natarajan, C.P. 1976. "Oil and oleoresin of turmeric." **Trop. Sci.** 18(1) : 37-45.
- Kumar, S., Narain, U., Tripathi, S., and Misra, K. 2001. "Syntheses of curcumin bioconjugates and study of their antibacterial activities against β -lactamase-producing microorganisms." **Bioconjugate Chemistry.** 12 : 464-469.
- Liégeois, C., Lermusieau, G. and Collin, S. 2000. "Measuring antioxidant efficiency of wort, malt, and hops against the 2,2'-azobis (2-amidinopropane) dihydrochloride-induced oxidation of an aqueous dispersion of linoleic acid." **J. Agric. Food Chem.** 48(40) : 1129-1134.
- Lowe, G., Woodward, M., Rumley, A., Morrison, C., Tunstall, H.P. and Stephen, K. 2003. "Total tooth loss and prevalent cardiovascular disease in men and women. possible roles of citrus fruit consumption, vitamin C, and inflammatory and thrombotic variables." **Journal of Clinical Epidemiology.** 56 : 694-700.
- Mangalakumari, C.K. and Mathew, A.G. 1986. "Localisation of significant constituents of turmeric." **J. Food Sci. and Technol.** 23(2) : 93-96.
- Mansour, E. H. and Khalil, A.H. 2000. "Evaluation of antioxidant activity of some plant extracts and their application to ground beef patties." **Food Chemistry.** 69 : 135-141.

- Marsh, A.C., Moss, M.K. and Murphy, E.W. 2008. **Composition of foods: spices and herbs; raw, processed, prepared.** [Online]. Available : http://naldr.nal.usda.gov/NALWeb/Agricola_Link.asp?Accession=CAT77686316. Acc. 22/8/08.
- Masuda, T., Maekawa, T., Hidaka, K., Bando, H., Takeda, Y. and Yamaguchi, H. 2001. "Chemical studies on antioxidant mechanism of curcumin : Analysis of oxidative coupling products from curcumin and linoleate." **J. Agric. Food Chem.** 49 : 2539-2547.
- Mayer, F. 1943. **The Chemistry of Natural Coloring Matters : The constitutions, Properties and Biological Relations of the Important Natural Pigments.** New York : Reinhold Publishing Corporation.
- Mazumber, A., Raghavan, K., Weinstein, J., Kohn, K.M. and Pommer, Y. 1995. "Inhibition of human immunodeficiency virus type-1 intergrase by curcumin." **Biochemical Pharmacology.** 49 : 1165-1170.
- Nagai, T., Myoda, T. and Ngashima, T. 2005. "Antioxidative activities of water extract and ethanol extract from horsetail (*tsukushi*) *Equisetum arvense* L." **Food Chemistry.** 91 : 389-394.
- Negi, P.S., Jayaprakasha, G.K., Jagan, M.R.L. and Sarariah, K.K. 1999. "Antibacterial activity of turmeric oil: A by product from curcumin manufacture." **J. Agric. Food Chem.** 47 : 4297-4300.
- Nutrisana International. 2008. **Monograph Curcuma longa Common Name: Tumeric.** [Online]. Available : <http://www.nutrisana.com/html/Monograph-Curcuma.html>. Acc.19/8/08.
- Osganian, S.K., Stampfer, M.J., Rimm, E., Spiegelman, D., Hu, F.B., Manson, J.E. and Willett, W.C. 2003. "Vitamin C and risk of coronary heart disease in woman." **Atherosclerosis Risk.** 42(2) : 246-252.
- Ozer, N.K. and Azzi, A. 2000. "Effect of vitamin E on the development of atherosclerosis." **Toxicology.** 148 : 179-185.

- Parejo, J., Viladomat, F., Bastida, J., Rosas-Romero, A., Flerlage, N., Burllo, J. and Codina, C. 2002. "Comparison between the radical scavenging activity and antioxidant activity of six distilled and nondistilled Mediterranean herbs and aromatic plants." **J. Agric. Food Chem.** 50 : 6882-6890.
- Pokorny, J., Yanishliera, N. and Gordon, M. 2001. **Antioxidants in food.** Washington, DC. : CRC Press.
- Polagruto, J.A., Schramm, D.D., Wang-Polagruto, J.F., Lee, L. and Keen, C.L. 2003. "Effect of flavonoid-rich beverages on prostacyclin synthesis in humans and human aortic endothelial cell: association with ex vivo platelet function." **Journal of Medicinal Food.** 6(4) : 301-308.
- Prasad, S.V., Gholap, A.S. and Thomas, P. 2000. "Estimation in fresh gingers : a new fluorimetric assay." **J. Food Comp. Anal.** 13 : 219-225.
- Price, K.D., Price, C. and Reynold, R. 2001. "Hyperglycemia induce ascorbic acid deficiency promote endothelial dysfunction and development of atherosclerosis." **Atherosclerosis.** 158 : -21.
- Purseglove, J.W., Brown, E.G., Green, C.L. and Robbins, S.R.J. 1981. **Turmeric., Spices Vol. II. Tropical Agricultural Series.** New York : Longman Inc.
- Rice-Evans, C.A. and Miller, N.J. 1996. "Antioxidant activities of flavonoids as bioactive compounds of foods." **Biochem Soc Trans.** 24(3) : 790-795.
- Roberfroid, M.B. and Calderon, P.B. 1995. **Free Radicals and Oxidation Phenomena in Biological Systems.** New York : Marcel Dekker, Inc.
- Rose, A.T., David, W. and Fadden, M.C. 2001. "alpha-tocopherol succinate inhibits growth of gastric cancer cell in vitro." **Journal of Surgical Research.** 95 : 19-22.
- Said, M. and Hussain, Ch.A. 1964. "Curing and processing of turmeric." **J. Agri. Res.** 2(3) : 22-25.
- Scartezzini, P. and Speroni, E. 2000. "Review on some plants of Indian traditional medicine with antioxidant activity." **Journal of Ethnopharmacology.** 71 : 23-43.
- Stahl, W.H. 1972. "Oleoresin quality analysis: fact or fancy?" **Trop. Sci.** 14(4) : 335-345.
- Steven, I.B. and Harry, S. 1997. **Oxidants, Antioxidants, and Free Radicals.** Taylor & francis. Washington, DC.

- Stoilova, I., Krastonov, A., Stoyanova, A., Denev, P. and Gargova, S. 2007. "Antioxidant activity of a ginger extract (*Zingiber officinale*)." **Food Chemistry**. 102 : 764-770.
- Surh, Y. J., Lee, E. and Lee, J.M. 1998. "Chemoprotective properties of some pungent ingredient present in red pepper and ginger." **Mutation Res**. 402 : 259-267.
- Tainter, D.R. and Grenis, A.T. 1993. **Spices and Seasoning : A Food Technology Handbook**. New York. VCH Publishers, Inc.
- Urguiaga, I. and Leighton, F. 2000. "Plant polyphenol antioxidant and oxidative stresses." **Biological Research**. 33 : 1-14.
- USDA National Nutrient Database. 2008 . **Nutrition**. [Online]. Available : <http://www.dietaryfiberfood.com/gingerroot-nutrition.php>. Acc. 10/7/08.
- Vankar, P., Tiwari, V., Shanker, R. and Srivastava, J. 2006. "Change in antioxidant activity of spices-turmeric and ginger on heat treatment." **EJEAFCh**. 5 : 1313-1317.
- Wageningen University. 2008. **Curcumin (Turmeric)**. [Online]. Available : <http://www.food-info.net/uk/colour/curcumin.htm>. Acc.19/8/08.
- Weber, P., Bendich, A., Machlin, L.J. 1997. "Vitamin E and human health: rationale for determining recommended intake levels." **Nutrition**. 13(5) : 450-460.
- Wikipedia. 2008. **List of antioxidant in food**. [Online]. Available : http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_antioxidants_in_food. Acc.22/8/08.
- Yildirim, A., Mavi, A. and Kara, A.A. 2001. "Determination of antioxidant and antimicrobial activity of *Rumex crispus* L. extracts." **J. Agric. Food Chem**. 49 : 4083-4089.
- Zhang, X., Iwaoka, W.T., Huang, A.S., Nakamoto, S.T. and Wong, R. 1994. "Gingerol decreases after processing and storage of ginger." **J. Food Sci**. 59 : 1338-1340.

ภาคผนวก ก

การเตรียมกราฟมาตรฐานของกรดเกลือและการหาปริมาณ
สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

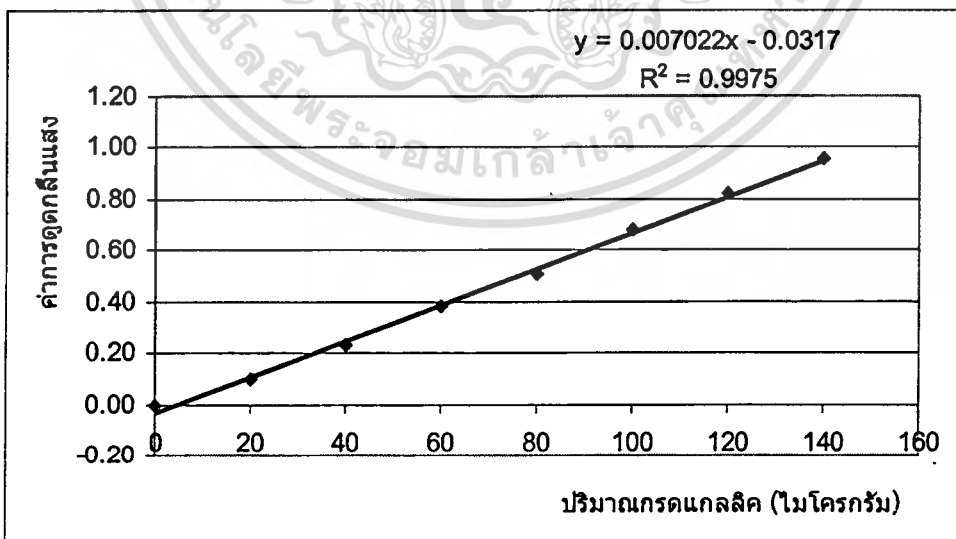
การเตรียมกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก

1. เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก ความเข้มข้น 400 ไมโครกรัม / มิลลิลิตร โดยละลายกรดแกลลิก 0.0400 กรัม ในเอทานอล 95 % ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตรในขวดวัดปริมาตร
2. ปิเปตสารละลายมาตรฐานที่ได้ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 50 มิลลิลิตร ขวดละ 0, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35 มิลลิลิตร จากนั้นเติมน้ำกลั่นให้ปริมาตรในแต่ละขวดเท่ากับ 10 มิลลิลิตรซึ่งจะได้ปริมาณของกรดแกลลิกในแต่ละขวดเท่ากับ 0, 20, 40, 60, 80, 100, 120 และ 140 ไมโครกรัม ตามลำดับ
3. นำขวดรูปชมพู่ทั้งหมดมาเติมสารละลาย Folin-Ciocalteu ขวดละ 0.5 มิลลิลิตรเขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที
4. เติมสารละลาย Na_2CO_3 ความเข้มข้น 10% ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ทั้งหมดผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที
5. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร โดยใช้สารละลายจากขวดที่ 1 เป็น blank
6. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ 730 นาโนเมตรกับปริมาณกรดแกลลิก

การคำนวณหาปริมาณโพลิฟีนอลทั้งหมดในสารสกัด

จากสมการกราฟมาตรฐาน $y = 0.007022x - 0.0317$ สามารถคำนวณหาปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลทั้งหมดในสารสกัดได้ โดยการแทนค่าการดูดกลืนแสงเป็นตัวแปร y ในสมการแล้วคำนวณหาค่า x ซึ่งจะได้ปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลทั้งหมด

ปริมาณกรดแกลลิก (ไมโครกรัม)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 730 นาโนเมตร
0	0
20	0.095
40	0.233
60	0.384
80	0.510
100	0.678
120	0.821
140	0.958



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การเตรียมกราฟมาตรฐานของกรดแอสคอร์บิก
และการหาปริมาณวิตามินซี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเตรียมกราฟมาตรฐานของกรดแอสคอร์บิก

1. การเตรียมสารละลายสำหรับการวิเคราะห์

1.1 สารละลายมาตรฐาน 0.1% L-ascorbic acid

ชั่ง L-ascorbic acid 0.1000 กรัม ละลายในสารละลาย oxalic acid/EDTA และปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตร

1.2 สารละลาย 0.07 M. oxalic acid ในสารละลาย 0.02 mM. EDTA

เตรียมสารละลาย 0.02 mM. EDTA โดยชั่ง EDTA 0.0058 กรัม ละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรให้เป็น 1000 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตร จากนั้นชั่ง oxalic acid 6.3028 กรัม ละลายในสารละลาย 0.02 mM. EDTA ที่เตรียมไว้

1.3 สารละลาย 3% meta-phosphoric acid ในสารละลาย 8% acetic acid

เตรียมสารละลาย 8% acetic acid โดยปิเปต acetic acid ปริมาตร 40 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 500 มิลลิลิตร ที่มีน้ำกลั่นอยู่พอประมาณ และปรับปริมาตรให้ถึงขีดวัดปริมาตรน้ำกลั่น จากนั้นจึงชั่ง m-phosphoric acid 15.0 กรัม ละลายในสารละลาย 8% acetic acid ที่เตรียมไว้

1.4 สารละลาย 5% sulfuric acid

ปิเปตสารละลาย sulfuric acid 5.0 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ที่มีน้ำกลั่นอยู่พอประมาณ และปรับปริมาตรให้ถึงขีดบอกริมาตรด้วยน้ำกลั่น

1.5 สารละลาย 5% ammoniummolybdate

ชั่ง ammoniummolybdate 5.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตร

2. การทำกราฟมาตรฐานสำหรับวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี

นำสารละลายมาตรฐาน 0.1% L-ascorbic acid ทำปฏิกิริยากับสารละลาย 0.07 M. oxalic acid/0.02 mM. EDTA วัดค่าการดูดกลืนแสงของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร วิธีการทำกราฟมาตรฐานของวิตามินซีมีดังนี้

2.1 ปิเปตสารละลายต่างๆ ในปริมาตรที่กำหนดด้านล่างนี้ ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร

สารละลาย	ปริมาตร (มิลลิลิตร)						
	1	2	3	4	5	6	7
0.1% L-ascorbic acid	0	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60
0.07 M. oxalic acid in 0.02 mM. EDTA	5.00	4.90	4.80	4.70	4.60	4.50	4.40
3% meta-phosphoric acid in 8% acetic acid	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
5% sulfuric acid	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
5% ammoniummolybdate	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0

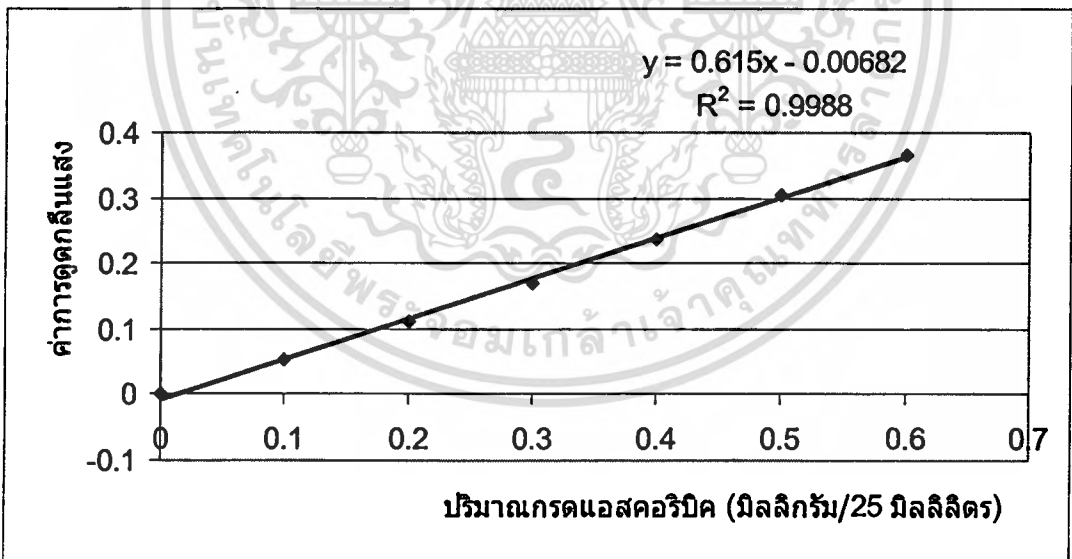
2.2 เมื่อปิเปตสารต่างๆ ครบแล้วให้ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 25 มิลลิลิตร

2.3 เขย่าและตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 15 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร

การคำนวณหาปริมาณวิตามินซี

จากสมการกราฟมาตรฐาน $y = 0.615x - 0.00682$ สามารถคำนวณหาปริมาณวิตามินซีจริงและขมื่นชันได้ โดยการแทนค่าการดูดกลืนแสงเป็นตัวแปร y ในสมการแล้วคำนวณหาค่า x ซึ่งจะได้ปริมาณวิตามินซี

ปริมาณกรดแอสคอร์บิก (มิลลิกรัม)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 760 นาโนเมตร
0	0
0.1	0.053
0.2	0.113
0.3	0.171
0.4	0.237
0.5	0.304
0.6	0.365



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์การทำลายอนุมูลอิสระ DPPH

DPPH-scavenging activity assay



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์การทำลายอนุมูลอิสระ DPPH (DPPH-scavenging activity assay)

ในการทดสอบสมบัติการทำลายอนุมูลอิสระของสารต้านออกซิเดชันมีหลายวิธีด้วยกัน แต่วิธีที่เป็นนิยมน้อย่างแพร่หลาย ก็คือวิธี DPPH free radical – scavenging activity assay ทั้งนี้เนื่องจากเป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็วและไม่ยุ่งยาก นอกจากนี้ยังให้ผลการทดสอบที่เชื่อถือได้ในระดับหนึ่ง

สารไดฟีนิลไพคิลไฮดราซิล (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl; DPPH) เป็นสารอนุมูลอิสระสังเคราะห์ เมื่อละลายในตัวทำละลายเมธานอลจะให้สีม่วงเข้มและดูดกลืนแสงได้ในช่วงความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร การวัดประสิทธิภาพในการทำลายอนุมูลอิสระของสารสกัดที่ทดสอบ จะอาศัยหลักการที่ว่า เมื่อสารละลาย DPPH ทำปฏิกิริยากับสารต้านออกซิเดชัน ดังปฏิกิริยาที่แสดงดังนี้



สารที่มีสมบัติต้านออกซิเดชันจะให้ไฮโดรเจนอะตอมกับโมเลกุลของ DPPH ซึ่งเป็นสารอนุมูลอิสระ ทำให้สีของสารอนุมูลอิสระเปลี่ยนไป โดยเปลี่ยนจากสีม่วงจนเกิดการฟอกจางไปเป็นสีเหลืองทำให้อนุมูลอิสระหมดสภาพไป การที่สีของสารละลายจางลงจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพในการทำลายอนุมูลอิสระของสารต้านออกซิเดชัน ซึ่งจะทำการวัดด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์และจะวัดได้เมื่อการทำปฏิกิริยาของสารสิ้นสุดแล้ว นั่นคือ ค่าการดูดกลืนแสงจะคงที่ ซึ่งอาจจะใช้เวลาตั้งแต่ 10 นาที ถึง 6 ชั่วโมงก็ได้

การเตรียมสาร

1. 0.8 nM DPPH

ชั่งสาร DPPH 0.0350 กรัม ละลายในตัวทำละลายแอลกอฮอล์ 95% จากนั้นปรับปริมาตรของสารละลายให้ได้ 100 มิลลิลิตร

2. แอลกอฮอล์ 40%

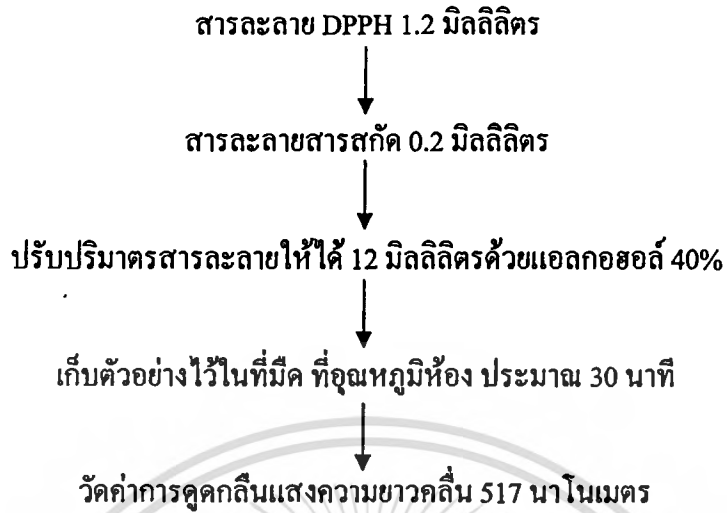
ปีเปตสารละลาย absolute ethanol มา 40 มิลลิลิตร ใส่ขวดวัดปริมาตร จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้สารละลาย 100 มิลลิลิตร

3. สารละลายสารสกัด

ชั่งสารสกัดจำนวน 0.10 กรัม ละลายในแอลกอฮอล์ 40% จากนั้นเทใส่ขวดวัดปริมาตร 10 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรให้ได้ 10 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีทดสอบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรคำนวณ

$$\text{ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (\%)} = 1 - (A_{\text{sample}}/A_{\text{control}}) \times 100$$

A_{sample} คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ของสารละลายตัวอย่าง

A_{control} คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ของสารละลายที่ใช้เป็นตัวควบคุม (control)

ตัวอย่างการคำนวณ

ตัวอย่างสารสกัดจากขิงสด โดยเตรียมจากสารสกัด 0.10 กรัม ทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ได้ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างควบคุม $A_{\text{control}} = 0.901$

ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง (A_{sample}) ที่วัดได้ซ้ำที่ 1 = 0.096

จากสูตร

$$\begin{aligned} \% \text{ การยับยั้ง (Inhibition)} &= [1 - (A_{\text{sample}}/A_{\text{control}})] \times 100 \\ &= [1 - (0.096/0.901)] \times 100 \\ &= 89.35 \end{aligned}$$

ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง (A_{sample}) ที่วัดได้ซ้ำที่ 2 = 0.098

$$\begin{aligned} &= [1 - (0.098/0.901)] \times 100 \\ &= 89.12 \end{aligned}$$

ดังนั้นประสิทธิภาพในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดจากขิงสด มีค่าเฉลี่ย คือ $(89.35 + 89.12)/2 = 89.24 \pm 0.16 \%$

ภาคผนวก ง

ปริมาณวิตามินซีและวิตามินอี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๑1 ปริมาณวิตามินซีและวิตามินอีในขิงสด ขิงต้มและผลิตภัณฑ์ขิงแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งที่สภาวะต่างๆ

ตัวอย่าง	ปริมาณวิตามินซี	ปริมาณวิตามินอี
	(มิลลิกรัม/100กรัม น้ำหนักแห้ง)	(มิลลิกรัม/100กรัม น้ำหนักแห้ง)
ขิงสด	173.74±17.62c	19.15±1.63a
ขิงต้ม	137.13±7.09b	21.54±0.47a
ขิงอบ 50 องศาเซลเซียส 14 ชม.	63.81±2.37a	143.13±1.87b
ขิงอบ 65 องศาเซลเซียส 12 ชม.	58.81±1.50a	165.96±1.73d
ขิงอบ 80 องศาเซลเซียส 10 ชม.	56.58±0.84a	170.83±1.36e
ขิงตากแดด 5 วัน	61.91±2.12a	151.84±0.74c

* หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ๑2 ปริมาณวิตามินซีและวิตามินอีในขมิ้นชันสด ขมิ้นชันต้มและผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งที่สภาวะต่างๆ

ตัวอย่าง	ปริมาณวิตามินซี	ปริมาณวิตามินอี
	(มิลลิกรัม/100กรัม น้ำหนักแห้ง)	(มิลลิกรัม/100กรัม น้ำหนักแห้ง)
ขมิ้นชันสด	136.62±15.71c	34.08±1.63a
ขมิ้นชันต้ม	91.74±1.69b	29.91±1.75a
ขมิ้นชันอบ 50 องศาเซลเซียส 14 ชม.	35.73±1.27a	54.76±0.98d
ขมิ้นชันอบ 65 องศาเซลเซียส 12 ชม.	28.78±0.12a	49.32±1.05c
ขมิ้นชันอบ 80 องศาเซลเซียส 10 ชม.	27.49±1.20a	45.44±0.49c
ขมิ้นชันตากแดด 5 วัน	34.73±3.30a	40.11±3.69b

* หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวธัญสิริ แก้วเรือน
วัน เดือน ปีเกิด	21 มกราคม 2523 ที่จังหวัดเชียงราย
ประวัติการศึกษา	2546 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยศิลปากร 2551 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสุขาภิบาลอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประวัติการทำงาน	2546-2451 บริษัทนำเขา (ประเทศไทย) จำกัด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้