



ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารให้ความเผ็ดในระหว่างกระบวนการพัฒนา
ผลิตภัณฑ์พริกป่น



วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ
วิทยาลัยนวัตกรรมการเกษตรและเทคโนโลยีอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยรังสิต

ปีการศึกษา 2563



**CHANGES IN CAPSAICINOID DURING PRODUCT DEVELOPMENT
PROCESS OF CHILI POWDER**

BY

NICHAPORN SUKCHUM



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN BIOTECHNOLOGY
COLLEGE OF AGRICULTURAL INNOVATION AND FOOD**

GRADUATE SCHOOL, RANGSIT UNIVERSITY

ACADEMIC YEAR 2020

วิทยานิพนธ์เรื่อง
ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารให้ความเผ็ดในระหว่างกระบวนการพัฒนา
ผลิตภัณฑ์พริกป่น

โดย
ฉันทกรณ์ สุขชุ่ม

ได้รับการพิจารณาให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ

มหาวิทยาลัยรังสิต
ปีการศึกษา 2563

ศ.ดร. วรรณมา ตูลยธัญ
ประธานกรรมการสอบ

ผศ.ดร. วราพร ลักษณะลม้าย
กรรมการ

ดร.ขวัญหทัย แซ่ทอง
กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(ผศ. ร.ต. หญิง ดร. วรรณิ์ สุขสาคร)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
20 สิงหาคม 2563

Thesis entitled

**CHANGES IN CAPSAICINOID DURING PRODUCT DEVELOPMENT PROCESS
OF CHILI POWDER**

by

NICHAPORN SUKCHUM

was submitted in partial fulfillment of the requirements
for the degree of Master of Science in Biotechnology

Rangsit University
Academic Year 2020

Prof. Vanna Tulyathan, Ph.D.

Examination Committee Chairperson

Asst. Prof. Varaporn Laksanalamai, Ph.D.

Member

Kwanhathai Chaethong, Ph.D.

Member and Advisor

Approved by Graduate School

(Asst.Prof.Plt.Off. Vanee Sooksatra, D.Eng.)

Dean of Graduate School

August 20 , 2020

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจสำเร็จสมบูรณ์ได้ หากปราศจากความเมตตากรุณาจากท่านอาจารย์ ดร.ขวัญหทัย แซ่ทอง ที่กรุณารับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาทำให้ผู้เขียนได้แนวคิดในการทำวิทยานิพนธ์ และเสียสละเวลาตรวจแก้ไขความเรียบร้อย ตลอดจนคำแนะนำทางวิชาการเสมอมา ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.วรรณ ตูลยชัย และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วราพร ลักษณะม้าย ที่ให้ความกรุณารับเป็นประธานกรรมการ และกรรมการวิทยานิพนธ์ให้แก่ผู้เขียน และได้ชี้แนะแนวคิดตลอดจนประสบการณ์อันมีค่าของท่านทั้งสองเพื่อเป็นแนวทางในการเขียนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ Department of Food Science at Ishikawa Prefectural University ที่ได้สนับสนุนสถานที่การทำงานวิจัย และ Professor Toshiki Enomoto, Professor Kanako Miyahara และ เพื่อนๆ ที่ห้องปฏิบัติการทุกคน ให้คำแนะนำวิธีการใช้อุปกรณ์ในการทำวิจัย ให้คำปรึกษาในส่วนของการวิจัย ตลอดจนการดูแลให้คำแนะนำในการใช้ชีวิตในประเทศญี่ปุ่น

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยรังสิตและขอขอบคุณวิทยาลัยนวัตกรรมการเกษตรเทคโนโลยีชีวภาพ และอาหาร มหาวิทยาลัยรังสิต ที่สนับสนุนทุนการศึกษา “ต้นกล้าไบโอเทค”

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา พี่ชาย และครอบครัว ซึ่งเปิดโอกาสให้ได้รับการศึกษาที่ดี รวมถึงทุกท่านที่ไม่ได้เอ่ยนามในที่นี้ ที่ช่วยสนับสนุนให้ความช่วยเหลือให้กำลังเป็นอย่างดีเสมอมา ผู้เขียนขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ ที่นี้ด้วย

ณิชารณ์ สุขชุ่ม

ผู้วิจัย

5808361 : ณิชารณ์ สุขชุ่ม
ชื่อวิทยานิพนธ์ : ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารให้ความเผ็ดในระหว่าง
กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์พริกป่น
หลักสูตร : วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.ขวัญหทัย แซ่ทอง

บทคัดย่อ

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารให้ความเผ็ดในระหว่างกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์พริกป่น ได้แก่ การเตรียม 2 แบบ (การลวก, การแช่) เทียบกับพริกสด และการอบแห้งพริก 3 แบบ ได้แก่ อบแห้งโดยพลังงานแสงอาทิตย์, ตู้อบลมร้อนแบบถาด และอบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง และปัจจัยอื่นๆ ได้แก่ การบดและการคั่ว โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารให้ความเผ็ดด้วยวิธีวิเคราะห์ HPLC พบว่าการเตรียมทั้ง 2 แบบมีผลต่อการลดลงของสารแคปไซซินอยด์เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณในพริกสด จากการศึกษากระบวนการอบแห้งพริกที่แตกต่างกัน 3 แบบ มีผลต่อสมบัติทางเคมีกายภาพ และพริกแห้งจากกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีปริมาณสารแคปไซซินอยด์มากกว่าที่สุด รองลงมา คือ พริกแห้งโดยใช้ ตู้อบลมร้อนแบบถาด และพริกแห้งจากการอบแห้งโดยพลังงานแสงอาทิตย์ ($p \leq 0.05$) นอกจากนั้นกระบวนการแปรรูปอื่นๆ ได้แก่ การคั่วพริกแห้งที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ไม่มีผลต่อการลดลงของปริมาณสารแคปไซซินอยด์ ผลการเก็บรักษาพริกป่นในบรรจุภัณฑ์แตกต่างกัน 2 แบบ คือ พลาสติกแบบใส (PP) และอลูมิเนียมฟอยล์ ที่อุณหภูมิ 5, 20, 30 และ 40°C เป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีกายภาพ ที่สำคัญพบการลดลงของปริมาณสารแคปไซซินอยด์หลังเก็บในทุกสภาวะ ด้านการประเมินการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์พริกป่น พบว่าตัวอย่างหลังเก็บที่อุณหภูมิสูง (30 และ 40°C) ได้คะแนนการยอมรับลดลง อย่างไรก็ตามปริมาณอะฟลาทอกซินในพริกป่นหลังเก็บ 12 สัปดาห์ ยังคงไม่เกินค่ามาตรฐานสินค้าเกษตรซึ่งกำหนดอะฟลาทอกซินของพริกแห้งต้องไม่เกิน 15 µg/kg

(วิทยานิพนธ์มีจำนวนทั้งสิ้น 103 หน้า)

คำสำคัญ: แคปไซซินอยด์, การพัฒนาผลิตภัณฑ์, การเตรียม, พริกอบแห้ง, พริกป่น

5808361 : Nichaporn Sukchum
 Thesis Title : Changes in Capsaicinoid during Product Development Process of Chili Powder
 Program : Master of Science in Biotechnology
 Thesis Advisor : Kwanhathai Chaethong, Ph.D.

Abstract

The objective of this study was to investigate the changes of capsaicinoid during the product development process of chili powder using HPLC. The processing steps included two pretreatment processes (blanching and soaking), the three drying processes which are Sun Drying (SD), Try Drying (TD) and Freeze Drying (FD), and the other factors (grinding and roasting). The results showed that the pretreatment process affected the decrease in capsaicinoid in blanched and soaked chili compared with the fresh one. The effects of drying methods on the quality of dried chili were investigated. The different drying methods gave physical and chemical properties and FD sample contained the highest capsaicinoid content TD and SD samples ($p \leq 0.05$). However, the other processing step such as roasting at 120 °C for 10 minutes could not affect the decrease of capsaicinoid value. The stored chili powder kept in 2 different types of packagings (polypropylene bag (PP) and aluminum foil) showed changes in quality during storage at 5, 20, 30 and 40°C for 12 weeks. The results showed that storage temperature and storage time affected the changes in physicochemical properties. Moreover, capsaicinoids of stored chili powder decreased with time in all storage conditions. In terms of sensory acceptability on stored chili powder, high temperature (30 and 40°C) altered a decrease of acceptance score. However, aflatoxin content of all stored chili does not exceed Thai agricultural standard of dried chili (TAS 3001-2010) which indicated that it must not be more than 15 µg/kg.

(Total 103 pages)

Keywords: Capsaicinoid, Product Development, Pretreatment, Drying Chili, Chili Powder

Student's Signature Thesis Advisor's Signature.....

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย	2
1.3 สมมติฐานการวิจัย	2
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	2
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง / ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ฟรีก	4
2.2 ฟรีกแห้ง / ฟรีกป่น	12
2.3 การวิเคราะห์คุณภาพ	26
2.4 การวิเคราะห์ความผิด	29
บทที่ 3 ระเบียบวิธีการวิจัย	41
3.1 วัตถุประสงค์	41
3.2 สารเคมี	41
3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ	41
3.4 วิธีดำเนินการวิจัย	42
3.5 แผนการดำเนินการ	44
3.6 สถานที่ทำการทดลอง และ/หรือ เก็บข้อมูล	45

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4	ผลการวิจัย
4.1	ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพ และสารให้ความเผ็ด
	ของพริกที่ผ่าน pretreatment
4.2	ผลการศึกษาผลของกระบวนการอบแห้งแบบต่างๆ ต่อคุณภาพ
	และสารให้ความเผ็ดของพริกแห้ง
4.3	ผลการศึกษาผลของกระบวนการอื่นๆ ในขั้นตอนการผลิตพริกป่น
	ที่มีต่อคุณภาพ และสารให้ความเผ็ด
4.4	ผลการศึกษาสภาวะการเก็บรักษาต่อคุณภาพ และสารให้ความเผ็ด
	ของพริกป่น
บทที่ 5	สรุปผลและข้อเสนอแนะ
5.1	สรุปผล
บรรณานุกรม	71
ภาคผนวก	82
ภาคผนวก ก	วิธีวิเคราะห์ทางเคมีกายภาพ
ภาคผนวก ข	แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส
ภาคผนวก ค	โครมาโตแกรมจากการวิเคราะห์ด้วย HPLC
ประวัติผู้วิจัย	103

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การนำเข้าและส่งออกของพริกตระกูล Capsicum และเครื่องปรุงรสปี พ.ศ. 2557 – 2559	8
2.2 สูตรโมเลกุล สูตรโครงสร้าง และสัดส่วนของสารให้ความเผ็ดในพริก	9
2.3 ชนิดและจำนวนเชื้อราที่พบในพริกแห้งประเภทต่างๆ	14
2.4 การจำแนกประเภทของพริกแต่ละชนิดโดยแบ่งตามระดับความเผ็ด	40
4.1 สมบัติทางเคมีกายภาพของพริกที่ผ่านการเตรียม	48
4.2 ปริมาณสารให้ความเผ็ดในพริกสด พริกตาก และพริกแช่	49
4.3 ผลการประเมินการเรียงลำดับความเผ็ดของพริกสด พริกตาก และพริกแช่ 3 ตัวอย่าง	50
4.4 สมบัติทางเคมีกายภาพในพริกแห้งที่ผ่านการเตรียมและการอบแห้งที่แตกต่างกัน	54
4.5 คะแนนลำดับความเผ็ด (Ranking score) ของพริกแห้งที่ได้จากการเตรียมและการอบแห้งที่แตกต่างกัน	53
4.6 ปริมาณสารให้ความเผ็ดในพริกที่ผ่านการอบแห้งที่แตกต่างกัน ในพริกแห้งที่ผ่านการเตรียมและการอบแห้งที่แตกต่างกัน	56
4.7 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพของพริกป่นที่ไม่ผ่านการคั่ว และพริกที่คั่ว 120 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 10 นาที	57
4.8 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารให้ความเผ็ดแคปไซซินอยด์ด้วย HPLC ของพริกป่นที่ไม่ผ่านการคั่ว และพริกที่คั่ว 120 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 10 นาที	58
4.9 จำนวนคำตอบของผู้ประเมินที่เลือกกว่าตัวอย่างไหนเผ็ดกว่า ($k=30, n=2$)	59
4.10 เปรียบเทียบบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีของพริกป่นที่ไม่ผ่านการคั่ว และผ่านการคั่วที่เก็บในอุณหภูมิที่ต่างกัน จากการเก็บเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์	63
4.11 ปริมาณอะฟลาทอกซิน ($\mu\text{g/kg}$, wb) ของพริกป่นที่ไม่ผ่านการคั่ว และพริกที่คั่ว 120 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 10 นาที หลังจากเก็บเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์	67

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การจัดอนุกรมวิธานของพริก Capsicums	5
2.2 โครงสร้างทางเคมีของ Capsanthin ($C_{40}H_{56}O_3$)	9
2.3 Pathway ในการสร้างสารให้ความเผ็ด	11
2.4 โครงสร้างของสารพิษอะฟลาทอกซินชนิดต่างๆ	14
2.5 การคั่วพริกแบบใช้กระทะ	21
2.6 เครื่องคั่วพริกแห้งแบบแนวตั้ง	21
2.7 เครื่องคั่วพริกแบบแนวนอน	22
2.8 อุปกรณ์ที่ใช้บดพริกในระดับครัวเรือน	22
2.9 เครื่องบดพริกในระดับอุตสาหกรรม	23
4.1 พริกสด พริกตาก 100°C นาน 3 นาที และพริกตาก 100°C นาน 3 นาที และแช่ในสารละลาย 0.25% โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และ 1.0% กรดซิตริก	47
4.2 สารละลายพริกสด พริกตาก และพริกแช่ ในสารละลาย 2% oxalic-acetic	47
4.3 HPLC chromatogram ของส่วนประกอบหลัก capsaicinoids: ที่สกัดจาก พริก capsaicin standard curve และ dihydrocapsaicin standard curve	49
4.4 พริกแห้งที่ได้จากการเตรียมแตกต่างกัน (พริกสด, พริกตาก, พริกแช่) และผ่านการทำให้แห้งด้วยกระบวนการที่แตกต่างกัน (Sun drying, Tray Dry, Freeze dry)	51
4.5 ปริมาณ Capsaicinoids ที่วิเคราะห์โดย HPLC ในพริกแห้งที่ได้จากการเตรียมแตกต่างกัน (พริกสด, พริกตาก, พริกแช่) และผ่านการทำให้แห้งด้วยกระบวนการที่แตกต่างกัน (Sun drying, Tray Dry, Freeze dry)	55
4.6 พริกป่นที่ไม่ผ่านการคั่ว และพริกคั่วที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 10 นาที ก่อนนำมาป่น	57
4.7 บรรจุภัณฑ์ชนิดอลูมิเนียมฟอยล์ และบรรจุภัณฑ์ชนิดพลาสติกแบบใส	59
4.8 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของพริกป่นที่เก็บในอุณหภูมิที่ต่างกัน 5, 20, 30 และ 40°C เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์	61
4.9 การเปลี่ยนแปลงค่า water activity ของพริกป่นที่เก็บในอุณหภูมิที่ต่างกัน 5, 20, 30 และ 40°C เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์	62

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.10	การเปลี่ยนแปลงปริมาณแคปไซซินอยด์ของพริกป่นที่เก็บบรรจุภัณฑ์ที่ต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์	64
4.11	การเปลี่ยนแปลงปริมาณ capsaicinoids ของพริกป่นไม่คั่วและ พริกป่นคั่วที่บรรจุในถุงพลาสติกใส (PP) และถุงอลูมิเนียมฟอยล์ (AL) ที่เก็บอุณหภูมิต่างกัน 5, 20, 30 และ 40°C เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์	65
4.12	การเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์การยอมรับของพริกป่นไม่คั่ว และพริกคั่ว เก็บที่อุณหภูมิที่ต่างกัน (5, 20 30 และ 40°C) และบรรจุภัณฑ์ 2 แบบ ระยะเวลาการเก็บนาน 12 สัปดาห์ (N=50)	66
5.1	แผนภาพสรุป ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารให้ความเผ็ดในระหว่างกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์พริกป่น”	70



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

พริก (*Capsicums*) จัดเป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ Solanaceae ซึ่งจัดอยู่ในวงศ์เดียวกับมะเขือเทศ มันฝรั่ง ยาสูบ และ มะเขือยาว พืชที่อยู่ในวงศ์ Solanaceae ส่วนใหญ่เป็นพืชสมุนไพรหรือไม้พุ่มเตี้ย (Singh, 2004) นักอนุกรมวิธานสมัยใหม่จำแนกพันธุ์ปลูกได้ 5 ชนิด ได้แก่ *Capsicum annum* L., *Capsicum frutescens* L., *Capsicum chinense* Jacquin, *Capsicum baccatum* L. และ *Capsicum pubescens* Ruiz & Pevon (Greenleaf, 1986) ในประเทศไทยมีปลูกกัน 2 ชนิด ได้แก่ *Capsicum annum* เรียกว่า พริกชี้ฟ้าผลใหญ่ พริกหวาน (bell peppers or sweet pepper) และ พริกหยวก (*Capsicum annum* cv.group. *longum*) และ *Capsicum frutescens* เป็นกลุ่มพริกชี้ฟ้าสวน โดยมีแหล่งปลูกที่สำคัญอยู่ในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (มณีจักร นิกรพันธ์, 2541)

พริกเป็นเครื่องปรุงรสที่สำคัญในอาหารที่เป็นที่รู้จักทั่วไปของคนไทยใช้เป็นส่วนประกอบในการปรุงแต่งอาหารเพื่อเพิ่มรสชาติ กลิ่นและสี นอกจากนี้ยังใช้เป็นพืชสมุนไพรสำคัญอีกชนิดหนึ่ง จึงเป็นพืชผักที่สำคัญในทางเศรษฐกิจ พริกเป็นพืชที่สามารถปลูกได้ทั่วไปในทุกภาคของประเทศไทย เป็นสินค้าเกษตรที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจและเป็นที่ต้องการของตลาดภายในและภายนอกประเทศ ซึ่งปริมาณการนำเข้า-ส่งออกพริกแห้งในปี พ.ศ. 2558 มีปริมาณการนำเข้า 74,180,687 ตัน คิดเป็นมูลค่า 2,375,405,932 ล้านบาท และปริมาณการส่งออก 12,603,524 ตัน มูลค่า 434,810,941 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร โดยความร่วมมือของ กรมศุลกากร, 2558) พริกยังเป็นวัตถุดิบสำคัญในอุตสาหกรรมแปรรูปทั้งอาหารและยา สามารถนำมาประกอบอาหารได้หลายชนิดและใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตผลทางการเกษตร ผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนประกอบของพริกมีหลายชนิด ได้แก่ น้ำพริก ซอสพริก และอาหารสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องโดยพริกที่นำมาใช้ทำผลิตภัณฑ์ดังกล่าว นั้น ส่วนใหญ่จะเป็นพริกแห้งและพริกป่น (Wiriy, Paiboon, & Somchat, 2009)

พริกป่น คือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำผลพริกที่สุกหรือแก่จัด อาจมีก้านผลติดอยู่ นำไปผึ่งแดดหรืออบให้แห้ง แล้วนำไปคั่วและบดได้เป็นพริกป่น เนื่องจากความต้องการใช้มีมากขึ้น

แต่ปริมาณคุณภาพและราคาของพริกที่ผลิตได้ไม่สอดคล้องกับความต้องการ โดยเฉพาะพริกที่ผลิตได้มีคุณภาพต่ำ มีสิ่งเจือปนและสารเคมีตกค้าง รวมทั้งการปนเปื้อนของสารพิษจากเชื้อรา คุณภาพของพริกแห้งและพริกป่นนั้นมีการประเมินโดยใช้เกณฑ์คุณภาพที่แตกต่างกัน เช่น ค่าสี ความเผ็ดร้อน ปริมาณสารให้กลิ่นรส (Henderson, D. & Henderson, S., 1992; Kim, Lee, K., Park, Lee, H., & Hwang, 2006; Valdiza, Ozguven, & Sekeroglu, 2010) ในงานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารให้ความเผ็ด ในระหว่างขั้นตอนกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์พริกป่นที่มีคุณภาพสูง โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารให้ความเผ็ดตั้งแต่ขั้นตอนการ pretreatment เช่น การลวก การแช่ และกระบวนการทำแห้งที่แตกต่างกัน รวมถึงกระบวนการแปรรูปอื่นๆ ได้แก่ การคั่ว การบด จนได้เป็นผลิตภัณฑ์พริกป่น ที่อาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารให้ความเผ็ด และมีการวัดค่าคุณภาพ และการวิเคราะห์สารพิษจากเชื้อรา Aflatoxin

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1.2.1 เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพ และสารให้ความเผ็ดของพริกที่ผ่าน pretreatments
- 1.2.2 เพื่อศึกษาผลของกระบวนการอบแห้งแบบต่างๆ ต่อคุณภาพ และสารให้ความเผ็ดของพริกแห้ง
- 1.2.3. เพื่อศึกษาผลของการบดและการคั่ว ในขั้นตอนการผลิตพริกป่นที่มีต่อคุณภาพ และสารให้ความเผ็ด
- 1.2.4. เพื่อศึกษาสถานะการเก็บรักษาต่อคุณภาพ สารให้ความเผ็ด และสาร Aflatoxin ในพริกแห้ง

1.3 สมมติฐานการวิจัย

กระบวนการแปรรูปต่างๆ ในขั้นตอนการพัฒนาผลิตภัณฑ์พริกป่นมีผลต่อปริมาณสารให้ความเผ็ด

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารให้ความเผ็ดในระหว่างขั้นตอนกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์พริกป่นที่มีคุณภาพสูง โดยกำหนดพันธุ์พริกที่นำมาศึกษา และเริ่มศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารให้ความเผ็ดตั้งแต่ขั้นตอนการ pretreatment เช่น การลวก การแช่

และศึกษาผลของกระบวนการทำแห้งที่แตกต่างกันอย่างน้อย 3 แบบ และกระบวนการแปรรูปอื่นๆ เช่น การคั่ว การบด ที่อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารให้ความเผ็ดจนได้เป็นผลิตภัณฑ์พริกป่น และมีการวัดค่าคุณภาพและวิเคราะห์สารพิษจากเชื้อรา Aflatoxin



บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง / ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 พริก

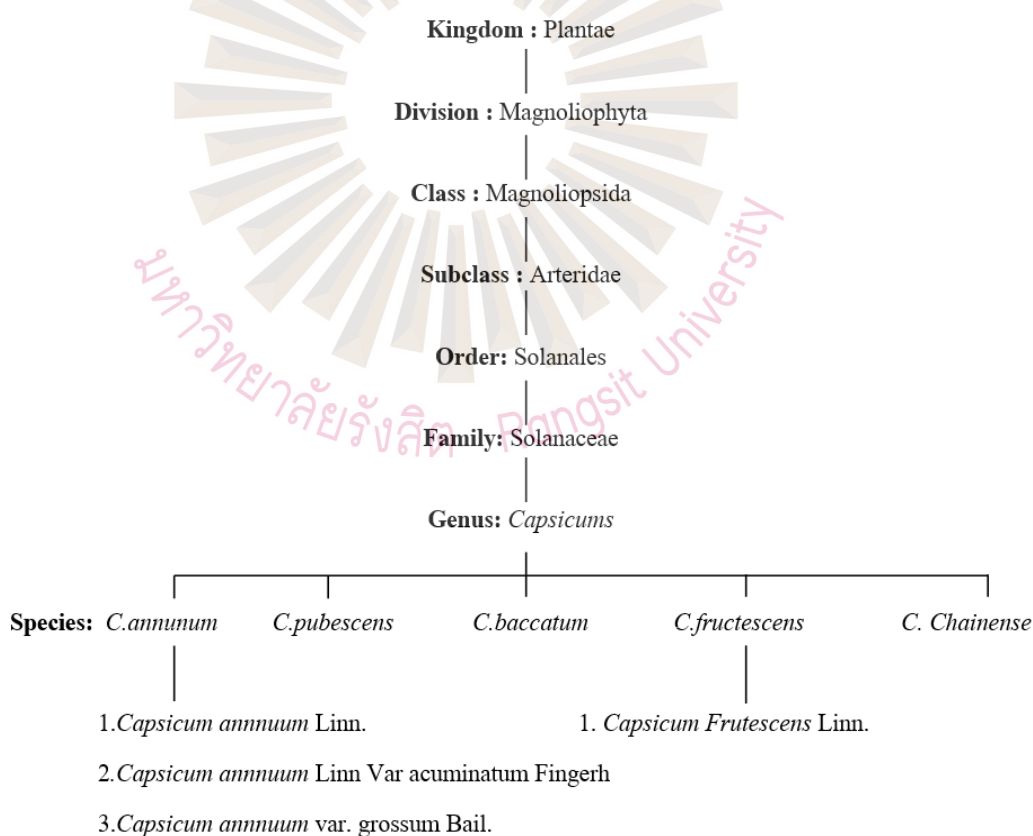
พริกสามารถปลูกและเจริญได้ดีทุกภูมิภาคของประเทศไทยและปลูกได้ตลอดปี (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรมส่งเสริมการเกษตร กองส่งเสริมพืชสวน, 2543) เป็นพืชผักที่ใช้ผลเป็นอาหารแต่เรามักเรียกว่าเม็ด ผลดิบหรือผลสุกแห้งจะมีรสเผ็ดมาก (อรุณรักษ์ พวงผล, 2543) พริกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ขึ้นต้นและล้มลุกพริกขึ้นต้นมีอายุยืน 2-3 ปี ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Capsicum frutescens* L. มีลักษณะเป็นไม้พุ่มขนาดเล็กใบสีเขียว ดอกสีขาว ให้ผลขนาดเล็ก ผลจะเกิดเป็นกลุ่มจากช่อดอกที่ประกอบด้วยดอกย่อยจำนวนมากว่า 1 ดอก โคนผลใหญ่บริเวณปลายเรียวเล็กยาว 2-3 เซนติเมตร ปลายผลชี้ขึ้นบนมีทั้งสีแดงและเหลือง ด้านในมีเม็ดบรรจุเป็นแถวยาว มีไส้พริกเป็นตัวยึดเกาะเม็ด พริกอ่อนมีสีเขียว พริกแก่สีแดง รสเผ็ดจัด เช่น พริกขี้หนู เป็นต้น (มณีฉัตร นิกรพันธ์ , 2541) ส่วนพริกล้มลุก มีอายุสั้นชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Capsicum annuum* L. ลำต้นเป็นพุ่มเตี้ย ใบสีเขียวปลายแหลม ดอกสีขาวออกตามซอกใบ เกิดผลเดี่ยวมีทั้งปลายชี้ขึ้นและชี้ลง ผลมีทั้งขนาดเล็กและใหญ่ ชนิดผลเล็ก ได้แก่พริกขี้ฟ้า พริกหยวก โคนผลใหญ่ปลายเรียว ผลอ่อนสีเขียว ม่วงเมื่อแก่เปลี่ยนเป็นสีแดงหรือเหลืองแล้วแต่พันธุ์ รสเผ็ดปานกลาง ส่วนชนิดผลขนาดใหญ่ เช่น พริกหวาน ผลมีทั้ง สีแดง ม่วงเขียว ส้ม และเหลือง ไม่เผ็ดเลย (นิตา หงส์วิวัฒน์ และสุภาพรณ เยี่ยมชัยภูมิ , 2546)

พริก Capsicums มีอยู่หลายสายพันธุ์ซึ่งมีชื่อเรียกต่างๆ ไปตามท้องถิ่น เช่น พริกขี้หนู พริกขี้ฟ้า พริกหยวก พริกหวาน แพร่กระจายทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทย การค้นพบพริกน่าจะเกิดขึ้นเมื่อปลายศตวรรษที่ 15 โดยเฉพาะสเปนและโปรตุเกสซึ่งพบพริกครั้งแรกในทวีปอเมริกาใต้ ผู้ค้นพบคนแรกคือโคลัมบัส ต่อมาพริกเหล่านี้ได้แพร่กระจายไปสู่ภูมิภาคอื่นๆ พริกเข้ามาในเมืองไทยพร้อมนักเดินเรือและพ่อค้าชาวโปรตุเกส ในสมัยอยุธยาตอนต้น ปี ค.ศ.1511 กลางพุทธศตวรรษที่ 21 สมัยรัชสมัยสมเด็จพระชัยราชาและต่อถึงสมเด็จพระมหาจักรพรรดิ ก่อนเสียกรุงครั้งแรกแก่พม่าในปี พ.ศ. 2112 และเชื่อว่าหากพริกไม่ได้เข้ามาในช่วงนี้ ก็คงเป็นช่วงพระเจ้าทรงธรรมต่อเนื่องสมเด็จพระ

พระนารายณ์ ซึ่งมีการติดต่อค้าขายกับต่างประเทศสูงมาก ทั้งจีน อินเดีย แอฟริกา และฝรั่ง (อบเชย อิมสบาย, 2541)

2.1.1 อนุกรมวิธานของพริก

พริก *Capsicums* จัดเป็นพืชที่อยู่ในตระกูล *Solanaceae* ซึ่งพืชในตระกูลนี้มีอยู่ด้วยกันประมาณ 90 สกุล (*Genaera*) หรือ 2,000 ชนิด (*Species*) (Heiser, & Pickersgills, 1969) พริก *Capsicums* ประกอบด้วยชนิดต่าง ๆ 20-30 ชนิด แต่พริกที่ค้นพบในประเทศไทย มี 5 กลุ่ม (Smith, Villalon, & Villa, 1987) ได้แก่ *C.pubescens*, *C.baccatu*, *C.annuum*, *C.frutescens* และ *C. chainense* และนิยมปลูกมาก 2 species 4 ชนิด (เฉลิมเกียรติ โกภาวัฒนา, 2540) คือ *Capsicum annum* Linn. Var *acuminatum* Fingerh, *Capsicum annum* Linn, *Capsicum annum* var. *grossum* Bail. และ *Capsicum Frutescens* Linn. การจัดอนุกรมวิธานของพริก *Capsicums* ตามรูปที่ 2.1 ดังนี้



รูปที่ 2.1 การจัดอนุกรมวิธานของพริก *Capsicums*

ที่มา: Smith et al., 1987

2.1.2 ลักษณะทางชีววิทยา

ชื่อสามัญ / ชื่ออังกฤษ : Capsicums, Bird Chili (พริกชี้หนู) Cayenne Pepper (พริกชี้ฟ้า)
Sweet pepper (พริกหวาน) Red pepper (พริกหยวก)

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Capsicum Frutescens* Linn. (พริกชี้หนู) *Capsicum annuum* Linn. Var *acuminatum* Fingerh. (พริกชี้ฟ้า) *Capsicum annuum* Linn. (พริกหยวก) *Capsicum annuum* var. *grossum* Bail. (พริกยักษ์)

ชื่อวงศ์ : SOLANACEAE

ชื่ออื่น / ชื่อท้องถิ่น : พริกชี้หนู พริกเต้ (เหนือ) พริกขึ้นก (ใต้) พริกแหว (อีสาน) พริกยักษ์ พริกหวาน พริกชี้ฟ้า (กลาง)

2.1.2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

(1) ราก เป็นรากแก้ว หากินลึกมาก ต้นพริกที่โตเต็มที่รากฝอยจะแผ่ออกไปหากินด้านข้างในรัศมีเกินกว่า 1 เมตร และหยั่งลึกลงไปดินเกินกว่า 1.20 เมตร รากฝอยหา กินของพริกจะพบอยู่อย่างหนาแน่นมากในบริเวณรอบๆ ต้นได้ผิวดินลึก 60 เซนติเมตร

(2) ลำต้นและกิ่ง ลำต้นตั้งตรง สูง 1-2.5 ฟุต พริกเป็นพืชที่มีการเจริญของกิ่งเป็นแบบ dichotomous คือกิ่งจะเจริญจากลำต้นเพียง 1 กิ่ง แล้วแตกออกเป็น 2 กิ่ง และเพิ่มเป็น 4 8 16 กิ่ง ไปเรื่อยๆ และมักพบว่าต้นพริกที่สมบูรณ์จะมีกิ่งแตกขึ้นมาจากต้นที่ระดับดินหลายกิ่ง จนคล้ายกับว่ามีหลายต้นอยู่รวมที่เดียวกัน ดังนั้นจึงมักไม่พบลำต้นหลักแต่จะพบเพียงกิ่งหลักๆ เท่านั้น ทั้งลำต้นและกิ่งนั้นในระยะแรกจะเป็นไม้เนื้ออ่อนแต่เมื่อมีอายุมากขึ้นกิ่งก็จะยิ่งแข็งมาก แต่ กิ่งหรือต้นก็ยังคงเปราะและหักง่าย

(3) ใบ เป็นใบเลี้ยงคู่ ลักษณะของใบเป็นใบเดี่ยวแบนราบเป็นมัน มี ขนบ้างเล็กน้อย มีรูปร่างตั้งแต่รูปไข่ไปจนกระทั่งเรียวยาว มีขนาดแตกต่างกันออกไป ใบพริกหวาน มีขนาดค่อนข้างใหญ่ ใบพริกชี้หนูทั่วไปขนาดเล็ก (เฉลิมเกียรติ โกคำวัฒนา, 2540)

(4) ดอก เป็นดอกสมบูรณ์เพศ คือมีเกสรตัวผู้และตัวเมียอยู่ในดอก เดียวกัน โดยปกติมักพบเป็นดอกเดี่ยว แต่อาจจะพบหลายดอกเกิดตรงจุดเดียวกันได้ ดอกเกิดที่ข้อ ตรงมุมที่เกิดใบหรือกิ่งก้านดอกอาจตรงหรือโค้ง ส่วนประกอบของดอกประกอบด้วยกลีบรองดอก 5 พู กลีบดอกมีสีขาว 5 กลีบ แต่บางพันธุ์อาจสีม่วงและอาจมีกลีบตั้งแต่ 4-7 กลีบ มีเกสรตัวผู้ 5 อัน ซึ่งแตกต่างจากตรงโคนของชั้นกลีบดอก อับเกสรตัวผู้มีสีน้ำเงินแยกตัวเป็นกระเปาะเล็กๆ ยาวๆ เกสร

ตัวเมียสูงขึ้นไปเหนือเกสรตัวผู้ ปลายเกสรตัวเมียมีรูปร่างเหมือนกระบองห้วน รังไข่มี 3 พู แต่อาจพบได้ตั้งแต่ 2-4 พู

(5) ผล เกิดผลเดี่ยวมีทั้งปลายชี้ขึ้นและชี้ลง ผลมีทั้งขนาดเล็กและใหญ่ ชนิดผลเล็ก ได้แก่พริกชี้ฟ้า พริกหยวก โคนผลใหญ่ปลายเรียว ผลอ่อนสีเขียว ม่วง เมื่อแก่เปลี่ยนเป็นสีแดงหรือเหลืองแล้วแต่พันธุ์ รสเผ็ดปานกลาง ส่วนชนิดผลขนาดใหญ่ เช่น พริกหวาน ผลมีทั้ง สีแดง ม่วงเขียว ส้ม และเหลือง ไม่เผ็ดเลย (นิตา หงส์วิวัฒน์ และสุภาพรรณ เข็มชัยภูมิ, 2546) ฐานของผลอาจแบ่งออกเป็น 2-4 ห้อง ซึ่งจะเห็นได้ชัดในพริกหวาน แต่พริกที่มีขนาดเล็กอาจสังเกตได้ยาก บางพันธุ์อาจดูเหมือนว่าภายในผลมีเพียงห้องเดียว โดยตลอดเนื่องจาก septae ไม่เจริญยาวตลอดถึงปลายผล เมล็ดจะเกิดเกาะรวมกันอยู่ที่รก (Placenta) ซึ่งมีตั้งแต่โคนจนถึงปลายผล ในระหว่างการเจริญเติบโตของผลหากอุณหภูมิในเวลากลางวันสูงและความชื้นในบรรยากาศต่ำ จะทำให้ผลพริกมีการเจริญเติบโตผิดปกติ มีรูปร่างบิดเบี้ยวและมีขนาดเล็ก นอกจากนี้ยังทำให้การติดเมล็ดต่ำกว่าปกติอีกด้วย (นิตา หงส์วิวัฒน์ และสุภาพรรณ เข็มชัยภูมิ, 2546)

(6) เมล็ด มีรูปร่างกลมแบน มีสีเหลืองไปจนถึงน้ำตาล ผิวเรียบ ผิวไม่ก่อยมีขนเหมือนเมล็ดมะเขือเทศ มีร่องลึกอยู่ทางด้านหนึ่งของเมล็ด เมล็ดจะติดอยู่กับรกโดยเฉพาะทางด้านฐานของผลพริกเมล็ดจะติดอยู่มากกว่าปลายผล ส่วนมากที่เปลือกของผล และเปลือกของเมล็ดมักมีเชื้อโรคพวกโรคใบจุด และโรคใบเหี่ยวติดมา สำหรับจำนวนเมล็ดต่อผลพริก 1 ผล จะไม่แน่นอน

2.1.3 การปลูก/การผลิตพริกในไทย

พริก Capsicums แพร่กระจายอยู่ทั่วโลก มีอยู่ด้วยกัน 20-30 ชนิด ปลูกได้ดีในเขตร้อนและกึ่งร้อนขึ้นสภาพที่เหมาะสมกับการปลูก คือ ดินร่วนปนทราย มีความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมในช่วง 5.5-6.5 ในธรรมชาติพริกจะพบเห็นโดยทั่วไปในรูปของพืชรานและพืชมักสวนครัว จะเจริญอยู่อย่างอิสระ (อรุณรักษ์ พ่วงผล, 2543) พริกจัดเป็นพวกพืชผสมเอง แต่มีรายงานว่า การผสมข้ามธรรมชาติเกิดขึ้นได้ตั้งแต่ 9-32% ขึ้นอยู่กับพันธุ์ นอกจากการผสมโดยแมลงช่วยให้เกิดการผสมข้ามธรรมชาติแล้ว เกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียก็มีส่วนอยู่มาก คือ เกสรตัวผู้มักจะพร้อมจะผสมพันธุ์ได้หลังจากดอกบานแล้ว 2-3 วัน แต่เกสรตัวเมียพร้อมที่จะผสมพันธุ์ได้ทันทีที่ดอกบาน ดังนั้นจึงเปิดโอกาสให้เกสรตัวผู้จากดอกอื่นเข้าผสมได้ก่อน นอกจากนี้ยังมีสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นอีก เช่น นก ไก่ ที่ช่วยให้พริกเกิดการแพร่กระจายไปยังพื้นที่ต่าง ๆ (เฉลิมเกียรติ โกภาวัฒนา, 2540) ประเทศไทยมีพื้นที่ในการปลูกพริกทั้งสิ้น 540,000 ไร่ ผลผลิตทั้งหมด 333,672 ตัน การนำเข้า-

ส่งออกพริกแห้งในปี พ.ศ.2558 ปริมาณการนำเข้า 74,180,687 ตัน มีมูลค่า 2,375,405,932 ล้านบาท และปริมาณการส่งออก 12,603,524 ตัน มีมูลค่า 434,810,941 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร โดยความร่วมมือของ กรมศุลกากร, 2558) ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกและผลิตพริกมากเป็นอันดับต้นๆ ของพืชผักทั้งหมด โดยภาคตะวันออกเฉียงเหนือถือว่าเป็นพื้นที่ที่มีการปลูกพริกมากที่สุดประมาณร้อยละ 60 ของพื้นที่ทั้งประเทศ รองลงมา คือ ภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคใต้ (จิราวุธ สุขแดงน้อย และเพียรศักดิ์ ภักดี, 2554) พริกที่ปลูกมากที่สุด ได้แก่ พริกขี้หนูพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ พันธุ์จินดา หัวเรือ หัวยี่สิบ และยอดสน เป็นต้น (วีระ ภาคอุทัย, 2553)

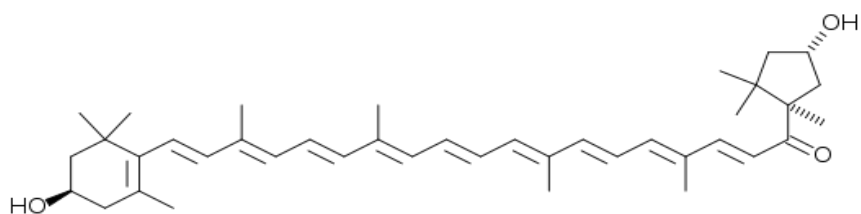
ตารางที่ 2.1 การนำเข้าและส่งออกของพริกตระกูล Capsicum และเครื่องปรุงรส ปี พ.ศ. 2557 – 2559
(มูลค่า: ล้านบาท)

ประเภท	ตลาดโลก	2557		2558		2559	
		ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า
พริกแห้ง	นำเข้า	44,339,078	910	60,034,052	1,627	59,568,657	4,111
	ส่งออก	6,728,908	196	9,204,872	254	4,056,248	268
พริกป่น	นำเข้า	4,170,337	158	1,726,240	115	2,640,564	201
	ส่งออก	2,615,327	91	2,266,960	106	3,874,714	110
พริกสดหรือแช่เย็น	นำเข้า	2,932,627	48	1,200,898	27	1,610,566	96
	ส่งออก	135,487	11	92,272	9	111,539	11
เครื่องปรุงรส	นำเข้า	9,005,694	1,418	12,315,843	1,511	15,327,676	1,694
	ส่งออก	262,403,402	17,982	271,168,909	18,703	286,269,433	19,765

ที่มา : กระทรวงพาณิชย์, 2559

2.1.4 องค์ประกอบทางเคมี (Chemical composition)

2.1.4.1 สารให้สีที่สำคัญ คือ แคปแซนทิน (Capsanthin) ซึ่งเป็นสารสีโทแคโรทีนอยด์ (Ketocarotenoid) และยังพบสารอื่น ได้แก่ แคปโซรูบิน (Capsorubin) เซียแซนทิน (Zeaxanthin) ลูเทอิน (Lutein) นีโอแซนทิน (Neoxanthin) ไวโอลาแซนทิน (Violaxanthin) และบีตาแคโรทีน (โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช, 2547)



รูปที่ 2.2 โครงสร้างทางเคมีของ Capsanthin ($C_{40}H_{56}O_3$)

ที่มา: จงรักษ์ แก้วประสิทธิ์, 2546

2.1.4.2 สารให้ความเผ็ด

สารให้ความเผ็ดร้อน คือ แคปไซซินอยด์ (Capsaicinoids) ซึ่งประกอบด้วยสารต่างๆ คือ แคปไซซิน (Capsaicin) ไดไฮโดรแคปไซซิน (Dihydrocapsaicin) นอร์ไดไฮโดรแคปไซซิน (Nordihydrocapsaicin) โฮโมแคปไซซิน (Homocapsaicin) โฮโมไดไฮโดรแคปไซซิน (Homodihydrocapsaicin) (ภัทรา เขมะประสิทธิ์, 2545; Salzer, Haarmann, & Reimer, 1975)

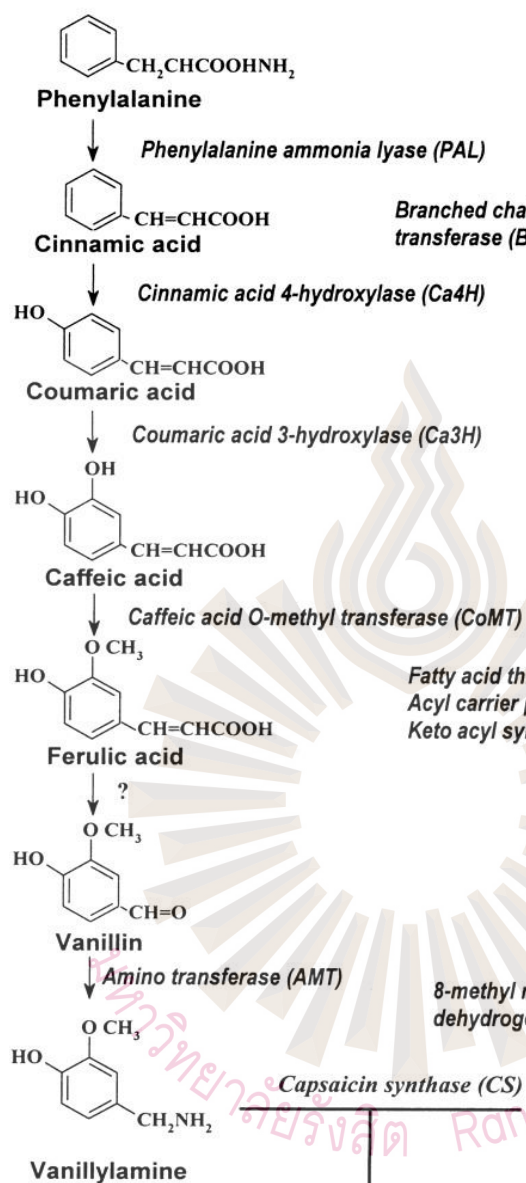
ตารางที่ 2.2 สูตรโมเลกุล สูตรโครงสร้าง และสัดส่วนของสารให้ความเผ็ดในพริก

ชื่อทางเคมี	สูตรโมเลกุล	สูตรโครงสร้าง	% ของปริมาณสารเผ็ดทั้งหมด
Capsaicin	$(CH_3)_2CHCH=CH(CH_2)_4-CO-R$		61
Dihydrocapsaicin	$(CH_3)_2CH(CH_2)_6-CO-R$		22
Nordihydrocapsaicin	$(CH_3)_2CH(CH_2)_5-CO-R$		7
Homodihydrocapsaicin	$(CH_3)_2CH(CH_2)_9-CO-R$		1
Homocapsaicin	$(CH_3)_2CHCH=CH(CH_2)_5-CO-R$		1

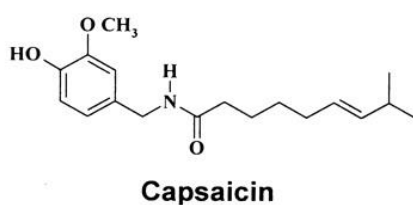
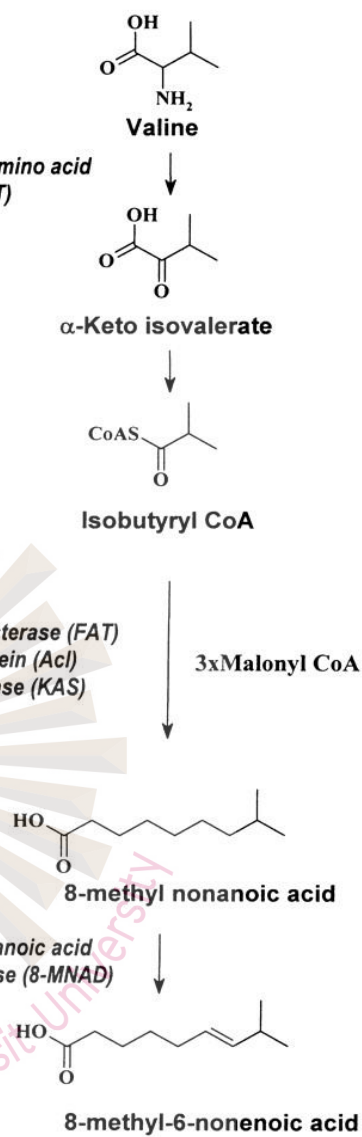
ที่มา: Wall & Bosland, 1998

จะเห็นได้ว่า แคปไซซินนั้นมีปริมาณสูงถึง ร้อยละ 61 ของปริมาณสารให้ความเผ็ดทั้งหมด (ตารางที่ 2.2) แคปไซซิน (capsaicin) เป็นสารพวก phenolic amide ประกอบด้วย C=18, H=27, N=1, O=3 (สูตรโมเลกุล $C_{18}H_{27}NO_3$) ชื่อทางการค้าคือ 8-methyl-N-vanillyl-6-nonenamide น้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 305.46 มีจุดหลอมเหลวเท่ากับ 65 องศาเซลเซียส (สัมพันธ์ คัมภีรานนท์, 2546) พบมากที่ผนังชั้นใน (Inner wall) ของผลไม้ ผนังชั้นระหว่างเซลล์ และรกของพริก ออกฤทธิ์โดยทำให้เกิดการปลดปล่อยของสาร ซึ่งเป็น neurotransmitter ที่ส่งผ่านความรู้สึกปวดจากเซลล์ประสาทไปยังสมอง หลังได้รับ capsaicin ซ้ำๆจะทำให้สารหมดไปทำให้อาการปวดลดลง แคปไซซินที่พบในรอกจะมีปริมาณร้อยละ 4.72 - 32 ต่อหน่วยน้ำหนักของรอก ในพริกแห้งที่มีจำหน่ายในท้องตลาดจะมีแคปไซซินตั้งแต่ 0-360 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ถ้าหากพริกใดมีแคปไซซินสูงกว่า 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมจะมีรสเผ็ดร้อนมาก สารนี้มีคุณสมบัติทนทานต่อการแปรรูปอาหารได้ดี เมื่อละลายแคปไซซินในน้ำ 1 ส่วนใน 11 ล้านส่วน จะยังคงความเผ็ดอยู่ รสเผ็ดนี้ไม่ถูกทำลายด้วยด่าง แต่ถูกทำลายโดย oxidising agent เช่น potassium dichromate หรือ potassium permanganate การวัดความเผ็ดของพริกมาตรฐาน ทำโดยใช้ผงพริกแห้ง 1 กรัม แช่ในแอลกอฮอล์ 50 มิลลิลิตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง กรองชั้นแอลกอฮอล์มา 0.1 มิลลิลิตร ทำให้เจือจางด้วยน้ำกลั่นที่มี sucrose อยู่ 10 % จำนวน 140 มิลลิลิตร ให้อาสาสมัครทดลองชิมในปริมาณ 5 มิลลิลิตรต่อคน พบว่า 2 ใน 3 ของอาสาสมัครจะมีความรู้สึกเผ็ด สารละลายที่ทำได้นี้จะเทียบได้กับพริก 1 ส่วนใน 70,000 ส่วนของน้ำหวาน (sucrose) และพบว่าพริกจากญี่ปุ่นจะเผ็ดใน 1:50,000 ส่วน พริกจากอินเดียจะเผ็ด 1:40,000 ส่วน สารแคปไซซินบริสุทธิ์จะมีลักษณะเป็นผลึกไม่มีสี น้ำหนักโมเลกุล 305.4 g mol^{-1} จุดเดือด 210 - 220 องศาเซลเซียส ไม่ละลายในน้ำเย็นแต่ละลายได้ดีในเอทานอล อีเทอร์ และอะซิโตน สารให้ความเผ็ดในพริกจะกระจายตัวในส่วนต่างๆในปริมาณที่ต่างกัน โดยจะพบมากในส่วนของเนื้อเยื่อชั้นในที่ติดกับไส้ (Dissepiment) มีปริมาณแคปไซซินสูงถึงร้อยละ 89 ของปริมาณทั้งหมดในผลพริก แต่ในเมล็ดพบเพียงร้อยละ 10.8 เท่านั้น ปริมาณ แคปไซซินจะแตกต่างกันไปตามชนิดของพันธุ์พริก ความแก่อ่อน สถานที่ และฤดูกาลเพาะปลูก (จงรักษ์ แก้วประสิทธิ์, 2546)

Phenyl Propanoid Pathway



Valine Pathway



รูปที่ 2.3 Pathway ในการสร้างสารให้ความเผ็ด

ที่มา: Prasad, Gururaj, Kumar, Giridhar, & Ravishankar, 2006

2.1.5 ปัจจัยที่มีผลต่อความคงตัวของสารให้ความเผ็ด

ความเผ็ดนั้นเป็นเอกลักษณ์ที่สำคัญของพริก ระดับความเผ็ดของพริกขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารให้ความเผ็ด คือ แคปไซซิน (Wang, P., Xia, Wang, J., Luo, & Huang, 2009) แคปไซซินมีจุดเดือดที่ 511.5 องศาเซลเซียส (Guidechem, 2017) ไม่ละลายในน้ำเย็นแต่ละลายได้ดีในเอทานอล อะซิโตน และไขมัน (Cordell & Araujo, 1993) ปัจจัยที่มีผลต่อการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสารให้กลิ่นรส ในผลิตภัณฑ์อาหาร ได้แก่ ขั้นตอนการผลิต การเก็บรักษา บรรจุภัณฑ์ รวมถึงส่วนผสมอื่นที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์อาหาร ปัจจัยที่เชื่อมโยงสารให้กลิ่นรสกับคุณภาพ โดยรวมของอาหาร ได้แก่ คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี ความเข้มข้น และอันตรกิริยา (interaction) ระหว่างโมเลกุลของสารให้กลิ่นรสที่ระเหยได้กับองค์ประกอบของอาหาร (เบญจา ชูตินทราศรี, ม.ป.ป.) ความคงตัวของแคปไซซินขึ้นอยู่กับความเข้มข้น และช่วงเวลาในการให้ความร้อน (Ornelas-Paz et al., 2010) Wang et al. (2009) รายงานว่าการอบพริกโดยใช้ Oven drying ที่อุณหภูมิ 100-190 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที พบว่าอุณหภูมิไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณ capsaicinoids แต่ที่อุณหภูมิสูงกว่า 190 องศาเซลเซียส capsaicin และ dihydrocapsaicin เกิดการสลายตัวอย่างรวดเร็ว

2.2 พริกแห้ง/ พริกป่น

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมฯ ภายใต้กระทรวงอุตสาหกรรมได้ให้ความหมายของพริกแห้งว่า พริกแห้ง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสกุลพริก (*Capsicum sp.*) เช่น พริกขี้หนูสวน (*Capsicum frutescens* Linn.) และพริกอ่อนหรือพริกขี้ฟ้า (*Capsicum annuum* Linn.) ที่สุกหรือแก่จัด เมื่อนำมาทำแห้งอาจมีก้านติดอยู่หรือไม่ก็ได้ หรือเป็นพริกสดที่เมื่อดูด มีสีแดงสม่ำเสมอผ่านการคัดเลือกคุณภาพ การทำความสะอาด การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ การลวกในน้ำร้อนและผ่านการอบหรือตากแดดจนแห้งสนิท (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2526)

2.2.1 คุณภาพ/ มาตรฐาน/ ข้อกำหนด (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2553)

2.2.1.1 ไม่มีกลิ่นอับ หรือกลิ่นแปลกปลอม

2.2.1.2 พริกแห้งในบรรจุภัณฑ์เดียวกันต้องเป็นชนิดเดียวกัน

2.2.1.3 ไม่มีศัตรูพืช หรือชิ้นส่วนของศัตรูพืช

- 2.2.1.4 ไม่น่าเสียจนทำให้ไม่เหมาะต่อการบริโภค
- 2.2.1.5 ไม่เห็นเส้นใยของเชื้อรา เมื่อมองด้วยตาเปล่า
- 2.2.1.6 ความชื้นไม่เกิน 13.5%
- 2.2.1.7 ไม่มีการแตงสี
- 2.2.1.8 ผลมีสีผิดปกติ ไม่เกิน 5% (สัดส่วนโดยน้ำหนัก)
- 2.2.1.9 อะฟลาทอกซิน ต้องไม่เกิน 15 $\mu\text{g/kg}$
- 2.2.1.10 ปริมาณจุลินทรีย์

- (1) จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 5×10^5 โคโลนีต่อ 1 กรัมตัวอย่าง
- (2) *Clostridium perfringens* ต้องไม่พบในตัวอย่าง 0.01 กรัม
- (3) โคลิฟอร์ม โดยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม
- (4) รา ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

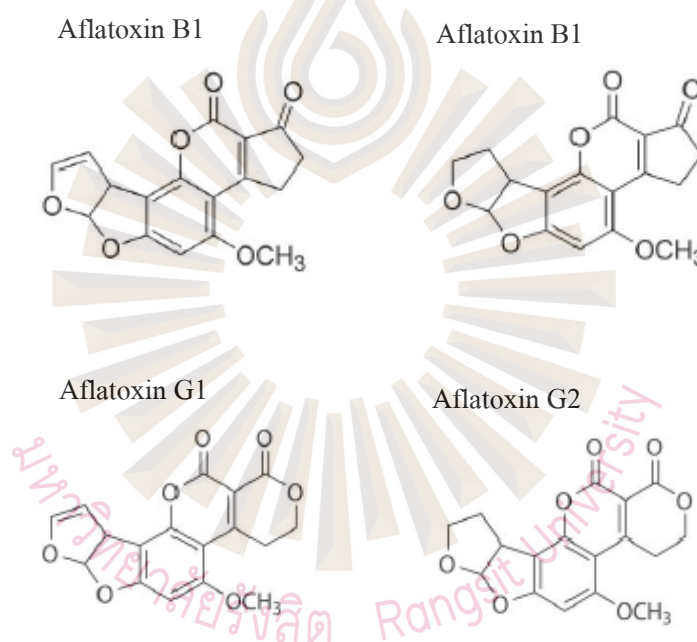
2.2.2 Aflatoxin

อะฟลาทอกซินเป็นสารกระตุ้นการก่อมะเร็งที่ตับและอวัยวะอื่น ๆ เช่น ไต รวมทั้งระบบสำคัญของร่างกายได้แก่ ระบบหายใจระบบทางเดินอาหาร ระบบประสาท ระบบสืบพันธุ์ และระบบภูมิคุ้มกัน สารพิษอะฟลาทอกซินผลิตจากเชื้อราตระกูล *Aspergillus* ได้แก่ *A. flavus*, *A. parasiticus* สารพิษอะฟลาทอกซินมีสมบัติเรืองแสงได้เมื่อส่องดูภายใต้แสงอัลตราไวโอเล็ต โดยอะฟลาทอกซินบี 1 (Aflatoxin B1, AFB1) อะฟลาทอกซินบี 2 (Aflatoxin B2, AFB2) และอะฟลาทอกซินเอ็ม (Aflatoxin M, AFM) จะเรืองแสงสีฟ้า ส่วนอะฟลาทอกซินจี 1 (Aflatoxin G1, AFG1) และอะฟลาทอกซินจี 2 (Aflatoxin G2, AFG2) เรืองแสงสีเขียว จากคุณสมบัติของการเรืองแสงนี้เองจึงสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการตรวจหาปริมาณและคุณภาพของอะฟลาทอกซินเหล่านี้ได้ (ดวงจันทร์ สุขประเสริฐ และวนิดา บุรณาดิ, 2547) จินตนา และคณะ (2540) แยกเชื้อราที่ปนเปื้อนในพริกแห้งพบชนิดเชื้อราที่มีโอกาสสร้างสารพิษ AFB1 (รูปที่ 2.4) ได้เช่นกันแสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ชนิดและจำนวนเชื้อราที่พบในพริกแห้งประเภทต่างๆ

ชนิดเชื้อราในพริกแห้ง	จำนวนเชื้อราและยีสต์ที่พบ (ต่อกรัม)	
	เมล็ดเต็ม	ป่นละเอียด
<i>A. flavus</i>	1.1×10^3	2.1×10^2
<i>A. niger</i>	2.1×10^2	2.1×10^2
<i>A. glaucus</i>	-	2.1×10^2
<i>Penicillium spp.</i>	-	2.9×10^9

ที่มา: จินตนา บุญนาค, พิทยา อุดลยธรรม, และวชิรา พริงสุลกะ, 2540



รูปที่ 2.4 โครงสร้างของสารพิษอะฟลาทอกซินชนิดต่างๆ

ที่มา: Squire, 1981

นอกเหนือจากการก่อโรคจากสารพิษเชื้อรา ความสำคัญในเรื่องความปลอดภัยของอาหารยังเกี่ยวเนื่องไปถึงการค้าของสินค้าเกษตรระหว่างประเทศ จากข้อตกลงเรื่องการไม่กีดกันทางการค้าเพื่อก่อให้เกิดความยุติธรรมทางการค้าระหว่างประเทศหลายประเทศ ได้ใช้มาตรการด้านความปลอดภัยของอาหารเป็นข้อกำหนดในการค้า โดยคำนึงถึงสุขภาพของผู้บริโภคในประเทศเป็นสำคัญ อันตรายจากการปนเปื้อนของสารพิษเชื้อราจึงเป็นความไม่ปลอดภัยของอาหารอีกประเด็นหนึ่ง ที่มีการเฝ้าระวังและตรวจปริมาณอะฟลาทอกซินในสินค้าอาหาร โดยเฉพาะสินค้าที่มีความเสี่ยงได้แก่

ผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง ผลิตภัณฑ์จากวัตถุดิบทางการเกษตรเช่น ข้าวโพด เครื่องเทศ เป็นต้น มาตรฐานในประเทศไทยกำหนดให้มีการปนเปื้อนอะฟลาทอกซินในพริกแห้ง ได้ไม่เกิน 15 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2553) ดวงจันทร์ สุขประเสริฐ และวนิดา ยุธยาดี (2547) รายงานว่าในระหว่างปี พ.ศ. 2535 - 2544 ได้ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างเครื่องเทศได้แก่ พริกขี้หนูและพริกขี้ฟ้า 35 ตัวอย่างทั้งเมล็ด และ 29 ตัวอย่างที่ป่นละเอียด พริกไทยป่น 37 ตัวอย่าง กระเทียม (ชนิดสดเจียวกับน้ำมันและชนิดผง) 27 ตัวอย่าง น้ำจิ้มสะเต๊ะ 17 ตัวอย่างชีอิ้ว 5 ตัวอย่าง และอื่นๆ ได้แก่ เครื่องแกงสำเร็จรูป น้ำพริกเผา ซอสพริก ซุปสกัด 11 ตัวอย่าง เครื่องเทศทั้งหมด 160 ตัวอย่างตรวจพบอะฟลาทอกซินปนเปื้อน 8 ตัวอย่าง โดยพบในพริกทั้งเมล็ด 4 ตัวอย่าง ปริมาณที่พบอยู่ระหว่าง 12.26 - 61.28 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม พริกป่น 3 ตัวอย่าง ปริมาณที่พบคือ 7.84, 12.94 และ 14.40 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมและ กระเทียมชนิดผง 1 ตัวอย่าง ปริมาณที่พบคือ 6.59 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนเครื่องเทศชนิดอื่น ตรวจไม่พบการปนเปื้อนของสารพิษอะฟลาทอกซิน

การลดปริมาณการปนเปื้อนสารพิษอะฟลาทอกซิน วิธีที่ดีในการลดหรือกำจัดสารพิษอะฟลาทอกซินในอาหารและวัตถุดิบทางการเกษตรคือ วิธีที่ไม่ผิดข้อกำหนดตามที่กฎหมายกำหนดไว้มีต้นทุนในการดำเนินงานต่ำ และสามารถลดระดับการปนเปื้อนสารพิษอะฟลาทอกซินให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ โดยการให้ความร้อนที่ความดันสูงสามารถลดปริมาณอะฟลาทอกซินได้มากกว่า การให้ความร้อนที่ความดันปกติ การทำลายสารพิษอะฟลาทอกซินต้องใช้อุณหภูมิสูงในการสลายตัว ซึ่งอุณหภูมิที่ใช้ในการสลายตัวอยู่ในช่วง 237-306 องศาเซลเซียส และมีความสมดุลอยู่ตลอดเวลา บางรายงานกล่าวว่า ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส สามารถทำลายสารพิษอะฟลาทอกซินได้ บางส่วนในผลิตภัณฑ์อาหาร (Samarajeewa, Sen, Cohen, & Wei, 1990)

ในกระบวนการผลิตที่ใช้ความร้อนสูงมีผลให้สารพิษเชื้อราที่มีปริมาณลดลง แต่ไม่สามารถกำจัดสารพิษเชื้อราให้หมดไปได้ มีรายงานว่าที่อุณหภูมิสูงกว่า 150 องศาเซลเซียส ปริมาณสารพิษอะฟลาทอกซินจะลดความเข้มข้นได้ปานกลาง (Bullerman and Bianchini, 2007) การลดปริมาณ AFB₁ ด้วยการให้ความร้อนในข้าวสาลี ที่ความร้อน 50, 100, 150 และ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30, 60 และ 90 นาที พบว่าที่ความร้อนต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส ไม่สามารถลดปริมาณ AFB₁ ได้หรือลดได้ในปริมาณที่น้อยมาก ส่วนที่อุณหภูมิสูงกว่าคือ 150 องศาเซลเซียส สามารถทำลาย AFB₁ ได้ร้อยละ 60, 75 และ 82 สำหรับช่วงเวลา 30, 60 และ 90 นาที ตามลำดับ และที่อุณหภูมิสูง 200 องศาเซลเซียส สามารถทำลาย AFB₁ ได้มากกว่าร้อยละ 90 (Hwang & Lee, 2006)

2.2.3 กระบวนการผลิต

2.2.3.1 การแช่

Wiriya et al. (2009) ศึกษาอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งและการใช้สารเคมีในการเตรียมที่มีผลต่อคุณภาพของพริกแห้ง โดยใช้พริกสดพันธุ์หัวเรียว (Capsicum annuum c.v. Huarou Yon) มีความชื้นเฉลี่ย $75.0 \pm 0.192\%$ wb ลวกด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที และการแช่ด้วยสารเคมี (a) 0.3% (w/w) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$, (b) 1% (w/w) ascorbic acid, (c) 0.3% (w/w) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ +1% (w/w) citric acid, (d) 0.3 % (w/w) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ +1% (w/w) calcium chloride (CaCl_2), (e) control sample ที่ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที (อัตราส่วน 1:4) จากนั้นอบด้วยเครื่อง lab-scale tray dryer ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส 4 ชั่วโมง ทำการวัดค่าสีและหาความคงตัวของสารต่างๆในพริก พบว่าการแช่พริกด้วย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ทำให้พริกมีสีแดงสดเนื่องจากชะลัฟต์ยับยั้งการเกิดปฏิกิริยา non-enzymatic browning reaction นอกจากนี้การแช่ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ร่วมกับ CaCl_2 ทำให้สีของพริกแห้งคงตัวมากที่สุด และพบการเพิ่มขึ้นของวิตามินซีในพริกแห้งที่แช่ด้วยสารละลาย ascorbic acid แต่พริกแห้งจะมีสีน้ำตาลเข้มอย่างเห็นได้ชัด

รัตนกรณ์ มะโนกิจ (2546) ทำการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพและกรรมวิธีการผลิตพริกป่น โดยใช้วัตถุดิบ 2 ชนิด คือ พริกสดและพริกแห้งพันธุ์จินดา ซึ่งพบว่ากรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสมสำหรับการผลิตพริกป่นจากพริกสด คือ แช่พริกสดที่คัดเลือกในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 70 ppm นาน 30 นาที ลวกที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 13 ชั่วโมง ส่วนการผลิตพริกป่นจากพริกแห้ง คือ แช่พริกแห้งที่คัดแล้วในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 70 ppm นาน 30 นาที แล้วอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง นำไปบดเป็นพริกป่น ได้ปริมาณผลผลิตร้อยละ 80

Chaethong, Tunnarut, and Pongsawatmanit (2012) ศึกษาคุณภาพและค่าสีของพริกแห้งและพริกป่นที่แช่ในสารละลาย sodium metabisulfite ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) ที่ระยะเวลาการแช่และความเข้มข้นแตกต่างกัน ในการทดลองใช้พริกสดพันธุ์จินดา (Capsicum annuum L.) โดยล้างพริกสด ทิ้งให้สะเด็ดน้ำ และแช่ในสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ความเข้มข้น 200 1,000 และ 2,000 mg/kg เวลาในการแช่ 30 60 และ 120 นาที (อัตราส่วน 1:3) ที่อุณหภูมิห้อง ($T=30\pm 2^\circ\text{C}$) แล้วนำไปลวกที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส 3 นาที จากนั้นอบแห้งในเครื่อง tray dryer อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส 12 ชั่วโมง

ปริมาณความชื้นสุดท้าย 8% พบว่า ปริมาณ SO_2 เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นและระยะเวลาในการแช่ใน $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ และความร้อน จากการลดการตกค้างของ SO_2 ในพริก โดยควรใช้ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ความเข้มข้นอย่างน้อย 1,000 mg/kg ที่ระยะเวลาแช่อย่างน้อย 30 นาที จึงสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงของสีพริกแห้งและพริกป่นในระหว่างขั้นตอนการผลิตและการเก็บได้

Chaethong and Pongsawatmanit (2015) ศึกษาผลของ sodium metabisulfite และ Citric acid ในกระบวนการแช่หลังจากการลวกต่อคุณภาพและความคงตัวในการเก็บพริกแห้ง โดยใช้พริกสดพันธุ์จินดา (*C. annuum* L.) นำมาลวกที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที และแช่ในสารละลายที่มีความเข้มข้นต่างกันของ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ (0, 0.15, 0.3% w/w) และกรดซิตริก (0, 0.5, 1% w/w) เป็นเวลา 30 นาที แล้วอบแห้งในเครื่อง tray dryer ที่ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 11-12 ชั่วโมง จนมีปริมาณความชื้นสุดท้าย 8% พบว่าการแช่พริกในสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ร่วมกับกรดซิตริก แสดงผลเสริมฤทธิ์กันในการคงคุณภาพสีของพริกแห้ง และมีปริมาณ ascorbic acid total carotenoids และ total phenolics ที่คงเหลือในพริกแห้งเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ และกรดซิตริก หลังจากการเก็บพริกแห้ง พบว่า ค่าสี ปริมาณ ascorbic acid และ total carotenoids ในตัวอย่างที่ผ่านการแช่ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ และกรดซิตริก มีค่าสูงกว่าพริกแห้งที่ไม่ผ่านการแช่ (ชุดควบคุม) ดังนั้นการใช้ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ และกรดซิตริกในกระบวนการแช่พริกหลังจากลวกนั้นสามารถเพิ่มคุณภาพของพริกแห้งหลังกระบวนการผลิตและการเก็บได้

2.2.3.2 การลวก

พบสาร Capsaicinoids สะสมในเนื้อเยื่อผิวชั้นนอก และไส้ของพริก การผลิตแคปไซซินเพิ่มขึ้นตามระยะการเจริญเติบโตแล้วลดลงและการย่อยสลายสูงถึง 60% เนื่องจาก photooxidation หรือ oxidizing enzymes (Contreras-Padilla & Yahia 1998; Iwai, Suzuki, & Fujiwake, 1979; Kirschbaum-Titze, Mueller-Seitz, & Petz, 2002) แสดงให้เห็นว่าแคปไซซินและไดไฮโดรแคปไซซินลดลงหลังจากการหยุดชะงักของเซลล์ผลไม้ซึ่งเห็นได้ชัดว่า ปฏิกริยาดังกล่าวขึ้นกับอุณหภูมิ และเอนไซม์ peroxidase อาจเกี่ยวข้องโดยตรงกับการทำลายสารแคปไซซินอยด์ในพริกสด Bernal et al. (1993a, 1993b) รายงานว่าเอนไซม์ peroxidase มีส่วนทำให้เกิดการย่อยสลายสาร capsaicinoids โดยเฉพาะอย่างยิ่งการย่อยสลายของ capsaicin และ dihydrocapsaicin ซึ่งเอนไซม์นี้ส่วนใหญ่พบมากอยู่ในไส้และเซลล์ชั้นผิวหนังชั้นนอกสุด (Bernal, de Cáceres, & Barceló, 1994)

หลังการเก็บเกี่ยววัตถุดิบพริกสดจะถูกนำไปแปรรูปโดยให้ความร้อนเพื่อยับยั้ง จุลินทรีย์และเอนไซม์ อีกวิธีหนึ่งคือการลวกก่อนที่จะทำการบดเพื่อให้มีปริมาณจุลินทรีย์ต่ำ ปรับปรุงลักษณะสี ยับยั้งเอนไซม์ที่เสื่อมสภาพ อย่างไรก็ตามกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase ยังคงอยู่ แม้จะมีการใช้อุณหภูมิสูง (Schweigert, Schieber, & Carle, 2005)

การลวกพริกสดด้วยน้ำเดือดจัด (5 กิโลกรัมต่อน้ำเดือด 20 ลิตร เพื่อให้มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิระหว่างการลวกน้อยที่สุด) เป็นเวลา 50 วินาทีก่อนการทำแห้ง จะช่วยลด ปริมาณจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์พริกแห้งได้โดยไม่จำเป็นต้องทำแห้งในโรงเรือนกันแมลง (พรรณผกา รัตนโกศล, อุดม คำชา, สุระพงษ์ รัตนโกศล, พิศวาส บัวรา, และธวัชชัย นิมกังรัตน์, 2551)

การพัฒนาระบวนการผลิตเพื่อยกระดับคุณภาพของพริกชี้ฟ้าแห้งใน ระดับอุตสาหกรรมเพื่อการส่งออกโดยใช้กระบวนการล้างทำความสะอาดด้วยน้ำไฮโดรเจน ความเข้มข้น 1 ppm นาน 10 นาที แล้วนำมาลวกที่อุณหภูมิ 90 องศา เป็นเวลา 3 นาที ร่วมกับการแช่ ในสารละลายผสมระหว่างโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (0.3% $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) และแคลเซียมคลอไรด์ (1% CaCl_2) เป็นเวลา 10 นาที ก่อนนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 20 ชั่วโมง สามารถลด ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคลงได้ร้อยละ 90 (วราภา มหากาญจนกุล, อรรณพ ทศนอุดม, ยศยา ทูริสุทธิ, และงามจิตร โลวิฑูร, 2557)

2.2.3.3 การทำแห้ง

(1) การอบแห้งโดยอาศัยแสงอาทิตย์

การทำแห้งพริกโดยใช้แสงอาทิตย์เป็นวิธีการผลิตดั้งเดิมในทางเกษตร เพราะต้นทุนไม่แพง แต่เนื่องจากต้องใช้ระยะเวลาในการผลิตหลายวัน ผลิตภัณฑ์พริกแห้งที่ได้นั้นมี ปัญหาการหมักที่ไม่พึงประสงค์จึงทำให้ไม่ค่อยเป็นที่ต้องการของตลาด (Nogueira et al., 2005) การ ทำแห้งโดยอาศัยแสงอาทิตย์จะใช้ระยะเวลาประมาณ 7-20 วัน (ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ) เพื่อลด ความชื้นให้อยู่ระหว่าง 10 - 15% (Hossain, 2003; Oberoi, Ku, Kaur, & Baboo, 2005) อย่างไรก็ตาม การทำแห้งโดยใช้แสงอาทิตย์นั้น ไม่สามารถควบคุมสถานะได้ และทำให้เกิดกลิ่นคาวในพริก (Prakash & Eipeson, 2003) Gregory (1996) รายงานว่า ปฏิกริยาออกซิเดชันทำให้สูญเสียวิตามินซีในพริกที่ ตากแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพราะพริกแห้งสัมผัสกับแสงอาทิตย์โดยตรง Daood, Vjnkler, Markus, Hebshi, and Biacs (1996) รายงานว่าการทำแห้งพริกแดงด้วยแสงอาทิตย์ทำให้ปริมาณ

วิตามินซีลดลงมากกว่าการอบแห้งโดยใช้ลมร้อน (hot-air drying) ลือพงษ์ ลือนาม, สมศักดิ์ ภูหา สวรรค์เวช, และดวงกมล ปานรศทิพ ธรรมชาติวัฒน์ (2557) รายงานว่าการอบแห้งโดยอาศัยแสงแดด เป็นแหล่งให้ความร้อนแก่อาหาร เพื่อให้ไอน้ำระเหยออกจากอาหารและอาศัยลมช่วยพัดพาไอน้ำออกไป วิธีนี้ต้องพึ่งพาธรรมชาติ ต้องการเนื้อที่ในการตากมากกว่าการอบแห้งแบบอื่น ควบคุมคุณภาพได้ ยาก คุณภาพของพริกตากแห้งขึ้นอยู่กับสภาพอากาศในช่วงเวลาที่ตากแห้งพริกมักมีการปนเปื้อนฝุ่น ละออง มีแมลงและเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อน เกิดการเน่าเสียหรือเสื่อมคุณภาพ

(2) การอบแห้งแบบ hot air drying

อากาศโดยปกติจะมีอุณหภูมิประมาณ 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60-75 % เมื่อทำให้อากาศร้อนขึ้น ความชื้นสัมพัทธ์ของลมร้อนจะลดลงขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของลมร้อน เช่น 60 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ของลมร้อนจะเป็น 15-25 % ซึ่งจะสามารถถ่ายเทความร้อน ให้กับอาหารทำให้น้ำระเหยกลายเป็นไอ และลมจะพัดพาไอน้ำออกจากพริก ความชื้นในพริกจะลดลง อย่างรวดเร็วในช่วงแรก ต่อจากนั้นจะลดลงช้าๆ จนกระทั่งถึงจุดความชื้นสมดุลเนื่องจากพริกมี ความชื้นสูง 70-95 % จึงใช้ระยะเวลานานในการทำแห้ง การอบแห้งที่ถูกต้องจะต้องลดความชื้น อาหารมาให้อยู่ระดับความชื้นที่ปลอดภัย ซึ่งระดับความชื้นที่ปลอดภัยของพริกแห้งที่สำนักงาน มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำหนดเท่ากับ 13 %wb และความชื้นพริกป่นเท่ากับ 11 %wb (ลือพงษ์ ลือนาม และคณะ, 2557) เฉลิมชัย คำบุญลือ และอดุลย์ ลิ้มเจริญ (2531) ได้พัฒนาเครื่อง อบแห้งที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น คือ การนำอากาศร้อนกลับมาใช้อีกครั้ง และ รติกร เนรมิตรังสี, อดิศร ประสิทธิ์ศักดิ์, และอรรณวดี ลีวณินันท์ (2540) ได้ปรับปรุงเครื่องอบแห้งแบบได้หวั่น โดยมี การดูดลมร้อนกลับมาใช้ใหม่อีกครั้ง ซึ่งทดลองอบลำไยและพริก พบว่า การดูดลมร้อนกลับมาใช้ใหม่ ทำให้ใช้เวลาในการอบแห้งน้อยลงและทำให้ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงน้อยลงด้วย แต่ยังมีปัญหาของ ความไม่สม่ำเสมอของผลผลิตที่ทำการอบแห้ง

(3) การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze Drying)

เป็นวิธีที่ดีที่สุดในการจัดน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์ ในขั้นสุดท้ายมีคุณภาพสูงสุดเมื่อเทียบกับวิธีการอบแห้งอื่นๆ (Irzyniec, Klimezak, & Michalowski, 1995) การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze Dehydration หรือ Lyophilization) คือ การทำแห้ง (Dehydration) ด้วยการแช่เยือกแข็ง (Freezing) ทำให้น้ำเปลี่ยนสถานะเป็นผลึกน้ำแข็งก่อน แล้วจึง ลดความดันเพื่อให้ผลึกน้ำแข็งระเหิด (Sublimation) เป็นไอ ด้วยการลดความดันให้ต่ำกว่า บรรยากาศปกติ ขณะควบคุมให้อุณหภูมิต่ำ (ที่อุณหภูมิเท่ากับ หรือ ต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส น้ำแข็ง ระเหิดที่ความดันเท่ากับ 4.7 มิลลิเมตรปรอทหรือต่ำกว่า) ข้อดีของการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเป็น การทำแห้งขณะที่อาหารมีอุณหภูมิต่ำจึงลดการสูญเสียของอาหารเนื่องจากความร้อน ลดการทำลาย

เนื้อเยื่อและโครงสร้างอาหาร ทำให้ได้อาหารแห้งที่ได้มีคุณภาพสูง มีการคืนตัว (Rehydration) ที่ดี รักษาคุณภาพอาหาร เช่น สี กลิ่น รสชาติ และลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการทำแห้งแบบอื่น เช่น การทำแห้งแบบพ่นละออง (Spray Dryer) การทำแห้งด้วยลมร้อน เช่น ตู้อบลมร้อน (Tray Dryer, Carbinet Dryer) แต่มีค่าใช้จ่ายสูงเมื่อเปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งที่ใช้ลมร้อนทั่วไป (ปิ่นนคร ภัทรสถาพรกุล, 2547) Mahanom, Azizah, and Dzulkifly (1999) แสดงให้เห็นว่าวิธีเตรียมสมุนไพรด้วยการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze Drying) ช่วยคงปริมาณสาร Phytochemical ได้มากกว่าการอบแห้งแบบใช้ลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 ชั่วโมง หรือ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง และในงานวิจัยของ Toontom, Meenune, Posri, and Lertsiri (2012) ได้ศึกษาผลของวิธีการอบแห้งที่มีต่อคุณภาพทางกายภาพและทางเคมี ความเผ็ด และสารระเหยให้กลิ่นเฉพาะของพริกชี้ฟ้าแห้ง (*Capsicum annum Linn. var. Acuminatum Fingerh.*) โดยทำการลวกด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที นำไปทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ที่อุณหภูมิ -50 องศาเซลเซียส ความดัน 5 Pa ในตู้แช่แข็ง จนได้ค่าความชื้นประมาณ 10-13 % พบว่าพริกแห้งที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งให้สีแดงสดและมี ascorbic acid สูงกว่าการทำแห้งวิธีอื่น และการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งไม่มีผลต่อการลดลงของ capsaicin

2.2.3.4 การคั่ว

(1) การคั่วแบบใช้กระทะ

การคั่วพริกนั้นเป็นการทำพริกแห้งคั่วในกระทะโดยใช้ไฟอ่อน เดิมเกลือลงไปเพื่อลดกลิ่นฉุนและไม่ทำให้พริกไหม้ ใช้เวลาคั่วประมาณ 30 นาที จากนั้นตักพริกออกจากกระทะพักให้เย็น เพื่อนำไปบดให้เป็นพริกป่นต่อไป การคั่วพริกแบบวิธีดั้งเดิมใช้คนเป็นผู้ปฏิบัติงานซึ่งการใช้แรงงานคนนั้นอาจทำงานได้อย่างไม่ต่อเนื่อง ทำให้เสียเวลาในการผลิตและอาจทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพเนื่องจากควันพริกที่มีกลิ่นแรงทั้งนี้พริกที่ได้จากการคั่วอาจไม่ได้คุณภาพอีกด้วย



รูปที่ 2.5 การคั่วพริกแบบใช้กระทะ

ที่มา: ศูนย์รวมความรู้การเกษตร, 2561

(2) เครื่องคั่วพริกแห้งแบบแนวตั้ง

เป็นเครื่องที่ประกอบขึ้นในประเทศไทยมีทั้งสแตนเลสและเหล็ก ถูกออกแบบมาสำหรับอุตสาหกรรมผู้ผลิตอาหารที่ได้มาตรฐาน (GMP) โดยเฉพาะ ออกแบบมาเพื่อช่วยให้การคั่วอาหารทำได้อย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอจึงทำให้ผู้ผลิตรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่นำมาทำการคั่วด้วยเครื่องคั่วนี้และยังช่วยทุ่นแรงในการทำงานลงได้โดยใช้ก๊าซหุงต้มเป็นพลังงานในการให้ความร้อนเพื่อลดความชื้นของพริกให้น้อยลง หลักการทำงานของเครื่องคั่วพริกแบบแนวตั้งมีระบบในการทำงานคือถึงอยู่กับที่แล้วใช้ใบมีดเป็นตัวปั่นพริกให้เคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลาเพื่อไม่ให้พริกที่คั่วเกิดการไหม้โดยใบมีดถูกขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ โดยผ่านชุดเกียร์ทดและสายพานเป็นตัวส่งกำลังให้ใบมีดเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลาพริกที่ได้จากการคั่วจึงไม่เกิดการไหม้ (นัฐพงศ์ เต็มกาวิระ, สุพจน์ จ่อนด้าง, และเอกลักษณ์ เกื้อทอง, 2557)



รูปที่ 2.6 เครื่องคั่วพริกแห้งแบบแนวตั้ง

ที่มา: นัฐพงศ์ เต็มกาวิระ และคณะ, 2557

(3) เครื่องคั่วพริกแห้งแบบแนวนอน

เป็นเครื่องที่ประกอบขึ้นในประเทศไทยมีทั้ง สแตนเลส และ เหล็กออกแบบมาสำหรับอุตสาหกรรมผู้ผลิตอาหารที่ได้มาตรฐาน (GMP) หลักการทำงานของเครื่องคั่วพริกแบบแนวนอนมีระบบในการทำงานคือถังหมุนเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา เพื่อไม่ทำให้พริกที่คั่วเกิดการไหม้โดย ตัวถังถูกส่งกำลังจากมอเตอร์โดยผ่านชุดเกียร์ทดและสายพานเป็นตัวส่งกำลังให้ถังเคลื่อนที่อยู่ ตลอดเวลาพริกที่ได้จากการคั่วจึงไม่ให้เกิดการไหม้ภายในถังมีก้านใบพัดติดกับตัวถังเวลาเครื่อง ทำงานใบพัดจึงเป็นตัวกวนให้พริกสุกเท่ากันตลอด (นัฐพงศ์ เต็มกาวิระ และคณะ, 2557)



รูปที่ 2.7 เครื่องคั่วพริกแบบแนวนอน

ที่มา: นัฐพงศ์ เต็มกาวิระ และคณะ, 2557

2.2.3.5 การบด

การบดพริกเป็นการนำพริกที่ผ่านการคั่วแล้ว ทำการตำหรือบดด้วยเครื่องให้ละเอียด



รูปที่ 2.8 อุปกรณ์ที่ใช้บดพริกในระดับครัวเรือน

ที่มา: สิริรักษ์ บางสุด, 2561



รูปที่ 2.9 เครื่องบดพริกในระดับอุตสาหกรรม

ที่มา: เซ็นทรัลเวิลด์ อินเตอร์เทรด, 2560

2.2.3.6 การเก็บรักษา

เพื่อให้อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารแห้งยาวนานขึ้น จึงต้องควบคุมปัจจัยต่างๆ ดังนี้ (โชคชัย ชีรกุลเกียรติ, 2539)

(1) ภาชนะบรรจุอาหารแห้งนั้น มีความสำคัญมากในการทำให้อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารแห้งมากขึ้น เนื่องจากภาชนะบรรจุทำหน้าที่ป้องกันสภาพแวดล้อมต่างๆ ที่มีผลต่อการเสื่อมเสียและเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษา อันเกิดจากความชื้น ออกซิเจน อุณหภูมิ แสง สัตว์ แมลง จุลินทรีย์ และสิ่งเจือปน ภาชนะบรรจุภัณฑ์อาหารแห้งควรป้องกันสิ่งต่างๆ ได้ดี และควรมีความคงทน ไม่เป็นพิษ ราคาพอเหมาะ ภาชนะที่ใช้บรรจุอาจจะเป็นกล่อง กระเบื้อง ขวด หรือถุงแล้วแต่ประเภทของผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง

ชนิดของถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีน (polypropylene หรือ PP) เป็นพลาสติกที่เบาที่สุด มีลักษณะคล้ายกับโพลีเอทิลีน คือ เบากว่าน้ำซึ่งมีความหนาแน่นหรือความถ่วงจำเพาะน้อยกว่า 1 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรหรือประมาณ 0.9 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (สุภาวดี ชีรธรรมากร, 2543) มีความเหนียว ลักษณะวาวใส มีความทนทานต่อแรงดึงและฉีกขาดสูง ทนกรด มีความยืดหยุ่นสูงทนต่อสารเคมี ขอมให้ความชื้น ก๊าซ และกลิ่นซึมผ่านได้ปานกลาง พลาสติกโพลีโพรพิลีนยัดได้น้อยกว่าฟิล์มพอลิเอทิลีน คุณสมบัติที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือทนความร้อนได้สูงถึง 175 องศาเซลเซียส เหมาะสำหรับใช้บรรจุอาหารร้อนผลิตภัณฑ์อาหารแห้งสำหรับนำเข้าไมโครเวฟ เป็นต้น ขวดบรรจุขอสมะเขือเทศ ถุงสำหรับขนมขบเคี้ยวต่างๆ ฝาและจุกขวด (บุษยา วุฒิชญา และศัลยา อักษรมัต, 2542)

อลูมิเนียมฟอยล์ แผ่นอลูมิเนียมฟอยล์เป็นโลหะผสมที่มีคุณสมบัติอ่อนตัวเมื่อได้รับความร้อน มีความหนาแน่นระหว่าง 0.006-0.15 มิลลิเมตร แผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ที่บางมากจะมีราคาสูง โดยแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ที่ไม่มีรูเข็ม (pin hole) ที่ทำให้ไอน้ำและก๊าซซึมผ่านได้ จึงสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้สามารถนำไปใช้ร่วมกับวัสดุชนิดอื่น เช่น การประกบกับฟิล์มพลาสติกเพื่อเพิ่มคุณสมบัติในการป้องกันไอน้ำและอากาศได้ดีขึ้น เหมาะสำหรับการบรรจุอาหารแห้งที่มีค่าแอกติวิตีของน้ำต่ำ (Rooney & Yam, 2004)

(2) ก๊าซในการบรรจุ ก๊าซบางชนิดใช้ร่วมในการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารแห้งที่ค่อนข้างไวต่อการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากผลของออกซิเจน เช่น อาหารแห้งที่มีไขมันไม่อิ่มตัวอยู่สูง มักมีการเติมก๊าซไนโตรเจนในภาชนะบรรจุ ทำให้สภาวะแวดล้อมของอาหารภายในภาชนะบรรจุเป็นสภาวะที่มีออกซิเจนต่ำ ส่งผลให้เกิดความเสื่อมเสียคุณภาพจากผลของออกซิเจนได้ยาก จึงมีการยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

(3) ระบบสุญญากาศ ในการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารที่ค่อนข้างไวต่อการเปลี่ยนแปลงจากผลของออกซิเจน นอกจากใช้ก๊าซแล้วในขณะบรรจุอาจใช้วิธีการดูดอากาศออกโดยใช้เครื่องบรรจุระบบสุญญากาศ ซึ่งภาชนะที่ใช้ต้องสามารถทนความดันที่แตกต่างกัน ระหว่างภายนอกและภายในภาชนะบรรจุได้

(4) สารกำจัดออกซิเจน อาหารแห้งบางประเภทอาจใช้สารกำจัดออกซิเจน (Deoxidizer) ซึ่งบรรจุอยู่ในภาชนะที่อากาศสามารถผ่านออกได้ โดยสารในภาชนะจะไล่ลงไป ในภาชนะบรรจุอาหารแห้ง ซึ่งควรเป็นภาชนะบรรจุ ช่วยลดปริมาณออกซิเจน ที่จะทำปฏิกิริยาต่างๆ ในอาหารแห้ง

(5) สารดูดความชื้น การใส่สารดูดความชื้นบางชนิด เช่น แคลเซียมออกไซด์ (ซิลิกาเจล) ใส่ลงในบรรจุภัณฑ์เล็กๆ ที่ทำจากวัสดุที่ความชื้นสามารถผ่านออกได้ดี แล้วจึงนำสารดูดความชื้นใส่ลงในภาชนะที่บรรจุอาหารอีกทีหนึ่ง สารพวกซิลิกาเจลนี้จะช่วยดูดความชื้นในระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง และยังมีการใช้สารที่ช่วยป้องกันการเกาะตัวของผลิตภัณฑ์อาหารผงเนื่องจากความชื้น เช่น แคลเซียมสเตียเรต ซึ่งใช้ใส่ลงในผลิตภัณฑ์อาหารผง

รัตนกรณ์ มะโนกิจ (2546) รายงานอายุการเก็บรักษาพริกป่นที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) บรรจุถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีนและถุงอลูมิเนียมฟอยล์ มีอายุการเก็บรักษา 70 วันและมากกว่า 84 วัน ตามลำดับ ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส พริกป่นที่บรรจุถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีนและถุงอลูมิเนียมฟอยล์ มีอายุการเก็บรักษา 28 วัน และ 56 วัน ขณะการเก็บพริกป่นที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ในถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีนและถุงอลูมิเนียมฟอยล์ พบว่าพริกป่นมีอายุการเก็บรักษา 7 วัน และ 14 วัน

Addala, Vasavada, Dong, and Subramanian (2015) ศึกษาผลกระทบของสภาวะการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงของสีในผลิตภัณฑ์พริกปาปริกา (*Capsicum annum*) โดยศึกษาผลิตภัณฑ์จากพริกแห้ง 12 ตัวอย่าง ได้แก่ พริกปาปริกา 7 ตัวอย่าง พริกไทย 3 ตัวอย่าง และพริกป่น 2 ตัวอย่าง ผลิตภัณฑ์ทั้งหมดถูกเก็บรวบรวมจากสถานที่ผลิตที่ลาสครูเซส นิวเม็กซิโกและเก็บไว้ในถุง Ziplock นาน 6 เดือนที่ 4 สภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน ได้แก่ (1) 35 องศาเซลเซียส 80%RH (2) อุณหภูมิห้องประมาณ 22 องศาเซลเซียส 45%RH (3) ตู้เย็นที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส (4) อุณหภูมิแช่แข็งที่ -8 องศาเซลเซียส พบว่า extractable color (ASTA) และ surface color ในตัวอย่าง 12 ตัวอย่างนั้น มีการสูญเสียไปเมื่อเก็บไว้ที่ตู้เย็น 7 องศาเซลเซียสและการแช่แข็ง -8 องศาเซลเซียส มีการสูญเสียค่าสีอย่างมีนัยสำคัญในตัวอย่างที่เก็บที่อุณหภูมิสูง แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิและความชื้นมีผลต่อการเปลี่ยนสีของพริก จะเห็นว่าเมื่ออุณหภูมิและความชื้นเพิ่มขึ้น สีแดงของตัวอย่างพริกจะจางหายไปเพิ่มมากขึ้น เกิดสีน้ำตาลและสีดำ ซึ่งสาเหตุหลักมาจากการสลายตัวของ carotenoid และปฏิกิริยาการเกิดสารสีน้ำตาล

Sigge, Hansmanw, and Joubert (2001) ผลของสภาวะการเก็บรักษาและวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่มีผลต่อสีของพริกหยวกแห้งสีเขียว (*Capsicum annum* L.) พริกแห้งถูกเก็บปิดผนึกในถุงลามิเนต (10 x 20 ซม.) 3 ประเภท ปริมาณออกซิเจนและความชื้นที่แตกต่างกัน เก็บในที่มืด 3 อุณหภูมิ (0, 10 และ 20 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่า วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อค่าสีและการประเมินสีทางประสาทสัมผัส และการลดอัตราการส่งผ่านออกซิเจนช่วยในการชะลอตัวของการเปลี่ยนสี อุณหภูมิการเก็บรักษาส่งผลกระทบต่อประเมินสีทางประสาทสัมผัส ตัวอย่างเก็บที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ยังคงรักษาสีเขียวของพริกหยวกได้ดีกว่าตัวอย่างที่เก็บไว้ที่ 20 องศาเซลเซียส

Schweiggert et al. (2006) ศึกษาผลของการเก็บรักษาต่อความคงตัวของ capsaicinoid และ peroxidase activity ในพริก (*Capsicum frutescens* L.) โดยทดลองเก็บพริกที่ผ่านการ pretreatment 3 แบบ คือ (1) พริกไม่ผ่านความร้อน (หูดควบคุม) (2) พริกสดปั่นละเอียดแล้วนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที (3) พริกสดนำไปลวกที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที แล้วปั่นละเอียด จากนั้นนำพริกปั่นที่ได้ไปทำแห้งแบบ freeze dry บดได้เป็นพริกป่น เก็บในถุงโพลีเอทิลีน ในสภาวะมีและไม่มีแสง ที่อุณหภูมิห้องเพื่อเลียนแบบสภาพตลาดค้าปลีกพริกผง เป็นเวลานาน 6 เดือน พบว่าความร้อนและการทำแห้งมีผลต่อการสลายตัวของ capsaicinoid โดยมีค่าลดลง 21.7-28.3% เมื่อเทียบกับปริมาณในพริกสดเริ่มต้น และพบการสลายตัวเพิ่มขึ้นอีก 6.8-11.9% หลังการเก็บนาน 6 เดือน เนื่องมาจากการทำงานของเอนไซม์ที่หลงเหลืออยู่ภายหลังการให้ความร้อน โดยกระบวนการให้ความร้อนในเวลาอันสั้น เช่น การลวก นั้น ไม่สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ได้ทั้งหมด

2.3 การวิเคราะห์คุณภาพ

2.3.1 ความชื้น

เป็นค่าที่บ่งชี้ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในอาหารเป็นสมบัติที่สำคัญมากที่สุดอย่างหนึ่งของอาหาร เนื่องจากความชื้นมีผลต่อการเสื่อมเสียของอาหาร (Food Spoilage) โดยเฉพาะการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ (Microbial Spoilage) ซึ่งกระทบต่ออายุการวางจำหน่าย (Shelf Life) อาหารที่มีความชื้นหรือปริมาณน้ำสูงจะเป็นอาหารที่เสื่อมเสียง่าย (Perishable Food) เนื่องจากมีสถานะเหมาะสมกับการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย เช่น แบคทีเรียยีสต์ และรา ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยทางอาหาร (Food Safety) อาหารที่มีน้ำสูงเหมาะกับการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรค (Pathogen) และการสร้างสารพิษ (Toxin) ที่ก่อให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ รวมถึงการสร้างสารพิษของรา (Mycotoxin) เช่น Aflatoxin และ Patulin ซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ส่งผลกระทบต่อสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงความร้อนของอาหารด้านต่างๆ เช่น จุดหลอมเหลว จุดเดือด การนำความร้อน (Thermal Conductivity) ความร้อนจำเพาะ (Specific Heat) ส่งผลกระทบต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส ซึ่งมีผลต่อการยอมรับของอาหาร ได้แก่ เนื้อสัมผัส (Texture) เช่น ความกรอบ ความหนืด (Viscosity) การเกาะติดกันเป็นก้อน (Caking) ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ที่มีผลกระทบทางลบต่ออาหารระหว่างการเก็บรักษา เช่น ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (Browning Reaction) ปฏิกิริยา

ออกซิเดชันของลิพิด (Lipid Oxidation) รวมถึงผลต่อการกำหนดราคาสินค้า เช่น ข้าว เมล็ดธัญพืช จะกำหนดราคารับซื้อผันแปรตามปริมาณความชื้น

2.3.1.1 การแสดงค่าความชื้นของอาหารมี 2 รูปแบบ คือ

(1) ความชื้นฐานเปียก (Wet Basis) เป็นค่าความชื้นที่ใช้ในทางการค้า เป็นค่าที่ใช้บ่งชี้ความชื้นโดยทั่วไปในชีวิตประจำวัน มักบอกเป็นเปอร์เซ็นต์

(2) ความชื้นฐานแห้ง (Dry Basis) เป็นค่าที่นิยมใช้กันในการวิเคราะห์กระบวนการอบแห้ง (Dehydration) เพราะช่วยให้คำนวณได้สะดวก เนื่องจากน้ำหนักแห้งของอาหารจะคงที่ อาจบอกเป็นเปอร์เซ็นต์ หรือ จำนวนกรัมของน้ำต่อจำนวนกรัมของของแข็ง ($\text{g H}_2\text{O} / \text{g solid}$)

2.3.2 วอเตอร์แอคทีวิตี (Water Activity)

วอเตอร์แอคทีวิตี (Water Activity) หรือ ปริมาณน้ำอิสระ เขียนย่อว่า a_w เป็นค่าที่แสดงระดับพลังงานของน้ำ มีความสำคัญต่อการยับยั้ง การเสื่อมเสีย และความปลอดภัยของอาหาร เป็นปัจจัยที่ชี้ระดับปริมาณน้ำต่ำสุดในอาหารที่เชื้อจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและใช้ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ เราสามารถใช้ค่า Water Activity ในการประเมินว่าเชื้อจุลินทรีย์ชนิดใดเป็นหรือไม่เป็นสาเหตุที่ทำให้อาหารเสีย ตลอดจนใช้ในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารที่เกิดขึ้นจากเชื้อจุลินทรีย์ได้ เพราะเชื้อจุลินทรีย์จะเจริญเติบโตได้ภายใต้ค่า Water Activity ที่จำกัด โดยเราจะต้องทำให้อาหารมีค่า Water Activity ต่ำกว่าที่เชื้อจุลินทรีย์จะเจริญเติบโตได้ สามารถแบ่งอาหารตามค่า Water Activity ออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

2.3.2.1 อาหารสด (Fresh Food) เป็นอาหารที่เน่าเสียง่าย (Perishable Food) ที่มีค่า a_w มากกว่า 0.85 เช่น เนื้อสัตว์ ผัก ผลไม้ อาหารทะเล

2.3.2.2 อาหารกึ่งแห้ง (Intermediate Moisture Food) หมายถึง อาหารที่มีค่า a_w ระหว่าง 0.6-0.85 เช่น นมข้นหวาน ผลไม้แช่อิ่ม กุ้งปรุงรส

2.3.2.3 อาหารแห้ง (Dried Food) หมายถึงอาหารที่มีค่า a_w น้อยกว่า 0.6 เช่น นมผง ผักผลไม้อบแห้ง กุ้งแห้ง น้ำผลไม้ผง แก้วชวยผงชงดื่ม คุกกี้ผงชงดื่ม วัดค่า a_w ด้วยเครื่องหา a_w แล้ววิเคราะห์ผล บันทึกการทดลอง (สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556)

รัตนภรณ์ มะโนกิจ (2546) ได้ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพและกรรมวิธีการผลิตพริกป่น เพื่อให้ได้พริกป่นที่มีคุณภาพและสะอาดปราศจากสารอะฟลาทอกซิน โดยทดลองผลิตพริกป่นจากพริกสด และพริกที่ตากแห้งแล้วโดยการ Reprocess พบว่าพริกป่นที่ทำจากพริกสดมีค่า a_w เท่ากับ 0.26 และพริกป่นจากพริกแห้งมีค่า a_w เท่ากับ 0.25 ดังนั้นผลิตภัณฑ์พริกป่นจึงจัดอยู่ในกลุ่มประเภทอาหารแห้ง

2.3.3 สี

สีในอาหาร มีผลต่อความชอบและการยอมรับของผู้บริโภค แสดงถึงความสด ใหม่ หรือ บ่งบอกการเสื่อมเสียของอาหาร สียังมีความสัมพันธ์กับคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร สีในอาหาร ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ชนิดและความเข้มข้นของรงควัตถุ สายพันธุ์ ความแก่อ่อน สีของอาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงระหว่างกระบวนการแปรรูปอาหาร และการเก็บรักษาอาหาร เนื่องมาจากความร้อน เอนไซม์ การเปลี่ยนแปลง ค่า pH สารเคมี ออกซิเจน แสง นอกจากนี้ยังเกิดจากปฏิกิริยาต่างๆ ระหว่างองค์ประกอบของอาหารเอง เช่นปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard Reaction) เป็นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (Duran & Calvo, 2009)

2.3.3.1 การเห็นสีของมนุษย์ ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 3 ส่วนคือ

(1) แหล่งกำเนิดแสง (light Source) แสงคือรูปหนึ่งของรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า แสงในช่วงที่ตามนุษย์มองเห็นได้ (Visible Wavelength) ความยาวคลื่นระหว่าง 400-700 นาโนเมตร แหล่งกำเนิดแสง ได้แก่ แสงอาทิตย์ แสงจันทร์ หรือแหล่งกำเนิดแสงที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น แสงเทียน หลอดไฟเพื่อความเป็นมาตรฐานของการเห็นสี CIE ได้กำหนดแหล่งกำเนิดแสงมาตรฐาน (Standard Light Source)

(2) วัตถุ (Object) เมื่อแสงในช่วงที่ตามองเห็นได้ ตกกระทบวัตถุที่มีรงควัตถุ ซึ่งวัตถุจะดูดซับ (Absorb) สะท้อน (Reflect) หรือส่งผ่าน (Transmit) แสงแต่ละความยาวคลื่นได้ต่างๆ แตกต่างกัน

(3) ผู้สังเกต (Observer) ตามนุษย์ มองเห็นวัตถุเป็นสีต่างๆ เนื่องจากแสงที่สะท้อนออกจากวัตถุ มาเข้าตา ซึ่งในตามีเซลล์รับแสง ซึ่งทำหน้าที่มองเห็นสีต่างๆ ตามระดับคลื่นแสงที่กระตุ้น คือ สีแดง (R) สีเขียว (G) และ สีน้ำเงิน (B) แล้วประมวลผลรับรู้เป็นสีต่างๆ

2.3.3.2 วิธีการวัดค่าสี

การวัดค่าสี (ค่า L^* , a^* และ b^*) ด้วยเครื่องวัดสี โดยที่ค่า L^* แสดงถึงค่าความสว่าง (Lightness) มีค่าตั้งแต่ 0 (สีดำ) ถึง 100 (สีขาว) ค่า a^* แสดงถึงค่าความเป็นสีแดงและสีเขียว ถ้าค่า a^* เป็นบวกจะเป็นสีแดง ถ้า a^* เป็นลบจะเป็นสีเขียว และค่า b^* แสดงถึงค่าความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน ถ้าค่า b^* เป็นบวกจะเป็นสีเหลือง ถ้า b^* เป็นลบจะเป็นสีน้ำเงิน (จินดา รัตนถาวรคติ, 2553)

2.4 การวิเคราะห์ความเผ็ด

2.4.1 High-performance liquid chromatography (HPLC)

2.4.1.1 หลักการของ High-performance liquid chromatography (HPLC)

HPLC เป็นเครื่องมือใช้สำหรับแยกสารประกอบที่สนใจ ที่ผสมอยู่ในตัวอย่าง โดยกระบวนการแยกสารประกอบที่สนใจ จะเกิดขึ้นระหว่างเฟส 2 เฟส คือ เฟสอยู่กับที่ (Stationary phase) หรือ คอลัมน์ (Column) กับเฟสเคลื่อนที่ (Mobile phase) ซึ่งสารจะถูกแยกออกมาในเวลาที่แตกต่างกัน โดยสารผสมที่อยู่ในตัวอย่าง สามารถถูกแยกออกจากกันได้นั้น จะขึ้นอยู่กับความสามารถในการเข้ากันได้ดีของสารนั้นกับ mobile phase หรือ stationary phase โดยสารประกอบตัวไหนที่สามารถเข้ากันได้ดีกับ mobile phase จะเคลื่อนที่ผ่าน column ได้เร็วสารนั้นจะถูกแยกออกมาก่อน ส่วนสารที่เข้ากันได้ไม่ดีกับ mobile phase หรือเข้ากันได้ดีกับ stationary phase จะเคลื่อนที่ผ่าน column ได้ช้าจะถูกแยกออกมาทีหลัง โดยสารที่ถูกแยกออกมาได้นี้จะถูกตรวจวัดสัญญาณด้วยตัวตรวจวัดสัญญาณ (Detector) และสัญญาณที่บันทึกได้จากตัวตรวจวัดจะมีลักษณะเป็นพีคซึ่งจะเรียกว่าโครมาโตแกรม (Chromatogram) สามารถทดสอบได้ทั้งเชิงคุณภาพ และเชิงปริมาณ โดยการเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน (มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ศูนย์วิทยาศาสตร์, 2554)

2.4.1.2 ส่วนประกอบหลักของเครื่อง HPLC

(1) Mobile phase/ Solvent: หรือตัวทำละลายที่ใช้ในการชะหรือแยกตัวอย่าง เป็นเฟสเคลื่อนที่ มีลักษณะเป็นของเหลว ทำหน้าที่ในการนำสารตัวอย่างและตัวทำละลายเข้าสู่ stationary phase (ในที่นี้คือ คอลัมน์) เพื่อให้เกิดกระบวนการแยกภายในคอลัมน์ Solvent เป็นตัวแปร

ที่มีความสำคัญมากในการแยกสารตัวอย่างออกเป็นองค์ประกอบย่อย Solvent ที่ใช้เป็น Mobile Phase ใน HPLC ได้แก่ Organic Solvent รวมทั้ง Aqueous Solution ของเกลือชนิดต่างๆ คุณสมบัติที่สำคัญบางประการของ Mobile Phase ที่ใช้ใน HPLC ได้แก่ (1.1) ไม่ทำปฏิกิริยากับ Column หรือ Packing Material ซึ่งจะเป็นให้คุณสมบัติในการแยกสารผิด (1.2) สามารถละลายสารตัวอย่างได้ (1.3) ปราศจาก Particulate (ทำให้เกิดการอุดตันใน Column เป็นการเพิ่มความดันในระบบ) และ Dissolved Gas Solvent และสารละลายตัวอย่างทุกชนิดก่อนการวิเคราะห์โดยใช้ HPLC ควรกรองผ่านกระดาษกรองที่มีรูพรุนขนาด 0.45 – 0.5 ไมครอน และ Centrifuge เพื่อกำจัดก๊าซซึ่งละลายในสารละลายทั้งหมดซึ่งอาจทำได้โดยใช้ Ultrasonic Bath (1.4) บริสุทธิ์ปราศจากสิ่งเจือปนซึ่งรวมถึงพวก Preservative และ Stabilizer ต่างๆ สำหรับน้ำกลั่นจะต้องปราศจากสารอินทรีย์และแบคทีเรียต่างๆ (1.5) เหมาะสมกับชนิดของ Detector ที่ใช้

การดูดกลืนแสงของ Mobile phase ขึ้นอยู่กับ (1.1) ความบริสุทธิ์ของตัวทำละลายมีความสำคัญต่อการใช้ประโยชน์ของเครื่องตรวจวัด HPLC ที่มี sensitivity สูง (1.2) Oxygen ที่ละลายอยู่ใน mobile phase ทำให้เพิ่ม background ในช่วง UV ต่ำ การไล่อากาศสามารถช่วยแก้ปัญหาได้ (1.3) เกลือที่เป็นสาร ion-pairing เช่น tetramethylammonium salts (TMA) มักมีสารปนเปื้อนที่ดูดกลืนแสง UV จึงควรเลือกชนิดที่มีความบริสุทธิ์สูงเท่าที่จะหาได้

(2) Degasser: ทำหน้าที่กำจัดฟองอากาศ อากาศที่มีอยู่ใน mobile phase เพื่อไม่ให้ฟองอากาศเข้าสู่ column และ detector

(3) Pump: ทำหน้าที่ดึงตัวทำละลาย (mobile phase) เพื่อส่งเข้าสู่ Column ในอัตราเร็วที่เราเลือก ความดันของระบบจะขึ้นอยู่กับอัตราการเคลื่อนที่ของ Mobile Phase (ถ้าความเร็วสูงจะทำให้เกิดความดันสูง) นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับ Viscosity ของ Mobile Phase ขนาดของ Packing Material และความยาวของ Column อีกด้วย โดยปกติความดันที่ใช้มักไม่เกิน 4,000 psi สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ (3.1) Isocratic Pump ใช้อัตราส่วนของ Mobile Phase ได้คงที่ตลอดเวลา (3.2) Gradient Pump เป็น pump ที่สามารถควบคุมการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของ Mobile Phase ได้ตามเวลาที่กำหนด

หลักการเข้ากันได้ระหว่างตัวทำละลายและ Pump (compatibility) (3.1) วัสดุที่สัมผัสกับของเหลวในระบบ HPLC ได้แก่ Stainless steel โพลีเมอร์ หลีกเลี่ยงการใช้ตัวทำละลายที่สามารถกัดกร่อนโลหะ ได้แก่ Buffer หรือกรดที่มีธาตุ halogen โดยเฉพาะที่ความเข้มข้นเกิน 2M หรือ pH ต่ำกว่า 2 (3.2) หลีกเลี่ยงการใช้ตัวทำละลายที่มีธาตุ halogen อยู่ในโมเลกุลมาก เช่น Trifluoroacetic acid (TFA) (3.3) หลีกเลี่ยงการใช้ตัวทำละลายที่สามารถเกิดกรด HCl เช่น CCl_4

CHCl_3 (3.4) หลีกเลียงการใช้ cyclohexane เนื่องจากการเกิดการแข็งตัวในปั๊มที่อุณหภูมิห้อง (3.5) หลีกเลียงการใช้สารละลาย buffer ที่มี pH มากกว่า 10

(4) Injector / Auto sampler: ทำหน้าที่ในการฉีดสารตัวอย่างเข้าระบบ HPLC

(5) Column: หรือจะเรียกว่า stationary phase มีลักษณะเป็นของแข็งหรือเจล เป็นเฟสอยู่กับที่ ทำหน้าที่ให้เกิดกระบวนการแยกของสารที่สนใจ โดยกระบวนการแยกเกิดขึ้นระหว่าง mobile phase กับ stationary phase ตัว Column ทำด้วย Stainless Steel แก้ว หรือ Teflon มีขนาดเล็ก เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1- 25 มิลลิเมตร ในงานวิเคราะห์ใช้ขนาด 1 – 5 มิลลิเมตร และใช้ขนาดใหญ่กว่า กับงาน Preparative Separation และ Steric Exclusion Chromatography สำหรับ Analysis Column ซึ่งเป็น Column ที่ใช้ในการแยกสารเพื่อการวิเคราะห์และควบคุมคุณภาพจะประกอบด้วย Guard Column จะอยู่ก่อน Analysis Column ทำหน้าที่ป้องกันอันตรายซึ่งจะเกิดแก่ Column ช่วยให้ Column มีอายุการใช้งานนานขึ้น และ Precolumn Material ทำหน้าที่กรอง Particle ในส่วนของ Packing Material ที่ใช้งานวิเคราะห์มี 2 ชนิด คือ Pellicular Type และ Microparticulate

(6) Detector: ตัวตรวจวัดสัญญาณ ทำหน้าที่ในการตรวจวัดสัญญาณของสารที่สนใจที่ได้จากกระบวนการแยก มีหลายชนิดด้วยกัน การเลือกใช้ขึ้นกับตัวอย่างที่สนใจว่าสามารถตอบสนองกับ Detector ชนิดไหนได้ดี Detector ที่นิยมใช้กันมากมี 3 ชนิด ได้แก่ (6.1) UV- Detector สารที่จะวิเคราะห์ต้องสามารถดูดกลืนแสง UV ได้ เมื่อต้องการใช้ UV Detector อาจเตรียม derivative ของสารประกอบที่วิเคราะห์เพื่อให้ได้สารซึ่งดูดกลืนแสง UV (6.2) RI Detector จะใช้เมื่อต้องการเปรียบเทียบความแตกต่างของ Refractive Index ของสารตัวอย่างและสาร Reference (6.3) Fluorescence Detector ใช้ได้กับสารที่เมื่อดูดกลืนแสง UV จากแหล่งแสงใน Detector แล้วสามารถเปล่ง Fluorescence ได้

กรองแก้ว เนาสราญและวุฒิชัย นุตกุล (2535) ได้ศึกษาการสกัดแยกแคปไซซินอยด์ (Capsaicinoids) จากพริกชี้หนูสวนและพริกชี้หนูเม็กซิกันใหญ่ (*Capsicum frutescens* Linn) พริกชี้ฟ้า และพริกเหลือง (*Capsicum annuum* Linn) แล้วนำมาหาปริมาณโดยวิธี High Performance Liquid Chromatography พบว่า พริกในกลุ่ม *Capsicum frutescens* Linn จะมีปริมาณแคปไซซินอยด์สูงกว่า *Capsicum annuum* Linn จึงน่าจะเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตยาต่อไป

นิภาพรรณ กุ่มเงิน (2547) โดยการหาดัชนีความเผ็ดของพริกจินดาพริกชี้ฟ้าและพริกชี้หนูโดยการหาปริมาณแคปไซซิน ด้วยการแช่ในอะซิโตนนาน 22 ชั่วโมง วิเคราะห์ด้วย HPLC Walter 600E คอลัมน์ YMC-Pack ODS-A, S-5 12 μm , 12 nm, 50 x 4.6mm I.D. UV Detector

280 nm ใช้สารตัวพามาเทิลแอลกอฮอล์ : น้ำ Ultrapure ในอัตราส่วน 75 : 25 อัตราการไหล 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที พบว่า พริกจินดา มีค่าดัชนีความเผ็ดสูงสุด 28,050 – 40,200 SHU รองลงมา คือ พริกขี้หนูสด 19,500 – 28,050 SHU และ พริกขี้พาสด 7,500 – 16,500 SHU

สุภัทรา เหลือสุข (2549) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณสารแคปไซซินในพริกจินดาที่มีอายุการเก็บเกี่ยวต่างกัน 1 สัปดาห์ โดยใช้ 1) เทคนิคทางสเปกโทรสโกปี (Spectroscopy) และ 2) HPLC ในวิธีที่หนึ่งสกัดผงพริก 2.0 กรัม ด้วยอะซิโตน 25 มิลลิลิตร เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วผ่านลงในคอลัมน์ที่บรรจุด้วย basic alumina และ granular anhydrous sodium sulphate ระเหยจนได้ของเหลวเหนียวข้น (oleoresin) ละลายด้วยเอทานอล 50 มิลลิลิตร และวิเคราะห์ปริมาณด้วยเครื่องยูวี-สเปกโตรมิเตอร์ (UV-spectrometer) ที่ 280 นาโนเมตร และวิธีที่สอง สกัดผงพริก 1.0 กรัม ด้วยอะซิโตน 40 มิลลิลิตร เป็นเวลา 22 ชั่วโมง ระเหยจนได้ของเหลวเหนียวข้น ละลายด้วยเมทานอล 75% อัตราส่วน 1:100 กรองด้วยไซริงค์ฟิวเตอร์ (syringe filter) 0.45 μm และวิเคราะห์ปริมาณด้วยเครื่อง HPLC โดยระบบ HPLCที่ใช้ในการทดลอง คือ ฉีดปริมาตร 5 μL เข้าเครื่อง HPLC Walters 600, C₁₈ YMC-Pack, Column ODS-A 50 $\times$ 4.6 mm I.D, UV Detector 280 nm ใช้ methanol 75% เป็นเฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) ที่มีอัตราไหล 1 มิลลิลิตรต่อนาที (mL/min) และใช้ความยาวคลื่น 280 นาโนเมตร (nm) ปริมาณสารแคปไซซินในผลพริกจินดาที่วิเคราะห์ได้จากทั้งสองวิธีการไม่แตกต่างกัน

จารุวรรณ ธนวิรุฬห์ และสุภารัตน์ หอมหวล (2556) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณแคปไซซินนอยด์และค่าดัชนีความเผ็ดในพริกตามระยะการสุกแก่ของผลพริก ได้แก่ พริกดิบ (สีเขียว) พริกสุก (สีแดง) และพริกแห้ง ในพริกสายพันธุ์ต่างๆจำนวน 5 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์หัวเรือ พันธุ์ทองคำ พันธุ์ชุปเปอร์ฮอท พันธุ์พริกขี้ และพันธุ์จินดา สกัดสารแคปไซซินนอยด์โดยวิธี Solvent extraction และวิเคราะห์หาปริมาณด้วย HPLC โดยใช้ N-vanillylonamide เป็นสารมาตรฐาน ระบบ HPLC ที่ใช้ในการทดลอง คือ Shimadzu LC-10 Series (Shimadzu, Co., Japan) ควบคุมด้วย binary gradient pump LC-10AD ประกอบด้วย 100 μL injection loop, autosampler SIL-10A, Degasser DGU-14A, Autoinjector SIL-10AD, UV-Vis spectrometric detector SPD-10A, และ System controller SCL-10A คอลัมน์ HPLC คือ Reversed phase C18 รุ่น Water Symmetry® อนุภาค 5 μm ขนาดคอลัมน์ 3.9 x 150 mm I.D. ระบบการวิเคราะห์เป็นแบบไอโซเครติกของ Acetonitrile : 1% Formic acid (45:55) อัตราการไหล: 1 ml/min ปริมาตรการฉีดเท่ากับ 20 μL ตรวจวัดด้วยระบบ ultraviolet spectroscopy ที่ความยาวคลื่น 280 nm ผลการศึกษาพบว่าพริกทุกสายพันธุ์และในทุกระยะการสุกมีสารแคปไซซินนอยด์ชนิดแคปไซซินปริมาณมากที่สุด ระยะการสุกของผลพริกมีผลต่อปริมาณ

แคลไชนอยด์ ผลการวิเคราะห์ปริมาณแคลไชนอยด์ตามระยะการสุกแก่ของผลในพริกสายพันธุ์เดียวกัน พบว่า พริกพันธุ์ทองคำ พันธุ์หัวเรือ และพันธุ์พริกข้อมีปริมาณแคลไชนอยด์ตามระยะการสุกแก่ของผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพริกพันธุ์ทองคำมีปริมาณแคลไชนอยด์ 4.97 4.35 และ 5.19 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง ในพริกดิบ พริกสุก และพริกแห้ง ตามลำดับ พันธุ์หัวเรือมีปริมาณแคลไชนอยด์ 4.93 6.24 และ 5.55 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง ในพริกดิบ พริกสุก และพริกแห้ง ตามลำดับ และพันธุ์พริกข้อมีปริมาณแคลไชนอยด์ 4.45 4.25 และ 4.58 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง ในพริกดิบ พริกสุก และพริกแห้ง ตามลำดับ ส่วนพริกพันธุ์จินดาและชูปเปอร์ฮอทมีปริมาณแคลไชนอยด์ตามระยะการสุกแก่ของผลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพริกพันธุ์จินดามีแคลไชนอยด์ 3.78 4.19 และ 4.00 ในพริกดิบ พริกสุก และพริกแห้ง ตามลำดับ และพันธุ์ชูปเปอร์ฮอทมีปริมาณแคลไชนอยด์ 5.82 6.05 และ 5.03 ในพริกดิบ พริกสุก และพริกแห้ง ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ปริมาณแคลไชนอยด์ตามระยะการสุกแก่ของผล ได้แก่ พริกดิบ พริกสุก และพริกแห้งในพริกต่างสายพันธุ์ พบว่าพริกดิบและพริกสุกมีปริมาณแคลไชนอยด์แตกต่างกัน โดยในระยะที่เป็นพริกดิบ พริกพันธุ์ชูปเปอร์ฮอทมีปริมาณแคลไชนอยด์มากที่สุด (คิดเป็น 5.83 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง) และพริกพันธุ์จินดามีปริมาณแคลไชนอยด์น้อยที่สุด (คิดเป็น 3.78 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง) และในพริกสุก พริกพันธุ์หัวเรือมีปริมาณแคลไชนอยด์มากที่สุด (คิดเป็น 6.23 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง) และพริกพันธุ์จินดามีปริมาณแคลไชนอยด์น้อยที่สุด (คิดเป็น 4.19 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง) ส่วนในพริกแห้ง พบว่าปริมาณแคลไชนอยด์ระหว่างพริก 5 สายพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกัน โดย พันธุ์ทองคำ พันธุ์หัวเรือ พันธุ์จินดา พันธุ์พริกข้อม และพันธุ์ชูปเปอร์ฮอท มีปริมาณแคลไชนอยด์ 5.19 5.55 4.00 4.58 และ 5.03 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และเมื่อคำนวณค่าความเผ็ดของพริก พบว่าพริกสายพันธุ์ชูปเปอร์ฮอทมีค่าดัชนีความเผ็ดสูงที่สุดในทุกระยะการสุกแก่ของผล โดยมีค่าเท่ากับ 55,793 58,259 และ 48,616 SHU ในพริกดิบ พริกสุก และพริกแห้ง ตามลำดับ

2.4.2 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (Sensory Evaluation)

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส คือ การตรวจวิเคราะห์คุณภาพของอาหาร โดยใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5 ของผู้ชิม ได้แก่ การมอง การฟัง การดม การชิม และการสัมผัส ใช้จำนวนผู้ชิมที่มากพอสมควร ประมวลผลด้วยวิธีทางสถิติ และแปลผลอย่างมีหลักเกณฑ์ (ธงชัย สุวรรณสิขณัน, 2550; ไพโรจน์ วิริยจารี, 2545; Meilgaard, Civille, & Carr, 1999)

2.4.2.1 การทดสอบแยกความแตกต่าง (Discriminative Test)

เป็นการทดสอบเพื่อการวิเคราะห์ตัวอย่างหรือผลิตภัณฑ์ประเภทหนึ่ง สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ การทดสอบความต่าง (Difference Test) และ การทดสอบความไว (Sensitivity Test) วิธีการทดสอบความต่าง ได้แก่ การเปรียบเทียบตัวอย่างคู่ (Paired Comparison Test) เป็นวิธีที่มีการเสนอ 2 ตัวอย่างพร้อมกันเพื่อให้ผู้ทดสอบเปรียบเทียบตัวอย่าง 2 ตัวอย่าง ในลักษณะประมาณสัมผัสเฉพาะที่ต้องการเปรียบเทียบความแตกต่าง ในทิศทางที่มากกว่าหรือน้อยกว่ากัน วิธีการนี้เรียกอีกอย่างว่า 2AFC (Two Alternative Forced Choice Test)

การเลือกตัวอย่างที่เหมือนกับตัวอย่างอ้างอิงจากตัวอย่างคู่ (Duo-Trio Test) เป็นการทดสอบความแตกต่างในตัวอย่างที่นำมาทดสอบ 2 ตัวอย่าง โดยผู้ทดสอบจะดำเนินการทดสอบตัวอย่าง 2 ตัวอย่าง (A และ B) ที่เรียกว่า Duo พร้อมกับอีกหนึ่งตัวอย่างเรียกว่า ตัวอย่างมาตรฐาน ที่เลือกมาจากตัวอย่างใดตัวอย่างหนึ่งใน 2 ตัวอย่าง ผู้ทดสอบจะต้องบอกว่าตัวอย่างใดในสองตัวอย่างที่มีลักษณะเหมือนกับตัวอย่างมาตรฐาน การทดสอบวิธีการนี้ความน่าจะเป็นที่ผู้ทดสอบจะมีโอกาสตอบได้ถูกต้องเท่ากับ 1 ใน 2 หรือ 50%

การเลือกตัวอย่างที่แตกต่างจากสามตัวอย่าง (Triangle Test) เป็นการทดสอบความแตกต่างในตัวอย่างที่นำมาทดสอบ 2 ตัวอย่าง เช่นตัวอย่าง A และ B โดยมีการนำเสนอตัวอย่างพร้อมกันให้ผู้ทดสอบจำนวน 3 ตัวอย่างที่มีเลขรหัส 3 หลักกำกับ ซึ่งรูปแบบที่นำเสนอให้ผู้ทดสอบแต่ละคนสุ่มเสนอเป็นรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งใน 6 รูปแบบคือ AAB ABA BAA ABB BAB หรือ BBA โดยผู้ทดสอบจะต้องประเมินหาตัวอย่างที่แตกต่างหรือตัวอย่างคี่ (Odd Sample) ออกมาจากตัวอย่างคู่ที่เหมือนกัน (Identical Samples) การทดสอบนี้นอกจากจะมีประสิทธิภาพในการหาความแตกต่างแล้ว ยังสามารถนำการทดสอบนี้ไปใช้ในการคัดเลือกผู้ทดสอบที่มีความสามารถในการแยกแยะความแตกต่างได้ดีหรือไม่เพราะโอกาสความน่าจะเป็นคือ 1 ใน 3 เท่านั้น

การจัดลำดับ (Ranking Test) การทดสอบนี้เหมาะสำหรับในกรณีที่มีตัวอย่างที่ต้องการเปรียบเทียบความแตกต่าง 3 ตัวอย่างขึ้นไป ผู้ทดสอบจะประเมินอย่างที่ได้รับตามลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ผู้ดำเนินการทดสอบต้องการศึกษาโดยผู้ทดสอบจะทำการเรียงลำดับความเข้มของตัวอย่าง ตามลักษณะทางประสาทสัมผัสนั้น

การทดสอบความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุม (Difference from Control Test) วิธีนี้มีการเสนอตัวอย่างที่กำหนดให้เป็นตัวอย่างควบคุม ตัวอย่างอ้างอิง หรือตัวอย่างมาตรฐานให้กับผู้ทดสอบก่อนเพื่อใช้เปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ต้องการทดสอบอีก 1 ตัวอย่างหรือมากกว่า วิธีนี้ผู้ทดสอบจะอธิบายความแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม ออกมาเป็นระดับค่าคะแนนความแตกต่างเทียบกับตัวอย่างควบคุมว่ามีความแตกต่างมากน้อยแค่ไหน ตัวอย่างระดับค่าคะแนนความแตกต่างที่ใช้เช่น 0 ถึง 10 โดยที่ 0 หมายถึงไม่มีความแตกต่างไปจนถึง 10 หมายถึงแตกต่างมากที่สุดจากตัวอย่างควบคุม

2.4.2.2 การทดสอบความชอบหรือการยอมรับ (Affective Test หรือ Hedonic Test)

เป็นวิธีที่ใช้เพื่อทดสอบความรู้สึกของผู้ทดสอบในแง่ความชอบหรือการยอมรับที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ผู้ทดสอบในการทดสอบนี้คือ กลุ่มคนทั่วไป ไม่ต้องจำเป็นต้องได้รับการฝึกฝน การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส (Untrained Panel) หรือผู้บริโภคทั่วไป เหมาะสำหรับการหาความชอบหรือการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ (Consumer Test) การสำรวจความต้องการของผู้บริโภค (Consumer Survey) ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบนี้จะช่วยทำให้ผู้ที่นำข้อมูลไปใช้ในการพัฒนาและปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภค การศึกษาความเป็นไปได้ที่ผลิตภัณฑ์จะประสบความสำเร็จในการวางจำหน่าย สำหรับวิธีการทดสอบหาความชอบหรือการยอมรับสามารถใช้วิธีเชิงคุณภาพ (Qualitative Test) เช่นการอภิปรายกลุ่ม (Focus Group Discussion) หรือวิธีการทดสอบหาความชอบและการยอมรับในเชิงปริมาณ (Quantitative Tests) ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่

(1) การทดสอบความชอบ (Paired Preference Test)

การทดสอบเปรียบเทียบแบบคู่ (Paired Comparison) ในการทดสอบนี้จะมีเงื่อนไขปกติสำหรับการทดสอบผลิตภัณฑ์ที่ประยุกต์ใช้ในการประเมินทางประสาทสัมผัสในห้องปฏิบัติการ ตัวอย่างรหัสควรจะมีลักษณะเหมือนกันในทุกๆลักษณะ ยกเว้นลักษณะที่ต้องการทราบและทำการผันแปรลักษณะนั้นๆเป็นสิ่งที่ทดลอง

การทดสอบลำดับความชอบ (Ranking for Preference) เพื่อเป็นการช่วยให้ให้นักพัฒนาผลิตภัณฑ์สามารถสืบค้นสูตรผลิตภัณฑ์สำหรับการทดสอบ ผู้บริโภค ตัวอย่างที่แตกต่างกันจะแนะนำให้ประเมินความชอบกับผู้ทดสอบชิมที่ไม่ได้ทำการฝึกฝนมาก่อน ผู้บริโภคที่มีการทดสอบผลิตภัณฑ์และได้ลำดับผลิตภัณฑ์ที่สูงจะถูกเลือกเป็นผู้บริโภคสุดท้ายในการทดสอบต่อไป ผลิตภัณฑ์ที่ถูกลำดับที่สูงที่สุดโดยผู้บริโภคสามารถถูกนำเสนอเป็นผลิตภัณฑ์

ในการประเมินผู้บริโภคร่วมเพื่อตรวจสอบความชอบระหว่างผลิตภัณฑ์ด้วยกันหรือกับผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่ในท้องตลาด

(2) การทดสอบการยอมรับ (Acceptance Tests)

การใช้สเกล (Hedonic Scaling) ในสมัยก่อนมีการใช้สเกล 7 จุด เป็นเครื่องมือในการสำรวจลักษณะของอาหาร (Gatchalian, 1981) แต่พบว่าผู้บริโภครายานาม หลีกเลียงค่าเกินความจริง สเกล 7 จุด อาจให้เฉพาะ 5 ทางเลือกอย่างมีประสิทธิภาพในสเกลของ ชอบหรือไม่ชอบ เพื่อแก้ไขปัญหาคือการขบถดังกล่าว สเกลแบบ 9 – point hedonic scaling ได้ถูก พัฒนาขึ้นในปี 1955 และพบว่ามีความไวมากกว่าสเกลที่สั้น และต่อมาสเกลแบบ 9 จุดและ ความแปรปรวนของสเกลดังกล่าวได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางขึ้น วิธีการดังกล่าวเป็นการวัด การยอมรับอย่างแท้จริงจากปฏิกิริยาของผู้บริโภคในเทอมของระดับการชอบ หรือไม่ชอบ ผลิตภัณฑ์ที่กำหนด ภายใต้สภาวะที่กำหนดไว้ ปฏิกิริยาของผู้ประเมินจะชี้ให้เห็นถึงค่าที่พรรณานบนสเกล

การทดสอบแบบ Food Action Scale Test วิธีนี้เรียกสั้นๆว่า FACT พบว่าได้มีการนำมาใช้ในกิจกรรมต่างๆเพื่อวัดการยอมรับผลิตภัณฑ์ ประโยชน์หลักคือการวัดความชอบ หรือไม่ชอบจากกิริยาท่าทางที่เป็นไปได้ในการบ่งชี้การตอบสนองของผู้บริโภคในแบบสอบถามอื่นๆ ผู้ประเมินถูกคาดหวังให้ตรวจสอบปฏิกิริยาที่ต้องการทดสอบ ผลิตภัณฑ์ที่ให้รหัสหลายๆตัวอย่าง อาจถูกนำเสนอแม้ว่าการนำเสนออาจดำเนินการทีละตัวอย่างหรือครั้งละหนึ่งตัวอย่าง

2.4.2.3 การทดสอบเชิงพรรณนา (Descriptive Test)

เป็นการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่นักวิจัยทางด้านนี้จะสนใจในเรื่อง การได้มาซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์มากกว่าแค่มีอะไรแตกต่างกัน ดังนั้น วิธีการทดสอบเพื่อหา คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาจะสามารถช่วยในการแยกแยะลักษณะทางประสาทสัมผัส ที่มีความสำคัญในผลิตภัณฑ์ และยังให้ข้อมูลเกี่ยวกับระดับความเข้มของลักษณะทางประสาทสัมผัส ว่ามีอยู่มากน้อยเพียงใดในตัวอย่างที่นำมาประเมิน การทดสอบแบบเชิงพรรณนาเป็นการทดสอบเชิง วิเคราะห์จึงนำมาใช้ในงานที่ต้องการศึกษาหาส่วนผสม หรือตัวแปรของกรรมวิธีการผลิต ว่ามีผลอย่างไร ต่อคุณลักษณะสำหรับผลิตภัณฑ์ เพื่อศึกษาหาข้อมูลเกี่ยวกับส่วนผสมและกรรมวิธีในการ พัฒนาผลิตภัณฑ์ ปรับปรุงผลิตภัณฑ์หรือกรรมวิธีการผลิต การตรวจติดตามการเปลี่ยนแปลง ลักษณะทางประสาทสัมผัสต่างๆในระหว่างการเก็บรักษา การหาความสัมพันธ์ระหว่าง

การประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้วยการวัดค่าทางกายภาพหรือเคมี วิธีการทดสอบนี้จะให้ข้อมูลรายละเอียดที่เกี่ยวกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบประกอบด้วย

(1) การอธิบายการรับรู้ลักษณะทางประสาทสัมผัสของตัวอย่าง ได้แก่ ลักษณะที่มองเห็น (Appearance) เช่น สี ขนาด รูปร่าง เป็นต้น กลิ่นรส (Aroma) เป็นความรู้สึกที่สัมผัสได้ทางจมูก กลิ่นรส (Flavor) เป็นความรู้สึกภายในปากทางด้านกลิ่นรส และความรู้สึกอื่นๆที่เกิดขึ้น เช่น ร้อน เผ็ด เย็น เนื้อสัมผัส (Texture) เป็นความรู้สึกด้านแรงที่ใช้ในการบดเคี้ยวตัวอย่าง และลักษณะทางด้านรูปร่าง รูปทรง ของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสัมผัสด้วยมือหรือภายในเยื่อบุช่องปาก เหงือก ลิ้น เพดานปาก ความรู้สึกอื่นๆ เช่น ความรู้สึกที่เกิดขึ้นภายหลังการกลืนตัวอย่าง (Aftertaste)

(2) ปริมาณ หรือ ความเข้มของลักษณะทางประสาทสัมผัสของตัวอย่าง (Intensity) ว่ามีอยู่ในปริมาณเท่าไรโดยใช้สเกลในการวัดค่าที่กำหนดขึ้นตามมาตรฐานการทดสอบในแต่ละการทดสอบ เช่นแบบ Category scale, Line scale หรือ Magnitude estimation scale เป็นต้น

(3) ลำดับการรับรู้ (Order of Perception) เป็นลำดับก่อนหลังของความรู้สึกที่รับรู้ได้ในลักษณะทางประสาทสัมผัสของตัวอย่าง ทั้งก่อนและหลังชิมตัวอย่าง ซึ่งเป็นความรู้สึกของลักษณะที่หลงเหลืออยู่หลังจากชิมตัวอย่างแล้ว เช่น ความรู้สึกคอแห้ง ขมติดคอ เป็นต้น

(4) ความรู้สึกโดยรวม (Overall Impression) เป็นความรู้สึกโดยรวมของกลุ่มลักษณะทางประสาทสัมผัส เช่น ความเข้มของกลิ่นโดยรวม ความเข้มของกลิ่นรสโดยรวม ความเป็นเนื้อเดียวกัน การทดสอบเชิงพรรณนาในเชิงวิเคราะห์จำเป็นต้องให้ผู้ทดสอบที่ได้รับการคัดเลือกและผ่านการฝึกฝนมาแล้วเป็นอย่างดีเป็นผู้ทำการประเมินตัวตัวอย่าง โดยที่คณะผู้ทดสอบจะมีการบันทึกความรู้สึกเกี่ยวกับลักษณะต่างๆ มีการกำหนดคำศัพท์และคำจำกัดความที่ใช้ในการอธิบายลักษณะทางประสาทสัมผัสร่วมกัน และกำหนดระดับความเข้มของความรู้สึกซึ่งเป็นสัญลักษณ์ ตัวหนังสือ หรือตัวเลข เป็นต้น สำหรับวิธีการทดสอบเชิงพรรณนามีอยู่หลายวิธี ได้แก่ วิธีการทดสอบหาข้อมูลเฉพาะทางกลิ่นรส (Flavor Profile Method) วิธีการทดสอบหาข้อมูลเฉพาะทางเนื้อสัมผัส (Texture Profile Method) วิเคราะห์แบบพรรณนาเชิงปริมาณ (Quantitative Descriptive Analysis) วิเคราะห์สเปกตรัมลักษณะทางประสาทสัมผัส (Sensory Spectrum Analysis) และวิธีการหาข้อมูลลักษณะเฉพาะทางประสาทสัมผัสแบบเลือกอิสระ (Free choice Profiling Method)

Allison, Chambers, Milliken, and Chamber (1999) ใช้การทดสอบเชิงพรรณนา (Descriptive Test) เพื่อประเมินระดับความเผ็ดของ tomato-based salsa (มี capsaicin 7.3 ppm)

7 ตัวอย่าง ทดสอบทั้งแบบล้างและไม่ล้างปาก ผู้ทดสอบ 5 คน ได้รับการฝึกฝนมากกว่า 120 ชั่วโมง ผู้ทดสอบได้รับตัวอย่าง 7 กรัม ทดสอบแบบไม่ล้างปากโดยตัวอย่างถูกนำมาทดสอบเริ่มจาก 0 วินาที จากนั้นเคี้ยวและกลืนที่ 10 วินาที และประเมินระดับความเผ็ดที่ 15 วินาที ในแบบทดสอบที่ต้องล้างปาก ทำเหมือนแบบไม่ล้างปากทุกขั้นตอน ยกเว้นให้ผู้ทดสอบกินขนมปังกรอบและจิบน้ำระหว่างการประเมินในแต่ละตัวอย่าง จากการศึกษพบว่า ผู้ทดสอบรับรู้ถึงความเผ็ดที่เวลาอย่างน้อย 15 วินาที และแบบที่ล้างปากมีระดับความถูกต้องใกล้เคียงกันของผลการวัดที่ได้จากการวัดหลายๆ ครั้งอย่างมีนัยสำคัญ

วิธีการทดสอบ 3-Alternative Forced Choice (3AFC) เป็นการทดสอบตัวอย่างซึ่งสามตัวอย่างจะถูกทดสอบโดยสองตัวอย่างเป็นตัวควบคุม (control) และหนึ่งตัวอย่างเป็นตัวอย่างเป้าหมาย กลุ่มผู้ทดสอบจะต้องเลือกหนึ่งในสามที่แตกต่างจากอีกสองอัน เริ่มทดสอบจากตัวอย่างที่มีความเข้มข้นน้อยไปตัวอย่างที่มีความเข้มข้นสูงกว่า ทำการทดสอบจนความเข้มข้นของสารอยู่เหนือเกณฑ์มาตรฐาน ผลการคำนวณของผู้ทดสอบแต่ละคนขึ้นอยู่กับระดับการเจือจางที่ถูกบันทึกไว้ในเกณฑ์การตอบสนองที่ถูกต้อง จิตเริ่มรู้สึกจำ (Recognition threshold) ของกลุ่มผู้บริโภคแต่ละกลุ่มถูกคำนวณด้วยวิธีการคำนวณแบบ 1) The Best Estimated Thresholds (BET; ASTM E697) และ 2) วิธีการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก (ASTM E1432) (Meilgaard et al., 1999)

Toontom (2014) ทำการทดสอบจิตเริ่มรู้สึกจำของกลิ่นฉุนและความเผ็ดของพริกแห้ง (ตัวอย่างการทำแห้งด้วยลมร้อน) สารละลายมาตรฐาน 1-penten-3-one (1P3O) (สารสำคัญที่ให้คุณลักษณะกลิ่นฉุน) และแคปไซซิน ที่ถูกประเมินโดยกลุ่มผู้บริโภคคนไทย 3 กลุ่ม โดยใช้วิธีการทดสอบบังคับเลือกหนึ่งในสาม 3AFC ด้วยการนำเสนอตัวอย่างที่ถูกเจือจางในช่วงความเข้มข้น 12 ระดับ จากต่ำไปสูง จิตเริ่มรู้สึกจำของกลุ่มผู้บริโภคแต่ละกลุ่มถูกคำนวณด้วยวิธีการคำนวณแบบ 1) The Best Estimated Thresholds (BET; ASTM E697, 2004) และ 2) วิธีการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก (ASTM E1432, 2011) พบว่ากลุ่มคนที่บริโภคเผ็ดมากมีจิตเริ่มรู้สึกจำของกลิ่นฉุนของพริก (5.88 กรัม/ลิตร) สารมาตรฐาน 1P3O (1.27 ไมโครกรัม/ลิตร) ความเผ็ดของพริก (17.19 กรัม/ลิตร) และสารมาตรฐานแคปไซซิน (11.75 มิลลิกรัม/ลิตร) มากที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มคนที่บริโภคเผ็ดปานกลาง และเผ็ดน้อย นอกจากนี้ยังพบว่าผู้บริโภคทั้ง 3 กลุ่ม มีความชอบต่อความเผ็ดและกลิ่นฉุนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกลุ่มคนที่บริโภคเผ็ดน้อยชอบความเผ็ดและกลิ่นฉุนของพริกที่ระดับความเข้มข้น (0.58 และ 0.61 กรัม/ลิตร) ในขณะที่กลุ่มคนที่บริโภคเผ็ดปานกลางชอบความเผ็ดและกลิ่นฉุนของพริกที่มีความเข้มข้นในระดับปานกลาง (2.23 และ 1.75

กรัม/ลิตร) และกลุ่มคนที่บริโภคเผ็ดมากชอบความเผ็ดและกลิ่นของพริกที่ระดับความเข้มข้นสูง (7.19 และ 5.88 กรัม/ลิตร)

2.4.3 การรายงานค่าความเผ็ด (SHU)

ผู้ที่วัดค่าความเผ็ดคนแรกเป็นนักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมนีชื่อ วิลเบอร์ สโควิลล์ (Willbur Scoville) ใน พ.ศ. 2455 โดยในช่วงนั้นเขาได้ตั้งชุดทดสอบขึ้นมาประกอบด้วยกลุ่มคนซึ่งจะทำหน้าที่ในการชิมและให้คะแนนพริก หลักการของวิธีนี้ คือการทำให้สารละลายที่สกัดได้จากพริกเจือจางลงเรื่อยๆ จนกระทั่งสารละลายนั้นไม่มีความเผ็ดเหลืออยู่เลย พร้อมๆกับการจดบันทึกว่าทำการเจือจางทั้งหมดกี่ครั้ง ถ้ามีการเจือจางมากครั้งก็แสดงว่าพริกนั้นเผ็ดมาก ถ้าเจือจางน้อยครั้งก็แสดงว่าเผ็ดน้อย ซึ่งการทดสอบความเผ็ดด้วยวิธีดั้งเดิมนี้มีข้อเสียคือ ระดับความเผ็ดที่วัดได้จะไม่แน่นอน เนื่องจากการทดสอบต้องขึ้นอยู่กับคนที่เป็นผู้ทดสอบ ต่างคนต่างเวลาทำให้ระดับที่วัดคลาดเคลื่อนได้ แต่ในปัจจุบัน มีการพัฒนาวิธีการวัดระดับความเผ็ดของพริกให้ทันสมัยและเที่ยงตรงมากยิ่งขึ้น โดยใช้ High Pressure Liquid Chromatography (HPLC) ในการวัดระดับความเผ็ดแทน วิธีการนี้จะระบุและวัดสารเคมีที่ผลิตความร้อน แล้วจึงนำมาหาค่าที่ได้คำนวณด้วยสูตรทางคณิตศาสตร์ แต่ผลที่ได้จะออกมาเป็นหน่วยความเผ็ดแบบเอสทีเอ (ASTA pungency) ซึ่งดัชนีความเผ็ด (Scoville Heat Units, SHU) จะคำนวณจากปริมาณของสารเผ็ด capsaicin เท่านั้น จากสูตรค่าดัชนีความเผ็ด (SHU) = ปริมาณ capsaicin (%dry weight) x 150,000 (Hoffman, Lego, & Galetto, 1983) จะได้หน่วยสโควิลล์ออกมา แต่ผลการคูณเป็นเพียงค่าประมาณเท่านั้น และผู้เชี่ยวชาญก็ยืนยันว่าผลลัพธ์อาจน้อยกว่าวิธีการของสโควิลล์ 20-40% ซึ่งเครื่องดังกล่าวนี้วัดปริมาณของสารแคปไซซินในพริกแต่ละชนิดโดยตรง และเทียบปริมาณสารที่วัดได้เป็น Scoville Heat Unit (SHU) และกำหนดให้ 1 ในล้านส่วน (1 ppm) ของสารแคปไซซินมีค่าเท่ากับ 15 SHU ดังนั้น สารแคปไซซินบริสุทธิ์จึงมีค่าความเผ็ดเท่ากับ 15,000,000 SHU (สัมพันธ์ คัมภีรานนท์, 2546)

ตารางที่ 2.4 การจำแนกประเภทของพริกแต่ละชนิดโดยแบ่งตามระดับความเผ็ด

Scoville rating	Type of pepper
15,000,000–16,000,000	Pure capsaicin
8,600,000–9,100,000	Various capsaicinoids (e.g. homocapsaicin, homodihydrocapsaicin, nordihydrocapsaicin)
5,000,000–5,300,000	Law Enforcement Grade pepper spray, FN 303 irritant ammunition
855,000–1,050,000	Naga Jolokia (a.k.a. Ghost pepper)
350,000–580,000	Red Savina Habanero
100,000–350,000	Habanero chili, Scotch Bonnet Pepper, Datil pepper, Rocoto, African Birdseye, Madame Jeanette
50,000–100,000	Thai Pepper, Malagueta Pepper, Chiltepin Pepper, Pequin Pepper
30,000–50,000	Cayenne Pepper, Aji pepper, Tabasco pepper, some Chipotle peppers, Cumari pepper (<i>Capsicum Chinese</i>)
10,000–23,000	Serrano Pepper, some Chipotle peppers
2,500–8,000	Jalapeño Pepper, Guajillo pepper, New Mexican Anaheim pepper, Paprika (Hungarian wax pepper)
500–2,500	Anaheim pepper, Poblano Pepper, Rocotillo Pepper, Taco Bell Volcano Lava Sauce
100–500	Pimento, Pepperoncini
0	No heat, Bell pepper

ที่มา: Premkumar, 2014

บทที่ 3

ระเบียบวิธีการวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

พริกสดพันธุ์จินดาซื้อจากตลาดสี่มุมเมือง จ.ปทุมธานี นำมาคัดเฉพาะพริกที่มีผลดี สีแดง จัด สม่่าเสมอ เก็บที่อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส และทำการวิจัยภายใน 1 เดือน

3.2 สารเคมี

- 3.2.1 2,6-dichloroindophenol sodium salt (Loba chemie, Mumbai, India)
- 3.2.2 Acetic acid (Fisher scientific, New Hampshire, UK)
- 3.2.3 Acetic acid (Kanto Kagaku, Tokyo, Japan)
- 3.2.4 Acetonitrile for Liquid Chromatography (Macron fine chemicals, Gliwice, Poland)
- 3.2.5 Ascorbic acid (Ajax FineChem Laboratory Chemicals, Sydney, Australia)
- 3.2.6 Capsaicin (Sigma–Aldrich, Buchs, Switzerland)
- 3.2.7 Dihydrocapsaicin (Sigma–Aldrich, Buchs, Switzerland)
- 3.2.8 Ethanol (Merck, Darmstadt, Germany)
- 3.2.9 Sodium hydrogen carbonate (Fisher scientific, New Hampshire, UK)
- 3.2.10 Sodium metabisulphite (Ajax Finechem Pty Ltd, Australia)
- 3.2.11 Oxalic acid (May & Baker, London, United Kingdom)

3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ

- 3.3.1 Aflatoxin test kit (MycoJudge, Tokyo, Japan)
- 3.3.2 Autoclave (TOMY DIGITAL BIOLOGY CO.,LTD. SX – 300, Japan)
- 3.3.3 Benchmark Plus Microplate Reader User Manual (Bio-RAD Model 550, US)

3.3.4 Blender (Philips HR211502, Amsterdam, Nederland)

3.3.5 Digital analytical balance (Adventure™ ARC120, Ohaus Corp. Pine Brook, NJ, USA)

3.3.6 Digital analytical balance (Sartorius ED224S, Germany)

3.3.7 Drying Oven (Fnd Co Ltd., Bangkok, Thailand)

3.3.8 Filter papers No.4 (Whatman plc, Kent, United Kingdom)

3.3.9 Freeze dryer (Dura-Top/Dura Stop MP, Dura Dry MP, FTS Systems™, Stone Ridge, NY, USA)

3.3.10 HPLC equipped with a pump (Model LC-10AD VP), a detector (Model SPD-10A) and a degasser (Model DG660B) (Shimadzu, Kyoto, Japan)

3.3.11 Hot air oven (Yamato DV61, Tokyo, Japan)

3.3.12 Incubator shaker (TAITEC BR-3000LF, Saitama-ken, Japan)

3.3.13 Nylon Syringe Filter 0.45 micron (Filtrex Technologies, California, USA)

3.3.14 pH meter (Sartorius PB-10 Basic Benchtop pH Meters, Göttingen, Germany)

3.3.15 Spectrophotometer (Nippon Denshoku SE 6000, Tokyo, Japan)

3.3.16 Vacuum Packaging Machines (VAC-STAR S210, Sugiez, Switzerland)

3.3.17 Water activity instrument (AquaLab Series 3, Washington, USA)

3.3.18 Water bath (Personal-11 SJ set TAITEC, Saitama-ken, Japan)

3.4 วิธีดำเนินการวิจัย

3.4.1 การศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพ และสารให้ความเผ็ดของพริกที่ผ่าน pretreatment

นำพริกสดมาล้างทำความสะอาด และนำพริกที่ได้มาผ่านกระบวนการเตรียมแบบต่างๆ คือ 1) ลวก 100 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที 2) ลวก 100 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที และแช่ในสารละลาย 0.25% โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และ 1.0% กรดซิตริก 3) ชูดควบคุม คือ พริกสดที่ไม่ผ่านการเตรียม วิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพของพริกที่ผ่านการ pretreatment ได้แก่ ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000) วัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี (a_w) ด้วยเครื่อง AquaLab (รุ่น Series 3 TE. บริษัท Decagon Devices, Inc., ประเทศสหรัฐอเมริกา) วัดค่าสี L^* , a^* , b^* ด้วยเครื่องวัดสี Color Reader (MINOLTA.CO.LTD, รุ่น CR-10, ประเทศญี่ปุ่น) ความเป็นกรดเบส (pH) ปริมาณ ascorbic acid (AOAC, 2000) วิเคราะห์หาสารให้ความเผ็ด (Capsaicinoids) ตามวิธีของ Contreras-Padilla and Yahia (1998) โดยใช้เครื่อง

HPLC (Shimadzu LC-10AD, a detectors (RF-10AXL), Japan) และการทดสอบหาความแตกต่างทางประสาทสัมผัสด้านคุณลักษณะความเผ็ดโดยวิธี Ranking Test

3.4.2 การศึกษาผลของกระบวนการอบแห้งแบบต่างๆ ต่อคุณภาพ และสารให้ความเผ็ดของพริกแห้ง

วางแผนการทดลองแบบ full factorial 3x3 [3 การ pretreatment และ 3 วิธีการอบแห้ง] โดยเตรียมพริกตามการ pretreatment ข้อ 1 แล้วนำพริกดังกล่าวมาอบแห้งด้วยกระบวนการอบแห้งแบบต่างๆ 3 แบบ ได้แก่ 1) อบแห้งโดยพลังงานแสงอาทิตย์ 2) ใช้ตู้อบลมร้อนแบบถาด (Tray Dryer) และ 3) อบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze Drying) ได้เป็นพริกแห้งที่มีความชื้นสุดท้ายประมาณ 8% นำมาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพ และสารให้ความเผ็ดของพริกแห้ง ตามวิธีการในข้อ 1 และการทดสอบหาความแตกต่างทางประสาทสัมผัสด้านคุณลักษณะความเผ็ดโดยวิธี Ranking Test (BIB)

3.4.3 ศึกษาผลของกระบวนการอื่นๆ ในขั้นตอนการผลิตพริกป่นที่มีต่อคุณภาพ และสารให้ความเผ็ด

เตรียมพริกแห้งที่ผลิตจากกระบวนการผลิตพริกแห้งที่เลือกจากข้อ 2 ได้เป็นพริกแห้งและแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่หนึ่งนำไปบดเป็นพริกป่น และอีกส่วนนำไปคั่ว โดยใช้พริกแห้งที่เค็ดก้านออกแล้วนำมาคั่วโดยใช้ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ได้เป็นพริกคั่ว นำพริกที่ได้จากการคั่วและบดมาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพ และสารให้ความเผ็ดเปรียบเทียบกับพริกแห้ง ตามวิธีการวิเคราะห์ในข้อ 1 และการทดสอบหาความแตกต่างทางประสาทสัมผัสด้านคุณลักษณะความเผ็ดโดยวิธี 2AFC

3.4.4 ศึกษาสถานะการเก็บรักษาต่อคุณภาพ และสารให้ความเผ็ดของพริกป่น

เตรียมพริกแห้งที่ผลิตจากกระบวนการผลิตพริกป่นที่ไม่ผ่านการคั่วและผ่านการคั่วที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากข้อ 3 เก็บในบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมอย่างน้อย 2 ชนิด (มีแสงและไม่มีแสง) ที่ผู้บริโภคต้องการหรือนิยมซื้อ (ข้อมูลจากการทำ consumer survey) เก็บที่อุณหภูมิแตกต่างกัน ไม่น้อยกว่า 3 ระดับ คือ (20, 30 และ 40 องศาเซลเซียส) โดยมีอุณหภูมิ 5 องศา

3.6 สถานที่ทำการทดลอง และ/หรือ เก็บข้อมูล

3.6.1 วิทยาลัยนวัตกรรมการเกษตร เทคโนโลยีชีวภาพ และอาหาร มหาวิทยาลัยรังสิต

3.6.2 ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยรังสิต

3.6.3 Department of Food Science, Ishikawa Prefectural University, Japan



บทที่ 4

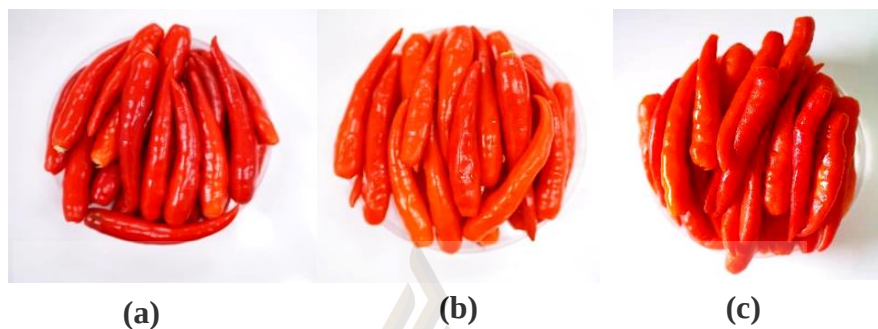
ผลการวิจัย

4.1 ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพ และสารให้ความเผ็ดของพริกที่ผ่าน pretreatment

ในกระบวนการผลิตพริกแห้ง พริกป่นที่มีคุณภาพสูง จำเป็นต้องมีกระบวนการ pretreatment เช่น การลวก การแช่สารต่างๆ ดังนั้นจึงมีการศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพ และสารให้ความเผ็ดของพริกที่ผ่าน pretreatments โดยใช้พริกสดพันธุ์จินดา นำมาล้างทำความสะอาด และนำพริกที่ได้มาผ่านกระบวนการเตรียมแบบต่างๆ คือ 1) พริกลวก ที่ผ่านการลวก 100 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3 นาที 2) พริกแช่ ที่ผ่านการลวก 100 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3 นาที และแช่ในสารละลาย 0.25% โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และ 1.0% กรดซิตริก 3) พริกสดที่ไม่ผ่านการเตรียม และวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพของพริกที่ผ่านการ pretreatment จากการศึกษาพบว่า ปริมาณความชื้นและ ค่าวอเตอร์แอกติวิตี ของพริกลวก และพริกแช่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับพริกสด ($p \leq 0.05$) เนื่องจากการเคลื่อนย้ายน้ำ (water migration) ในอาหารจะพยายามที่จะไปสู่สภาวะสมดุลกับสภาพอากาศแวดล้อมรอบตัว (สุพจน์ ตุงกเศรษฐ์, 2556) ซึ่งการนำพริกสดไปลวกหรือไปแช่นั้น จะทำให้น้ำรอบนอกเคลื่อนย้ายเข้าสู่พริกสดจนกว่าจะถึงสภาวะสมดุล แสดงดังตารางที่ 4.1

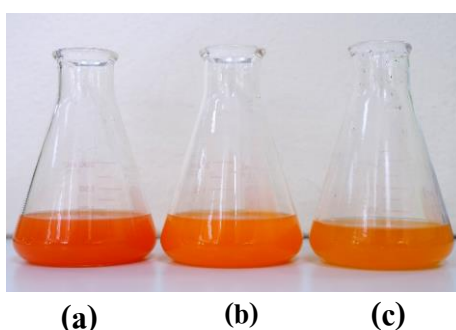
ผลการวิเคราะห์ค่าสี พบว่าการเตรียมมีผลต่อค่าสี (รูปที่ 4.1) โดยมีค่า L^* (L^* แสดงค่าความสว่าง มีค่าตั้งแต่ 0-100) พริกแช่มีค่า L^* สูงสุด 40.9 รองลงมาคือพริกลวก มีค่าความสว่าง 38.8 และพริกสดมีค่าความสว่างต่ำที่สุดคือ 34.7 ค่า a^* (แสดงค่าสีแดง เมื่อค่า a มีค่าเป็น + และ สีเขียว เมื่อค่า a มีค่าเป็น -) จากผลการวิเคราะห์ พบว่าพริกแช่ มีสีแดงมากที่สุดคือ 48.5 รองลงมาคือพริกลวกมีค่า a^* 43.6 และพริกสดมีค่าสีแดงต่ำที่สุดคือ 38.8 ค่า b^* (แสดงค่า สีเหลือง เมื่อค่า b มีค่าเป็น + และ สีน้ำเงิน เมื่อค่า b มีค่าเป็น -) จากผลการวิเคราะห์ พบว่าพริกแช่มีสีเหลืองมากที่สุด คือ 45.7 รองลงมาคือพริกลวกมีค่า b^* 39.2 และพริกสดมีค่า b^* ต่ำที่สุดคือ 28.6 และพริกทั้ง 3 ประเภทมีค่าสี L^* a^* และ b^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงดังตารางที่ 4.1 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chaethong and Pongsawatmanit (2015) ศึกษาผลของ sodium metabisulfite และ Citric acid ในกระบวนการแช่หลังจากการลวกต่อคุณภาพและความคงตัวในการเก็บพริกแห้ง พบว่าการ

แช่พริกลงในสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ร่วมกับกรดซิตริกแสดงผลเสริมฤทธิ์กันในการคงคุณภาพสีของพริก โดยตัวอย่างที่ผ่านการแช่ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ และกรดซิตริก มีค่าสูงกว่าพริกที่ไม่ผ่านการแช่



รูปที่ 4.1 (a) พริกสด (b) พริกลวก 100°C นาน 3 นาที (c) พริกลวก 100°C นาน 3 นาที และแช่ในสารละลาย 0.25% โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และ 1.0% กรดซิตริก

ค่า pH ของพริกสดมีค่าความเป็นกรดมากที่สุด เมื่อนำพริกไปลวกแล้วทำให้มีค่าความเป็นกรดลดลง และพริกแช่มีค่าความเป็นกรดน้อยที่สุด ตามลำดับ ($p \leq 0.05$) เช่นเดียวกับการพัฒนากระบวนการผลิตเพื่อยกระดับคุณภาพของพริกชี้ฟ้าแห้งในระดับอุตสาหกรรมเพื่อการส่งออกโดยการลวกที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ร่วมกับการแช่ในสารละลายผสมระหว่างโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (0.3% $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) และแคลเซียมคลอไรด์ (1% CaCl_2) เป็นเวลา 10 นาที ก่อนนำไปอบแห้ง สามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ลงได้ร้อยละ 90 (วราภา มหากาญจนกุล และคณะ, 2557) ในส่วนของผลการศึกษ ปริมาณ ascorbic acid พบว่าในพริกสดมีปริมาณ ascorbic acid มากที่สุด 707 mg AA/100g db และพริกที่ผ่านการ pretreatment คือ พริกลวกและพริกแช่ มีปริมาณ ascorbic acid ลดลง ($p \leq 0.05$) เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงนั้นมีผลทำให้ปริมาณ ascorbic acid ลดลง (Vega-Gálvez, Lemus-Mondaca, Bilbao-Sáinz, Fito, & Andrés, 2008) แสดงดังตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.2 สารละลายพริกสด (a) พริกลวก (b) และพริกแช่ (c) ในสารละลาย 2% oxalic-acetic

ตารางที่ 4.1 สมบัติทางเคมีกายภาพของพริกที่ผ่านการเตรียม

Characteristic	Fresh chili	Blanch chili	Blanch+Soak chili
Moisture content (% , wb)	74.7±1.0b	78.4±0.1a	78.2±0.1a
Water activity	0.977±0.0c	0.983±0.0b	0.988±0.0a
Ascorbic acid (mg/100 g, db)	707±72.4a	517±7.8b	536±41.2b
<i>L</i> *	34.7±0.3c	38.8±1.8b	40.9±1.0a
<i>a</i> *	38.8±0.5c	43.6±3.6b	48.5±1.4a
<i>b</i> *	28.6±1.2c	39.2±0.5b	45.7±0.8a
pH	4.8±0.0c	5.1±0.0b	5.2±0.0a

หมายเหตุ a-c ที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns คือ not significant

*L** แสดงค่าความสว่าง มีค่าตั้งแต่ 0-100

*a** แสดงค่า สีแดง เมื่อค่า *a* มีค่าเป็น + และ สีเขียว เมื่อค่า *a* มีค่าเป็น -

*b** แสดงค่า สีเหลือง เมื่อค่า *b* มีค่าเป็น + และ สีน้ำเงิน เมื่อค่า *b* มีค่าเป็น -

ในส่วนของการวิเคราะห์ปริมาณสารให้ความเผ็ดแคปไซซินอยด์ด้วย HPLC โดยได้ HPLC chromatogram ดังแสดงในภาพที่ 4.3 จากการเปรียบเทียบพบว่า แคปไซซินอยด์ ซึ่งประกอบด้วยสารต่างๆ คือ แคปไซซิน ไดไฮโดรแคปไซซิน และนอร์ไดไฮโดรแคปไซซิน ในพริกสดนั้นมีปริมาณสารแคปไซซินอยด์สูงสุด ปริมาณสารให้ความเผ็ดดังกล่าวลดลงเมื่อผ่านการเตรียม ได้แก่ การลวก การแช่ในสารละลาย ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.2) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Suresh, Manjunatha, and Srinivasan (2007) รายงานการสูญเสียแคปไซซิน 18.3–36.2% ของพริกแดงแห้งในระหว่างการต้ม และงานวิจัยของ José de Jesús et al. (2010) พบการลดลงของปริมาณสารแคปไซซินอยด์ในพริกในระหว่างการต้ม ที่อุณหภูมิ 96 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.2 ปริมาณสารให้ความเผ็ดในพริกสด พริกตาก และพริกแช่

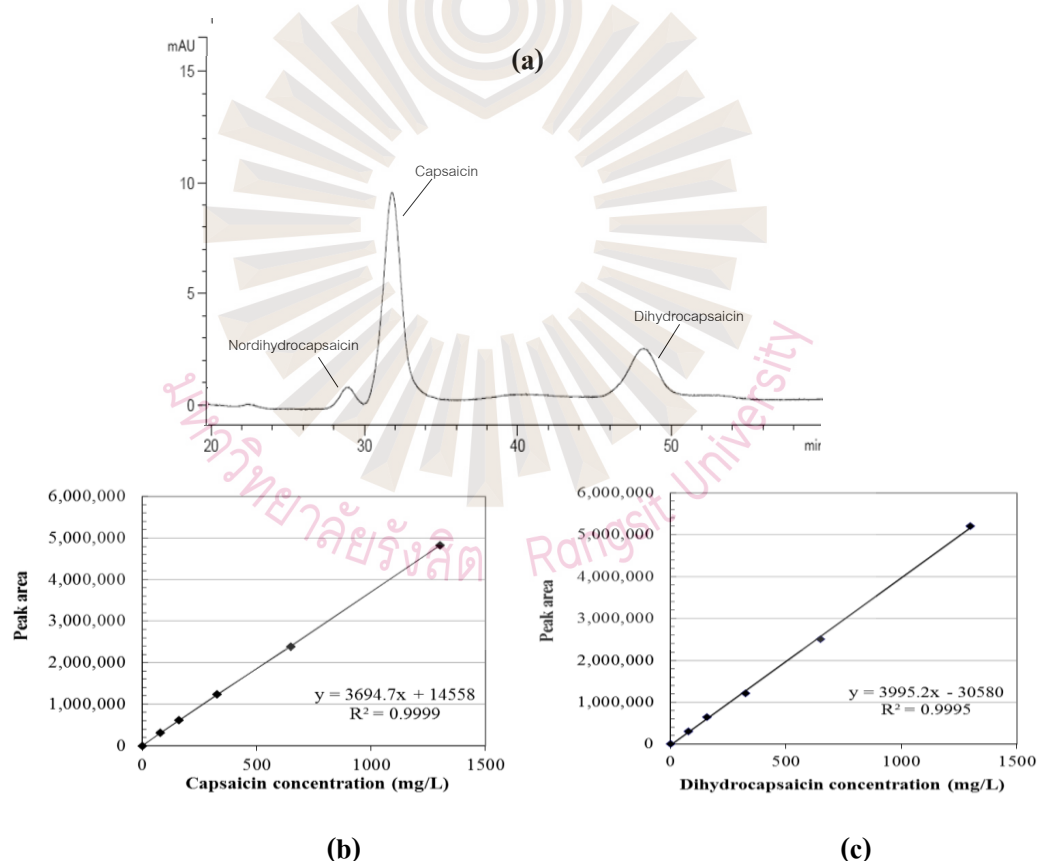
Process	Capsaicin (mg/100g,db)	DHC ^{ns} (mg/100 g,db)	NDHC ^{ns} (mg/100 g,db)	Capsaicinoids (mg/100 g,db)	SHU*
Fresh	724±15.3a	360±15.4	91±18.2	1176±20.7a	176345±3100.3a
Blanched	587±6.5b	373±15.4	98±5.6	1057±29.7b	158573±4459.2b
Blanch+Soaked	586±4.6b	365±1.1	91±4.9	1041±28.3b	156288±4251.4b

หมายเหตุ a-c ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns คือ not significant

DHC: Dihydrocapsaicin, NDHC: Nordihydrocapsaicin,

SHU ; Scoville Heat Units (1 µg/g total capsaicinoids= 15 unit)



รูปที่ 4.3 HPLC chromatogram ของส่วนประกอบหลัก capsaicinoids: แคปไซซิน (Capsaicin) ไดไฮโดรแคปไซซิน (Dihydrocapsaicin) และนอร์ไดไฮโดรแคปไซซิน (Nordihydrocapsaicin) ที่สกัดจากพริก (a) capsaicin standard curve (b) และ (c) dihydrocapsaicin standard curve

ตารางที่ 4.3 ผลการประเมินการเรียงลำดับความสำคัญของพริกสด พริกตาก และพริกแช่ 3 ตัวอย่าง

ผู้ประเมิน	ตัวอย่าง			ผู้ประเมิน	ตัวอย่าง		
	A	B	C		A	B	C
1	2	3	1	16	2	3	1
2	2	1	3	17	3	2	1
3	1	3	2	18	2	1	3
4	1	3	2	19	1	2	3
5	2	3	1	20	3	2	3
6	3	1	2	21	1	2	3
7	3	2	1	22	3	2	1
8	1	3	2	23	1	3	2
9	3	2	1	24	1	3	2
10	1	2	3	25	3	1	2
11	3	1	2	26	1	3	2
12	2	3	1	27	2	3	1
13	1	2	3	28	1	2	3
14	3	1	2	29	3	2	1
15	2	1	3	30	3	2	1
ผลรวม					58	61	57

หมายเหตุ A=พริกสด B=พริกตาก C=พริกตาก+แช่

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสความแตกต่างด้านความเผ็ดของพริกตากและแช่ในสารละลาย พริกตาก และพริกสด โดยวิธีการเรียงลำดับความแตกต่าง (Ranking Test) และใช้ผู้ประเมินจำนวน 30 คน (ตาราง 4.3) ทำการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยวิธี Analog Fisher's LSD_{rank} ที่ระดับนัยสำคัญ (α) = 0.05 โดยจำนวนผู้ทดสอบ เท่ากับ 30 จำนวนตัวอย่าง เท่ากับ 3 ได้ผลดังนี้

$$LSD = 1.96\sqrt{30 \times 3 \times 4} / 6$$

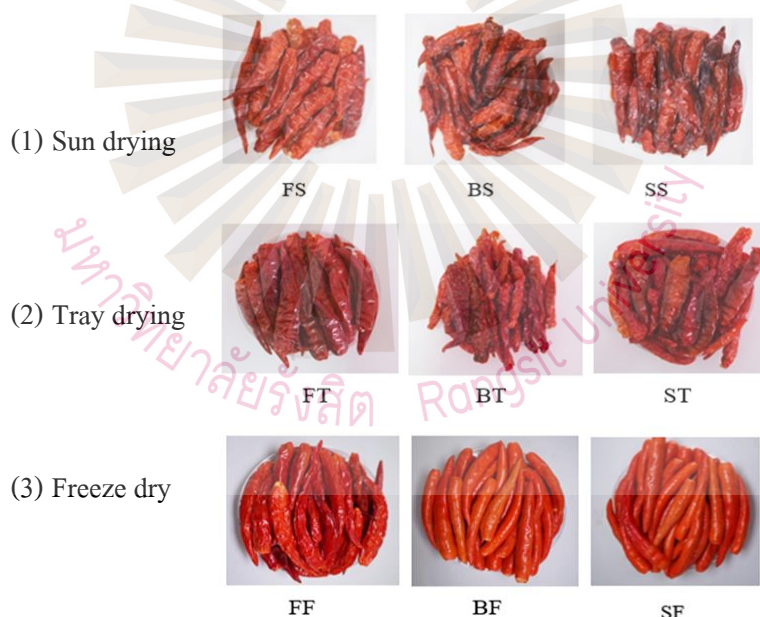
$$= 15.18$$

A=พริกสด B=พริกตาก C=พริกแช่ ค่าความต่างของ 2 ตัวอย่าง คือ

$A-B=3$, $A-C=1$, $B-C=4$ ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า การทดสอบทางประสาทสัมผัสความแตกต่างพริกทั้ง 3 ตัวอย่างนั้นไม่มีความแตกต่างกันด้านความเผ็ดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.3) ซึ่งการศึกษาการจัดกลุ่มผู้รับประทานเผ็ดระดับต่างๆ โดยการประเมินระดับความเผ็ดด้วยการชิมพบว่า พฤติกรรมความชอบในการบริโภคอาหารเผ็ดร้อนมีผลต่อการประเมินระดับความเผ็ด ผู้ที่ชอบทานเผ็ดน้อย และเผ็ดปานกลางสามารถแยกระดับความเผ็ดได้ดีกว่าผู้ที่ชอบทานเผ็ดเป็นประจำ (วิจารณ์ ชื้อมาก และวรภา คงเป็นสุข, 2556)

4.2 ผลการศึกษาผลของกระบวนการอบแห้งแบบต่างๆ ต่อคุณภาพ และสารให้ความเผ็ดของพริกแห้ง

จากแผนการทดลองแบบ full factorial 3×3 (3 การเตรียม และ 3 วิธีการอบแห้ง) โดยเตรียมพริกแบบต่างๆ คือ 1) ลวก 2) ลวกและแช่ในสารละลาย 3) พริกสดที่ไม่ผ่านการเตรียม ได้พริกแห้งทั้งหมด 9 ชุดการทดลอง (รูปที่ 4.4)



รูปที่ 4.4 พริกแห้งที่ได้จากการเตรียมแตกต่างกัน (พริกสด, พริกลวก, พริกแช่) และผ่านการทำแห้งด้วยกระบวนการที่แตกต่างกัน (Sun drying, Tray Dry, Freeze dry); Fresh-Sun drying (FS) Blanched-Sun drying (BS), Soaked-Sun drying (SS), Fresh-Tray dry (FT), Blanched-Tray dry (BT), Soaked-Tray dry (ST), Fresh-Freeze dry (FF), Blanched-Freeze dry (BF), Soaked-Freeze dry (SF)

จากตารางที่ 4.4 แสดงผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพของพริกแห้งที่ได้จากแต่ละกระบวนการเตรียม และการทำแห้ง การเตรียม โดยชุดการทดลองที่เตรียมโดยการลวก และการลวก และแช่ในสารละลายมีผลต่อค่าสี L^* และ a^* ของพริกแห้งโดยกระบวนการอบด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด ซึ่งมีค่าสูงกว่าพริกที่ไม่ผ่านการเตรียม ($p \leq 0.05$) เนื่องจากโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์อาจตอบสนองกับสารตัวกลางในปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการสร้างเม็ดสี ขณะที่กรดซิตริกทำหน้าที่เป็นสารลดค่าความเป็นกรดเบส ซึ่งจะช่วยลดการเกิดออกซิเดชัน และมีความสามารถในการต่อต้านอนุมูลอิสระในการป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในผลไม้แห้งและผัก (Brannen & Haggerty, 2002) อย่างไรก็ตามพริกแห้งที่มาจาก การเตรียมโดยการลวกและแช่ในสารละลาย 0.25% โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ และ 1.0% กรดซิตริก มีผลต่อค่าความเป็นกรดเบส ที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับพริกที่ไม่แช่ ส่วนกระบวนการอบแห้งที่แตกต่างกันมีผลต่อค่าสีโดยค่าสี L^* และ a^* ในพริกแห้งจากการอบแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือพริกแห้งจากการอบแห้งโดยพลังงานแสงอาทิตย์ และพริกแห้งจากตู้อบลมร้อนแบบถาด มีค่าความสว่างต่ำที่สุดตามลำดับ ส่วนค่า b^* พบว่าพริกแห้งจากการอบแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือพริกแห้งจากตู้อบลมร้อนแบบถาด และพริกแห้งจากพลังงานแสงอาทิตย์มีค่า b^* ต่ำที่สุด

ผลการศึกษาปริมาณ ascorbic acid ในพริกแห้งที่ได้จาก 9 ชุดการทดลอง (ตารางที่ 4.4) พบว่าพริกที่ผ่านการ pretreatment 3 ประเภท และกระบวนการอบแห้งที่แตกต่างกัน 3 แบบนั้น มีปริมาณ ascorbic acid แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) โดยพริกแห้งจากตู้อบลมร้อนแบบถาดมีปริมาณน้อยที่สุดโดยสูญเสีย ascorbic acid ไป 67% ตามด้วยพริกแห้งจากการอบแห้งโดยพลังงานแสงอาทิตย์ สูญเสีย ascorbic acid ไป 54.3% และพริกแห้งจากการอบแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีปริมาณ ascorbic acid มากที่สุด โดยสูญเสีย ascorbic acid ไป 30.6% เช่นเดียวกับ Markus, Daood, Kapitany, and Biacs (1999) รายงานว่า 75% ของ ascorbic acid ในพริกแดงหายไประหว่างการอบแห้ง และ Toontom et al. (2012) ได้ศึกษาผลของวิธีการอบแห้งที่มีต่อคุณภาพทางกายภาพและทางเคมี ความเผ็ดและสารระเหยให้กลิ่นเฉพาะของพริกชี้ฟ้าแห้ง พบว่าพริกแห้งที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งให้สีแดงสดและมี ascorbic acid สูงกว่าการทำแห้งวิธีอื่น

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสความแตกต่างด้านความเผ็ดโดยวิธี Ranking Test ของพริกแห้งที่ได้จาก 9 ชุดการทดลอง แสดงดังตารางที่ 4.5 โดยวางแผนการทดสอบแบบสุ่มในบล็อกไม่สมบูรณ์ชนิด Balanced Incomplete Block Design (BIB) ใช้ผู้ประเมิน จำนวน 36 คน ผล

การทดสอบพบว่า ไม่มีความแตกต่างด้านความเผ็ดของพริกที่ผ่านการ pretreatment 3 ประเภท และ กระบวนการอบแห้งที่แตกต่างกัน 3 แบบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เนื่องจากการแยกแยะระดับความเผ็ดร้อนจากอาหารที่มีพริกเป็นส่วนประกอบของแต่ละบุคคลที่แตกต่างกัน อาจมาจากความเคยชินและ/หรือความชอบของบุคคลนั้น (Prescott & Stevenson, 1995; Reinbach et al., 2007) ทำให้ผลการประเมินการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความเผ็ดที่ใช้ผู้ประเมินที่แตกต่างกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 4.5 คะแนนลำดับความเผ็ด (Ranking score) ของพริกแห้งที่ได้จากการเตรียมและการอบแห้งที่

Pretreatment/ Drying	Mean±S.D.	แตกต่างกัน
FT	2.6±1.1ns	
BT	2.8±1.1ns	
ST	3.0±1.2ns	
FF	2.3±1.1ns	
BF	2.4±1.0ns	
SF	2.3±1.1ns	
FS	2.6±1.2ns	
BS	2.1±1.1ns	
SS	2.4±1.2ns	

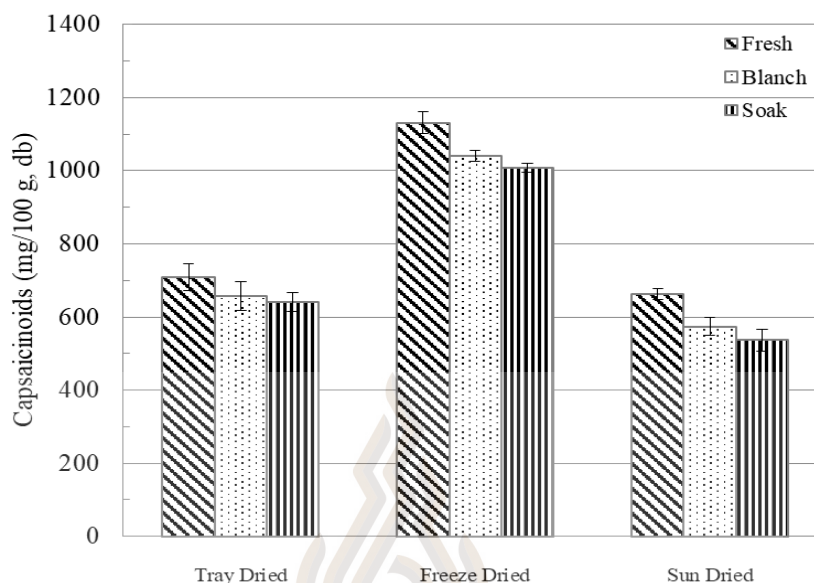
หมายเหตุ ns = not significant

ตารางที่ 4.4 สมบัติทางเคมีกายภาพในพริกแห้งที่ผ่านการเตรียมและการอบแห้งที่แตกต่างกัน

Pretreatment/ Drying	Moisture content (%, wb)	Water activity (a_w)	Ascorbic acid (mg/100 g, db)	Color			pH
				L^*	a^*	b^*	
1.Fresh Tray Dried (FT)	8.1±0.0c	0.431±0.0e	233±2.7d	19.0±0.4g	26.3±0.6e	24.7±1.4d	4.9±0.0e
2.Blanch Tray Dried (BT)	8.2±0.0c	0.441±0.0d	179±1.3e	23.7±1.6f	31.0±0.0d	28.7±1.9bc	4.9±0.0e
3.Soak Tray Dried (ST)	8.2±0.0c	0.430±0.0e	179±1.3e	30.6±0.3c	31.1±0.6d	26.9±0.6cd	4.8±0.0f
4.Fresh Freeze Dried (FF)	8.4±0.0b	0.474±0.0c	491±2.6a	34.6±0.5b	42.5±1.5b	31.8±0.1b	5.2±0.0a
5.Blanch Freeze Dried (BF)	8.5±0.0ab	0.483±0.0b	346±2.6b	43.7±0.4a	44.3±1.1ab	42.8±1.1a	5.1±0.0c
6.Soak Freeze Dried (SF)	8.5±0.0ab	0.484±0.0b	328±0.1c	43.3±0.2a	45.8±2.8a	41.9±2.6a	4.9±0.0e
7.Fresh Sun Dried (FS)	8.4±0.0ab	0.476±0.0c	323±2.3c	31.6±0.9c	37.3±6.9c	27.6±6.9cd	5.2±0.0b
8.Blanch Sun Dried (BS)	8.6±0.1a	0.492±0.0a	252±1.8d	27.9±0.4d	23.2±1.3f	18.4±0.5e	5.0±0.0d
9.Soak Sun Dried (SS)	8.3±0.0b	0.473±0.0c	233±2.7d	25.9±0.3e	30.8±0.9d	20.2±0.1e	4.6±0.0g

หมายเหตุ a–g ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns = not significant



รูปที่ 4.5 ปริมาณ Capsaicinoids ที่วิเคราะห์โดย HPLC ในพริกแห้งที่ได้จากการเตรียมแตกต่างกัน (พริกสด, พริกตาก, พริกแช่) และผ่านการทำแห้งด้วยกระบวนการที่แตกต่างกัน (Sun drying, Tray Dry, Freeze dry)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารให้ความเผ็ดแคปไซซินอยด์ด้วย HPLC ดังแสดงในตารางที่ 4.6 พบว่าพริกสดมีปริมาณสารแคปไซซินอยด์สูงสุด และปริมาณสารให้ความเผ็ดดังกล่าวลดลงเมื่อผ่านการเตรียม ได้แก่ การตาก การแช่ในสารละลาย ($p \leq 0.05$) และเมื่อนำไปทำเป็นพริกแห้งแล้ว วิเคราะห์ปริมาณสารแคปไซซินอยด์ พบว่ามีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับพริกสด (รูปที่ 4.5) โดยพริกแห้งที่ทำแห้งด้วยวิธีทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง มีค่าสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับพริกแห้งจากกระบวนการทำแห้งอื่นโดยปริมาณแคปไซซินสูญเสียไป 14.3% รองลงมาคือ พริกทำแห้งแบบใช้ตู้อบลมร้อนปริมาณแคปไซซินสูญเสียไป 45.5% และพริกทำแห้งแบบใช้แสงอาทิตย์ ปริมาณแคปไซซินสูญเสียไป 54.3% สอดคล้องกับ Toontom et al. (2012) รายงานว่าการทำแห้งพริกชี้ฟ้า (*Capsicum annuum* Linn. Var. *acuminatum* Fingerh.) แบบแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -50 องศาเซลเซียส ความดัน 5 Pa ในตู้แช่แข็ง จนได้ค่าความชื้นประมาณ 10-13 % ไม่มีผลต่อการลดลงของแคปไซซินเมื่อเทียบกับพริกสด และ Topuz and Ozdemir (2004) ได้แสดงผลการวิเคราะห์พริกตุรกีตากแห้งด้วยแสงอาทิตย์เป็นเวลา 5-7 วัน ปริมาณแคปไซซินสูญเสียไป 24.6% (ความชื้นประมาณ 12-14%) ส่วนพริกแห้งที่อบแห้งอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 90 นาที ปริมาณแคปไซซินหายไป 21.5%

ตารางที่ 4.6 ปริมาณสารให้ความเผ็ดในพริกที่ผ่านการอบแห้งที่แตกต่างกัน ในพริกแห้งที่ผ่านการเตรียมและการอบแห้งที่แตกต่างกัน

Process	Capsaicin (mg/100g,db)	DHC (mg/100 g,db)	NDHC (mg/100 g,db)	Capsaicinoids (mg/100 g,db)
Fresh	724±15.3a	360±15.4a	91±18.2a	1176±20.7a
Tray drying	394±7.0c	198±7.8c	49±16.7c	641±19.0c
Freeze drying	702±2.3b	242±5.0b	64±10.1b	1008±31.2b
Sun drying	337±8.1d	160±9.5d	40±11.2d	537±21.7d

หมายเหตุ a-d ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns = not significant

DHC: Dihydrocapsaicin, NDHC: Nordihydrocapsaicin,

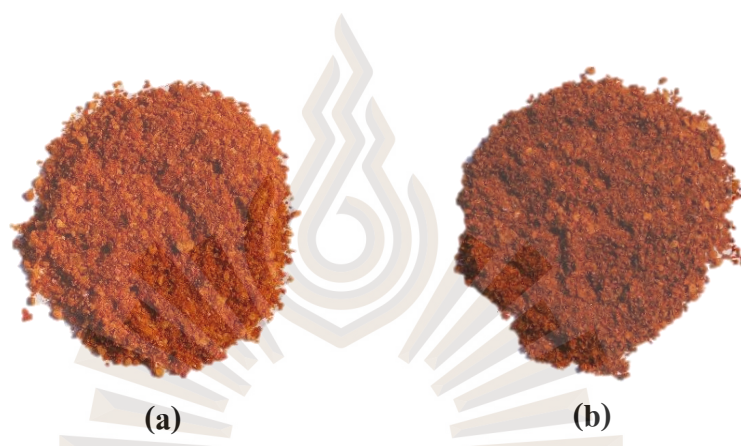
SHU ; Scoville Heat Units (1 µg/g total capsaicinoids= 15 unit)

4.3 ผลการศึกษาผลของกระบวนการอื่นๆ ในขั้นตอนการผลิตพริกป่นที่มีต่อคุณภาพและสารให้ความเผ็ด

ในขั้นตอนนี้ต้องการที่จะศึกษาผลของกระบวนการคั่วที่มีต่อปริมาณสารให้ความเผ็ด โดยเลือกใช้วิธีการจากข้อ 4.2 คือเตรียมพริกด้วยการลวก 100 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3 นาที และแช่ในสารละลาย 0.25% โซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ร่วมกับสารละลาย 1.0% กรดซิตริก แล้วอบแห้งพริกที่เตรียมได้ด้วย Tray Dryer ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส 14 ชั่วโมง จากนั้นนำพริกแห้งที่ได้เด็ดก้านออกแล้วนำมาคั่วโดยใช้ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ได้เป็นพริกคั่ว

จากนั้นศึกษาเปรียบเทียบผลของการคั่วที่ 120 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที เปรียบเทียบกับพริกป่นที่ไม่ผ่านการคั่ว (รูปที่ 4.6) จากการศึกษาสมบัติเคมีกายภาพของพริกทั้ง 2 แบบพบว่า ปริมาณความชื้น ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ และค่าสี $L^* a^* b^*$ ของพริกป่นที่ผ่านการคั่วมีน้อยกว่าพริกป่นที่ไม่คั่ว (ตารางที่ 4.7) อาจเกิดจากการใช้อุณหภูมิสูงในการคั่วทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของสารสีน้ำตาลในตัวอย่างส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล ซึ่งสารสีน้ำตาลดังกล่าวเกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) หรือการเปลี่ยนเป็นคาราเมลของน้ำตาล (Hodge, 1953) และเนื่องจาก

สารแคปแซนทิน (Capsanthin) เป็นสารประกอบหลักของเม็ดสีที่ทำให้เกิดสีแดงในพริกลดลงด้วยการเพิ่มอุณหภูมิในการคั่วเนื่องจากเม็ดสีถูกทำลาย (Kim et al., 2006) Howard, Smith, Wagner, Villalon, and Burens (1994) รายงานว่า ascorbic acid ลดลงเพราะอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้เกิดออกซิเดชัน กรดแอสคอร์บิกจะถูกออกซิไดซ์โดยแสงและอุณหภูมิสูงซึ่งนำไปสู่การก่อตัวของกรด L-dehydroascorbic และสารประกอบไม่อิ่มตัวอื่นๆ (BeMiller & Whistler, 1996; Gregory, 1996) ดังนั้นพริกไม่คั่วจึงมีปริมาณ ascorbic acid มากกว่าพริกคั่วอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 10 นาที ($p \leq 0.05$)



รูปที่ 4.6 พริกป่นที่ไม่ผ่านการคั่ว (a) และพริกคั่วที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 10 นาที ก่อนนำมาป่น (b)

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพของพริกป่นที่ไม่ผ่านการคั่ว และพริกที่คั่ว 120 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 10 นาที

Properties	Unroasted	Roasted
Moisture content (% , wb)	8.3±0.2b	5.2±0.5a
Water activity	0.321±0.0a	0.270±0.0b
Ascorbic acid (mg/100 g, db)	220±0.0a	181±0.0b
L^*	32.8±0.9a	30.9±0.9b
a^*	25.4±1.5a	17.2±0.5b
b^*	16.3±1.0a	10.6±0.4b
pH	5.6±0.0a	5.5±0.0b

หมายเหตุ a-b ที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns = not significant

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารให้ความเผ็ดแคปไซซินอยด์ด้วย HPLC ดังแสดงในตารางที่ 4.8 ปริมาณแคปไซซิน ไดไฮโดรแคปไซซิน นอร์ไดไฮโดรแคปไซซิน และแคปไซซินอยด์รวม ของพริกป่นที่ไม่ผ่านการคั่วและไม่และพริกป่นที่ผ่านการคั่ว 120 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ความคงตัวของแคปไซซินขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ และช่วงเวลาในการให้ความร้อน (Ornelas-Paz et al., 2010) Wang et al. (2009) รายงานว่าการอบพริกโดยใช้ Oven drying ที่อุณหภูมิสูงกว่า 190 องศาเซลเซียส capsaicin และ dihydrocapsaicin เกิดการสลายตัวอย่างรวดเร็ว

ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารให้ความเผ็ดแคปไซซินอยด์ด้วย HPLC ของพริกป่นที่ไม่ผ่านการคั่ว และพริกที่คั่ว 120 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 10 นาที

Process	Capsaicin ^{ns} (mg/100g,db)	DHC (mg/100 g,db)	NDHC ^{ns} (mg/100 g,db)	Capsaicinoids ^{ns} (mg/100 g,db)	SHU* ^{ns}
Chili powder					
Unroasted	316±9.2	226±10.1a	42±7.3	584±26.4	87607±312.6
Roasted	322±12.4	210±8.1b	41±3.5	572±12.4	85834±298.5

หมายเหตุ a-b ที่แตกต่างกันในแนวดิ่ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

ns = not significant

DHC: Dihydrocapsaicin, NDHC: Nordihydrocapsaicin,

SHU ; Scoville Heat Units (1 µg/g total capsaicinoids= 15 unit)

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อทดสอบความแตกต่างด้านความเผ็ดโดยวิธี 2AFC โดยใช้ผู้ประเมิน 30 คน ($k=30$) และทำซ้ำ 2 ครั้ง ($n=2$) โดยให้ชิมแล้วเลือกว่าตัวอย่างไหนเผ็ดกว่า วิเคราะห์ผลทางสถิติแบบ Binomial ที่เป็นการวิเคราะห์แบบสองทาง พบว่าพริกป่นคั่วมีจำนวนคำตอบที่เลือกเผ็ดกว่า มีมากกว่าพริกป่นไม่คั่ว (ตาราง 4.9) เมื่อนำค่าคำตอบไปเทียบกับค่าตารางสถิติสำหรับวิธีการเปรียบเทียบตัวอย่างคู่ (เพ็ญขวัญ ชมปรีดา, 2550) ค่าจำนวนคนที่ตอบถูกน้อยที่สุด, $n=20$ จึงจะสามารถสรุปได้ว่าพริกทั้งสองตัวอย่างมีความเผ็ดที่แตกต่างกัน จากการประเมินจึงสรุปได้ว่าพริกป่นจากทั้งสองตัวอย่าง คือพริกคั่วและไม่คั่ว ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้านความเผ็ด ($p>0.05$) อาจเนื่องจากพฤติกรรมและทัศนคติการบริโภคอาหารเผ็ดของผู้ทดสอบมีผลต่อการประเมินทางประสาทสัมผัสในการรับรู้ความเผ็ด และการรับประทานอาหารที่มีความเผ็ดเป็นประจำ ทำให้การตอบสนองบางส่วนต่อความเผ็ดร้อนลดลง (วิวรรณ ชื่อมาก และ วรภา คงเป็นสุข, 2556; Lawless, Hartono, & Hernandez, 2000)

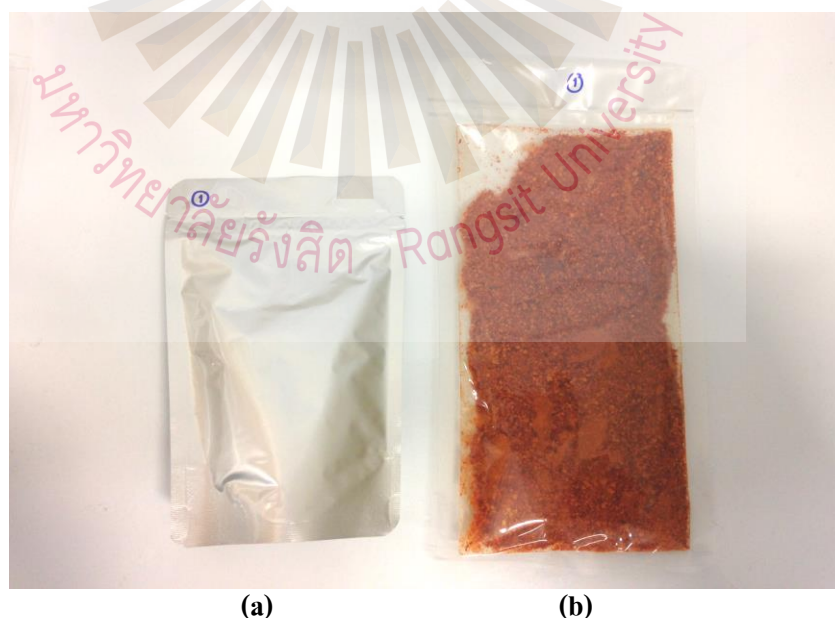
ตารางที่ 4.9 จำนวนคำตอบของผู้ประเมินที่เลือกว่าตัวอย่างไหนเผ็ดกว่า ($k=30, n=2$)

ผลิตภัณฑ์	จำนวนคำตอบเฉลี่ย
พริกป่นที่ไม่ผ่านการคั่ว	$13 \pm 0.5_{ns}$
พริกป่นที่ผ่านการคั่ว	$17 \pm 0.5_{ns}$

หมายเหตุ ns = not significant, $\alpha = 0.05$, critical number = 20

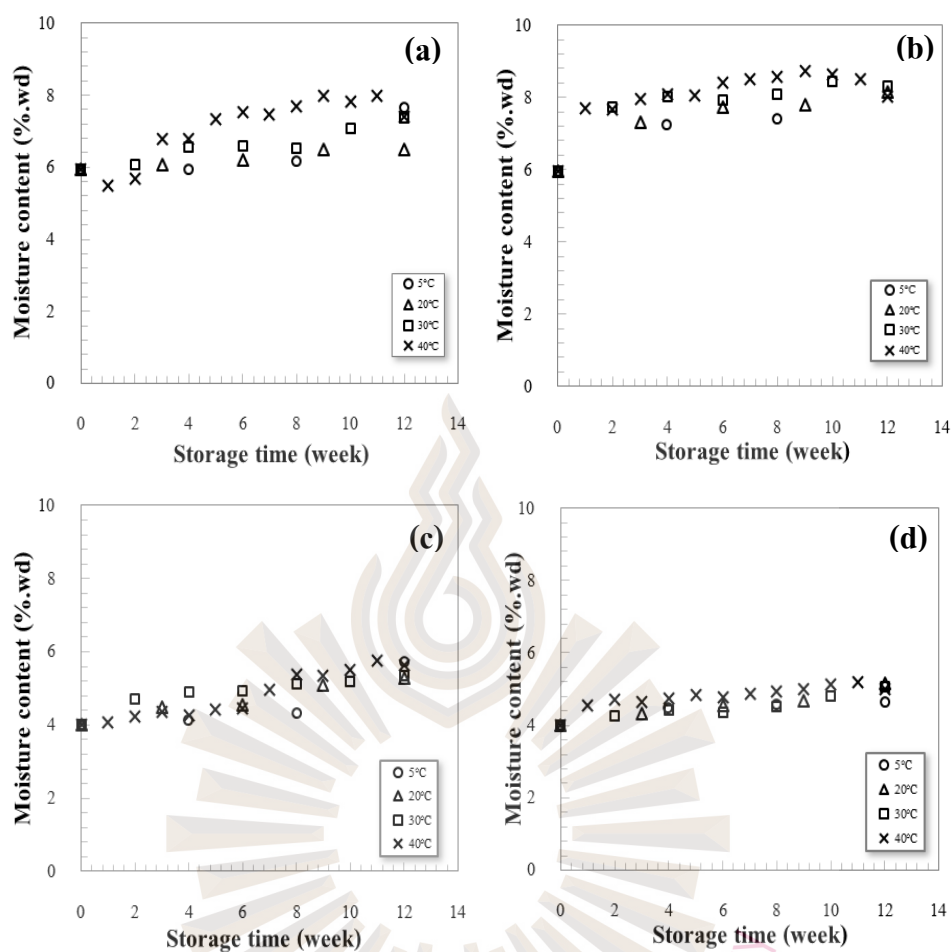
4.4 ผลการศึกษาสถานะการเก็บรักษาต่อคุณภาพ และสารให้ความเผ็ดของพริกป่น

ผลการศึกษาสถานะการเก็บรักษาต่อคุณภาพ และสารให้ความเผ็ดของพริกไม่คั่ว และพริกคั่ว โดยเก็บในบรรจุภัณฑ์แตกต่างกัน 2 ชนิด คือ โพลีโพรพิลีน (polypropylene, PP) และอลูมิเนียมฟอยล์ (AL) (ภาพที่ 4.7) และเก็บที่อุณหภูมิ 20, 30 และ 40 องศาเซลเซียส โดยมีอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิควบคุม และทำการสุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพ สมบัติทางเคมีกายภาพอื่นๆ และตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารอะฟลาทอกซิน และการเปลี่ยนแปลงของสารให้ความเผ็ด ร่วมกับการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

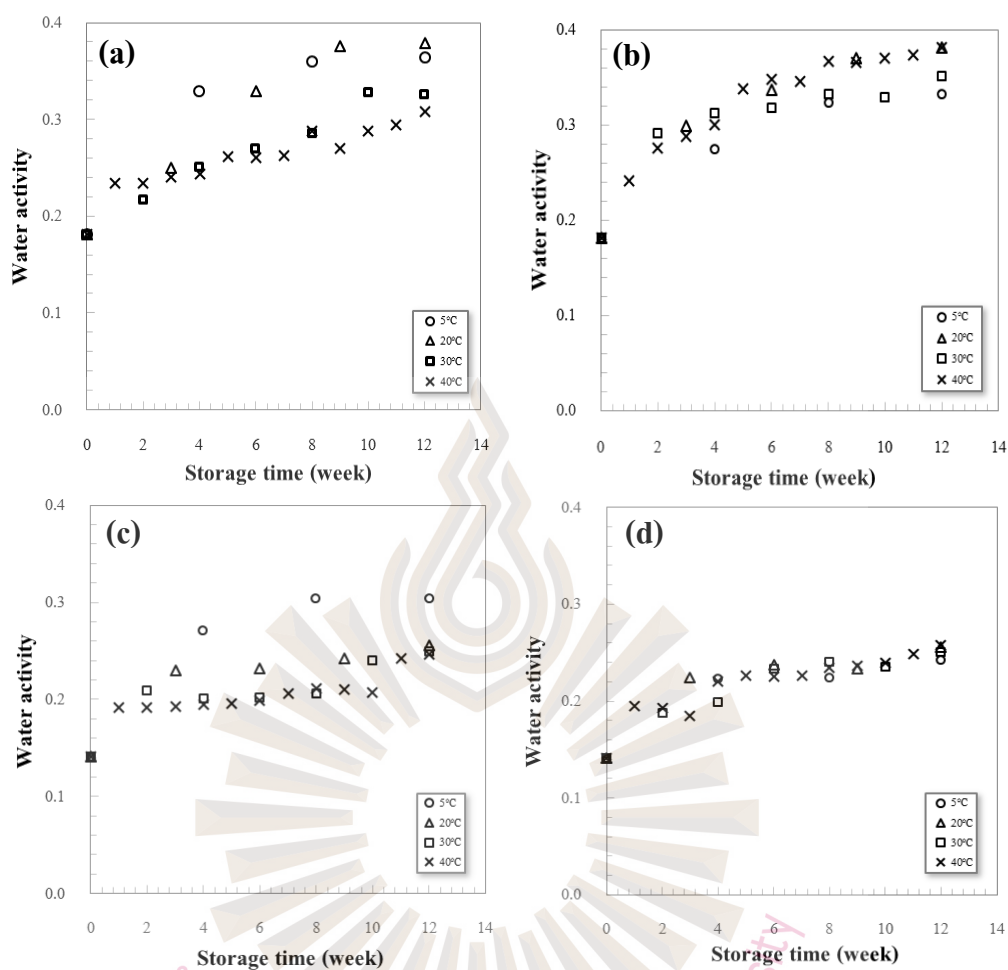


รูปที่ 4.7 บรรจุภัณฑ์ชนิดอลูมิเนียมฟอยล์ (a) และบรรจุภัณฑ์ชนิดพลาสติกโพลีโพรพิลีน (b)

จากการทดลองพบว่าอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้น ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ จะเห็นได้ว่าจากรูปที่ 4.8 และ 4.9 พริกป่นที่เก็บในบรรจุภัณฑ์ชนิดอูมิเนียมฟอยล์ และพลาสติกแบบใส ความชื้นเพิ่มขึ้นจากวันที่เริ่มเก็บในทุกๆอุณหภูมิ การเปรียบเทียบบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีจากการเก็บเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ จากตารางที่ 4.10 จะเห็นได้ว่าในบรรจุภัณฑ์พลาสติกใสและอูมิเนียมฟอยล์ของพริกป่นที่ไม่ผ่านการคั่ว ที่อุณหภูมิ 20 30 และ 40 องศาเซลเซียส มีค่าความสว่าง (L^*) เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนเก็บ ค่าสีแดง (a^*) ลดลงโดยที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นสีแดงลดลงมากที่สุด และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ที่อุณหภูมิต่างๆ เพิ่มขึ้นทั้ง 2 บรรจุภัณฑ์เมื่อเทียบกับที่อุณหภูมิควบคุม ($p \leq 0.05$) ในส่วนของพริกป่นที่ผ่านการคั่วจะเห็นได้ว่ามีค่า L^* เพิ่มขึ้นทั้งในบรรจุภัณฑ์พลาสติกใสและอูมิเนียมฟอยล์ ค่า a^* ลดลงในทุกๆอุณหภูมิของบรรจุภัณฑ์พลาสติกใส บรรจุภัณฑ์อูมิเนียมฟอยล์ที่เก็บในอุณหภูมิ 30 และ 40 องศาเซลเซียสมีค่า a^* และ b^* เพิ่มขึ้น เปรียบเทียบกับก่อนเก็บ จากผลการเปลี่ยนแปลงของค่าสีที่กล่าวมานี้แสดงให้เห็นว่าบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อค่าสี สอดคล้องกับ Sigge et al. (2001) ได้ศึกษาผลของสภาวะการเก็บรักษาและวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่มีผลต่อสีของพริกหยวกแห้งสีเขียว (*Capsicum annuum* L.) พบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษาส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าสี เช่นเดียวกับ Coleman, Wagner, Bryan, and Berry (1978) และ Lee, Chung, Kim, and Yam (1991) รายงานว่าอุณหภูมิที่ต่ำกว่าจะเป็นประโยชน์ต่อการเก็บรักษาสีในพริกแดงและพริกเขียวที่ผ่านการทำแห้ง จะเห็นว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น สีแดงของตัวอย่างพริกจะจางหายไปเพิ่มมากขึ้น เกิดสีน้ำตาลและสีดำ ซึ่งสาเหตุหลักมาจากการสลายตัวของ carotenoid และปฏิกิริยาการเกิดสารสีน้ำตาล (Addala et al., 2015)



รูปที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของพริกป่นที่เก็บในอุณหภูมิที่ต่างกัน 5, 20, 30 และ 40°C เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์; ไม่คั่วบรรจุในถุงพลาสติกใส (a) ไม่คั่วบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ (b) คั่วบรรจุในถุงพลาสติกใส (c) และคั่วบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ (d)



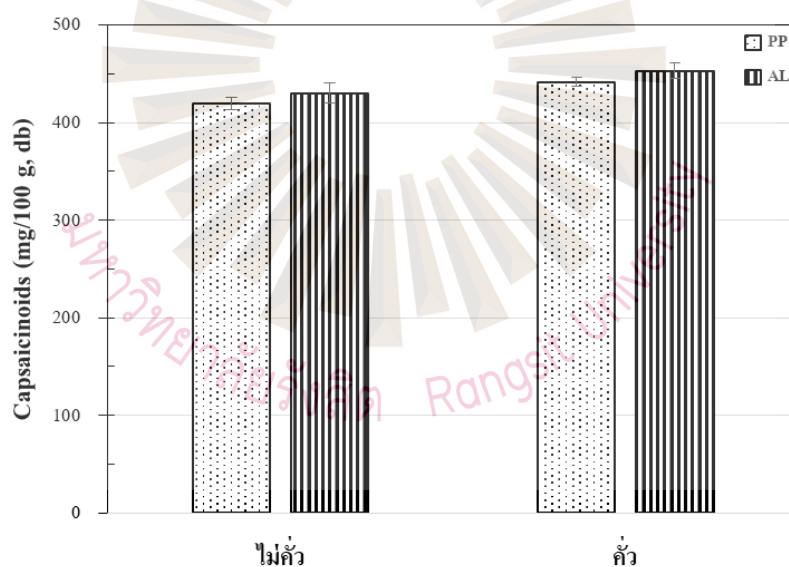
รูปที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงค่า water activity ของพริกป่นที่เก็บในอุณหภูมิที่ต่างกัน 5, 20, 30 และ 40°C เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์; ไม่คั่วบรรจุในถุงพลาสติกใส (a) ไม่คั่วบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ (b) คั่วบรรจุในถุงพลาสติกใส (c) และคั่วบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ (d)

ตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีของพริกป่นที่ไม่ผ่านการคั่ว และผ่านการคั่วที่เก็บในอุณหภูมิที่ต่างกันจากการเก็บเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

Process	Day0	PP				AL			
		5°C	20°C	30°C	40°C	5°C	20°C	30°C	40°C
พริกป่นไม่คั่ว									
<i>L*</i>	34.64±0.03Agh	35.56±0.06Ag	37.15±0.08Acde	38.27±0.00Aab	39.09±0.52Aa	34.87±0.14Agh	36.52±0.60Adef	37.46±0.08Abcd	37.57±0.63Abc
<i>a*</i>	23.42±0.03Aa	23.81±0.00Aa	23.19±0.45Aa	21.08±0.04Ac	20.26±0.09Ad	23.39±0.24Aa	21.72±0.07Abc	22.41±0.54Ab	21.99±0.18Ab
<i>b*</i>	12.82±0.01Af	13.62±0.01Ae	15.44±0.01Ab	22.12±0.12Aa	14.32±0.01Ac	13.20±0.00Af	13.57±0.20Aef	14.20±0.05Ad	13.71±0.41Ae
พริกป่นคั่ว									
<i>L*</i>	31.46±0.30Be	32.21±0.01Ae	32.10±0.32Be	33.57±0.00Bcd	34.09±0.13Bc	31.99±1.00Be	31.87±0.08Be	37.36±0.006Aa	36.37±1.06Bb
<i>a*</i>	18.57±0.25Bc	18.08±0.01Bc	15.22±0.29Af	15.59±0.00Bef	16.07±0.05Bde	16.81±0.16Bd	16.23±0.03Bde	21.99±0.06Aa	20.95±1.29Bb
<i>b*</i>	11.25±0.02Bcd	11.67±0.37Bc	11.18±0.25Bd	11.96±0.00Bd	10.93±1.15Bd	11.36±0.25Bc	10.52±0.51Bd	14.14±0.04Aa	13.43±0.01Ab

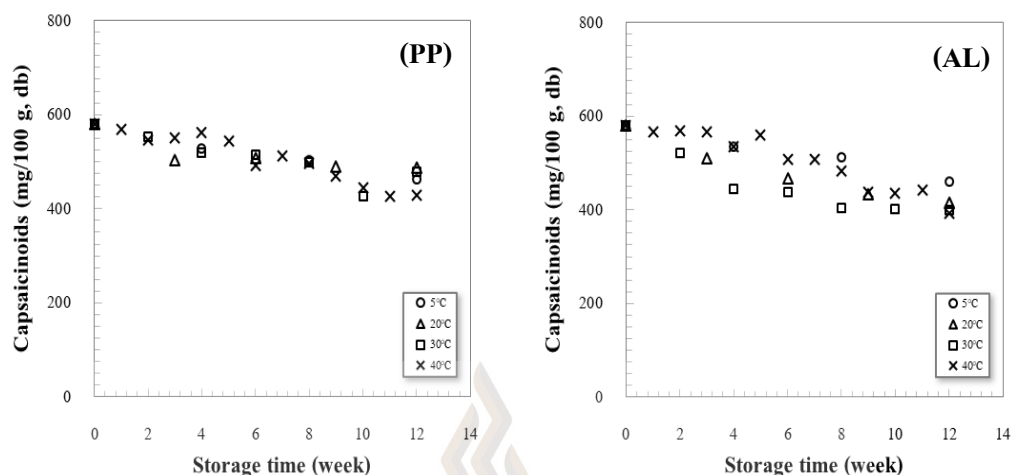
หมายเหตุ a-h ที่แตกต่างกันในแนวนอน และ A-B ที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแคปไซซินอยด์ในระหว่างการเก็บรักษาโดยเปรียบเทียบผลของบรรจุภัณฑ์ พบว่าบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน 2 ชนิดไม่มีการลดลงของแคปไซซินอยด์ทั้งในพริกป่นไม่คั่ว และพริกคั่ว (ภาพที่ 4.10) สอดคล้องกับ Schweiggert et al. (2006) การจัดเก็บพริกแห้งในถุงโพลีเอทิลีน ภายใต้สภาวะมีแสงและในที่มืดไม่ได้ส่งผลต่อปริมาณแคปไซซินอยด์ในตัวอย่าง การศึกษาปริมาณแคปไซซินอยด์ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน แสดงดังรูปที่ 4.11 พบว่าหลังจากผ่านไป 12 สัปดาห์ ปริมาณแคปไซซินอยด์มีแนวโน้มลดลงในทุกสภาวะเก็บ ซึ่งให้เห็นว่าระยะเวลาการเก็บมีผลต่อการลดลงของแคปไซซินอยด์ เช่นเดียวกับ Schweiggert et al. (2006) พบการสลายตัวของแคปไซซินอยด์ในพริกป่นเกิดขึ้นภายใน 4 สัปดาห์แรกของการเก็บ และพบการสลายตัวเพิ่มขึ้นอีก 6.8-11.9% หลังการเก็บนาน 6 เดือน อุณหภูมิในการเก็บนั้นส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแคปไซซินอยด์ Kirschbaum-Titze et al. (2002) สังเกตว่าการสูญเสียแคปไซซินอยด์ในพริกป่นลดลงอย่างชัดเจนระหว่างการเก็บรักษามากกว่า 15 วันภายใต้สภาวะอุณหภูมิที่แตกต่างกัน

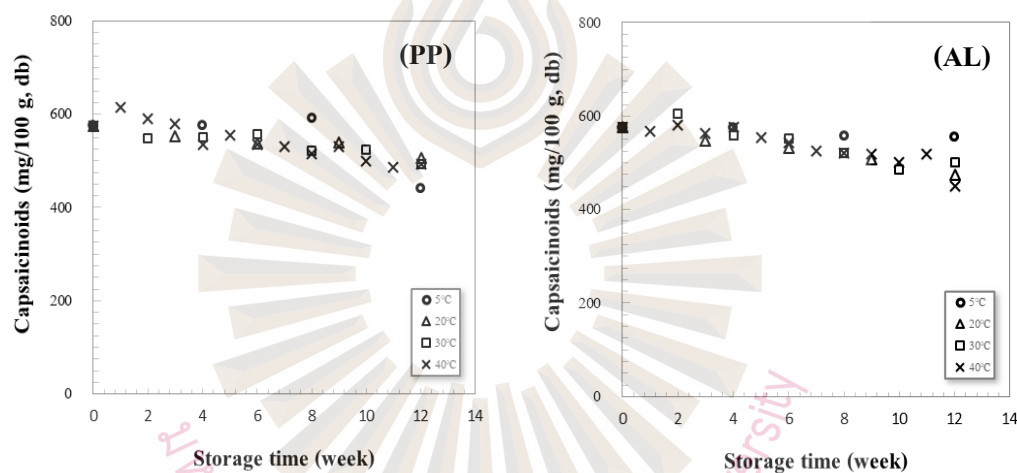


รูปที่ 4.10 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแคปไซซินอยด์ของพริกป่นที่เก็บบรรจุภัณฑ์ที่ต่างกัน
ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์;
ถุงพลาสติกใส (PP) ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ (AL)

พริกป่นไม่คั่ว



พริกป่นคั่ว

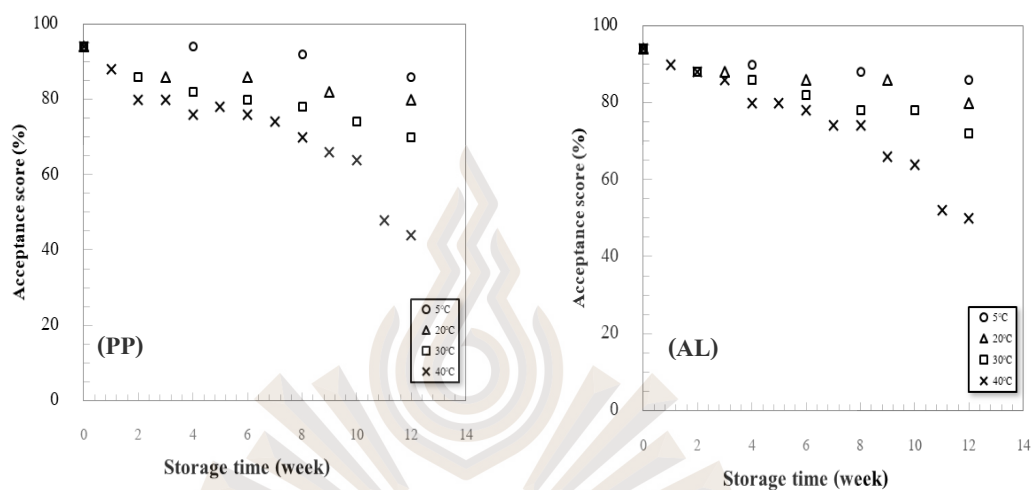


รูปที่ 4.11 การเปลี่ยนแปลงปริมาณ capsaicinoids ของพริกป่นไม่คั่วและ พริกป่นคั่วที่บรรจุใน ถุงพลาสติกใส (PP) และถุงออลูมิเนียมฟอยล์ (AL) ที่เก็บอุณหภูมิต่างกัน 5, 20, 30 และ 40°C เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

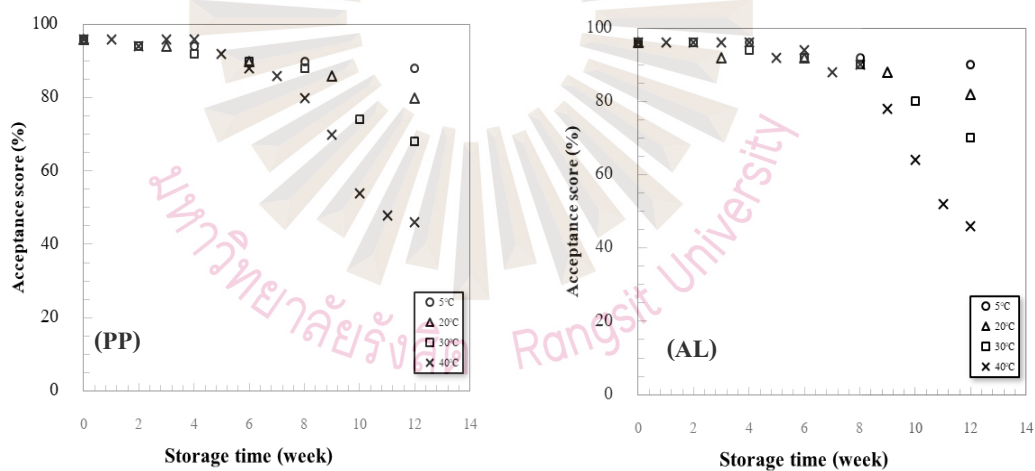
ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับของผู้บริโภค จำนวน 50 คน โดยวิธีให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเมื่อเก็บพริกป่นเป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่า ที่อุณหภูมิการเก็บ 5 และ 20 องศาเซลเซียส เปอร์เซ็นต์การยอมรับลดลงเล็กน้อยตั้งแต่เริ่มเก็บจนถึงสัปดาห์ที่ 12 ที่อุณหภูมิการเก็บ 30 องศาเซลเซียส มีจำนวนการยอมรับลดลงในสัปดาห์ที่ 6 เป็นต้นไป นอกจากนี้ทั้งพริกที่ผ่านการคั่วและไม่ผ่านการคั่วที่เก็บที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มคะแนนการยอมรับลดลงตั้งแต่สัปดาห์ที่ 4 จนถึงสัปดาห์ที่ 12 มีค่าคะแนนการยอมรับลดลงอย่างมาก ดังภาพที่ 4.13 ซึ่งผลการทดสอบสอดคล้องกับการรายงานอายุการเก็บ

รักษาพริกป่นที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) มีอายุการเก็บรักษาเฉลี่ย 70 วัน ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส พริกป่นมีอายุการเก็บรักษา 28-56 วัน (รัตนกรณ์ มะโนกิจ, 2546)

พริกป่นไม่คั่ว



พริกป่นคั่ว



รูปที่ 4.12 การเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์การยอมรับของพริกป่นไม่คั่ว และพริกคั่ว เก็บที่อุณหภูมิที่ต่างกัน (5, 20 30 และ 40°C) และบรรจุภัณฑ์ 2 แบบ
ระยะเวลาการเก็บนาน 12 สัปดาห์ (N=50)

ตารางที่ 4.11 ปริมาณอะฟลาทอกซิน ($\mu\text{g/kg}$, wb) ของพริกป่นที่ไม่ผ่านการคั่ว และพริกที่คั่ว 120 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 10 นาที หลังจากเก็บเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

อุณหภูมิการเก็บ	พริกป่นไม่คั่ว		พริกป่นคั่ว	
	PP	AL	PP	AL
ก่อนเก็บ	$0.94 \pm 0.00\text{Bb}$	$0.94 \pm 0.00\text{Bb}$	$4.22 \pm 0.07\text{Ca}$	$4.22 \pm 0.07\text{Ca}$
5°C	$1.11 \pm 0.02\text{Bc}$	$0.77 \pm 0.01\text{Bc}$	$9.31 \pm 0.16\text{Ba}$	$4.34 \pm 1.74\text{Cb}$
20°C	$1.25 \pm 0.00\text{Bc}$	$0.85 \pm 0.22\text{Bc}$	$13.37 \pm 0.23\text{Aa}$	$9.31 \pm 0.16\text{Ab}$
30°C	$1.69 \pm 0.00\text{ABc}$	$1.01 \pm 0.01\text{Bc}$	$12.89 \pm 0.00\text{Aa}$	$5.00 \pm 0.08\text{Cb}$
40°C	$2.03 \pm 0.00\text{Ac}$	$2.42 \pm 0.08\text{Ac}$	$12.58 \pm 0.00\text{Aa}$	$8.35 \pm 0.00\text{Bb}$

หมายเหตุ a-c ที่แตกต่างกันในแนวนอน และ A-C ที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณอะฟลาทอกซินในผลิตภัณฑ์พริกป่นที่ผลิตได้ พบว่าพริกป่นที่ไม่ผ่านกระบวนการคั่วมีค่าอะฟลาทอกซินน้อยมาก ประมาณ 0.94 เมื่อเปรียบเทียบกับพริกป่นคั่ว ที่มีค่าประมาณ 4.22 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม เนื่องจากอะฟลาทอกซินค่อนข้างทนต่อความร้อนได้ดี ถ้ามีการปนเปื้อนในถั่วลิสง หรือ น้ำมันข้าวโพด ต้องใช้ความร้อนถึง 260 องศาเซลเซียส จึงถูกทำลายได้ และในผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นสูง สารพิษจะถูกทำลายได้มากกว่า (Dorner & Cloe, 2002) และหลังจากเก็บเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ พบว่าพริกป่นหลังเก็บมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของอะฟลาทอกซินในทุกสภาวะการเก็บ โดยพริกป่นที่ไม่ผ่านคั่วนี้มีปริมาณอะฟลาทอกซินเพิ่มขึ้นมากที่สุดในตัวอย่าง ที่เก็บที่อุณหภูมิสูง 40 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 2.03-2.42 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 4.11) ดวงจันทร์ สุขประเสริฐ และวนิดา ชูญาคี (2547) รายงานว่า พบอะฟลาทอกซินปนเปื้อนในพริกแห้งขายในท้องตลาด โดยตัวอย่างพริกแห้งทั้งเมล็ด 4 ตัวอย่าง พบอยู่ระหว่าง 12.26 - 61.28 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม และตัวอย่างพริกป่น 3 ตัวอย่าง พบสารอะฟลาทอกซินในช่วง 7.84 - 14.40 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม

ขณะที่พริกป่นคั่วเริ่มต้นที่มีปริมาณอะฟลาทอกซินสูงกว่าพริกป่นไม่คั่ว มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณอะฟลาทอกซิน เมื่ออุณหภูมิในการเก็บเพิ่มสูงขึ้น โดยที่บรรจุภัณฑ์แบบอะลูมิเนียมฟอยล์มีการเพิ่มขึ้นในปริมาณที่น้อยกว่าบรรจุภัณฑ์แบบใส สอดคล้องกับรายงานของ ปัญญาภรณ์ อุดลาเที่ยง (2555) พบว่าการคั่วพริกแห้งที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 15 และ 30 นาที และ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 และ 15 นาที มีปริมาณ AFB₁ 22.45, 29.62 และ 29.83, 31.98 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม

ตามลำดับ ซึ่งที่อุณหภูมิและระยะเวลามากขึ้น ไม่สามารถลดระดับการปนเปื้อน AFB₁ ได้ จากงานวิจัยนี้พบว่ากระบวนการคั่ว อุณหภูมิการเก็บ และบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน มีผลต่อปริมาณอะฟลาทอกซินที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ยังไม่เกินค่าอะฟลาทอกซินที่มาตรฐานกำหนดให้ไม่เกิน 15 $\mu\text{g/kg}$ (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2553) เนื่องมาจากกระบวนการเตรียมพริกที่มีคุณภาพสูง โดยกระบวนการลวกและแช่พริกด้วยโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ก่อนนำมาทำแห้งช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ได้ถึงร้อยละ 90 (วารามหากาญจนกุล และคณะ, 2557)



บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

1) ในกระบวนการผลิตพริกแห้ง พริกป่นที่มีคุณภาพสูง มีกระบวนการผลิตโดยขั้นตอนการ pretreatments โดยการลวกและการแช่สารละลายนั้น มีผลต่อความชื้น ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี ค่าสี pH และ ascorbic acid อย่างมีนัยสำคัญ และในพริกสดนั้นมีปริมาณสารแคปไซซินอยด์สูงสุด และลดลงเมื่อผ่านการเตรียม

2) กระบวนการอบแห้งที่ผ่านการเตรียม 3 แบบ และการทำแห้งที่แตกต่างกัน 3 แบบ พบว่า มีผลต่อ ความชื้น ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี ค่าสี pH และ ascorbic acid อย่างมีนัยสำคัญ กระบวนการทำแห้งส่งผลต่อการลดลงของสารให้ความเผ็ดแคปไซซินอยด์ โดยพริกแห้งจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีปริมาณสารแคปไซซินอยด์คงอยู่มากที่สุด 85.7% และจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสความแตกต่างด้านความเผ็ด ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

3) กระบวนการแปรรูปอื่นๆ ได้แก่ การคั่วพริกแห้งที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที เปรียบเทียบกับพริกป่นที่ไม่ผ่านการคั่ว จากการศึกษา พบว่า ปริมาณความชื้น ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี และค่าสี $L^*a^*b^*$ ของพริกป่นที่ผ่านการคั่วมีค่าต่ำกว่าพริกป่นที่ไม่คั่ว ในส่วนปริมาณ ascorbic acid พริกไม่คั่วมีปริมาณ ascorbic acid มากกว่าพริกคั่ว กระบวนการแปรรูปโดยการคั่วนี้ไม่มีผลต่อการลดลงของปริมาณสารแคปไซซินอยด์

4) สภาพการเก็บรักษาเมื่อเก็บเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้น ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี และค่าสี ปริมาณสารแคปไซซินอยด์ ลดลงหลังเก็บในทุกสภาวะ ด้านการประเมินการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์พริกป่นพบว่าตัวอย่างหลังเก็บที่อุณหภูมิสูง (30 และ 40°C) ได้คะแนนการยอมรับลดลง และปริมาณอะฟลาทอกซินในพริกป่นหลังเก็บ 12 สัปดาห์ ยังคงไม่เกินค่ามาตรฐานสินค้าเกษตรซึ่งกำหนดอะฟลาทอกซินของพริกแห้งต้องไม่เกิน 15 µg/kg

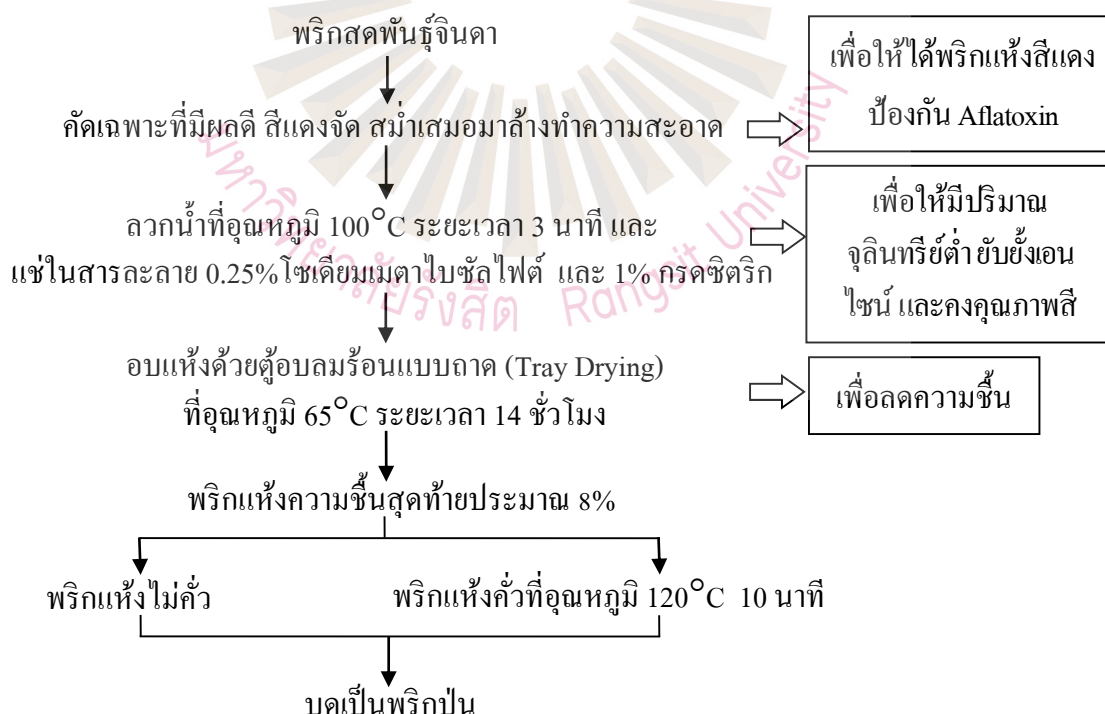
5) กรรมวิธีการผลิต ผลิตภัณฑ์พริกป่นจากพริกจินดา โดยการนำพริกสดคัดเฉพาะที่มีผลดี สีแดงจัด สม่่าเสมอมาล้างทำความสะอาด ลวกน้ำที่อุณหภูมิ 100°C ระยะเวลา 3 นาที และแช่ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.25% และกรดซิตริก 1% ทำการการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด (Tray Drying) ที่อุณหภูมิ 65°C ระยะเวลา 10-12 ชั่วโมง ให้ได้พริกแห้งความชื้นสุดท้าย

ประมาณ 8% ทำการคั่วหรือไม่คั่วพริกแล้วบดเป็นพริกป่น เก็บในบรรจุภัณฑ์ชนิดอลูมิเนียมฟอยล์ และ/หรือ บรรจุภัณฑ์ชนิดพลาสติกแบบใส เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำได้อย่างน้อย 12 สัปดาห์

แผนภาพสรุป

“ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารให้ความเผ็ดในระหว่างกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์พริกป่น”

กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์พริกป่นที่มีคุณภาพสูง เริ่มจากนำพริกสดพันธุ์จินดาคัดเฉพาะที่มีผลดี สีแดงจัด สม่ำเสมอมาล้างทำความสะอาด ลวกน้ำที่อุณหภูมิ 100°C ระยะเวลา 3 นาที เพื่อให้มีปริมาณ จูลินทรีย์ต่ำ และยับยั้งเอนไซม์ จากนั้นแช่พริกในสารละลาย 0.25% โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ และ 1% กรดซิตริก เพื่อคงคุณภาพสี ะลอกการเปลี่ยนแปลงของสีพริกแห้งและพริกป่นในระหว่างขั้นตอนการผลิต และการเก็บรักษา และช่วยลดปริมาณจูลินทรีย์ จากนั้นอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด (Tray Drying) ที่อุณหภูมิ 65°C ระยะเวลา 14 ชั่วโมง ได้พริกแห้งความชื้นสุดท้ายประมาณ 8% สามารถนำไปคั่วที่อุณหภูมิ 120°C ระยะเวลา 10 นาที แล้วนำไปบด ได้เป็นพริกป่น บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดพลาสติกแบบใส หรืออลูมิเนียมฟอยล์ และเก็บในสภาวะที่ไม่โดนแสงและที่อุณหภูมิต่ำเพื่อยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ และเพื่อคงความเผ็ด



รูปที่ 5.1 แผนภาพสรุป ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารให้ความเผ็ด ในระหว่างกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์พริกป่น

บรรณานุกรม

- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กองส่งเสริมพืชสวน กรมส่งเสริมการเกษตร. (2551). *คู่มือพืชสวนเศรษฐกิจ*.
สืบค้นจาก http://www.doa.go.th/data-agri/02_LOCAL/oard4/chili/main.html
- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. (2553). *มาตรฐาน
สินค้าเกษตร: พริกแห้ง*. สืบค้นจาก [http://web.acfs.go.th/standard/product_standards.
php?pageid=8](http://web.acfs.go.th/standard/product_standards.php?pageid=8)
- กระทรวงพาณิชย์. (2559). *พิกัดอัตราศุลกากร*. สืบค้นจาก <http://www2.ops3.moc.go.th>
- กรองแก้ว เนาสราญ, และวุฒิชัย นุตกุล. (2535). ปริมาณและองค์ประกอบของสารสเฟียร์รอน
จากพริก. *วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์*, 34, 133-140.
- โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช. (2547). *สวนพฤกษศาสตร์โรงเรียน [จุลสาร]*. สืบค้นจาก
http://rspg.thaigov.net/documents/newslet/9_2.pdf
- จงรักษ์ แก้วประสิทธิ์. (2546). พริก ตอนที่ 3. *วารสารจารย์พา*, 9(69), 63-67.
- จารุวรรณ ชนวิรุฬห์, และสุภารัตน์ หอมหวล. (2556). *การเปรียบเทียบปริมาณแคปไซซินอยด์และค่า
ดัชนีความเผ็ดในพริกตามระยะการสุกแก่ของผล* (Unpublished Master's thesis).
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.
- จินดา รัตนถาวรภักดิ์. (2553). *การประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำพริกเผาและน้ำมัน
น้ำพริกเผาด้วยวิธี Q10 และแบบจำลองจลนพลศาสตร์* (Master's thesis). สืบค้นจาก
โครงการเครือข่ายห้องสมุดในประเทศไทย (ThaiLIS).
- จินตนา บุนนาค, พิทยา อุดลยธรรม, และวชิรา พริ้งสุลกะ. (2540, กุมภาพันธ์). *ผลของรังสีแกมมา
ต่อเชื้อราและการผลิตอะฟลาทอกซินของเชื้อราแอสเพอร์จิลลัสเฟลวัสในพริกแห้งและ
พริกไทย*. การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- จิรวัดน์ กันต์เกรียงวงศ์, วรพจน์ สุนทรสุข, และประเวทย์ ดุ้ยเต็มวงศ์. (2548, ตุลาคม). *การผลิตพริก
แห้งแบบใหม่โดยเครื่องไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน*. การสัมมนาวิชาการ
วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว/หลังการผลิตแห่งชาติ ครั้งที่ 3 วันที่ 10-12 ตุลาคม 2548
โรงแรมทิพย์วิมาน รีสอร์ท หาดชะอำ (ใกล้เดินแซนด์), เพชรบุรี.
- จิราวดี สุแดงน้อย, และเพ็ชรศักดิ์ ภักดี. (2554). การจัดการการผลิตและการตลาดพริกสด
ของเกษตรกร ตำบลแหลมทอง อำเภอกักคี่ชุมพล จังหวัดชัยภูมิ. *วารสารวิจัย มช.*, 4, 173-182.
- เฉลิมเกียรติ โภคาวัฒนา. (2540). พริก. *วารสารเกษตรก้าวหน้า*, 12(2), 34.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- เฉลิมชัย คำบุญลือ, และอดุลย์ ลิ่มเจริญ. (2531). *การศึกษาและพัฒนาเครื่องอบลำไยแบบได้หวั่น* (Unpublished thesis). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- โชคชัย ชีรกุลเกียรติ. (2539). การเก็บรักษาอาหารแห้ง. ใน *เอกสารการสอนชุดวิชาการถนอมและการแปรรูปอาหาร* (หน่วยที่ 8). นนทบุรี: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช.
- เซ็นทรัลเวิลด์ อินเตอร์เทรด. (2560). *เครื่องบดพริกในระดับอุตสาหกรรม*. สืบค้นจาก <http://www.onlines-product.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=539158043&Ntype=29>
- ดวงจันทร์ สุขประเสริฐ, และวนิดา ยุธยาติ. (2547). สารพิษอฟลาทอกซินที่ปนเปื้อนในถั่วลิสงและผลิตภัณฑ์ระหว่างปี พ.ศ. 2537-2545. *วารสารอาหาร*, 34(1), 30-33.
- ธงชัย สุวรรณดิชนัน. (2550). *เทคนิคการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการวิเคราะห์หน่วยวิจัยทางประสาทสัมผัส และผู้บริโภคแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์, คณะอุตสาหกรรมเกษตร*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นัฐพงศ์ เต็มกาวิระ, สุพจน์ จ่อนิ้ว, และเอกลักษณ์ เครือทอง. (2557). *การจัดสร้างเครื่องคั่วพริก* (Unpublished Master's thesis). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, ตาก.
- นภาพร โออริยกุล และดวงสมร ลิ้มปิติ. (2544). *การหาปริมาณสารประกอบแคปไซซินอยด์ในพริกชนิดต่างๆ* (Unpublished Master's thesis). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- นิตา หงส์วิวัฒน์, และสุภาพรณ เข้มชัยภูมิ. (2546). *ผักและสุขภาพ*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แสงแดด จำกัด.
- นิภาพรณ คุ่มเงิน. (2547). *การหาดัชนีความเผ็ดในพริกบางชนิด*. Unpublished manuscript, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม, ประเทศไทย.
- เบญจา ชูตินทราศรี. (2550). *เทคโนโลยีส่วนผสมอาหารสังเคราะห์*. Unpublished manuscript, ภาควิชาเทคโนโลยีอาหารคณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยรามคำแหง, กรุงเทพฯ, ประเทศไทย.
- บุษยา วุฒิชาย, และศัลยา อักษรมัต. (2542). บรรจุภัณฑ์ไม่ใช่แค่สิ่งห่อหุ้มสินค้า. *วารสารส่งเสริมการตลาด*, 10 (2). 22-30.
- ประพฤษ ตั้งมันคง, และปรกรณ์ จาละ. (2549). *การตรวจหาสารพิษจากเชื้อรา (mycotoxin) งานตรวจหาสารพิษจากเชื้อรา* (Unpublished Master's thesis). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- ปัญญาภรณ์ อุดคาเที่ยง. (2555). ผลของอุณหภูมิในการหุงต้มต่อการลดอะฟลาทอกซินบี 1 ในผลิตภัณฑ์ถั่วลิสงและผลิตภัณฑ์พริกแห้ง (Unpublished Master's thesis). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ปิ่นนคร ภัทรสถาพรกุล. (2547). เทคโนโลยีการทำแห้งแบบเยือกแข็ง (ตอนที่ 1). วารสารสมาคมเครื่องทำความเย็นไทย, 11(1). 20-22.
- พรรณผกา รัตนโกศล, อุดม คำชา, สุระพงษ์ รัตนโกศล, พิชาส บัวรา, และรัชชัย นิมกังรัตน์. (2551). รายงานผลงานวิจัยและพัฒนาด้านพืชและเทคโนโลยีการเกษตร: ศึกษากรรมวิธีการแปรรูปและเก็บรักษาผลิตภัณฑ์พริกที่ได้คุณภาพปลอดภัยจากโรคแมลง. นาน: ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันน่าน.
- เพ็ญขวัญ ชมปริดา. (2550). การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภค. Unpublished manuscript, ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, ประเทศไทย.
- ไพโรจน์ วิริยาริ. (2545). การประเมินทางประสาทสัมผัส, ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาลูกค้า, คณะอุตสาหกรรมเกษตร. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ภัทรา เขมะประสิทธิ์. (2545). การศึกษาองค์ประกอบพื้นฐานทางเคมีของพริก. Unpublished manuscript, ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไปคณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, ประเทศไทย.
- มณีฉัตร นิกรพันธ์. (2541). พริก. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ศูนย์วิทยาศาสตร์ (2554). เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง. สืบค้นจาก http://science.skru.ac.th/ShowToolCame.php?id_skru=skru1234567890
- รติกร เนรมิตรังสี, อติสร ประสิทธิ์ศักดิ์, และอรรณวลี ลีวุฒินันท์. (2540). การพัฒนาเครื่องอบแห้งลำไยแบบได้หวน (Unpublished Master's thesis). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- รัตนภรณ์ มะโนกิจ. (2546). การปรับปรุงคุณภาพและกรรมวิธีการผลิตพริกป่น (Unpublished Master's thesis). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ลือพงษ์ ลือนาม, สมศักดิ์ ภูาสวรรค์เวช, และดวงกมล ปานรศทิพ ธรรมาธิวัฒน์. (2557). การวิจัยการอบแห้งพริกโดยใช้ความร้อนจากเตาเผาถ่าน (Unpublished Master's thesis). สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- วราภา มหากาญจนกุล, อรรณพ ทศนอุดม, ยศยา ทริสุทธิ, และงามจิตร โล่วิฑูร. (2557). การพัฒนากระบวนการผลิตเพื่อยกระดับคุณภาพพริกชี้ฟ้าแห้งอนามัยเพื่อการส่งออก (Unpublished Master's thesis). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วิวรรณ ชื่นมาก, และวรา คงเป็นสุข. (2556). การจัดกลุ่มผู้รับประทานเผ็ดระดับต่างๆ โดยใช้ระดับความเผ็ดร้อนของสารละลายแคปไซซิน (Unpublished Master's thesis). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- วีระ ภาคอุทัย. (2553). การศึกษาสถานภาพการตลาด การแปรรูปและผลิตภัณฑ์พริกในเขตพื้นที่จังหวัดอุดรธานี นครราชสีมา ขอนแก่น เลย ชัยภูมิ กรุงเทพฯและปริมณฑล. ขอนแก่น: โรงพิมพ์คลังน่านวิทยา.
- ศูนย์รวมความรู้การเกษตร. (2561). เพยเคิ้ล(ไม่)ลับ “คั่วพริกแห้ง” ให้หอมกรอบ ที่ตามร้านอาหารใช้กัน แต่จะคั่วยังไงไม่ให้ไหม้ มาดูกัน. สืบค้นจาก http://www.liekr.com/post_159876.html
- สิริรักษ์ บางสุต. (2561). เสน่ห์พริกแห้ง รสเผ็ดร้อนคู่ครัวไทย. สืบค้นจาก <https://krua.co/current/public/food-story/food-feeds/202/เสน่ห์พริกแห้ง-รสเผ็ดร้อนคู่ครัวไทย>
- สุพจน์ ตุงกเศรษฐ์. (2556). ความสำคัญของการตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นในอุตสาหกรรมอาหาร. สืบค้นจาก http://www.tpa.or.th/publisher/pdfFileDownloadS/tn229A_p85-88.pdf
- สุภัทรา เหลือสุข. (2549). เปรียบเทียบการวิเคราะห์สารแคปไซซินในพริกจินดาระหว่างเทคนิคสเปกโทรสโกปีและโครมาโตกราฟีแบบประสิทธิภาพสูง. Unpublished manuscript, ภาควิชาวิทยาศาสตร์คณาศาสตร์และวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม, ประเทศไทย.
- สุภาวดี ชีรธรรมากร. (2543). การผลิต และการตลาดในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์พลาสติก. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร โดยความร่วมมือของ กรมศุลกากร. (2558). การนำเข้า-ส่งออกพริกแห้งในปี พ.ศ.2558. สืบค้นจาก http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/import_result.php
- สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2526). มาตรฐานอุตสาหกรรมพริกแห้งมอก. 456-2526. เล่ม 100 ตอนที่ 87. กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม.
- สัมพันธ์ คัมภีรานนท์. (2546). พริกเรื่องเผ็ดร้อนที่น้ำรู้. สืบค้นจาก <http://update.se-ed.com/191/chile.htm>
- อรุณรักษ์ พ่วงผล. (2543). พืชผักสวนครัวเสริมรายได้. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์อักษรไทย.
- อบเชย อิ่มสบาย. (2541). พริก: คำรับอาหารเพื่อสุขภาพ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แสงแดด.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- Addala, R., Vasavada, M., Dong, J., & Subramanian, S. (2015). Effect of Storage Conditions on Rate of Color Degradation of Paprika based Products. *JFPT*, 6, 423.
- AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis* (17th ed.). Maryland, USA: Association of Official Analytical Chemists.
- Allison, A. M., Chambers I. V. E., Milliken, G. A., & Chamber, D. H. (1999). Effect of interstimulus rinsing and time on measurements of capsaicin heat in Tomato salsa. *J. Sensory Stud*, 14, 401-414.
- BeMiller, J. N., & Whistler, R. L. (1996). Carbohydrate. In O.R. Fenema (Ed.), *Food Chemistry* (pp. 216-217). New York: Marcel Dekker, Inc.
- Bernal, M. A., Calderón, A. A., Pedreno, M. A., Munoz, R., Barceló, A. R., & de Cáceres, F. M. (1993a). Capsaicin oxidation by peroxidase from *Capsicum annuum* (var. *annuum*) fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 41, 1041-1044.
- Bernal, M. A., Calderón, A. A., Pedreno, M. A., Munoz, R., Barceló, A. R., & de Cáceres, F. M. (1993b). Dihydrocapsaicin oxidation by *Capsicum annuum* (var. *annuum*) peroxidase. *Journal of Food Science*, 58, 611-613.
- Bernal, M. A., de Cáceres, F. M., & Barceló, A. R. (1994). Histochemical localization of peroxidase in *Capsicum* fruit. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 27, 197-198.
- Branen, A., & Haggerty, R.J. (2002). Introduction to food additives. In A.L. Branen, P.M. Davidson, S. Salminen, & J.H. Thorngate (Eds.), *Food Additives* (2nd ed.) (pp. 1-10). New York: Marcel Dekker, Inc.
- Bullerman, L.B., & Bianchini, A. (2007). Stability of mycotoxin during food processing. *Int. J. Food Microbiol*, 119, 140-146.
- Chaethong, K., & Pongsawatmanit, R. (2015). Influence of sodium metabisulfite and citric acid in soaking process after blanching on quality and storage stability of dried chili. *J. Food Process Pres*, 39 (6), 2161-2170.
- Chaethong, K., Tunnarut, D., & Pongsawatmanit, R. (2012). Quality and color parameters of dried chili and chili powder pretreated by metabisulfite soaking with different times and concentrations. *Kasetsart J. (Nat. Sci.)*, 46 (3), 473-484.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- Contreras-Padilla, M., & Yahia, E. M. (1998). Changes in capsaicinoids during development, maturation, and senescence of chili peppers and relation with peroxidase activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46, 2075–2079.
- Cordell, G. A., & Araujo, O. E. (1993). Capsaicin: identification, nomenclature, and pharmacotherapy. *Ann. Pharm*, 27, 330-336.
- Coleman, R.L., Wagner, C.J., Bryan W.L., & Berry, R.E. (1978). Preliminary evaluations of sulfite pretreatments for sun-dried and hot air-dried green peppers. *Proc. Fla. State Hort. SOC*, 91, 146-148.
- Daood, H. G., Vjnkler, M., Markus, F., Hebshi, E. A., & Biacs, P. A. (1996). Antioxidant vitamin content of spice red pepper (paprika) as affected by technological and varietal factors. *Food Chem*, 55, 365-372.
- Dorner, J.W., & Cloe, R.J. (2002). Effect of application of nontoxigenic strains of *Aspergillus flavus* and *A.parasiticus* on subsequent aflatoxin contamination of peanuts in storage. *Journal of Stored Products Research*, 38(4), 329-339.
- Drouzas, A.E., & Schubert, H. (1996). Microwave application in vacuum drying of fruits. *J. Food Eng*, 28, 203–209.
- Duran, L., & Calvo, C. (2009). Optical Properties of Foods. *Food Eng*, 1(4), 510.
- Gatchalian, M.M. (1981). *Sensory Evaluatuin Methods with Statistical Analysis* (Unpublished Master's thesis). University of Philippines, Philippines.
- Greenleaf, W. H. (1986). Informaiton richness: Pepper breeding. In M.J. Bassett (Ed.), *Breeding Vegetable Crops* (pp. 67-134). Westport, Connecticut: Avi Publishing.
- Gregory III, J. R. (1996). Vitamins. In O. R. Fenema (Ed.), *Food Chemistry* (pp. 531-617). New York: Marcel Dekker, Inc.
- Guidechem. (2017). *Capsaicin*. Retrieved from <http://www.guidechem.com/trade/pdetail2831380.html>.
- Heiser, C.B., & Pickersgills, B. (1969). The Cultivated Capsicum Spicies. *Taxonomy*, 18(2), 277-288.
- Henderson, D. E., & Henderson, S. K. (1992). Thermal decomposition of capsaicin. 1. Interactions with oleic acid at high temperatures. *J. Agric. Food Chem*, 40, 2263-2268.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- Hodge, J. E. (1953). Dehydrated Foods, Chemistry of Browning Reactions in Model Systems. *J. Agr. Food Chem.* 1, 928-43.
- Hoffman, P. G., Lego, M. C., & Galetto, W. G. (1983). Separation and quantitation of red pepper major heat principles by reverse-phase high pressure liquid chromatography. *J. Agric. Food Chem.* 31, 1326.
- Hossain, M. A. (2003). *Forced Convection Solar Drying of Chilli* (Unpublished Master's thesis). Bangladesh Agricultural University, Bangladesh.
- Howard, L.R., Smith, R.T., Wagner, A.B., Villalon, B., & Burens, E.E. (1994). Provitamin A and ascorbic acid content of fresh pepper cultivars (*Capsicum annuum* L.) and processed jalapenos. *Journal of Food Science*, 59, 362-365.
- Hwang, J.H., & Lee, K. (2006). Reduction of aflatoxin B1 contamination in wheat by various cooking treatments. *Food Chem.* 98, 71-75.
- Irzyntec, Z., Klimezak, J., & Michalowski, S. (1995). Freeze-drying of the black currant juice. *Drying Technol.* 13, 417-412.
- Iwai, K., Suzuki, T., & Fujiwake, H. (1979). Formation and accumulation of pungent principle of hot pepper fruits, capsaicin and its analogues in *Capsicum annuum* var. *annuum* cv. Karayatsubusa at different growth stages after flowering. *Agricultural and Biological Chemistry*, 43, 2493-2498.
- José de Jesús, O.P., Manuel M. B. J., Saúl, R.C., Víctor, S.R., Vrani, I.J., Guadalupe, I. O., & David Pérez-Martínez, J. (2010). Effect of cooking on the capsaicinoids and phenolics contents of Mexican peppers. *Food Chem.* 119, 169-1625.
- Kim, S., Lee, K. W., Park, J., Lee, H. J., & Hwang, I. K. (2006). Effect of drying in antioxidant activity and changes of ascorbic acid and colour by different drying and storage in Korean red pepper (*Capsicum annuum* L.). *Int. J. Food Sci. Technol.* 41, 90-95.
- Kirschbaum-Titze, P., Mueller-Seitz, E., & Petz, M. (2002). Pungency in paprika (*Capsicum annuum*): 1. Decrease in capsaicinoids content following cellular disruption. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 1260-1263.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- Lawless, H.T., Hartono, C., & Hernandez, S. (2000). Thresholds and suprathreshold intensity functions for capsaicin in oil and aqueous based carriers. *Journal of Sensory Studies*, 15, (4), 437-477.
- Lee, D.S., Chung, S.K., Kim, H.K., & Yam, K.L. (1991). Nonenzymatic browning in dried red pepper products. *J. Food Quality*, 14, 153-163.
- Mahanom, H., Azizah, A. H., & Dzulkifly, M. H. (1999). Effect of different drying methods on concentrations of several phytochemicals in herbal preparation of 8 medicinal plants leaves. *Malaysian J. Nutr.*, 5, 47-54.
- Mangaraj, S., Singh, A., Samuel, D. V. K., & Singhal, O. P. (2001). Comparative performance evaluation of different drying methods for chillies. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 38, 296-299.
- Markus, F., Daood H.G., Kapitany, J., & Biacs, P.A. (1999). Changers in the carotenoid and antioxidant content of spice red pepper (paprika) as function of ripening and som technological factors. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 47, 100-107.
- Maskan, M. (2000). Microwave/air and microwave finish drying of banana. *J. Food Eng*, 44, 71-78.
- Matthew, Y., & Carter, D. C. (1995). *Why is the Grape Puff™ Puffy An Analysis of MIVAC Temperature Curves* (Unpublished Master's thesis). California State University, USA.
- Meilgaard, M., Civille, G. V., & Carr, B. T. (1999). *Sensory Evaluation Techniques* (3rd ed.). New York: CRC Press.
- Nogueira, R. I., Cornejo, F. E. P., Junior, W. A. L., Bizzo, H. R., Antoniassi, R., & Freitas, S. P. (2005). Effects of drying parameters on pepper (*Capsicum* spp.). In *Proceeding of 2nd Mercosur Congress on Chemical Engineering and 4th Mercosur Congress on Process Systems Engineering* (pp. 154-159). Brasil: Enpromer.
- Oberoi, H. S., Ku, M. A., Kaur, J., & Baboo, B. (2005). Quality of red chilli variety as affected by different drying methods. *J. Food Sci. Technol*, 42, 384-387.
- Ornelas-Paz, J., De. J., Martínez-Burrola, J. M., Ruiz-Cruz, S., Santana-Rodríguez, V., Ibarra-Junquera, V., & Olivas, G. I. (2010). Effect of cooking on the capsaicinoids and phenolics contents of Mexican peppers. *Food Chem*, 119, 1619-1625.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- Park, J. H., & Kim, C. S. (2007). The stability of colour and antioxidant compounds in paprika (*Capsicum annuum* L.) powder during the drying and storing process. *Food Sci. Biotech*, 16, 187-192.
- Pickersgill, B. (1988). Genetic resources of Capsicum for Tropical regions. In *Proceedings of the International Symposium on Integrated Management practices. Asian Vegetable Research and Development Center* (pp.2-9). Imprint: Shanhua, Tainan AVRDC Taiwan TW.
- Pordesimo, L. O., Edens, W. C., Lee, J. H., & Sokhansanj, S. (2004). Effects of drying procedure, cultivar, and harvest number on capsaicin levels in dried Jalapeno peppers. *Appl. Eng. Agric*, 20, 35-38.
- Prakash, V., & Eipeson, W. E. (2003). Post-Harvest Handling and Processing of Capsicum. In A. Krishna (Ed.), *Capsicum: the Genus Capsicum* (pp. 163-174). UK: Taylor and francis.
- Prasad, B. C. N., Gururaj, H. B., Kumar, V., Giridhar, P., & Ravishankar, G. A. (2006). Valine pathway is more crucial than phenyl propanoid pathway in regulating capsaicin biosynthesis in *Capsicum frutescens* mill. *J. Agric. Food Chem*, 54, 6660-6665.
- Premkumar, L. S. (2014). Transient Receptor Potential Channels as Targets for Phytochemicals. *Journal of ACS Chemical Neuroscience*, 5 (11), 1117–1130. doi: 10.1021/cn500094a
- Prescott, J., & Stevenson, R.J. (1995). Effects of oral chemical irritation on tastes and flavors in frequent and infrequent users of chili. *Physiology & Behavior*, 58 (6), 1117-1127.
- Reinbach, H.C., Meinert, L., Ballabio, D., Aaslyng, M.D., Bredie, W.L.P., Olsen, K., & Møller, P. (2007). Interactions between oral burn, meat flavor and texture in chili spiced pork patties evaluated by time-intensity. *Food Quality and Preference*, 18, 909–919.
- Rooney, M., & Yam K. (2004). Novel food packaging. In S. Jim (Ed.), *Technology of Reduced Additive Food* (p. 65). Canada: Black well Science.
- Salzer, U. J., Haarmann G., & Reimer, G. (1975). Analytical evaluation of seasoning extracts (oleoresin) and essential oils from seasonings flavours. *J. Agric. Food Chem*, 6(4), 206-210.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- Samarajeewa, U., Sen, A.C. Cohen, M.D., & Wei, C.I. (1990). Detoxification of aflatoxin in food and feed by physical and chemical methods. *J. Food Prot.*, 53(6), 489-501.
- Schweiggert, U., Schieber, A., & Carle, R. (2005). Inactivation of peroxidase, polyphenoloxidase and lipoxygenase in paprika and chili powder after immediate thermal treatment of the plant material. *Innov Food Sci Emerg*, 6, 403–411.
- Schweiggert, U., Schieber, A., & Carle, R. (2006). Effects of blanching and storage on capsaicinoid stability and peroxidase activity of hot chili peppers (*Capsicum frutescens* L.). *Innov Food Sci Emerg*, 7(3), 217-224.
- Sigge, G.O., Hansmanw, C.F., & Joubert, E. (2001). Effect of storage conditions, packaging material and metabisulphite treatment on the color of dehydrated green bell peppers (*Capsicum annuum* L.). *J. Food Quality*, 24, 205-218.
- Smith, P.G., Villalon B., & Villa, P.L. (1987). Horticultural classification of peppers under stress shading condition. *Euphytica*, 78, 133-136.
- Singh G, (2004). *Plant Systematics*. Oxford IDH. Publishing Co Pvt Ltd, New Delhi.
- Squire, R.A. (1981). Ranking chemical carcinogens: A proposed regulatory approach. *Science*. 214, 877-880.
- Stern, K.R. (2000). *Introductory plant biology* (2nd ed.). United States of America: Mac Graw Hill, Inc.
- Suresh, D., Manjunatha, H., & Srinivasan, K. (2007). Effect of heat processing of spices on the concentrations of their bioactive principles: Turmeric (*Curcuma longa*), red pepper (*Capsicum annuum*) and black pepper (*Piper nigrum*). *Journal of Food Composition and Analysis*, 20, 346–351.
- Tontand, S., & Therdthai, N. (2009). Preliminary study of chili drying using microwave assisted vacuum drying technology. *AJOFAI*, 2(02), 80-86.
- Toontom, N. (2014). *Hotness and Pungent Odour Profiles of Processed Dried Chilli (Capsicum annuum Linn. var. Acuminatum Fingerh.)* (Unpublished Doctoral dissertation). Prince of Songkla University, Thailand.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- Toontom, N., Meenune, M., Posri, W., & Lertsiri, S. (2012). Effect of drying method on physical and chemical quality, hotness and volatile flavour characteristics of dried chilli. *IFRJ*, 19(3), 1023-1031.
- Topuz, A., Dincer, C., Özdemir, K. S., Feng, H., & Kushad, M. (2011). Influence of different drying methods on carotenoids and capsaicinoids of paprika (Cv., Jalapeno). *Food Chem*, 129, 860-865.
- Topuz, A., & Ozdemir, F. (2004). Influence of gamma irradiation and storage on the capsaicinoids of sun-dried and dehydrated paprika. *Food Chemistry*, 86, 509-515.
- Vega-Gálvez, A., Lemus-Mondaca, R., Bilbao-Sáinz, C., Fito, P., & Andrés, A. (2008). Effect of air drying temperature on the quality of rehydrated dried red bell pepper (var. Lamuyo). *Journal of Food Engineering*, 85, 42-50.
- Wall, M. M., & Bosland, P. W. (1998). Analytical methods for colour and pungency of chillis (*Capsicum*). In D. L. B. Wetzler, and G. Charalambous (Ed.), *Elsevier Science* (pp. 347-373). Amsterdam: Elsevier.
- Wang, Y., Xia, Y., Wang, J., Luo, F., & Huang, Y. (2009). Capsaicinoids in chili pepper (*Capsicum annuum* L.) powder as affected by heating and storage methods. *Am. Soc. Agric. Eng.*, 52, 2007-2010.
- Wiriya, P., Paiboon, T., & Somchat, S. (2009). Effect of Drying Air Temperature and Chemical Pretreatments on Quality of Dried Chill. *IFRJ*, 16, 441-454.
- Yaldiza, G., Ozguven, M., & Sekeroglu, N. (2010). Variation in capsaicin contents of different *Capsicum* species and lines by varying drying parameters. *Indust. Crops Prod*, 32, 434-438.





ก1. การวิเคราะห์ค่าความชื้น (AOAC, 2000)

อุปกรณ์

- 1) Moisture can
- 2) Hot air oven
- 3) Desiccator
- 4) เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง

วิธีการวิเคราะห์

- 1) อบ moisture can ใน hot air oven ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 2-3 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบมาใส่ไว้ใน desiccator หลังจากนั้นชั่งน้ำหนักจากนั้นนำไปอบต่อจนกว่าน้ำหนักจะคงที่
- 2) ชั่งตัวอย่างอาหารประมาณ 1-3 กรัม ใส่ใน moisture cans ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน
- 3) นำไปอบใน hot air oven ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 5-6 ชั่วโมง
- 4) นำออกจาก hot air oven ทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccator หลังจากนั้นชั่งน้ำหนักจากนั้นนำไปอบต่อจนกว่าน้ำหนักจะคงที่
- 4) คำนวณหาปริมาณความชื้นจากสูตร

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

ก2. การตรวจวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี

อุปกรณ์

เครื่อง Water Activity (AquaLab Series 3, Washington, USA)

การเตรียมตัวอย่าง

- 1) ใส่ตัวอย่างในตลับ a_w ประมาณ 1 ใน 3 ของตลับ
- 2) ตัวอย่างควรอยู่ที่อุณหภูมิห้องที่ทำการวัดค่า

วิธีการวิเคราะห์

- 1) เปิดเครื่อง a_w ทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที เพื่อการวัดที่มีประสิทธิภาพ
- 2) นำตลับวัด a_w ใส่ลงเครื่องวัด เมื่อเครื่องเริ่มวัดจะมีสัญญาณเตือน 1 ครั้ง
- 3) เมื่อเครื่องวัดเสร็จจะมีสัญญาณเตือนให้อ่านค่าที่หน้าจอ
- 4) วิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้ง



ก3. การตรวจวัดค่าสี

อุปกรณ์

เครื่อง Spectrophotometer (Nippon Denshoku SE6000, Tokyo, Japan)

วิธีการ

1. ตั้งค่าเครื่อง โดยใช้ อุปกรณ์มาตรฐาน illuminant D_{65} , observer 2° .
2. นำตัวอย่างใส่ในถ้วยแก้ว เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 30 มิลลิเมตร ปริมาตรร้อยละ 70
3. นำใส่ตรงช่องวัด หลังจากนั้น เครื่องจะอ่านค่าสีที่ได้เป็น $L^*a^*b^*$ โดยค่า L^* หมายถึง ความสว่าง - มีด ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0 (มืดสนิทหรือดำ) ถึง 100 (สว่างมากหรือขาว) ค่า a^* หมายถึง สีแดง เมื่อค่า a เป็น + สีเทา เมื่อ a เป็น 0 และ เป็นสีเขียว เมื่อ a เป็น - ค่า b^* หมายถึง สีเหลือง เมื่อ b เป็น + สีเทา เมื่อ b เป็น 0 และ เป็นสีน้ำเงิน เมื่อ b เป็น -
4. วัดค่า ซ้ำ 3 ครั้ง ต่อตัวอย่าง



ก4. การตรวจวัดค่า pH

อุปกรณ์

1. pH meter
2. บีกเกอร์ ขนาด 50 มิลลิลิตร
3. กระดาษกรองเบอร์ 4

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่าง 5 กรัม ลงในบีกเกอร์แล้วเติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที จากนั้นกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4
2. วัดความเป็นกรดต่างโดยใช้ pH meter ที่ผ่านการปรับด้วยสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน pH 4.0 และ 7.0



ก5. การวิเคราะห์ค่า Ascorbic acid

อุปกรณ์

1. เครื่องปั่น
2. กระดาษกรองเบอร์ 4
3. ขวดปรับปริมาตร

สารเคมี

1. Oxalic acid
2. Ascorbic acid
3. Acetic acid
4. Sodium hydrogen carbonate
5. 2,6-dichloroindophenol sodium salt

การเตรียมสารเคมี

1. สารละลายกรด oxalic –acetic : ละลายกรดออกซาลิก 10 กรัม ในกรดอะซิติก 40 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ปรับปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร กรองสารละลายกรดที่ได้บรรจุลงในขวดที่มีฝาปิด เก็บในตู้เย็นได้ 7-10 วัน

2. สารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก : ชั่งกรดแอสคอร์บิก 10 มิลลิกรัม ละลายทันที ก่อนใช้ด้วยสารละลายกรด oxalic –acetic จนมีปริมาตร 10 มิลลิลิตรในขวดปรับปริมาตร

3. สารละลายมาตรฐานอินโดฟีนอล (Indophenol) : ละลาย 2,6-dichloroindophenol sodium salt 50 มิลลิกรัม ในน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ที่ละลายด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 42 มิลลิกรัม เขย่าจนเข้ากันดีจากนั้นเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรเป็น 200 มิลลิลิตร กรองสารละลายเก็บในขวดสีชา และเก็บให้พ้นแสงในตู้เย็น

การเตรียมตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่าง 5 กรัม เติมสารละลาย 2% oxalic acid 50 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน 2 นาที จากนั้นนำมาปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4

วิธีการ

ปิเปตสารละลายตัวอย่างที่เตรียมไว้ 10 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ ทำการไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานอินโดฟีนอล จนกระทั่งสีจางและเกิดจุดยุติสีชมพูคงที่ 15 วินาที ทำ 3 ซ้ำ บันทึกปริมาตรที่ใช้ไทเทรต คำนวณหาค่า ascorbic acid

ก6. การวิเคราะห์ปริมาณสารให้ความเผ็ดของพริก (Capsaicinoids) ด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (Contreras-Padilla and Yahia. 1998)

อุปกรณ์

1. เครื่อง HPLC equipped with a pump (Model LC-10AD VP), a detector (Model SPD-10A) and a degasser (Model DG660B) (Shimadzu, Kyoto, Japan)
2. Nylon Syringe Filter 0.45 micron
3. Incubator shaker

สารเคมี

1. Acetonitrile for Liquid Chromatography
2. Capsaicin standard
3. Dihydrocapsaicin standard

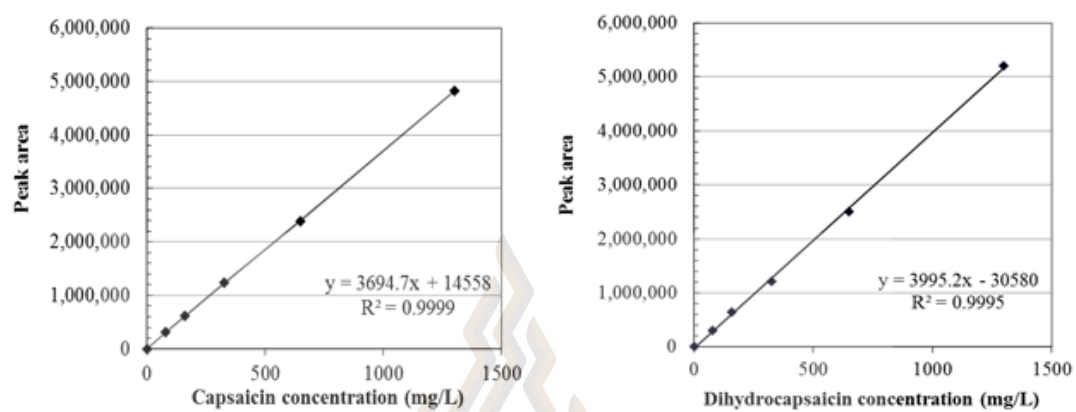
การเตรียมตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่าง 3 กรัม ใส่ขวดรูปชมพู่ เติม acetonitrile 30 mL เขย่าให้เข้ากัน ใส่ในตู้ incubator shaker ตั้งความเร็วในการเขย่า 150 rpm อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง หลังจากนั้น นำออกมาทิ้งไว้ให้เย็น กรองด้วยฟیلเตอร์ขนาด 0.45 ไมครอน นำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์ ปริมาณสารให้ความเผ็ดด้วย HPLC

วิธีการ

1. การวิเคราะห์ Capsaicinoids โดย HPLC ใช้ pump รุ่น LC-10AD VP ใช้ detector รุ่น SPD-10A และ degasser รุ่น DG660B ความยาวคลื่นที่กำหนดไว้ที่ 280 นาโนเมตร
2. สัดส่วน Mobile phase คือ acetonitrile : distilled water : acetic acid 100 : 100 : 1 (v / v) อัตราการไหล 1.0 มิลลิลิตร/นาที คงที่ตลอดการวิเคราะห์
3. ฉีดสารละลายที่เตรียมไว้ 20 ไมโครลิตร เข้าสู่ระบบ HPLC ระยะเวลาการทำงาน 30 นาที
4. ใช้คอลัมน์ C18 ขนาด 250 มิลลิเมตร x 4.6 id film thickness 5 ไมโครเมตร
5. โครมาโตแกรมที่ได้ จะแสดงการแยกสาร 3 ชนิด คือ nordihydrocapsaicin (N) capsaicin (C) และ dihydrocapsaicin (D) เทียบกับสารละลายมาตรฐาน

กราฟมาตรฐาน



ก7. การวิเคราะห์ปริมาณ Aflatoxin โดยใช้ชุด test kit ของ MycoJudge (MycoJudge, Tokyo, Japan)

หลักการวิเคราะห์

อาศัยหลักการของ Enzyme linked immunosorbent assay (ELISA) คืออาศัยความสามารถของแอนติบอดีในการจำแนกโครงสร้างของสารพิษและใช้เอนไซม์ในการตรวจวัด ในแบบแข่งขัน (Competitive assay) เกิดจากอะฟลาทอกซินในตัวอย่างแข่งขันกับอะฟลาทอกซินที่ติดฉลากด้วยเอนไซม์ในการจับกับแอนติบอดี หากในตัวอย่างมีการปนเปื้อนของอะฟลาทอกซินมาก จะทำให้อะฟลาทอกซินที่ติดฉลากด้วยเอนไซม์จับกับแอนติบอดีได้น้อยลง ดังนั้นความเข้มข้นของสีจึงแปรผกผันกับปริมาณอะฟลาทอกซินในตัวอย่าง

อุปกรณ์

1. หลอดทดลอง พร้อมฝาเกลียว 15 มิลลิลิตร
2. Auto pipette ขนาด 5 ml, 1ml, 200 µl, 100 µl
3. Microplate Reader
4. Centrifuge
5. Nylon Syringe Filter 0.45 micron

สารเคมี

1. Antigen fixation
2. Mixed plate
3. Standard
4. Mark antibody
5. Antibody wash
6. TMB (Color development liquid)
7. Stop solution
8. Wash solution
9. 70% methanol

การเตรียมสารเคมี

1. Mark antibody dilution : นำ mark antibody 0.1 mL ละลายใน antibody wash 99.9 mL ผสมให้เข้ากัน เก็บไว้ในอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

2. Wash solution dilution : นำ Wash solution 10 mL ละลายในน้ำ deionized 90 mL

การเตรียมตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่าง 10 กรัม ละลายใน 70% methanol ผสมให้เข้ากันเป็นเวลา 3 นาที นำตัวอย่างที่ได้ไป centrifuge 3,000 rpm เป็นเวลา 3 นาที และนำส่วนใสกรองด้วยฟیلเตอร์ขนาด 0.45 ไมครอน

วิธีการ

1. นำ mark antibody ที่ทำการเจือจางแล้ว ใส่ใน mixed plate หลุมละ 150 μ l จากนั้นใส่สารมาตรฐานและตัวอย่างที่เตรียมไว้ หลุมละ 30 μ l จำนวน 3 ซ้ำต่อตัวอย่าง ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 5 นาที
2. นำ microplate ที่เคลือบด้วย antigen fixation ออกมาวางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ดูดสารละลายจาก mixed plate ในข้อ 1. ใส่ใน microplate ที่เคลือบด้วย antigen fixation หลุมละ 100 μ l ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 10 นาที
3. คว่ำ microplate ที่เคลือบด้วย antigen fixation ให้สารละลายไหลออกจนหมด จากนั้นล้างหลุมด้วย Wash solution หลุมละ 250 μ l ทำการล้าง 3 ครั้ง
4. เติม TMB หลุมละ 100 μ l ใน microplate ที่เคลือบด้วย antigen fixation ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นเติม stop solution หลุมละ 100 μ l
5. นำไปวิเคราะห์ด้วย Microplate Reader 450 nm นำค่าที่ได้ไปคำนวณ



ภาคผนวก ข

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ข1. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสการศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพ และสารให้ความเผ็ดของพริกที่ผ่าน pretreatment

แบบทดสอบ Ranking Test

ผลิตภัณฑ์: พริกที่ผ่านการ pretreatment

ชื่อผู้ทดสอบ.....

วันที่.....

คำแนะนำ:

ให้ทำการทดสอบโดยการชิมตัวอย่าง (ผสมตัวอย่างพริกลงในน้ำซุปล้วนแล้วคนให้เข้ากัน) ทีละตัวอย่างจากซ้ายไปขวา จำนวน 3 ตัวอย่าง และเรียงลำดับความเผ็ดของตัวอย่างโดยใส่เลขรหัสตัวอย่างลงในช่องลำดับความเผ็ด กรุณาบ้วนปาก 5 ครั้งก่อนเริ่มชิมตัวอย่างแรกและก่อนชิมตัวอย่างถัดไป หากรู้สึกล้าจากการทดสอบให้พักสักครู่แล้วค่อยทดสอบชิมตัวอย่าง

211

144

321

ลำดับความเผ็ด

รหัสตัวอย่าง

เผ็ดมากที่สุด	เป็นลำดับที่ 1	
เผ็ดปานกลาง	เป็นลำดับที่ 2	
เผ็ดน้อยที่สุด	เป็นลำดับที่ 3	

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่าง 3 กรัม และน้ำซूप 100 ml แยกใส่ภาชนะชิม จากนั้นให้ผู้ทดสอบผสมตัวอย่างพริกลงในน้ำซุปล้วนแล้วคนให้เข้ากันทีละตัวอย่าง
2. จากนั้นทำการทดสอบชิมและเรียงลำดับความเผ็ดตามแบบทดสอบข้างต้น โดยรหัส 211 คือ พริกฉาว รหัส 144 คือ พริกสด และรหัส 321 คือ พริกแห้ง
3. นำผลการทดสอบไปวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยวิธี Analog Fisher's LSDrank

ข2. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสการศึกษาผลของกระบวนการอบแห้งแบบต่างๆ ต่อคุณภาพ และสารให้ความเผ็ดของพริกแห้ง

แบบทดสอบ Ranking Test (BIB)

ผลิตภัณฑ์: พริกแห้ง

ชื่อผู้ทดสอบ.....

วันที่.....

คำแนะนำ:

ให้ทำการทดสอบโดยการชิมตัวอย่าง (ผสมตัวอย่างพริกลงในน้ำซุปล้วนแล้วคนให้เข้ากัน) ทีละตัวอย่าง จากซ้ายไปขวา จำนวน 4 ตัวอย่าง และเรียงลำดับความเผ็ดของตัวอย่างโดยใส่เลขรหัสตัวอย่างลงในช่องลำดับความเผ็ด กรุณาบ้วนปาก 5 ครั้งก่อนเริ่มชิมตัวอย่างแรกและก่อนชิมตัวอย่างถัดไป หากรู้สึกล้าจากการทดสอบให้พักสักครู่แล้วค่อยทดสอบชิมตัวอย่าง

.....

ลำดับความเผ็ด

รหัสตัวอย่าง

เผ็ดมากที่สุด	เป็นลำดับที่ 1	
เผ็ดมาก	เป็นลำดับที่ 2	
เผ็ดปานกลาง	เป็นลำดับที่ 3	
เผ็ดน้อยที่สุด	เป็นลำดับที่ 4	

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่าง 3 กรัม และน้ำซूप 100 ml แยกใส่ภาชนะชิม จากนั้นให้ผู้ทดสอบผสมตัวอย่างพริกลงในน้ำซุปล้วนแล้วคนให้เข้ากันทีละตัวอย่าง
2. จากนั้นทำการทดสอบชิมและเรียงลำดับความเผ็ดตามแบบทดสอบข้างต้น
3. นำผลการทดสอบไปวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ โดยให้คะแนนลำดับความเผ็ด (ranking score) เผ็ดมากที่สุด เผ็ดมาก เผ็ดปานกลาง และเผ็ดน้อยที่สุด เท่ากับ 4 3 2 1 และ 0 คะแนน ตามลำดับ

ข3. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสการศึกษาผลของกระบวนการอื่นๆ ในขั้นตอนการผลิตพริกป่นที่มีต่อคุณภาพ และสารให้ความเผ็ด

แบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

การทดสอบวิธีเปรียบเทียบความแตกต่างของตัวอย่างคู่

แบบกำหนดทิศทาง (Directional paired comparison)

วันที่ _____

ตัวอย่าง : พริกป่น _____

วิธีการทดสอบ : ทดสอบโดยการชิม _____

ให้ล้างปากก่อนเริ่มทำการทดสอบ มีตัวอย่างจำนวน 2 ตัวอย่าง ทำการประเมินโดยชิมตัวอย่างตามลำดับที่นำเสนอจากซ้ายไปขวา ให้ชิมตัวอย่างทั้งหมด ห้ามชิมซ้ำ วงกลมตัวอย่างที่มี **ความเผ็ดมากกว่า** ล้างปากด้วยน้ำ 5 ครั้ง ในระหว่างการชิมตัวอย่าง และให้บ้วนทั้งตัวอย่างและน้ำล้างปากทิ้งลงในถังบ้วนปากที่จัดไว้ให้

310

120

ข้อเสนอแนะ:.....
.....

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่าง 3 กรัม และน้ำชุป 100 ml แยกใส่ภาชนะชิม จากนั้นให้ผู้ทดสอบผสมตัวอย่างพริกลงในน้ำชุปแล้วคนให้เข้ากันที่ละตัวอย่าง
2. จากนั้นทำการทดสอบชิมและเรียงลำดับความเผ็ดตามแบบทดสอบข้างต้น โดยรหัส 310 คือพริกที่ไม่ผ่านการคั่ว และรหัส 120 คือพริกที่ผ่านการคั่ว
3. นำผลการทดสอบไปวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยให้คะแนนลำดับความเผ็ด (ranking score) เผ็ดมากกว่าให้ 1 คะแนน และเผ็ดน้อยกว่าให้ 0 คะแนน

ข4. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสการศึกษาภาวะการเก็บรักษาต่อคุณภาพ และ สารให้ความเผ็ดของพริกป่น

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสวิธี 9 – point hedonic scale

ผลิตภัณฑ์ พริกป่น

ชื่อ – สกุล ผู้ทดสอบ.....

วันที่ เวลา

คำอธิบาย กรุณาทดสอบตัวอย่างที่เสนอให้จากซ้ายไปขวา แล้วให้คะแนนความชอบของตัวอย่างในแต่ละคุณลักษณะที่ใกล้เคียงกับความรู้สึของท่านมากที่สุด โดยกำหนดให้

9 = ชอบมากที่สุด 6 = ชอบน้อยที่สุด 3 = ไม่ชอบปานกลาง
8 = ชอบมาก 5 = เฉยๆ 2 = ไม่ชอบมาก
7 = ชอบปานกลาง 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 1 = ไม่ชอบมากที่สุด

คะแนนความชอบรวมของตัวอย่าง

คุณลักษณะ / รหัสตัวอย่าง								
1. ลักษณะปรากฏ								
2. สี								
3. กลิ่น								
4. ความชอบโดยรวม								

การยอมรับผลิตภัณฑ์ ☐ ยอมรับ ☐ ไม่ยอมรับ

ข้อเสนอแนะ.....

วิธีการ

- นำพริกป่นที่ผ่านการเก็บเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์มาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทั่ว
- นำผลการทดสอบไปวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ

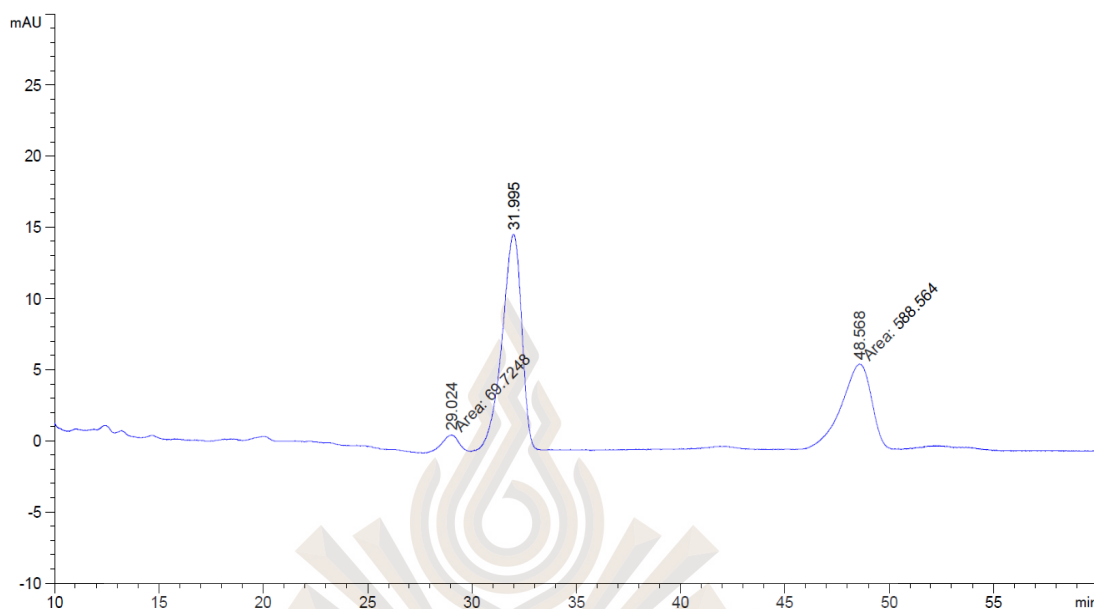
The image features a large, faint watermark of the Rangsit University logo in the background. The logo is circular, with a stylized flame or sunburst design at the top and a series of radiating lines forming the rest of the circle. The text "มหาวิทยาลัยรังสิต" and "Rangsit University" is written in a circular path around the bottom of the logo.

ภาคผนวก ค

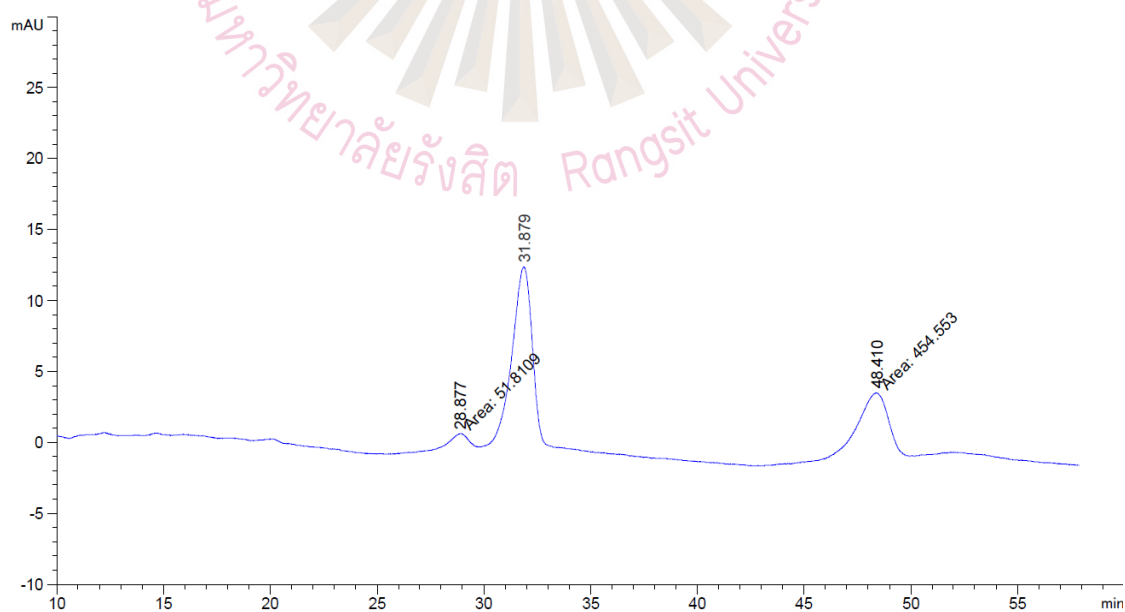
โครมาโตแกรมจากการวิเคราะห์ด้วย HPLC

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

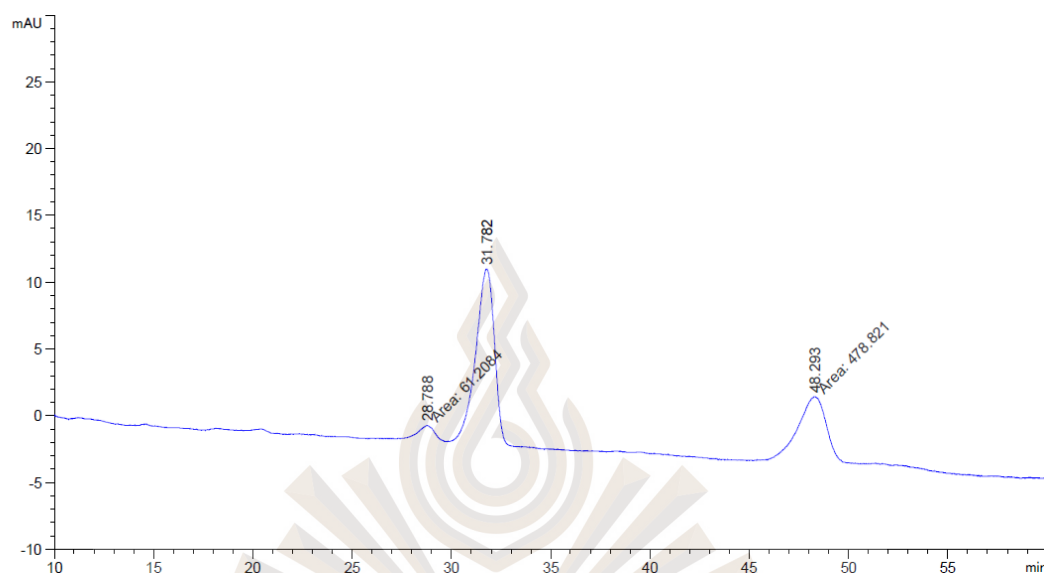
ค1. โครมาโตแกรมของ HPLC แสดงสารแคปไซซินอยด์ทั้ง 3 ชนิดที่สกัดจากพริกสด



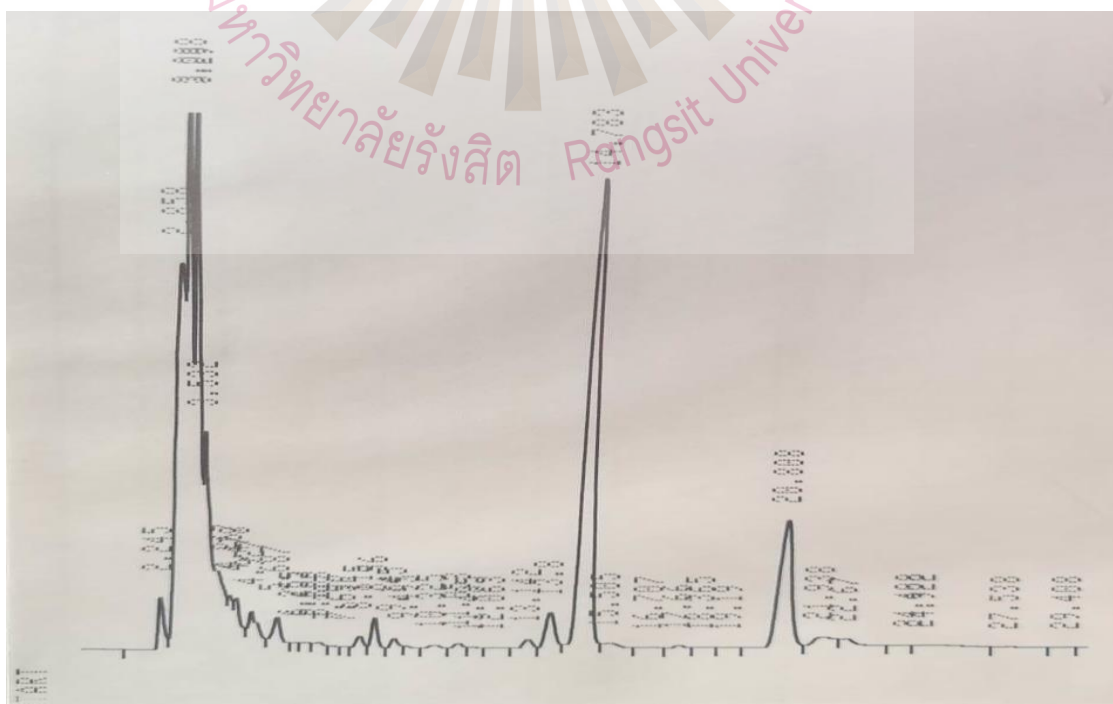
ค2. โครมาโตแกรมของ HPLC แสดงสารแคปไซซินอยด์ทั้ง 3 ชนิดที่สกัดจากพริกขี้หนู (พริกสดที่ผ่านการลวก 100 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3 นาที)



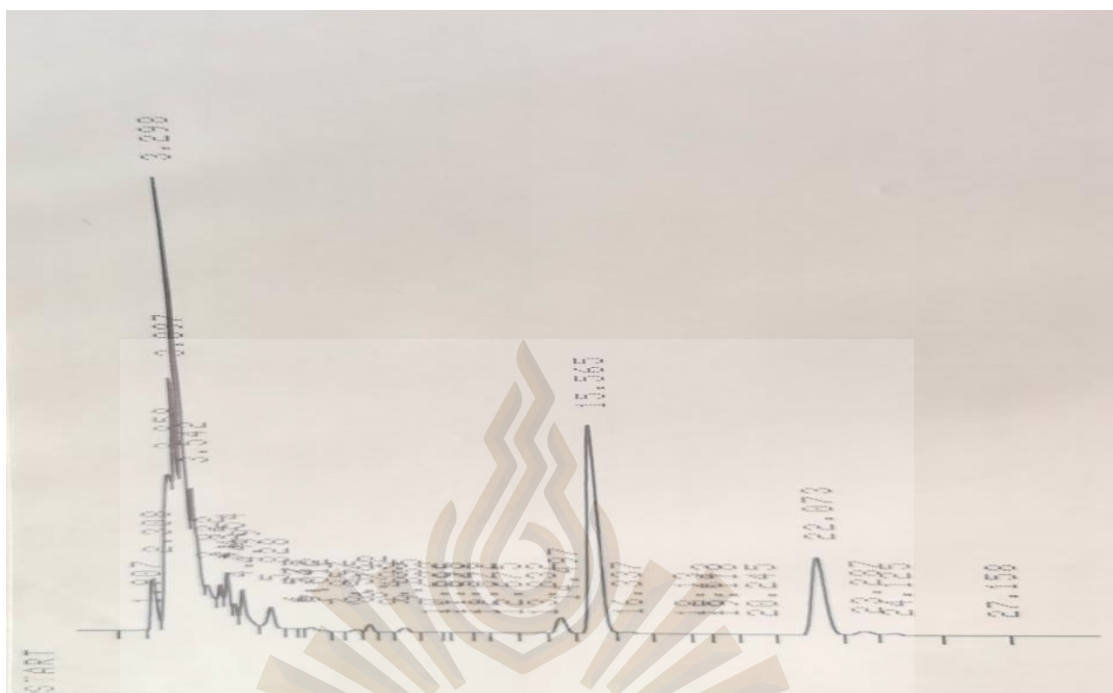
ค3. โครมาโตแกรมของ HPLC แสดงสารแคปไซซินอยด์ทั้ง 3 ชนิดที่สกัดจากพริกแห้ง (พริกสดที่ผ่านการลวก 100 °C ระยะเวลา 3 นาที และแช่ในสารละลาย 0.25% โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และ 1.0% กรดซิตริก)



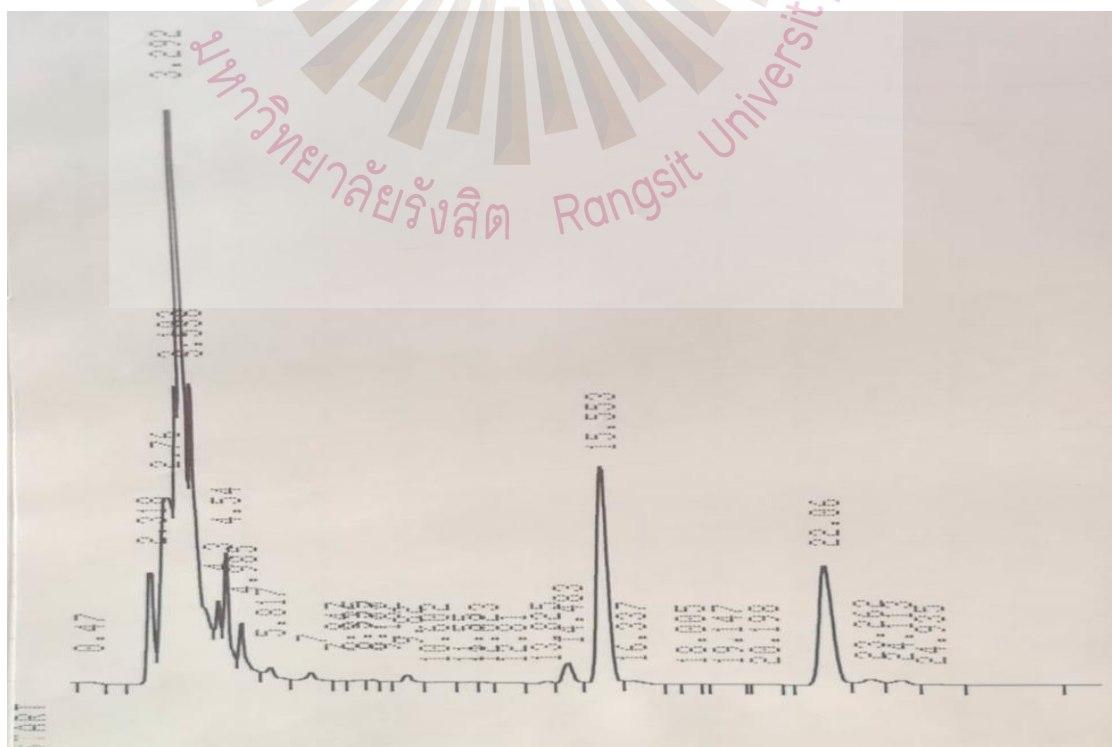
ค4. โครมาโตแกรมของ HPLC แสดงสารแคปไซซินอยด์ทั้ง 3 ชนิดที่สกัดจากพริกแห้งที่ผ่านการทำให้แห้งโดยแช่เยือกแข็ง (Freeze dried)



ค7. โครมาโตแกรมของ HPLC แสดงสารแคปไซซินอยด์ทั้ง 3 ชนิดที่สกัดจากพริกป่นไม่คั่ว



ค7. โครมาโตแกรมของ HPLC แสดงสารแคปไซซินอยด์ทั้ง 3 ชนิดที่สกัดจากพริกป่นที่ผ่านการคั่วที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 10 นาที ก่อนนำมาปั่น



ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	ณิชกรณ์ สุขชุ่ม
วัน เดือน ปีเกิด	13 กันยายน 2535
สถานที่เกิด	จังหวัดสุพรรณบุรี ประเทศไทย
ประวัติการศึกษา	มหาวิทยาลัยรังสิต ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา เทคโนโลยีชีวภาพอุตสาหกรรม, 2558 มหาวิทยาลัยรังสิต ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา เทคโนโลยีชีวภาพ, 2563
ทุนการศึกษา ที่อยู่ปัจจุบัน	ทุนต้นกล้าไบโอเทค 72/64 หมู่ที่ 4 หมู่บ้านเพอร์เฟกเพคสแองก์วัฒนะ ซอย 5 ถนนชัยพฤกษ์ ตำบลคลองพระอุดม อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี 11120
สถานที่ทำงาน	ห้างหุ้นส่วนจำกัด อินฟินิตี้ สเตนดาร์ด เลขที่ 27/5 ซอยงามวงศ์วาน 43 (ชั้นเขต1) แขวงทุ่งสอง ห้อง เขตหลักสี่ กรุงเทพมหานคร 10210
ตำแหน่งปัจจุบัน	พนักงานขาย