การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงหมักเนื้อทางธรรมชาติจากสับปะรด

DEVELOPMENT OF A NATURAL MARINADE POWDER FROM PINEAPPLE

นางสาวสวรักษ์ จันทรเทพธิมากุล

นางสาวนฤมล จอมมาก

ชุดโครงการการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตการพัฒนาผลิตภัณฑ์ภูมิปัญญาท้องถิ่นเพื่อส่งเสริมเศรษฐกิจชุมชน

บ้านดอนขุนห้วย อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี

สนับสนุนโดยกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (กสว.)

งบประมาณด้าน ววน. ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2564

บทคัดย่อ

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผงหมักจากแกนสับปะรดผงสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อหมู ขั้นแรกได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งแกนสับปะรดด้วยลมร้อนพบว่าที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ทำให้ได้รับวัตถุดิบแกนสับปะรดผงสำหรับนำไปเตรียมเป็นผงหมักเนื้อที่มีคุณภาพเหมาะสมในด้านสี (L*, a*, b*) และมีปริมาณความชื้นต่ำกว่า (<13%) เมื่อเทียบกับการอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง การประยุกต์ใช้ของผงหมักเนื้อที่มีการมีใช้แกนสับปะรดผงที่ได้จากการอบแห้งที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ส่วนชุดการทดลองสำหรับการศึกษานี้ประกอบด้วยเนื้อสเต็กหมูสันนอกทั้งหมด 5 ชุดการทดลอง ได้แก่ 1. สูตรไม่หมัก 2. สูตรผงปรุงรส 3. สูตรผงหมัก1 4. สูตรผงหมัก2 5. สูตรหมักผง3 โดยในชุดการทดลองสูตรผงหมัก1, 2 และ 3 หมายถึงมีการใช้แกนสับปะรดในอัตราส่วน 0.7 1.3 และ 2.0 กรัม/100 กรัม ของเนื้อหมู ตามลำดับ ในการศึกษาคุณภาพทางด้านกายภาพและเคมีพบว่าเนื้อหมูซึ่งหมักด้วยผงหมักที่มีแกนสับปะรดผงทุกสูตรสามารถลดความแน่นเนื้อและความเหนียวของเนื้อสเต็กหมูสันนอกหลังทำให้สุกได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งผงหมักสูตรที่มีแกนสับปะรดผง ระดับ 2.0 กรัมต่อ 100 กรัมของเนื้อหมู สามารถทำให้เนื้อหมูมีค่าความแน่นเนื้อที่ต่ำซึ่งหมายความว่ามีความนุ่มเนื้อมาก และจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส คะแนนความชอบต่อคุณลักษณะทุกด้านของเนื้อสเต็กหมูสันนอกที่ใช้ผงหมักที่มีแกนสับปะรดผง ระดับ 2.0 กรัมต่อ 100 กรัมของเนื้อหมู ได้แก่ ด้านกลิ่นรส รสชาติ ความชุ่มฉ่ำ ความนุ่มเนื้อ และความชอบโดยรวม มากกว่าชุดควบคุมซึ่งไม่มีการหมัก ($p \leq 0.05$) และมีแนวโน้มของคะแนนมากขึ้นตามปริมาณของแกนสับปะรดผง ($p > 0.05$) ดังนั้นการนำไปใช้ของแกนสับปะรดผงในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ผงหมักเพื่อปรับปรุงคุณภาพเนื้อหมู สูตรผงหมักที่มีความเป็นไปได้คือสูตรที่มีการใช้แกนสับปะรดผง ระดับ 2.0 กรัมต่อ 100 กรัมของเนื้อหมู

คำสำคัญ: แกนสับปะรด ผงหมักเนื้อ เนื้อหมู

Abstract

This project aimed to develop the tenderizer made from pineapple core powder for application in pork products. Firstly, the study for suitable condition used convection oven was found that the usage of 55 Degrees Celsius for 6 hours make the pineapple core powder result in the optimum quality in color (L*, a*, b*) values and lower moisture content (<13%) compared to that of pineapple core powder dried at 65 Degrees Celsius for 3 hours. The experiments in application of pineapple core powder dried at 55 Degrees Celsius for 6 hours to pork were divided into 5 groups of marination treatments; 1. untreated formula, 2. seasoning formula, 3. tenderizer powder formula1, 4. tenderizer powder formula2 and 5. tenderizer powder formula3. The 3 treatments of tenderizer powder formulations1, 2 and 3 contained pineapple core powder at the ratio of 0.7, 1.3 and 2.0 g/100g of pork, respectively. The physical and chemical qualities of the difference pork samples were determined. Decreases in firmness and toughness were observed in all tenderizer powder formulas-treated pork, especially for the tenderizer powder formula3 (2.0 g pineapple core powder/100g of pork). The sensory quality evaluation on all tenderizer powder formulas-treated pork with liking scores showed flavor, taste, juiciness, tenderness and overall acceptance scores was higher than control (untreated sample) ($p \leq 0.05$). Moreover, the pork samples treated with tenderizer powder formula3 (2.0 g pineapple core powder/100g of pork) also showed increasing in sensory scores when the level of pineapple core powder was increased ($p > 0.05$). Thus, this project demonstrated that the use of a tenderizer contained pineapple core powder at ratio of 2.0g to 100g of pork tended to improve the quality of pork.

Keywords: pineapple core, tenderizer powder, pork

กิตติกรรมประกาศ

กิตติกรรมประกาศนี้จัดทำขึ้นเพื่อแสดงความขอบคุณแก่กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (กสว.) งบประมาณด้าน ววน. ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2564 ในการสนับสนุนการทำวิจัยเรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์ภูมิปัญญาท้องถิ่นเพื่อส่งเสริมเศรษฐกิจชุมชน บ้านดอนขุนห้วย อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพในการใช้สถานที่ ห้องปฏิบัติการ เครื่องมือ อุปกรณ์และตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองในงานวิจัยนี้

และขอขอบคุณสหกรณ์ดอยขุนห้วย อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี ในการเอื้อเฟื้อวัตถุดิบ สถานที่ และบุคลากร รวมถึงความร่วมมือในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

คณะผู้วิจัย

2564

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่ออังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขต	2
1.4 กรอบแนวคิด	2
1.5 แผนการดำเนินงานวิจัย	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 สับปะรด	5
2.2 การอบแห้ง	12
2.3 เนื้อสัตว์	15
2.4 การศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้อง	18
บทที่ 3 วิธีดำเนินการ	
3.1 วัตถุดิบ	21
3.2 วัสดุอุปกรณ์	21
3.3 วิธีการดำเนินงาน	22
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปราย	
4.1 ผลของการศึกษากระบวนการและสภาวะการทำแห้งแกนสับปะรด	29
4.2 ผลการพัฒนาสูตรและการประยุกต์ใช้ผงหมักธรรมชาติจากแกนสับปะรดในผลิตภัณฑ์เนื้อหมู	31

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผล	38
5.2 ข้อเสนอแนะ	38
บรรณานุกรม	40
ภาคผนวก	
ก แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส	47
ข ขั้นตอนการทำแกนสับปะรดผง	49
ค การหมักเนื้อหมูและการทำให้สุก	51
ง ข้อมูลการวิเคราะห์คุณภาพ	53
จ กราฟวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส	55

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1.1 แผนการดำเนินงาน 3

2.1 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อผลสับปะรด 9

3.1 ส่วนผสมของผงปรุงรสและผงหมักที่ใช้ต่อการหมักเนื้อหมู 100 กรัม 25

4.1 ค่าสี (L* a* และ b*) และปริมาณความชื้นของแกนสับปะรดผง 31

4.2 คะแนนความชอบต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของเนื้อสเต็กหมูสันนอกที่หมักด้วยผงหมักสูตรต่าง ๆ หลังทำให้สุก

ตารางผนวกที่

ง1 วิเคราะห์ค่า pH ปริมาณความชื้น และร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อหมูสันนอกหลังหมัก 53

ง2 ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อสเต็กหมูสันนอกหลังทำให้สุก 53

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

1.1 กรอบแนวคิด 2

2.1 ส่วนต่าง ๆ ของสับปะรด 7

3.2 การติดตั้งหัววัดและการวางตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส 27

4.1 แกนสับปะรดผงที่ได้จากการทำแห้ง 31

4.2 เนื้อหมูสันนอกก่อนทำให้สุก 32

4.3 เนื้อหมูสันนอกหลังทำให้สุก 32

4.4 pH ของเนื้อหมูสันนอกหลังหมัก 33

4.5 ปริมาณความชื้นของเนื้อสเต็กหมูสันนอกหลังทำให้สุก 34

4.6 ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก 34

4.7 ค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) ของสเต็กหมูสันนอกหลังทำให้สุก 35

4.8 ค่าความเหนียว (Toughness) ของเนื้อสเต็กหมูสันนอกหลังทำให้สุก 36

ภาพผนวกที่

ข ขั้นตอนการเตรียมแกนสับปะรดผง 49

ค ขั้นตอนการหมักเนื้อหมูและการทำให้สุก 51

จ1 กราฟลักษณะเนื้อสัมผัสของสเต็กหมูสูตรไม่หมัก 55

จ2 กราฟลักษณะเนื้อสัมผัสของสเต็กหมูสูตรผงปรุงรส 55

จ3 กราฟลักษณะเนื้อสัมผัสของสเต็กหมูสูตรผงหมัก1 56

จ4 กราฟลักษณะเนื้อสัมผัสของสเต็กหมูสูตรผงหมัก2 56

จ5 กราฟลักษณะเนื้อสัมผัสของสเต็กหมูสูตรผงหมัก3 56

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

สับปะรดเป็นพืชทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย มีปริมาณการผลิตจำนวนมาก ซึ่งผลผลิตนี้จะนำไปจัดจำหน่ายโดยตรง และส่วนที่เหลือทิ้งจากสับปะรด เช่น เปลือก แกน ใบ และลำต้น ส่วนใดที่นำไปแปรรูปต่อได้จะมีการนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่น ๆ เช่น ปุ๋ย หรืออาหารสัตว์ ซึ่งผลิตภัณฑ์เหล่านี้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าทางการตลาดต่ำ และจากการค้นคว้าพบว่าในส่วนต่าง ๆ สับปะรดมีเอนไซม์โบรมีเลนอยู่ในปริมาณมาก (อรอินทร์ และคณะ, 2527) เนื่องจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตของสับปะรดจะขึ้นอยู่กับความต้องการของตลาด โดยสามารถเก็บผลได้ตั้งแต่ผลดิบจนถึงผลสุกตลอดผล ในกรณีของระบบอุตสาหกรรมแปรรูปจะรับซื้อผลผลิตเพื่อแปรรูปเป็นสับปะรดบรรจุกระป๋องจะพิจารณาเฉพาะสับปะรดผลสุกและใช้ประโยชน์เพียงส่วนของเนื้อผลเท่านั้น (อรอง, 2562) เคยมีรายงานว่าแม้เอนไซม์โบรมิเลนที่สกัดแบบหยาบจากเนื้อสับปะรดสามารถใช้เป็นผงหมักเนื้อได้ แต่ทว่าเอนไซม์สามารถเก็บไว้ในตู้เย็นได้เป็นเวลาเพียง 4 วัน และมีแนวโน้มที่จะลดลงได้เมื่อเก็บไว้นานขึ้น (เสาวนีย์และสุรพงษ์, 2544) ดังนั้นผลิตภัณฑ์จากส่วนเหลือที่บริโภคได้จากผลผลิตสับปะรด ดังเช่น แกนของสับปะรดอาจจะไม่เป็นที่ต้องการของตลาด ถือว่าเป็นโอกาสในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงหมักเนื้อธรรมชาติจากสับปะรดส่วนเหลือที่บริโภคได้ที่มีการใช้การอบแห้งอุณหภูมิไม่สูงนักเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ ยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ผงหมักเนื้อและยังตอบสนองความต้องการด้านสุขภาพของผู้บริโภคในปัจจุบัน งานวิจัยนี้จึงใช้ส่วนแกนของสับปะรดมาเป็นวัตถุดิบที่เป็นส่วนเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมแม้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตเอนไซม์โบรมีเลน และคาดว่าการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงหมักเนื้อธรรมชาติจะส่งผลให้เกษตรกรหรือผู้ประกอบการมีรายได้เพิ่มขึ้นจากการเพิ่มมูลค่าสินค้า และสามารถเพิ่มอัตราการผลิตได้อย่างต่อเนื่อง โดยสามารถสร้างสินค้าให้กับชุมชนตัวเอง และสามารถแข่งขันทางการตลาดกับกลุ่มธุรกิจด้านอาหารสุขภาพอีกด้วย

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงหมักเนื้อทางธรรมชาติจาก แกนสับปะรดผง โดยใช้เทคโนโลยีการอบแห้งแบบอบลมร้อนอุณหภูมิต่ำเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ผงหมักเนื้อที่มีคุณภาพ คงคุณค่าทางโภชนาการสูง ง่ายต่อการนำมาใช้ประโยชน์และสามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษากระบวนการและสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมในการเตรียมแกนสับปะรดผงสำหรับนำไปใช้พัฒนาผลิตภัณฑ์ผงหมักเนื้อ

1.2.2 เพื่อศึกษาผลของผงหมักธรรมชาติที่ได้จากแกนสับปะรดผงต่อคุณภาพทางกายภาพเคมีและทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูหมัก

1.3 ขอบเขต

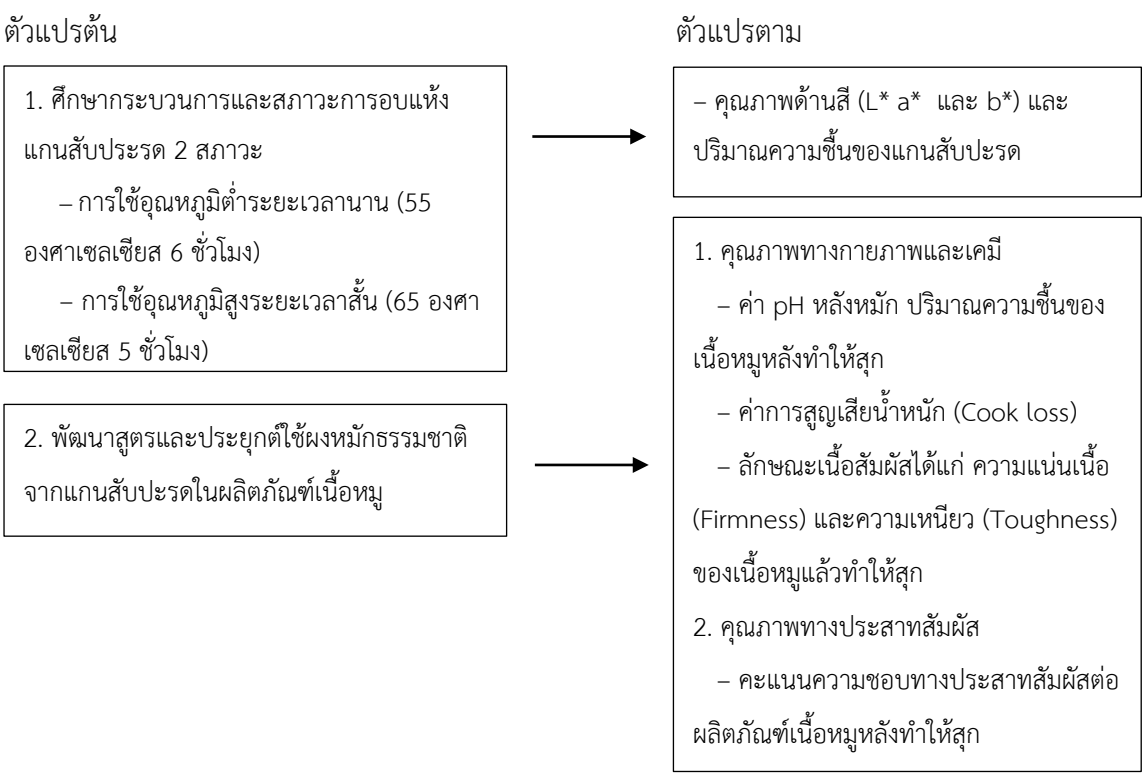
1.3.1 ศึกษากระบวนการและสภาวะการเตรียมแกนสับปะรดผง ได้แก่ การใช้อุณหภูมิต่ำระยะเวลาอบนาน และการใช้อุณหภูมิสูงระยะเวลาอบสั้น

1.3.2 ศึกษาคุณภาพของแกนสับปะรดผง

1.3.3 พัฒนาสูตรและศึกษาผลของผงหมักทางธรรมชาติจากแกนสับปะรดต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูหมัก

1.4 กรอบแนวคิด

กรอบการวิจัยของโครงการการพัฒนาผงหมักเนื้อทางธรรมชาติจากแกนสับปะรดอบแห้ง แสดงดังภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิด

1.5 แผนการดำเนินงานวิจัย

ระยะเวลาดำเนินโครงงาน 2 ปี เริ่มตั้งแต่เดือนเดือนตุลาคม 2563 ถึงเดือนกันยายน 2565 รวมเป็นระยะเวลา 24 เดือน แสดงดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

กิจกรรม	ปีที่ 1 (ตุลาคม 2563 ถึงเดือนกันยายน 2564)												ปีที่ 1 (ตุลาคม 2564 ถึงเดือนกันยายน 2565)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1. ศึกษากระบวนการและสภาวะในการเตรียมแกนสับปะรด																								
2. วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของแกนสับปะรดผง																								
3. พัฒนาสูตรผงหมักเนื้อที่ได้จากแกนสับปะรด																								
4. วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูที่ใช้ผงหมัก																								
5. สรุปและเขียนรายงาน																								

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ได้รับผลิตภัณฑ์แกนสับปะรดผงหมักหมูนุ่มแบบสำเร็จรูป

1.6.2 ทราบอัตราส่วนที่เหมาะสมของแกนสับปะรดผงในการหมักหมู

1.6.3 ช่วยเพิ่มมูลค่าและเป็นทางเลือกสำหรับผลิตภัณฑ์ผงหมักธรรมชาติ

1.6.4 ได้รับข้อมูลคุณภาพทางกายภาพ เคมี และความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เนื้อหมูนุ่มที่หมักโดยแกนสับปะรดผง

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สับปะรด

2.1.1 ประวัติความเป็นมาของสับปะรด

สับปะรดเป็นผลไม้ป่าพื้นเมืองชนิดหนึ่ง มีแหล่งกำเนิดอยู่ในเขตร้อนของทวีปอเมริกาใต้ ชาวอินเดียนเป็นผู้ค้นพบและคัดเลือกสายพันธุ์ ต่อมาได้เผยแพร่ไปสู่ประเทศอื่น ๆ เช่น บราซิล เวเนซูเอลา โคลัมเบีย ปานามา และหมู่เกาะแอตแลนติก

ปี ค.ศ. 1600 (พ.ศ. 2143) พบว่ามีการขยายพื้นที่เพาะปลูกในหมู่เกาะมาดากัสการ์ อินเดียตอนใต้ ฟิลิปปินส์ อินโดนีเซีย ต่อมาได้มีการนำตะเกียงสับปะรดจากจาไมกา และหน่อพันธุ์จากควีนแลนด์มาปลูกที่เกาะฮาวาย อีก 16 ปีต่อมาจึงเกิดโรงงานอุตสาหกรรมผลิตสับปะรดแปรรูปขนาดใหญ่ ช่วงประมาณปลายคริสต์ศตวรรษที่ 17 สันนิษฐานว่ามีชาวโปรตุเกสเข้ามาติดต่อการค้ากับประเทศไทยและได้นำสับปะรดเข้ามาเผยแพร่สมัยกรุงศรีอยุธยาในรัชสมัยสมเด็จพระนารายณ์มหาราช

พื้นที่เพาะปลูกสับปะรดของประเทศไทยอยู่ในเขตพื้นที่ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ซึ่งได้นำพันธุ์มาจากประเทศอินโดนีเซีย ส่วนสับปะรดที่ปลูกในเขต อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ได้นำพันธุ์มาจากประเทศอินเดีย ในปัจจุบันการปลูกสับปะรด ในประเทศไทยมีการขยายพื้นที่อย่างรวดเร็วโดยมีพื้นที่ปลูกประมาณ 6 แสนไร่ (เก็บเกี่ยวผลผลิตได้ปีละ 2.0–2.4 ล้านตัน) จากพื้นที่ปลูกสับปะรดทั่วโลกราว 5–6 ล้านไร่ มีปริมาณเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ปีละ 17–18 ล้านตัน และโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสับปะรดกระป๋องแห่งแรกของประเทศไทย คือบริษัทอุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋องไทยจำกัด (TPC) ตั้งอยู่ที่ อำเภอปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ โดยเริ่มทำการผลิตเมื่อปี พ.ศ. 2510 (สถาบันวิชาการเคหการเกษตร, 2556) ปัจจุบันประเทศไทยมีแหล่งเพาะปลูกสับปะรดที่สำคัญ ได้แก่ ประจวบคีรีขันธ์ ระยอง ชลบุรี เพชรบุรี พิษณุโลก รวมถึงบางพื้นที่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น หนองคาย ผลผลิตออกมากช่วงเดือนมีนาคม–มิถุนายน และพฤศจิกายน–มกราคม พันธุ์ที่เกษตรกรนิยมปลูกมาก ได้แก่ ปัตตาเวียและตราดสีทอง ผลผลิตสับปะรดสดภายในประเทศคิดเป็นประมาณร้อยละ 70–80 จะส่งเข้าโรงงานแปรรูป ที่เหลือใช้บริโภคสดภายในประเทศร้อยละ 20–30 (อรอง, 2562)

2.1.2 พฤกษศาสตร์ของสับปะรด

สับปะรดถูกจัดอยู่ในประเภทไม้ดินซึ่งพืชในวงศ์นี้อาจแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด ตามสภาพความเป็นอยู่คือกลุ่มที่เจริญเติบโตโดยมีรากหาอาหารบนพื้นดิน (Terrestrial) กลุ่มที่เจริญเติบโตบนต้นไม้โดยมีรากอากาศคล้ายกล้วยไม้ (Epiphytes) และกลุ่มที่เจริญเติบโตอยู่บนผาหินหรือโขดหิน (Saxicolous) แม้ว่าสับปะรดจะถูกจัดอยู่ในกลุ่มแรก คือพืชดิน แต่ก็มีลักษณะบางอย่างของพืชในกลุ่มที่ 2 ด้วยเหมือนกันกล่าวคือสามารถเก็บน้ำเอาไว้ตามซอกใบได้เล็กน้อยและมีเซลล์สำหรับเก็บน้ำเอาไว้ในใบทำให้ทนทานต่อสภาพแห้งแล้ง

2.1.2.1 การจำแนกทางอุกรมวิธานของสับปะรด

Kingdom	Plant Kingdom
Sub-kingdom	Spermatophyta
Class	Angiospermae
Sub-class	Monocotyledones
Order	Farinosae
Family	Bromeliaceae
Genera	*Anans and Pseudananas*
Species	*comosus*

2.1.2.2 สัณฐานวิทยาและกายวิภาคของสับปะรด

ต้นสับปะรดประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ที่สำคัญแสดงดังภาพที่ 2.1 ส่วนลักษณะทางสัณฐานวิทยาและกายวิภาคของต้นสับปะรดตลอดอายุการเจริญเติบโตมีดังนี้

1) ลำต้น (stem) ประกอบด้วยปล้องสั้น ๆ และใบมากมาย

2) ก้านผล (peduncle) คือก้านพยุงผลซึ่งมีใบเล็ก ๆ ติดอยู่เชื่อมติดกับส่วนบนของลำต้นก้านผลนี้อาจมีตาเล็ก ๆ ติดอยู่ถ้าสภาพเหมาะสมจะพัฒนาไปเป็นตะเกียง

3) ตะเกียง (slip) คือหน่อที่เกิดจากตาบนก้านผลตะเกียงนี้ถ้านำไปปลูกขยายจะกินเวลา 18–20) เดือนจึงจะให้ผล

4) ใบ (leaf) รูปร่างแคบยาวเรียวจำนวนใบอาจมีถึง 50–100 ใบต่อต้นขึ้นกับความอุดมสมบูรณ์

5) ผล (multiple fruit) จัดเป็นผลรวมที่เกิดจากการเชื่อมติดกันของผลย่อย (จำนวน 100–200 ผล) เข้ากับแกนกลางของช่อดอก

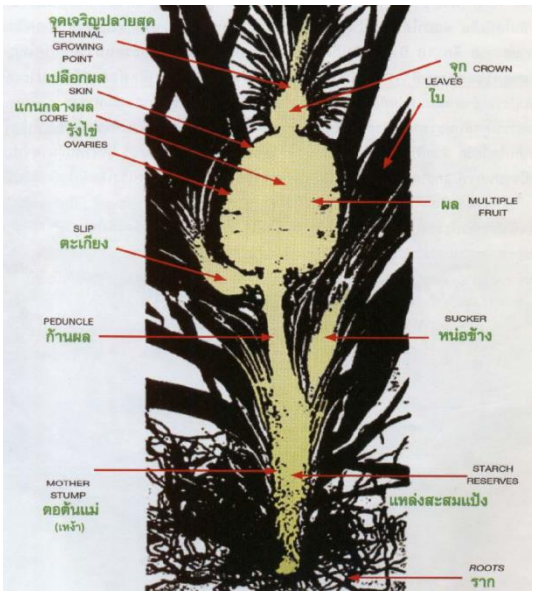
6) จุก (crown) ส่วนขยายพันธุ์ที่มีลักษณะคล้ายหน่อ แต่เกิดขึ้นบนส่วนยอดของผลใช้ปลูกขยายพันธุ์ได้ดีตามปกติหนึ่งผลจะมี 1 จุก ถ้านำไปปลูกขยายพันธุ์จะกินเวลานาน 22–24 เดือน

7) หน่ออุ้มลูก (hapas) คือหน่อที่เกิดจากตาในบริเวณจุดเชื่อมระหว่างก้านผลและลำต้นใช้ขยายพันธุ์ได้เช่นเดียวกับหน่อข้าง

8) หน่อข้าง (aerial sucker) คือหน่อที่เกิดจากตาบนลำต้นใช้ขยายพันธุ์ได้ดี โดยจะกินเวลาประมาณ 14–16 เดือนจึงจะให้ผล

9) หน่อดิน (underground sucker) เป็นหน่อที่เกิดจากตาบนลำต้นส่วนที่อยู่ใต้ผิวดิน

10) ราก (root) อาจแบ่งได้เป็น 2 พวกคือรากเหนือดินและรากใต้ดินทำหน้าที่หาอาหารและยึดเหยี่ยวลำต้น



ภาพที่ 2.1 ส่วนต่าง ๆ ของสับปะรด
ที่มา: สถาบันวิชาการเคหการเกษตร (2556)

2.1.3 พันธุ์สับปะรดที่ปลูกในประเทศไทย

จารุพันธ์ (2526) ระบุว่ามีการปลูกสับปะรดในประเทศไทยเป็นเวลานานแล้วโดยการสันนิษฐานว่าชาวโปรตุเกสเป็นชาติแรกที่นำมาเผยแพร่ยังกรุงศรีอยุธยาในตอนต้นคริสต์ศตวรรษที่ 16 จากนั้นมีการนำพันธุ์สับปะรดเข้ามาอีกหลายครั้ง ซึ่งพันธุ์สับปะรดที่ปลูกในปัจจุบันอาจมีชื่อเรียกต่างกันไปตามท้องที่ แต่ที่พบมากมีดังนี้คือ

พันธุ์ปัตตาเวีย (Smooth Cayenne; Sarawak, Kew) สับปะรดพันธุ์นี้เริ่มเข้ามาแพร่หลายในประเทศไทยและได้รับความนิยมอย่างมากโดยเราอาจรู้จักในนามสับปะรดศรีราชาทั้งนี้

เพราะบาทหลวงผู้หนึ่งได้นำพันธุ์มาจากอินเดียและทดลองปลูกในไร่ของโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา ส่วนที่เรียกว่าสับปะรดปัตตาเวียนั้นอาจเป็นเพราะมีชาวมลายูได้นำเอาพันธุ์สับปะรดนี้มาจากประเทศอินโดนีเซียมาปลูกแพร่หลายที่อำเภอปราณบุรี จ.ประจวบคีรีขันธ์ จนมีผู้รู้จักในนามสับปะรดปราณบุรีอย่างไรก็ตามไม่ว่าจะเป็นชื่อศรีราชาปัตตาเวียและปราณบุรีทั้งหมดจัดอยู่ในกลุ่มของพันธุ์ Smooth Cayenne ซึ่งเป็นพันธุ์เดียวกับที่ปลูกในแหล่งผลิตสำคัญอื่น ๆ ของโลกโดยที่เป็นพันธุ์ที่มีรสหวานและรูปทรงดีจึงเหมาะแก่การปลูกเป็นอุตสาหกรรม สับปะรดพันธุ์นี้มีใบสีเขียวเข้มผิวใบด้านบนเป็นมันเงาขอบใบเรียบกลางใบมักมีสีแดงอมน้ำตาล ปลายใบมีหนามเล็กน้อยช่อดอกมีดอกย่อยเฉลี่ยประมาณ 150 ดอก กลีบดอกสีม่วงอมน้ำเงินผลอาจมีขนาดใหญ่ เปลือกผลสีเขียวปนดำ ตาตื้น เนื้อในสีเหลืองอ่อนถึงเหลืองเข้ม

พันธุ์อินทรชิตหรืออินทรชิตแดง (Singapore Spanish) จัดเป็นสับปะรดพันธุ์เก่าแก่ที่สุดของประเทศไทยซึ่งสันนิษฐานว่าชาวโปรตุเกสเป็นผู้นำเอาเข้ามาเผยแพร่ในประเทศไทย สมัยกรุงศรีอยุธยาและมีการขยายพันธุ์สืบต่อกันมาจนกลายเป็นพันธุ์พื้นเมืองสับปะรดพันธุ์อินทรชิตมีทรงต้นใหญ่ขนาดเดียวกับพันธุ์ปัตตาเวีย แต่มีหนามคมรูปโค้งงอมีสีน้ำตาลอมแดงที่ขอบใบ ใบมีสีเขียวอ่อน ลักษณะด้านไม่เป็นมันใบไม่เป็นร่องเช่นพันธุ์ปัตตาเวียผลมีขนาดเล็กกว่าพันธุ์ปัตตาเวีย ตาลึก เนื้อสีเหลืองทอง เมื่อแก่รสหวานอ่อนไม่หอม มีเส้นใยมาก ผลเล็กเกินกว่าจะบรรจุกระป๋องอาจมีตะเกียงที่ก้อนผลทนทานต่อโรครากและไส้เน่า

พันธุ์ขาว (Green Spanish) เป็นพันธุ์สับปะรดที่มีทรงพุ่มเตี้ยใบแคบและสั้นกว่าพันธุ์อินทรชิตขอบใบเต็มไปด้วยหนามเนื้อมีสีเหลืองทองรสหวานอ่อนคุณภาพของเนื้อไม่ดีนัก ผลมักมีหลายจุก เข้าใจว่าเป็นพันธุ์ที่กลายมาจากอินทรชิต

พันธุ์ภูเก็ต หรือพันธุ์สวี (Mauritius Pine; Malacca Queen; Ceylon; Red Ceylon) ใบของสับปะรดพันธุ์นี้จะแคบและยาวกว่าพันธุ์ขาวและอินทรชิตใบมีสีเขียวอ่อนและมีแถบสีแดงตอนกลางใบขอบใบเต็มไปด้วยหนามสีแดง ผลมีขนาดเล็ก เนื้อสีเหลืองรสหวานกรอบมีกลิ่นหอม นิยมบริโภคสดปลูกกันมากในจังหวัดภูเก็ตและชุมพร

พันธุ์นางแลและพันธุ์น้ำผึ้ง อาจจัดเป็นสายพันธุ์ย่อยของพันธุ์ปัตตาเวีย ซึ่งเป็นพันธุ์ในกลุ่มของ Cayenne โดยมีรูปทรงของใบและดอกคล้ายคลึงกับพันธุ์ปัตตาเวียมากขอบใบไม่มีหนามแต่มีหนามเล็กน้อยที่ปลายใบ กล่าวกันว่าผู้นำพันธุ์นี้มาจากประเทศศรีลังกาและมาปลูกที่ตำบลนางแล อ.เมือง จ.เชียงราย จึงมีผู้เรียกว่าพันธุ์นางแล

พันธุ์ตราดสีทอง จัดเป็นสับปะรดสายพันธุ์ใหม่ที่ถูกพัฒนาโดยเกษตรกรจังหวัดตราด มีลักษณะผสมระหว่างสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย และสับปะรดภูเก็ต ผลเล็ก เนื้อฉ่ำน้ำและหวาน

2.1.4 องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการของเนื้อผลสับปะรด

สับปะรดจัดเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนานการสูงเนื่องจากมีปริมาณน้ำตาลซึ่งเป็นแหล่งของพลังงาน วิตามิน และแร่ธาตุหลายชนิด (ตารางที่ 2.1) นอกจากนี้ยังมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น สารประกอบฟีนอลิกและเบต้าแคโรทีน (Gardner *et al*., 2000, Wen and Wrolstad, 2002, Kongsuwan *et al*., 2009) และสับปะรดยังเป็นแหล่งของเอนไซม์โบรมีเลนซึ่งเป็นเอนไซม์ในกลุ่มโปรตีนเอสที่สามารถย่อยโปรตีนให้เปลี่ยนเป็นเปปไทด์สายสั้นและกรดอะมิโน จึงสามารถช่วยให้ร่างกายย่อยอาหารได้ดีขึ้น อีกทั้งยังมีผลช่วยลดความเสี่ยงต่อโรคหัวใจและหลอดเลือด ควบคุมการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็ง (Joshipura *et al*., 2001; Maurer, H.R., 2001; Genkinger *et al*., 2004; Bhui *et al*., 2009) มีฤทธิ์ต้านการอักเสบในผู้ป่วยโรครูมาตอยด์ ช่วยขับปัสสาวะ ต้านการอักเสบที่บริเวณลำไส้ และลดอาการปวดและโรคหอบหืดเรื้อรังได้ (Secor *et al*., 2005; Onken *et al*., 2008)

องค์ประกอบ	**ปริมาณ**	**หน่วย (ต่อ 100 กรัมของเนื้อสับปะรด)**
ความชื้น	84.90	กรัม
พลังงาน	54.0	แคลอรี
ไขมัน	0.30	กรัม
คาร์โบไฮเดรท	14.0	กรัม
เยื่อใย	0.50	กรัม
โปรตีน	0.40	กรัม
ฟอสฟอรัส	8.0	มิลลิกรัม
เหล็ก	0.40	มิลลิกรัม
แคลเซียม	22.0	มิลลิกรัม
ไวตามินเอ	15.0	หน่วยสากล
ไวตามินบี-หนึ่ง	0.09	มิลลิกรัม
ไวตามินบี-สอง	0.04	มิลลิกรัม
ไวตามินซี	17.0	มิลลิกรัม
ไนอะซิน	0.20	มิลลิกรัม

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อผลสับปะรด

ที่มา: กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข (2563)

ลักษณะทางกายภาพโดยทั่วไปของเนื้อผลสับปะรดที่สามารถตรวจสอบได้ง่ายที่สุดคือ สี เนื้อผลสับปะรดทุกสายพันธุ์จะมีสีเหลืองแต่ความเข้มของสีนั้นขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของสับปะรด พื้นที่และสภาพภูมิอากาศของแหล่งเพาะปลูกด้วย เนื้อผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียจะมีสีเหลือง เนื้อมีลักษณะสัมผัสอ่อน นิ่ม และชุ่มน้ำกว่าสับปะรดพันธุ์ควีนที่มีเนื้อผลสีเหลืองทองและมีเนื้อสัมผัสกรอบ (Chan *et al*., 2003) และเมื่อผลสุกสับปะรดทั้งสองสายพันธุ์นี้จะส่งกลิ่นหอมที่แตกต่างกัน สำหรับสมบัติทางเคมีของเนื้อผลที่สามารถนำมาใช้บอกระดับความสุกของผลสับปะรดได้นั้นคือ ค่า pH ปริมาณกรด และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดที่เรียกกันทั่วไปว่าความหวาน (Bartolome *et al*., 1995) ซึ่งพบว่าค่า pH ของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียมีค่าเท่ากับ 3.51 (วราพันธุ์ และคณะ, 2547) แต่ pH ของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่เพาะปลูกในเขตจังหวัดลำปางที่มีค่าเท่ากับ 4.07-4.73 (จิรภา และคณะ, 2554) งานวิจัยของวราพันธุ์ และคณะ (2547) จิรภา และคณะ (2554) และ Kongsuwan *et al*. (2009) ศึกษาเปรียบเทียบพันธุ์สับปะรดที่เพาะปลูกในประเทศไทย สำหรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดที่นิยมเรียกกันว่าค่าความหวานนั้นพบว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ทั้งหมดของสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตมีค่าสูงกว่าสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 16.09 องศาบริกซ์ และ13.04 องศาบริกซ์ ตามลำดับ (วราพันธุ์ และคณะ, 2547) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของมนตรี (2534) ที่กล่าวว่าสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตนั้นมีรสชาติหวานกว่าสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย

สำหรับในประเทศไทยนั้นสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียและพันธุ์ควีนซึ่งเป็นสับปะรดที่เพาะปลูกกันมากในประเทศไทย นอกจากพันธุ์ของสับปะรดแล้วอิทธิพลของส่วนต่าง ๆ ของสับปะรดก็มีผลต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีที่วิเคราะห์ได้ด้วย โดยสับปะรดส่วนเปลือกและแกนของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียมีค่า pH ต่ำที่สุด ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ส่วนเนื้อบริเวณใกล้แกนจะมีปริมาณกรดน้อยกว่าเนื้อบริเวณใกล้เปลือก (จินดารัตน์, 2541) สับปะรดส่วนเนื้อจะมีปริมาณ TSS สูงกว่าส่วนเปลือกและแกน ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (วราพันธุ์ และคณะ, 2547)

นอกจากนี้ยังมีรายงานวิจัยที่วิเคราะห์สมบัติทางเคมีเชิงลึกถึงระดับชนิดและปริมาณของกรดอินทรีย์หลักในน้ำสับปะรด (จิรภา และคณะ, 2554) นำน้ำสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียมาวิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดอินทรีย์และน้ำตาลพบว่าน้ำสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียมีปริมาณกรดอินทรีย์หลักคือ กรดซิติก อะซิติก และมาลิก โดยพบในช่วงร้อยละ 0.58–0.78 0.09–0.32 และ 0.12–0.24 % (w/v) ตามลำดับ โดยกรดอะซิติกและมาลิกมีแนวโน้มลดลงเมื่อเก็บสับปะรดให้สุกทั้งผล และปริมาณน้ำตาลหลักที่พบคือน้ำตาลซูโครส (7.55–8.72%) ฟรุกโทส (1.90–3.81%) และกลูโคส (2.30–3.00%)

2.1.5 สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในสับปะรด

สับปะรดเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางอาหารสูงเนื่องจากมีปริมาณวิตามินซีสูง และประกอบด้วยวิตามินที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระอีกหลายชนิด เช่น วิตามินซี และวิตามินอีอีกด้วย แล้วยังมีสารประกอบฟีนอลิกและเบต้าแคโรทีนซึ่งเป็นสารต้านออกซิเดชันในธรรมชาติ และที่สำคัญยังเป็นแหล่งของเอนไซม์โบรมิเลนซึ่งสามารถทำให้อาหารประเภทเนื้อสัตว์มีความนุ่มได้

2.1.5.1 สารประกอบฟีนอลิก

สารประกอบฟีโนลิกเป็นสารต้านออกซิเดชั่นที่พบมากในอาหาร ในธรรมชาติพบมากกว่า 8,000 ชนิด (Rice-Evans *et al*., 1995) เป็นสารทุติยภูมิที่สร้างขึ้นโดยพืช โดยมีโครงสร้างประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซีเกาะอยู่กับวงแหวนเบนซีน โดยเฉพาะในผลไม้ซึ่งเป็นแหล่งที่อุดมไปด้วยสารต้านออกซิเดชันและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลายชนิด เช่น ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) แทนนิน (tannins) และคาเทชิน (catechins) (Macheix *et al*., 1990)

2.1.5.2 เบต้า–แคโรทีน

เป็นลิพิด (lipid) กลุ่มรงควัตถุ (pigment) ที่มีสีส้ม สีเหลือง อยู่ในกลุ่มแคโรทีนอยด์ (carotenoid) และเป็นแคโรทีนอยด์พวกที่เป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอ (pro vitamin A) พบมากในอาหารจำพวกผักและผลไม้ที่มีสีเหลืองและส้ม (Karnjanawipagul *et al*., 2010) เบต้า–แคโรทีนจัดเป็นสารที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่พบในธรรมชาติ สามารถเข้ามาทำปฏิกิริยาต้านการเกิดออกซิเดชันระหว่างอนุมูลอิสระกับสารสำคัญในเซลล์

2.1.5.3 เอนไซม์โบรมิเลน

เป็นเอนไซม์ในกลุ่มซิสเตอีนโปรติเอส (cysteine protease) พบในสับปะรด (*Ananas comosus* (L.) Merr.) ที่เป็นพืชตระกูล Bromeliaceae (Devakate *et al*., 2009) โบรมิเลนพบได้ในทั้งส่วนเนื้อเยื่อ ลำต้น ผล และใบของสับปะรด (Devakate *et al*., 2009) โบรมิเลนจากส่วนของลำต้นหรือ stem bromelain (EC 3.4.22.32) มีจุดตัดกว้างจำเพาะกับตำแหน่งกรดอะมิโนไลซีน อะลานีน ไทโรซีน ไกลซีน และแอสพาราจีน (Silverstain and Kezdy, 1975) โบรมิเลนจากส่วนของผลหรือ fruit bromelain (EC 3.4.22.33) ซึ่งพบในน้ำสับปะรดทำหน้าที่ตัดพันธะเปปไทด์ในโมเลกุลของโปรตีน จึงสามารถนำโบรมิเลนสามารถไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารและยา เช่น ผลิตผงทำให้เนื้อนุ่ม ทำให้เบียร์ใส ผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสท และผลิตยาช่วยย่ออาหารและยาขับปัสสาวะ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการนำโบรมิเลนในน้ำสับปะรดมาใช้ย่อยโปรตีนในกากถั่วเหลืองเพื่อนำไปใช้ประกอบสูตรอาหารลูกสัตว์วัยอ่อนเพื่อให้สามารถดูดซึมโปรตีนได้เพิ่มขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้มีการเติบโตที่ดีอีกด้วย (วราพันธุ์ และคณะ, 2547) และพบว่าปริมาณเอนไซม์โบรมิเลนในสับปะรด พันธุ์ภูเก็ตมีค่าสูงกว่าสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย แต่ความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณเอนไซม์โบรมิเลนจากส่วนต่าง ๆ ของผลสับปะรดพบว่า

ส่วนลำต้นมีปริมาณเอนไซม์อยู่มากที่สุด รองลงมาคือ สับปะรดทั้งผล เปลือก และแกน เช่นเดียวกับ (อรวินทร์ และคณะ, 2527) ที่พบว่าเอนไซม์โบรมิเลนในผลสับปะรดพบมากในส่วนเนื้อ เปลือก แกน และจุกตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบปริมาณเอนไซม์โบรมิเลนในแต่ละพันธุ์สับปะรดพบว่าส่วนเนื้อของสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตมีปริมาณเอนไซม์โบรมิเลนสูงที่สุด และปริมาณเอนไซม์ที่พบว่ามีน้อยที่สุดคือแกนของสับปะรดทั้งพันธุ์ปัตตาเวียและพันธุ์ภูเก็ต ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 05$)

2.2 การอบแห้ง

การอบแห้ง หรือการทำแห้ง (Drying หรือ Dehydration) การอบแห้งเป็นวิธีลดความชื้นที่มีอยู่ในวัตถุดิบ โดยทั่วไปใช้อากาศร้อนเป็นตัวกลางในการอบแห้งวัตถุดิบ โดยการถ่ายเทความร้อนจากอากาศไปยังวัตถุดิบ และการถ่ายเทมวลจากวัตถุดิบไปยังอากาศ ซึ่งการถ่ายเททั้งสองลักษณะจะเกิดขึ้นพร้อม ๆ ความร้อนส่วนใหญ่ถูกใช้ในการระเหยน้ำออกจากผิววัตถุดิบ ถ้าผิววัตถุดิบมีปริมาณน้ำอยู่เป็นจำนวนมาก อุณหภูมิความเข้มข้นของไอน้ำที่ผิวจะคงที่จึงส่งผลต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนและอัตราการอบแห้งคงที่ด้วย ถ้าอุณหภูมิ ความชื้นและความเร็วของอากาศมีค่าคงที่ เมื่อผิวของวัตถุดิบมีปริมาณน้ำลดลงมากแล้ว อุณหภูมิและความเข้มข้นของไอน้ำที่ผิววัตถุดิบย่อมเปลี่ยนแปลงไป โดยที่อุณหภูมิที่สูงขึ้นและความเข้มข้นที่ลดลงจะส่งผลให้อัตราการถ่ายเทความร้อนและอัตราการอบแห้งลดลง โดยความชื้นที่อยู่ระหว่างช่วงอัตราการอบแห้งคงที่และช่วงอัตราการอบแห้งลดลงเรียกว่า ความชื้นวิกฤต ดังนั้นการลดความชื้นของอาหารจนถึงระดับที่สามารถระงับการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้คือ มีค่า a_w (Water activity) ต่ำกว่า 0.70 ทำให้เก็บอาหารไว้ได้นาน (สุคนธ์ชื่น, 2539) วิธีง่ายที่สุด คือ การตากแห้ง ต่อมาในปัจจุบันประชากรเพิ่มขึ้นทำให้ความต้องการสินค้าต่าง ๆ เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วนักวิทยาศาสตร์จึงได้คิดค้นเครื่องมืออบแห้งเพื่อให้สามารถอบแห้งอาหารได้ง่ายและรวดเร็ว และทำได้ครั้งละจำนวนมาก ปัจจุบันเครื่องอบแห้งได้มีการพัฒนาขึ้นอย่างมาก เพื่อให้เหมาะสมกับวัตถุดิบแต่ละชนิดและข้อสำคัญในการอบแห้งคือ เครื่องอบแห้งที่ใช้ควรเป็นเครื่องที่ใช้พลังงานความร้อนน้อยแต่ได้ผลผลิตสูงเพื่อลดต้นทุนในการผลิตลงการอบแห้งด้วยลมร้อนทำได้โดยใช้ตู้อบขนาดใหญ่ที่มีลมร้อนที่ผ่านการให้ความร้อนจากเครื่องทำความร้อน (heater) เป่าผ่านอาหารทำให้น้ำระเหยไปกับลมร้อนโดยทางช่องระบายลมภายในตู้อบ โดยนิยมใช้อุณหภูมิอบแห้งประมาณ 45–65 องศาเซลเซียส (Ahmed *et.al*., 2001)

2.2.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้ง

ปัจจัยที่มีผลต่อการเคลื่อนย้ายน้ำจึงมีผลต่ออัตราเร็วการอบแห้ง ดังนี้

2.2.1.1 ธรรมชาติของอาหาร อาหารเนื้อที่โปร่งมีการเคลื่อนที่ของน้ำภายในอาหารแบบผ่านช่องแคบเร็วกว่าการแพรในอาหารที่มีลักษณะเนื้อแน่น ดังนั้นอาหารกลุ่มแรกจึงแห้งเร็วกว่า

กลุ่มหลังอาหารที่มีน้ำตาลสูงจะเหนียว ซึ่งเป็นปัจจัยที่กีดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำทำให้การทำแห้งช้า อาหารที่มีการลวก นวดคลึง ทำให้เซลล์แตกจะแห้งได้เร็วขึ้น

2.2.1.2 ขนาดและรูปร่าง มีผลต่อพื้นที่ผิวต่อน้ำหนัก เช่น อาหารที่มีรูปร่างเหมือนกัน ถ้ามีขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักมากกว่าขนาดใหญ่จึงแห้งได้เร็วกว่า ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับอากาศที่จะเกิดการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกไปได้ด้วย ถ้าชิ้นเล็กมากทับถมกัน การระเหยเกิดได้เฉพาะที่ผิวสัมผัสกับอากาศจึงเกิดได้ช้าทั้ง ๆ ที่พื้นที่ผิวต่อหน่วยน้ำหนักมีมาก

2.2.1.3 ตำแหน่งของอาหารในเครื่องอบแห้ง อาหารจะสามารถลดความชื้นได้ดีก็ต่อเมื่อได้สัมผัสกับอากาศร้อนได้มากที่สุด

2.2.1.4 ปริมาณอาหารต่อถาด ถ้าปริมาณอาหารต่อถาดมากเกินไป อาหารส่วนล่างไม่ได้สัมผัสกับอากาศร้อน หรือได้รับความร้อนจากถาดแล้ว แต่ไอน้ำไม่สามารถแพร่กระจายผ่านชิ้นอาหารตอนบนออกมาได้จึงแห้งช้า

2.2.1.5 ความสามารถในการรับไอน้ำของอากาศร้อน อากาศร้อนที่มีไอน้ำอยู่มากแล้วจะรับไอน้ำได้น้อยกว่าอากาศร้อนที่มีไอน้ำอยู่น้อย จึงมีผลต่ออัตราการทำแห้งคงที่

2.2.1.6 อุณหภูมิของอากาศร้อน ถ้าอากาศมีความชื้นคงที่ การเพิ่มอุณหภูมิของอากาศร้อนเป็นการเพิ่มความสามารถในการรับไอน้ำ ซึ่งมีผลต่ออัตราการอบแห้งคงที่ และอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้การแพร่ของน้ำในอาหารดีขึ้นด้วยจึงมีผลต่ออัตราการอบแห้งลดลง ซึ่งจากการทดลองของ (สิริชัย 2539) กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศปกติที่มีอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่มีความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 60–70% ให้มีความร้อนของอากาศที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นประมาณ 60–70 องศาเซลเซียส และมีความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 15–20% จะสามารถระเหยน้ำได้มากขึ้น

2.2.1.7 ความเร็วของอากาศร้อน อากาศร้อนทำหน้าที่ในการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกไปได้ด้วย ดังนั้นเมื่อความเร็วอากาศร้อนเพิ่มขึ้นการเคลื่อนย้ายไอน้ำก็จะเกิดขึ้นได้ดี (สุคนธ์ชื่น, 2539)

2.2.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการอบแห้ง

2.2.2.1 ผลของการอบแห้งที่มีต่อคุณค่าอาหาร การอบแห้งจะระเหยไล่ความชื้นหรือน้ำออกจากอาหาร และเพิ่มความเข้มข้นขององค์ประกอบของอาหาร เช่น แป้ง ไขมัน โปรตีน การถนอมอาหารโดยวิธีอบแห้งจะทำให้คุณภาพลดลงโดยเฉพาะวิตามินที่ละลายน้ำจะสูญเสียไปกับน้ำจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน และถ้ามีการลวกหรือแช่สารเคมีก่อนการอบแห้งเพื่อหยุดปฏิกิริยาเอนไซม์วิตามินจะลดลงอีก และการตากแดดแห้งวิตามินจะลดลงไปมากกว่าการอบแห้งโดยใช้เครื่องมืออบแห้ง คือ การอบแห้งโดยวิธีการตากแห้งไม่สามารถควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ได้ เช่น ความชื้นอากาศ แสงแดด และ อุณหภูมิ ส่วนการอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งจะสามารถควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ดังกล่าวได้

2.2.2.2 ผลของการอบแห้งที่มีผลต่อคาร์โบไฮเดรต การทำให้อาหารแห้งมีผลต่ออาหารพวกคาร์โบไฮเดรต จะมีปัญหาการเกิดการเปลี่ยนสีของผลไม้ตากแห้งซึ่งเกิดจาก Non-enzymatic browning reaction ซึ่งปฏิกิริยานี้เกิดจากปฏิกิริยาของกรดอะมิโนในผลไม้กับน้ำตาลรีดิวซ์ทำให้เกิดการเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาล การป้องกันโดยการใช้สารเคมีก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) หรือโซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ และการรมควันจะสามารถควบคุมปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในอาหารแห้งได้ แต่อาหารนั้นต้องมีความชื้นต่ำมาก ๆ โดยอาหารอบแห้งจะเกิดสีน้ำตาลถ้าอาหารนั้นมีความชื้นประมาณ 30%

2.2.2.3 ผลของการอบแห้งที่มีผลต่อเอนไซม์ กิจกรรมของเอนไซม์จะหยุดทำงานเมื่อใช้ความร้อนถึงอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 1 นาที แต่ถ้าใช้ความร้อนในการอบแห้งในกระบวนการDehydration หรือ Drying ปฏิกิริยาของเอนไซม์จะทนทานถึง 204 องศาเซลเซียส ดังนั้นในการอบแห้งในกระบวนการ Dehydration หรือ Drying จึงต้องลวกน้ำร้อนก่อนหรือใช้สารเคมี เพื่อหยุดยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่จะนำไปอบแห้ง ปฏิกิริยาของเอนไซม์ขึ้นอยู่กับความชื้นของอาหาร ถ้าความชื้นในอาหารลดลงปฏิกิริยาก็ลดลงด้วย แต่อัตราเร็วของเอนไซม์ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของเอนไซม์และอาหารถ้าความชื้นลดลงต่ำกว่า 1% ปฏิกิริยาของเอนไซม์จะไม่เกิดขึ้น

2.2.2.4 ผลของการอบแห้งที่มีต่อจุลินทรีย์ จุลินทรีย์เป็นสาเหตุของการทำให้อาหารเสียหายหรือเน่าเสีย การลดความชื้นในอาหารให้เหลือน้อยที่สุดทำให้อาหารไม่เสียหายและเก็บไว้ได้นาน ถ้าหากความชื้นน้อยกว่า 12% เชื้อราจะเจริญเติบโตได้ แต่แบคทีเรียและยีสต์จะเจริญเติบโตได้ดีถ้าความชื้นมากกว่า 30% ขึ้นไป เมื่ออบแห้งแล้วต้องเก็บใส่หีบห่อให้ดีและไม่เก็บในที่ที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงเพราะเชื้อจุลินทรีย์จะเจริญเติบโตเร็ว (กุลยา, 2540)

2.2.2.5 ผลของการอบแห้งต่อการสูญเสียสารสีธรรมชาติ สีเป็นปัจจัยสำคัญในการบ่งชี้คุณภาพของอาหารที่มีอิทธิพลต่อผู้บริโภค เพราะสีสามารถบ่งชี้ว่าอาหารมีคุณภาพดีเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไป ซึ่งสีธรรมชาติพบในผักและผลไม้ คือ แคโรทีนอยด์และคลอโรฟิลล์ การเก็บรักษาสีธรรมชาติให้อยู่ระหว่างการอบแห้งจึงมีความสำคัญ เพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับและดึงดูดความสนใจของผู้บริโภคทั้งแคโรทีนอยด์และคลอโรฟิลล์เป็นสารสีที่ไม่ละลายน้ำและละลายได้ในไขมัน แคโรทีนอยด์จึงเกิดการเปลี่ยนแปลงได้โดยปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างการอบแห้ง เพราะโครงสร้างของแคโรทีนอยด์มีพันธะคู่มาก (นิธิยา, 2545)

2.2.2.6 ผลของการอบแห้งที่มีต่อการหดตัวที่ทำให้โครงสร้างของอาหารเสียหาย โดยธรรมชาติเซลล์ในอาหารจะอยู่ในลักษณะของเซลล์ที่เต่งตึงเสมอ และผนังเซลล์จะมีคุณสมบัติในการยืดหยุ่นได้ เมื่อน้ำถูกระเหยออกไปจะทำให้เกิดช่องว่างขึ้น ซึ่งผิวของอาหารจะพยายามเข้าไปแทนที่ช่องว่างที่เกิดขึ้น ทำให้เซลล์ของอาหารหดตัว การหดตัวของผนังเซลล์ไม่สามารถหดไปเท่ากันทุกส่วนของอาหารได้ ทั้งนี้เนื่องจากธรรมชาติของอาหารจะมีส่วนที่ไม่สามารถถูกอัดไปได้เรียกว่า

Incompressible part ตรงส่วนที่ไม่สามารถหดตัวเข้าไปได้ก็จะยืดตัวออก ในการยืดตัวออกผนังเซลล์จะทนต่อแรง Tensile strength ได้ขนาดหนึ่ง หากเกินกว่านั้นจะทำให้ผิวส่วนนั้นขาดเสียหายได้ (สมบัติ, 2529)

2.3 เนื้อสัตว์

เนื้อสัตว์ (Meat) หมายถึงชิ้นส่วนของร่างกายสัตว์ เช่น โค กระบือ สุกร แพะ แกะ ไก่ เป็ด กระต่ายเป็นต้น ที่มนุษย์สามารถนำมาบริโภคได้ ประกอบด้วยส่วนของเนื้อเยื่อ อวัยวะภายใน แต่ส่วนที่มีความสำคัญคือ เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อหรือกล้ามเนื้อ (Muscle) ซึ่งใช้เรียกในขณะที่สัตว์ยังมีชีวิตอยู่ส่วนคำว่าเนื้อสัตว์ (Meat) จะใช้เรียกส่วนของกล้ามเนื้อภายหลังจากสัตว์ตายแล้ว เนื้อสัตว์จัดเป็นแหล่งของโปรตีนที่สำคัญ มีกรดอะมิโนที่จำเป็น (Essential amino acid) เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย นอกจากโปรตีนแล้วเนื้อสัตว์ยังมีสารอาหารจำพวก ไขมัน เกลือแร่ และวิตามิน โดยเฉพาะธาตุเหล็ก ซีลีเนียม วิตามินเอ วิตามินบี 12 และกรดโฟลิก ที่ไม่สามารถพบได้ในอาหารจำพวกพืช หรือมีอยู่แต่ร่างกายจะนำไปใช้ประโยชน์ได้น้อย (Poor bioavailability) (Biesalski, 2005)

2.3.1 องค์ประกอบที่สำคัญของกล้ามเนื้อ

กล้ามเนื้อสัตว์ที่นำมาใช้บริโภคประกอบด้วยน้ำร้อยละ 75 โปรตีนร้อยละ 20 ไขมันร้อยละ 3 นอกจากนี้จะเป็นสารที่ละลายได้ที่ไม่ใช่โปรตีนร้อยละ 2 ซึ่งประกอบด้วยวิตามิน เกลือแร่ สารที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ คาร์โบไฮเดรต และสารประกอบอนินทรีย์ (Tornberg, 2005) โปรตีนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเนื้อสัตว์ โดยเฉพาะส่วนกล้ามเนื้อโครงร่างซึ่งมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบหลักประมาณร้อยละ 20 สามารถแบ่งโปรตีนในเนื้อสัตว์ตามแหล่งที่มาและความสามารถในการละลายได้ 3 กลุ่ม (Tornberg, 2005) ดังนี้

2.3.1.1 ไมโอไฟบริลลาโปรตีน (Myofibrillar protein) เป็นโปรตีนที่พบมากที่สุด ประมาณร้อยละ 50–55 ของโปรตีนทั้งหมดในเนื้อสัตว์ โปรตีนชนิดนี้ทำหน้าที่ในการยืดหดตัวของกล้ามเนื้อ และสามารถละลายในเกลือ โปรตีนที่พบมากที่สุดในกลุ่มนี้คือ ไมโอซิน แอคตินโทรโปนิน และโทรโปไมโอซิน

2.3.1.2 ซาร์โคพลาสมิคโปรตีน (Sarcoplasmic protein) พบประมาณร้อยละ 30–34 ของโปรตีนทั้งหมด เป็นโปรตีนที่ห่อหุ้มรอบเส้นใยย่อยซึ่งละลายอยู่ในส่วนของซาร์โคพลาสซึม จึงเรียกว่าซาร์โคพลาสมิคโปรตีน มีคุณสมบัติที่ละลายได้ในน้ำและสารละลายน้ำเกลืออ่อน ๆ โปรตีนในกลุ่มนี้ประกอบไปด้วย ไมโอโกลบิน ฮีโมลโกลบิน ไซโตโครม และเอนไซม์ต่าง ๆ

2.3.1.3 สโตรมอลโปรตีน (Stromal protein) พบประมาณร้อยละ 10–15 ของโปรตีนทั้งหมด เป็นโปรตีนที่ทำหน้าที่เชื่อม และยึดให้ส่วนต่าง ๆ ในร่างกายสัตว์ติดกัน พบกระจายอยู่ทั่วไป

ในตัวสัตว์ ในโครงกระดูกจะเชื่อมยึดกล้ามเนื้อให้ติดกับกระดูก เป็นส่วนประกอบสำคัญในหลอดเลือดต่าง ๆ ห่อหุ้มเส้นใยประสาทในบางส่วน และโดยเฉพาะในกล้ามเนื้อ จะห่อหุ้มตั้งแต่กล้ามเนื้อทั้งก้อน เรียกว่า อีพิไมเซียม (Epimysium) ห่อหุ้มมัดกล้ามเนื้อเรียกว่า เพอริไมเซียม (Perimysium) และห่อหุ้มหน่วยที่เล็กที่สุดของกล้ามเนื้อคือ เส้นใยกล้ามเนื้อ (Muscle fiber) เรียกว่า เอนโดไมเซียม (Endomysium)

2.3.2 สารหมักเนื้อ

การแปรรูปโดยวิธีการใช้ความร้อนกับวัตถุดิบประเภทเนื้อสัตว์ จะส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัส โดยเฉพาะการสูญเสียน้ำมีผลให้เนื้อสัมผัสแห้งกระด้าง ขาดความนุ่ม และชุ่มน้ำ เนื่องมาจากโครงสร้างของโปรตีนเปลี่ยนแปลงไปจากธรรมชาติ เกิดการหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Myofibrilla protein) สูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity) สารหมักเนื้อพื้นฐานที่นำมาใช้ได้แก่

2.3.2.1 เกลือ (Salt)

เกลือที่ใช้การแปรรูปเนื้อสัตว์ดั้งเดิมจะใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) และแต่ในปัจจุบันการใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์จะมีการลดปริมาณลง เนื่องจากมีผลต่อสุขภาพ โดยมีการใช้สารทดแทนโซเดียม เช่นโปตัสเซียมคลอไรด์ หรือการใช้โปตัสเซียมคลอไรด์ร่วมกับการใช้โปตัสเซียมซัลเฟตและโปตัสเซียมกลูตาเมต แต่สารทดแทนดังกล่าวจะให้ผลในการยับยั้งจุลินทรีย์น้อยกว่าเกลือโซเดียมคลอไรด์ อาจมีผลกระทบในเรื่องของความปลอดภัยและความคงตัวของผลิตภัณฑ์ (Varnam and Sutherland, 1995)

เกลือจะมีคุณสมบัติในผลิตภัณฑ์อาหารดังนี้คือ 1) เพิ่มกลิ่นรสให้กับผลิตภัณฑ์ 2) เพิ่มปริมาณความชื้นให้กับผลิตภัณฑ์ 3) สกัดโปรตีนที่ละลายได้ในเกลือ 4) มีประสิทธิภาพร่วมกับโซเดียมไนไตรท์ในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ *Clostridium botulinum* และ5) ที่ความเข้มข้นสูงจะทำหน้าที่เป็นสารกันเสียโดยจะทำให้บริเวณผิวหน้าของเนื้อแห้ง (Keeton,2001) เกลือจะมีผลต่อไมโอไฟบริลลาโปรตีน ซึ่งองค์ประกอบที่สำคัญในไมโอไฟบริลลาโปรตีนที่มีความสำคัญเกี่ยวข้องกับคุณภาพของเนื้อ ความสามารถในการจับน้ำของเนื้อ คือโปรตีนแอคติน และโปรตีนไมโอซิน โดยเกลือจะทำให้เกิดการคลี่ออกของไมโอไฟบริลลาโปรตีน และสามารถละลายได้ในสารละลายน้ำเกลือ การคลี่ออกของไมโอไฟ-บริลลาโปรตีน เป็นผลมาจากแรงผลักระหว่างประจุของ Cl– (Rust *et al*., 1987) การเพิ่มประจุในโมเลกุลของโปรตีนทำให้โปรตีนมีความสามารถในการจับน้ำเพิ่มขึ้น และแรงผลักระหว่างประจุส่งผลให้ช่องว่างระหว่างโปรตีนแอคตินและโปรตีนไมโอซินเพิ่มขึ้น สามารถรับน้ำเข้าไปภายในโครงสร้างได้มากขึ้น (Lawrie, 1991)

2.3.2.2 สารประกอบฟอสเฟต (Phosphate compounds)

สารประกอบฟอสเฟตจัดเป็นวัตถุเจือปนในอาหารที่ได้รับการรับรองให้มีความปลอดภัย (GRAS; Generally recognized as safe) นิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารหลายชนิด เช่น เนื้อสัตว์ สัตว์น้ำ ผลิตภัณฑ์นม ผลิตภัณฑ์ขนมอบ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม โครงสร้างทางเคมีอย่างง่ายของฟอสเฟตจะประกอบด้วย PO_4 จับกับอะตอมอื่นโดยการใช้ออกซิเจนอะตอมร่วมกัน (Molins, 1991)

คุณสมบัติทางเคมีที่สำคัญ 3 ประการของโพลีฟอสเฟต คือ 1) ควบคุมการเปลี่ยนแปลงค่า pH จากคุณสมบัติการเป็นบัฟเฟอร์ 2) จับกับอนุมูลของโลหะ และ 3) เป็นสารประกอบประเภท Polyanion ทำให้สามารถเพิ่มความแรงของอิออน และเพิ่มค่า pH ของสารละลายได้ (Dziezak, 1990; Rhee, 1999)

2.3.2.3 กรดอินทรีย์ (Organic acids)

การใช้สารเคมีกลุ่มกรดสำหรับหมักเนื้อเพื่อทำให้เนื้อมีความนุ่ม และรสชาติที่ดีเรียกว่า Marinade การหมักเนื้อด้วยสารกลุ่มกรดจะให้ความแตกต่างในเรื่องของรสชาติและชนิดของสารที่ใช้ (Manteuffel and Ternes, 2009)

การใช้กรดอินทรีย์ในการหมักเนื้อ สารละลายกรดจะให้ประจุบวกหรือไฮโดรเจนอิออนจากหมู่คาร์บอกซิล กับโมเลกุลของโปรตีนในเนื้อ ทำให้ค่า pH ของเนื้อต่ำกว่า Isoelectric point การเพิ่มของประจุบวกเป็นผลให้เกิดแรงผลักระหว่างประจุที่เหมือนกัน เพิ่มช่องว่างระหว่าง แอคตินและ ไมโอซิน สามารถรับน้ำหรือสารหมักเข้าไปภายในโครงสร้าง (Medynski *et al*.,2000) การหมักเนื้อด้วยสารกลุ่มกรดจะมีผลทำให้เกิดความนุ่มของเนื้อจากเหตุผล 3 ข้อดังนี้ 1) ค่า pH ที่เปลี่ยนแปลงจะเหนี่ยวนำให้เกิดการบวมพองของเส้นใยกล้ามเนื้อ และเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน 2) เร่งหรือเพิ่มปฏิกิริยาการย่อยโปรตีนทำให้โครงสร้างของกล้ามเนื้ออ่อนแอลง และ3) เพิ่มการละลายของโปรตีนคอลลาเจนเมื่อผ่านการให้ความร้อน (Offer and Trinick, 1983; Offer and Knight, 1988; Ertbjerg *et al*., 1999)

2.3.2.4 โซเดียมไบคาร์บอเนต (Sodium Bicarbonate) โซเดียมไบคาร์บอเนตหรือโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตหรือเบคกิ้งโซดา มีสูตรทางเคมีคือ $NaHCO_3$ มีลักษณะเป็นผลึกสีขาวหรือแป้งสีขาว ซึ่งมีคุณสมบัติช่วยเพิ่มค่า pH ทำให้อาหารขึ้นฟู ช่วยปรับปรุงสี รสชาติ และปรับปรุงความแข็งแรงของเจล (กีรดา, 2553) นิยมใช้เป็นสารหมักเนื้อในการประกอบอาหารจีน (Hsieh *et al*., 1980; Skurray *et al*., 1986)

2.4 การศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Ketnawa and Rawdkuen (2011) ศึกษาผลของสารสกัดโบรมีเลนที่ได้จากสารละลายส่วนบนของการใช้สารละลายสองชนิดในการสกัดแบบแยกส่วน คือโพลีเอธิลีนไกลคอล–6000 ร้อยละ 18 และ $MgSO_4$ ร้อยละ 17 เพื่อทำให้เกิดความนุ่มในกล้ามเนื้ออาหารประเภท เนื้อวัว ไก่ และปลาหมึกที่มีรูปร่างขนาดเดียวกัน หมักด้วยสารสกัดโบรมีเลนความเข้มข้นต่างกัน (ร้อยละ 0 3 7 10 และ 20) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง วิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพ ได้แก่ สมบัติในการอุ้มน้ำ น้ำหนักเนื้อเมื่อทำให้สุกลดลงในทุกตัวอย่างการทดลองโดยเฉพาะเมื่อความเข้มข้นของสารสกัดโบรมีเลนเพิ่มขึ้น จะมีผลต่อการสังเกตค่าความแน่นเนื้อและความเหนียวของเนื้อสัมผัสมีค่าลดลง เมื่อใช้สารสกัดโบรมีเลนที่ร้อยละ 20 (โดยน้ำหนัก) ผลแสดงให้เห็นว่าสารสกัด โบรมีเลนที่ได้จากเปลือกสับปะรดโดยใช้การสกัดแบบใช้สารละลาย 2 ชนิดในการแยกส่วนมีความสามารถทำให้เกิดความนุ่มเนื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เสาวนีย์ และ สุรพงษ์ (2554) รายงานถึงผลของการใช้เอนไซม์โบรมิเลนจากผลสับปะรดเพื่อใช้เป็นผงหมักเนื้อในการทำให้สเต็กหมูนุ่ม โดยทำการสกัดเอนไซม์โบรมิเลนจากผลสับปะรด และนำมาทำการตกตะกอนโปรตีนด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ 95% จากนั้นวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพของเอนไซม์โบรมิเลนสกัดแบบหยาบจากผลสับปะรด ผลรายงานว่ามีค่า pH เท่ากับ 4.30 ปริมาณเถ้า ความชื้น และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) เท่ากับ 0.28 85.12 และ 11.0 % ตามลำดับ ส่วนการทดสอบแอกติวิตี้ของเอนไซม์โบรมิเลนสกัดหยาบโดยวิธี Casein Digestion Unit (CDU) พบว่าค่า CDU ของเอนไซม์โบรมิเลนทางการค้าและเอนไซม์โบรมิเลนที่สกัดแบบหยาบจากผลสับปะรดมีค่าเท่ากับ 1,855.36 และ 3,243.72 CDU/mg ตามลำดับ ส่วนการประเมินผลทางประสาทสัมผัสนั้นได้นำผงหมักเนื้อหมูที่ได้เปรียบเทียบผงหมักเนื้อทางการค้า โดยแปรปริมาณเอนไซม์ต่อสเต็กหมู ได้แก่ สูตรที่ 1 ใช้เอนไซม์ทางการค้า 0.038% สูตร 2 และ 3 ใช้เอนไซม์โบรมิเลนสกัดแบบหยาบ 0.038% และ 0.075% หมักนาน 30 นาที นำไปทอดจากนั้นประเมินผลทางประสาทสัมผัสของสเต็กหมู โดยวิธี 9 point hedonic scale และโดยการวัดค่าแรงเฉือนด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติความนุ่มและความชอบโดยรวมของทั้ง 3 สูตร ไม่มีความแตกต่าง (p>0.05) ค่าแรงเฉือนของสูตร 1 ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากสูตร 2 และสูตร 3 (p>0.05) แต่สูตร 2 มีค่าแรงเฉือนมากกว่าสูตร 3 (p>0.05) เมื่อเก็บเอนไซม์โบรมีเลนที่สกัดได้ในรูปสารละลายไว้ในตู้เย็นที่มีอุณหภูมิประมาณ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลาตั้งแต่ 1 ถึง 4 วัน เมื่อตรวจสอบแล้วปรากฏว่ามีการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาการทำงานน้อยมาก แสดงว่าเอนไซม์ที่สกัดได้สามารถเก็บไว้ในตู้เย็นได้นานอย่างน้อย 4 วัน จากงานวิจัยนี้บ่งชี้ว่าเอนไซม์โบรมิเลนสกัดแบบหยาบสามารถใช้เป็นผงหมักเนื้อได้ แต่อย่างไรก็ตามอาจมีแนวโน้มที่จะลดลงได้เมื่อเก็บไว้นานขึ้น

วราพันธุ์ และคณะ (2547) ได้ดำเนินการทดลองศึกษาปริมาณและคุณภาพของเอนไซม์โบรมิเลนที่สกัดได้จากสับปะรดจำนวนสองสายพันธุ์คือ ปัตตาเวีย และภูเก็ต โดยผลการศึกษาพบว่า ส่วนเนื้อมีปริมาณเอนไซม์โบรมิเลนสูงที่สุด ในขณะที่ในส่วนใบมีปริมาณเอนไซม์โบรมิเลนต่ำที่สุด ส่วนปริมาณเอนไซม์ทั้งสองสายพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกัน โดยเอนไซม์โบรมิเลนที่แยกได้จากสับปะรดตัวอย่างมีความชอบในการย่อยสลายกากถั่วเหลืองมากที่สุดโดยใช้อัตราส่วนในการย่อยเท่ากับ 1:2 (กากถั่วเหลือง : น้ำสับปะรด)

Devakate *et al*. (2009) ได้ศึกษาการทำแห้งเอนไซม์โบรมิเลนโดยวิธีทำแห้งแบบลมร้อนและการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ผลการศึกษาพบว่า การใช้ลมร้อนทำให้ค่ากิจกรรมของเอนไซม์ลดลงเหลืองเพียง ร้อยละ 50 ของทั้งหมด ในขณะที่การใช้การทำแห้งเยือกแข็งทำให้ค่ากิจกรรมของเอนไซม์คงเหลือร้อยละ 96

อารี (2554) ได้ศึกษาการสกัดเอนไซม์โบรมิเลนออกจากลำต้นสับปะรดและประยุกต์ไปใช้เพื่อผลิตสารหมักเนื้อนุ่ม โดยผลการศึกษาพบว่าสามารถใช้อะซีโตนในการแยกเอนไซม์ออกมาได้ปริมาณสูงที่สุด เมื่อนำเอนไซม์ที่แยกออกมาได้ไปทำการทำแห้งแบบเยือกแข็ง (freeze dry) ก็สามารถผลิตเอนไซม์ผงได้ปริมาณหนึ่ง โดยเอนไซม์ผงที่ได้มีความคงตัวเมื่ออยู่ในสภาวะ pH เท่ากับ 7.0 และอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยในสภาวะนี้เมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมงจะพบว่าความคงตัวจะลดลงเหลือค่ากิจกรรมเท่ากับร้อยละ 93.86

กาญจนาพร และอาภัสสร (2561) ได้ทำการศึกษาการนำเอนไซม์โบรมิเลนมาใช้ประโยชน์ในการทำให้เนื้อสุกรนุ่มขึ้น โดยนำเนื้อมาหมักร่วมกับเอนไซม์โบรมิเลนที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 1 และ 1.5 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อคัดเลือกชนิดและความเข้มข้นของเอนไซม์ที่เหมาะสมต่อการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของเนื้อสุกร พบว่าหลังเนื้อผ่านการหมักด้วยเอนไซม์ที่ร้อยละ 0.5 ค่า Shear force, Springiness, Hardness, Chewiness และ Cohesiveness ลดลงร้อยละ 8.28 10.53 18.16 39.82 และ 5.98 ตามลำดับ ซึ่งเอนไซม์ไม่มีผลต่อค่า **Δ**E, L*, a* และค่า pH แต่มีผลทำให้ค่า b* เพิ่มขึ้น

อรอง (2558) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพเคมี และสมบัติของการเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของเนื้อผลสับปะรดพันธุ์ปลูกของ สายพันธุ์ MD2 ปัตตาเวีย (ศรีราชา) และควีน (ตราดสีทอง) ที่นิยมบริโภคในเขตภาคตะวันออก โดยตัวอย่างผลสับปะรดจะอยู่ในระยะเก็บเกี่ยว ทำการบันทึกน้ำหนัก ความยาว และเส้นรอบวง นำไปล้างด้วยน้ำสะอาด ปอกเปลือก วัดค่าสี และองค์ประกอบทางเคมีพื้นฐานของเนื้อสับปะรด แล้วนำเนื้อสับปะรดมาคั้นน้ำ จากนั้นวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาล กรดอินทรีย์ คุณค่าทางโภชนาการ และสมบัติของการเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ จากผลการทดลองพบว่า น้ำหนัก ความยาวและความยาวเส้นรอบวงเฉลี่ยของผลสับปะรดพันธุ์ควีนมีค่าต่ำสุด และลักษณะทางกายภาพของผลสับปะรดพันธุ์ MD2 และ ปัตตาเวีย

มีค่าที่ใกล้เคียงกัน สีของเนื้อผลสับปะรดสายพันธุ์ MD2 มีสีเหลืองเข้มใกล้เคียงกับสีของเนื้อผลสับปะรดพันธุ์ควีน ในขณะที่เนื้อผลของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียมีสีเหลืองซีด จากผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพื้นฐานของเนื้อผลสับปะรด พบว่าเนื้อผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียมีปริมาณความชื้นสูงสุด และมีองค์ประกอบอื่น ๆ ได้แก่ ไขมัน โปรตีน เยื่อใย คาร์โบไฮเดรต และพลังงาน ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และพบว่าปริมาณน้ำตาลซูโครส มีมากกว่าน้ำตาลฟรุกโตสและกลูโคสประมาณ 2–5 เท่าขึ้นกับชนิดของสายพันธุ์ และสับปะรดที่มีปริมาณน้ำตาลรวมสูงสุดได้แก่ สายพันธุ์ MD2 และพบว่ากรดซิตริกเป็นกรดอินทรีย์หลักที่มีปริมาณสูงสุดของน้ำสับปะรดทั้ง 3 สายพันธุ์ สับปะรดพันธุ์ MD2 เป็นสายพันธุ์ที่มีปริมาณวิตามินซีสูงสุด และมีปริมาณวิตามินซีมากกว่าสายพันธุ์ปัตตาเวียประมาณ 7 เท่า นอกจากนี้ยังพบว่าสับปะรดพันธุ์ MD2 มีค่า TPC FRAP เปอร์เซ็นต์การยับยั้งสารต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณเบต้าแคโรทีนสูงสุดด้วย สำหรับผลกิจกรรมของเอนไซม์โบรมิเลน พบว่า น้ำสับปะรดพันธุ์ควีนมีกิจกรรมของเอนไซม์โบรมิเลนสูงสุด ผลการทดลองที่ได้นี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการเลือกใช้ประโยชน์จากเนื้อผลสับปะรดทั้ง 3 สายพันธุ์ สำหรับประยุกต์ใช้ทางอาหารและยารักษาโรคไต

วิรัตน์ และทิพย์มนต์ (2015) ศึกษาการใช้น้ำสับปะรดปรับปรุงคุณภาพหมูสวรรค์ที่แปรรูปจากเนื้อแม่สุกรคัดทิ้งโดยใช้เนื้อสันนอกและเนื้อสะโพก ทำการหมักด้วยน้ำสับปะรดในปริมาตรที่แตกต่างกัน 4 ระดับคือ 0 5 7.5 และ 10 มิลลิลิตร ก่อนนำไปทอดแล้วทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพของหมูสวรรค์ ศึกษาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ภายหลังบรรจุผลิตภัณฑ์ 30 วันและทำการศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภค การศึกษาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ทุกกลุ่มพบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดยีสต์และรา *Escherichia coli, Staphylococcus aureus, Clostridium perfringens, Salmonella* อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มผช.296/2547 การศึกษาลักษณะทางกายภาพพบว่าค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) ของทุกกลุ่มการทดลองอยู่ในระหว่าง 0.64–0.77 ไม่เกินกว่าระดับ 0.85 ซึ่งจะทำให้แบคทีเรียเจริญเติบโตได้ค่าแรงตัดผ่านเนื้อของหมูสวรรค์ที่ทำจากส่วนสันนอกและเนื้อสะโพกหมักด้วยน้ำสับปะรดที่ระดับ 10 มิลลิลิตรต่ำกว่ากลุ่มที่หมักด้วยน้ำสับปะรดระดับ 5 และ 7.5 มิลลิลิตร ($p > 0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ไม่ได้หมักด้วยน้ำสับปะรดการประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคในภาพรวมพบว่าเนื้อสันนอกและเนื้อสะโพกมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.01$) ผู้บริโภคมีความพึงพอใจหมูสวรรค์ที่แปรรูปจากเนื้อสันนอกที่เสริมน้ำสับปะรดที่ระดับ 5 และ 7.5 มิลลิลิตรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) เมื่อเทียบกับกลุ่มที่เสริมน้ำสับปะรดระดับ 10 มิลลิลิตร และสูตรควบคุม

บทที่ 3

วิธีดำเนินการ

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 แกนสับปะรด

3.1.2 เนื้อหมู

3.1.3 เกลือบริโภค ตราปรุงทิพย์

3.1.4 น้ำตาลทราย ตรามิตรผล

3.1.5 พริกไทยดำ ตราเสือคู่

3.1.6 พริกไทยขาว ตราเสือคู่

3.2 วัสดุอุปกรณ์

3.2.1 วัสดุอุปกรณ์สำหรับการผลิตสับปะรดผงและการหมักสเต็กหมูสันนอก

3.2.1.1 ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven) รุ่น XU490 ยี่ห้อ FRANCE ETUVES ประเทศฝรั่งเศส

3.2.1.2 เครื่องสับผสม (Blender) รุ่น MCM3200W ยี่ห้อ Bosch ประเทศเยอรมนี

3.2.1.3 เครื่องวัดของแข็งที่ละลายได้ (Hand Refractometers) รุ่น Pal-1 ยี่ห้อ ATAGOประเทศญี่ปุ่น

3.2.1.4 เตาอบอาหาร รุ่น TO–772 ยี่ห้อ OTTO ประเทศไทย

3.2.1.5 เทอร์โมคัปเปิ้ล (Thermocouple) รุ่น iGrill 2 vs 3 ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.2.1.6 เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยมสองตำแหน่ง รุ่นS2202 ยี่ห้อ bel ประเทศไทย

3.2.1.7 ตู้เย็น

3.2.1.8 แผ่นรองซิลิโคน

3.2.2 อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์

3.2.2.1 ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven) รุ่น XU490 ยี่ห้อ France etuves ประเทศฝรั่งเศส

3.2.2.2 เครื่องวัดค่าสี (Color Meter) รุ่น YS3020 ยี่ห้อ 3NH ประเทศจีน

3.2.2.3 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) รุ่น TA.XT Plus ยี่ห้อ Stable Micro System ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.2.2.4 เครื่องวัดค่า pH รุ่น pH Testr 20 ยี่ห้อ EUTECH ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.2.2.5 เครื่องโฮโมจิไนเซอร์ (Homogenizer) รุ่น T25 ยี่ห้อ IKA ประเทศเยอรมนี

3.2.2.6 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Analytical Balance) รุ่น PA214 ยี่ห้อ Ohaus ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.2.2.7 โถดูดความชื้น (Desiccator)

3.2.2.8 ถ้วยอะลูมิเนียมสำหรับหาความชื้น (Moisture Can)

3.2.2.9 คีมคีบ (Tong)

3.2.3 วัสดุอุปกรณ์สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส

3.2.3.1 ถ้วยพลาสติก

3.2.3.2 แก้วน้ำ

3.2.3.3 ช้อนพลาสติก

3.2.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์สถิติ

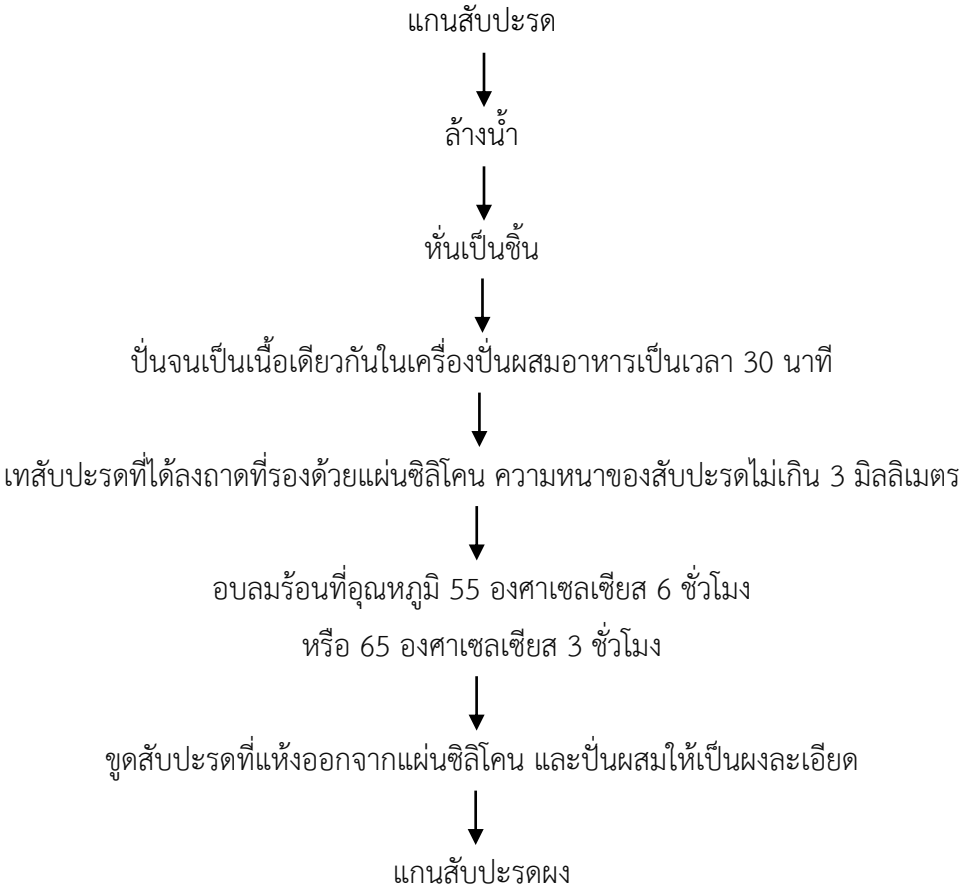
3.2.4.1 เครื่องคอมพิวเตอร์

3.2.4.2 โปรแกรมสำเร็จรูป Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)

3.3 วิธีการดำเนินงาน

3.3.1 การเตรียมสับปะรดผง

นำแกนสับปะรดมาล้างน้ำสะอาด หั่นเป็นชิ้น แล้วปั่นจนเป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องปั่นผสมอาหาร เป็นเวลา 30 นาที จะได้แกนสับปะรดที่มีลักษณะเหลวข้น จากนั้นนำไปเทลงบนแผ่นรองอบชนิดซิลิโคนและปาดให้สับปะรดมีความหนาไม่เกิน 3 มิลลิเมตร นำเข้าตู้อบลมร้อน อบตามอุณหภูมิและเวลาที่กำหนด หลังครบเวลาทำการขูดสับปะรดที่แห้งออกซึ่งจะมีลักษณะเป็นแผ่นและผงปะปนกัน จากนั้นนำไปปั่นให้เป็นผงละเอียด (ภาพที่ 3.1) และเก็บไว้ในโถดูดความชื้นขณะรอการวิเคราะห์และการนำไปใช้ศึกษาขั้นตอนถัดไป



ภาพที่ 3.1 การเตรียมแกนสับปะรดผง
ที่มา : ดัดแปลงจาก พงศักดิ์ (2552)

3.3.2 การศึกษากระบวนการและสภาวะการเตรียมแกนสับปะรดผง

ทำการเตรียมแกนสับปะรดผงตามขั้นตอนในภาพที่ 3.1 กำหนดสภาวะการทำแห้ง 2 สภาวะ ได้แก่ การใช้อุณหภูมิต่ำระยะเวลาอบนาน (55 องศาเซลเซียส 6 ชั่วโมง) และการใช้อุณหภูมิสูงระยะเวลาอบสั้น (65 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง) แล้วนำแกนสับปะรดผงที่ได้จากทั้ง 2 การทดลองมาวิเคราะห์เปรียบเทียบคุณภาพ ได้แก่ ค่าสีและปริมาณความชื้น เพื่อคัดเลือกสภาวะการทำแห้งของแกนสับปะรดที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้หมักเนื้อหมู

3.3.2.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

ทำการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของแกนสับปะรดผงตามวิธี AOAC (2000) โดยเริ่มจากอบถ้วยสำหรับหาความชื้นในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 2–3 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบ ใส่ไว้ในโถดูดความชื้น หลังจากนั้นชั่งน้ำหนักจนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้ง 2 ครั้งติดต่อกัน ไม่เกิน 1–3 มิลลิกรัม ชั่งแกนสับปะรดผงให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนอย่างละเอียดประมาณ 2

กรัม ใส่ในถ้วยหาความชื้นที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 5–6 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่โถดูดความชื้น หลังจากนั้นชั่งหาน้ำหนัก อบซ้ำอีกครั้ง ประมาณ 30 นาที และทำเช่นเดิมจนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้ง 2 ครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1–3 มิลลิกรัม ทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ แล้วคำนวณหาปริมาณความชื้นจากสูตร ดังนี้

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{(M_1-M_2) \times 100}{M_1}$$

เมื่อ M_1 คือ น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ

M_2 คือ น้ำหนังตัวอย่างหลังอบ

3.3.2.2 การวิเคราะห์ค่าสี

นำแกนสับประรดผงมาวัดสีด้วยเครื่องวัดสี (Color meter) ซึ่งแสดงค่าสีในค่าความสว่าง (lightness, L*) ค่าความเป็นสีแดง (redness, a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (yellowness, b*) ทำการวิเคราะห์จำนวน 3 ซ้ำ

3.3.3 การพัฒนาสูตรและการประยุกต์ใช้ผงหมักธรรมชาติจากแกนสับปะรดในผลิตภัณฑ์เนื้อหมู

3.3.3.1 การพัฒนาสูตรผงหมัก

ทำการเตรียมแกนสับปะรดผงเพื่อใช้หมักเนื้อหมูสันนอก โดยทำให้แห้งในสภาวะเหมาะสมที่คัดเลือกได้จากการทดลองในข้อ 3.3.2

จากนั้นทำการเตรียมผงปรุงรสซึ่งมีส่วนผสมประกอบด้วย น้ำตาล เกลือ พริกไทยดำและพริกไทยขาว และเตรียมผงหมักเนื้อจำนวน 3 สูตร ดังตารางที่ 3.1 และทำการทดลองหมักเนื้อทั้งหมด 5 ชุด การทดลองดังนี้ 1. สูตรไม่หมัก 2. สูตรผงปรุงรส 3. สูตรผงหมัก1 4. สูตรผงหมัก2 5. สูตรหมักผง3 โดยในชุดการทดลองสูตรผงหมัก 3 4 และ 5 หมายถึงมีการใช้แกนสับปะรดผงในอัตราส่วน 0.7 1.3 และ 2.0 กรัม/100 กรัม ของเนื้อหมู ตามลำดับ

ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมของผงปรุงรสและผงหมักที่ใช้ต่อการหมักเนื้อหมู 100 กรัม

ส่วนผสม	ปริมาณ(กรัม)				
	สูตรไม่หมัก	สูตรผงปรุงรส	สูตรผงหมัก 1	สูตรผงหมัก 2	สูตรผงหมัก 3
น้ำตาล	0	2.8	2.8	2.8	2.8
เกลือ	0	1	1	1	1
พริกไทยดำบดหยาบ	0	0.7	0.7	0.7	0.7
พริกไทยขาวป่น	0	0.2	0.2	0.2	0.2
แกนสับปะรดผง	0	0	0.7	1.3	2.0

3.3.3.2 วิธีการหมักเนื้อหมูสันนอก

เริ่มจากการเตรียมเนื้อหมูสันนอก ชิ้นละประมาณ 150 กรัม ที่มีความหนา 1 นิ้ว นำมานวดกับผงปรุงรสหรือผงหมักเนื้อที่แตกต่างกัน 5 ชุดการทดลอง ดังที่กล่าวไว้ในข้อที่ 3.3.3.1 โดยใช้เนื้อสันนอกหมูประมาณ 300 กรัม ต่อ 1 ชุดการทดลอง ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ หลังจากใช้มือนวดให้เข้ากัน เป็นเวลา 10 นาที นำตัวอย่างทุกชุดรวมถึงชุดที่ไม่มีการหมักแช่ในตู้เย็นไว้ 10 นาที ที่อุณหภูมิไม่เกิน 4 องศาเซลเซียส เมื่อครบเวลานำเนื้อหมูออกจากตู้เย็นทำการติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิ้ล โดยเสียบปลายหัววัดให้อยู่บริเวณจุดที่เย็นสุดของเนื้อหมูรอจนกระทั่งอุณหภูมิใจกลางของเนื้อหมูเป็น 22–25 องศาเซลเซียส จึงนำเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 150±3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ซึ่งทำให้ อุณหภูมิใจกลางเนื้อหมูได้ 72±3 องศาเซลเซียส จากนั้นคงไว้ 5 นาที หลังจากนั้นนำเนื้อสเต็กหมูสันนอกที่ทำให้สุกแล้วทั้ง 5 ชุด การทดลอง ไปวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส

3.3.3.3 การวิเคราะห์ค่า pH

นำเนื้อหมูสันนอกหลังหมักทั้ง 5 ชุด ทำการทดลองมาสับละเอียด นำไปชั่งตัวอย่างละ 2 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์และใส่น้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร นำไปปั่นผสมด้วยเครื่องโฮโมจีไนเซอร์ รุ่น T25 ยี่ห้อ IKA และจับเวลา 5 นาที ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และนำไปวัดค่า pH ด้วยเครื่องวัด pH (pH meter)

3.3.3.4 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของเนื้อสเต็กหมูสันนอก

ทำการเตรียมตัวอย่างโดยนำเนื้อหมูหลังทำให้สุกมาสับละเอียด และนำไปวิเคราะห์ปริมาณความชื้นตามวิธีของ AOAC (2000) เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ในตัวอย่างแกนสับปะรดผง

3.3.3.5 การวิคราะห์ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก (Cooking loss)

คำนวณค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการทำสุก (Cooking loss) ของเนื้อหมู ตามวิธีดัดแปลงจาก Porcella *et al*. (2001) โดยชั่งน้ำหนักรวมของตัวอย่างก่อนการทำสุก (W_1) และชั่งน้ำหนักรวมของตัวอย่างภายหลังการทำสุก (W_2) เพื่อใช้คำนวณค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการทำสุก ดังสมการ ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ

Cooking loss (%) = ((W1- W2)/W1) x 100

โดย W_1 คือ น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม) ก่อนการทำสุก

W_2 คือ น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม) หลังการทำสุก

3.3.3.6 การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส

เตรียมตัวอย่างทดสอบเนื้อหมูที่ทำให้สุกแล้วโดยหั่นชิ้นสเต็กหมูตามขวาง ขนาดความกว้างxยาว เท่ากับ 1.5x5 ตารางเซนติเมตร กำหนดให้ความหนาของชิ้นตัวอย่างเท่ากับความหนาของ สเต็กหลังสุกทำการทดลองละ 3 ซ้ำ

ทำการวัดค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) และค่าความเหนียว (Toughness) ของตัวอย่างด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส ยี่ห้อ Stable Micro Systems รุ่น TA.XT.Plus โดยใช้หัวตัดใบมีดแบบ Warner–Bratzler Blade โดยใช้โหมดแรงกดด้วยการตัดบริเวณกึ่งกลางของชิ้นเนื้อหมูหลังทำให้สุก (ภาพที่ 3.2) ค่าความแน่นเนื้อที่วัดได้รายงานในหน่วยของ นิวตัน (N) และค่าความเหนียวที่วัดได้รายงานในหน่วย นิวตัน.วินาที (N.sec) ตั้งค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้

Option	Measure force in compression
Pre-Test speed	2.0 mm/s
Test speed	2.0 mm/s
Post-Test speed	10.0 mm/s
Distance	30 mm
Trigger Type	Auto – 20g
Tare Mode	Auto Data Acquisition Rate 200pps

ภาพที่ 3.2 การติดตั้งหัววัดและการวางตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส

3.3.3.7 การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อหมู

เตรียมตัวอย่างทดสอบโดยหั่นเนื้อหมูหลังทำให้สุกเป็นชิ้น ชิ้นละ 20 กรัม อบให้ร้อนก่อนบรรจุลงในถ้วยพลาสติกที่มีรหัสกำกับตัวอย่างโดยใช้เลขสุ่ม 3 หลัก จากนั้นเสิร์ฟตัวอย่างให้ผู้ทดสอบทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อหมูทุกชุดทดลองที่ศึกษาโดยใช้แบบทดสอบความชอบด้วยวิธี 9–point hedonic scale คะแนนตั้งแต่ 1–9 คะแนน (1 = ไม่ชอบมากที่สุด ถึง 9 = ชอบมากที่สุด) ในคุณลักษณะต่าง ๆ คือ กลิ่นรส รสชาติ ความชุ่มฉ่ำ ความนุ่มเนื้อ และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวนอย่างน้อย 30 คน

3.3.3.8 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ในการประเมินคุณภาพทางกายภาพและเคมีใช้การวางแผนการทดลองแบบ Complete Randomize Design (CRD) และทางประสาทสัมผัสใช้การวางแผนการทดลองแบบ Randomize Complete Block Design (RCBD) แล้ววิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.3.4 สถานที่และระยะในการดำเนินงาน

3.3.4.1 ห้องปฏิบัติการอาคาร 16/2 สาขาเทคโนโลยีและการจัดการความปลอดภัยของอาหาร

3.3.4.2 ห้องปฏิบัติการอาคาร 80 พรรษาบรมราชินี ชั้น 6 ห้อง 604 สาขาเทคโนโลยีและการจัดการความปลอดภัยของอาหาร

3.3.4.3 ห้องปฏิบัติการคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ วิทยาเขตพระนครใต้ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปราย

4.1 ผลของการศึกษากระบวนการและสภาวะการทำแห้งแกนสับปะรด

ในการศึกษานี้ได้นำส่วนของแกนสับปะรดจากผลสุกมาทำให้แห้งเพื่อนำไปพัฒนาเป็นผงหมักเนื้อ ซึ่งแกนสับปะรดที่ใช้มีค่าร้อยละของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solid) อยู่ในช่วง 15.1–16.1 °Brix และค่า pH อยู่ในช่วง 3.96–4.00 ส่วนกระบวนการทำแห้งเป็นการอบด้วยลมร้อนระดับที่ไม่รุนแรง (Mild heating) ทำการศึกษาทั้ง 2 สภาวะ ได้แก่ การใช้อุณหภูมิต่ำระยะเวลาอบนาน (55 องศาเซลเซียส 6 ชั่วโมง) และการใช้อุณหภูมิสูงระยะเวลาในการอบสั้น (65 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง) เนื่องจากเคยมีรายงานว่า อุณหภูมิมีผลต่อความคงตัวของเอนไซม์โบรมิเลนที่อยู่ในพืชโดยที่การให้ความร้อนที่ระดับ 55 และ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 150 นาที จะส่งผลให้ค่ากิจกรรมของเอนไซม์สูญเสียไปร้อยละ 20 และ 30 ตามลำดับ และเอนไซม์จะทนต่ออุณหภูมิได้สูงสุดไม่เกิน 85 องศาเซลเซียส (Poh and Abdul Majid, 2011) หลังจากกระบวนการทำแห้ง และทำให้เป็นผงแล้วได้นำแกนสับปะรดผงไปตรวจวิเคราะห์คุณภาพได้แก่ ค่าสี (L* a* และ b*) และปริมาณความชื้นดังนี้

4.1.1 ผลวิเคราะห์ค่าสี (L* a* และ b*) ของแกนสับปะรดผง

ผลการวิเคราะห์ค่าสีได้แก่ ค่าความสว่าง (L*) ค่าสีเขียว/แดง (a*) และค่าสีน้ำเงิน/เหลือง (b*) จากแกนสับปะรดผงที่ได้จากการทำแห้งทั้ง 2 สภาวะ แสดงดังตารางที่ 4.1 พบว่าค่าความสว่าง (L*) ของทั้งสองตัวอย่าง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยตัวอย่างที่ได้จากการทำแห้งที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส 6 ชั่วโมง มีค่า L* มากกว่าตัวอย่างที่ทำแห้งที่ 65 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมงโดยมีค่า L* เท่ากับ 71.55 และ 67.76 ตามลำดับ ขณะที่ทั้งค่า a* และค่า b* ของแกนสับปะรดผงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยทั้งค่า a* และ b* ของตัวอย่างที่ใช้สภาวะการทำแห้ง อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง (0.06 และ 11.76) จะมีค่าสูงกว่าตัวอย่างที่ใช้อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส 6 ชั่วโมง (0.19 และ 15.73) ($p \leq 0.05$) แสดงว่ามีความเป็นสีเหลืองมากกว่า จากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการทำแห้งโดยใช้อุณหภูมิสูงระยะเวลาอบสั้นจะทำให้แกนสับปะรดผงมีสีคล้ำและออกสีเหลืองเข้มมากกว่าการใช้อุณหภูมิต่ำระยะเวลาอบนาน ดังแสดงในภาพ 4.1 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการอบที่อุณหภูมิสูงกว่าทำให้ผงสับปะรดมีสีที่เข้มกว่าอาจเกิดจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (Enzymatic browning reaction) ซึ่งมักพบในผัก ผลไม้ และเกิดจากสารอื่นที่ไม่ใช้เอนไซม์ (Non– enzymatic browning reaction)

(Fennema, 1985) หรืออาจเกิด oxidation ของเม็ดสีเหลืองที่อุณหภูมิสูง หรือเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard) เนื่องจากสับปะรดมีน้ำตาลและโปรตีนเป็นองค์ประกอบ (Salvi and Rajput, 1997)

(a) (b)

ภาพที่ 4.1 แกนสับปะรดผงที่ได้จากการทำแห้ง

หมายเหตุ : การทำแห้งที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง (a) และอุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง (b)

4.1.2 ผลวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของแกนสับปะรดผง

ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของตัวอย่าง แสดงในตารางที่ 4.1 พบว่า ความชื้นของแกนสับปะรดผงที่ทำแห้งด้วยอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ทั้ง 2 ตัวอย่าง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) โดยแกนสับปะรดผงที่ทำแห้งด้วย 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จะมีความชื้นต่ำกว่าแกนสับปะรดผงที่ทำแห้งด้วยอุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เนื่องจากการอบที่อุณหภูมิสูงระยะเวลาสั้นทำให้ผงมีการระเหยน้ำออกมาได้น้อยกว่านอกจากนี้ยังส่งผลให้ความชื้นของผลิตภัณฑ์สูงขึ้น (Mishra *et al*., 2015)

เนื่องจากสีเป็นสมบัติหรือคุณภาพที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ผงและเป็นสิ่งแรกที่ผู้บริโภคสามารถมองเห็นได้ (Wong and Lim, 2016) และความชื้นของผลิตภัณฑ์ก็มีความสำคัญโดยเป็นหนึ่งในคุณลักษณะที่ต้องการตามมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ประเภทผงปรุงรสอาหารซึ่งต้องไม่เกินร้อยละ 13 โดยน้ำหนัก ดังนั้นจากการทดลองนี้ผู้วิจัยจึงเลือกสภาวะการทำแห้งที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมงไปใช้เป็นกระบวนการเตรียมแกนสับปะรดผงเพื่อพัฒนาเป็นผงหมักเนื้อในการศึกษาขั้นต่อไป

ตารางที่ 4.1 ค่าสี (L* a* และ b*) และปริมาณความชื้นของแกนสับปะรดผง

สภาวะการทำแห้งแกนสับปะรด (อุณหภูมิ เวลา)	ค่าสี			ปริมาณความชื้น %
	L*	a*	b*	
55 องศาเซลเซียส 6 ชั่วโมง	71.55±1.14[a]	0.06±0.10[b]	11.76±0.43[b]	8.42±0.46[a]
65 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง	67.76±0.50[b]	1.19±0.07[a]	15.73±0.72[a]	8.86±0.71[a]

หมายเหตุ : ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

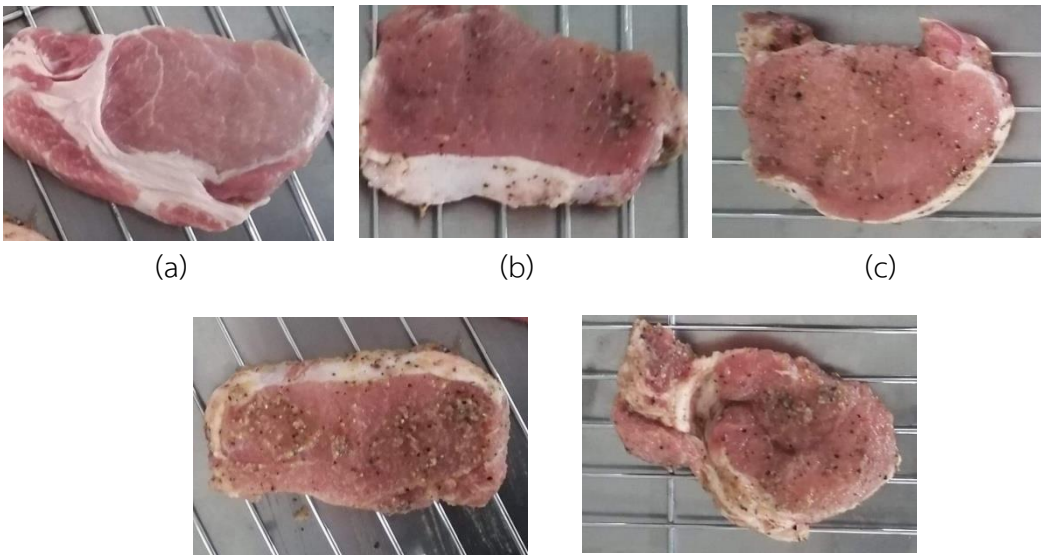
: ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กแตกต่างกันแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.2 ผลการพัฒนาสูตรและการประยุกต์ใช้ผงหมักธรรมชาติจากแกนสับปะรดในผลิตภัณฑ์เนื้อหมู

ในการทดลองนี้ผู้วิจัยได้เลือกสภาวะการทำแห้งที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง มาใช้ในการเตรียมแกนสับปะรดผงสำหรับการพัฒนาสูตรผงหมักเนื้อสเต็กหมูสันนอก ทั้งหมด 3 สูตร ได้แก่ สูตรผงหมัก1 สูตรผงหมัก2 และสูตรผงหมัก3 ซึ่งในแต่ละสูตรมีปริมาณการใช้แกนสับปะรดผงในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 3 ระดับคือ 0.7 1.3 และ 2.0 กรัม/100 กรัม ของเนื้อหมู ตามลำดับ โดยให้เนื้อหมูที่ไม่ผ่านการหมักและเนื้อหมูที่หมักด้วยผงปรุงรสเท่านั้นเป็นชุดควบคุม ดังตารางที่ 3.1 จากนั้นนำเนื้อหมูทุกชุดการทดลองหลังการหมักและทำให้สุก (ภาพที่ 4.2 และ 4.3) ไปวิเคราะห์คุณภาพต่าง ๆ ของเนื้อ ได้ผลดังนี้

4.2.1 ผลวิเคราะห์ค่า pH

ค่า pH ของเนื้อหมูสันนอกหลังหมักแสดงดังภาพที่ 4.4 พบว่าตัวอย่างเนื้อหมูสูตรผงหมัก 1 และ 2 มีค่า pH ไม่แตกต่างจากตัวอย่างสูตรไม่หมักและสูตรผงปรุงรส ($p>0.05$) แต่อย่างไรก็ตามตัวอย่างเนื้อหมูสูตรผงหมัก2 มีค่า pH เท่ากับ 5.59 ซึ่งแสดงแนวโน้มว่ามีค่า pH ลดลงเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุมทั้งสองชุดการทดลอง ซึ่งมีค่า pH เท่ากันคือ 5.63 (ตารางผนวก จ1) แสดงว่า pH มีแนวโน้มลดลงอาจเนื่องจากสับปะรดผงสามารถซึมผ่านเข้าไปในเนื้อได้ดีเมื่อใช้ในปริมาณที่เหมาะสม ซึ่งในการทดลองคือระดับปริมาณ 1.3 กรัม/100 กรัม ของเนื้อหมู

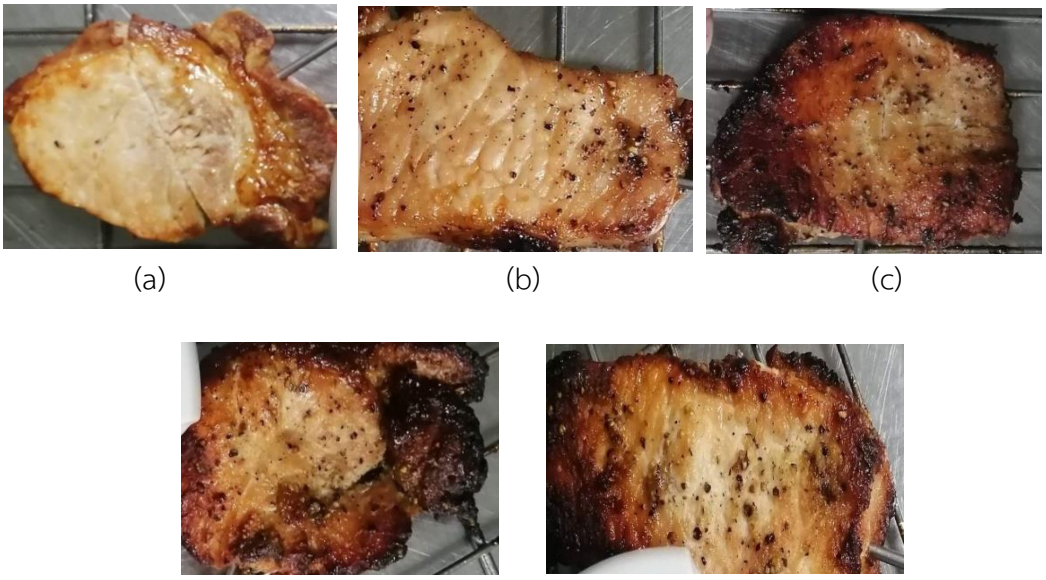


(a) (b) (c)

(d) (e)

ภาพที่ 4.2 เนื้อหมูสันนอกก่อนทำให้สุก

หมายเหตุ : เนื้อสันนอกหมูสูตรไม่หมัก (a) สูตรผงปรุงรส (b) สูตรผงหมัก1 (c) สูตรผงหมัก2 (d) และสูตรผงหมัก3 (e)

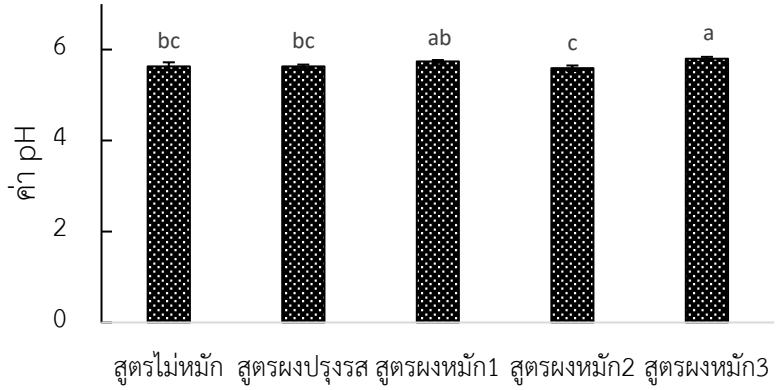


(a) (b) (c)

(d) (e)

ภาพที่ 4.3 เนื้อหมูสันนอกหลังทำให้สุก

หมายเหตุ : เนื้อสันนอกหมูสูตรไม่หมัก (a) สูตรผงปรุงรส (b) สูตรผงหมัก1 (c) สูตรผงหมัก2 (d) และ สูตรผงหมัก3 (e)



ภาพที่ 4.4 pH ของเนื้อหมูสันนอกหลังหมัก

หมายเหตุ : ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

: ค่าที่กำกับด้วยตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันระหว่างชุดการทดลอง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

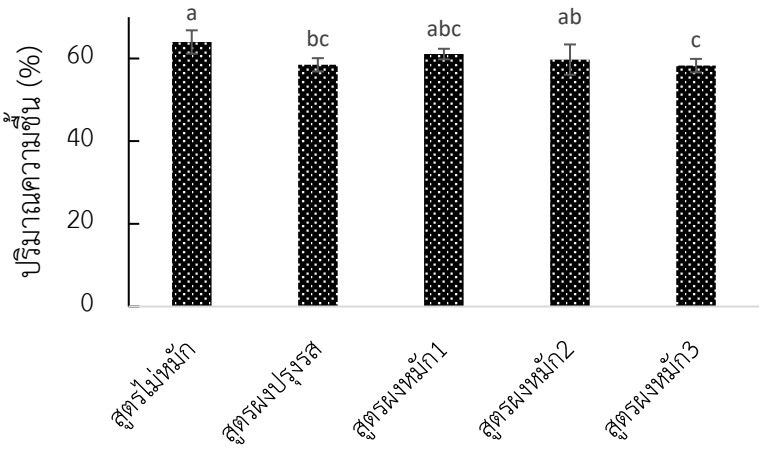
4.2.2 ผลวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของเนื้อสเต็กหมูสันนอก

ปริมาณความชื้นของเนื้อสเต็กหมูสันนอกหลังทำให้สุกแสดงดังภาพที่ 4.5 พบว่าตัวอย่างทุกชุดการทดลองมีปริมาณความชื้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยตัวอย่างเนื้อหมูสูตรไม่หมักมีปริมาณความชื้นสูงสุดมีค่าเท่ากับร้อยละ 63.99 ส่วนตัวอย่างเนื้อหมูสูตรผงหมัก3 ซึ่งมีการใช้แกนสับปะรดผงในปริมาณที่มากกว่าตัวอย่างอื่นคือร้อยละ 2.0 ของน้ำหนักเนื้อหมูพบว่ามีปริมาณความชื้นต่ำสุดมีค่าเท่ากับร้อยละ 58.28 (ตารางผนวก จ2) เนื่องจากแกนสับปะรดผงมีค่า pH เป็นกรดมีผลต่อการเร่งปฏิกิริยาเอนไซม์เมื่อใส่ลงไปในเนื้อหมูจะเกิดการแตกตัวไอออนในภาวะกรดด่าง และทำปฏิกิริยากับโปรตีนในเนื้อสัตว์ ทำให้เปลี่ยนสภาพและอาจมีผลต่อความนุ่มเนื้อ (Shahidi and Kamil, 2001) และเมื่อนำมาทำให้เนื้อหมูสุกจึงมีน้ำไหลออกมาจากเซลล์กล้ามเนื้อได้มากกว่า ดังนั้นความชื้นของผลิตภัณฑ์จึงน้อยเมื่อเนื้อหมักด้วยผงที่มีสับปะรดมากกว่า

4.2.3 ผลวิเคราะห์ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก (Cooking loss)

ค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกของตัวอย่างเนื้อสเต็กหมูสันนอกแสดงดังภาพ 4.3 พบว่าตัวอย่างเนื้อหมูทุกชุดการทดลองมีค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างตัวอย่างสูตรผงหมักที่มีแกนสับปะรดผงปริมาณต่างกันมีแนวโน้มว่าการเพิ่มปริมาณสับปะรดผงมากขึ้นจะส่งผลให้ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกมีค่าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการให้ความร้อนต่อเนื้อหมูจะสามารถขจัดน้ำออกจากเซลล์ของเนื้อหมูมากขึ้นและช่วยให้เอนไซม์โบรมิเลนในผงสับปะรด สามารถสลายโปรตีนในเนื้อหมูมากขึ้นผล

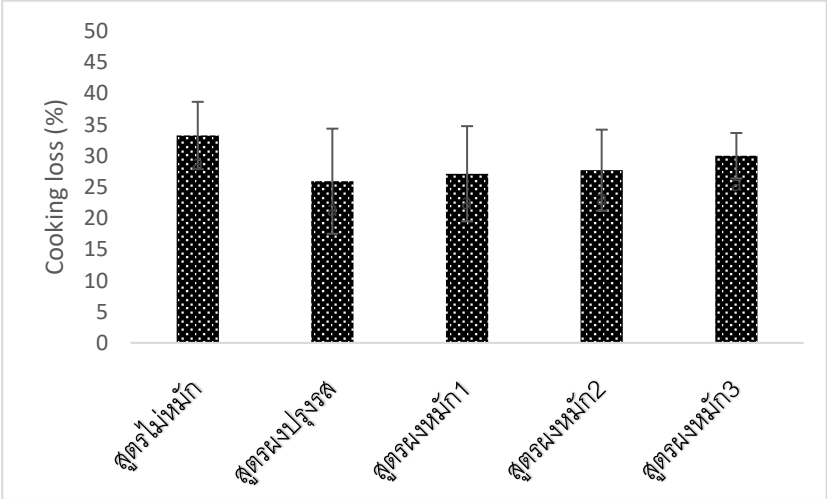
การทดลองของ (Pawar *et al*., 2007) พบว่าการลดลงของน้ำหนักเนื้ออาจเป็นผลจากการสูญเสียสภาพทางธรรมชาติของโปรตีนซาร์โครพลาสมิกและโปรตีนไมโอไฟบริลลา



ภาพที่ 4.5 ปริมาณความชื้นของเนื้อสเต็กหมูสันนอกหลังทำให้สุก

หมายเหตุ : ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

: ค่าที่กำกับด้วยตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันระหว่างชุดการทดลอง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)



ภาพที่ 4.6 ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก

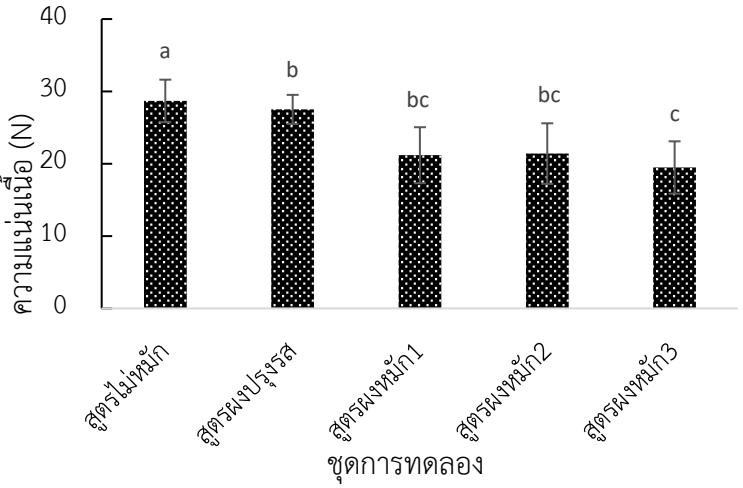
หมายเหตุ : ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

: ค่าที่กำกับด้วยตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันระหว่างชุดการทดลอง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.2.4 ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส

ในการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อสเต็กหมูสันนอกผู้วิจัยดำเนินการโดยใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) โดยการวัดค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) และความเหนียว (Toughness) ผลการศึกษาแสดงดังภาพที่ 4.7 และ 4.8 ตามลำดับ พบว่าตัวอย่างเนื้อหมูสูตรไม่หมัก (ชุดควบคุม) มีค่าความแน่นเนื้อสูงสุด ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 28.68 N รองลงมาคือตัวอย่างเนื้อหมูสูตรผงปรุงรส มีค่าความแน่นเนื้อเท่ากับ 27.51 N ขณะที่ตัวอย่างที่มีการใช้ผงหมักทั้ง 3 สูตร มีค่าความแน่นเนื้ออยู่ระหว่าง 19.48–21.40 N เท่านั้น (ตารางผนวก จ4) จากผลการทดลองแสดงแนวโน้มว่าเมื่อเพิ่มปริมาณสับปะรด ค่าความแน่นเนื้อจะลดลง (ภาพที่ 4.7) ซึ่งหมายความว่ามีความนุ่มเนื้อมากขึ้นเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณผงสับปะรดส่งผลให้ปริมาณเอนไซม์โบรมิเลนในผงสับปะรดเพิ่มมากขึ้นทำให้ความนุ่มเนื้อของเนื้อหมูเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

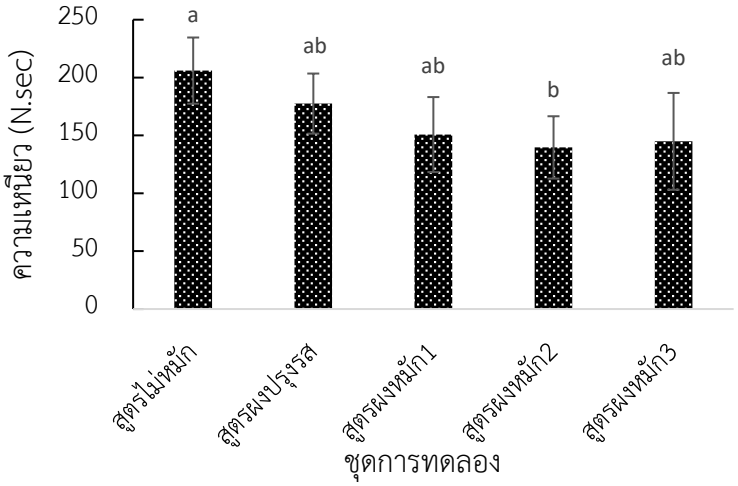
ส่วนผลวิเคราะห์ค่าความเหนียวของตัวอย่างเนื้อสเต็กหมูสันนอก (ภาพที่ 4.8) พบว่าตัวอย่างเนื้อหมูสูตรผงปรุงรส สูตรผงหมัก1 และสูตรผงหมัก3 มีค่าความเหนียวไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเทียบกับตัวอย่างเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการหมัก (ชุดควบคุม) ขณะที่ตัวอย่างเนื้อหมูสูตรผงหมัก2 มีค่าความเหนียว 139.65 N.sec น้อยกว่าตัวอย่างที่ไม่ผ่านการหมักซึ่งมีค่าความเหนียวถึง 205.99 N.sec ($p \leq 0.05$) (ดังตารางผนวก จ4) หมายความว่าสูตรผงตัวอย่างเนื้อหมูหมัก2 มีความนุ่มเนื้อมากที่สุดซึ่งเกิดจากการสลายตัวของโปรตีนเส้นใยย่อยได้เปปไทด์ที่มีขนาดเล็ก หรือโปรตีนที่มีโมเลกุลต่ำ ซึ่งถูกสร้างขึ้นและส่งผลให้ความแน่นเนื้อของตัวอย่างลดลง (Sunantha *et al*., 2011)



ภาพที่ 4.7 ค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) ของสเต็กหมูสันนอกหลังทำให้สุก

หมายเหตุ : ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

: ค่าที่กำกับด้วยตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันระหว่างชุดการทดลอง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)



ภาพที่ 4.8 ค่าความเหนียว (Toughness) ของเนื้อสเต็กหมูสันนอกหลังทำให้สุก

หมายเหตุ : ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

: ค่าที่กำกับด้วยตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันระหว่างชุดการทดลอง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.2.5 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างเนื้อสเต็กหมูสันนอกที่หมักด้วยผงหมักสูตรต่าง ๆ แล้วนำไปทำให้สุกด้วยวิธี 9 Point Hedonic scaling test โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ให้คะแนนความชอบต่อคุณลักษณะด้านกลิ่นรส รสชาติ ความชุ่มฉ่ำ ความนุ่มเนื้อและความชอบโดยรวม (ตารางที่ 4.2) พบว่าตัวอย่างเนื้อหมูสูตรไม่หมักได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่นรส และรสชาติน้อยกว่าตัวอย่างอื่น ($p \leq 0.05$) จึงมีผลต่อคะแนนความชอบโดยรวมของตัวอย่าง โดยระดับคะแนนความชอบทุกตัวอย่าง อยู่ในช่วงบอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบถึงระดับชอบเล็กน้อย (5.56–5.96 คะแนน) ยกเว้นคุณลักษณะความนุ่มเนื้อ (6.23 คะแนน) ขณะที่ตัวอย่างเนื้อหมูที่หมักด้วยผงปรุงรสและผงหมักสูตรต่าง ๆ พบว่าได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสและความชุ่มฉ่ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างตัวอย่างเนื้อหมูที่มีการหมักด้วยผงหมักแต่ละสูตร พบว่าคะแนนความชอบในคุณลักษณะต่าง ๆ มีทิศทางสูงขึ้นตามระดับปริมาณแกนสับปะรดผงในผงหมักเนื้อโดยมีคะแนนอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง

ตารางที่ 4.2 คะแนนความชอบต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของเนื้อสเต็กหมูสันนอกที่หมักด้วยผงหมักสูตรต่าง ๆ หลังทำให้สุก

ชุดการทดลอง	คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส				
	กลิ่นรส	**รสชาติ**	**ความชุ่มฉ่ำ**	**ความนุ่มเนื้อ**	**ความความโดยรวม**
สูตรไม่หมัก	5.56±1.96^{b}	5.56±2.19^{c}	5.59±1.91^{b}	6.23±1.95^{b}	5.96±2.23^{c}
สูตรผงปรุงรส	6.63±1.77^{a}	6.53±1.67^{b}	6.43±1.81^{ab}	6.43±2.1^{b}	6.60±1.64^{bc}
สูตรผงหมัก1	6.70±1.57^{a}	6.66±1.54^{ab}	6.56±1.54^{ab}	6.63±1.51^{b}	7.00±1.25^{ab}
สูตรผงหมัก2	7.13±1.77^{a}	6.69±1.73^{ab}	6.80±1.74^{ab}	7.20±1.58^{ab}	7.33±1.51^{ab}
สูตรผงหมัก3	7.30±1.68^{a}	7.56±1.77^{a}	7.13±1.96^{a}	7.46±1.65^{a}	7.56±1.65^{a}

หมายเหตุ : ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กแตกต่างกันแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

การนำแกนสับปะรดมาผ่านกระบวนการอบแห้งด้วยลมร้อนระดับอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ทำให้ได้รับวัตถุดิบแกนสับปะรดผงที่มีปริมาณความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 13 สอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐาน มผช. 494/2547 ของกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง ผงปรุงรสในอาหาร และสามารถนำไปใช้ในการพัฒนาผงหมักเนื้อธรรมชาติได้

ผงหมักเนื้อที่มีการมีใช้แกนสับปะรดผงทุกสูตร (สูตรผงหมักที่มีแกนสับปะรดผง ระดับ 0.7 1.3 และ 2.0 กรัมต่อ 100 กรัมของเนื้อหมู) สามารถลดความแน่นเนื้อและความเหนียวของเนื้อสเต็กหมูสันนอกหลังทำให้สุกได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งผงหมักสูตรที่มีแกนสับปะรดผง ระดับ 2.0 กรัมต่อ 100 กรัมของเนื้อหมู สามารถทำให้เนื้อหมูมีค่าความแน่นเนื้อที่ต่ำซึ่งหมายความว่ามีความนุ่มเนื้อมาก ซึ่งเป็นผลของกิจกรรมของเอนไซม์โบรมิเลนจากแกนสับปะรดผงที่ใช้ และจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบต่อคุณลักษณะทุกด้านของเนื้อสเต็กหมูสันนอกที่ใช้ผงหมักที่มีแกนสับปะรดผง ระดับ 2.0 กรัมต่อ 100 กรัมของเนื้อหมู ได้แก่ ด้านกลิ่นรส รสชาติ ความชุ่มฉ่ำ ความนุ่มเนื้อ และความชอบโดยรวม มากกว่าชุดควบคุมซึ่งไม่มีการหมัก ($p \leq 0.05$) และมีแนวโน้มของคะแนนมากขึ้นตามปริมาณของแกนสับปะรดผง ($p > 0.05$) ดังนั้นการนำไปใช้ของแกนสับปะรดผงในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ผงหมักเพื่อปรับปรุงคุณภาพเนื้อหมู สูตรผงหมักที่มีความเป็นไปได้คือสูตรที่มีการใช้แกนสับปะรดผง ระดับ 2.0 กรัมต่อ 100 กรัมของเนื้อหมู

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ในกระบวนการเตรียมแกนสับปะรดผงควรใช้เครื่องปั่นชนิดกำลังสูง และภายหลังการอบแห้งและบดควรมีขั้นตอนการร่อนผ่านตะแกรงอีกครั้ง เพื่อให้ได้แกนสับปะรดผงที่ละเอียดและมีขนาดสม่ำเสมอ ซึ่งจะช่วยให้ประสิทธิภาพในการซึมเข้าเนื้อหมูเพิ่มมากขึ้นและสม่ำเสมอทั่วทั้งชิ้นมากขึ้น

5.2.2 ควรมีการตัดแต่งชิ้นของเนื้อหมูสันนอกก่อนนำมาทดลอง เพื่อลดการคลาดเคลื่อนของผลวิเคราะห์ซึ่งเกิดจากความไม่สม่ำเสมอของตัวอย่างเนื้อหมู เนื่องจากชิ้นเนื้อหมูบางส่วนอาจมีพังผืดติดมาในปริมาณแตกต่างกัน

5.2.3 อนาคตควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับคุณภาพของแกนสับปะรดผงด้านอื่น ๆ เช่น ค่ากิจกรรมของเอนไซม์โบรมิเลนและค่าการดูดความชื้นกลับ เพื่อช่วยในการประเมินประสิทธิภาพและอายุการเก็บของผงหมัก

บรรณานุกรม

กาญจนาพร นนทะลุน และอาภัสสร ศิริจริยวัตร 2561. ผลของชนิดและความเข้มข้นของเอนไซม์ที่มีต่อความนุ่มของเนื้อ **แก่นเกษตร 46** (ฉบับพิเศษ1)

กุลยา จันทร์อรุณ. 2540 **กรรมวิธีการผลิตผักและผลไม้อบแห้ง.** รายงานวิจัย ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก.

กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 2561. **องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อผสับปะรด**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://nutrition.anamai.moph.go.th/temp/main/public.php (วันที่ค้นข้อมูล: 28 กันยายน 2561)

จิดารัตน์ วีระวุฒิ 2541. **สับปะรดและสรีรวิทยาการเจริญเติบโตของสับปะรด**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

จิรภา พงษ์จันตา, อัณณ์กาญจน์ นวลบุญเรือง, ลชินี ปานใจ และ ธัญลักษณ์ บัวผัน 2554. **การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดอินทรีย์และน้ำตาลในน้ำสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย** *(Ananas comosus cv. Smooth Cayenne)* **ที่ต่างพื้นที่ปลูกและระดับความสุก** ในรายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49: สาขา อุตสาหกรรมเกษตร. กรุงเทพฯ, หน้า 267–274

วราพันธุ์ จินตณวิชญ์, อุทัย คันโธ, สุกัญญา จัตตุพรพงษ์ และ ปุณฑริกา หะริณสุต 2547. **การศึกษาปริมาณเอนไซม์โบรมิเลน องค์ประกอบทางเคมีจากน้ำคั้นสับปะรดและการนำไปใช้ประโยชน์ย่อยโปรตีนในกากถั่วเหลือง** ในรายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42: สาขาสัตว์สาขาสัตว์แพทยศาสตร์3-6 ก.พ. 2547. กรุงเทพฯ, หน้า 26–32

วิรัตน์ สุมน และทิพย์มนต์ ใยเกษ. 2015 **การใช้น้ำสับปะรดปรับปรุงคุณภาพหมูสวรรค์ที่แปรรูปจากแม่สุกร** ในรายงานการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 7 หน้า 333–339

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545. **ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในเคมีอาหาร**, ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

มนตรี กล้าขาย. 2554. **สับปะรดตราดสีทอง พืชทอง ของคนเมืองตราด.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.matichon.co.th/news. (วันที่ค้นข้อมูล: 26 สิงหาคม 2556

สมบัติ ขอทวีวัฒนา. 2529. **กรรมวิธีการอบแห้ง.** ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สถาบันวิชาการเคหการเกษตร. 2556. **ศนไม่เป็นสับปะรด.** วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีเพชรบุรี สำนักงานคณะกรรมการอาชีวศึกษา, เพชรบุรี

สิริชัย ส่งเสริมพงษ์. 2539. หลักการอบแห้งและการบำรุงรักษาเครื่องอบแห้งผักและผลไม้. **เอกสารประกอบการอบรม** วันที่ 7–9 กรกฎาคม 2539. สำนักงานเกษตร จังหวัดลำพูน.

สุคนธ์ชื่น ศรีงาม. 2539. **กระบวนการทำแห้งอาหาร.** ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 164–172.

เสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์ และสุรพงษ์ พินิจกลาง. 2554 การทำให้สเต็กหมูนุ่มด้วยเอนไซม์โบรมิเลนจาผลสับปะรดประเมินโดยการทดสอบทางประสาทสัมผัสและเครื่องวัดเนื้อสัมผัส. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร** ฉบับที่ 2 (พิเศษ) (พ.ค.–ส.ค. 2554) 42: 457–460.

อรวินทร์ และทนง ภัครัชพันธุ์. 2527. ปฏิกิริยาการทำงานของบรอมิเลนจากสับปะรด ในรายงานการประชุม ทางวิชาการครั้งที่ 22 ของมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร 30–31 มกราคม 2527. กรุงเทพฯ, หน้า 222

อรอง จันทร์ประสาทสุข. 2558. **การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีจำเพาะของเนื้อผลสับปะรด**. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลับบูรพา

อารี ฤทธิบูรณ์. (2554) **การผลิตเอนไซม์โบรมิเลนจากลำต้นของสัปปะรดและการนำไปใช้ประโยชน์ในการทำผงหมักเนื้อนุ่ม**. คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอม

เกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง:กรุงเทพฯ.

Bartolome, A. P., Rupbrez, P., and Carmen, F. 1995. Pineapple fruit: morphological characteristics, chemical composition and sensory analysis of Red Spanish and Smooth Cayenne cultivars**. Food Chemistry**, 53, 75–79.

Bhui, K., Prasad, S., George, J., and Shukla, Y. 2009. Bromelain inhibits COX-2 expression by blocking the activation of MAPK regulated NF-kappa B against skin tumor-initiation triggering mitochondrial death pathway. **Cancer Letters**, 282(2), 167–176.

Biesalski, H.K. 2005. Meat as a component of a health diet-are there any risks or benefits if meat is avoided in the diet?. **Meat Science**, 70, 509–524.

Cámara, M.M., C. Diez, and M.E. Z Lebensm Torija. 1996 Unters Forch**.** Free sugars determination by HPLC in pineapple products**. Zeitschrift für Lebensmittel–Untersuchung und Forschung,** 202(3), 233–237.

Chan, Y. K., Coppens d'Eeckenbrugge, G., and Sanewski, G. M. 2003. Breeding and varietyimprovement. *In* D. P. Bartholomew, R. E. Paull and K.G. Rohrbach (Eds.), **The pineapple: botany, production and uses**, (pp. 33–55): CABI publishing, UK.

Devakate, R.V., Patil, V.V., Waje, S. Sand Thorat, B.N. 2009. **Purification and drying of bromelain.**" Separation and Purification Technology, 64, 259–264.

Dziezak, J. D. 1990. Phosphates improve many foods. **Food Technology**, 44(4), 80–92

Ertbjerg, P., Mielche, M. M., Larsen, L. M. and Moller, A. J. 1999. Relationship between proteolytic changes and tenderness in prerigor lactic acid marinated beef. **Journal of the Science of Food and Agriculture,** 79, 970–978.

Fennema, O.R. 1996. **Food Chemistrey. 2nd ed. Revised and Expanded. Marcel Dekker**: NewYork, 991, 21.

Gardner, P. T., Tamsin, T. C., White, A. C., McPhail, D. B., and Duthie, G.D. 2000. The relative contributions of vitamin C, carotenoids and phenolics to the antioxidant potential of fruit juices. **Food Chemistry**, 68, 471–474.

Genkinger, J. M., Platz, E. A., Hoffman, S. C., Comstock, G. W., and Helzlsouer, K. 2004. Fruit, vegetable, and antioxidant intake and all-cause cancer and cardiovascular disease mortality in a community-dwelling population in Washington County Maryland**. American Journal of Epidemiology**, 160(12), 1223–1233.

Hsieh, Y. P. C., Cornforth, D. P. and Pearson, A. M. 1980**.** Ultrastructural changes in pre- and post-rigor beef muscle caused by conventional and microwave cookery. **Meat Science**, 4, 299–311.

Joshipura, K.J., Hu, F. B., Manson, J. E., Stampfer, M. J., Limm, F. B., Speizaer, F. E., Colditz, G., Ascherio, A., Rosner, B., Seigelmano, D., and Willett, W. C. 2001. The effect of fruit and vegetable intake on risk for coronary heart disease. **Annual Internal Medicine**, 134, 1106–1114

Karnjanawipagul, P. W. Nittayanuntawech, P. Rojsanga and L. Suntornsuk. 2010. Analysis of Beta–Carotene in Carrot by Spectrophotometry. **Mahidol University Journal of Pharmaceutical Science**, 37(1–2), 8–16.

Keeton, J. T. 2001. **Formed and emulsion products. Poultry Meat Processing**. CRC Press. Boca Raton, FL.

Ketnawa, S., and Rawdkuen. S. 2011. Application of bromelain extract for muscle foods tenderization. **Food and Nutrition Sciences,** 2, 393–401.

Kongsuwan, A., Suthiluk, P., Theppakorn, T., Srilaong, V., and Setha, S. 2009. Bioactive compounds and antioxidant capacities of phulae and nanglae pineapple**. Asian Journal of Food and Agro–Industry**. Special Issue, S44–S50.

Lawrie, R. A. 1991. **Meat Science**. 5th ed. Pergamon Press. New York.

Manteuffel–Gross, R. and Ternes, W. 2009. "Effects of marination on the aroma of pan-fried wild boar meat–Part 1: Red wine Marinade" **Fleischwirtschaft International**. 24, 55–59.

Maurer, H. R. 2001. Bromelain: biochemistry, pharmacology and medical use. **Cellular and Molecular Life Sciences**, 58(9), 1234–1245

Medynski, A., Pospiech, E. and Kniat, R. 2000. Effect of various concentrations of lactic acid and sodium chloride on selected physico–chemical meat traits. **Meat Science**, 55, 285–290.

Mishra, P., Rai, G. K., & Mahanta, C. L. 2015. Process Standardization for Development of Spray–Dried Lemon Juice Powder and Optimization of Amla-Lemon Based RTS (Readyto–Serve) Drink Using Response Surface Methodology. **Journal of Food Processing and Preservation**, 39(6), 1216–1228. doi:10.1111/jfpp.12338

Molins, R. A. 1991. **Antimicrobial uses of food preservatives, In: Phosphate in food**. Boca Raton, FL: CRC press.

Onken E., Greer K. Paula, Calingaert Brian, Hale P. Laura. 2008 Clinical Immunology Bromelain treatment decreases secretion of proinflammatory cytokines and chemokines by colon biopsies in vitro. **Clin Immunol**. 126(3), 345–352.

Paull, R.E. and C.C. Chen. 2003 **Postharvest physiology, handling and storage of pineapple.** *In: Pineapple: Butany, Production and Users.* (eds D.P Bartholornew, R.E. Paull and K.G. Rohrbach) pp. 253-279, Wallingford: CAB International.

Porcella, M.I., Sanchez, G., Vaudagna, S.R., Zanelli, M.L., Descalzo, A.M., Meichtri, L.H., Gallinger, M.M. and Lasta, J.A. 2001. Soy protein isolate added to vacuum-packaged chorizos: effect on drip loss, quality characteristics and stability during refrigerated storage. **Meat Science,** 57(4), 437–443.

Rehab Ali, F.M.A., El–Anany, A.M. and Gaafar, A.M. 2011. Effect of potato flakes as fat replacer on the quality attributes of low–fat patties, **Adv. J. Food Sci. Technol**., 3(3), 173–180.

Rhee, K. S. 1999. In Quality attributes of muscle foods (pp. 95–115). New York: **Kluwer Academics/Plenum**, 309–335.

Rice-Evans, C.A. 1995. The relative antioxidant activities of plant-derived polyphenolic flavonoids. **Free Rad. Res**, 22(4), 3785–93.

Rohrbach, K.G., Leal, F. and Eeckenbrugge,G.C. 2003. The pineapple butary, production and uses. *In* D.P. **Bartholomew, R.E. Paull and K.G Rohrbach. (Eds.), History, Distribution and World Production.pp**. 1–12.

Rust, R. E. 1987. **Science of Meat and Meat Products**. 3rd ed. Food and Nutrition Press Inc.Trumbull, CT.

Sankat C. K. and Castaigne F. 2004. Foaming and drying behaviour of ripe bananas. **Lebensm.–Wiss. u.–Technol**., 37, 517–525.

Secor Jr ER, Carson IV WF, Cloutier MM, Guernsey LA, Schramm CM, Wu CA, 2005. Bromelain exerts anti-inflammatory effects in an ovalbumininduced murine model of allergic airway isease. **Cell Immunol**, 237(1), 68–75.

Shahidi, F., & Kamil, J. Y. (2001). Enzymes from fish and aquatic invertebrate and their application in the food industry. **Trends in Food Science & Technology**, 12, 435–464.

Skurray, G. R., Perkes, J. M. And Duff, J. 1986. Reserch note: Effect of marinading with wine, sodium bicarbonate or soysauce on the thiamin content of beef. **Journal of Food Science**, 51, 1059–1060.

Sunantha, K and Saroat, R. 2011 Applation of Bromelain Extract for muscle Foods Tenderization **Food and Nutrition Science,** 23, 16–17.

Tornberg, E. 2005. Effects of heat on meat proteins – Implication on structure and quality of meat products. **Meat Science**, 70, 493–508.

Varnam, H. A. and Sutherland, P. J. 1995. **Meat and Meat Products**: **Technology**, Chemistry and biology. Chapman & Hall Inc. London, UK.

Wong, C., & Lim, W. (2016). Storage stability of spray-dried papaya *(Carica papaya L.)* powder packaged in aluminium laminated polyethylene (ALP) and polyethylene terephthalate (PET)**. International Food Research Journal**, 23(5), 1887–1894.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ก. แบบประเมินผลการทดสอบวิธี 9 Point Hedonic Scaling Test

ชื่อผู้ทดสอบชิม..... วันที่ชิม...../...../.....

ตัวอย่าง สเต็กหมู

คำแนะนำ กรุณาทดสอบตัวอย่างตามลำดับที่นำเสนอ เพื่อศึกษาผลของเอนไซม์ต่อความนุ่มเนื้อแล้วให้คะแนนระดับความชอบในลักษณะต่าง ๆ ในระดับ 1–9 (Hedonic scale) และกรุณาบ้วนปากระหว่างตัวอย่างทุกครั้ง โดยกำหนดคะแนน

1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง

4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ 6 = ชอบเล็กน้อย

7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก 9 = ชอบมากที่สุด

คุณลักษณะ	**รหัส**				
	.....	.....	.....	.....	.....
กลิ่นรส					
รสชาติ					
ความชุ่มฉ่ำ					
ความนุ่มเนื้อ					
ความชอบโดยรวม					

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ภาคผนวก ข
ขั้นตอนการทำแกนสับปะรดผง

ข. ขั้นตอนการทำแกนสับปะรดผง (ภาพผนวก ข)

เตรียมสับปะรดปลอกเปลือก

ใช้ส่วนแกนสับปะรด

หั่นเป็นชิ้น ๆ

ใส่เครื่องปั่นผสมอาหาร เป็นเวลา 30 นาที

เทลงถาดรองด้วยแผ่นซิลิโคน ความหนาไม่เกิน 3 มิลลิเมตร แล้วนำไปอบแห้ง

ขูดสับปะรดผง และปั่นผสมได้เป็นแกนสับปะรดผง

ภาพผนวกที่ ข ขั้นตอนการเตรียมแกนสับปะรดผง

ภาคผนวก ค
การหมักเนื้อหมูและการทำให้สุก

ค. ขั้นตอนการหมักเนื้อหมูและการทำให้สุก (ภาพผนวก ค)

เตรียมเนื้อหมูสันนอก ผงปรุงรส และแกนสับปะรดผงตามสูตร

↓

ใช้มือนวดคลุกเคล้าให้เข้ากัน หมักทิ้งไว้ 10 นาที เก็บแช่ในตู้เย็นอุณหภูมิไม่เกิน 10 องศาเซลเซียส

↓

นำออกตู้เย็น รอจนอุณหภูมิใจกลางอยู่ระหว่าง 22–25 องศาเซลเซียส

↓

อบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส จนกระทั่งอุณหภูมิใจกลางเนื้อหมูได้ 73 องศาเซลเซียส คงไว้ที่อุณหภูมิ 5 นาที

ภาพผนวกที่ ค ขั้นตอนการหมักเนื้อหมูและการทำให้สุก

ภาคผนวก ง
ข้อมูลการวิเคราะห์คุณภาพ

ตารางผนวกที่ ง1 วิเคราะห์ค่า pH ปริมาณความชื้น และร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อหมูสันนอกหลังหมัก

คุณภาพ	สูตรไม่หมัก	สูตรผงปรุงรส	สูตรผงหมัก1	สูตรผงหมัก2	สูตรผงหมัก3
ค่า pH	5.63±0.09^{bc}	5.63±0.04^{bc}	5.74±0.03^{ab}	5.59±0.06^{c}	5.80±0.04^{a}
ปริมาณความชื้น (%)	63.99±2.83^{a}	58.47±1.61^{bc}	61.07±1.28^{abc}	59.74±3.66^{ab}	58.28±1.36^{c}
การสูญเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก (%)	33.26±5.40^{a}	25.93±8.43^{a}	27.12±7.64^{a}	27.70±6.50^{a}	30.01±3.65^{a}

หมายเหตุ : ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กแตกต่างกันแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางผนวกที่ ง2 ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อสเต็กหมูสันนอกหลังทำให้สุก

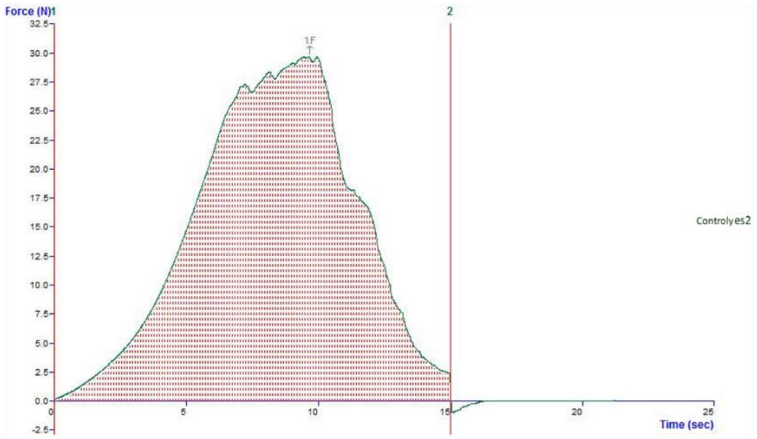
ชุดการทดลอง	ความแน่นเนื้อ: นิวตัน (Firmness: N)	ความเหนียว: นิวตัน.วินาที (Toughness: N.sec)
สูตรไม่หมัก	28.68±2.94^{a}	205.99±28.61^{a}
สูตรผงปรุงรส	27.51±2.01^{b}	177.50±25.97^{ab}
สูตรผงหมัก1	21.40±4.19^{bc}	150.73±32.41^{ab}
สูตรผงหมัก2	21.18±3.62^{bc}	139.65±26.91^{b}
สูตรผงหมัก3	19.48±3.87^{c}	144.86±41.85^{ab}

หมายเหตุ : ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

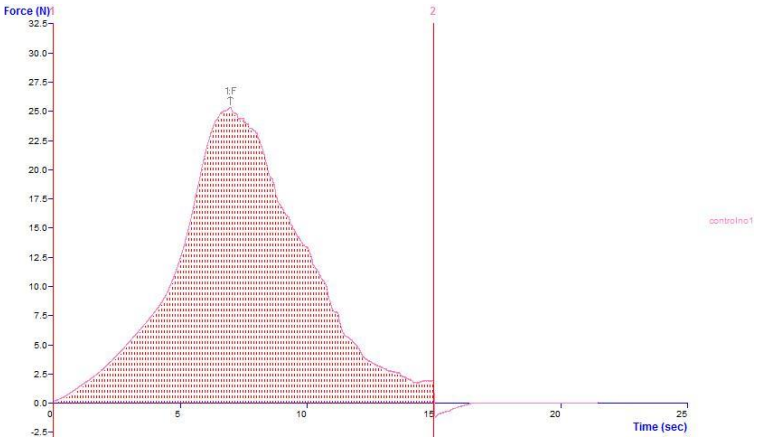
: ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กแตกต่างกันแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ภาคผนวก จ
กราฟวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส (ความแน่นเนื้อ และ ความเหนียว)

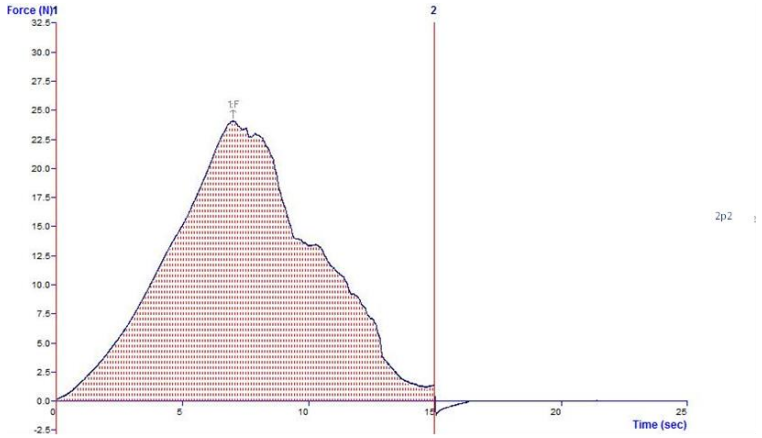
จ. กราฟวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส



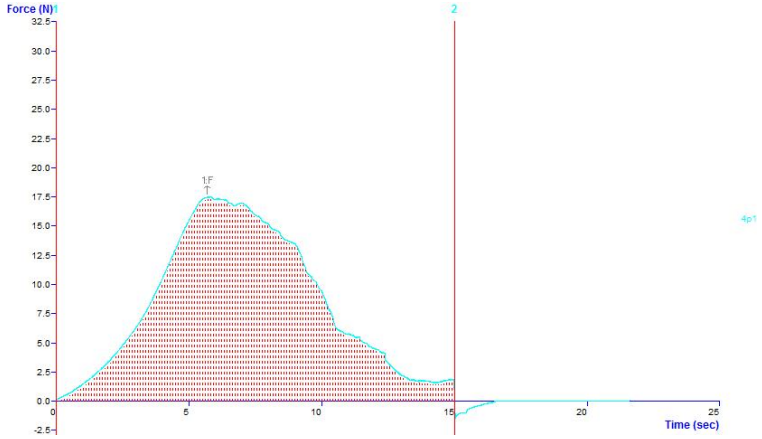
ภาพผนวกที่ จ1 กราฟลักษณะเนื้อสัมผัสของสเต็กหมูสูตรไม่หมัก



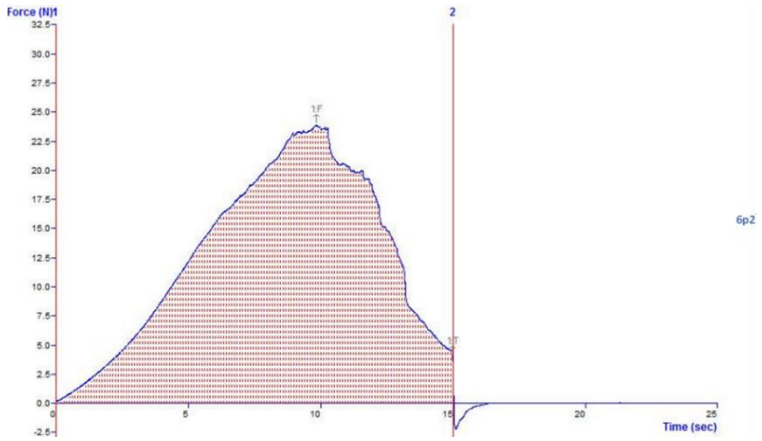
ภาพผนวกที่ จ2 กราฟลักษณะเนื้อสัมผัสของสเต็กหมูสูตรผงปรุงรส



ภาพผนวกที่ จ3 กราฟลักษณะเนื้อสัมผัสของสเต็กหมูสูตรผงหมัก1



ภาพผนวกที่ จ4 กราฟลักษณะเนื้อสัมผัสของสเต็กหมูสูตรผงหมัก2



ภาพผนวกที่ จ5 กราฟลักษณะเนื้อสัมผัสของสเต็กหมูสูตรผงหมัก3