การพัฒนาผลิตภัณฑ์โปรตีนเกษตรผัดซอสกอและ

Development of Textured Vegetable Protein with Golek sauce

เลอลักษณ์ สุขสำราญ
หัสนียา กาเซ็ม

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ)
ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

การพัฒนาผลิตภัณฑ์โปรตีนเกษตรผัดซอสกอและ

Development of Textured Vegetable Protein with Golek sauce

เลอลักษณ์ สุขสำราญ
หัสนียา กาเซ็ม

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ)
ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

Development of Texture Vegetable Protein with Golek sauce

LERLUX SUKSAMRAN
HASANEEYA KASEM

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

หัวข้อโครงงานพิเศษ การพัฒนาผลิตภัณฑ์โปรตีนเกษตรผัดซอสกอและ
Development of Textured Vegetable Protein with Golek sauce

ชื่อนักศึกษา นางสาวเลอลักษณ์ สุขสำราญ รหัสนักศึกษา 57050754
นางสาวหัสนียา กาเซ็ม รหัสนักศึกษา 57050778

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ)

ภาควิชา ชีววิทยา

ปีการศึกษา 2560

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.มาริสา จาตุพรพิพัฒน์

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

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
รศ.อารี ฤทธิบูรณ์ ประธานกรรมการ	
ผศ.ดร.สมพิศ สอนโยธา กรรมการ	
รศ.ดร.มาริสา จาตุพรพิพัฒน์ กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อโครงงานพิเศษ การพัฒนาผลิตภัณฑ์โปรตีนเกษตรผัดซอสกอและ
Development of Textured Vegetable Protein with Golek sauce

ชื่อนักศึกษา นางสาวเลอลักษณ์ สุขสำราญ รหัสนักศึกษา 57050754
นางสาวหัสนียา กาเซ็ม รหัสนักศึกษา 57050778

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ)

ภาควิชา ชีววิทยา

คณะ วิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)

ปีการศึกษา 2560

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.มาริสา จาตุพรพิพัฒน์

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์โปรตีนเกษตรผัดซอสกอและ จากการคัดเลือกผลิตภัณฑ์โปรตีนเกษตร 3 ชนิดเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์ พบว่าเนื้อไก่เจมีคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี เคมีกายภาพ และเนื้อสัมผัสที่เหมาะสมที่สุด จากนั้นนำเนื้อไก่เจมาผัดกับซอสกอและ ผลที่ได้พบว่าอัตราส่วน 1:1 มีคุณสมบัติเหมาะสมที่สุด จึงนำไปศึกษาหาสภาวะในการฆ่าเชื้อระดับห้องปฏิบัติการที่แตกต่างกัน 3 สภาวะ ผลที่ได้พบว่าที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส 5 นาที ความดัน 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว มีค่าสี L* a* b* เท่ากับ 42.14 27.89 และ 24.69 ตามลำดับ ค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 6.00 ร้อยละความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ และความสามารถในการอุ้มน้ำเท่ากับ 41.07, 0.91 และ0.55 ตามลำดับ ผลที่ได้สอดคล้องและส่งผลดีต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ซึ่งมีค่าความแข็ง ความยืดหยุ่น ความสามารถในการเกาะรวมตัว และค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยวเท่ากับ 12.95, 3.66, 0.47และ1.71 ตามลำดับ ผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัสพบว่าที่สภาวะนี้ให้คะแนนการยอมรับโดยรวมมากที่สุด ผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วมีคุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เถ้า ความชื้น คาร์โบไฮเดรต และพลังงาน เท่ากับ 11.29, 18.81, 2.51, 41.87, 25.52 กรัมต่อ100กรัม และ 316.53 กิโลแคลอรี่ต่อ100กรัม ตามลำดับ

คำสำคัญ : โปรตีนเกษตร เนื้อไก่เจ ซอสกอและ การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

Title Development of Texture Vegetable Protein with Golek sauce

Students Miss. Lerlux Suksamran Student ID 57050754

Miss. Hasaneeya Kasem Student ID 57050778

Degree Bachelor of Science (Biotechnology)

Department Biology

Faculty Science

University King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)

Academic Year 2017

Advisor Assoc.Prof.Dr.Marisa Jatupornpipat

Abstract

The study on development of Textured Vegetable Protein (TVP) with Golek sauce product by selecting TVP for use as a raw material in product. Chicken vegetarian meat has highest quality in analysis of physical chemical and physiochemical. The result show that chicken vegetarian meat with Golek sauce 1:1 ratio has the most appropriate properties. After that, take the product to studied three differential condition of sterilization. The result appears at 116°c 5 minute and p = 10 pound per square inch have a color value L*a*b* were 42.14, 27.89 and24.69 respectively. pH value was 6.00 and moisture content, water activity and water holding capacity were 41.07, 0.91 and 0.55 respectively. The result was consistent and beneficial to the texture value of the product which had Hardness Springiness Adhesiveness and Chewiness were 12.95, 3.66, 0.47 and 1.71 respectively. The sensory evaluation revealed that this condition gave the highest overall acceptance score. Concluding the chicken vegetarian meat with Golek sauce product had a content by proximate analysis such as protein, total fat, ash, moisture content, carbohydrate and calories were 11.29, 18.81, 2.51, 41.87, 25.25 g/100g and 316.53 kcal/100g respectively.

Keywords: Textured Vegetable Protein, chicken vegetarian meat, Golek sauce, Proximate analysis

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษเล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีจากการช่วยเหลืองอย่างดียิ่งจากทุกท่าน คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.มาริสา จาตุพรพิพัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้ออกแบบการทดลอง ให้คำแนะนำ แนวคิด ตลอดจนให้คำปรึกษาแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ มาโดยตลอด จนโครงงานเล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ อารี ฤทธิบูรณ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมพิศ สอนโยธา ประธานกรรมการและกรรมการในการสอบที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำและช่วยเหลือในการสอบโครงงานให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.อิทธิพล แจ้งชัด คณบดีคณะวิทยาศาสตร์ รองศาสตราจารย์ อารี ฤทธิบูรณ์ หัวหน้าภาควิชาชีววิทยา ที่ให้ความอนุเคราะห์และความสะดวกในการใช้เครื่องมือและห้องปฏิบัติการทดลอง

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และผู้ปกครอง ที่ได้อบรมสั่งสอน และคอยเป็นกำลังใจให้สำเร็จการศึกษา

ขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำคณะวิทยาศาสตร์ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในการทำการทดลอง ตลอดจนผู้ทรงคุณวุฒิในหลากหลายสาขาที่คณะผู้จัดทำได้นำข้อมูลมาใช้ประกอบการทำการทดลองและโครงงานเล่มนี้

คณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าโครงงานพิเศษฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่านและผู้เกี่ยวข้องในการนำไปใช้ตามวัตถุประสงค์ดังกล่าวข้างต้นต่อไป หากมีข้อผิดพลาดประการใดในเนื้อหาทางคณะผู้จัดทำขอน้อมรับแต่เพียงฝ่ายเดียว

เลอลักษณ์ สุขสำราญ

หัสนียา กาเซ็ม

สารบัญเรื่อง

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญเรื่อง ..... ง
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญรูป ..... ญ
คำย่อ/สัญลักษณ์ ..... ฎ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงานพิเศษ 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ 2
1.3 ขอบเขตการศึกษา 3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 โปรตีน 4
2.1.1 สมบัติทางกายภาพและเคมีของโปรตีน 5
2.1.2 ความสำคัญของโปรตีนต่อร่างกาย 7
2.1.3 แหล่งของอาหารประเภทโปรตีน 7
2.1.3.1 โปรตีนในอาหารจากพืช 8
2.1.4 ถั่วเหลือง 8
2.2 ผลิตภัณฑ์โปรตีนเกษตร 9
2.2.1 เหตุผลที่ผลิตภัณฑ์โปรตีนเกษตรประสบความสำเร็จ 11
2.3 ซอสกอและ 14
2.3.1 พริก 14
2.3.2 หอมแดง 15
2.3.3 ถั่วลิสง 16
2.3.4 พริกไทย 17
2.3.5 ยี่หร่า 18
2.3.6 ลูกผักชี 18

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

2.3.7 กะทิ 19
2.3.7.1 การให้ความร้อนต่อคุณสมบัติของน้ำกะทิ 20
2.3.8 ข้าว 21
2.4 ค่าสีของผลิตภัณฑ์อาหาร 21
2.5 ความชื้นและปริมาณน้ำอิสระ 23
2.5.1 การวิเคราะห์ความชื้นและปริมาณน้ำอิสระ 23
2.5.2 ปริมาณน้ำอิสระ 24
2.5.3 ความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำอิสระกับความปลอดภัยอาหาร 24
2.5.4 ปริมาณน้ำอิสระกับอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร 25
2.6 เนื้อสัมผัส 26
2.6.1 การรับรู้เนื้อสัมผัสและการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส 26
2.6.2 เนื้อสัมผัสกับคุณภาพผลผลิตทางการเกษตรและอาหาร 26
2.6.3 คุณสมบัติทางรีโอโลยี 27
2.6.4 ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร 28
2.6.5 การวัดลักษณะเนื้อสัมผัสโดยวิธี Texture Profile Analysis 29
2.6.6 การวิเคราะห์และแปรผลทางประสาทสัมผัส 30
2.7 กระบวนการฆ่าเชื้อในผลิตภัณฑ์อาหาร 32
2.7.1 การพาสเจอไรซ์ 32
2.7.2 การสเตอริไลซ์ 33
2.7.3 การใช้ความร้อนในการแปรรูปอาหาร 33
2.7.4 กระบวนการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์อาหารด้วย Autoclave 33
2.7.5 ธรรมชาติของน้ำในอาหาร 34
2.7.6 หลักการทำให้ปราศจากเชื้อด้วย Autoclave 35
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 36

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 41
3.1 วัสดุ 41
3.1.1 วัตถุดิบและเครื่องเทศ 41
3.1.2 สารเคมี 41
3.2 เครื่องมือวิเคราะห์และอุปกรณ์ 41
3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ 41
3.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ 42
3.3 วิธีการทดลอง 42
ตอนที่ 1 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและเคมีกายภาพของโปรตีนเกษตร 3 ชนิด
3.3.1 การเตรียมตัวอย่างโปรตีนเกษตร 3 ชนิด 43
3.3.2 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและเคมีกายภาพ
ของโปรตีนเกษตร 3 ชนิด 43
ตอนที่ 2 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเนื้อไก่เจต่อซอสกอและ 3 ระดับ
3.3.3 การเตรียมวัตถุดิบและเครื่องเทศ 43
3.3.4 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและเคมีกายภาพ
ของเนื้อไก่เจผัดซอสกอและ 43
3.3.5 ทดสอบทางประสาทสัมผัส 44
ตอนที่ 3 ศึกษาสภาวะการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและ
3.3.6 ศึกษาสภาวะการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์ 3 สภาวะ 44
3.3.7 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและเคมีกายภาพ
ของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและ 44
3.3.8 ทดสอบทางประสาทสัมผัส 44
ตอนที่ 4 วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการในผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและ 45
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล 46
ตอนที่ 1 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและเคมีกายภาพ
ของโปรตีนเกษตร 3 ชนิด
4.1 ผลการเตรียมตัวอย่างโปรตีนเกษตร 3 ชนิด 46
4.2 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมี และเคมีกายภาพของโปรตีนเกษตร 3 ชนิด .. 47
4.2.1 ผลการศึกษาทางกายภาพ 49

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

4.2.2 ผลการศึกษาทางเคมี 53
4.2.3 ผลการศึกษาทางเคมีกายภาพ 53
ตอนที่ 2 ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเนื้อไก่เจต่อซอสกอและ
4.3 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมี และเคมีกายภาพเนื้อไก่เจผัดซอสกอและ
ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 3 ระดับ 54
4.3.1 ผลการศึกษาทางกายภาพของเนื้อไก่เจผัดซอสกอและ 55
4.3.2 ผลการศึกษาทางเคมีของเนื้อไก่เจผัดซอสกอและ 59
4.3.3 ผลการศึกษาทางเคมีกายภาพของเนื้อไก่เจผัดซอสกอและ 60
ตอนที่ 2.1 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเนื้อไก่เจผัดซอสกอและ
ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 3 ระดับ
4.4 ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส 62
4.4.1 สรุปผลการคัดเลือกอัตราส่วน 64
ตอนที่ 3 ผลการศึกษาสภาวะที่ใช้ในการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและ
4.5 ผลการคัดเลือกสภาวะที่ใช้ในการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและ 64
4.5.1 ผลการศึกษาทางกายภาพเนื้อไก่เจผัดซอสกอและที่ผ่านการการฆ่าเชื้อ 66
4.5.2 ผลการศึกษาทางเคมีเนื้อไก่เจผัดซอสกอและที่ผ่านการการฆ่าเชื้อ 71
4.5.3 ผลการศึกษาทางเคมีกายภาพเนื้อไก่เจผัดซอสกอและที่ผ่านการการฆ่าเชื้อ .. 71
ตอนที่ 3.1 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและ
ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแตกต่างกัน 3 สภาวะ
4.5.4 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส 73
ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการในผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและ
4.6 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ 75
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 77
5.1 สรุปผลการวิจัย 77
5.2 ข้อเสนอแนะ 79

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

เอกสารอ้างอิง 80
ภาคผนวก 85
ภาคผนวก ก รูปภาพ 86
ภาคผนวก ข สถิติที่ใช้ในการวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดสอบ 91
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ทางกายภาพ 143
ภาคผนวก ง การวิเคราะห์ทางเคมี 147
ภาคผนวก จ การวิเคราะห์ทางเคมีกายภาพ 152
ภาคผนวก ฉ การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส 154

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	อิทธิพลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโปรตีน	5
2.2	ความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนบางชนิด	6
2.3	ปริมาณโปรตีนในอาหารชนิดต่างๆ	8
2.4	สเกลมาตรฐานสำหรับค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยว (chewiness)	30
4.1	ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมีและเคมีกายภาพของโปรตีนเกษตร 3 ชนิด	48
4.2	ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของโปรตีนเกษตร 3 ชนิด	51
4.3	ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมีและเคมีกายภาพของเนื้อไก่เจผัดซอสกอและทั้ง 3 อัตราส่วน	54
4.4	ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อไก่เจผัดซอสกอและ	57
4.5	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเนื้อไก่เจผัดซอสกอและ	61
4.6	ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมีและเคมีกายภาพผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อแตกต่างกัน 3 สภาวะ	65
4.7	ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อแตกต่างกัน 3 สภาวะ	68
4.8	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อแตกต่างกัน 3 สภาวะ	72
4.9	ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการในผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและ	75

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ถั่วเหลือง	9
2.2	ลักษณะเนื้อเทียมแช่แข็ง	13
2.3	ซอสกอและ	14
2.4	พริกแห้ง	15
2.5	หอมแดง	16
2.6	ถั่วลิสง	17
2.7	พริกไทย	17
2.8	ยี่หร่า	18
2.9	ลูกผักชี	19
2.10	กะทิ	20
2.11	ข้าว	21
2.12	แผนภาพค่าสี L* a* b* ในระบบ Hunter Lab	23
4.1	ผลการเตรียมโปรตีนเกษตรทั้ง 3 ชนิด	46

คำย่อ/สัญลักษณ์

คำย่อ/สัญลักษณ์	คำอธิบาย
TVP	โปรตีนเกษตร
WHC	ความสามารถในการอุ้มน้ำ
a_w	ปริมาณน้ำอิสระ
L*	ค่าความสว่าง
a*	ค่าสีแดงและสีเขียว
b*	ค่าสีเหลืองและสีน้ำเงิน

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงานพิเศษ

อาหารไทยนับว่าเป็นอาหารที่มีชื่อเสียงและเป็นที่รู้จักกันทั่วโลกและเป็นสัญลักษณ์ทางวัฒนธรรม ซึ่งอาหารประจำชาติไทยหรือ Original Thai Cuisine คืออาหารประเภทพริกแกงและเครื่องเทศเนื่องจากเป็นอาหารที่คนไทยรับประทานกันมาแต่โบราณ มีความเรียบง่ายสอดคล้องกับวิถีชีวิต วัฒนธรรมทางด้านอาหารมีความเคลื่อนไหวเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ มีการแลกและรับจากวัฒนธรรมอื่นนำมาปรับเปลี่ยนกับกับวัฒนธรรมเดิมตลอดจนเกิดเป็นรสนิยมเฉพาะตัว (กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2556)

อาหารมังสวิรัติ เป็นอาหารที่กำลังได้รับความนิยมอย่างมากจากผู้ที่สนใจในเรื่องสุขภาพและต้องการดูแลรักษาสุขภาพให้แข็งแรง ผู้ที่เคร่งศาสนา ตลอดจนผู้ที่ไม่ต้องการเบียดเบียนสัตว์ แต่จากสภาพสังคมที่มีความเร่งรีบทำให้ไม่มีเวลาในการประกอบอาหารด้วยตนเอง จึงจำเป็นต้องรับประทานอาหารนอกบ้าน ซึ่งบางครั้งไม่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้ เนื่องจากจำนวนผู้ประกอบการเกี่ยวกับร้านอาหารมังสวิรัติยังมีจำนวนจำกัด จึงจำเป็นต้องพัฒนาตำรับอาหารมังสวิรัติให้ทันสมัยและตรงกับความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบัน (จริยา, 2557)

ผลิตภัณฑ์อาหารจากถั่วเหลืองได้รับความนิยมจากกลุ่มผู้บริโภคมังสวิรัติเป็นอย่างมาก เนื่องจากถั่วเหลืองเป็นแหล่งของโปรตีนที่มีราคาถูกและหาซื้อได้ง่าย มีสารอาหารที่ให้ประโยชน์ต่อร่างกายหลายชนิด ได้แก่ กรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย (essential fatty acids), ใยอาหาร (dietary fiber) และสารในกลุ่มพวกพฤกษเคมี (phytochemical compounds) เป็นต้น แป้งถั่วเหลืองสามารถนำไปเป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ เช่น ผลิตภัณฑ์เนื้อ นม พาสตา เบเกอรี่ เครื่องดื่ม และผลิตภัณฑ์เนื้อเทียม เป็นต้น แป้งถั่วเหลืองมีหลายประเภทได้แก่แป้งถั่วเหลืองไขมันเต็ม (full fat soy flour: FSF), แป้งถั่วเหลืองพร่องไขมัน(defatted soy flour: DSF) โปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น (soy protein concentrate: SPC) และโปรตีนถั่วเหลืองสกัด (soy protein isolate: SPI) เป็นต้น แป้งถั่วเหลืองพร่องไขมันสามารถนำไปทำโปรตีนแยกส่วน เรียกว่า Soy Protein Isolate (SPI) และโปรตีนเข้มข้น เรียกว่า Soy Protein Concentrate (SPC) เพื่อทำเนื้อเทียมคุณภาพสูงที่ปราศจากแป้งได้อีกด้วย โปรตีนเหล่านี้เมื่อนำมาประกอบอาหารให้อยู่ในรสนิยมและระบบการบริโภคของคนไทยปรากฏว่าได้รับความนิยมและเรียกร้องให้มีการผลิตและจำหน่ายมากขึ้นในประเทศไทย โดยเฉพาะกลุ่มผู้งดการบริโภคเนื้อสัตว์(มังสวิรัติ) จะมีความต้องการอาหารที่เป็นโปรตีนอย่างมาก (ขจีรัตน์, 2548)

อาหารมังสวิรัติต่างจากอาหารทั่วๆ ไปตรงที่ไม่มีส่วนผสมของเนื้อสัตว์ซึ่งจะทำให้เกิดการขาดสารอาหารจำพวกโปรตีนที่สำคัญ จึงมีการนำถั่วที่มีปริมาณโปรตีนสูงมาเป็นส่วนผสมแทน เช่น ถั่วลิสง ถั่วเหลือง หรือผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง อาทิ เต้าหู้ โปรตีนเกษตร และนมถั่วเหลือง (จริยา, 2557)

โปรตีนเกษตรหรือเนื้อเทียมเป็นผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง (Dried Food) ผลิตจากแป้งถั่วเหลืองพร่องไขมัน ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการผลิตน้ำมันถั่วเหลือง (Soybean Oil) หรืออาจใช้โปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น (Soy Protein Concentrate) เป็นวัตถุดิบ โปรตีนเกษตรประกอบด้วยโปรตีนจากถั่วเหลืองมากถึงร้อยละ 50 ซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เนื่องจากมีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายครบทุกชนิด ใช้ประกอบเป็นอาหารเจและอาหารมังสวิรัติ มีราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อสัตว์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ริเริ่มผลิตในประเทศไทยโดยสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีวิธีการนำมาประกอบอาหารโดยแช่โปรตีนเกษตรในน้ำ โดยใช้โปรตีนเกษตร 1 ส่วนต่อน้ำ 2 ส่วน โปรตีนเกษตรจะดูดน้ำจนพองนิ่ม(หากแช่ในน้ำเดือดใช้เวลา 2 นาที) บีบน้ำออกก่อนนำไปประกอบอาหาร (จริยา, 2557)

อาหาร มังสวิรัติเป็นอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย มีผักและผลไม้ทำให้ได้รับกากใยอาหารมากพอ ช่วยในเรื่องการขับถ่าย โดยเฉพาะในผู้ใหญ่และผู้สูงอายุซึ่งมักจะมีปัญหาเรื่องท้องผูกและมีปัญหาเรื่องไขมันในเส้นเลือดสูงกว่าเกณฑ์ปกติอยู่แล้ว อาหารที่มาจากเนื้อสัตว์มักจะมีไขมันและน้ำมันจากสัตว์ปนอยู่ด้วย เป็นสาเหตุที่ทำให้คอเลสเตอรอลเพิ่มขึ้นและอาจเป็นสาเหตุของโรคหัวใจ โรคเบาหวานและอื่นๆ (จริยา, 2557)

จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์โปรตีนเกษตรผัดซอสกอและ เพื่อตอบสนองความต้องการของกลุ่มผู้บริโภคทั่วไปและผู้บริโภคมังสวิรัติในการนำส่วนผสมเครื่องแกงกอและซึ่งจะช่วยเพิ่มรสเผ็ดให้เป็นทางเลือกในการรับประทานอาหารมังสวิรัติให้มีรสชาติถูกปากคนไทยมากยิ่งขึ้น เป็นแนวทางให้แก่ภาคอุตสาหกรรมในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารที่มีคุณค่าทางสารอาหารครบถ้วนและเหมาะสมต่อรสนิยมการบริโภคของคนไทย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและเคมีกายภาพในโปรตีนเกษตร 3 ชนิดที่ใช้เป็นวัตถุดิบ
2. เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างโปรตีนเกษตรต่อซอสกอและในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์โปรตีนเกษตรผัดซอสกอและ
3. เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์โปรตีนเกษตรผัดซอสกอและ
4. เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาการในผลิตภัณฑ์โปรตีนเกษตรผัดซอสกอและ

1.3 ขอบเขตการศึกษา

โครงงานพิเศษได้ทำการศึกษาคุณสมบัติด้านต่างๆของโปรตีนเกษตรซึ่งเป็นวัตถุดิบหลัก ได้แก่ คุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและเคมีกายภาพเพื่อคัดเลือกโปรตีนเกษตรที่เหมาะสมแล้วจึงนำไปศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างโปรตีนเกษตรต่อซอสกอและ 3 ระดับ ได้แก่ อัตราส่วน 1:1, 1:2 และ 1:3 โดยทุกการทดสอบจะมีชุดควบคุมเป็นอัตราส่วน 1:0 นำทุกอัตราส่วนมาศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี เคมีกายภาพ และทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อคัดเลือกเพียงอัตราส่วนเดียวที่ได้ผลคะแนนการยอมรับโดยรวมดีที่สุดมาศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์โปรตีนเกษตรผัดซอสกอและซึ่งจะทำการศึกษาทั้งหมด 3 สภาวะแล้วนำมาทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี เคมีกายภาพ และทดสอบทางประสาทสัมผัส จากนั้นจะทำการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการในผลิตภัณฑ์โปรตีนเกษตรผัดซอสกอและ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี เคมีกายภาพ และลักษณะเนื้อสัมผัสวัตถุดิบโปรตีนเกษตร
2. ทราบอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างโปรตีนเกษตรต่อซอสกอและในการพัฒนาผลิตภัณฑ์โปรตีนเกษตรผัดซอสกอและ
3. ทราบสภาวะในการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์โปรตีนเกษตรผัดซอสกอและ
4. ทราบคุณค่าทางโภชนาการในผลิตภัณฑ์โปรตีนเกษตรผัดซอสกอและ

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 โปรตีน (Protein)

โปรตีน เป็นภาษากรีกมาจากคำว่า proteiose หมายถึง สิ่งแรก ซึ่งนายแพทย์นักเคมีชาวดัตช์ชื่อ Gerardus Mulder เป็นผู้ตั้งชื่อนี้ขึ้นในปี พ.ศ. 2481 เพราะเขาพบว่าสิ่งมีชีวิตไม่ว่าจะเป็นพืชหรือสัตว์ก็ตามมีสารชนิดหนึ่งที่จำเป็นต่อชีวิตอยู่จึงตั้งชื่อสารนี้ว่า โปรตีน

โปรตีนเป็นอินทรีย์สารในสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่มากที่สุด แต่ละโมเลกุลประกอบด้วยอะตอมหลัก 4 ชนิดคือ ไฮโดรเจนประมาณร้อยละ 6-7 คาร์บอนประมาณร้อยละ 50-55 ออกซิเจนประมาณร้อยละ 20-23 และไนโตรเจนประมาณร้อยละ 12-19 นอกจากนี้ในโมเลกุลของโปรตีนบางชนิดอาจมีกำมะถัน ฟอสฟอรัส เหล็ก ไอโอดีนหรือโคบอลต์อยู่ด้วย โดยเฉลี่ยแล้วโปรตีนจะมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ร้อยละ 16 และมีน้ำหนักโมเลกุลตั้งแต่ 10,000 ถึงหลายล้าน ซึ่งใหญ่กว่าโมเลกุลของคาร์โบไฮเดรตและไขมัน โปรตีนมีสภาพเป็นคอลลอยด์คือเป็นเนื้อเดียวกับน้ำ แต่ไม่ใช่น้ำบริสุทธิ์

มนุษย์ได้รับสารอาหารโปรตีนจากพืชและสัตว์ พืชสามารถสังเคราะห์โปรตีนได้เองโดยใช้ประโยชน์จากแหล่งอนินทรีย์ไนโตรเจน เช่น แอมโมเนีย ไนเทรต และไนไทรต์เปลี่ยนให้เป็นอินทรีย์ไนโตรเจน สำหรับคนและสัตว์ชั้นสูงโปรตีนจะสังเคราะห์ขึ้นภายในไรโบโซม โดยสังเคราะห์จากกรดอะมิโนที่ได้รับจากสารอาหาร นอกจากนั้นโปรตีนอาจจัดแบ่งตามคุณภาพทางโภชนาการโดยแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. โปรตีนประเภทสมบูรณ์ (complete proteins) คือโปรตีนที่มีกรดอะมิโนชนิดที่จำเป็นต่อร่างกายครบทุกชนิดในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย ช่วยในการบำรุงร่างกายให้แข็งแรงและช่วยในการเจริญเติบโตส่วนมากได้แก่ เนื้อสัตว์ต่างๆ และผลิตภัณฑ์จากสัตว์ เนยแข็งและถั่วเหลือง

2. โปรตีนประเภทไม่สมบูรณ์ (incomplete proteins) คือโปรตีนที่มีกรดอะมิโนชนิดที่จำเป็นต่อร่างกายไม่ครบทุกชนิด หรือมีครบทุกตัวแต่บางตัวมีปริมาณต่ำ เช่น ข้าวสาลีมีไลซีนและทรีโอนีนต่ำ ข้าวโพดมีไลซีนและทริปโตเฟนต่ำ ถั่วเมล็ดแห้ง (ยกเว้นถั่วเหลือง) มีเมทไทโอนีนต่ำ ดังนั้นจึงไม่สามารถบำรุงร่างกายให้แข็งแรง และไม่ช่วยในการเจริญเติบโตได้เท่าที่ควร (ปิ่นมณี, 2547)

2.1.1 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของโปรตีน

สมบัติทางกายภาพของโปรตีน

1. โปรตีนเป็นสารประกอบอินทรีย์ชนิดหนึ่ง โดยหลักแล้วการพิจารณาถึงความบริสุทธิ์ของสารประกอบอินทรีย์บางชนิดจะพิจารณาโดยใช้ค่าของจุดหลอมเหลว (melting point) แต่สารประกอบโปรตีนไม่มีจุดหลอมเหลว ดังนั้นเมื่อโปรตีนได้รับความร้อนสูงจะสลายตัวทันที โดยอุณหภูมิที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบโปรตีนแสดงในตารางที่ 2.1

2. รูปร่างและโมเลกุลของโปรตีนผันแปรมาก บางชนิดอยู่ในรูป fibrous บางชนิดมีรูปร่างคล้าย spindles หรือ cigar นอกจากนั้นสายพอลิเปปไทด์ของโปรตีนยังพับไปพับมา (folded) หรือบิดเป็นเกลียวสปริง (coiled) โดยมีพันธะไฮโดรเจนและพันธะไดซัลไฟด์เกิดขึ้นเพื่อยึดให้โมเลกุลโปรตีนมีรูปร่างคงอยู่ได้อย่างถาวร นอกจากนั้นโมเลกุลของโปรตีนยังอาจเกาะ (associate) อยู่กับโมเลกุลของสารอื่น ทั้งที่มีขนาดเล็กและขนาดใหญ่ โดยยึดติดกันอย่างหลวมๆหรือยึดติดกันอย่างเหนียวแน่นทำให้เกิดการดูดซับ (absorption) ได้ จึงเป็นการยากที่จะทำให้โปรตีนเหล่านี้บริสุทธิ์ได้ โปรตีนยังเป็นสารประกอบที่ค่อนข้างไว (sensitive) ต่อสารเคมีและสภาวะต่างๆได้ง่าย มีผลทำให้โครงสร้างของโปรตีนเปลี่ยนไป จึงเป็นการยากที่จะแยกโปรตีนออกจากแหล่งธรรมชาติโดยที่ไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างทางโมเลกุลของโปรตีน (ปิ่นมณี, 2547)

ตารางที่ 2.1 อิทธิพลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโปรตีน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	การเปลี่ยนแปลงหรือการสลายตัว
70-80	- พันธะไดซัลไฟด์แยกออก - โครงสร้างเฮลิกซ์เปิดออก - มีการตกตะกอนของโปรตีนที่ไวต่อความร้อน
80-100	- สูญเสียพันธะไดซัลไฟด์ - โครงสร้างโปรตีนคลายตัวมากขึ้น
100-150	- กรดอะมิโนไลซีนสลายตัว - สูญเสียกรดอะมิโนเซรีนและทรีโอนีน - เกิดไอโซเปปไทด์ - เกิดไลซิโนอลานีน
200-250	- เกิดไพโรไลซีสของกรดอะมิโนทุกชนิด
>300	-เกิดไพโรไลซีสได้เป็นสารที่มีสมบัติเป็นสารก่อมะเร็ง

ที่มา : ปิ่นมณี (2547)

สมบัติทางเคมีของโปรตีน

1. Amphoterism โปรตีนมีสมบัติเป็นได้ทั้งกรดและด่าง หมู่คาร์บอกซิลอิสระของโปรตีนสามารถแตกตัวทำปฏิกิริยากับด่างได้ ขณะเดียวกันหมู่อะมิโนอิสระของโปรตีนเป็นตัวรับไฮโดรเจน (hydrogen acceptors) และสามารถทำปฏิกิริยากับกรดได้

2. Hydration of proteins โปรตีนทำปฏิกิริยาไฮเดรชั่น (hydration) กับน้ำได้ เนื่องจากโมเลกุลของโปรตีนมีไนโตรเจนและออกซิเจนอะตอมที่มี unshared-pair electron เหลืออยู่ในหมู่อะมิโนและหมู่ -NH- ในพันธะเปปไทด์ ซึ่งสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับไฮโดรเจนอะตอมในโมเลกุลของน้ำได้ ทำให้โปรตีนสามารอุ้มน้ำได้ดี โปรตีนจึงมีคุณสมบัติเชิงหน้าที่ (functional properties) เมื่ออยู่ในอาหาร ตัวอย่างคุณสมบัติบางประการของโปรตีนเมื่ออยู่ในอาหาร เช่น water-holding capacity ซึ่งบทบาทหน้าที่จะขึ้นกับอันตรปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนกับน้ำ (water-protein interaction) ความสามารถในการอุ้มน้ำ (water-holding capacity) ของโปรตีนยังหมายถึง จำนวนกรัมของน้ำที่โปรตีนสามารถจับไว้ได้ต่อจำนวนกรัมของโปรตีน ซึ่งจะผันแปรตามจำนวนหมู่โพลาร์และ อะโพลาร์ โมเลกุลของน้ำจะจับกับหมู่ต่างๆในโมเลกุลของโปรตีนได้แตกต่างกัน ดังนั้นความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนจึงขึ้นกับชนิดและจำนวนของกรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของโปรตีน (ปิ่นมณี, 2547)

ตารางที่ 2.2 ความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนบางชนิด (กรัมน้ำต่อกรัมโปรตีน)

ชนิดของโปรตีน	ความสามารถในการจับกับน้ำ
ไรโบนิวคลีเอส	0.53
ไลโซไซม์	0.34
ไมโอโกลบิน	0.44
บีตา-แล็กโทโกลบูลิน	0.54
ไคโมทริฟซิโนเจน	0.23
ซีรัมแอลบูมิน	0.33
ฮีโมโกลบิน	0.62
คอลลาเจน	0.45
โอวัลบูมิน	0.30
เวย์โปรตีน	0.45-0.52
โปรตีนถั่วเหลือง	0.33

ที่มา : ปิ่นมณี (2547)

2.1.2 ความสำคัญของโปรตีนต่อร่างกาย

1. อาหารที่มีโปรตีนจะให้กรดอะมิโนซึ่งร่างกายนำไปใช้สร้างโปรตีนในเซลล์และเนื้อเยื่อต่างๆ ของร่างกาย การสร้างโปรตีนจำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตและซ่อมแซมส่วนต่างๆของร่างกาย โปรตีนเป็นส่วนประกอบของเซลล์ทุกเซลล์ ร่างกายต้องใช้โปรตีนสร้างและซ่อมแซมเนื้อเยื่อตลอดชีวิต ในผู้ใหญ่ที่หยุดการเติบโตแล้วจำเป็นต้องใช้โปรตีนในการซ่อมแซมเนื้อเยื่อที่มีอยู่แล้ว สร้างผม เล็บ หรือชั้นนอกของผิวหนังที่งอกขึ้นมาใหม่แทนส่วนที่หมดอายุแล้วหลุดไป ในหญิงตั้งครรภ์ต้องใช้โปรตีนสร้างเซลล์ของทารกในครรภ์ เป็นต้น

2. สร้างสารควบคุมการทำงานของร่างกายหลายชนิด ได้แก่ เอนไซม์ ฮอร์โมนและสารต่อต้านโรค (antibodies) ล้วนเป็นสารกลุ่มโปรตีนทั้งนั้น ดังนั้นผู้ที่ได้รับโปรตีนคุณภาพสมบูรณ์ไม่เพียงพอจึงมีความต้านทานโรคต่ำ อวัยวะต่างๆทำงานผิดปกติหรือบกพร่อง

3. โปรตีนทำหน้าที่รักษาสิ่งแวดล้อมในร่างกายให้คงที่ (hemeostasis) เช่น การรักษาความเป็นกรด-ด่างของร่างกายให้คงที่ หรือการรักษาสมดุลของน้ำในร่างกาย (water balance)

4. โปรตีนเป็นสารที่ให้พลังงานและความร้อน เช่นเดียวกับสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตและไขมัน โดยพบว่าโปรตีน 1 กรัม ให้พลังงานประมาณ 4 แคลอรี เมื่อใดที่ร่างกายได้รับพลังงานจากคาร์โบไฮเดรตและไขมันไม่เพียงพอร่างกายจะเผาผลาญโปรตีนมาใช้แทน

5. โปรตีนสามารถเปลี่ยนเป็นสารอื่นได้ เช่น เปลี่ยนเป็นคาร์โบไฮเดรตหรือไขมันตามความต้องการของร่างกาย หรือเปลี่ยนเป็นวิตามิน เช่น กรดอะมิโนทริปโตเฟนสามารถเปลี่ยนเป็นไนอะซินได้ถ้าร่างกายมีวิตามินบี 6 ไม่เพียงพอ

6. โปรตีนช่วยป้องกันโรคไขมันสะสมมากผิดปกติในตับได้ โดยเด็กที่เป็นโรคขาดสารอาหารประเภทโปรตีนมักมีไขมันสะสมมากผิดปกติที่ตับ และเมื่อรักษาด้วยอาหารที่มีโปรตีนประเภทสมบูรณ์พบว่าอาการดังกล่าวจะหายไป

7. ช่วยในการขนส่งสารต่างๆในเลือด เช่น ฮอร์โมน วิตามิน สารพวกลิปิด เกลือแร่และอื่นๆ

(ปิ่นมณี, 2547)

2.1.3 แหล่งของอาหารประเภทโปรตีน

พบว่าอาหารทุกชนิดที่ได้จากพืชและสัตว์จะมีโปรตีนเป็นส่วนประกอบอยู่ในปริมาณที่แตกต่างกัน พวกที่มีโปรตีนมากกว่าร้อยละ 10 ได้แก่ ปลา ถั่ว เนยแข็ง ไข่ นมและเนื้อสัตว์ โดยเฉพาะถั่วเหลือง สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนในอาหารนิยมวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมดแล้วคูณด้วย 6.25 ค่าที่ออกมาจะเป็นเปอร์เซ็นต์โปรตีนในอาหารชนิดนั้นๆ ซึ่งค่าที่ได้จะสูงกว่าความเป็นจริง เพราะในอาหารที่มาจากพืชและสัตว์ยังมีสารประกอบอื่นๆที่ไม่ใช่โปรตีนรวมอยู่ด้วย

โปรตีนในอาหารจากพืช

1. โปรตีนจากพืชผักชนิดต่างๆ มีปริมาณโปรตีนต่ำ เช่น ผลไม้มีโปรตีนประมาณร้อยละ 0.5-3 ผักมีโปรตีนประมาณร้อยละ 5-7 ดังนั้นพืชผักจึงไม่ใช่แหล่งสำคัญของโปรตีนในอาหาร

2. โปรตีนจากธัญพืชมีปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วงร้อยละ 7-12 โดยปริมาณโปรตีนจะผันแปรตามชนิดของพืช, พันธุ์ และฤดูกาล เช่น ข้าวบาร์เลย์มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 12-13, ข้าวโพดมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 9-10 และข้าวเจ้ามีปริมาณโปรตีนร้อยละ 7-9 เป็นต้น

3. โปรตีนจากถั่วเมล็ดแห้งและน้ำมันพืชมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าพืชอื่นๆ ที่สำคัญคือ ถั่วเหลือง, ถั่วลิสง, เมล็ดทานตะวัน และงา โดยพบว่าถั่วเหลืองมีปริมาณโปรตีนสูงที่สุดประมาณร้อยละ 32-46 (ปิ่นมณี, 2547)

ตารางที่ 2.3 ปริมาณโปรตีนในอาหารชนิดต่างๆ

ชนิดของอาหาร	ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)
ข้าวสุก	2.0
ข้าวสาร	6.7
เนื้อหมู	10.2
ถั่วเหลืองเมล็ดแห้ง (ต้มสุก)	11.0
ไข่	12.9
ข้าวสาลี	13.3
เนื้อวัว	16.5
เนื้อปลาคอด	17.6
เนื้อไก่	23.4
ถั่วเหลืองเมล็ดแห้ง (ดิบ)	34.1

ที่มา : ปิ่นมณี (2547)

2.1.4 ถั่วเหลือง

ถั่วเหลือง (ชื่อวิทยาศาสตร์: *Glycin max (L) Merr.* เป็นพืชที่อยู่ในตระกูล Leguminosae) มีชื่อภาษาอังกฤษว่า Soya Bean หรือ Soybean เป็นพืชตระกูลถั่ว ในถั่วเหลืองมีสารอาหารต่างๆ ซึ่งประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน แคลเซียม ฟอสฟอรัส และวิตามิน จึงทำให้ถั่วเหลืองมีสรรพคุณทางยาและคุณค่าทางอาหาร เช่น ใช้ใยอาหารที่มีในเมล็ดถั่วเหลืองเป็นอาหารของคนที่เป็นโรคเบาหวานแทนการฉีดอินซูลิน นอกจากนี้ในเมล็ดถั่วเหลืองยังมีเลซิตินซึ่งเป็นสารบำรุงสมองช่วย

เพิ่มความทรงจำและลดคลอเลสเตอรอลในร่างกายอีกด้วย ในการนำถั่วเหลืองมาใช้ประโยชน์นั้นส่วนใหญ่มักแปรรูปถั่วเหลืองเป็นนมถั่วเหลือง เต้าหู้ เต้าเจี้ยว และขนมหวานจำพวกเต้าส่วน ซึ่งล้วนแต่เป็นอาหารหรือส่วนประกอบในอาหารที่คนส่วนใหญ่รู้จักเป็นอย่างดี แต่ปัจจุบันได้มีการพัฒนาแปรรูปถั่วเหลืองให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความแปลกใหม่มากยิ่งขึ้น เพื่อเป็นอีกหนึ่งทางเลือกให้แก่ผู้บริโภค (กิตติยา และคณะ, 2555.)

รูปที่ 2.1 ถั่วเหลือง

ที่มา : https://www.108health.com/"ไอโซฟลาโวนส์"-ในนมถั่วเหลือง-ดีต่อสุขภาพผิว/

2.2 ผลิตภัณฑ์โปรตีนเกษตร

โปรตีนเกษตร เป็นชื่อผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะในหมู่นักทานอาหารมังสวิรัติและกินเจ เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมใช้แทนเนื้อสัตว์ มีรสชาติ เนื้อสัมผัส และมีคุณค่าทางอาหารคล้ายกับเนื้อสัตว์มากที่สุด ซึ่งโปรตีนเกษตรเริ่มผลิตเป็นครั้งแรกในเมืองไทยเป็นเวลากว่า 30 ปีมาแล้ว ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เทียมเป็นผลงานของสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เนื่องจากเด็กไทยเคยประสบภาวะขาดโปรตีน จึงเป็นจุดเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ โดยนักวิจัยเห็นว่าควรหาโปรตีนจากพืชมาทดแทน เพราะนอกจากจะมีคุณค่าทางโภชนาการสูงแล้วยังมีราคาถูกกว่าเนื้อสัตว์และสามารถเก็บรักษาได้นานกว่า 1 ปีโดยที่ไม่ต้องแช่เย็น (กว่าจะมาเป็นโปรตีนเกษตร. 2555)

กระบวนการผลิตแบบเอ็กซ์ทรูชัน คือ กระบวนการแบบต่อเนื่องที่มีการหมุน ผลัก พาวัตถุดิบให้ไหลผ่านช่อง (Channel) ภายในเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ภายใต้สภาวะควบคุมต่างๆ โดยวัตถุดิบจะถูกขับผ่านรูหน้าแปลน (die) ให้มีรูปร่างตามต้องการ กระบวนการผลิตแบบเอ็กซ์ทรูชันสามารถนำไปใช้งานในอุตสาหกรรมอาหารได้หลายลักษณะ เช่น การผสม (mixing) การขึ้นรูปอาหาร (forming) การ

ทำให้สุก (cooking) การทำให้พอง (puffing) การนวด (kneading) การเค้น (shearing) และการทำแห้ง (drying) (กระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน, 2561)

ปัจจัยหลักที่มีผลต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเอ็กซ์ทรูชันมากที่สุด คือ สภาวะการทำงานของเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์และสมบัติทางรีโอโลยีของอาหาร สมบัติของส่วนผสมของอาหารที่ป้อนเข้าสู่เครื่องมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและสีของผลิตภัณฑ์ที่ออกจากเครื่อง (เอ็กซ์ทรูเดต) ส่วนปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ความชื้น ขนาด และองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร โดยเฉพาะปริมาณและชนิดของแป้ง โปรตีน ไขมันและน้ำตาล การใช้วัตถุดิบที่มีโปรตีนสูงเป็นวัตถุดิบหลักนิยมใช้กับการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบหลัก เมื่อผ่านเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ออกมาแล้วจะมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างให้มีลักษณะผลิตภัณฑ์คล้ายเนื้อสัตว์ ถั่วเหลืองที่ใช้จะอยู่ในรูปของ soy flours, soy grits หรือโปรตีนถั่วเหลืองสกัด เช่น SPC (soy protein concentration), SPI (soy protein isolates) และกลูเตน (gluten) ซึ่งได้จากการนำแป้งสาลีมาผ่านกระบวนการล้างแล้วทำให้แห้ง (ขจีรัตน์, 2548)

High Shear Cooking Extruder เป็นเอ็กซ์ทรูเดอร์ที่มีแรงเฉือนสูง ทำผลิตภัณฑ์ได้หลายลักษณะ สกรูมีหลายแบบ มีความตื้นลึกและระยะห่างระหว่างเกลียวสกรูแตกต่างกัน รวมทั้งผนังภายในบาเรลก็มีแบบต่างๆกัน Jacket มีทั้งระบบให้ความร้อนและทำความเย็น วัตถุดิบที่ใช้มีความชื้นอยู่ในช่วงกว้างร้อยละ 10-28 โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความชื้นต่ำ วัตถุดิบที่ป้อนเข้าไปในเครื่องควรให้ความร้อนโดยใช้ไอน้ำหรือน้ำร้อนก่อน เมื่อป้อนเข้าไปในเครื่องจะช่วยให้ส่วนผสมมีอุณหภูมิสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว แป้งจะกลายเป็นเจลหรือวัตถุดิบมีการปรับโครงสร้างโมเลกุลใหม่ทำให้ส่วนผสมสุก และเมื่อผลิตภัณฑ์ออกพ้นหน้าแปลนก็จะเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งใช้เวลาค่อนข้างสั้นจึงจัดอยู่ในการแปรรูปอาหาร ประเภทการให้ความร้อนแบบ HIST และเรียกกระบวนการผลิตนี้ว่า “Thermoplastic extrusion” ผลิตภัณฑ์ที่ได้ เช่น ซีเรียลพร้อมทาน, อาหารขบเคี้ยว, โปรตีนเกษตร (กระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน, 2561)

ขั้นตอนการผลิตโปรตีนเกษตร เริ่มต้นจากการนำแป้งถั่วเหลืองพร่องไขมันเทใส่ลงในถังบรรจุแป้ง แล้วส่งต่อเข้าเครื่องเอกซ์ทรูดเดอร์เพื่อทำให้เกิดกระบวนการเอกซ์ทรูดชั่น โดยแป้งจะทำปฏิกิริยากับน้ำภายใต้ความร้อน, แรงดัน และเวลาที่กำหนด ทำให้โมเลกุลของโปรตีนในแป้งเสียสภาพจนยืดออกเป็นเส้น มีลักษณะยืดหยุ่น เหนียวและพองตัวคล้ายกับเนื้อสัตว์จริง แป้งถั่วเหลืองพร่องไขมันที่ผ่านกระบวนการเอกซ์ทรูดชั่น จะกลายเป็นโปรตีนเกษตรที่มีความชื้นจึงต้องนำเข้าเครื่องอบไล่ความชื้นเป็นเวลา 15 นาที เพื่อลดความชื้นให้เหลือไม่เกินร้อยละ 5 ตามมาตราอาหารแห้งขององค์การอาหารและยา จากนั้นจะนำไปบรรจุถุงตามขนาดต่างๆ (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2556)

จากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ พบว่าโปรตีนเกษตรไม่มีสารเมไทโอนีนซึ่งเป็นกรดอะมิโนสำคัญที่มีอยู่เนื้อสัตว์ทั่วไป ทีมนักวิจัยจึงนำสารเมไทโอนีนและแคลเซียมเติมลงไปในกระบวนการผลิตด้วย นอกจากนี้นักวิจัยกำลังพัฒนากระบวนการเอกซ์ทรูชั่นเพื่อทำให้โมเลกุลของโปรตีนที่เสื่อมสภาพมีความเหนียวและแน่นเนื้อคล้ายกับเนื้อสัมผัสของเนื้อสัตว์มากที่สุด รวมทั้งแนวทางการผลิตแป้งถั่วเหลืองพร่องไขมันซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักของการผลิตโปรตีนเกษตรเพื่อทดแทนการนำเข้าจากต่างประเทศที่ราคาในอนาคตอาจมีแนวโน้มขยับตัวสูงขึ้นเนื่องจากมีความต้องการสูง

โปรตีนเกษตร มีด้วยกันหลายแบบคือ โปรตีนเกษตรแบบปั่นหรือหมูสับ โปรตีนเกษตรแบบแผ่นกลม โปรตีนเกษตรแบบแผ่นสี่เหลี่ยม และโปรตีนเกษตรแบบก้อนกลม รวมทั้งเนื้อไก่เจ เป็นต้น (จุฬาลักษณ์, 2554)

2.2.1 เหตุผลที่ผลิตภัณฑ์โปรตีนเกษตรประสบความสำเร็จ เนื่องจากคุณลักษณะเด่นดังต่อไปนี้

1. ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดี เนื้อสัมผัสมีความยืดหยุ่น ฉีกออกได้เป็นแผ่นหรือเส้นคล้ายเนื้อสัตว์ มีสีน้ำตาลอ่อนออกเหลืองสม่ำเสมอ

2. สามารถดูดน้ำได้อย่างรวดเร็วโดยไม่สูญเสียรูปร่างและเนื้อสัมผัสที่มีความน่าเคี้ยว นอกจากนั้น ยังดูดซึมไขมันได้ดีด้วย

3. อายุการเก็บนาน สามารถเก็บรักษาในสภาพแห้งได้นานเป็นปีโดยไม่ต้องเก็บในตู้เย็น

4. ปริมาณจุลินทรีย์ต่ำ

5. เป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีโปรตีนสูง (ประมาณร้อยละ 50) และสามารถปรุงแต่งสี กลิ่น รส เพื่อทำเป็นผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่างๆได้หลากหลาย

6. อัตราการผลิตสูง และต้นทุนการผลิตต่ำ

7. ราคาถูกกว่าผลิตภัณฑ์คล้ายเนื้อที่ใช้กระบวนการผลิตแบบ Fiber spinning process นอกจากนั้น กรรมวิธีการผลิตก็สะดวกกว่า ไมยุ่งยาก และซับซ้อนเท่า (จุฬาลักษณ์, 2554)

ปัจจุบันมีการผลิตโปรตีนเกษตรที่ใช้กรรมวิธีการแช่น้ำก่อนปรุงอาหารหลากหลายรูปแบบ เช่น โปรตีนถั่วเหลือง โปรตีนแผ่นเล็ก โปรตีนแผ่นใหญ่ โปรตีนเส้น (บริษัท โยตา จำกัด) นอกจากนี้ยังมีผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมแช่แข็ง เช่น เนื้อไก่ (บริษัท ไทอี้ อาหารเพื่อสุขภาพ จำกัด)

เนื้อเทียม เป็นผลิตภัณฑ์โปรตีนจากพืชที่มีเนื้อสัมผัสและลักษณะปรากฏเลียนแบบเนื้อสัตว (meat-like texture product) ส่วนใหญ่ใช้โปรตีนถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบหลักในการแปรรูป จัดเป็นอาหารเพื่อสุขภาพที่เป็นแหล่งของโปรตีนและใยอาหาร กระบวนการผลิตเนื้อเทียมมีหลายวิธีการด้วยกัน อาทิเช่น การสร้างเส้นใยในสารละลายที่มีความเป็นกรดและด่างสูง (fiber spinning) กระบวนการอัดพอง (extrusion) การสร้างเนื้อสัมผัสด้วยไอน้ำ (steam texturization) และการสร้างเนื้อสัมผัสด้วยการกดอัด (press texturization) เป็นต้น โดยกระบวนการอัดพองหรือ

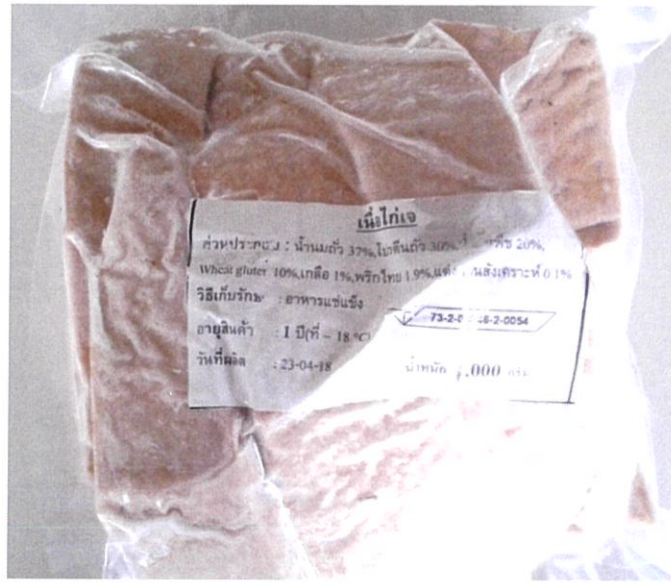
เอกซ์ทรูชันนั้นได้รับความนิยมนำมาใช้ในการผลิตเนื้อเทียมมากที่สุด เพราะนอกจากผลิตภัณฑ์ที่ได้มีเนื้อสัมผัสคล้ายเนื้อสัตว์แล้ว ยังมีต้นทุนในการผลิตต่ำ สามารถผลิตเนื้อเทียมได้อย่างต่อเนื่องในกระบวนการเดียวและสามารถแก้ไขปัญหาด้านสารต่อต้านโภชนาการในถั่วเหลืองได้ แม้ว่ากระบวนการหุงต้มแบบเอ็กซ์ทรูชัน (extrusion cooking) นำมาใช้ในการผลิตพาสตาและผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปจากธัญพืชมามากกว่า 60 ปีแล้ว แต่เพิ่งเริ่มนำมาใช้ในการผลิตเนื้อเทียมเมื่อเร็วๆ นี้ในปีค.ศ. 1970 ผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมที่มีเนื้อสัมผัสคล้ายเนื้อสัตว์จากโปรตีนถั่วเหลืองได้รับการพัฒนาในอุตสาหกรรมเป็นอย่างมากประมาณร้อยละ 95 ของผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมทั้งหมดทำจากเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์และกระจายไปทั่วภูมิภาคของโลกในรูปของแหง (ขจีรัตน์, 2548)

การสูญเสียสภาพดั้งเดิมของโปรตีนเป็นผลมาจากความร้อนและแรงเฉือน ซึ่งก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเป็นลำดับขั้นตอน เมื่ออุณหภูมิและปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นส่งผลให้โปรตีนเริ่มคลายตัวออกจากโครงสร้างแบบก้อนกลม ทำให้แรงดึงดูดทางไฟฟ้าสถิต พันธะไฮโดรเจน พันธะไดซัลไฟด์และแรงดึงดูดไฮโดรโฟบิกที่เชื่อมโยงโครงสร้างของระบบอยู่เกิดการแตกแยกออกหลังจากนั้นโมเลกุลโปรตีนที่เป็นเส้นสายมาเรียงตัวและรวมตัวกันในรูปแบบใหม่ ซึ่งมีผลของสภาวะการเฉือนเข้ามาสนับสนุนด้วย ทำให้ส่วนของโปรตีนบริเวณที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาเข้ามาใกล้กันจึงเกิดพันธะระหว่างโมเลกุล (intermolecular bonds) ขึ้น แสดงถึงโครงสร้างแบบเส้นใยของโปรตีนที่สูญเสียสภาพมีการสร้างพันธะไฮโดรเจน ไดซัลไฟด์ แรงดึงดูดไฮโดรโฟบิกและพันธะเอไมด์ขึ้นใหม่ (ขจีรัตน์, 2548)

การเกิดลักษณะโครงสร้างแบบเส้นใยเมื่อโมเลกุลโปรตีน เม็ดแกรนูลของสตาร์ช และอนุภาคต่างๆ ได้รับน้ำ ความร้อน และความดันจากกระบวนการเอกซ์ทรูชันเกิดการแตกแยกตัวออกจากโครงสร้างแล้วจึงมาเรียงตัวในสภาวะของแรงเฉือน ก่อให้เกิดโครงสร้างร่างแหแบบตาข่ายของโปรตีน (protein matrix) ในรูปแบบคล้ายเส้นใย น้ำอิสระในโดโปรตีนที่ร้อนบริเวณหัวแบบมารวมตัวกันเป็นหยดน้ำที่อยู่ในรูปไอน้ำร้อนยิ่งยวดที่สามารถระเหยและกระจายตัวออกอย่างกะทันหัน เมื่อผลิตภัณฑ์ผ่านรูเปิดของหัวแบบออกสู่ภายนอก ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่มีโครงสร้างแบบเส้นใยที่เชื่อมระหว่างชั้นเนื้อเยื่อของโปรตีน (plexilamella structure) ที่มีรูพรุนปรากฏอยู่ตลอดโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ (ขจีรัตน์, 2548)

กลูเตน (Gluten) เป็นโปรตีนในแป้งที่สามารถจับตัวเป็นโครงสร้างของโดที่มีสมบัติด้านความหนืดและยืดหยุ่น (Elasticity) โดยการเกิดพันธะไดซัลไฟด์ระหว่างโมเลกุลของกรดอะมิโน กลูเตนประกอบด้วยโปรตีนกลูตินิน (glutenin) ซึ่งมีสมบัติสำคัญต่อลักษณะความยืดหยุ่นของโด และโปรตีนไกลอะดิน (gliadin) ซึ่งมีปริมาณร้อยละ 30 ของโปรตีนข้าวสาลีจัดเป็นโปรตีนที่สามารถละลายได้ในแอลกอฮอล์มีความสำคัญในการปรับและควบคุมลักษณะความข้นหนืดของกลูเตน มีชื่อเรียกแตกต่างกันไปในธัญพืชแต่ละชนิด เช่น ไกลอะดินในข้าวสาลี, ฮอร์ดินในข้าวบาเล่ย์ และเซคาร์ลินในข้าวไรย์ (วิภา, 2556)

การแช่เยือกแข็งมีผลกระทบต่อคุณภาพของอาหารโดยตรง คือ ทำให้เซลล์ของเนื้อเยื่อแตก เนื่องจากเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ขึ้น เมื่อการแช่เยือกแข็งเกิดขึ้นอย่างช้าๆ การแช่เยือกแข็งจะมีผลน้อยมากต่อการเปลี่ยนแปลงของสารสี รสชาติ และคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร เมื่อนำอาหารแช่แข็งมาหลอมละลาย เซลล์ไม่สามารถคืนรูปและเต่งได้เหมือนเดิม อาหารจะมีเนื้อนิ่ม มีของเหลวจากภายในเซลล์ไหลออกมาเนื่องจากผนังเซลล์ถูกทำลาย แต่หากกระบวนการแช่เยือกแข็งเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นภายในเซลล์และช่องว่างระหว่างเซลล์จะมีขนาดเล็ก จะมีผลเสียหายต่อผนังเซลล์น้อยมาก และไม่เกิดความแตกต่างระหว่างความดันไอด้วย เซลล์ไม่เหี่ยวลง หรือมีการสูญเสียน้ำออกจากเซลล์เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ลักษณะเนื้อของอาหารแช่เยือกแข็งจะยังคงเดิม ทำให้อาหารแช่เยือกแข็งที่ได้มีคุณภาพดีและเมื่อนำไปละลายก็จะมีลักษณะปรากฏที่ดีด้วย (สายสนม และสงวนศรี, 2559)



รูปที่ 2.2 ลักษณะเนื้อเทียมแช่แข็ง

2.3 ซอสกอและ

รูปที่ 2.3 ลักษณะซอสกอและ

กอและหรือฆอและ เป็นอาหารมลายูปักษ์ใต้และมาเลเซีย เมนูนี้เป็นอาหารที่ชาวมุสลิมแถบชายแดนใต้ของไทยนิยมรับประทานกัน ส่วนประกอบหลักในการทำซอสกอและได้แก่ พริกแห้งหอมแดง ถั่วลิสง พริกไทย ยี่หร่า ลูกผักชี ข้าว และกะทิ เป็นต้น (ซอสไก่กอและ, 2561) ค่าสีของซอสกอและมีเกณฑ์มาตรฐานคือค่า L*= 40.55, ค่า a*= 33.54, ค่า b* = 40.35 (ซอสไก่กอและ, 2561) ส่วนประกอบเหล่านี้มีสรรพคุณที่มีประโยชน์ต่อร่างกายดังนี้

2.3.1 พริก (ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Capsicum spp.* อยู่ในตระกูล Solanaceae) เป็นพืชที่สำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง พริกในประเทศไทยมีหลายชนิดได้แก่ พริกขี้หนูใหญ่ พริกชี้ฟ้า พริกขี้หนูสวน พริกหยวก และพริกหวาน เป็นต้น พริกถูกนำมาใช้ประโยชน์ทั้งในรูปพริกสด พริกแห้ง รวมถึงผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ซอสพริก พริกป่น พริกดอง สีผสมอาหาร นอกจากนั้นยังนำสารสกัดจากพริกไปใช้ในเวชภัณฑ์ได้อีกด้วย ในประเทศไทย การปลูกพริกมีพื้นที่มากเป็นอันดับ 1 ราว 859,617 ไร่ จำนวนเกษตรกรที่ปลูกพริกมีประมาณ 125,000 ครัวเรือน ในปี2556 ผลผลิตพริก 171,725,889 ตัน ผลผลิตร้อยละ 60 เป็นพริกขี้หนูใหญ่ รองลงมาคือพริกขี้หนูเล็กประมาณร้อยละ27 และพริกใหญ่ประมาณร้อยละ9 (วีระ และเยาวรัตน์, 2557)

เนื่องจากอาหารไทยเป็นอาหารที่มีรสเผ็ดเป็นส่วนใหญ่ ความต้องการผลผลิตพริกในประเทศจึงมีมากในปริมาณที่ไม่จำกัด มีการจำหน่ายพริกร้อยละ 97 ใช้บริโภคในประเทศ ในจำนวนนี้ประมาณร้อยละ 20 ถูกแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น ซอสพริก น้ำพริกเผา พริกแกง ฯลฯ ที่เหลือประมาณร้อยละ 3 ถูก ส่งออกทั้งในรูปพริกสด พริกแห้ง พริกแช่แข็งและผลิตภัณฑ์แปรรูป (กมล, 2550)

พริกแห้ง (Dried Chilies) โดยทั่วไปมักจะนำไปคั่วและตำให้ละเอียดเพื่อใช้เป็นเครื่องปรุง นอกจากนั้นพริกแห้งยังนิยมใช้ในการทำอาหารประเภทแกง สรรพคุณของพริกช่วยทำให้เจริญอาหาร ช่วยไล่ลมในกระเพาะอาหาร, ลดเสมหะ, ขับปัสสาวะ และยังช่วยบรรเทาอาการอาหารไม่ย่อยอีกด้วย (พริกแห้ง, 2559)

รูปที่ 2.4 พริกแห้ง

2.3.2 หอมแดง (ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Allium ascalonicum*) เป็นพืชในวงศ์ Alliaceae เป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญของประเทศในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ หอมแดงเป็นพืชที่มีลำต้นสั้นและฝังอยู่ใต้ดิน หอมแดงมีรสฉุน ช่วยขับลม แก้ท้องอืด ช่วยย่อยและเจริญอาหาร แก้บวมน้ำ แก้อาการอักเสบต่างๆ ขับพยาธิ ช่วยให้ร่างกายอบอุ่น เมล็ดแก้อาเจียนเป็นเลือด แก้กินเนื้อสัตว์เป็นพิษ ร่างกายซูบผอม (ให้ใช้เมล็ดแห้ง 5-10 กรัมต้มน้ำดื่ม) ตำรายาไทยใช้หัวหอมแดงผสมรวมกับเหง้าเปราะหอมสุมหัวเด็กช่วยแก้หวัดคัดจมูก และกินเป็นยาขับลม หอมแดงมีสารเคอร์ซิตินและสารฟลาโวนอยด์ (quercetin และ flavonoid glycosides) อาจป้องกันโรคมะเร็งได้ หอมแดงยังมีคุณสมบัติเป็นยารักษาโรค ใช้ลดไข้และรักษาแผลได้ โดยเอาหัวหอมแดงมาซอยเป็นแว่นๆผสมกับน้ำมันมะพร้าวและเกลือ ต้มให้เดือดแล้วนำมาพอกแผล นอกจากนั้น หอมแดงยังช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือดและยับยั้งเส้นเลือดอุดตันด้วยการบริโภคผลสดหรือบริโภคชนิดผง (หอมแดง, 2559)

สรรพคุณทางยา ฟลาโวนอยด์ในหอมแดงมีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ การบริโภคหอมแดงเป็นประจำจึงสามารถลดระดับคอเลสเตอรอลและช่วยให้การไหลเวียนของเลือดดีขึ้น ลดไขมันในเส้นเลือดที่เป็นสาเหตุของโรคความดันโลหิตสูงและโรคหัวใจ สามารถป้องกันการติดเชื้อและช่วยบรรเทาอาการไข้หวัดได้ ทำให้เจริญอาหารและช่วยย่อยอาหาร ทั้งนี้ ฟลาโวนอยด์ที่ปริมาณสูงมากๆจะช่วยลดความเสี่ยงของโรคหัวใจ ลดความเสี่ยงต่อโรคมะเร็งได้ ในหอมแดงยังมีธาตุฟอสฟอรัสปริมาณสูง ช่วยให้มีความจำดี

การรับประทานหอมไม่มีอันตรายหรือผลข้างเคียง แต่เป็นผลดีกับร่างกายมากกว่าเพราะมีคุณค่าทางโภชนาการสูงมากอุดมไปด้วยวิตามินเอ วิตามินบี วิตามินซี วิตามินอี คุณค่าทางอาหารของหอมแดงในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม คือ มีน้ำเป็นส่วนประกอบ 88 กรัม โปรตีน 1.5 กรัม ไขมัน 0.3 กรัม คาร์โบไฮเดรต 9 กรัม ใยอาหาร 0.7 กรัม เถ้า 0.6 กรัม แคลเซียม 36 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 40 มิลลิกรัม เหล็ก 0.8 มิลลิกรัม วิตามินเอ 5 มิลลิกรัม วิตามินบี1 0.03 มิลลิกรัม วิตามินซี 2 มิลลิกรัม พลังงาน 160 กิโลจูล หอมแดงให้กลิ่นหอมเมื่อนำไปทอด หอมแดงจะมี soluble solid อยู่ระหว่าง 15-20 บริกซ์ ซึ่งมีส่วนประกอบของกรดแอมิโน S-allkyl cysteine sulphoxides ที่ให้ทั้งรสชาติและกลิ่นฉุนของหอมแดง (หอมแดง, 2559)

รูปที่ 2.5 หอมแดง

2.3.3 ถั่วลิสง (ชื่อวิทยาศาสตร์: *Arachis hypogaea L.*) จัดอยู่ในวงศ์ LEGUMINOSAE จัดเป็นพืชล้มลุก มีลำต้นสูงตั้งแต่ 15-70 เซนติเมตร ถั่วลิสงเป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และเป็นแหล่งของโปรตีนและพลังงาน โดยมีโปรตีนเทียบเท่ากับถั่วแดง ถั่วดำ และถั่วเขียว แต่น้อยกว่าถั่วเหลือง และยังมีกรดอะมิโนอีกหลายชนิดที่จำเป็นต่อร่างกาย ถั่วลิสงมีสารอาหารมากกว่า 30 ชนิด ให้

โซเดียมต่ำ มีไขมันไม่อิ่มตัวน้อย และยังปราศจากคอเลสเตอรอลด้วย มักใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารต่างๆเช่น แกงฮังเล น้ำพริกคั่ว น้ำจิ้ม น้ำพริกเผาทรงเครื่อง เป็นต้น (ถั่วลิสง, 2560)

รูปที่ 2.6 ถั่วลิสง

2.3.4 พริกไทย (ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Piper nigrum*) เป็นพืชที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นราชาของเครื่องเทศที่มีกลิ่นฉุนและเป็นเครื่องเทศที่ให้รสเผ็ดร้อน สามารถนำมาทำพริกไทยแห้ง ใช้เป็นเครื่องปรุงอาหาร ถ้าทำแห้งทั้งเปลือกจะได้ “พริกไทยดำ” เนื่องจากเปลือกเมื่อทำให้แห้งจะมีสีดำ ส่วน “พริกไทยขาว” ได้จากการลอกเปลือกออกก่อน ใช้ประกอบอาหารทั้งผลแห้งและผลสดที่มีสีเขียว หรือผลแห้งป่นเป็นผงที่เรียกว่าพริกไทยป่น

ด้านสรรพคุณทางยาพื้นบ้าน มีการใช้พริกไทยเป็นยาอายุรเวทในแถบเอเชียใต้ ส่วนมากใช้รักษาและบรรเทาอาการเกี่ยวกับระบบย่อยอาหาร ขับพยาธิ แก้ลมจุกเสียดแน่น ท้องอืดเฟ้อ ขับลม ขับเสมหะ ขับเหงื่อ ขับปัสสาวะ บำรุงธาตุแก้อาการอาหารไม่ย่อย ระงับอาการอาเจียน ผ่อนคลายอาการไม่สบายจากอาหารเป็นพิษจากอาหารทะเลและเนื้อสัตว์ (พริกไทย, 2561)

รูปที่ 2.7 พริกไทย

2.3.5 ยี่หร่า (มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า: *Ocimum gratissimum L.*อยู่ในวงศ์LAMIACEAE) ต้นยี่หร่าเป็นไม้พุ่มเตี้ย มีความสูงประมาณ 50-80 เซนติเมตร ผลยี่หร่า หรือเมล็ดยี่หร่า มีลักษณะเป็นรูปกลมรี แต่ละผลมีขนาดประมาณ 1 มิลลิเมตร เมื่อยังอ่อนจะเป็นสีเขียวแต่พอสุกหรือแก่แล้วจะกลายเป็นสีดำหรือสีน้ำตาลอ่อน ภายในผลมีเมล็ดขนาดเล็กจำนวนมาก ซึ่งผลจะนิยมนำมาตากแห้งหรือนำไปอบแห้ง เพื่อใช้ทำเป็นเครื่องเทศที่ใช้ประกอบอาหารเพื่อช่วยเพิ่มกลิ่นหอมให้อาหารน่ารับประทานมากยิ่งขึ้น และยังช่วยดับกลิ่นคาวได้

เมล็ดช่วยในการถนอมอาหารประเภทเนื้อสัตว์ ด้วยการนำมาป่นหรือตำผสมในเนื้อสัตว์เวลาหมัก เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยนั้นมีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ จึงช่วยป้องกันอาหารไม่ให้เกิดการบูดเน่าเสียเร็วขึ้น และยังช่วยป้องกันกลิ่นเหม็นอับของเนื้อสัตว์เวลาหมักก่อนนำไปตากแห้งอีกด้วย (ยี่หร่า, 2560)

รูปที่ 2.8 ยี่หร่า
ที่มา : https://medthai.com/ยี่หร่า/

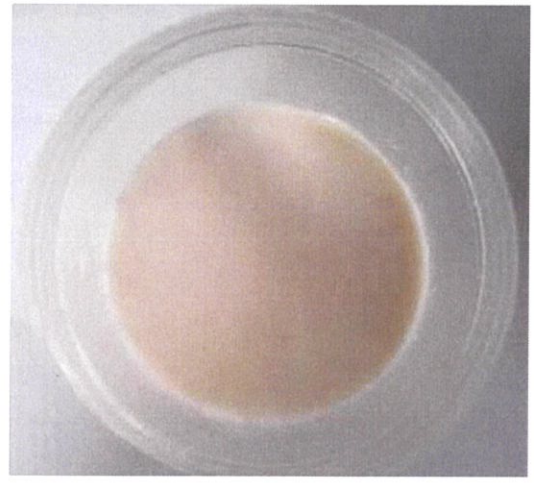
2.3.6 ลูกผักชี (Colander) เป็นเมล็ดของผักชี (ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Coriandrum sativum* เป็นพืชในตระกูล Parsley แต่คำว่า Colander ใช้เฉพาะส่วนของลูกผักชีซึ่งจะใช้เป็นเครื่องเทศ มีสีขาวหม่นหรือน้ำตาลซีด มีกลิ่นหอมของน้ำมันหอมระเหย (essential oil) ความหอมจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความแก่ของเมล็ด ลูกผักชีจะมีกลิ่นรสคล้ายพืชตระกูลส้ม มะนาว เนื่องจากมีสารในกลุ่ม terpenes linalool และpinene การใช้ในอาหารก่อนนำลูกผักชีไปประกอบอาหารต้องคั่วก่อน แล้วบดให้ละเอียดใช้เป็นส่วนผสมเพื่อปรุงแต่กลิ่นรสของอาหารหลายชนิด เช่น น้ำพริกแกงเขียวหวาน แกงเผ็ด พะแนง มัสมั่น นิยมใช้ร่วมกับเมล็ดยี่หร่า

สรรพคุณทางสมุนไพรของลูกผักชี แก้พิษตานซาง แก้กระหายน้ำ แก้ลมวิงเวียน แก้บิด ถ่ายเป็นเลือด แก้ริดสีดวงทวาร แก้ปวดฟัน ช่วยย่อยอาหาร ขับลม บำรุงธาตุ ต้มน้ำอาบเมื่อเป็นหัด แก้อาการคลื่นไส้อาเจียน ใช้ผลิตเป็นน้ำมันเมล็ดผักชี ซึ่งเป็นน้ำมันหอมระเหย (พิมพ์เพ็ญ, 2561)

รูปที่ 2.9 ลูกผักชี

ที่มา : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2800/coraninder-seed-ลูกผักชี

2.3.7 กะทิ เป็นส่วนประกอบในการทำอาหาร มีลักษณะเป็นน้ำสีขาวข้นคล้ายนม ได้มาจากการคั้นน้ำจากเนื้อมะพร้าวแก่ สีและรสชาติที่เข้มข้นของกะทิมาจากน้ำมันมะพร้าวและน้ำตาลมะพร้าวที่อยู่ในเนื้อมะพร้าว โดยมีรสชาติมันและหวาน น้ำกะทิใช้ประกอบอาหารไทยหลายประเภท เช่น อาหารจำพวกแกงและขนมหวานต่างๆ เตรียมได้จากเติมน้ำในมะพร้าวขูด คั้นน้ำมันมะพร้าวออกจากเนื้อมะพร้าวและกรองแยกกากของแข็งออก ในการผลิตระดับครัวเรือนใช้มือคั้น และในระดับอุตสาหกรรมใช้เครื่องบีบคั้น น้ำกะทิที่ได้มีสีขาวขุ่นลักษณะคล้ายนม มีองค์ประกอบหลักคือน้ำประมาณร้อยละ 50 และน้ำมันมะพร้าวประมาณร้อยละ 30-40 น้ำกะทิมีค่าพีเอช ประมาณ 6 จัดเป็นอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ อายุการเก็บรักษาสั้น น้ำกะทินำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์น้ำกะทิสำเร็จรูปเพื่อให้มีอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้น (สุวิมล, 2557)



รูปที่ 2.10 กะทิ

2.3.7.1 การให้ความร้อนต่อคุณสมบัติของน้ำกะทิ

การให้ความร้อนเป็นการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ ช่วยทำให้น้ำกะทิสามารถเก็บรักษาได้นานขึ้น อาจเป็นการให้ความร้อนแบบพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส หรือการให้ความร้อนแบบสเตอริไรซ์ที่อุณหภูมิสูง 121 องศาเซลเซียส น้ำกะทิที่ผ่านการสเตอริไรซ์สามารถเก็บรักษาได้นานกว่า 24 เดือน การให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงเช่นนี้ทำให้โปรตีนในกะทิเสื่อมสภาพธรรมชาติ โปรตีนจับตัวเป็นก้อนหรือเกิดเป็นตะกอนทำให้อิมัลชันกะทิเปลี่ยนสภาพและสูญเสียความคงตัว พบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น อนุภาคน้ำมันเกาะกลุ่มกันมากขึ้นทำให้ชั้นครีมมีลักษณะหนาขึ้นและทำให้อนุภาคน้ำมันเกิดการรวมตัวเป็นอนุภาคน้ำมันขนาดใหญ่เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 80 องศาเซลเซียส (สุวิมล, 2557)

การให้ความร้อนส่งผลต่อลักษณะทางกายภาพของน้ำกะทิ วิทยากระแสของอิมัลชันกะทิเปลี่ยนไปเมื่อให้ความร้อน โดยค่าความหนืดปรากฏแปรผกผันกับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น สีของน้ำกะทิขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและระยะเวลาให้ความร้อน การให้ความร้อนในระยะเวลาที่นานทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Maillard reaction) ระหว่างกรดอะมิโนและน้ำตาลรีดิวซ์ซิง ทำให้ค่าสี Hunter L/b (Lightness/Blueness-Yellowness) ลดลง โดยเสนอแนะว่าการให้ความร้อนเพื่อการสเตอริไรซ์ที่ค่า F_0 = 5 นาที อุณหภูมิสูงที่ 121.1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ให้สีที่เป็นยอมรับมากกว่าการให้ความร้อนที่อุณหภูมิที่ต่ำกว่าเป็นระยะเวลานานกว่า เช่น ที่อุณหภูมิ 109.3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 160 นาที หรือที่อุณหภูมิ115.6 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 110 นาที (สุวิมล, 2557)

รูปที่ 2.11 ข้าว

2.3.8 ข้าว (ชื่อวิทยาศาสตร์: *Oryza sativa*) เป็นเมล็ดของพืชในสกุลข้าวที่พบมากในเอเชีย ข้าวเป็นธัญพืชซึ่งประชากรโลกบริโภคเป็นอาหารสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทวีปเอเชีย จากข้อมูลเมื่อปี 2553 ข้าวเป็นธัญพืชซึ่งมีการปลูกมากที่สุดเป็นอันดับสามทั่วโลก รองจากข้าวสาลีและข้าวโพด ข้าวเป็นธัญพืชสำคัญที่สุดในด้านโภชนาการและการได้รับแคลอรีของมนุษย์ เพราะข้าวโพดส่วนใหญ่ปลูกเพื่อจุดประสงค์อื่น มิใช่ให้มนุษย์บริโภค ทั้งนี้ ข้าวคิดเป็นพลังงานกว่าหนึ่งในห้าที่มนุษย์ทั่วโลกบริโภค หลังการเก็บเกี่ยวข้าวจะถูกนำมาลดความชื้นเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา และบางส่วนนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ประเทศไทยมีข้าวอยู่หลากหลายสายพันธุ์ เช่น ข้าวหอมประทุม กข 7 กข 41 และอื่นๆ ที่ใช้บริโภคภายในประเทศและส่งออกต่างประเทศทำรายได้จำนวนมหาศาล แต่หากแบ่งกลุ่มของข้าวตามปริมาณอะไมโลสสามารถแบ่ง ได้ 3 กลุ่ม ได้แก่ ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำจะมีลักษณะเหนียวนุ่ม ข้าวที่มีอะไมโลสปานกลางจะมีลักษณะค่อนข้างร่วนไม่แข็งและข้าวที่มีอะไมโลสสูง จะมีลักษณะร่วนและแข็งแรง ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่างกันมีผลต่อระยะเวลาในการหุงต้ม การอุ้มน้ำ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวแตกต่างกัน มีรายงานวิจัยแสดงให้เห็นว่าข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูงข้าวหุงสุกจะยิ่งแข็งและการขยายปริมาตรของข้าวหุงสุกก็ยิ่งสูงเช่นกัน (งามชื่น และคณะ, 2547)

2.4 ค่าสีของผลิตภัณฑ์อาหาร

สีนอกจากจะเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สามารถบ่งบอกถึงคุณภาพแล้ว ยังมีผลต่อความชอบและการยอมรับของผู้บริโภค สีแสดงถึงความสดใหม่หรือบ่งบอกการเสื่อมเสียของอาหาร การทำความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการมองเห็นสี การตรวจวัดจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับผู้ที่ปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับการวัดค่าสี ปัจจัยที่สำคัญในการมองเห็นสีประกอบด้วย แหล่งกำเนิดแสง (light source)

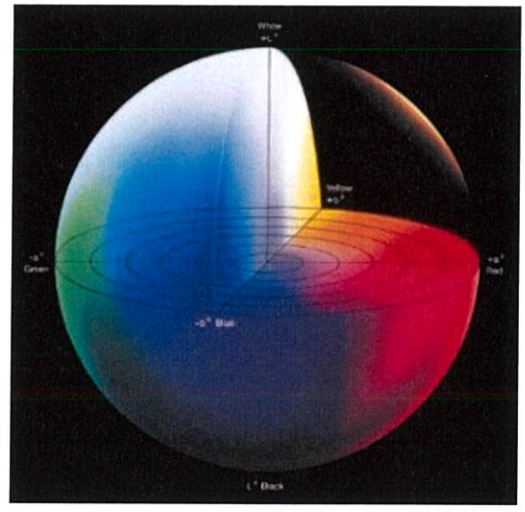
วัตถุที่เราต้องการมองเห็นสี (objective) มุมมองผู้สังเกตการณ์ (observer) หรืออุปกรณ์จับสัญญาณแสง (spectrometer)

ระบบ CIE LAB องค์กรที่มีบทบาทสำคัญในการกำหนดมาตรฐานด้านสีระบบ CIE Lab scale คือ Commission International de l'Eclairage (CIE) หรือในชื่ออังกฤษวา International Commission on Illumination (http://www.cie.co.at/cie/) ซึ่งมีสำนักงานใหญ่อยู่ในประเทศฝรั่งเศส ในระยะแรก CIE ได้กำหนดสเกลการวัดสีเป็น X-Y-Z ซึ่งใช้บรรยายสีแดง(Red), เขียว (Green) และน้ำเงิน(Blue) แต่เนื่องจากระบบสีดังกล่าวไม่สามารถบรรยายถึงลักษณะความมืด-สว่างของสีได้ ต่อมาได้พัฒนามาเป็นระบบ X-Y-L ซึ่งบรรยายถึงค่าสีแดง, เขียว และความสว่าง (lightness) แต่ระบบดังกล่าวก็ยังขาดส่วนที่บรรยายถึงค่าน้ำเงิน ต่อมาจึงได้พัฒนาระบบสีมาเป็นระบบที่ยอมรับและใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน คือระบบ L* a* b* ซึ่งเป็นระบบการบรรยายสีแบบ 3 มิติ ใช้หลักของสีที่ตรงข้ามกันอ่านตามแกน 3 แกนได้เป็น 3 คา (ดังรูปที่ 2.11) โดยแสดงค่าเป็น L* a* และ b* ซึ่งจะให้ค่าสีโดย L* เป็นค่าความสว่าง (Lightness) ค่าสี a* เป็นค่าสีแดงและสีเขียว (Redness/Greeness) และค่าสี b* เป็นค่าสีเหลืองและสีน้ำเงิน (Yellowness/Blueness)

ค่าสีL* คือค่าแสดงความสว่างของสี มีค่าอยู่ในช่วง 0-100 กรณีถ้า L* มีค่าเป็น 0 หมายถึงมืด(darkness) และกรณีถ้ามีค่าเป็น 100 หมายถึงสว่าง(lightness)

ค่าสีa* คือค่าแสดงความเป็นสีแดงและเขียว (redness/greenness) กรณีถ้า a* มีค่าเป็นบวก หมายถึงสีแดง และกรณีถ้าa* มีค่าเป็นลบหมายถึงสีเขียว

ค่าสีb* คือค่าแสดงความเป็นสีเหลืองและน้ำเงิน (yellowness/blueness) กรณีถ้าb* มีค่าเป็นบวกหมายถึงสีเหลือง และกรณีถ้าb* มีค่าเป็นลบหมายถึงสีน้ำเงิน (การวัดค่าสี, 2558)



รูปที่ 2.12 แผนภาพค่าสี L* a* b* ของระบบ Hunter Lab

ที่มา : https://www.pballtechno.com/article/18/การวัดสี-color-measuring

2.5 ความชื้นและปริมาณน้ำอิสระ

2.5.1 การวิเคราะห์ความชื้นและปริมาน้ำ

ความชื้น คือสารที่สูญเสียไปจากอาหารเมื่อเพิ่มความร้อนให้แก่อาหารนั้น ความร้อนที่ให้จะต้องมีอุณหภูมิไม่สูงกว่าจุดเดือดของน้ำหรืออาจปล่อยอาหารตั้งทิ้งไว้ในสารดูดความชื้นหรือให้ความร้อนในสภาพสุญญากาศน้ำหนักที่สูญหายไปจากอาหารซึ่งเข้าใจว่าเป็นน้ำนั้นความจริงแล้วเป็นสารที่ระเหยได้ทั้งหมดที่หายไป ณ ที่อุณหภูมินั้น ส่วนกากหรือของแข็งแห้งที่เหลืออยู่หลังจากน้ำระเหยออกไปหมดแล้วเรียกว่าของแข็งทั้งหมด ความชื้นในอาหารมีความสำคัญต่ออาหารหลายประการแต่การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นให้ได้ผลแน่นอนทำได้ยาก น้ำที่อยู่ในอาหารมี 3 รูปแบบ ได้แก่

1. Bound water คือ น้ำที่รวมอยู่กับสารประกอบในอาหารด้วยพันธะทางเคมี (chemically bond) เป็นน้ำที่รวมอยู่ในผลึก (water of crystallization หรือ hydrated)

2. Adsorbed water คือ น้ำที่ถูกดูดซับอยู่เป็นชั้นที่ผิวนอกของส่วนประกอบในอาหารเป็นการรวมกันทางกายภาพ (physically bound)

3. Bulk or Free water คือน้ำที่เป็นส่วนประกอบในอาหารที่แยกอยู่เป็นอิสระและระเหยกลายเป็นไอได้ง่ายเมื่อนำอาหารไปอบหรือทำให้แห้ง

เนื่องจากอาหารทุกชนิดประกอบด้วยส่วนประกอบทางเคมีชนิดต่างๆ เป็นสารเนื้อผสมและมีน้ำทั้ง 3 รูปเป็นส่วนประกอบอยู่ในปริมาณที่แตกต่างกัน วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำหรือความชื้นในอาหารมีหลายวิธี โดยจะผันแปรไปตามชนิดของอาหารซึ่งเกี่ยวข้องกับน้ำทั้ง 3 รูป ที่มีอยู่ในอาหาร วิธีการที่นิยมใช้ได้แก่ วิธีการอบแห้ง เป็นการหาน้ำหนักของตัวอย่างที่หายไปเนื่องจากการระเหยของน้ำที่มีอยู่ในอาหารได้กลายเป็นไอน้ำ ที่อุณหภูมิใกล้จุดเดือดหรือที่จุดเดือดของน้ำ วิธีนี้ให้ผลค่อนข้างแน่นอนแต่ต้องคำนึงเสมอว่าการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำ หรือความชื้น อาจมีพวกน้ำมันระเหยที่เป็นส่วนประกอบอยู่ในตัวอย่างสูญเสียไปด้วยเมื่ออบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส น้ำที่สูญเสียไปจะเป็น free water ส่วน bound และ adsorbed water แยกออกจากอาหารได้ยากเพราะมันเกาะตัวกับโปรตีนที่มีอยู่ในอาหาร โดยเฉพาะพวกธัญพืชและถั่วเมล็ดแห้งต่าง ๆ ปริมาณ free water ที่มีอยู่ในอาหารจะสูญเสียเพิ่มมากขึ้น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ดังนั้นในการเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้ โดยวิธีการอบแห้งจะต้องทำในสภาวะเดียวกัน การสูญเสียน้ำหนักของอาหารตัวอย่างจะช้าหรือเร็วยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ ได้แก่ ขนาดของอนุภาค น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้ ชนิดของภาชนะที่ใช้อบ และความผันแปรของอุณหภูมิภายในตู้อบระหว่างชั้นที่วางอาหารตัวอย่าง เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสูงสุดจะแตกต่างกันที่อุณหภูมิต่างกัน และในเวลาที่ต่างกันเพราะการอบแห้งที่แต่ละอุณหภูมิ free water และ bound water ระเหยออกไปไม่

เท่ากัน ถึงแม้สัดส่วนของ bound water จะลดลงขณะที่อุณหภูมิที่ใช้ในการอบเพิ่มขึ้น (การวิเคราะห์สารอาหารบางชนิด, 2561)

2.5.2 ปริมาณน้ำอิสระ (Water activity: a_w)

เป็นค่าที่แสดงระดับพลังงานของน้ำซึ่งมีความสำคัญต่ออายุการเก็บ การเสื่อมเสีย และความปลอดภัยของอาหาร เป็นปัจจัยที่ชี้ระดับปริมาณน้ำต่ำสุดในอาหารที่เชื้อจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและใช้ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างๆ สามารถใช้ค่า a_w ในการประเมินว่าเชื้อจุลินทรีย์ชนิดใดเป็นหรือไม่เป็นสาเหตุที่ทำให้อาหารเสีย ตลอดจนใช้ในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารที่เกิดขึ้นจากเชื้อจุลินทรีย์ได้ เพราะเชื้อจุลินทรีย์จะเจริญเติบโตได้ภายใต้ค่า a_w ที่จำกัด โดยจะต้องทำให้อาหารมีค่า a_w ต่ำกว่าที่เชื้อจุลินทรีย์จะเจริญเติบโตได้

นิยามค่า a_w เป็นอัตราส่วนของความดันไอ (vapour pressure) ของน้ำในอาหาร (P) ต่อความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ (P_o) ที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน หรือวัดได้จากความชื้นสัมพัทธ์เหนืออาหารในสภาวะสมดุล (Equilibrium Relative Humidity, ERH) หารด้วย 100 ค่า a_w มีค่า ตั้งแต่ 0-1 (กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2556)

การจำแนกอาหาร สามารถแบ่งอาหารตามค่า a_w ออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

1. อาหารสด (fresh food) เป็นอาหารที่เน่าเสียง่าย (perishable food) ที่มีค่า a_w มากกว่า 0.85 เช่น เนื้อสัตว์ ผัก ผลไม้ อาหารทะเล

2. อาหารกึ่งแห้ง (intermediate moisture food) หมายถึง อาหารที่มีค่า a_w ระหว่าง 0.6-0.85 เช่น นมข้นหวาน ผลไม้แช่อิ่ม กุ้งปรุงรส

3. อาหารแห้ง (dried food) หมายถึงอาหารที่มีค่า a_w น้อยกว่า 0.6 เช่น นมผง ผักผลไม้อบแห้ง กุ้งแห้ง น้ำผลไม้ผง เก๊กฮวยผงชงดื่ม กระชายผงชงดื่ม หมูหยอง (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 144 พ.ศ.2535)

2.5.3 ความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำอิสระกับความปลอดภัยอาหาร (food safety)

น้ำเป็นส่วนประกอบสำคัญในอาหารมีบทบาทสำคัญต่อการเสื่อมเสียของอาหาร (food spoilage) น้ำเป็นตัวทำละลายที่ดีและมีส่วนร่วมในปฏิกิริยาต่างๆ ซึ่งมีผลโดยตรงกับคุณภาพและความปลอดภัยของอาหาร น้ำในอาหารอยู่รวมตัวกับสารอาหารต่างๆได้แก่ ของคาร์โบไฮเดรต, โปรตีน, ลิพิด และกรดเกลือ โมเลกุลของน้ำถูกยึดเหนียวไว้ด้วยสารหลากหลายชนิดด้วยพันธะต่างๆ หมู่ไฮดรอกซิล (-OH) หมู่อะมิโนด้วยแรงดึงดูดที่แตกต่างกัน ซึ่งแรงยึดเหนี่ยวของน้ำกับโมเลกุลของสารอื่นมีผลให้โมเลกุลของน้ำมีอิสระที่จะเคลื่อนที่น้อยลงและมีระดับพลังงานต่ำลง

นอกจากนี้ น้ำยังมีบทบาทต่อการทำงานของเอนไซม์ (enzyme) การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (non enzymatic browning reaction) การเหม็นหืน (rancidity)

จากการออกซิเดชันของลิพิด (lipid oxidation) ปริมาณน้ำอิสระสัมพันธ์กับสมบัติเชิงวิศวกรรมด้านต่างๆ ของอาหาร เช่น Rheological property, thermal properties

ปฏิกิริยาเมลลาร์ดหรือปฏิกิริยาสีน้ำตาลและปฏิกิริยาออกซิเดชันไขมันเป็นปฏิกิริยาที่สำคัญที่สุด เกิดขึ้นในอาหารที่มีค่า a_w ต่ำ อาหารแห้งส่วนใหญ่โดยเฉพาะอาหารที่มีความชื้นปานกลางจะเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลโดยไม่ต้องอาศัยเอนไซม์ ปฏิกิริยาสีน้ำตาลขึ้นกับน้ำและมีอัตราสูงสุดที่ระดับความชื้นปานกลาง เนื่องจากน้ำมีบทบาทเป็นตัวทำละลายและเป็นตัวยับยั้งปฏิกิริยาด้วย ขีดจำกัดของปฏิกิริยาที่ค่า a_w ต่ำ คือการไม่สามารถเคลื่อนที่ของสารได้ ดังนั้นการเติมน้ำจะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงขึ้น (กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2556)

2.5.4 ปริมาณน้ำอิสระกับอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร

เนื่องจากค่า a_w เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในอาหาร ดังนั้นวิธีการควบคุมค่า a_w จึงเป็นวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์และยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร โดยจะควบคุมให้อาหารมีระดับค่า a_w ต่ำกว่าค่าที่เชื้อจุลินทรีย์ชนิดนั้นๆจะเจริญเติบโตได้ สิ่งสำคัญของการป้องกันการเสื่อมเสียเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์คือการป้องกันการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่สร้างสารพิษได้ เช่น *Clostridium botulinum* ซึ่งจะไม่สามารถเจริญได้ที่ระดับค่า a_w ต่ำกว่า 0.93 เป็นต้น

นอกจากการควบคุมค่า a_w แล้วยังสามารถใช้เทคโนโลยีที่เรียกว่า Hurdle Technology ซึ่งเป็นการผสมผสานเทคนิคการถนอมอาหารแบบต่างๆมาใช้ร่วมกัน เช่น การใช้อุณหภูมิสูง การควบคุมค่าพีเอช การใช้สารกันเสีย การเติมส่วนผสม (Ingredient) และอื่นๆ เป็นต้น (กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2556)

2.6 เนื้อสัมผัส

มีการนิยามคำว่า Food texture โดย International Organization for Standardization ในปี ค.ศ.1992 International Standard ISO 5492 ในคำศัพท์ของเรื่อง sensory analysis ซึ่งนิยามไว้ว่าเป็นสมบัติทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับสมบัติเชิงกล สมบัติเชิงเรขาคณิตและสมบัติของผิวของผลิตภัณฑ์ที่รับรู้โดยเชิงกล ในประเทศไทยได้มีการให้คำแปลของคำว่า texture ว่าเนื้อสัมผัส

เนื้อสัมผัส หมายถึง การตอบสนองของวัสดุต่อการสัมผัส แสดงถึงการต้านทานแรงของวัตถุ เมื่อพิจารณาในกรณีของผลผลิตทางการเกษตรและอาหาร เนื้อสัมผัสเป็นสมบัติเชิงกลที่เกิดจากการตอบสนองผลผลิตทางการเกษตรและอาหารต่อแรงที่กระทำ ตัวอย่างแรงที่กระทำได้แก่ แรงกดจากการซ้อนทับกันของผลไม้ แรงจากการกระแทก แรงที่กระทำเนื่องจากการบดเคี้ยวอาหาร แรงที่เกิดจากการสัมผัสด้วยมือ แรงที่เกิดจากการกระทำของเครื่องจักรต่อส่วนผสมของอาหาร เป็นต้น (เพ็ญขวัญ, 2536)

2.6.1 การรับรู้เนื้อสัมผัสและการประเมินทางประสาทสัมผัส

การรับรู้เนื้อสัมผัสทำได้โดย 3 ทาง ได้แก่ การรับรู้โดยการเคี้ยวภายในปาก การรับรู้โดยการสัมผัสด้วยมือ และการรับรู้โดยการฟังเสียงขณะเคี้ยว การรับรู้ที่มีผลต่อผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นการรับรู้โดยการเคี้ยวในปาก ก่อนที่อาหารจะเข้าสู้ปาก ผู้บริโภคจะคาดหวังมากเกี่ยวกับรสชาติ และเนื้อสัมผัส เมื่ออาหารเข้าไปในปากแล้วก็จะถูกกัด และเคี้ยว คลุกเคล้าในระหว่างลิ้นและเพดาน โครงสร้างของอาหารจะถูกทำลายซึ่งมีผลต่อรสชาติและมีกลิ่นที่ออกมาจากอาหาร อาหารที่ร้อนจะเย็นลง และอาหารที่เย็นจะอุ่นขึ้น อาหารจะถูกเจือจางด้วยน้ำลาย น้ำลายจะช่วยหล่อลื่นขณะเคี้ยวอาหาร การกัดครั้งแรกเป็นขั้นตอนสำคัญในการรับรู้เนื้อสัมผัสของอาหาร ซึ่งมีผลต่อการเคี้ยวอาหารในครั้งต่อๆไป อาหารจะถูกกัดด้วยฟันซี่หน้า บางชนิดถูกกัดด้วยฟันข้างแก้ม การเคี้ยวครั้งต่อไปทำโดยการกัดด้วยฟันข้างแก้ม อาหารที่ถูกบดจะคลุกเคล้ากับน้ำลายโดยลิ้น และทยอยกลืนลงไป ลิ้นจะทำความสะอาดในช่องปาก หากมีอาหารหลงเหลืออยู่ลิ้นและกล้ามเนื้อภายในปากจะช่วยรวบรวมอาหารที่เหลืออยู่และกลืนลงไป (เพ็ญขวัญ, 2536)

เมื่อประสาทสัมผัสต่างๆสัมผัสอาหารแล้ว สมองก็จะรับรู้เนื้อสัมผัสนั้น แสดงผลการสัมผัสว่ารู้สึกอย่างไร การประเมินประสาทสัมผัสโดยใช้คนนั้นจะแตกต่างกันไปแล้วแต่บุคคล ซึ่งจะกำหนดเนื้อสัมผัสออกมาเป็นคำพูด เพื่อใช้ในการสื่อสารความรู้สึกและมีการบอกระดับความรู้สึกมากหรือน้อย แต่การประเมินทางประสาทสัมผัสเพื่อการวิจัยจะมีการควบคุมสภาพแวดล้อมและขั้นตอนการประเมินอย่างรัดกุม เพื่อลดความรู้สึกอคติให้มากที่สุด ซึ่งความรู้สึกเหล่านั้นอาจทำให้ผู้ประเมินทำแบบประเมินไม่ถูกต้องตามความเป็นจริงได้ (เพ็ญขวัญ, 2536)

2.6.2 เนื้อสัมผัสกับคุณภาพของผลผลิตทางการเกษตรและอาหาร

คุณภาพของผลผลิตทางการเกษตรและอาหาร มักจะหมายถึง คุณภาพในการเป็นอาหาร ซึ่งเน้นถึงความน่ารับประทาน ความอร่อยในการรับประทาน และคุณค่าทางอาหารต่อสุขภาพ แต่ในกรณีที่ต้องการรู้คุณภาพเพื่อบ่งชี้ลักษณะ การเปรียบเทียบประเภทของผลผลิตทางการเกษตรและอาหาร ก็อาจจะไม่เกี่ยวข้องกับคุณภาพในการรับประทานเลย

คุณภาพทางประสาทสัมผัส (Sensory characteristics) ของอาหารหรือคุณภาพในการรับประทานอาหาร ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ 1. ลักษณะปรากฏ (Appearance) 2. รสชาติ (Flavor) และ3. เนื้อสัมผัส (texture) โดยประเภทแรกจะเกี่ยวข้องกับความน่ารับประทาน ซึ่งเป็นคุณภาพภายนอก เช่น สี, ขนาด, รูปร่าง และลักษณะผิว เป็นต้น คุณภาพภายนอกนี้เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติทางคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า หรือคุณสมบัติเชิงแสง (Optical proportion) ส่วนสองประเภทหลังคือ รสชาติ/รสสัมผัส (จืด หวาน เค็ม เปรี้ยว เผ็ด กลิ่น) และเนื้อสัมผัส (นุ่ม เหนียว กรอบ ฉ่ำ ความแน่นเนื้อ ความแข็ง เป็นต้น) เกี่ยวข้องกับความอร่อยในการรับประทานอาหารโดยตรง เป็นคุณภาพภายใน รสสัมผัสเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติทางเคมี และเนื้อสัมผัสเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติเชิงกล

โดยทั่วไปรสชาติจะขึ้นอยู่กับสูตรอาหารที่ใช้และแทบจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงระหว่างกระบวนการแปรรูป ทั้งนี้ยกเว้นการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการหายใจของอาหารสดและการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดหรือความหวานเนื่องจากในระหว่างการหมัก อาหารสดประกอบด้วยส่วนผสมของสารระเหยที่ซับซ้อนและให้กลิ่นรสต่างๆ สารเหล่านี้อาจเกิดการสูญเสียระหว่างกระบวนการแปรรูป จึงทำให้กลิ่นรสเจือจางลงหรือแสดงกลิ่นรสของสารประกอบอื่นแทน นอกจากนั้นยังอาจมีสารระเหยเกิดขึ้นเนื่องจากกระบวนการให้ความร้อน การใช้รังสี ปฏิกิริยาออกซิเดชันของโปรตีน ไขมันและคาร์โบไฮเดรต ตัวอย่างเหล่านี้ได้แก่ ปฏิกิริยาเมลลาร์ดระหว่างกรดอะมิโนและน้ำตาลรีดิวซ์หรือหมู่คาร์บอนิล สารที่เกิดจากการย่อยสลายไขมันหรือไฮโดรไลซิสไขมันไปเป็นกรดไขมันและเปลี่ยนไปเป็นแอลดีไฮด์ เอสเตอร์และแอลกอฮอล์ กลิ่นของอาหารที่ได้รับเกิดจากสารประกอบต่างๆ หลายร้อยชนิดรวมกัน โดยสารบางชนิดอาจมีผลทำให้ความเข้มของกลิ่นรสอื่นๆเพิ่มมากขึ้น (วิไล, 2547)

2.6.3 คุณสมบัติทางรีโอโลยี (Rheology)

รีโอโลยี คือการศึกษาการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและการไหลของวัตถุดิบส่วนผสมและผลิตภัณฑ์อาหาร ลักษณะรีโอโลยีของอาหารจัดเป็นส่วนหนึ่งของลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร เนื่องจากเนื้อสัมผัสของอาหารเกิดจากการสังเกตลักษณะอาหารเมื่อเคี้ยวในปาก ซึ่งในขณะเคี้ยวอาหารเราจะได้รับสัมผัสให้ทราบว่าอาหารนั้นๆ มีลักษณะเนื้อสัมผัสเป็นอย่างไร ในขณะที่รีโอโลยีคือการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและการไหลของอาหาร ซึ่งลักษณะของอาหารที่เราเคี้ยวมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสที่เราได้รับสัมผัส เช่น อาหารนั้นเปียกชุม อุ้มน้ำ หรือสามารถดูดซับน้ำลายเราได้หรือสามารถปลดปล่อยความชื้น หรือไขมันออกมาได้อาหารบางชนิด การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิขณะเคี้ยวในปากมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัส เช่น ไอศกรีม เยลลี่อาจจะหลอมเหลวภายในปาก ในขณะที่ไขมันในน้ำซุปร้อนๆอาจจะเคลือบลิ้นเราได้ขณะเคี้ยว ลักษณะเนื้อสัมผัสจะได้รับความรู้สึกขณะเคี้ยวในขณะที่อาหารนั้นมีการเปลี่ยนแปลงรีโอโลยีไปดังกล่าว รีโอโลยีจัดเป็นสิ่งที่สำคัญต่อ food technologist เพราะมีประโยชน์ต่อการสังเกตการยอมรับด้านอาหารในด้านต่างๆ ดังนี้

1. ด้านลักษณะปรากฏ (Appearance) รีโอโลยีจะเกี่ยวข้องกับโครงสร้างและคุณสมบัติเชิงกล

2. ด้านลักษณะกลิ่นรส (Flavor) รีโอโลยีจะเกี่ยวข้องกับการ breakdown ของอาหารในปากจนกระทั่งปลดปล่อยสารที่ให้กลิ่นรส (Flavor compounds)

3. ด้านลักษณะสัมผัส (Touch) รีโอโลยีจะเกี่ยวข้องกับลักษณะเนื้อสัมผัสและการคืนตัวของอาหารเช่น การลองใช้นิ้วมือกดเนื้อปลาสดจะคืนตัวเร็วกว่าปลาไม่สด (สมจินตนา, 2542)

2.6.4 ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร

การที่จะให้ผู้บริโภคยอมรับคุณภาพอาหารนั้น เนื้อสัมผัสของอาหารมีส่วนเกี่ยวข้องอย่างมาก การวัดค่าเนื้อสัมผัส คือการวัดค่าความรู้สึกสัมผัส (kinesthetic) โดยการพยายามออกแบบเครื่องมือที่ใช้วัดค่าทางกายภาพที่แสดงถึงความรูสึกสัมผัสของมนุษย์ทั้งความรูสึกสัมผัสที่เกิดจาก มือ (finger feel), ความรูสึกสัมผัสที่เกิดจากปาก (mouth feel) เช่น การเคี้ยวอาหาร ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเครื่องมือวัดค่าแรงต้านที่เกิดจากการสัมผัสซึ่งอาจจะเป็นการวัดค่าแรงต้านเดี่ยวและแรงต้านร่วมที่เกิดจากการสัมผัส เช่น การวัดแรงต้านการเคี้ยวอาหาร เป็นการวัดค่าแรง Shear-pressure การวัดค่าแรงต้านการสัมผัสมีการวัดค่าแรงต่อไปนี้

1. แรงบด (compression force) คือการวัดค่าแรงที่เกิดจากการกดหรือบีบเพื่อทำให้ปริมาณของตัวอย่างลดลง แต่ไม่ถึงกับทำลายให้รูปทรงของตัวอย่างแตกออก

2. แรงเฉือนแยก (shear force) คือการวัดค่าแรงที่ทำให้เกิดการแยกตัวโดยการเลื่อนออกจากกัน ซึ่งส่วนหนึ่งของตัวอย่างจะเลื่อนแยกออกจากส่วนเดิม

3. แรงตัด (cutting force) คือการวัดค่าแรงที่ทำให้ตัวอย่างขาดออกจากกัน โดยแต่ละส่วนที่แยกออกไปนั้นจะคงรูปเดิมอยู่เพียงแต่ขาดออกเป็นส่วนๆ มีรอยแยกเรียบเป็นระเบียบ

4. แรงฉีก (tensile strength) คือการวัดค่าแรงที่ทำให้ตัวอย่างแยกออกจากกันด้วยการออกแรงไปในทิศทางตรงกันข้ามกันทำให้เกิดการแบ่งแยกออกจากกันโดยมีรอยแยกไมเป็นระเบียบ สิ่งที่ต้านแรงแยก คือความเหนียว (toughness) เช่น ความเหนียวของเส้นใย หรือความเหนียวของเส้นด้ายหรือเส้นเชือก

5. แรงบด-แยก (shear-pressure) คือการวัดค่าแรงร่วมของแรงสองอย่าง คือแรงแยกบด (compression) และแรงแยกตัว (shear) ซึ่งเกิดขึ้นกับตัวอย่างในเวลาเดียวกัน เช่น แรงที่เกิดจากการเคี้ยวอาหารด้วยฟันของมนุษย์

วิธีทดสอบเนื้อสัมผัสอาหารอาจแบ่งประเภทใหญ่ๆ ไดดังนี้

5.1 การใช้คน (Subjective)

วิธีทางตรง ทดสอบโดยการใช้อวัยวะภายในปาก (Oral) ได้แก่ Mechanical property, Geometrical property, Chemical property

วิธีทางอ้อม ทดสอบโดยการใช้อวัยวะอื่นๆ (Non-oral) ได้แก่ Fingers, Hand, Others

5.2 การใช้เครื่องมือ (Objective)

5.2.1 วิธีทางตรง (Direct methods) ได้แก่ Fundamental, Empirical, Imitative

5.2.2 วิธีทางอ้อม (Indirect method) ได้แก่ Optical, Chemical, Acoustical (จินตนา , 2544)

2.6.5 การวัดลักษณะเนื้อสัมผัสโดยใช้วิธี Texture Profile Analysis

การวัดลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยวิธี Texture Profile Analysis วิธีนี้ใช้วัดลักษณะเนื้อสัมผัสในรูปของแรงกล (Mechanical), ลักษณะรูปร่าง (geometrical), ลักษณะที่เป็นไขมันและน้ำมัน (fat) และลักษณะที่มีความชื้น (moisture) แสดงระดับของแต่ละคุณลักษณะและลำดับที่เกิดขึ้นจากการกัดครั้งแรกจนเคี้ยวหมด

การอธิบายลักษณะเนื้อสัมผัสโดยใช้ประสาทสัมผัสจำเป็นต้องจำแนกความรู้สึกออกเป็น 3 ขั้นตอนตามลำดับคือ ความรู้สึกเมื่อกัดคำแรก, ความรูสึกเมื่อเคี้ยว และความรูสึกหลังจากเคี้ยว ลักษณะแรงกล (Mechanical) เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาอาหารที่มีต่อแรงที่กระทำภายในปากระหว่างรับประทาน แบ่งเป็น

ปัจจัยหลัก : Hardness, cohesiveness, springiness, adhesiveness

ปัจจัยรอง : chewiness, gumminess, ความแตกเปราะ (fracturability) (จินตนา, 2544)

ลักษณะเนื้อสัมผัสที่ได้ทั้ง 7 ลักษณะโดยมีนิยามดังนี้

1. Fracturability (ความเปราะหรือความกรอบ) คือ แรงจุดแรกที่ทำให้โครงสร้างภายในชิ้นอาหารเสียหาย แต่ไม่แตกออกจากกัน นิยมอธิบายความเปราะเป็นอาหารที่แตกง่าย, กรอบ, เปราะ

2. Hardness (ความแข็ง) คือแรงที่มีค่ามากที่สุดในช่วงการกดครั้งแรก (First Bite) ซึ่งนิยมอธิบายความแข็งเป็น นิ่ม, เหนียวแน่น, แข็งแรง

3. Cohesiveness คือ อัตราส่วนพื้นที่ของแรงที่เป็นบวกในการกดครั้งที่สองต่อครั้งที่หนึ่ง หรือความสามารถในการยึดเกาะกันภายในชิ้นอาหาร

4. Adhesiveness (การเกาะตัวกันของอาหาร) คืองานที่ต้องใช้ในการดึงหรือความสามารถในการยึดติดของชิ้นอาหาร ซึ่งก็คือพื้นที่ของแรงที่เป็นลบในการกดครั้งแรก

5. Springiness คือ ความสามารถของชิ้นอาหารที่กลับสู่สภาวะเดิม ซึ่งก็คือระยะทางหรือความยาวระหว่างการกัดครั้งที่สอง ซึ่งวัดจากระยะเริ่มต้นตั้งแต่หัวกดสัมผัสกับชิ้นอาหารจนกระทั่งถึงจุดที่ค่าแรงมากที่สุดในช่วงการกดครั้งที่สอง โดยใช้กราฟที่แสดงระหว่างแรงกดกับระยะทางที่อาหารถูกกด Springiness ยังนิยมใช้อธิบายในลักษณะของความสามารถในการยืดหยุ่นของอาหารอีกด้วย

6. Gumminess (พลังงานการเคี้ยวอาหารกึ่งแข็งกึงเหลว) คือ พลังงานที่ใช้ในการทำให้อาหารกึ่งของแข็งแยกตัวออกจนถึงขั้นพรอมที่จะกลืนได้ ซึ่งได้จากผลคูณของ Hardness กับ Cohesiveness นิยมอธิบาย Gumminess เป็นผง ปน มีลักษณะคล้ายแป้งเปียก เหนียวคล้ายยาง

7. Chewiness (พลังงานการเคี้ยวอาหารแข็ง) คือ พลังงานที่ใช้ในการเคี้ยวอาหารแข็ง จนถึงขั้นพร้อมที่จะกลืนซึ่งได้จากผลคูณของ Gumminess กับ Springiness หรือผลคูณของ Hardness คูณกับ Cohesiveness และคูณกับ Springiness นิยมอธิบาย Chewiness เป็นอ่อนนุ่ม, เหนียว (สันตกิจ, 2544) สเกลมาตรฐานแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 สเกลมาตรฐานสำหรับค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยว (chewiness)

ค่าสเกลมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้งที่เคี้ยว	ผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง	โรงงานผลิต
1	10	ขนมปังที่ทำจากข้าวไรย์	Pector baking Co.
2	17	ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์	Meat product Corp.
3	25	หมากฝรั่ง	Fred W. Amend Co.
4	32	เนื้อสเต็กส์	-
5	34	Black crow	Mason Candy Corp.

ที่มา: เพ็ญขวัญ ชมปรีดา, 2536.

2.6.6 การวิเคราะห์และแปรผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพประสาทสัมผัส (sensory evaluationsแบ่งออกเป็น 2 ประเภทดังนี้

1. Sensory evaluation I (Analytical sensory testing) เป็นการประเมินคุณภาพโดยใช้ผู้ประเมินที่ได้รับการฝึกฝนทางด้านประสาทสัมผัสต่ออาหารชนิดนั้นเป็นอย่างดี จุดประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เฉพาะด้าน เช่น ในการผลิตไวน์ในแต่ละครั้งรสและกลิ่นของไวน์จะต้องเหมือนกันทุกๆครั้ง จึงจะได้มาตรฐานเดียวกัน การประเมินจะต้องทำในห้องปฏิบัติการที่จัดสำหรับการทดสอบโดยใช้ประสาทสัมผัสเนื่องจากต้องการความแม่นยำสูง

2. Sensory evaluation II (Measuring consumer perception) เป็นการประเมินคุณภาพโดยใช้ผู้ ประเมินทั่วไปโดยไม่ต้องได้รับการฝึกฝน จุดประสงค์เพื่อสำรวจการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคทั่วไป การประเมินสามารถกระทำทั้งในห้องปฏิบัติการและสถานที่ทั่วไป

2.6.6.1 ประเภทของผู้ทดสอบชิม (sensory evaluation panels) แบ่งเป็น 3 ประเภท

1. Highly trained expert ใช้เพื่อประเมินคุณภาพอาหาร
2. Laboratory panels ใช้เพื่อประเมินคุณภาพอาหาร
3. Large consumer panels ใช้เพื่อทำนาย consumer reaction

การใช้ผู้ชิมที่ผ่านการฝึกฝนในการทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัส มีประโยชน์มากต่อการควบคุมคุณภาพและเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่สำคัญในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ การควบคุมปัจจัยต่างๆ เช่น สภาพแวดล้อมของห้องทดสอบ การเตรียมตัวอย่าง วิธีการเสนอตัวอย่างเป็นสิ่งสำคัญในการควบคุมเพื่อลดผลกระทบต่อการตัดสินใจของผู้ทดสอบชิม และการคัดเลือกผู้ชิมควรคัดเลือกผู้ชิมที่มีลักษณะอารมณ์คงที่และมีประสาทสัมผัสไว Sensory tests แบ่งเป็น 3 ประเภท

ใหญ่ๆ ในที่นี้จะกล่าวเน้นถึงวิธีการที่สามารถใช้ในการทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร ซึ่งมีหลายวิธีดังนี้

1. Preference/Acceptance Tests จัดเป็น affective test คือเป็นการวัดความชอบหรือการยอมรับที่มีต่อผลิตภัณฑ์ โดยวัดความรู้สึกของผู้ชิมต่อผลิตภัณฑ์นั้น วิธีนี้ไม่นิยมใช้ในการทดสอบ food texture แต่ใช้ในการสำรวจความคิดเห็นของผู้บริโภค (consumer's opinion) ต่อผลิตภัณฑ์ซึ่งผู้บริโภคอาจจะให้ข้อสังเกตหรือข้อมูลบางอย่างทางด้านเนื้อสัมผัสได้บางส่วน แม้ว่าในแบบสอบถามไม่ได้ถามคำถามที่เฉพาะเจาะจงก็ตาม

2. Discriminatory Tests ใช้ทดสอบเพื่อดูความแตกต่างของ 2 ตัวอย่าง โดยไม่ได้คำนึงถึงความชอบหรือไม่ชอบต่อตัวอย่างนั้น เป็นวิธีที่ใช้ในการแยกแยะความแตกต่างอาจใช้ในการทดสอบเนื้อสัมผัสอาหารดังนี้

2.1 Triangle Test ใช้ 3 coded samples มาให้ผู้ชิมทดสอบแล้วให้บอกว่าตัวอย่างคู่ใดที่เหมือนกัน และตัวอย่างใดที่แตกต่างจากอีกสองตัวอย่างนั้น วิธีการนี้มีประโยชน์ต่อการควบคุมคุณภาพมากและใช้ในการคัดเลือกผู้ชิมด้วยแต่ไม่ใช้วิธีนี้เมื่อมีจำนวนตัวอย่างมากกว่า 2 ตัวอย่าง หรือในกรณีตัวอย่างไม่เป็นเนื้อเดียวกัน

2.2 Paired Comparisons ใช้สองตัวอย่างให้ผู้ชิมเปรียบเทียบความแตกต่างที่กำหนดเฉพาะ เช่น ลักษณะความแน่นเนื้อ ผู้ทดสอบชิมจะต้องระบุว่าตัวอย่างใดแตกต่างจากอีกตัวอย่างหนึ่งถึงแม้การชิมแล้วบางครั้งรู้สึกว่าตัวอย่างไม่มีความแตกต่างก็ตาม วิธีนี้ใช้กับการเปรียบเทียบสองตัวอย่างเท่านั้น

2.3 Ranking โดยการให้ผู้ชิมเรียงลำดับความเข้มข้นของลักษณะที่ให้สังเกตมักใช้วิธีนี้ในการคัดเลือก 1หรือ 2 ตัวอย่างออกจากหลายๆตัวอย่าง ซึ่งวิธีนี้ทำได้รวดเร็วและทดสอบหลายๆตัวอย่างได้ในครั้งเดียวแต่วิธีนี้ไม่ได้บอกถึงขนาดของความแตกต่างของแต่ละตัวอย่าง และผลที่ได้เป็นการเปรียบเทียบภายในกลุ่มที่ทดสอบเท่านั้น จึงไม่สามารถนำไปเปรียบเทียบกับตัวอย่างกลุ่มอื่นๆได้

2.4 Scoring ผู้ชิมจะให้คะแนนตัวอย่างตามลักษณะที่กำหนดการให้คะแนนอาจเป็นระดับ 1-9 การกำหนดคำแต่ละระดับคะแนนควรกำหนดให้เป็นในทางอธิบายลักษณะ คุณสมบัติของตัวอย่างให้เข้าใจชัดเจน ไม่ควรกำหนดคำเกี่ยวกับความรู้สึกชอบ ไม่ชอบ การทดสอบโดยการให้คะแนนนี้จะเป็นการให้คะแนนตามลักษณะความเข้มของคุณลักษณะที่สังเกต แต่จะไม่ใช้ความรู้สึกชอบหรือไม่ชอบในการตัดสินใจ

2.5 Scaling เป็นการให้คะแนนโดยใช้ interval scale ตัวอย่างของ interval scale ที่รู้จักกันดีได้แก่ หน่วยองศาเซลเซียสและองศาฟาเรนไฮต์ที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิซึ่งช่วงของ interval scale จะให้ข้อมูลที่บอกความแตกต่างของค่าที่วัด นอกจากนี้ยังมี ratio scale ที่มักใช้ใน

การทำ sensory evaluation เช่น ในการทำ magnitude estimate นิยมใช้ในการวัดค่า texture ของอาหาร

3. Descriptive tests ใช้เพื่อการหาคุณลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์และใช้ดูความเข้มของความแตกต่างระหว่างตัวอย่างจัดเป็นวิธีพรรณนา เป็นวิธีที่นิยมใช้ในการรวบรวมรายละเอียดของลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร ซึ่งมีหลายวิธีการดังนี้

3.1 Texture Profile Analysis

3.2 Quantitative Descriptive Analysis (QDA) (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2547)

2.7 กระบวนการฆ่าเชื้อในผลิตภัณฑ์อาหาร

การฆ่าเชื้อเชิงการค้า (Commercial Sterillization) หมายถึง การแปรรูปอาหารด้วยความร้อน (Thermal processing) ทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารปราศจากเชื้อโรคที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคและไม่มีจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสียของอาหารซึ่งสามารถเจริญในอาหารภายใต้สภาวะการเก็บรักษาปกติที่อุณหภูมิห้อง นั่นคือทำให้อาหารอยู่ในสภาวะปลอดเชื้อแบบเชิงการค้า (commercial Sterillity) การฆ่าเชื้อแบบเชิงการค้านี้ไม่ได้เป็นการทำให้ปลอดเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Sterillization) แต่เพื่อคงคุณภาพของอาหารไว้ไม่ให้เสื่อมเสียเนื่องจากความร้อนที่สูงเกินไป อาจเหลือจุลินทรีย์บางชนิด เช่น แบคทีเรียที่ทนร้อนสูง (Thermophilic bacteria) รวมทั้งสปอร์ของแบคทีเรีย (Bacterial spore) ที่ทนร้อน อย่างไรก็ตาม จุลินทรีย์ที่เหลือรอดนี้จะไม่สามารถเจริญเติบโตได้ภายใต้สภาวะการเก็บรักษาและขนส่งปกติ ทำให้อาหารเก็บรักษาได้นานที่อุณหภูมิปกติ และปลอดภัยต่อการบริโภค (การใช้ความร้อนฆ่าเชื้อในอาหาร, 2560) การใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้ออาหารแต่ละวิธีมีวัตถุประสงค์ดังนี้

2.7.1 การพาสเจอไรซ์ (Pasteurization) เป็นการใช้ความร้อนในระดับที่ไม่สูงมาก (Mild heat) อุณหภูมิที่ใช้มักจะน้อยกว่า 100 องศาเซลเซียส วัตถุประสงค์ของการพาสเจอไรซ์สามารถ แบ่งออกตามค่าพีเอชของอาหาร

1. อาหารที่มีค่าพีเอชมากกว่า 4.60 การพาสเจอไรซ์ทำเพื่อฆ่าจุลินทรีย์ที่เป็นอันตราย (Pathogen) ต่อผู้บริโภค จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียบางส่วนอาจเหลือรอดจากการพาสเจอไรซ์ได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้การถนอมอาหารแบบอื่นควบคู่ไปด้วยเพื่อป้องกันการเน่าเสีย

2. อาหารที่มีค่าพีเอชน้อยกว่าหรือเท่ากับ 4.60 การพาสเจอไรซ์อาหารในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่แล้วทำเพื่อทำลายเซลล์ปกติ (Vegetative cell) เนื่องจากเป็นสภาวะที่ไม่เหมาะต่อการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคและต่อการงอกของสปอร์ เช่น ในกรณีของน้ำผลไม้ที่มีความเป็นกรดสูง เช่น มะนาว

2.7.2 การสเตอริไลซ์ (Sterillization) ทำเพื่อทำลายยีสต์หรือรา ในเครื่องดื่มที่ได้จากการหมัก เช่น ไวน์หรือเบียร์จะทำการพาสเจอไรซ์เพื่อทำลายพวกยีสต์แปลกปลอม (Wild yeast) การสเตอริไลซ์เป็นการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส

จุดมุ่งหมายหลักของการสเตอริไลซ์อาหาร คือการทำให้จุลินทรีย์และสปอร์ของมันไม่สามารถเจริญเติบโตได้ภายใต้สภาวะปกติที่ใช้ในการเก็บรักษา หมายความว่าอาจมีจุลินทรีย์ที่ไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคเหลือรอดอยู่บ้างในอาหาร (พวกที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคต้องถูกทำลายหมด) แต่สภาวะแวดล้อมทำให้มันไม่สามารถเจริญขึ้นได้ เรียกการให้ความร้อนกับอาหารโดยใช้หลักการนี้ว่า การฆ่าเชื้อแบบเชิงการค้า (Commercial sterilization) โดยทั่วไปอาหารที่อยู่ในสภาพปลอดเชื้อแบบเชิงการค้าจะอยู่ในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท (Hermetically sealed containers) เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการปนเปื้อนขึ้นอีกหลังการฆ่าเชื้อ นอกจากนี้ ตามหลักการผลิตอาหารในภาชนะปิดสนิทจะต้องทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารมีปริมาณออกซิเจนเหลืออยู่ในระดับต่ำมาก ดังนั้นจุลินทรีย์ที่ต้องใช้ออกซิเจน(Obligate aerobes) จึงไม่สามารถเจริญและไม่ทำให้อาหารเน่าเสียหรือเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค (การใช้ความร้อนฆ่าเชื้อในอาหาร, 2560)

2.7.3 การใช้ความร้อนในกระบวนการแปรรูปอาหาร

การใช้ความร้อนในกระบวนการแปรรูปอาหารเป็นสาเหตุหลักของการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางโภชนาการของอาหาร เช่น การเกิดเจลาติไนเซชันของแป้ง การตกตะกอนของโปรตีน ซึ่งจะช่วยทำให้ร่างกายสามารถย่อยอาหารเหล่านี้ได้ง่ายขึ้นพร้อมกับเป็นการทำลายสารประกอบที่ทำให้คุณค่าทางโภชนาการของอาหารลดลง (anti-nutritional compound) เช่น สารยับยั้งเอนไซม์ทริปซินในถั่ว

ปฏิกิริยาออกซิเดชันจัดเป็นสาเหตุสำคัญอันดับสอง ที่มีผลเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร ปฏิกิริยาดังกล่าวจะเกิดขึ้นเมื่ออาหารสัมผัสกับอากาศ เช่น ในระหว่างการลดขนาดหรือการอบแห้งด้วยลมร้อน หรือเกิดจากความร้อนหรือเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยานี้ เช่น เปอร์ออกซิเดสหรือไลปอกซีจีเนส ผลของปฏิกิริยาออกซิเดชันที่สำคัญได้แก่

1. เกิดการเปลี่ยนแปลงของไขมันไปเป็นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และสารประกอบคาร์บอนิลและกรดไขมันสายสั้นๆ หรือเกิดสารประกอบที่เป็นพิษในน้ำมันที่ใช้ทอดอาหาร
2. ทำลายวิตามินที่ไวต่อออกซิเจน (การใช้ความร้อนฆ่าเชื้อในอาหาร, 2560)

2.7.4 กระบวนการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์อาหารด้วยหม้อนึ่งอัดไอน้ำ (Autoclave)

Autoclave เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับนึ่งฆ่าเชื้อ โดยใช้ไอน้ำร้อนและแรงดันสูง ทำให้ของที่ผ่านการนึ่งแล้วอยู่ในสภาพปราศจากเชื้อ จึงมักใช้เครื่องนี้ในการนึ่งฆ่าเชื้อของเสียทางชีวภาพเพื่อกำจัดและป้องกันการปนเปื้อน

ในปัจจุบัน Autoclave มีระบบปิด-เปิดฝาแบบอัตโนมัติ โดยไม่ได้ใช้วิธีการปิดฝาแบบเดิม ซึ่งเป็นแบบหมุนวาล์ว ระบบนี้จะมี circumferential ring (แหวนเส้นรอบวง) เป็นตัวล็อคแบบพิเศษ ซึ่งทำขึ้นมาจากซิลิโคนกันความร้อน โดยเมื่อปิดฝาแหวนนี้ก็จะเข้ามาล็อคฝาปิดไว้ โดยไม่จำเป็นต้องใช้แรงบีบอัดของฝาแบบเดิม ระบบนี้จะล็อคฝาปิดอย่างอิสระโดยไม่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ แต่จะขึ้นอยู่กับความดันภายใน โดยฝาปิดจะไม่ยอมเปิดออกจนกว่าความดันภายในห้องบ่มจะอยู่ในระดับปกติ และสามารถตั้งการทำงานให้ฝาเปิดออกเมื่อความดันอยู่ในระดับปกติแล้วโดยอัตโนมัติได้ ในส่วนของฝาปิดภายในนั้นส่วนใหญ่จะทำมาจากสแตนเลส

ส่วนฝาปิดด้านบนซึ่งมีส่วนควบคุม (control panel) และหน้าจอแสดงผลนั้น ทำมาจากพลาสติกชนิดที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อน จึงมีความเสี่ยงน้อยที่จะเกิดความเสียหายของส่วนควบคุมจากความร้อน ส่วนของตัวให้กำเนิดไอน้ำ (steam generator) ที่อยู่ในตัวเครื่องนั้น เมื่อใช้ร่วมกับการ Pre-heating แล้ว จะสามารถทำความร้อนให้ได้อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาเพียง 10 นาที (ในกรณีที่มีเพียงห้องบ่มเปล่าๆ) ส่วนระบบทำความเย็นนั้นจะมีทั้งแบบที่เป็นท่อต่ออากาศเย็นจากภายนอกเข้าสู่ห้องบ่มและระบบทำความเย็นภายในตัวเครื่องเอง ทำให้สามารถลดเวลาในการทำความเย็นได้มาก การปล่อยอากาศออกเพื่อลดความดันภายในและลดอุณหภูมิจะมีแผ่นกรองช่วยกรองอากาศที่ผ่านเข้า-ออกห้องบ่ม โดยในส่วนของฝาปิดด้านในจะพัดลมช่วยในการหมุนเวียนอากาศ และมีระบบทำความเย็นโดยใช้การควบแน่นของน้ำ เพื่อช่วยลดกลิ่นจากของเสียซึ่งอาจมีพิษต่อสุขภาพได้ และมีระบบการทำแห้งแบบรวดเร็ว โดยใช้เครื่องให้กำเนิดไอน้ำช่วยในการทำความร้อนให้กับภายในห้องบ่ม ทำให้ของที่อยู่ภายในแห้งไวขึ้น หม้อนึ่งฆ่าเชื้อที่ใช้ไอน้ำมีทั้งแบบให้ความร้อนโดยตรงและแบบผ่านตัวกลาง แบ่งประเภทได้ดังนี้

1. แบบให้ความร้อนจากไอน้ำโดยตรง (saturate Steam)

2. แบบให้ความร้อนแบบผ่านตัวกลางโดยน้ำแบบจุ่ม (Water Immersion) ซึ่งมีทั้งแบบคงที่ (static) และแบบหมุน (rotary)

3. แบบอัดแรงดันพ่นน้ำ (water spray processing) ซึ่งมีทั้งแบบคงที่ (static) และแบบหมุน (rotary) รวมถึงแบบน้ำตกไหลผ่าน (water cascade processing)

4. แบบให้ความร้อนจากไอน้ำและอากาศโดยตรง (Steam-Air) (หลักการของ Autoclave, 2561)

2.7.5 ธรรมชาติของน้ำ (Nature of Water)

ในสภาวะปกตินำ้จะมีสถานะเป็นของเหลว เมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นจนถึง 100 องศาเซลเซียส น้ำจะเดือดและเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอ ในทางกลับกัน เมื่อไอน้ำซึ่งมีอุณหภูมิสูงคายความร้อนแฝงออกมาทำให้อุณหภูมิลดลง และเปลี่ยนสถานะกลับไปเป็นของเหลวเหมือนเดิม ขณะเดียวกันความดันอากาศมีผลต่ออุณหภูมิที่จะทำให้น้ำเดือดและเปลี่ยนสถานะ

กลายเป็นไอน้ำ กล่าวคือ ปกติน้ำจะเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ที่ความดันอากาศเท่ากับ 0 ปอนด์/ตารางนิ้ว แต่เมื่อเพิ่มความดันขึ้นเป็น 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว (1 Bar) น้ำจะเดือดและเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอน้ำที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส และเมื่อเพิ่มความดันขึ้นเป็น 27 ปอนด์/ตารางนิ้ว (2 Bar) น้ำจะเดือดและเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอน้ำที่อุณหภูมิ 132 องศาเซลเซียส ไอน้ำเป็นสถานะที่ไม่เสถียรเนื่องจากมีพลังงานสูงมาก ตัวมันเองจึงต้องพยายามที่จะกลับสู่สถานะปกติคือน้ำ โดยการคายความร้อนออกสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งมีพลังงานที่สูงสามารถทำให้สิ่งมีชีวิตหรือรวมทั้งสปอร์ของแบคทีเรียที่รับเอาพลังงานนั้นไปถูกทำลายจนเซลล์แตกในที่สุด (เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ, 2561)

2.7.6 หลักการทำให้ปราศจากเชื้อของ Autoclave

1. การทำให้ปราศจากเชื้อโดยใช้ไอน้ำที่มีพลังงานสูง
2. การเพิ่มอุณหภูมิของไอน้ำให้สูงขึ้นด้วยการเพิ่มความดัน
3. เวลาที่ใช้สำหรับการจะทำให้ปราศจากเชื้อ

หลักการของ Autoclave คือการนำสิ่งของที่ต้องการทำให้ปราศจากเชื้อมาไว้ในห้องนึ่งที่มีความร้อนและแรงดันของไอน้ำสูงกว่าสภาวะบรรยากาศปกติในช่วงระยะเวลาหนึ่ง การนึ่งฆ่าเชื้อโดยทั่วไปจะใช้สภาวะที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส แรงดันไอน้ำ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว โดยใช้ระยะเวลา 15 นาที หากใช้อุณหภูมิสูงมากๆ และแรงดันไอน้ำมากกว่า 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อาจจะมีผลเสียต่ออุปกรณ์ที่เป็นโลหะ เพราะอุณหภูมิที่สูงมากเกินจะทำให้เนื้อโลหะมีคุณสมบัติเปลี่ยนไปและมีอายุการใช้งานสั้นลง รวมทั้งแรงดันไอน้ำที่สูงเกินไปอาจทำให้ผิวโลหะเป็นสนิมและสึกกร่อนได้ (ถึงแม้จะใช้ระยะเวลาที่สั้นก็ตาม) ระยะเวลาในการนึ่งตามที่ได้กล่าวถึงนี้ เป็นเวลาที่ห้องนึ่งมีอุณหภูมิและแรงดันของไอน้ำเป็นไปตามที่กำหนดเท่านั้น ไม่รวมเวลาในการเตรียมห้องนึ่งให้มีอุณหภูมิและแรงดันตามที่กำหนด ขั้นตอนการทำงานของ Autoclave มี 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. การดึงอากาศออก (Air Removal or Purging) ทำได้ 2 วิธี คือการเอาไอน้ำเข้าไปแทนที่อากาศภายใน (Displacement) ทางด้านบนหรือด้านล่าง (เหมาะสำหรับการใช้งานกับของเหลวและอาหารเลี้ยงเชื้อ) โดยระบบที่ไอน้ำเข้าทางด้านบนจะดีกว่า และอีกวิธีคือการทำให้ภายในเป็นสุญญากาศโดยใช้ปั๊มดูดอากาศออก (ไม่เหมาะสำหรับของเหลวเพราะจะทำให้เกิดการแตกระเบิด)

2. การทำให้ปราศจากเชื้อ (Sterilizing) เป็นขั้นตอนสำคัญซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการรักษาระดับอุณหภูมิ121 องศาเซลเซียส ของไอน้ำที่ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็นระยะเวลาประมาณ 15 นาที

3. การลดอุณหภูมิ (Cooling) หลังจากผ่านขั้นตอนการทำให้ปราศจากเชื้อแล้ว อุณหภูมิและความดันภายในตู้ยังสูงอยู่จึงต้องมีกระบวนการทำให้อุณหภูมิและความดันภายในตู้ลดลงสู่ระดับที่ปลอดภัยเพียงพอต่อการเปิดประตูและนำสิ่งของออกจากตู้ได้ (เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ, 2561)

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุภาพร และกฤตภาส (2556) ศึกษาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการบรรจุน้ำพริกสวรรค์หอยนางรม และน้ำพริกตะลิงปลิงโดยใช้ถุงรีทอร์ตเพาช์ปิดผนึกถุงด้วยระบบสุญญากาศ นำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 12 สัปดาห์ ทดสอบด้านประสาทสัมผัส พบว่าน้ำพริกสวรรค์หอยนางรมและน้ำพริกตะลิงปลิงไม่มีการเปลี่ยนแปลงด้านสี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส มีค่า a_w อยู่ระหว่าง 0.88-0.89 และ 0.84-0.86 ตามลำดับ มีค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 5.59-6.08 และ4.43-4.51 ปริมาณความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 40.37-42.53 และ 28.33-32.33 ตามลำดับ

กมลวรรณ และคณะ(2551) วิเคราะห์คุณสมบัติด้านกายภาพ เคมีของน้ำพริกแกงเขียวหวาน พบว่าปริมาณความชื้น, ค่าพีเอช และค่า a_w ของ น้ำพริกแกงเขียวหวานมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 69.95-73.47, 4..18-4.88 และ 0.87-0.94 ตามลำดับ

พฤกษา(2559) ได้ศึกษาลักษณะทางกายภาพของปลาทูต้มเค็มในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสนาน 30, 40 และ 50 นาที มีค่า F_0 เท่ากับ 7.7, 8.8 และ 12.1 นาที ตามลำดับ ระยะเวลาการฆ่าเชื้อที่นานขึ้นส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลเข้มขึ้น ค่า L* ของเนื้อปลาทูมีค่าลดลงและค่า a* ของเนื้อปลาและน้ำต้มเค็มมีค่าสูงขึ้น จากการทดลองพบว่าเมื่อระยะเวลาการให้ความร้อนนานขึ้นทำให้เนื้อปลามีเนื้อสัมผัสแข็งขึ้น ค่าความแข็งเพิ่มขึ้นแต่ระหว่างการให้ความร้อน 30, 40 และ 50 นาที ความแข็งที่สูงขึ้นไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) หลังจากเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ 30 วัน ที่อุณหภูมิห้องตรวจไม่พบค่าจุลินทรีย์ทั้งหมด (TPC) ในทุกระดับเวลาฆ่าเชื้อ ผลิตภัณฑ์ปลาทูต้มเค็มในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ทุกระดับการทดลองได้รับการยอมรับความชอบทุกด้านจากผู้ทดสอบซึ่งสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่เตรียมจากวิธีดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ประกายแก้ว (2555) การวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้ออกไก่ที่ผ่านการหมัก พบว่าเนื้ออกไก่ที่ใช้ฟอสเฟตเป็นสารหมักร่วมจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงกว่าเนื้ออกไก่ที่ใช้สารหมักเนื้อเพียงชนิดเดียวคือโซเดียมคลอไรด์หรือเนื้ออกไก่ที่ไม่ผ่านการหมัก (ชุดควบคุม) หรือเนื้ออกไก่ที่แช่ด้วยน้ำกลั่น ($P\leq0.05$) โดยเนื้ออกไก่ที่หมักจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงที่สุด (ร้อยละ 79.11) ซึ่งอาจเป็นผลมาจากคุณสมบัติของสารประกอบฟอสเฟตและไบคาร์บอเนต ที่ช่วยเพิ่มจำนวนประจุให้กับโมเลกุลของโปรตีนทำให้เพิ่มความสามารถในการจับกับโมเลกุลของน้ำได้มากขึ้น นอกจากนี้อาจเป็นผลมาจากคุณสมบัติของโซเดียมคลอไรด์ในการเพิ่มความแรงของอิออน โดยจะแตกตัวให้ Na^+ และ Cl^- โดยประจุของ Cl^- จะไปจับกับประจุบวกในโมเลกุลของโปรตีน ส่งผลให้โปรตีนมี

ประจุลบมากขึ้น เกิดการคลี่ออกของไมโอไฟบริลลาโปรตีนจากแรงผลักระหว่างประจุที่เหมือนกันเป็นผลให้โปรตีนสามารถรับน้ำเข้าไปภายในโครงสร้างได้มากขึ้น

ประกายแก้ว (2555) ได้ศึกษาค่าสีของไก่กอและพร้อมบริโภคด้วยเครื่อง Hunter Lab Mini Scan EZ จากการวิเคราะห์ค่าสีแบบ CIE (L*, a* และ b*) ของไก่กอและโดยวัดจากชิ้นของเนื้อไก่กอและที่มีเครื่องแกงกอและเคลือบผิวหน้าของชิ้นไก่ พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น คา L*, a* b* มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงลดลงเล็กน้อยทุกชุดการทดลอง ($P>0.05$) โดยเมื่อพิจารณาจากชิ้นตัวอย่างไก่กอและที่มีเครื่องแกงกอและเคลือบบนผิวทั่วทั้งชิ้นไก มีสีแดงค่อนข้างชัดเจน โดยจะพบว่าค่า a* ของไก่กอและจากชุดการทดลองที่ใช้เทคนิค Sous vide จะมีค่า a* สูงกว่าเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับไก่กอและที่ไม่ใช้เทคนิค Sous vide ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการใช้อุณหภูมิในการให้ความร้อนระยะเวลานานกว่า ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสารสีในกลุ่มของแคโรทีนอยด์ที่พบมาในพริกแดง นอกจากนี้การลดลงของค่า a* และ b* ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา อาจเนื่องมาจากแคโรทีนอยด์สลายตัวได้ง่ายจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยเฉพาะเมื่อละลายอยู่ในน้ำมันจึงถูกทำลายได้ง่าย สอดคล้องกับผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณมาโลนอัลดีไฮด์ของไก่กอและที่บ่งบอกถึงการเกิดออกซิเดชันของไขมัน พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ไก่กอและจะมีการเกิดออกซิเดชันเพิ่มขึ้น โดยพิจารณาได้จากปริมาณมาโลนอัลดีไฮด์ที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน

พัชรา และสมฤดี (2555) วิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังทอดกรอบที่ผ่านกระบวนการลวกที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 0 30 60 และ 90 วินาที และทอดที่อุณหภูมิ 170±5 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการลวกมันปะหลังมีผลต่อค่าความสว่าง (L*) สีแดง-สีเขียว (a*) และสีเหลือง-สีน้ำเงิน (b*) ของผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังทอดกรอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) ระยะเวลาในการลวกมันสำปะหลังที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าสีแดง-สีเขียว สีแดง-สีเขียว และ ค่าสีเหลือง-สีน้ำเงินของผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังทอดกรอบเพิ่มขึ้น ซึ่งระยะเวลาในการลวกที่ 90 วินาทีจะได้ค่าสีเมื่อเทียบกับไม่ลวก (0 วินาที) มีค่า L* และ a* มากกว่า ซึ่งค่าสี L* และ a* จะเป็นสีที่ต้องการในผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังทอดกรอบ ผลการศึกษาระยะเวลาในการลวกที่มีผลต่อค่าสี L* a* และ b* พบว่าระยะเวลาในการลวก ผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังทอดกรอบโดยระยะเวลาในการลวกที่ 90 วินาที จะทำให้ผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังทอดกรอบมีค่าความสว่างมากที่สุด คือ 62.45 และค่าความเป็นสีเหลือง-สีน้ำเงินมากที่สุดคือ 24.55

ศรัณยวัช และธนะบูลย์(2558) วิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่อง Minolta spectrometer CM-3500d ทำการวัดแบบหาค่าเฉลี่ย 10 จุด รายงานเป็นค่า L* a* และ b* ตามวิธี ผลที่ได้พบว่าการเติมกัมสำรองทำให้สีของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์อิมัลชันมีค่าความสว่าง (L*) ลดลง ($P\leq0.05$), ค่าสีแดง

(a*) ลดลง และค่าสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น ซึ่งผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์อิมัลชันเปลี่ยนเป็นสีคล้ำอย่างชัดเจน เนื่องมาจากสีของกัมสำรองตามธรรมชาติที่เป็นสีน้ำตาล

สายใจ (2559) ศึกษาปริมาณผักพื้นบ้านที่เหมาะสมในการผลิตเบอร์เกอร์หมู โดยทำการวัดค่าสีด้วยเครื่อง (Konica Minolta ; CM – 3500d) ระบบ CIE เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองโดยวิธี Duncan's multiple rang test (DMRT) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป spss v.14 ผลการวัดค่าสี L*และ b* ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนค่าสี a* มีค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P\leq0.05$) โดยค่าเป็นลบแสดงความเป็นสีเขียวซึ่งเกิดจากปริมาณคลอโรฟิลล์จากใบพืช เนื่องจากปริมาณใบตำลึงน้อย แต่เมื่อเพิ่มใบตำลึงมากขึ้นค่าที่วัดได้จะมีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p\leq0.05$) ส่วนการวิเคราะห์ทางกายภาพของผักโขมพบว่า ค่าสีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$)

สุนทรณ์ (2560) ศึกษาผลของชนิดปลาทะเลต่อลักษณะคุณภาพของไส้กรอกปลาเวียนนา เตรียมตัวอย่างไส้กรอกปลาเวียนนา โดยลอกส่วนไส้ออก นำไปวัดด้วยเครื่องวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี Color meter รุ่น ZE-2000/NTPPON ทำการวิเคราะห์ 10 ซ้ำต่อตัวอย่าง โดยแสดงค่าสีในระบบ CIE L* a* b* ผลการวัดค่าสี พบว่าตัวอย่างไส้กรอกปลาน้ำดอกไม้มีค่าความสว่าง (L*) สูงที่สุด แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับไส้กรอกปลาอินทรี เรียงลำดับความสว่างจากมากไปหาน้อยดังนี้ ไส้กรอกปลาน้ำดอกไม้>ไส้กรอกปลาอินทรี>ไส้กรอกปลาทรายแดง>ไส้กรอกปลาโอ ตัวอย่างไส้กรอกปลาโอมีค่าสีแดง(a*) สูงสุดและสูงกว่าไส้กรอกปลาอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P>0.05$) แต่ไส้กรอกปลาอินทรี, ไส้กรอกปลาทรายแดง และไส้กรอกปลาน้ำดอกไม้ ให้ค่าสีแดงไม่แตกต่างกันทางสถิต($P>0.05$) ค่าความสว่าง ค่าสีแดง และค่าสีเหลืองในไส้กรอกน่าจะผันแปรไปตามค่าความสว่าง ค่าสีแดง และค่าสีเหลืองที่มีอยู่ในวัตถุดิบ ดังนั้น เมื่อเนื้อปลาโอซึ่งมีค่าสีแดงสูงกว่าปลาชนิดอื่น เมื่อนำมาทำเป็นไส้กรอกเวียนนา จึงทำให้ค่าสีแดงที่วัดได้สูงมากกว่าตามไปด้วย

ประกายแก้ว (2555) ศึกษาผลของสารหมักเนื้อต่อสมบัติของเนื้อไก่ดิบหลังการหมัก และผลิตภัณฑ์ไก่กอและ โดยทำการวิเคราะห์ค่าพีเอชของเนื้ออกไก่ที่ผ่านการหมัก ผลการทดลองจะเห็นได้ว่าเนื้อไก่ดิบหมักจะมีค่าพีเอชสูงที่สุด (7.86) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่น ($P\leq0.05$) อาจเนื่องมาจากการใช้สารสองชนิดร่วมกัน คือ โซเดียมไบคาร์บอเนต และโซเดียมโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต จะช่วยเพิ่มความแรงของอิออนลบส่งผลให้ค่าพีเอชของโปรตีนในเนื้อสูงขึ้น นอกจากนี้ชุดการทดลองที่มีการใช้ฟอสเฟตเป็นสารร่วมในการหมักเนื้อ พบว่ามีผลทำให้ค่าพีเอชของเนื้อสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่มีการใช้โซเดียมคลอไรด์เพียงอย่างเดียว สอดคล้องกับผลการทดลองที่ศึกษาการใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตร้อยละ 3 ร่วมกับโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5 และโซเดียมไตรโพลี

ฟอสเฟตร้อยละ 3 โดยใช้สารเพียงชนิดเดียว สองชนิด หรือใช้ทั้งสามชนิดร่วมกัน ฉีดเข้าเนื้อสุกรสวนเนื้อสันเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ฉีดด้วยน้ำกลั่น พบว่าค่าพีเอชในเนื้อจะเพิ่มขึ้นทุกชุดการทดลอง ยกเว้นชุดควบคุม และชุดการทดลองที่ใช้โซเดียมคลอไรด์เพียงอย่างเดียวจะมีค่าพีเอชเท่าเดิม และลดลงเล็กน้อยตามลำดับ

ศรัณยวัช และธนะบูลย์ (2558) ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ แสดงถึงความสามารถในการอุ้มน้ำของโครงสร้างผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์อิมัลชันที่ดีต้องสามารถอุ้มน้ำได้มากจึงจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชุ่มฉ่ำ เนื้อสุกรที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงเป็นเนื้อที่มีคุณภาพดีเหมาะสำหรับการนำไปใช้ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ จากการทดลองใช้เนื้อสุกรที่มีการลดคุณภาพลง โดยการแช่แข็งและทำละลายอย่างช้ามาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์อิมัลชันที่มีการเติมกัมสำรอง พบว่าการเติมกัมสำรองทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์อิมัลชันที่ผลิตจากเนื้อสุกรผ่านการแช่แข็งและทำละลายซ้ำเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่อเติมกัมสำรองชนิด MG (ร้อยละ0.3) จะทำให้ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำสูงขึ้นจากร้อยละ 64.85 เป็น 75.05 ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 15.72 เทียบกับการไม่เติมกัมสำรอง ส่วนกัมสำรองชนิด WMG (ร้อยละ0.3) จะทำให้ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำสูงขึ้นจากร้อยละ 64.85 เป็น 75.17 คิดเป็นร้อยละ 15.91 เทียบกับการไม่เติมกัมสำรอง

คณิตนันท์ (2556) การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลายี่สกที่ผสมแป้งมันสำปะหลังทั้ง 3 สูตร พบว่าปริมาณแป้งมันสำปะหลังมากขึ้นส่งผลให้ค่า hardness ลดต่ำลง เนื่องจากแป้งมันสำปะหลังเป็นแป้งที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ เมื่อผ่านความร้อนจึงเกิดเจลาติไนซ์ของแป้งทำให้ดูดซึมน้ำและพองตัวได้มาก ผลิตภัณฑ์จึงมีความยืดหยุ่นมากขึ้น ผลการศึกษาพบว่าการใช้ปลาบดทำให้เกิดลักษณะของเจลได้ดีทำให้โปรตีนสามารถอุ้มน้ำไว้ภายในโครงสร้าง เนื้อสัมผัสของลูกชิ้นปลาจึงมีความยืดหยุ่น

สุธิดา (2557) ศึกษาผลของสภาวะการให้ความร้อนต่อความสามารถในการอุ้มน้ำและค่าแรงตัดขาดของแฮมปลาดุกอุย พบว่าค่าความสามารถในการอุ้มน้ำโดยวิธี Expressible Drip บ่งบอกถึงความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water Holding Capacity) ถ้าแฮมปลาดุกอุยเทศมีค่าปริมาณของเหลวที่ออกจากกล้ามเนื้อมาก (Expressible Drip) แสดงว่ากล้ามเนื้อสูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำ พบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มมากขึ้นส่งผล ให้ค่าปริมาณของเหลวที่ออกจากกล้ามเนื้อมากขึ้น หรือให้ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) โดยอุณหภูมิในการต้ม 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ให้ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำสูงกว่าการใช้อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที และพบว่าเมื่อสภาวะในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น (อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที) ส่งผลให้ค่าแรงตัดขาดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) เพราะการใช้สภาวะ

ให้ความร้อนสูงเกินไป ทำให้การสร้างร่างแหของโปรตีนไม่แข็งแรง น้ำที่ตรึงอยู่ภายในโครงสร้างจึงออกมาได้ง่าย ความสามารถในการอุ้มน้ำจึงลดลง ค่าแรงตัดขาดจึงน้อย ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมในการต้มแฮมปลาดุกอุยเทศ คืออุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที แฮมปลาดุกอุยเทศจัดเป็นอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (Low-acid Food) มีค่า a_w มากกว่า 0.85 ค่าพีเอชมากกว่า 4.5

ประกายแก้ว (2555) ทำการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของไก่กอและด้วยเครื่อง Texture analyzer ประเมินในรูปแบบTexture profile analysis (TPA) พบว่าค่าความแข็งของไก่กอและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่ไม่ผ่านการหมักจะให้ค่าความแข็งมากที่สุด (16.91 นิวตัน) และไก่กอและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่หมักจะให้ค่าความแข็งน้อยที่สุด (11.87 นิวตัน) ($P \leq 0.05$) ส่วนค่าความยืดหยุ่น (Springiness) และความสามารถในการเกาะรวมตัว (Cohesiveness) ของไก่กอและระหว่างชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) สำหรับค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยวอาหาร (Chewiness) พบว่าไกกอและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่ไม่ผ่านการหมัก จะมีแรงที่ใช้ในการเคี้ยวอาหารสูงที่สุด (6.59 นิวตัน) รองลงมาคือไก่กอและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่แช่ด้วยน้ำกลั่น (6.71 นิวตัน) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) ในขณะที่ไก่กอและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่หมักจะมีค่าแรงที่ใช้ในการบดเคี้ยวต่ำที่สุด (4.91 นิวตัน)

ดนุพล (2549) ได้พัฒนาห่อหมกพร้อมบริโภคในบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว (flexible packaging) ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียสนาน 45 นาที ค่า F_0 เท่ากับ 8.71 นาที สามารถเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้องได้นานอย่างน้อย 6 สัปดาห์

ปัญจ์ยศ (2554) ได้ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ไข่นกกระทาด้วยรีทอร์ตเปรียบเทียบผลของอุณหภูมิและเวลาการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ คือที่อุณหภูมิ 110, 116, และ 121 องศาเซลเซียส ที่เวลา 10, 15 และ 30 นาที ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าสภาวะการฆ่าเชื้อด้วยรีทอร์ตที่เหมาะสมคือ 116 องศาเซลเซียส เวลา 10 นาที

อนลลักษณ์ (2554) ได้พัฒนาข้าวพองพร้อมบริโภคในรีทอร์ตเพาซ์ พบว่าในสภาวะการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 15 นาที และค่า F_0 เท่ากับ 4 นาที ผลที่ได้จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ข้าวพองพร้อมบริโภคที่ผลิตจากข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่าความชอบด้านเนื้อสัมผัสค่อนข้างไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

ปุณิกา (2550) ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์ยอดมะพร้าวอ่อนบรรจุกระป๋องมีจุดประสงค์ในการเพิ่มมูลค่าและอายุการเก็บรักษาของยอดมะพร้าวให้ยาวนานขึ้น โดยผลการวิจัยพบว่าการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที โดยมีค่า F_0 เท่ากับ 3.87 นาที เหมาะสมที่สุด

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

3.1 วัสดุ

3.1.1 วัตถุดิบและเครื่องเทศ

1) โปรตีนเกษตรเบอร์ 4 (บริษัท โยตาอาหารเจ จำกัด)
2) โปรตีนเกษตรแผ่นใหญ่ (บาง) (บริษัท โยตาอาหารเจ จำกัด)
3) เนื้อไก่เจ (บริษัท ไท้อี้ อาหารเพื่อสุขภาพ จำกัด)
4) ซอสกอและ (มาริสา, 2559)

3.1.2 สารเคมี

1) สารละลายกรดซัลฟิวริก (Sulfuric acid, H_2SO_4); บริษัท Merck, Germany
2) สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide, NaOH); บริษัท Fisher, India
3) สารละลายกรดบอริก (Boric acid, H_3BO_3); บริษัท Merck, Germany
4) คะตะลิสต์ (catalyst) ประกอบด้วยโพแทสเซียมซัลเฟต (Potassium sulfate, K_2SO_4 และ คอปเปอร์(II)ซัลเฟต (Copper(II) sulfate, $CuSO_4$) ; บริษัท Merck, Germany
5) สารละลายอินดิเคเตอร์เมธิลเรด (Methyl red indicator); บริษัท Fisher, India
6) กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid, HCl); บริษัท Sigma-Aldrich, China
7) ปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum ether); บริษัท Merck, Germany
8) น้ำกลั่น คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.2 เครื่องมือวิเคราะห์และอุปกรณ์

3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

1) ปิเปต (Pipette)
2) ขวดปรับปริมาตร (Volumetric flask)
3) บีกเกอร์ (Beaker)
4) แท่งแก้ว (Stirring rod)
5) ช้อนตักสาร (Spatula)
6) กระดาษชั่งสาร (Weighing papers)
7) โถดูดความชื้น (Desiccator)
8) ครูซิเบิล (Crucible)
9) คีมคีบ (forceps)

10) ทิมเบิล (Thimble)

11) ฟลาสต์สกัดไขมัน (Extracting flask)

12) กระป๋องอลูมิเนียม (moisture can)

13) หลอดเซนติฟิวจ์ (centrifuge tube)

3.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์

1) เครื่องวัดสี (MiniScan EZ)

2) เครื่องวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture analysis)

3) เครื่องมือวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (Protein analyzer)

4) เครื่องมือวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (Soxhlet apparatus)

5) เครื่องวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (AquaLab Series 3)

6) ตู้อบลมร้อน (Hot air dryer)

7) เครื่องชั่งไฟฟ้า (ทศนิยมสี่ตำแหน่ง)

8) เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ (Autoclave)

9) เครื่องผสมสารละลาย (Vortex mixer)

10) เครื่องปั่นผสม (Blender)

11) เครื่องวัดค่าพีเอช (pH meter)

12) เครื่องปั่นเหวี่ยง (Centrifuge)

3.3 วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และเคมีกายภาพของโปรตีนเกษตร 3 ชนิด

3.3.1 การเตรียมตัวอย่างโปรตีนเกษตร 3 ชนิด

คัดเลือกโปรตีนเกษตร ได้แก่ โปรตีนเกษตรเบอร์ 4, แผ่นใหญ่ (บาง) และเนื้อไก่เจ

3.3.1.1 โปรตีนเกษตรเบอร์ 4: นำไปแช่น้ำเดือดอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสนาน 2 นาที แล้วนำขึ้นมาสะเด็ดน้ำ

3.3.1.2 โปรตีนเกษตรแผ่นใหญ่: นำไปแช่น้ำอุณหภูมิห้องนาน 30 นาที บีบน้ำออกให้หมด แล้วนำมาหั่นให้ได้ขนาดเท่ากัน

3.3.1.3 เนื้อไก่เจ: นำออกจากช่องแช่แข็ง พักไว้ให้ละลายน้ำแข็ง นำมาหั่นด้วยเครื่องหั่นเต๋า (Nicer Dicer Plus)

3.3.2 ศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมี และเคมีกายภาพของโปรตีนเกษตร 3 ชนิด

3.3.2.1 คุณสมบัติทางกายภาพ

1) วัดค่าสีด้วยระบบ CIE lab L* a* b* (ดังภาคผนวก ค-1)

2) ความชื้น (A.O.A.C., 1995) (ดังภาคผนวก ค-2)

3) ปริมาณน้ำอิสระ (water activity) (A.O.A.C., 2000) (ดังภาคผนวก ค-3)

4) ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Profile analysis) (ดังภาคผนวก ค-4)

3.3.2.2 คุณสมบัติทางเคมี

1) การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่าง (ดังภาคผนวก ง-1)

3.3.2.3 คุณสมบัติเคมีกายภาพ

1) ความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) (ดังภาคผนวก จ-1)

3.3.2.4 วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS ver.16

ตอนที่ 2 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างโปรตีนเกษตรต่อซอสกอและ 3 ระดับ

3.3.3 การเตรียมวัตถุดิบและเครื่องเทศ

3.3.3.1 เตรียมโปรตีนเกษตรเช่นเดียวกับวิธีการในข้อ 3.3.1

3.3.3.2 เตรียมซอสกอและ (มาริสา, 2559)

นำวัตถุดิบที่คัดเลือกได้จากตอนที่ 1 และซอสกอและมาผัดให้เข้ากันเป็นเวลา 10 นาที (ดัดแปลงจาก: มาริสา, 2559) คัดเลือกจากอัตราส่วน 3 ระดับ ได้แก่ 1:1, 1:2 และ1:3 ตามลำดับ โดยมีชุดควบคุมที่ไม่ผัดซอสกอและเป็นอัตราส่วน 1:0

3.3.4 ศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมี และเคมีกายภาพของโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 3 ระดับ

นำโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและที่ได้จากข้อ 3.3.3 ทั้ง 3 อัตราส่วน มาศึกษาด้วยวิธีการเช่นเดียวกันในข้อ 3.3.2 วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS ver.16

3.3.5 ทดสอบทางประสาทสัมผัส

สุ่มตัวอย่างไปทดสอบชิมเพื่อวิเคราะห์การยอมรับของผู้บริโภค จำนวน 30 คน โดยให้คะแนนความชอบที่ระดับ 1-9 (9 Point Hedonic Scaling) ให้ระดับคะแนน 9 เป็นระดับที่ชอบมากที่สุดและระดับคะแนน 1 เป็นระดับที่ไม่ชอบมากที่สุด โดยจะใช้แบบทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ประเมินคุณลักษณะต่างๆ ได้แก่ ลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม (ดังภาคผนวก ฉ-1)

3.3.5.1 วางแผนการศึกษาใช้แผนการทดลองแบบ one-way ANOVA เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์โปรตีนเกษตรผัดซอสกอและ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS ver.16 แล้วจึงคัดเลือกอัตราส่วนที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด

ตอนที่ 3 ศึกษาสภาวะการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์โปรตีนเกษตรผัดซอสกอและ

3.3.6 ศึกษาสภาวะการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์ 3 สภาวะ

นำโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและในอัตราส่วนที่ผ่านการคัดเลือกจากตอนที่ 2 มาทำการฆ่าเชื้อในระดับห้องปฏิบัติการด้วยหม้อนึ่งอัดไอน้ำเพื่อศึกษาการฆ่าเชื้อ 3 สภาวะ ได้แก่

3.3.6.1 อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา15 นาที แรงดันไอน้ำ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

3.3.6.2 อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที แรงดันไอน้ำ 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

3.3.6.3 อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที แรงดันไอน้ำ 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

3.3.7 ศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมี และเคมีกายภาพของโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและ

นำตัวอย่างที่ผ่านการฆ่าเชื้อจากข้อ 3.3.6 มาทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และเคมีกายภาพด้วยวิธีการเช่นเดียวกับข้อ 3.3.2 วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS ver.16

3.3.8 ทดสอบทางประสาทสัมผัส

สุ่มตัวอย่างไปทดสอบชิมเพื่อวิเคราะห์การยอมรับของผู้บริโภค จำนวน 30 คน โดยให้คะแนนความชอบที่ระดับ 1-9 (9 Point Hedonic Scaling) ให้ระดับคะแนน 9 เป็นระดับที่ชอบมากที่สุดและระดับคะแนน 1 เป็นระดับที่ไม่ชอบมากที่สุด โดยจะใช้แบบทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ประเมินคุณลักษณะต่างๆได้แก่ ลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม (ดังภาคผนวก ฉ-2)

3.3.8.1 วางแผนการศึกษาใช้แผนการทดลองแบบ one-way ANOVA เพื่อหาสภาวะการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมต่อการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS ver.16

ตอนที่ 4 วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการในผลิตภัณฑ์โปรตีนเกษตรผัดซอสกอและ

นำผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการคัดเลือกหลังผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อจากตอนที่ 3 มาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการดังนี้

3.3.9 โปรตีนรวม (AOAC (2016), 991.20: ภาคผนวก ง-2)

3.3.10 ไขมัน (AOAC (2016), 922.06: ภาคผนวก ง-3)

3.3.11 เถ้า (AOAC (2016), 950.49 ภาคผนวก ง-4)

3.3.12 ความชื้น (AOAC (2016), 925.40: ภาคผนวก ค-2)

3.3.13 คาร์โบไฮเดรต (AOAC International; 1993: ภาคผนวก ง-5)

3.3.14 พลังงาน (AOAC International; 1993)

วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยเปรียบเทียบกับชุดควบคุม คือผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจแช่แข็ง

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

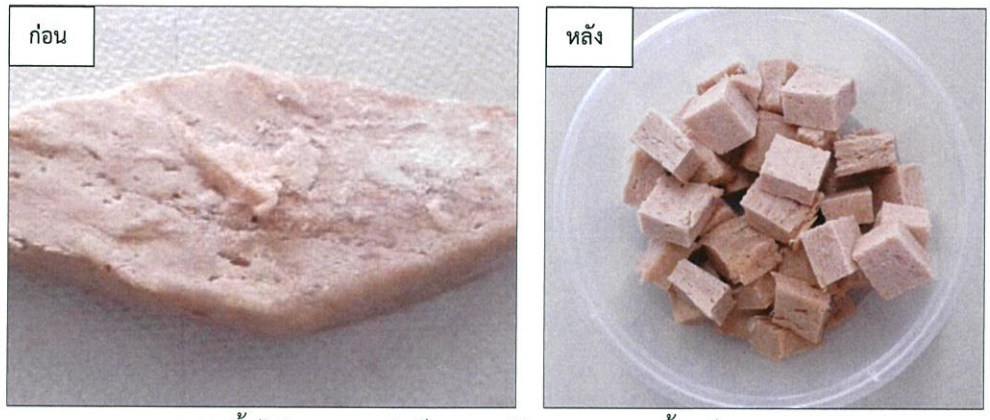
ตอนที่ 1 ผลของคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และเคมีกายภาพโปรตีนเกษตร 3 ชนิด

4.1 ผลการเตรียมตัวอย่างโปรตีนเกษตร 3 ชนิด

ในการคัดเลือกโปรตีนเกษตร 3 ชนิด ได้แก่ โปรตีนเกษตรเบอร์ 4, แผ่นใหญ่ (บาง) และเนื้อไก่เจ ลักษณะตัวอย่างที่ผ่านการเตรียมแสดงดังรูปที่ 4.1

(ก) โปรตีนเกษตรเบอร์4. ก่อนและหลังการแช่น้ำร้อน

(ข) โปรตีนเกษตรแผ่นใหญ่ (บาง) ก่อนและหลังการแช่น้ำ



(ค) เนื้อไก่เจแบบแช่แข็งและหลังการละลายน้ำแข็ง

รูปที่ 4.1 ลักษณะโปรตีนเกษตรที่ผ่านการเตรียม

ผลจากการเตรียมโปรตีนเกษตรทั้ง 3 ชนิด พบว่าลักษณะที่ได้มีความแตกต่างกัน เนื่องจากผลิตภัณฑ์เริ่มต้นมาจากกระบวนการผลิตที่ไม่เหมือนกัน ในรูป (ก) และ (ข) เป็นผลิตภัณฑ์แบบแห้ง เมื่อเริ่มต้นการเตรียมจำเป็นต้องนำมาแช่น้ำก่อนปรุง เพื่อให้ผลิตภัณฑ์เกิดการพองตัว จากนั้นจะต้องบีบน้ำแช่ออก ทำให้ลักษณะรูปทรง สี และเนื้อสัมผัสมีการเปลี่ยนแปลง อีกทั้งยังเป็นผลิตภัณฑ์ที่มาจากกระบวนการเอ็กซ์ทรูชันแป้งถั่วเหลืองพร่องไขมัน ทำให้ภายในมีรูพรุนปรากฏอยู่ตลอดโครงสร้าง จึงเป็นสาเหตุให้ตัวผลิตภัณฑ์รับน้ำเข้าไปจำนวนมาก ข้อเสียจากขั้นตอนการเตรียมดังกล่าว ส่งผลให้น้ำหนักวัตถุดิบเริ่มต้นที่จะใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไม่มีความคงที่ ยากต่อการคำนวณหาน้ำหนักในขั้นตอนการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสม หากต้องการใช้ในปริมาณการผลิตที่มากขึ้น อาจส่งผลให้คุณสมบัติทางกายภาพ เคมี เคมีกายภาพ และเนื้อสัมผัสมีค่าลดลง เนื่องจากมีน้ำแช่ปะปนอยู่ในตัววัตถุดิบรวมทั้งยังอาจเป็นตัวเจือจางความเข้มข้นของซอสกอและในขั้นตอนต่อไป ในขณะที่รูป (ค) เป็นผลิตภัณฑ์โปรตีนเกษตรในหมวดหมู่เนื้อไก่เจแบบแช่แข็ง จากรูปลักษณะที่ผ่านการเตรียม จะสังเกตเห็นความเปลี่ยนแปลงของรูปทรง สี และเนื้อสัมผัสน้อยที่สุด เนื่องจากผลิตภัณฑ์เตรียมโดยการนำออกมาละลายน้ำแข็ง ไม่จำเป็นต้องแช่น้ำ จึงช่วยให้ยังคงคุณลักษณะเดิมของผลิตภัณฑ์ไว้ได้ อีกทั้งยังมีขั้นตอนการเตรียมน้อยกว่าสองชนิดแรก เมื่อละลายน้ำแข็งแล้วนำเข้าเครื่องตัดชิ้นเต๋าจะทำให้วัตถุดิบที่ได้มีขนาดเท่ากันทุกชิ้น และมีส่วนเหลือน้อยที่สุด ง่ายต่อการคำนวณหาน้ำหนักในขั้นตอนศึกษาอัตราส่วน และคงลักษณะเดิมของผลิตภัณฑ์ได้มากที่สุด

4.2 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมี และเคมีกายภาพของโปรตีนเกษตร 3 ชนิด

ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และเคมีกายภาพของโปรตีนเกษตรที่มีความเหมาะสมต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์โปรตีนเกษตรผัดซอสกอและ พบว่าแต่ละชนิดให้ผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และเคมีกายภาพของโปรตีนเกษตร 3 ชนิด

ชนิดโปรตีนเกษตร	ผลการศึกษาคุณสมบัติของโปรตีนเกษตร						
	ทางกายภาพ				ทางเคมี		ทางเคมีกายภาพ
	ค่าสี			ร้อยละความขึ้น	พีเอช	ปริมาณน้ำอิสระ	ความสามารถในการอุ้มน้ำ
	L^*	a^*	b^*				
เบอร์ 4.	43.97^{b}±0.37	7.19^{c}±0.10	13.50^{b}±0.39	70.05^{a}±2.48	7.14^{a}±0.00	0.99^{a}±0.05	4.39^{b}±0.14
แผ่นใหญ่ (บาง)	88.93^{a}±0.84	9.48^{a}±0.13	29.39^{a}±1.34	69.67^{a}±1.14	6.91^{b}±0.07	0.96^{b}±0.00	7.22^{a}±0.93
เนื้อไก่เจ	87.20^{a}±2.93	8.65^{b}±0.50	29.80^{a}±0.18	54.19^{b}±0.74	6.22^{c} ±0.13	0.94^{b}±0.00	0.55^{c}±0.02

หมายเหตุ : ในแต่ละสดมภ์ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรไม่เหมือนกันหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยการวิเคราะห์ด้วย DMRT
ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้ง

4.2.1 ผลการศึกษาทางกายภาพ

4.2.1.1 ผลการวิเคราะห์ค่าสี ค่าความสว่าง (L*), ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ทำการวัดค่าสีตัวอย่างโปรตีนเกษตร 3 ชนิด ได้แก่ โปรตีนเกษตรเบอร์4, แผ่นใหญ่ (บาง) และเนื้อไก่เจ ตามลำดับ ผลที่ได้จากตารางที่ 4.1 เป็นดังนี้

ค่าความสว่าง (L*) ผลที่ได้พบว่าโปรตีนเกษตรแผ่นใหญ่ (บาง) และเนื้อไก่เจมีค่าความสว่างเท่ากับ 88.93 และ87.20 ตามลำดับ ค่าที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในขณะที่โปรตีนเกษตรเบอร์4 มีค่าความสว่างเท่ากับ 43.97 ซึ่งมีค่าน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับโปรตีนเกษตรอีก 2 ชนิดและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ลักษณะสีของโปรตีนเกษตรแต่ละชนิดมีค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์เริ่มต้นแตกต่างกัน เนื่องจากส่วนประกอบ กระบวนการผลิต และรูปแบบของผลิตภัณฑ์นั้นไม่เหมือนกัน สังเกตได้จากรูปที่ 4.1

ค่าความเป็นสีแดง (a*) ของโปรตีนเกษตรแผ่นใหญ่ (บาง), เนื้อไก่เจ และโปรตีนเกษตรเบอร์4 มีค่าความเป็นสีแดงเท่ากับ 9.48, 8.65 และ7.19 ตามลำดับ ค่าที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อสังเกตจากรูปที่ 4.1 จะเห็นว่าโปรตีนเกษตรแผ่นใหญ่ (บาง) มีสีเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ก่อนการแช่น้ำเข้มที่สุด รองลงมาคือเบอร์ 4 และเนื้อไก่เจ แต่เมื่อเปรียบเทียบจากตัวอย่างที่ผ่านการเตรียมแล้วพบว่าเบอร์4 มีค่าความเป็นสีแดงน้อยที่สุด เนื่องจากผ่านการแช่น้ำก่อนปรุง ในขณะที่แผ่นใหญ่ (บาง) ซึ่งมีสีของผลิตภัณฑ์เริ่มต้นเข้มที่สุด ภายหลังการแช่น้ำพบว่าระดับสีจางลงเมื่อสังเกตด้วยตาเปล่าแต่ยังคงให้ค่าความเป็นสีแดงสูงที่สุด ส่วนการสังเกตตัวอย่างเนื้อไก่เจ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของระดับสีน้อยที่สุด เนื่องจากการเตรียมไม่ถูกเจือจางด้วยน้ำหรือปัจจัยอื่นๆ มีเพียงการละลายน้ำแข็งที่อุณหภูมิห้องเท่านั้น อาจกล่าวได้ว่าผลิตภัณฑ์แบบแช่แข็งได้แก่ เนื้อไก่เจสามารถช่วยคงค่าสีให้เกิดการเปลี่ยนแปลงได้น้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์แบบแห้ง

ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ของเนื้อไก่เจ และโปรตีนเกษตรแผ่นใหญ่ (บาง) มีค่าเท่ากับ 29.80 และ29.39 ตามลำดับ ค่าที่ได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) สังเกตได้ดังรูป (ค) และ (ข) ในขณะที่โปรตีนเกษตรเบอร์4 มีค่าน้อยที่สุดและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับอีกสองชนิด ค่าความเป็นสีเหลืองของผลิตภัณฑ์แบบแห้งชนิดนี้มีระดับสีน้อยที่สุดเมื่อผ่านการเตรียมโดยการแช่น้ำ และยังสอดคล้องกับค่า L* และ b* จึงอาจกล่าวได้ว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความคงตัวของระดับสีน้อยที่สุด ในขณะที่อีก 2 ชนิดยังคงระดับความเข้มของสีได้มากกว่า

จากผลการวัดค่าสีของโปรตีนเกษตรทั้ง 3 ชนิด พบว่าโปรตีนเกษตรแผ่นใหญ่ (บาง) และเนื้อไก่เจมีค่าสีเหมาะสมมากที่สุดในการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์โปรตีนเกษตรผัดซอสกอและเนื่องจากเมื่อผ่านขั้นตอนการเตรียมยังสามารถคงค่าสีของผลิตภัณฑ์ไว้ได้ดีกว่าโปรตีนเกษตรเบอร์4

เมื่อพิจารณาในระดับของขั้นตอนการเตรียมจะพบว่าผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจแบบแช่แข็งมีขั้นตอนที่น้อยกว่า ดังนั้นเนื้อไก่เจจึงเหมาะสมต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์มากที่สุด เนื่องจากมีขั้นตอนไม่ยุ่งยากและยังให้ค่าสีมากเช่นเดียวกับโปรตีนเกษตรแผ่นใหญ่ (บาง)

4.2.1.2 ผลการวิเคราะห์ร้อยละความชื้น พบว่าโปรตีนเกษตรเบอร์ 4, แผ่นใหญ่ (บาง) และเนื้อไก่เจมีปริมาณความชื้นร้อยละ 70.05, 69.67 และ54.19 ตามลำดับ โดย 2 ชนิดแรกไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เนื่องจากตัวอย่างเป็นผลิตภัณฑ์แบบแห้งที่มีความชื้นเริ่มต้นประมาณร้อยละ 5 (มาตราอาหารแห้งขององค์การอาหารและยา) อีกทั้งกระบวนการผลิตได้ผ่านกระบวนการเอ็กทรูชันทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเป็นรูพรุนปรากฏอยู่ตลอดโครงสร้าง (Harper, 1981) จึงต้องเตรียมโดยการแช่น้ำให้เกิดการพองตัวก่อนการปรุง เป็นสาเหตุให้โครงสร้างของตัวอย่างทั้ง 2 ชนิดสามารถอุ้มน้ำไว้ได้มากแม้จะมีการบีบน้ำออกในขั้นตอนสุดท้ายของการเตรียม ความชื้นจึงสอดคล้องกับค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ เนื่องจากโครงสร้างภายในอาจดูดซึมน้ำไว้ได้ดีที่สุด ในขณะที่เนื้อไก่เจมีปริมาณความชื้นน้อยที่สุดและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่าง 2 ชนิดแรก เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์แบบแช่แข็งจึงไม่ต้องเตรียมโดยการแช่น้ำ ปริมาณความชื้นจึงมาจากกระบวนการแช่แข็งของผลิตภัณฑ์โดยตรง ซึ่งเมื่อพิจารณาจากค่าความสามารถในการอุ้มน้ำพบว่าเนื้อไก่เจมีปริมาณความชื้นสอดคล้องกันและมีค่าน้อยที่สุด

ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่า เนื้อไก่เจมีปริมาณความชื้นน้อยที่สุด จึงเหมาะสมต่อการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์มากที่สุด เนื่องจากปริมาณความชื้นเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ หากวัตถุดิบที่ใช้มีความชื้นมากจะส่งผลให้ลักษณะเนื้อสัมผัสที่ได้มีความคงตัวน้อย เมื่อนำไปผ่านกระบวนการให้ความร้อนในขั้นตอนการผัดและการฆ่าเชื้อต่อไปจะยิ่งทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีของผลิตภัณฑ์ลดลง

4.2.1.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ พบว่าโปรตีนเกษตรเบอร์ 4 มีปริมาณน้ำอิสระเท่ากับ 0.99 ซึ่งเป็นค่ามากที่สุดและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับโปรตีนเกษตรแผ่นใหญ่ (บาง) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.96 ในขณะที่เนื้อไก่เจมีค่าเท่ากับ 0.94 เนื่องจากผลิตภัณฑ์ชนิดนี้เป็นแบบแช่แข็งไม่ต้องเตรียมผ่านการแช่น้ำจึงมีช่วยให้ปริมาณน้ำอิสระที่ต่ำที่สุดเมื่อพิจารณาจากค่าในตาราง ซึ่งถือเป็นข้อดีของการที่จะคัดเลือกวัตถุดิบ เนื่องจากปริมาณน้ำอิสระที่ต่ำจะช่วยลดสาเหตุที่ทำให้อาหารเน่าเสียเนื่องจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ ส่วนโปรตีนเกษตร 2 ชนิดแรกมีปริมาณน้ำอิสระสูงกว่าเนื้อไก่เจ ในขั้นตอนต่อไปอาจยากต่อการควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารที่เกิดจากเชื้อจุลินทรีย์ หากผลิตภัณฑ์เริ่มต้นจากการเตรียมมีปริมาณน้ำอิสระสูงจะทำให้สภาวะแวดล้อมเอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เสี่ยงต่อการเสื่อมเสียเร็วยิ่งขึ้น

สรุปได้ว่าปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระของเนื้อไก่เจมีค่าเหมาะสมที่สุด เนื่องจากเป็นวัตถุดิบที่มีค่าต่ำที่สุด สามารถคงลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีไว้ได้แม้ผ่านการเตรียม คุณภาพที่ได้จึงมีความเหมาะสมมากกว่าโปรตีนเกษตร 2 ชนิดแรกที่ผ่านการแช่น้ำและบีบน้ำออกทำให้รูปทรง สี และเนื้อสัมผัสเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ค่าที่ได้จะสอดคล้องกับลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ดังตารางที่4.

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของโปรตีนเกษตรทั้ง 3 ชนิด

ชนิดโปรตีนเกษตร	ลักษณะเนื้อสัมผัสของโปรตีนเกษตร			
	ความแข็ง (Hardness1)	ความยืดหยุ่น (Springiness)	ความสามารถในการเกาะรวมตัว (Cohesiveness)	แรงที่ใช้ในการเคี้ยว (Chewiness)
เบอร์ 4	3.49^{c}±1.13	0.41^{c}±0.24	0.50^{b}±0.07	0.61^{b}±0.17
แผ่นใหญ่ (บาง)	5.29^{b}±1.60	2.26^{b}±0.20	0.40^{b}±0.07	0.50^{b}±0.11
เนื้อไก่เจ	13.61^{a}±1.95	3.51^{a}±0.48	4.46^{a}±0.37	2.37^{a}±0.41

หมายเหตุ : ในแต่ละสดมภ์ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรไม่เหมือนกันหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($P<0.05$) โดยการวิเคราะห์ด้วย DMRT ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้ง

4.2.1.4 ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัส ประเมินในรูปแบบ Texture profile analysis พบว่าโปรตีนเกษตรทั้ง 3 ชนิด ให้ผลลักษณะเนื้อสัมผัสดังนี้

ค่าความแข็ง (Hardness) โปรตีนเบอร์ 4, แผ่นใหญ่ (บาง) และเนื้อไก่เจ มีค่าเท่ากับ 3.49, 5.29 และ13.61 ตามลำดับ ผลที่ได้พบว่าค่าความแข็งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยโปรตีนเกษตร 2 ชนิดแรกมีค่าความแข็งน้อยกว่าเนื้อไก่เจ เนื่องจากกรรมวิธีการเตรียมที่ผ่านการแช่น้ำอาจทำให้โครงสร้างของโปรตีนมีความแข็งแรงน้อยลง อุณหภูมิของน้ำและระยะเวลาที่ใช้แช่อาจส่งผลต่อโครงสร้างที่เป็นรูพรุนของตัวอย่างที่ผ่านกระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่น ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดคือโปรตีนเกษตรเบอร์4 ที่เตรียมด้วยการแช่น้ำร้อนอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ความร้อนในระดับนี้จะทำให้โครงสร้างโปรตีนคลายตัวมากขึ้น ส่งผลให้มีค่าความแข็งน้อยที่สุด (ปิ่นมณี, 2547) รองลงมาคือโปรตีนเกษตรแผ่นใหญ่ (บาง) ที่ใช้ระยะเวลาแช่น้ำนานถึง 30 นาที ทำให้

ตัวอย่างที่ได้หลังการบีบน้ำออกค่อนข้างนิ่ม ในขณะที่เนื้อไก่เจให้ค่าความแข็งมากที่สุดเพราะตัวอย่างเป็นผลิตภัณฑ์แบบแช่แข็งเมื่อนำออกมาใช้ไม่จำเป็นต้องผ่านการแช่น้ำ

ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) ของโปรตีนเกษตรเบอร์4, แผ่นใหญ่ (บาง) และเนื้อไก่เจ มีค่าเท่ากับ 0.41, 2.26 และ3.51 ตามลำดับ ผลที่ได้พบว่าค่าความยืดหยุ่นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยโปรตีนเกษตร 2 ชนิดแรกมีค่าความยืดหยุ่นน้อยกว่าเนื้อไก่เจ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ถูกแช่น้ำก่อนการปรุงจนมีลักษณะนิ่ม โครงสร้างเนื้อสัมผัสจึงมีความยืดหยุ่นน้อยเมื่อถูกแรงกดของหัววัดจึงทำให้ผลิตภัณฑ์คืนรูปได้ยากกว่า ในขณะที่เนื้อไก่เจนั้นเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและไม่ผ่านความร้อนจากการเตรียมจึงทำให้คงความยืดหยุ่นของผลิตภัณฑ์ไว้ได้มากที่สุด ผลิตภัณฑ์จึงมีลักษณะที่สามารถคืนรูปเดิมไว้ได้ อีกทั้งส่วนประกอบของเนื้อไก่เจได้แก่ wheat gluten อาจมีส่วนที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้คงความยืดหยุ่นมากที่สุด (วิภา, 2556)

ค่าความสามารถในการเกาะรวมตัว (Cohesiveness) ของโปรตีนเกษตรเบอร์ 4, แผ่นใหญ่(บาง) และเนื้อไก่เจมีค่าเท่ากับ0.50, 0.40 และ4.46 ตามลำดับ ค่านี้จะอธิบายถึงลักษณะความสามารถในการยึดเกาะกันภายในชิ้นอาหาร โดยพบว่าโปรตีนเกษตร 2 แรก มีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เนื่องจากในส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์มีแป้งถั่วเหลืองพร่องไขมันเพียงชนิดเดียว เมื่อผ่านขั้นตอนการเตรียมโดยการแช่น้ำหรือน้ำร้อนอาจทำให้โครงสร้างของโปรตีนสูญเสียความแข็งแรงไป อาจกล่าวได้ว่าผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิดนี้มีความสามารถสลายตัวออกจากกันได้ง่าย ในขณะที่เนื้อไก่เจเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนประกอบของฟองเต้าหู้, โปรตีนถั่ว และกลูเตน ส่วนประกอบเหล่านี้อาจเป็นส่วนช่วยให้โครงสร้างของเนื้อไก่เจมีความสามารถในการเกาะรวมตัวสูงที่สุด

ค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยวอาหาร (Chewiness) โปรตีนเกษตรเบอร์ 4, แผ่นใหญ่(บาง) และเนื้อไก่เจมีค่าเท่ากับ 0.61, 0.50 และ2.37 ตามลำดับ พบว่าเนื้อไก่เจจะมีแรงที่ใช้ในการเคี้ยวอาหารสูงที่สุดสอดคล้องกับค่าความแข็ง, ความยืดหยุ่น และค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวที่มีค่ามากที่สุด ค่าที่ได้อยู่ในระดับใกล้เคียงกับลักษณะเนื้อสัมผัสของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ (ตารางที่ 2.4) ซึ่งเป็นเนื้อเทียมอีกรูปแบบหนึ่ง (เพ็ญขวัญ, 2536) ส่วนโปรตีนเกษตรที่เหลืออีกสองชนิดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P>0.05$) เนื่องจากตัวอย่างมีลักษณะนิ่มจากการแช่น้ำจึงมีค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยวน้อยกว่าเนื้อไก่เจ

สรุปได้ว่า เนื้อไก่เจยังคงลักษณะที่ดีของเนื้อสัตว์เทียมได้ดีที่สุด เนื่องจากมีค่าเนื้อสัมผัสที่มีค่าความแข็ง, ความยืดหยุ่น, ความสามารถในการเกาะรวมตัว และค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยวไว้ได้มากที่สุด ลักษณะเนื้อสัมผัสของวัตถุดิบที่สามารถคงรูปเดิมไว้มากเหมาะสมต่อการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่จำเป็นต้องผ่านความร้อนในขั้นตอนการผัดและการฆ่าเชื้อในลำดับต่อไป

4.2.2 ผลการศึกษาทางเคมี

4.2.2.1 ผลการวิเคราะห์ค่าพีเอช

จากตารางที่ 4.1 พบว่าโปรตีนเกษตรเบอร์4, แผ่นใหญ่ (บาง) และเนื้อไก่เจมีค่าพีเอชเท่ากับ 7.14, 6.91 และ6.22 ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โปรตีนเกษตร 2 ชนิดแรกมีค่าพีเอชเป็นกรดน้อยกว่าเนื้อไก่เจ เนื่องจากน้ำที่ใช้ในการแช่ตัวอย่างในขั้นตอนการเตรียมอาจไปเจือจางค่าความเป็นกรดลงได้ ในขณะที่เนื้อไก่เจไม่ผ่านการแช่น้ำจึงทำให้มีค่าความเป็นกรดมากกว่า แต่จะเห็นได้ว่าโปรตีนเกษตรทั้ง 3 ชนิด มีค่าพีเอชที่จัดอยู่ในกลุ่มอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (low acid food) คือ อาหารที่มีค่าพีเอชมากกว่า 4.5 และมีค่า a_w มากกว่า 0.85 ตามการแบ่งประเภทของอาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทตามค่าพีเอชและค่าปริมาณน้ำอิสระ (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 144 พ.ศ.2535)

4.2.3 ผลการศึกษาทางเคมีกายภาพ

4.2.3.1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำ

จากตารางที่ 4.1 พบว่าความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนเกษตร 2 ชนิดแรกได้แก่ โปรตีนเกษตรเบอร์ 4 และแผ่นใหญ่ (บาง) มีค่าเท่ากับ 4.39 และ7.22 ตามลำดับ ในขณะที่เนื้อไก่เจมีความสามารถในการอุ้มน้ำน้อยที่สุดเท่ากับ 0.55 เมื่อเปรียบเทียบจากลักษณะการเตรียมวัตถุดิบก่อนการปรุงจะพบว่า โปรตีนเกษตร 2 ชนิดแรกต้องนำไปแช่น้ำให้เกิดการพองตัวก่อนการปรุง ด้วยลักษณะโครงสร้างที่เป็นรูพรุนจากกระบวนการเอกซ์ทรูชั่นแป้งถั่วเหลืองพร่องไขมัน จึงมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้สูง เมื่อความสามารถในการอุ้มน้ำสูงจะส่งผลให้ปริมาณน้ำอิสระและความชื้นเพิ่มสูงขึ้น มีผลเสียต่อคุณภาพของวัตถุดิบทั้งค่าสี ลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ในขณะที่เนื้อไก่เจเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านกระบวนการเอกซ์ทรูชั่นจึงทำให้โครงสร้างภายในมีรูพรุนที่น้อยกว่า จึงอาจส่งผลให้ตัวอย่างมีความสามารถในการอุ้มน้ำไว้ไม่ดี ดังนั้น เนื้อไก่เจจึงมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำที่เหมาะสมต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ เพราะช่วยให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของวัตถุดิบที่ผ่านการเตรียมยังคงเดิมมากที่สุด

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเนื้อไก่เจต่อซอสกอและ

4.3 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมี และเคมีกายภาพของเนื้อไก่เจผัดซอสกอและในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 3 ระดับ

ในการคัดเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ ใช้อัตราส่วนทั้งหมด 3 ระดับ ได้แก่ อัตราส่วนระหว่างเนื้อไก่เจ : ซอสกอและ 1:1, 1:2 และ 1:3 ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.3 และ 4.4

ตารางที่ 4.3 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และเคมีกายภาพของเนื้อไก่เจผัดซอสกอและในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 3 ระดับ

อัตราส่วน เนื้อไก่เจ : ซอสกอและ	คุณสมบัติของเนื้อไก่เจผัดซอสกอและ						
	ทางกายภาพ				ทางเคมี		ทางเคมีกายภาพ
	ค่าสี			ความชื้น	พีเอช	ปริมาณน้ำอิสระ	ความสามารถในการอุ้มน้ำ
	L^*	a^*	b^*				
1:0	66.81^{a}±0.67	12.36^{c}±0.46	24.68^{a}±0.66	48.73^{a}±1.06	6.73^{a}±0.01	0.93^{a}±0.00	0.43^{a}±0.05
1:1	36.92^{b}±1.40	25.37^{b}±1.40	20.81^{b}±1.94	44.66^{b}±1.06	6.19^{bc}±0.02	0.88^{c}±0.00	0.34^{b}±0.03
1:2	32.00^{c}±0.84	27.85^{a}±0.92	20.75^{b}±0.34	46.77^{ab}±1.15	6.09^{cd}±0.03	0.89^{b}±0.00	0.40^{a}±0.01
1:3	29.22^{c}±0.35	28.62^{a}±0.65	16.41^{c}±2.94	47.69^{a}±1.67	6.00^{d}±0.01	0.89^{b}±0.00	0.43^{a}±0.01

หมายเหตุ : ในแต่ละสดมภ์ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรไม่เหมือนกันหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยการวิเคราะห์ด้วย DMRT

ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้ง

: ชุดควบคุม (1:0) หมายถึงเนื้อไก่เจที่ไม่ได้ผัดซอสกอและ

4.3.1 ผลการศึกษาทางกายภาพ

4.3.1.1 ผลการวิเคราะห์ค่าสี เนื้อไก่เจผัดซอสกอและซึ่งจำแนกค่าสีเป็นค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ทำการวัดค่าสีของเนื้อไก่เจผัดซอสกอและในอัตราส่วน 1:0, 1:1, 1:2 และ1:3 ตามลำดับ ผลที่ได้เป็นดังนี้

ค่าความสว่าง (L*) จากตารางที่ 4.3 พบว่า เนื้อไก่เจผัดซอสกอและในแต่ละอัตราส่วนมีปริมาณซอสที่แตกต่างกันมีผลทำให้ค่าความสว่าง (L*) ในอัตราส่วน 1:0, 1:1, 1:2 และ 1:3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($P<0.05$) เท่ากับ 66.81, 36.92, 32.00 และ 29.22 ตามลำดับ ผลที่ได้พบว่าความสว่างของอัตราส่วน 1:1 มีค่ามากที่สุด เนื่องจากมีปริมาณซอสกอและน้อยที่สุด แนวโน้มความสว่างที่ลดลงแปรผกผันกับปริมาณซอสกอและที่เพิ่มมากขึ้น แต่เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมพบว่าค่าความสว่างในทุกอัตราส่วนมีค่าลดลงทั้งหมด

ค่าความเป็นสีแดง (a*) ของเนื้อไก่เจผัดซอสกอและที่อัตราส่วน 1:0, 1:1, 1:2 และ1:3 ค่าที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เท่ากับ 12.36, 25.37, 27.85 และ 28.62 ตามลำดับ ค่าความเป็นสีแดงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยสีแดงได้จากส่วนพริกซึ่งประกอบของซอสกอและผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าเมื่อปริมาณซอสกอและเพิ่มมากขึ้นตามอัตราส่วน ค่าความเป็นสีแดง (a*) ก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยพบว่าอัตราส่วน 1:1 มีค่าน้อยสุดเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราส่วน 1:2 และ1:3 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ของเนื้อไก่เจผัดซอสกอและในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน พบว่าอัตราส่วน 1:1 และ1:2 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P>0.05$) ในขณะที่อัตราส่วน 1:3 ให้ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ลดลงตามอัตราส่วนซอสที่เพิ่มมากขึ้น โดยค่าที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เท่ากับ 24.68, 20.81, 20.75 และ 16.41 ตามลำดับ แนวโน้มการลดลงเป็นเช่นเดียวกับค่าความสว่าง (L*) เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะตัวอย่างเนื้อไก่เจในตารางที่ 4.1 ซึ่งมีค่าความเป็นสีเหลือง (L*) เท่ากับ 29.80 จะเห็นได้ว่ามีค่าลดลงอาจเป็นเพราะสีของซอสกอและสามารถเคลือบผิวของเนื้อไก่เจได้ ทำให้ค่าสีเหลืองของเนื้อไก่เจนั้นลดลงตามปริมาณซอสกอและที่เพิ่มมากขึ้น

การเปลี่ยนแปลงของค่าสีทั้ง 3 ค่าได้แก่ ค่าความสว่าง (L*), ค่าความเป็นสีแดง (a*), และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) อาจมาจากหลายปัจจัย เช่น ส่วนประกอบและปริมาณของซอสกอและ ทั้งนี้ยังอาจเกี่ยวข้องกับความร้อนที่ใช้ในการผัดที่ส่งผลต่อสีของตัวอย่างจนทำให้ค่าสีเกิดการเปลี่ยนแปลง แนวโน้มการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของค่าสีทั้ง 3 ค่าในทุกอัตราส่วนเป็นไปในทิศทางเดียวกันดังตารางที่ 4.3 การคัดเลือกค่าสีของผลิตภัณฑ์จำเป็นต้องพิจารณาควบคู่กับการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้าน สี และลักษณะปรากฏ

4.3.1.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น พบว่าอัตราส่วน 1:0, 1:1, 1:2 และ1:3 มีปริมาณความชื้นร้อยละ 48.73, 44.66, 46.77 และ47.69 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณความชื้นเริ่มต้นของเนื้อไก่เจซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 54.19 (ตารางที่ 4.1) พบว่าทุกอัตราส่วนมีปริมาณความชื้นลดลงทั้งหมด เนื่องจากตัวอย่างต้องนำไปผัดด้วยความร้อนส่งผลให้ปริมาณความชื้นของเนื้อไก่เจและซอสกอและซึ่งมีน้ำเป็นส่วนประกอบระเหยออกไป อีกทั้งในส่วนประกอบของซอสกอและที่ข้าวผสมอยู่ ในข้าวจะประกอบไปด้วยอะไมโลสซึ่งมีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำ อาจกล่าวได้ว่าข้าวมีส่วนช่วยลดความชื้นในเนื้อไก่เจลงจึงทำให้ความชื้นในเนื้อไก่เจที่มีส่วนผสมของซอสกอและลดลงมากกว่าชุดควบคุมซึ่งไม่มีซอสกอและ (งามชื่น, 2547) และเมื่ออัตราส่วนซอสเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้ปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ค่าความชื้นของอัตราส่วน 1:3 จึงมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ 1:2 และ 1:0 ซึ่งทั้งหมดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในขณะที่อัตราส่วน 1:1 มีปริมาณความชื้นน้อยที่สุด เนื่องจากใช้อัตราส่วนซอสกอและน้อยที่สุด

ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าความชื้นของซอสกอและในทุกอัตราส่วนอาจระเหยออกไปในระหว่างการผัดด้วยความร้อน อาจกล่าวได้ว่าความร้อนเป็นปัจจัยที่ทำให้ปริมาณความชื้นลดลง ดังนั้นในอัตราส่วน 1:1 ซึ่งมีปริมาณซอสกอและน้อยที่สุด จึงมีค่าร้อยละความชื้นที่เหมาะสมต่อการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ เนื่องจากค่าความชื้นในขั้นตอนนี้จะสัมพันธ์กับค่าปริมาณน้ำอิสระที่เป็นปัจจัยหลักในการควบคุมและป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์อาหาร อีกทั้งยังสอดคล้องกับลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีของผลิตภัณฑ์ในตารางที่ 4.4 เพราะหากผลิตภัณฑ์มีความชื้นจากส่วนประกอบซอสกอและน้อยจะเป็นผลดีต่อการคงรูปร่างของชิ้นเนื้อไก่เจให้คงรูปได้ดีที่สุด

4.3.1.3 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) จากตารางที่ 4.3 พบว่าปริมาณน้ำอิสระของเนื้อไก่เจผัดซอสกอและในอัตราส่วนต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($P<0.05$) โดยเนื้อไก่เจผัดซอสกอและที่อัตราส่วน 1:0, 1:1, 1:2 และ1:3 มีค่าเท่ากับ 0.93, 0.88, 0.89 และ0.89 ตามลำดับ ปริมาณน้ำอิสระมีแนวโน้มลดลงจากชุดควบคุมทั้งหมด และเมื่อพิจารณาอัตราส่วนซอสกอและที่เพิ่มมากขึ้นจะพบว่าค่าปริมาณน้ำอิสระจะเพิ่มขึ้นตาม ค่าที่ได้อยู่ในระดับใกล้เคียงกันแต่ในอัตราส่วน 1:1 มีค่าน้อยที่สุด ความร้อนส่งผลให้น้ำซึ่งเป็นส่วนประกอบของซอสกอและระเหยออกไป และการเติมเกลือลงไปในส่วนผสมของซอสกอและจะช่วยลดปริมาณน้ำอิสระลงได้ในระดับหนึ่ง (กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2556) จึงเป็นสาเหตุให้ปริมาณน้ำอิสระในตัวอย่างที่มีซอสกอและจึงมีน้อยกว่าตัวอย่างที่ไม่มีซอสกอและ ความชื้นซึ่งเป็นปริมาณน้ำทั้งหมดที่มีอยู่ในอาหารจะสอดคล้องกับปริมาณน้ำอิสระซึ่งเป็นปัจจัยที่ชี้ระดับปริมาณน้ำต่ำสุดของตัวอย่างที่เชื้อจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและใช้ในปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ในอุตสาหกรรมอาหารจะใช้วิธีการป้องกันการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่สร้างสารพิษในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีภาชนะปิดสนิท เช่น *Clostridium botulinum* โดยการควบคุมให้ค่า a_w ต่ำกว่า 0.93 เป็นต้น

จึงสรุปได้ว่า อัตราส่วน 1:1 เหมาะสมต่อการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ เนื่องจากมีค่าปริมาณน้ำอิสระต่ำกว่า 0.93 (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 144 พ.ศ.2535) ซึ่งมีค่าน้อยที่สุดและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับอัตราส่วน 1:2 และ 1:3

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและทั้ง 3 อัตราส่วน

อัตราส่วน	ลักษณะเนื้อสัมผัสเนื้อไก่เจผัดซอสกอและ			
	ค่าความแข็ง (Hardness)	ค่าความยืดหยุ่น (Springiness)	ค่าความสามารถในการเกาะรวมตัว (Cohesiveness)	ค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยว (Chewiness)
1:0	$13.61^{a}\pm1.95$	$3.51^{a}\pm0.48$	$0.50^{a}\pm0.07$	$2.37^{a}\pm0.41$
1:1	$12.18^{b}\pm2.55$	$3.48^{a}\pm0.60$	$0.41^{b}\pm0.05$	$1.87^{b}\pm0.58$
1:2	$10.09^{c}\pm2.06$	$3.43^{a}\pm0.33$	$0.37^{bc}\pm0.07$	$1.40^{c}\pm0.46$
1:3	$9.83^{c}\pm2.44$	$3.05^{b}\pm0.44$	$0.35^{c}\pm0.10$	$1.23^{c}\pm0.37$

หมายเหตุ : ในแต่ละสดมภ์ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรไม่เหมือนกันหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($P<0.05$) โดยการวิเคราะห์ด้วย DMRT ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้ง

: ชุดควบคุม (1:0) หมายถึงเนื้อไก่เจที่ไม่ได้ผัดซอสกอและ

4.3.1.4 ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของเนื้อไก่เจผัดซอสกอและ

จากตารางที่ 4.4 ค่าเนื้อสัมผัสจะอธิบายถึงลักษณะเนื้อสัมผัสของตัวอย่างโดยมีทั้งหมด 4 ค่าได้แก่ ค่าความแข็ง ค่าความยืดหยุ่น ความสามารถในการเกาะรวมตัว และค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยว ได้ผลดังนี้

ค่าความแข็ง (Hardness) ของเนื้อไก่เจที่ผัดด้วยซอสกอและในอัตราส่วนที่แตกต่างกันทั้งหมด 3 ระดับ ผลที่ได้พบว่าค่าความแข็งในอัตราส่วน 1:2 และ 1:3 มีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 10.09 และ 9.83 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) อาจกล่าวได้ว่าจากปริมาณซอสกอและทั้ง 2 อัตราส่วนนี้ไม่ทำให้ค่าความแข็งแตกต่างกัน แต่มีค่าความแข็งน้อยกว่าอัตราส่วน 1:1 และชุดควบคุมซึ่งมีค่าเท่ากับ 12.18 และ 13.61 ตามลำดับ ผลที่ได้สอดคล้องกับค่าความสามารถในการอุ้มน้ำดังตารางที่ 4.3 เมื่อปริมาณซอสกอและเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความในการสามารถอุ้มน้ำมากขึ้นเช่นเดียวกัน เนื้อไก่เจจะมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่มลง นั่นคือมีค่าความแข็งน้อยลง ในขณะที่อัตราส่วน 1:1 ซึ่งมีปริมาณซอสน้อยที่สุดจะให้ค่าความแข็งมากที่สุดและใกล้เคียงกับชุดควบคุม

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ปริมาณซอสกอและส่งผลต่อค่าความแข็งของตัวอย่างในทุกอัตราส่วน พบว่าปริมาณซอสกอและที่เพิ่มมากขึ้นจะทำให้เนื้อไก่เจมีค่าความแข็งลดลง อาจทำให้ลักษณะของผลิตภัณฑ์สูญเสียการคงรูปไป

ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) ในอัตราส่วนที่แตกต่างกันทั้งหมด 3 ระดับ พบว่าอัตราส่วน 1:0, 1:1 และ1:2 มีค่าความยืดหยุ่นเท่ากับ 3.51, 3.48 และ3.43 ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) อาจกล่าวได้ว่าปริมาณซอสกอและที่แตกต่างกันทั้ง 3 ระดับนี้ส่งผลให้ค่าความยืดหยุ่นไม่แตกต่างกัน ในขณะที่อัตราส่วน 1:3 มีค่าความยืดหยุ่นน้อยที่สุดและมีค่าแตกต่างจากอัตราส่วนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เนื่องจากซอสกอและนั้นมีปริมาณมากเกินไป เมื่อถูกดูดซึมเข้าไปในโครงสร้างของเนื้อไก่เจปริมาณมากอาจส่งผลต่อส่วนประกอบของเนื้อไก่เจ ทำให้ความสามารถในการคืนรูปลดลง นั่นคือมีค่าความยืดหยุ่นน้อยที่สุดในระยะเวลาการผัดที่เท่ากัน คือ 10 นาที เมื่อเทียบกับอัตราส่วน 1:1 และ 1:2 ซึ่งมีค่าความยืดหยุ่นมากกว่าและใกล้เคียงกับชุดควบคุม อาจกล่าวได้ว่าปริมาณซอสในอัตราส่วนทั้ง 2 ระดับนี้ยังคงรักษาลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความยืดหยุ่นไว้ได้ เพราะเมื่อถูกแรงจากการกดแล้วเนื้อไก่เจสามารถคืนรูปได้มากกว่าอัตราส่วน 1:3 เมื่อพิจารณาจากปริมาณการใช้ซอสกอและจะพบว่าอัตราส่วน 1:1 ใช้ซอสกอและในปริมาณน้อยที่สุดแต่ให้ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความยืดหยุ่นดีที่สุด

ค่าความสามารถในการเกาะรวมตัว (Cohesiveness) ของเนื้อไก่เจที่ผัดด้วยซอสกอและในอัตราส่วนที่แตกต่างกันทั้งหมด 3 ระดับ โดยพบว่าชุดควบคุมมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 0.50 รองลงมาคืออัตราส่วน 1:1 และ 1:2 เท่ากับ 0.41 และ 0.37 ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับชุดควบคุม ในขณะที่อัตราส่วน 1:3 ให้ค่าน้อยที่สุดและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับอัตราส่วนอื่นๆ เนื่องจากปริมาณซอสกอและที่มากเกินอาจเข้าไปทำลายความแข็งแรงในโครงสร้างของเนื้อไก่เจ เมื่อถูกกดด้วยแรงจากหัววัด จึงทำให้ความแข็งแรงของโครงสร้างลดลง ค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวภายในชิ้นจึงน้อยที่สุด เมื่อพิจารณาในอัตราส่วน 1:1 พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับชุดควบคุมมากที่สุดส่งผลให้เนื้อไก่เจในอัตราส่วนนี้ยังคงความแข็งแรงของโครงสร้างโปรตีนไว้ได้ เป็นผลดีต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์และยังอาจกล่าวได้ว่าในอัตราส่วนนี้เนื้อไก่เจมีความสามารถในการสลายตัวได้น้อยที่สุด

ค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยว (Chewiness) ในอัตราส่วนที่แตกต่างกันทั้งหมด 3 ระดับ พบว่าอัตราส่วน 1:1 มีค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยวเท่ากับ 1.87 ซึ่งมากที่สุดจากทั้ง 3 ระดับและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.37 แสดงให้เห็นว่าส่วนของซอสกอและส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสน้อยที่สุด อาจกล่าวได้ว่าที่อัตราส่วนนี้ลักษณะ

เนื้อสัมผัสของเนื้อไก่เจยังสามารถคงรูปไว้ได้ใกล้เคียงกับลักษณะเนื้อสัมผัสเนื้อเทียม เช่น ไส้กรอก แฟรงค์เฟอร์เตอร์ได้ดีที่สุด (เพ็ญขวัญ, 2536) รองลงมาคืออัตราส่วน 1:2 และ1:3 เท่ากับ 1.40 และ 1.23 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และมีค่าน้อยที่สุด ค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยวลดลงเข้าใกล้ระดับลักษณะเนื้อสัมผัส เช่น ขนมปัง (ตารางที่ 2.4) ซึ่งไม่ตรงตามลักษณะที่ต้องการของเนื้อเทียม อาจเป็นเพราะปริมาณซอสที่มากเกินไปส่งผลให้ลักษณะเนื้อไก่เจนิ่มลง จึงมีค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยวลดลง แต่ในทุกอัตราส่วนลดลงจากชุดควบคุมแสดงให้เห็นว่าปริมาณซอสกอและที่แทรกซึมเข้าไปภายในโครงสร้างของเนื้อไก่เจที่เพิ่มมากขึ้นมีผลต่อแรงที่ใช้ในการเคี้ยวที่ลดลง ค่าที่ได้แปรผันตรงกับค่าความแข็ง ค่าความยืดหยุ่น ค่าความสามารถในการเกาะรวมตัว

จากการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อไก่เจต่อซอสกอและด้วยอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 3 ระดับ สรุปได้ว่าค่าความแข็ง, ค่าความยืดหยุ่น, ค่าความสามารถในการเกาะรวมตัว และค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยวของอัตราส่วนที่ 1:1 นั้นมีค่ามากที่สุด อาจกล่าวได้ว่าปริมาณซอสกอและในอัตราส่วนนี้ที่ทำการผัดด้วยระยะเวลา 10 นาที อุณหภูมิในการผัดประมาณ 80 องศาเซลเซียส มีส่วนช่วยให้เนื้อไก่เจคงลักษณะเนื้อสัมผัสเดิมไว้ได้มากที่สุด เนื่องจากซอสกอและที่แทรกซึมเข้าไปในโครงสร้างของเนื้อไก่เจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสเพียงเล็กน้อย เป็นผลดีต่อลักษณะปรากฏและรสชาติของผลิตภัณฑ์ อีกทั้งยังเป็นผลดีทางด้านต้นทุนการผลิต เนื่องจากช่วยลดปริมาณการใช้ซอสกอและแต่ยังคงคุณภาพที่ดีไว้ได้ ดังนั้นอัตราส่วน 1:1 จึงเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมในด้านลักษณะทางเนื้อสัมผัสของเนื้อไก่เจผัดซอสกอและมากที่สุด

4.3.2 ผลการศึกษาทางเคมี

4.3.2.1 ผลการวิเคราะห์ค่าพีเอช จากตารางที่ 4.3 ค่าพีเอชของเนื้อไก่เจผัดซอสกอและเป็นดังนี้ ในอัตราส่วน 1:1, 1:2 และ1:3 ที่มีค่าเท่ากับ 6.19, 6.09 และ6.00 ตามลำดับ ค่าพีเอชของตัวอย่างในทุกอัตราส่วนมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าเมื่อนำผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจมาผัดกับซอสกอและจะทำให้ค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ลดลงเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (1:0) เท่ากับ 6.73 อัตราส่วนของซอสกอและที่เพิ่มมากขึ้นจะทำให้ค่าความเป็นกรดลดลง อาจเป็นเพราะส่วนประกอบของซอสกอและ ได้แก่ น้ำ สามารถเจือจางระดับความเป็นกรดให้ลดลงได้ และน้ำกะทิซึ่งมีค่าพีเอชประมาณ 6.00 (ข้อ2.3.7) ช่วยปรับให้ผลิตภัณฑ์ในทุกอัตราส่วนมีค่าพีเอชลดลง สรุปได้ว่า เนื้อไก่เจผัดซอสกอและทุกอัตราส่วนเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (Low acid food) คืออาหารที่มีค่าพีเอชมากกว่า 4.5 และมี a_w ของน้ำมากกว่า 0.85 (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 144 พ.ศ.2535)

4.3.3 ผลการศึกษาทางเคมีกายภาพ

4.3.3.1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำ การวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อไก่เจผัดซอสกอและ ผลที่ได้ในตารางที่ 4.4 พบว่าความสามารถในการอุ้มน้ำของชุดควบคุม (1:0) เปรียบเทียบกับเนื้อไก่เจผัดซอสกอและในอัตราส่วน 1:0, 1:2 และ1:3 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($P>0.05$) มีค่าเท่ากับ 0.40, 0.43 และ0.43 ตามลำดับ ในขณะที่อัตราส่วน 1:1 มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำน้อยที่สุด เนื่องจากมีปริมาณซอสกอและแทรกซึมเข้าไปในโครงสร้างของเนื้อไก่เจได้น้อยที่สุด เป็นผลดีต่อการรักษาลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อไก่เจให้มีค่าใกล้เคียงค่าเริ่มต้น (ตารางที่ 4.2) มากที่สุด สอดคล้องกับปริมาณความชื้น ค่าพีเอช และปริมาณน้ำอิสระ (ตารางที่ 4.3)

ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำแสดงให้เห็นว่าในอัตราส่วนซอสกอและที่แตกต่างกันส่งผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำซึ่งจะช่วยให้เนื้อสัมผัสของอาหารมีลักษณะแข็งหรือนุ่ม ทำให้ลักษณะปรากฏได้แก่ ค่าสี และค่าทางประสาทสัมผัสเกิดการเปลี่ยนแปลง มีผลต่อคุณภาพเนื้อสัมผัสของเนื้อไก่เจ ดังนั้นเมื่อพิจารณาซอสกอและในอัตราส่วน 1:1 จะพบว่าปริมาณซอสในระดับนี้ช่วยให้คุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสของเนื้อไก่เจยังคงเดิมมากที่สุด เหมาะสมต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์

ตอนที่ 2.1 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสเนื้อไก่เจผัดซอสกอและ

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสเนื้อไก่เจผัดซอสกอและในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 3 ระดับ

อัตราส่วน	คุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสเนื้อไก่เจผัดซอสกอและ					
เนื้อไก่เจ : ซอสกอและ	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
1:1	7.10^{a}±0.88	7.36^{a}±0.92	7.06^{a}±1.11	7.20^{a}±1.27	7.06^{a}±1.46	7.36^{a}±1.09
1:2	7.00^{a}±1.20	7.20^{a}±1.15	6.76^{a}±1.10	6.86^{a}±1.13	6.66^{a}±1.44	7.33^{a}±1.21
1:3	6.90^{a}±1.09	7.26^{a}±1.08	6.86^{a}±1.13	6.96^{a}±1.18	6.76^{a}±1.30	7.06^{a}±1.04

หมายเหตุ : ในแต่ละสดมภ์ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันหมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) โดยการวิเคราะห์ด้วย DMRT
ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้ง

4.4 ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

ทำการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสเพื่อคัดเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและในด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของอัตราส่วนทั้ง 3 ระดับ แสดงในตารางที่ 4.5 พบว่า

ลักษณะที่ปรากฏ (Appearance) คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านลักษณะที่ปรากฏของอัตราส่วนทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ อัตราส่วน 1:1, 1:2 และ 1:3 พบว่าผู้ประเมินให้คะแนนส่วนใหญ่อยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (6.90-7.10 คะแนน) ซึ่งคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของอัตราส่วน 1:1 นั้นมีค่าคะแนนมากที่สุด รองลงมาคือ 1:2 และ 1:3 ตามลำดับ แต่คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของอัตราส่วนทั้ง 3 ระดับนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($P>0.05$) การที่ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านลักษณะที่ปรากฏไม่แตกต่างกัน เนื่องจากเนื้อไก่เจไปผัดกับซอสกอและในทุกอัตราส่วนมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำซอสกอและได้ใกล้เคียงกัน แม้ว่าแต่ละอัตราส่วนจะมีคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และเคมีกายภาพที่แตกต่าง โดยเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้านลักษณะที่ปรากฏแต่ละอัตราส่วนแล้วพบว่าผู้ประเมินให้การยอมรับด้านลักษณะที่ปรากฏของอัตราส่วน 1: 1 มากที่สุดจึงส่งผลให้มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 7.10 คะแนน อาจกล่าวได้ว่าผู้ประเมินส่วนใหญ่พึงพอใจผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณซอสน้อยที่สุดแต่ให้ลักษณะปรากฏดีที่สุด

สี (Color) คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านสีของอัตราส่วนทั้ง 3 ระดับเมื่อนำมาผัดโดยผ่านความร้อน พบว่าปริมาณซอสกอและที่แตกต่างไม่ส่งผลต่อความชอบด้านสีของผลิตภัณฑ์ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($P>0.05$) ผู้ประเมินให้คะแนนส่วนใหญ่อยู่ในระดับชอบปานกลาง (7.36 คะแนน) โดยที่ในอัตราส่วน 1: 3 มีระดับคะแนนความชอบด้านสีมากที่สุด รองลงมาคือ 1:1 และ1:2 ตามลำดับ อาจกล่าวได้ว่าผู้ประเมินมีความพึงพอใจด้านสีแบบเข้มขึ้นหรือจางลงแตกต่างกัน สีที่เกิดขึ้นเนื่องจากในซอสกอและมีส่วนประกอบที่ให้สีได้แก่ พริก กะทิหรือแม้กระทั่งน้ำตาลปี๊บที่เมื่อถูกความร้อนอาจเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดหรือปฏิกิริยาสีน้ำตาลและปฏิกิริยาออกซิเดชันไขมันซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่สำคัญที่สุด มักเกิดขึ้นในอาหารที่มีค่า a_w ต่ำ โดยเฉพาะอาหารที่มีความชื้นปานกลางมักจะเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลโดยไม่ต้องอาศัยเอนไซม์ ปฏิกิริยาสีน้ำตาลขึ้นกับน้ำและมีอัตราสูงสุดที่ระดับความชื้นปานกลาง เนื่องจากน้ำมีบทบาทเป็นตัวทำละลายและเป็นตัวยับยั้งปฏิกิริยาด้วยขีดจำกัดของปฏิกิริยาที่ค่า a_w ต่ำ คือการไม่สามารถเคลื่อนที่ของสารได้ ดังนั้นการเติมน้ำจะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงขึ้น (ดังข้อ 2.5.4) ซอสกอและมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสีที่จะเข้มขึ้นขณะผัดโดยใช้ความร้อน เมื่อเปรียบเทียบระดับคะแนนด้านสีของอัตราส่วนทั้ง 3 ระดับแล้วพบว่าผู้ประเมินให้การยอมรับด้านสีของเนื้อไก่เจผัดซอสกอและในอัตราส่วน 1:1 มากที่สุด

กลิ่น (Odor) คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านกลิ่นของอัตราส่วนทั้ง3 ระดับ พบว่าผู้ประเมินให้คะแนนส่วนใหญ่อยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (6.86-7.06 คะแนน) โดยทุกอัตราส่วนมีคะแนนความชอบด้านกลิ่นใกล้เคียงกัน ส่งผลให้ระดับคะแนนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ดังนั้นคะแนนความชอบด้านกลิ่นจึงไม่มีความแตกต่างกัน

รสชาติ (Flavors) คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านรสชาติของอัตราส่วนทั้ง 3 ระดับ พบว่าผู้ประเมินให้คะแนนส่วนใหญ่อยู่ในระดับชอบปานกลาง (6.86-7.20 คะแนน) โดยคะแนนด้านรสชาติไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แม้ว่าจะใช้อัตราส่วนซอสกอและที่แตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผู้ทดสอบชิมเป็นกลุ่มบุคคลทั่วไป ไม่ได้จัดอยู่ในกลุ่มผู้เชี่ยวชาญในอาหารประเภทนี้

เนื้อสัมผัส (Texture)คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านเนื้อสัมผัสของเนื้อไก่เจผัดซอสกอและทั้ง 3 ระดับ พบว่า ผู้ประเมินให้คะแนนส่วนใหญ่อยู่ในระดับชอบปานกลาง (6.66-7.06 คะแนน) คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) เมื่อเปรียบในแต่ละอัตราส่วนจะพบว่าระดับคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสจะแปรผันตามอัตราส่วนซอสกอและที่แตกต่างกัน เนื่องจากปริมาณซอสกอและมีผลต่อเนื้อสัมผัสของเนื้อไก่เจทั้ง 3 อัตราส่วน หากมีปริมาณซอสกอและมากเนื้อสัมผัสจะเปลี่ยนแปลงไป เมื่อเปรียบเทียบคะแนนด้านเนื้อสัมผัสในแต่ละอัตราส่วนพบว่าผู้ประเมินให้การยอมรับด้านเนื้อสัมผัสที่อยู่ในระดับใกล้เคียงกัน

ความชอบโดยรวม (Overall acceptance) คะแนนเฉลี่ยความชอบโดยรวมของอัตราส่วนทั้ง 3 ชนิด พบว่าผู้ประเมินให้คะแนนส่วนใหญ่อยู่ในระดับชอบปานกลาง (7.06-7.36 คะแนน) โดยคะแนนที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 95 (P>0.05) ผู้ประเมินให้การยอมรับด้านความชอบโดยรวมของทั้ง 3 อัตราส่วนใกล้เคียงกัน

จากระดับคะแนนการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสทั้งหมดของการคัดเลือก พบว่าทั้ง 3 อัตราส่วน มีระดับคะแนนความชอบในทุกด้านไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

4.4.1 สรุปผลการคัดเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสม

เนื่องจากค่าทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและทั้ง 3 อัตราส่วนมีระดับคะแนนความชอบที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) จึงคัดเลือกอัตราส่วน 1:1 เพื่อนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและ เพราะเมื่อเปรียบเทียบแล้วจะพบว่าค่าการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และเคมีกายภาพในตารางที่ 4.3 และผลการศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัสในตารางที่ 4.4 ซึ่งมีแนวโน้มที่เหมาะสมเช่นเดียวกัน ดังนั้น จึงทำการคัดเลือกอัตราส่วน 1:1 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อในตอนที่ 3 เป็นลำดับต่อไป

ตอนที่3 ศึกษาสภาวะการฆ่าเชื้อเนื้อไก่เจผัดซอสกอและ 3 สภาวะ

4.5 ผลการศึกษาสภาวะการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและ 3 สภาวะเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและ

ทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และเคมีกายภาพผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและจากตอนที่ 2 ผลที่ได้จากการคัดเลือกคืออัตราส่วน 1:1 จากนั้นนำมาศึกษาสภาวะการฆ่าเชื้อที่แตกต่างกันเพื่อคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมต่อการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและ โดยได้ทำการกำหนดสภาวะการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมทั้งหมด 3 สภาวะได้แก่ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว, อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส 5 นาที ความดัน 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และอุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส 6 นาที ความดัน 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ตามลำดับ ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 4.6 และ4.7

ตารางที่ 4.6 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อแตกต่างกัน 3 สภาวะ

สภาวะการฆ่าเชื้อ	คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อ						
	ทางกายภาพ			ทางเคมี			ทางเคมีกายภาพ
	ค่าสี			ความชื้น	พีเอช	ปริมาณน้ำอิสระ	ความสามารถในการอุ้มน้ำ
	L^*	a^*	b^*				
ชุดควบคุม	36.92^{b}±1.40	25.37^{b}±1.40	20.81^{b}±1.94	47.69^{a}±1.67	6.19^{a}±0.04	0.90^{c}±0.00	0.43^{a}±0.12
อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว	28.96^{c}±3.27	20.68^{c}±1.56	16.10^{c}±0.61	32.88^{c}±2.27	6.15^{b}±0.01	0.88^{d}±0.00	0.18^{b}±0.14
อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส 5 นาที ความดัน 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว	42.14^{a}±1.86	27.89^{a}±0.73	24.69^{a}±1.16	41.07^{b}±1.12	6.05^{c}±0.00	0.92^{b}±0.00	0.56^{a}±0.10
อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส 6 นาที ความดัน 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว	38.46^{ab}±2.19	25.20^{b}±0.67	21.67^{b}±1.01	42.23^{b}±2.83	6.19^{a}±0.02	0.93^{a}±0.00	0.56^{a}±0.18

หมายเหตุ : ในแต่ละสดมภ์ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรไม่เหมือนกันหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยการวิเคราะห์ด้วย DMRT

ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้ง

: ชุดควบคุม คือ ตัวอย่างที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ

4.5.1 ผลการศึกษาทางกายภาพ

4.5.1.1 ผลการวิเคราะห์ค่าสี

จากตารางที่ 4.6 จำแนกค่าสีเป็นค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ทำการวัดสีของเนื้อไก่เจผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อเปรียบเทียบผลที่ได้กับตัวอย่างที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ (ชุดควบคุม) ซึ่งมีค่าดังนี้ ค่าความสว่าง (L*=36.93) ค่าความเป็นสีแดง (a*=25.37) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*=20.81)

(ก) สภาวะการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว มีค่าความสว่าง (L*=28.96), ค่าความเป็นสีแดง (a*=20.68) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*=16.10) เปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อพบว่าค่าสีลดลงทั้งหมด เนื่องจากสภาวะนี้มีความร้อนสูงที่สุดและมีระยะเวลาในการฆ่าเชื้อนานที่สุด มีผลต่อระดับสารสีของส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีจางลง

(ข) สภาวะการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส เวลา 5 นาที ความดัน 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว มีค่าความสว่าง (L*=42.14), ค่าความเป็นสีแดง (a*=27.89) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*=24.69) เปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อพบว่ามีค่าความสว่าง, ค่าความเป็นสีแดงและค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้นเนื่องจากสภาวะนี้ใช้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำลงและมีระยะเวลาในการฆ่าเชื้อสั้นที่สุด จึงมีส่วนช่วยให้ระดับสารสีของส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น

(ค) สภาวะการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส เวลา 6 นาที ความดัน 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว มีค่าความสว่าง (L*=38.46), ค่าความเป็นสีแดง (a*=25.20) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*=21.67) เปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อพบว่ามีค่าความสว่าง, ค่าความเป็นสีแดงและค่าความเป็นสีเหลืองมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากสภาวะนี้มีความร้อนมีอุณหภูมิต่ำลงและมีระยะเวลาในการฆ่าเชื้อสั้น ส่งผลต่อระดับสารสีของส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์ที่ไม่ค่อยเกิดการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์

จากผลการวัดค่าสีในระบบCIE Lab (L* a* b*) สรุปได้ว่า สภาวะการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ116 องศาเซลเซียส เวลา 5 นาที ความดัน 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้วจะช่วยเพิ่มค่าสีทุกลักษณะได้ดีที่สุด ส่วนที่สภาวะการฆ่าเชื้อดังข้อ (ค) มีส่วนช่วยคงค่าสีเดิมของผลิตภัณฑ์ก่อนการฆ่าเชื้อไว้ได้ ในขณะที่สภาวะการฆ่าเชื้อดังข้อ (ก) จะมีผลต่อการลดค่าสีของผลิตภัณฑ์ให้จางลง

4.5.1.2 ผลจากการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและแสดงผลดังตารางที่ 4.6 ปริมาณความชื้นจากตัวอย่างเนื้อไก่เจผัดซอสกอและน้ำหนัก 2 กรัม พบว่าที่สภาวะการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว, อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส เวลา 5 นาที ความดัน 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และอุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส เวลา 6 นาที ความดัน 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้วมีปริมาณ

ความชื้นเป็นร้อยละ 32.88, 41.07 และ 42.23 ตามลำดับ ค่าที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เนื่องจากความร้อนที่อุณหภูมิสูงแตกต่างกันมีผลต่อปริมาณความชื้นของตัวอย่างไม่เท่ากัน เมื่อสังเกตจากค่าที่ได้จะพบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นปริมาณความชื้นก็จะยิ่งลดน้อยลง หากเปรียบเทียบกับปริมาณความชื้นของตัวอย่างที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 44.66 (ชุดควบคุม) พบว่ามีปริมาณความชื้นลดลงในทุกสภาวะการฆ่าเชื้อ ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิและเวลาที่มากขึ้นจะไปลดปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์

4.5.1.3 การวิเคราะห์ค่าปริมาณน้ำอิสระ(a_w) ของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอที่การฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว, อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส เวลา 5 นาที ความดัน 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และอุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส เวลา 6 นาที ความดัน 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว พบว่าปริมาณน้ำอิสระของเนื้อไก่เจผัดซอสกอและในทุกสภาวะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ค่าปริมาณน้ำอิสระเท่ากับ 0.87, 0.91 และ 0.92 ตามลำดับ ปริมาณน้ำอิสระมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและแปรผกผันกับสภาวะการฆ่าเชื้อที่ใช้ความร้อนและมีระยะเวลาน้อยลง ในสภาวะแรกการฆ่าเชื้อนานจะส่งผลให้น้ำอิสระระเหยออกจากผลิตภัณฑ์มากขึ้น แต่เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมซึ่งมีค่าปริมาณน้ำอิสระเท่ากับ 0.88 (ดังตารางที่ 4.3) จะพบว่าสภาวะการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว จะทำให้ค่าปริมาณน้ำอิสระลดลง เนื่องจากอุณหภูมิสูงและระยะเวลานานที่สุด ในขณะที่อีก 2 สภาวะกลับมีค่าปริมาณน้ำอิสระเพิ่มมากขึ้นกว่าชุดควบคุมเมื่อใช้อุณหภูมิที่ต่ำลงและระยะเวลาการฆ่าเชื้อที่สั้นกว่า จึงอาจกล่าวได้ว่า การฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิสูงเป็นระยะเวลานานจะช่วยลดปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์อาหารได้ ซึ่งเป็นผลดีช่วยลดการเสื่อมเสียของอาหารอันเกิดจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ค่าปริมาณน้ำอิสระที่วัดได้จากตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหารจะสามารถบ่งบอกถึงสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ชนิดต่างๆได้

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อ3 สภาวะ

สภาวะการฆ่าเชื้อ	ลักษณะทางเนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อ			
	ความแข็ง (Hardness1)	ความยืดหยุ่น (Springiness)	ความสามารถในการเกาะรวมตัว (Cohesiveness)	แรงที่ใช้ในการเคี้ยว (Chewiness)
ชุดควบคุม	12.18^{a}±2.55	3.48^{a}±0.60	0.41^{b}±0.05	1.87^{a}±0.58
อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส,15 นาที ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว	10.76^{a}±2.87	3.15^{b}±0.61	0.43^{ab}±0.70	1.59^{a}±0.45
อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส, 5 นาที ความดัน 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว	12.95^{a}±2.92	3.66^{a}±0.41	0.47^{a}±0.11	1.71^{a}±0.54
อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส, 6 นาที ความดัน 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว	11.00^{a}±1.92	3.31^{b}±0.52	0.46^{a}±0.08	1.65^{a}±0.48

หมายเหตุ : ในแต่ละสดมภ์ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรไม่เหมือนกันหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยการวิเคราะห์ด้วย DMRT

ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้ง

: ชุดควบคุม คือ ตัวอย่างที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ

4.5.1.4 ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของเนื้อไก่เจผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อ

จากตารางที่ 4.7 ผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและที่ผ่านการการฆ่าเชื้อที่แตกต่างกัน 3 สภาวะมีค่าเนื้อสัมผัสเป็นดังนี้

ค่าความแข็ง (Hardness) ของตัวอย่างผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อทั้ง 3 สภาวะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ผลที่ได้พบว่าสภาวะการฆ่าเชื้อที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อค่าความแข็งของตัวอย่าง แต่เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อซึ่งมีค่าความแข็งเท่ากับ 12.18 จะพบว่าสภาวะที่ใช้ในการฆ่าเชื้อมีผลทำให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้นและลดลงดังนี้

ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้วตัวอย่างที่ผ่านการฆ่าเชื้อมีค่าความแข็งลดลงมากที่สุด เนื่องจากโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างนั้นได้รับความร้อนสูงเป็นระยะเวลานานที่สุด ส่งผลให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อไก่เจมีสามารถแตกออกจากกันได้ง่ายขึ้น เช่นเดียวกับที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส 5 นาที ความดัน 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และอุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส 6 นาที ความดัน 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ตัวอย่างที่ผ่านการฆ่าเชื้อมีค่าความแข็งลดลง โดยระยะเวลาที่น้อยกว่าจะยังคงค่าความแข็งได้มากกว่า เนื่องจากโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างนั้นได้รับความร้อนสูงในระยะเวลาที่สั้นกว่า อาจกล่าวได้ว่าสภาวะการฆ่าเชื้อมีผลต่อค่าความแข็งที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงของผลิตภัณฑ์ จากผลการวิเคราะห์ที่แสดงให้เห็นว่าค่าความแข็งทั้ง 3 สภาวะการฆ่าเชื้อไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) ของเนื้อไก่เจผัดซอสกอและแต่ละสภาวะมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ผลที่ได้เป็นดังนี้

สภาวะการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้วตัวอย่างมีค่าความยืดหยุ่นเท่ากับ 3.15 ความร้อนจากกระบวนการฆ่าเชื้อในสภาวะนี้ส่งผลให้ปริมาณความชื้นและความสามารถในการอุ้มน้ำของตัวอย่างลดลงเป็นอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ (ชุดควบคุม) เมื่อปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อในสภาวะนี้ลดลง จึงส่งผลให้เนื้อสัมผัสด้านความยืดหยุ่นของเนื้อไก่เจมีค่าลดลงที่สุดในทั้ง 3 สภาวะ ค่าความยืดหยุ่นของผลิตภัณฑ์อาหารประเภทเนื้อสัตว์เทียมใช้อธิบายถึงความเหนียวและแน่นเนื้อ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ที่สภาวะการฆ่าเชื้อดังกล่าวข้างต้นไม่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและ เพราะทำให้โครงสร้างของเนื้อไก่เจมีลักษณะเหนียวน้อยลงกว่าเนื้อสัมผัสเดิมของผลิตภัณฑ์ อาจเป็นเพราะการใช้อุณหภูมิสูงและระยะเวลาการให้ความร้อนนานเกินไปจนทำให้โครงสร้างของส่วนประกอบต่างๆในผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม เนื้อสัมผัสที่ได้จึงไม่ใกล้เคียงกับลักษณะเนื้อเทียมที่ต้องการ เช่นเดียวกับที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส เวลา 6 นาที ความดัน 10ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ซึ่งมีความยืดหยุ่นเท่ากับ 3.31 อาจกล่าวได้ว่าทั้ง 2 สภาวะนี้จะทำให้เนื้อสัมผัสสูญเสียความสามารถใน

การคืนรูปไปจากเดิม ในขณะที่การฆ่าเชื้อด้วยอุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส เวลา 5 นาที ความดัน 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว มีค่าความยืดหยุ่นเท่ากับ 3.66 ซึ่งค่าที่ได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับ 2 สภาวะข้างต้น แต่ค่าที่ได้ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุมซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.48 ($P>0.05$) พบว่าตัวอย่างที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยสภาวะนี้มีค่าความยืดหยุ่นลดลงเพียงเล็กน้อย ส่งผลดีต่อการรักษารูปเดิมของผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อสัมผัสจัดอยู่ในประเภทเนื้อเทียม

ความสามารถในการเกาะรวมตัว (Cohesiveness) โดยสภาวะการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว, อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส เวลา 5 นาที ความดัน 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และอุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส เวลา 6 นาที ความดัน 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว มีค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวของชิ้นอาหารเท่ากับ 0.43, 0.47, และ0.46 ตามลำดับ ซึ่งไม่มีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($P>0.05$) แต่เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.41 พบว่าค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวของชิ้นอาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อนั้นเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาจากรูปแบบของลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อเทียมแล้วจะพบว่าผลิตภัณฑ์ต้องการความสามารถในการเกาะรวมตัวที่สูง เนื่องจากต้องการให้ผลิตภัณฑ์คงรูปเดิมได้ดีที่สุด

ค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยวอาหาร (Chewiness) โดยสภาวะการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว, อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส เวลา 5 นาที ความดัน 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และอุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส เวลา 6 นาที ความดัน 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ส่งผลให้ค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยวของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและมีค่าเท่ากับ 1.59, 1.71 และ1.65 ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.87 พบว่าทั้ง 3 สภาวะที่ใช้ในการฆ่าเชื้อส่งผลให้ค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยวผลิตภัณฑ์ลดลงเนื่องจากความร้อน

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสในตารางที่ 4.7 สรุปได้ว่าที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้วทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็ง, ค่าความยืดหยุ่น และค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวลดลงมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้ออาจทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสเดิมของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไป ในขณะที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส 5 นาที ความดัน 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว มีส่วนช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับเนื้อเทียมตามที่ต้องการมากที่สุด และอุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส 6 นาที ความดัน 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว มีค่าลักษณะเนื้อสัมผัสทั้ง 4 ค่าต่ำกว่าตัวอย่างที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อเพียงเล็กน้อย

4.5.2 ผลการศึกษาทางเคมี

4.5.2.1 ผลการวิเคราะห์ค่าพีเอช

การวิเคราะห์ค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและในสภาวะการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที, อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส เวลา 5 นาที และอุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส เวลา 6 นาที พบว่าผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและมีค่าพีเอชเท่ากับ 6.15 , 6.05 และ 6.19 ตามลำดับ โดยพีเอชมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและอุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส เวลา5 นาที มีค่าเหมาะสมต่อการนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและ เนื่องจากมีค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ต่ำที่สุดและจัดอยู่ในกลุ่มอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (Low acid food) คืออาหารที่มีค่าความเป็นกรดด่างมากกว่า 4.5-6 สามารถพัฒนาต่อไปในระดับการผลิตอาหารพร้อมทานในภาชนะปิดสนิทได้

4.5.3 ผลการศึกษาทางเคมีกายภาพ

4.5.3.1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำ

การวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อไก่เจผัดซอสกอและในสภาวะการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที, อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส เวลา 5 นาที และอุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส เวลา 6 นาที พบว่าความสารถในการอุ้มน้ำของเนื้อไก่เจผัดซอสกอและมีค่าเท่ากับ 0.17, 0.55 และ0.55 ตามลำดับ ค่าที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบกับตัวอย่างที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.34 (ชุดควบคุม) ตัวอย่างที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิสูงและระยะเวลานานอาจทำให้น้ำถูกระเหยออกไปจากตัวผลิตภัณฑ์ ทำให้มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง ในขณะที่สภาวะการฆ่าเชื้อที่เหลือนั้นมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มมากขึ้น อาจกล่าวได้ว่าที่อุณหภูมิมากกว่า 80 องศาเซลเซียส (การให้ความร้อนในการผัด) แต่ต่ำกว่า 121 องศาเซลเซียสและระยะเวลาการให้ความร้อนที่สั้นลง อาจช่วยให้โครงสร้างของเนื้อไก่เจผัดซอสกอและมีความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มมากขึ้น เป็นผลดีต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์

ตอนที่ 3.1 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและ

ตารางที่ 4.8 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสเนื้อไก่เจผัดซอสกอและที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อ 3 สภาวะ

สภาวะการฆ่าเชื้อ	คุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อ					
	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว	7.06^{a}±0.20	6.90^{a}±0.20	6.83^{a}±0.18	6.76^{a}±0.20	6.93^{a}±0.20	7.10^{a}±0.17
อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส 5 นาที ความดัน 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว	7.03^{a}±0.25	7.13^{a}±0.20	6.63^{a}±0.22	6.83^{a}±0.24	6.86^{a}±0.25	7.26^{a}±0.21
อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส 6 นาที ความดัน 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว	6.83^{a}±0.22	7.00^{a}±0.19	6.60^{a}±0.17	6.63^{a}±0.26	6.63^{a}±0.21	6.96^{a}±0.21

หมายเหตุ : ในแต่ละสดมภ์ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันหมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) โดยการวิเคราะห์ด้วย DMRT
ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้ง

4.5.4 ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

ทำการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสเพื่อคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมต่อการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและในด้านลักษณะที่ปรากฏ, สี, กลิ่น, รสชาติ, เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ในตัวอย่างที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยสภาวะการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว, อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส เวลา 5 นาที ความดัน 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และอุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส เวลา 6 นาที ความดัน 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 4.8 ดังนี้

ลักษณะที่ปรากฏ (Appearance) ที่สภาวะการฆ่าเชื้อดังกล่าวข้างต้นพบว่า ผู้ประเมินให้คะแนนส่วนใหญ่อยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (6.83-7.07 คะแนน) ผลคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของอุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส เวลา 5 นาที ความดัน 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้วนั้นมีค่าคะแนนมากที่สุด รองลงมาคืออุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และอุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส เวลา 6 นาที ความดัน 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ตามลำดับ โดยที่คะแนนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) การที่ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านลักษณะที่ปรากฏไม่แตกต่างกัน เนื่องจากเนื้อไก่เจมีความสามารถในการอุ้มน้ำซอสได้ใกล้เคียงกัน ซอสจึงเคลือบที่ผิวด้านนอกของโปรตีนเกษตรได้ใกล้เคียงกัน โดยเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้านลักษณะที่ปรากฏแต่ละสภาวะแล้วพบว่าผู้ประเมินให้การยอมรับด้านลักษณะที่ปรากฏของอุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส เวลา 5 นาที ความดัน 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว มากที่สุดซึ่งสอดคล้องกับค่าสีในตารางที่ 4.6 จึงส่งผลให้มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 7.06 คะแนน

สี (Color) คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านสีของสภาวะการฆ่าเชื้อทั้ง 3 ระดับเมื่อนำมาฆ่าเชื้อความร้อนที่อุณหภูมิสูงและระยะเวลาแตกต่างกัน พบว่าระดับคะแนนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ผู้ประเมินให้คะแนนส่วนใหญ่อยู่ในระดับชอบปานกลาง (7.01 คะแนน) และพบว่าอุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส เวลา 5 นาที ความดัน 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้วมีระดับคะแนนความชอบด้านสีมากเมื่อเทียบกับค่าสีที่วัดได้จากตารางที่ 4.6 พบว่าที่สภาวะนี้มีส่วนช่วยให้ค่าสีเพิ่มขึ้นมากที่สุด

กลิ่น (Odor) คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านกลิ่นของเนื้อไก่เจผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่แตกต่างกัน 3 สภาวะ พบว่าผู้ประเมินให้คะแนนส่วนใหญ่อยู่ในระดับชอบเฉยๆถึงชอบในระดับปานกลาง (6.60-6.80 คะแนน) พบว่าทุกสภาวะมีคะแนนความชอบด้านกลิ่นใกล้เคียงกัน ส่งผลให้ระดับคะแนนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังนั้น เนื่องจากปริมาณของกลิ่นเครื่องเทศจากซอสกอและมีกลิ่นใกล้เคียงกัน ไม่สามารถแยกระดับคะแนนอย่างชัดเจนได้ (อ้างอิงจากแบบทดสอบ)

รสชาติ (Flavors) คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านรสชาติของอัตราส่วนทั้ง 3 ระดับ ผู้ประเมินให้คะแนนส่วนใหญ่อยู่ในระดับชอบปานกลาง (6.63-6.83 คะแนน) โดยพบว่าคะแนนด้านรสชาติไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) เนื่องจากปริมาณซอสกอและที่คงอยู่ในเนื้อไก่เจมีปริมาณใกล้เคียง เนื่องจากการฆ่าเชื้อทำให้น้ำซึ่งเป็นองค์ประกอบของซอสกอและไหลออกมาจากผลิตภัณฑ์และระเหยไปในระดับที่ใกล้เคียงกัน เทียบได้จากปริมาณความชื้นที่ในผลิตภัณฑ์ (ตารางที่ 4.6) จึงส่งผลให้รสชาติที่ได้ไม่ถูกเจือจางด้วยปริมาณน้ำ ผลที่ได้พบว่าผู้ประเมินให้การยอมรับด้านรสชาติไม่แตกต่างกัน

เนื้อสัมผัส (Texture) คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านเนื้อสัมผัสของเนื้อไก่เจผัดซอสกอและทั้ง 3 ระดับ พบว่าผู้ประเมินให้คะแนนส่วนใหญ่อยู่ในระดับชอบปานกลาง (6.63-6.93 คะแนน) พบว่าคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ผู้ประเมินให้การยอมรับด้านความชอบโดยรวมของทั้ง 3 สภาวะการฆ่าเชื้อใกล้เคียงกัน

ความชอบโดยรวม (Overall acceptance) คะแนนเฉลี่ยความชอบโดยรวมของทั้ง 3 สภาวะพบว่า ผู้ประเมินให้คะแนนส่วนใหญ่อยู่ในระดับชอบปานกลาง (6.97-7.23 คะแนน) โดยคะแนนที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ผู้ประเมินให้การยอมรับด้านความชอบโดยรวมของทั้ง 3 สภาวะการฆ่าเชื้อใกล้เคียงกัน

จากระดับคะแนนการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสทั้งหมดของการคัดเลือกสภาวะที่แสดงผลการคัดเลือกตารางที่ 4.8 พบว่าทั้ง 3 สภาวะการฆ่าเชื้อมีระดับคะแนนความชอบในทุกด้านไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ดังนั้น จึงทำการคัดเลือกสภาวะการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส เวลา 5 นาที ความดัน 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้วมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและต่อไป เนื่องจากมีผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี เคมีกายภาพ และค่าเนื้อสัมผัสที่เหมาะสมต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและ เพราะในสภาวะนี้มีอุณหภูมิและระยะเวลาที่ส่งผลดีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ค่าสี พีเอช รวมทั้งค่าปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระและความสามารถในการอุ้มน้ำที่สอดคล้องกับลักษณะเนื้อสัมผัส

ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการในผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและ

ในขั้นตอนต่อไปจะนำผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและที่ผ่านการคัดเลือกในอัตราส่วน 1:1 และผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 นาที ความดัน 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้วไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการได้แก่ ปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า ความชื้น คาร์โบไฮเดรต และพลังงาน ผลที่ได้ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการในผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและ

ตัวอย่าง	ปริมาณกลุ่มสารในผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและ					
	โปรตีน (g/100g)	ไขมัน (g/100g)	เถ้า (g/100g)	ความชื้น (g/100g)	คาร์โบไฮเดรต (g/100g)	พลังงาน (kcal/100g)
ชุดควบคุม	14.17	17.18	2.01	41.68	24.96	311.14
ผลิตภัณฑ์	11.29	18.81	2.51	41.87	25.52	316.53

หมายเหตุ: ชุดควบคุม หมายถึง ผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจที่ใช้เป็นวัตถุดิบ

: ผลิตภัณฑ์ หมายถึง ผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อ

4.6 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการในผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและ

จากตารางที่ 4.9 เปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการที่เป็นองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและกับชุดควบคุม ได้แก่ ผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจ ผลที่ได้เป็นดังนี้

ปริมาณโปรตีน ในผลิตภัณฑ์มีปริมาณโปรตีน 11.29 กรัมต่อ100กรัม เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมซึ่งมีปริมาณเท่ากับ 14.17 กรัมต่อ100กรัม จะพบว่าผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อมีโปรตีนลดลง เนื่องจากกระบวนการให้ความร้อนในขั้นตอนการผัดและการฆ่าเชื้อส่งผลต่อโครงสร้างที่แข็งแรงของโปรตีน โดยที่ความร้อนสูงประมาณ 80-100 องศาเซลเซียส โปรตีนจะสูญเสียพันธะไดซัลไฟด์โครงสร้างโปรตีนคลายตัวมากขึ้น (ปิ่นมณี, 2547)

ปริมาณไขมัน จากการวิเคราะห์พบว่าปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์เพิ่มสูงขึ้นกว่าชุดควบคุมเท่ากับ 18.81 และ 17.18 กรัมต่อ100กรัม ตามลำดับ การเพิ่มขึ้นของปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์เนื่องมาจากในซอสกอและมีส่วนผสมของกะทิอยู่แต่มีปริมาณการเพิ่มขึ้นนี้อยู่ในระดับเล็กน้อย ปริมาณไขมันจะขึ้นของอยู่กับประเภทและชนิดของผลิตภัณฑ์อาหาร

ปริมาณเถ้า ในผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและมีปริมาณเถ้าอยู่ 2.51 กรัมต่อ100กรัม ในขณะที่ชุดควบคุมมีอยู่ 2.01 กรัมต่อ100กรัม ปริมาณเถ้าในผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มมากขึ้นแสดงให้เห็นว่าเครื่องเทศจากส่วนผสมของซอสกอและที่เป็นสารอินทรีย์เมื่อถูกเผาไหม้ด้วยอุณหภูมิสูง จากการวิเคราะห์จะได้ส่วนที่เหลือเป็นสารอนินทรีย์ ปริมาณเถ้าสามารถใช้บ่งชี้คุณภาพอาหารได้ หากมีปริมาณมากขึ้นอาจหมายถึงมีในผลิตภัณฑ์มีการเสริมวัตถุดิบที่มีส่วนเป็นสารอินทรีย์ผสมอยู่มาก

ปริมาณความชื้น การเพิ่มขึ้นของความชื้นในผลิตภัณฑ์เปรียบเทียบกับชุดควบคุมพบว่า มีการเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากในซอสกอและมีส่วนผสมที่เป็นน้ำและกะทิผสมอยู่ ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์และชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 41.87 และ 41.68 กรัมต่อ100กรัม ตามลำดับ ความชื้นที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ความแข็ง ความยืดหยุ่น ความสามารถในการเกาะรวมตัว และแรงที่ใช้ในการเคี้ยวให้ลดลง

ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 24.96 กรัมต่อ100กรัม เมื่อนำมาผัดด้วยซอสกอและจะช่วยเพิ่มปริมาณให้มีค่าสูงขึ้นเท่ากับ 25.52 กรัมต่อ100กรัม คาร์โบไฮเดรตที่เพิ่มขึ้นอาจมาจากส่วนประกอบของซอสกอและ ส่งผลดีต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ซึ่งจะช่วยให้ความยืดหยุ่นเพิ่มมากขึ้น จากผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการในผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและ สามารถสรุปได้ว่าซอสกอและเป็นส่วนประกอบที่ช่วยเพิ่มปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรตให้กับผลิตภัณฑ์ได้

ปริมาณพลังงาน ในผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและจะมีพลังงานเท่ากับ 316.53 กิโลแคลอรี่ต่อ100กรัม ซึ่งสูงกว่าชุดควบคุมซึ่งเป็นเนื้อไก่ที่ได้ผัดด้วยซอสกอและที่มีปริมาณพลังงานเท่ากับ 311.14 กิโลแคลอรี่ต่อ100กรัม เนื่องจากในส่วนผสมของซอสกอและประกอบไปด้วยถั่วลิสงคั่วและกะทิซึ่งไปสารให้พลังงานสูง

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี เคมีกายภาพ และลักษณะเนื้อสัมผัสในโปรตีนเกษตร 3 ชนิด

จากการทดสอบทางกายภาพ เคมี และเคมีกายภาพได้คัดเลือกเนื้อไก่เจเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ เนื่องจากมีค่าสี L* a* b* เท่ากับ 87.20 8.65 และ29.80 ตามลำดับ เนื่องจากตัวอย่างสามารถคงค่าสีของผลิตภัณฑ์ไว้ได้มากที่สุดและมีขั้นตอนการเตรียมน้อยที่สุด ร้อยละความชื้น น้ำอิสระ พีเอช และความสามารถในการอุ้มน้ำเท่ากับ 54.19, 0.94, 6.22 และ0.55 ค่าที่ได้แสดงให้เห็นว่าเนื้อไก่เจสามารถคงลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีไว้ได้แม้ผ่านการเตรียม คุณภาพที่ได้จึงมีความเหมาะสมมากกว่าโปรตีนเกษตร 2 ชนิดแรกที่ผ่านการแช่น้ำและบีบน้ำออกทำให้รูปร่างลักษณะสี และเนื้อสัมผัสเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม อีกทั้งเนื้อไก่เจมีโครงสร้างที่เป็นรูพรุนน้อยกว่าจึงมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำที่น้อย ช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นและน้ำอิสระต่ำ เป็นอีกวิธีที่จะช่วยลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสียของผลิตภัณฑ์ ทำให้ยังคงคุณภาพเนื้อสัมผัสของวัตถุดิบไว้ได้อย่างดี ลักษณะเนื้อสัมผัส ได้แก่ ค่าความแข็ง ความยืดหยุ่น ความสามารถในการเกาะรวมตัว และแรงที่ใช้ในการเคี้ยว เท่ากับ 13.61, 3.51, 4.46 และ2.31 ตามลำดับ เนื้อไก่เจยังคงลักษณะที่ดีของเนื้อสัตว์เทียมได้ดีที่สุด เนื่องจากมีค่าเนื้อสัมผัสเกิดการเปลี่ยนแปลงได้น้อยกว่าโปรตีนเกษตร 2 ชนิดแรก ดังนั้น เนื้อไก่จึงเป็นวัตถุดิบที่เหมาะสมต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและเนื่องจากคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี เคมีกายภาพ และลักษณะเนื้อสัมผัสที่สามารถรักษาคุณภาพไว้ได้ดีที่สุด

5.1.2 ผลการคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี เคมีกายภาพ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการทดสอบทางประสาทสัมผัสในการคัดเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเนื้อไก่เจต่อซอสกอและ

ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเนื้อไก่เจต่อซอสกอและ 3 ระดับ ได้แก่ อัตราส่วน 1:1 1:2 และ1:3 โดยทุกการทดสอบจะมีชุดควบคุมเป็นอัตราส่วน 1:0 นำทุกอัตราส่วนมาศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี เคมีกายภาพ ลักษณะเนื้อสัมผัส และทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อคัดเลือกเพียงอัตราส่วนเดียวที่ได้ผลคะแนนการยอมรับโดยรวมดีที่สุด ผลจากการคัดเลือกพบว่าอัตราส่วน 1:1 มีค่าสี L* a* b* เท่ากับ 36.92, 25.37 และ 20.81 ตามลำดับ ร้อยละความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ พีเอช

และความสามารถในการอุ้มน้ำ เท่ากับร้อยละ 44.66, 0.88, 6.19 และ0.34 ตามลำดับ ในอัตราส่วนนี้เหมาะสมต่อการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่อไป เนื่องจากมีค่าปริมาณน้ำอิสระต่ำกว่า 0.93 มากที่สุด แต่พบว่าทุกอัตราส่วนเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (Low acid food) คืออาหารที่มีค่าพีเอชมากกว่า 4.5 และมี a_w ของน้ำมากกว่า 0.85 (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 144 (พ.ศ.2535) ปริมาณซอสในระดับนี้ช่วยให้คุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส ได้แก่ ค่าความแข็ง ความยืดหยุ่น ความสามารถในการเกาะรวมตัว และแรงที่ใช้ในการเคี้ยว เท่ากับ 12.18, 3.48, 0.41 และ 1.87 ตามลำดับ สรุปได้ว่าค่าความแข็ง, ค่าความยืดหยุ่น, ค่าความสามารถในการเกาะรวมตัว และค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยวของอัตราส่วนที่ 1:1 นั้นมีค่ามากที่สุด อาจกล่าวได้ว่าปริมาณซอสกอและในอัตราส่วน 1:1 ที่ทำการผัดด้วยระยะเวลา 10 นาที อุณหภูมิในการผัดประมาณ 80 องศาเซลเซียส มีส่วนช่วยให้เนื้อไก่เจมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีที่สุด เป็นผลดีต่อรสชาติของผลิตภัณฑ์ และเป็นผลดีทางด้านต้นทุนการผลิต เนื่องจากช่วยลดปริมาณการใช้ซอสกอและแต่ยังคงรสชาติที่ดีไว้ได้ การทดสอบทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม เท่ากับ 7.10, 7.36, 7.06, 7.20, 7.06 และ7.36 พบว่าทั้ง 3 อัตราส่วน มีระดับคะแนนความชอบในทุกด้านไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

5.1.3 ผลการคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี เคมีกายภาพ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการทดสอบทางประสาทสัมผัสในผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อ

จากผลการทดสอบทางกายภาพ เคมี และเคมีกายภาพในการคัดเลือกเนื้อไก่เจเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ ใช้อัตราส่วนระหว่างเนื้อไก่เจต่อซอสกอและเป็น 1:1 ผลที่ได้พบว่าผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส เวลา 5 นาที ความดัน 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้วมีค่าสี L* a* b* เท่ากับ 42.14, 27.89 และ24.69 ตามลำดับที่สภาวะนี้จะช่วยเพิ่มค่าสีทุกลักษณะได้ดีที่สุด ร้อยละความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ พีเอช และความสามารถในการอุ้มน้ำเท่ากับ 41.07, 0.91, 6.05 และ0.55 ตามลำดับ ค่าที่ได้ส่งผลดีต่อลักษณะเนื้อสัมผัส ได้แก่ ค่าความแข็ง ความยืดหยุ่น ความสามารถในการเกาะรวมตัว และแรงที่ใช้ในการเคี้ยวเท่ากับ 12.95, 3.66, 0.47 และ1.71 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าตัวอย่างที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อเพียงเล็กน้อย อาจกล่าวได้ว่าในการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ที่สภาวะนี้ยังคงคุณลักษณะเดิมของผลิตภัณฑ์ไว้ได้มากที่สุด เมื่อพิจารณาค่าที่ได้ทั้งหมดเปรียบเทียบกับการทดสอบทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมที่มีค่าเท่ากับ 7.03, 7.13, 6.63, 6.83 และ6.86 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กับสภาวะอื่นจึงได้คัดเลือกสภาวะ 116 องศาเซลเซียส เวลา 5 นาที ความดัน 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ในการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอ

และ เนื่องจากผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี เคมีกายภาพและค่าเนื้อสัมผัสส่งผลดีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์มากที่สุด

5.1.4 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการในผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและ

เนื้อไก่เจผัดซอสกอและที่ผ่านการคัดเลือกในอัตราส่วน 1:1 ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 นาที พบว่า ผลิตภัณฑ์มีคุณค่าทางโภชนาการได้แก่ โปรตีน ไขมัน เถ้า ความชื้น คาร์โบไฮเดรต และพลังงาน เท่ากับ 11.29, 18.81, 41.87, 25.52 และ 316.53 ตามลำดับ คุณค่าทางโภชนาการเหล่านี้จะเพิ่มขึ้นตามปริมาณของซอสกอและ อาจกล่าวได้ว่าการพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้วยการนำเนื้อไก่เจมาผัดด้วยซอสกอและจะช่วยเพิ่มคุณค่าทางสารอาหารให้กับผลิตภัณฑ์เพื่อบรรลุที่มาของโครงงานพิเศษในครั้งนี้ นั่นคือการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและให้อยู่ในระบบรสนิยมการบริโภคของคนไทย และช่วยเพิ่มทางเลือกให้ผู้ที่สนใจในผลิตภัณฑ์อาหารมังสวิรัติ ในการเลือกรับประทานโปรตีนเกษตรในรูปแบบของเนื้อเทียม ได้แก่ เนื้อไก่เจ ที่มีลักษณะเนื้อสัมผัส รสชาติ กลิ่น และคุณสมบัติต่างๆที่ส่งผลดีต่อการบริโภคมากยิ่งขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ผลิตภัณฑ์โปรตีนเกษตรผัดซอสกอและจะมีซอสเป็นสีแดงแกมน้ำตาลเคลือบที่ผิวของโปรตีนเกษตร (เนื้อไก่เจ) มีรสชาติที่กลมกล่อม ได้กลิ่นหอมจากเครื่องเทศในซอสกอและ อีกทั้งเนื้อสัมผัสของเนื้อไก่เจยังมีความแน่นเนื้อใกล้เคียงกับเนื้อสัตว์ ช่วยเพิ่มทางเลือกสำหรับกลุ่มผู้บริโภคมังสวิรัติและกลุ่มทั่วไปได้อย่างดี

5.2.2 ผลิตภัณฑ์โปรตีนเกษตรผัดซอสกอและเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยกระบวนการฆ่าเชื้อในระดับห้องปฏิบัติการ จึงมั่นใจได้ว่ามีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคและสามารถพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ปลอดเชื้อเชิงการค้าในระดับอุตสาหกรรมต่อไปไป

เอกสารอ้างอิง

กมล เลิศรัตน์. 2550. **การผลิต การปลูก การแปรรูป และการตลาดของพริกในประเทศไทย.** ประชาคมวิจัย.สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ปีที่ 13 ฉบับที่ 73 หน้า 15-20.

กมลวรรณ โรจน์สุนทรกิตติ, ศศิวิมล จิตรากร , ธีรพร กงบังเกิด และ นิติพงศ์ จิตรีโภชน์. 2551. "ลักษณะคุณภาพของน้ำพริกแกงในเขตอำเภอเมืองพิษณุโลก." ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยนเรศวร.

กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 2556. **ประมวลสารสนเทศพร้อมใช้เรื่อง พริกแกง (Curry paste).** กรุงเทพฯ : สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

กระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน. 2561. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://elearning2.utcc.ac.th/officialtcu/econtent/SD301/11.pdf

กว่าจะมาเป็นโปรตีนเกษตร. 2555. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.voicetv.co.th/read/53588

การใช้ความร้อนฆ่าเชื้อในอาหาร. 2560. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://bsid.dip.go.th/th/ca

การวัดค่าสี. 2558. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.pballtechno.com/article/18/การวัดสี-color-measuring

การวิเคราะห์สารอาหารบางชนิด. 2561. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://ninlawanta.weebly.com/362736093656362336183607363736564.html

กิตติยา กิติกุศล, ปนิดดา ศุทธกิจ, พรพิมล วงศ์ษา, ศุจินทรา เขียวเพชร และนพพล เล็กสวัสดิ์. 2555. "ผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง." วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมกระบวนการอาหาร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ขจีรัตน์ ระรื่นรมย์. 2548. "ผลของส่วนผสมต่อโครงสร้างทางกายภาพและพันธะเคมีของเนื้อเทียมโปรตีนถั่ว เหลือง." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาหาร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยรสุรนารี

คณิตนันท์ เอซัน, จุฑามาศ ศิลปภักดี, ไอริณ เจริญสุข, และเบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์. 2556. "ลักษณะเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นปลาผสมเห็ด." *วารสารวิจัยและพัฒนา*, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ. 2561. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
http://www.sa.sciencetech.co.th/pdf/micro-6.pdf

งามชื่น คงเสรี., จารุวรรณ บางแวก., กิติยา กิจควรดี., ละม้ายมาศ ยังสุข และ กัญญา เชื้อพันธุ์. 2547. คุณภาพและการตรวจสอบข้าวหอมมะลิไทย. กรุงเทพฯ : สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม.

จริยา เดชกุญชร. 2557. **อาหารมังสวิรัติ**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์สถาพรบุ๊คส์ จำกัด.

จินตนา อุปดิสสกุล. 2544. **หลักการและความสำคัญของการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสอาหาร.** คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

จุฬาลักษณ์ จารุนุช, วรพล เพ็งพินิจ และ เอสา เวศกิจกุล. 2554. "โปรตีนเกษตรเสริมเมทไธโอนีนและ แคลเซียม." *วารสารตามติดผลิตภัณฑ์*. : 65 68

ซอสไก่กอและ. 2561. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
http://www.nia.or.th/thaidelicious/index.php?page=recipes&section=golek_th

ดนุพล จิรวรรณพันธุ์. 2549. "ห่อหมกปลาช่อนพร้อมบริโภคในบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อนตัว." วิทยานิพนธ์ คหกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ถั่วลิสง. 2560. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://medthai.com/ถั่วลิสง/ประกาศกระทรวงสาธารณสุข. 2535. ฉบับที่ 144 **การแบ่งประเภทของอาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทตามค่าพีเอชและค่าปริมาณน้ำอิสระ.** กระทรวงสาธารณสุข.

ถั่วเหลือง. 2561. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.108health.com/"ไอโซฟลาโวนส์"-ในนมถั่วเหลือง-ดีต่อสุขภาพผิว/

ธิราพร จุลยุเสน. 2559. **การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส**. [สไลด์นำเสนอ]. สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

บริษัท ไทอี้ อาหารเพื่อสุขภาพ จำกัด. 2561 [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
http://www.thaiyuh.com/web/

บริษัท โยตา อาหารเจ จำกัด. 2561. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
http://www.youtavegetarian.com

ประกายแก้ว โกมนตรี. 2555. “ผลของสารหมักเนื้อ และเทคนิค Sous Vide ต่อคุณภาพของไก่กอและพร้อมบริโภค.” วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 144 (พ.ศ.2535) เรื่อง อาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทโดยที่เรื่องอาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท.

ปัญจ์ยศ มงคลชาติ. 2554. “การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไข่นกกระทาบรรจุรีทอร์ตเพาช์.” *วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ*. กรมวิทยาศาสตร์บริการ, กรุงเทพฯ

ปิ่นมณี ขวัญเมือง. 2547. **หลักโภชนาการ**. กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ปุณิกา ภูวรรณตระกูล และ ชาญณรงค์ วันทา. 2550. การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ยอดมะพร้าวอ่อนบรรจุกระป๋อง. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญยบุรี.

พริกไทย. 2561. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://th.wikipedia.org/wiki/พริกไทย

พริกแห้ง. 2559. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.samunpri.com/kitchendrugs/พริกแห้ง/

พฤกษา สวาทสุข. 2559. “ผลของเวลาการให้ความร้อนต่อลักษณะทางกายภาพของปลาทูต้มเค็มในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์.” *แก่นเกษตร*. 44(2) 257 264

พัชรา สังขฤกษ์ และ สมฤดี แท่นคำ. 2555. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังทอดกรอบ**. ปัญหาพิเศษ, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. 2561 **กลูเตน.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0351/gluten-กลูเตน

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. 2561. **ลูกผักชี**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2800/coraninder-seed-ลูกผักชี

เพ็ญขวัญ ชมปรีดา. 2536. **การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส**. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร, กรุงเทพฯ.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2547. **ลักษณะรีโอโลยีของอาหาร.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.lib.kps.ku.ac.th/SpecialProject/Food_Science/2547/Bs/ChontichaWi/chapter2.pdf

มาริสา จาตุพรพิพัฒน์. 2559. โครงการวิจัยการพัฒนาต้นแบบกรรมวิธีการแปรรูปอาหารด้วยความร้อนในผลิตภัณฑ์ไก่กอและพร้อมบริโภคในบรรจุภัณฑ์อ่อนตัวแบบถ้วย (รีทอร์ทโบว์ล). กองทุนวิจัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพ.

ยี่หร่า. 2560. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://medthai.com/ยี่หร่า/

ลูกผักชี. 2561. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2800/coraninder-seed-ลูกผักชี

วิภา สุโรจนะเมธากุล. 2556. "กลูเตน." *วารสารวิจัย.* สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิไล รังสาดทอง. 2547. **เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนคร.

วีระ ภาคอุทัย และ เยาวรัตน์ ศรีวรานนท์. 2557. **พริก ปลูกอย่างไรในภาวะโลกกำลังร้อน**. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.). 30 หน้า.

ศรันยวัช นุชพงษ์ และธนะบูลย์สัจจาอนันตกุล. 2557. **ผลของกัมสำรองต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์อิมัลชันที่ผลิตจากเนื้อสุกรแช่แข็งและทำละลาย.** การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 52, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

สมจินตนา สุมิตสวรรค. 2542. **การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหาร.** ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแกน, ขอนแกน.

สันตกิจ นิลอุดมศักดิ์. 2544. ผลของสวนประกอบตอลักษณะเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นปลา. วิทยานิพนธปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกลาธนบุรี.

สายใจ จริยาเอกภาส. 2559. "การใช้ผักพื้นบ้านในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์หมู." *วารสารวิจัย* , มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ.

สายสนม ประดิษฐดวง และ สงวนศรี เจริญเหรียญ. 2559. กระบวนการแช่เยือกแข็งอาหาร เล่มที่ 1. กรุงเทพฯ

สุธิดา อัครชะนียากร, สุธาสินี ปริญญาณัฏฐ์ และฉัตรชนก กิจทวี. 2557. "การผลิตแฮมปลาดุกอุยเทศ." *วารสารวิชาการ,* มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สุนทรณ์ ฟักเฟื่อง. 2560. "ผลของชนิดปลาทะเลต่อลักษณะคุณภาพของไส้กรอกปลาเวียนนา." *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,* มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

สุภาพร อภิรัตนานุสรณ์ และ กฤตภาสจินาภาค. 2556. “การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกพร้อมบริโภค.” *วารสารวิจัยและพัฒนา*. 36(4) : 451

สุวิมล อริยประกาย. 2557. “อิมัลชันกะทิ”. *วารสารวิจัยและพัฒนา*. 37(1) : 91 93

หลักการของ Autoclave. 2561. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

หอมแดง. 2559. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://th.wikipedia.org/wiki/หอมแดง

อนลลักษณ์ โอฬาริโกวิท. 2554. “การผลิตข้าวพองพร้อมบริโภคในรีทอร์ตเพาช์.” วิทยานิพนธ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Harper, J. M. 1981. **Extrusion of Foods**. Vol.II, CRC Press Inc., Boca Raton, Florida. 174

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

รูปภาพ

รูปที่ ก-1 ลักษณะซอสกอและก่อนและหลังการให้ความร้อน

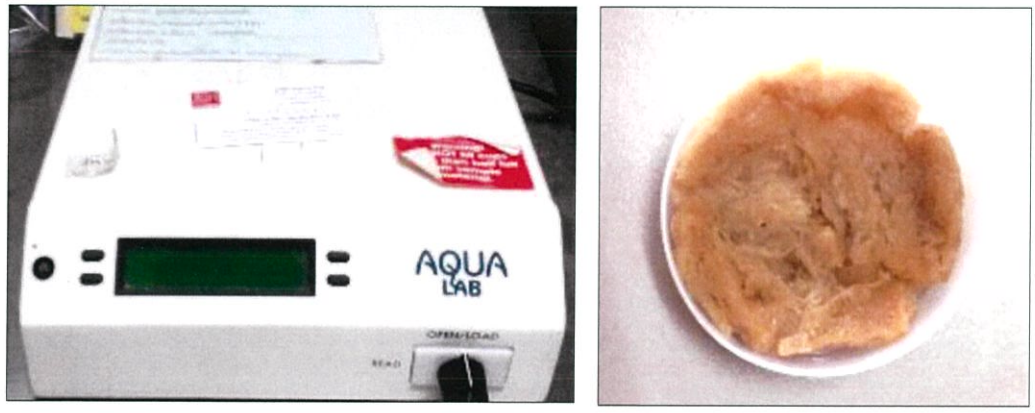
1:1 1:2 1:3

รูปที่ ก-2 ลักษณะของเนื้อไก่เจผัดซอสกอและ 3 อัตราส่วน

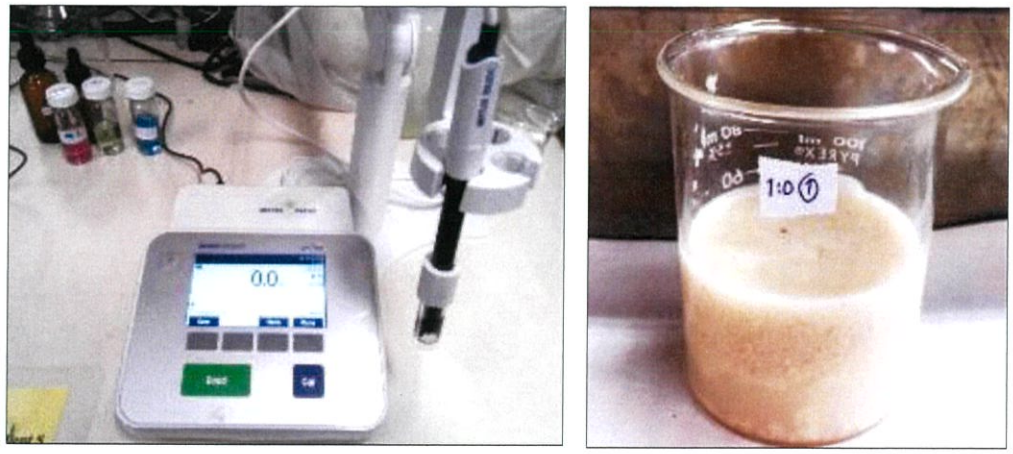
A = 121 องศาเซลเซียส 15 นาที, B= 116 องศาเซลเซียส 5 นาที, C= 115 องศาเซลเซียส 6 นาที

รูปที่ ก-3 ลักษณะของเนื้อไก่เจผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อ 3 สภาวะ

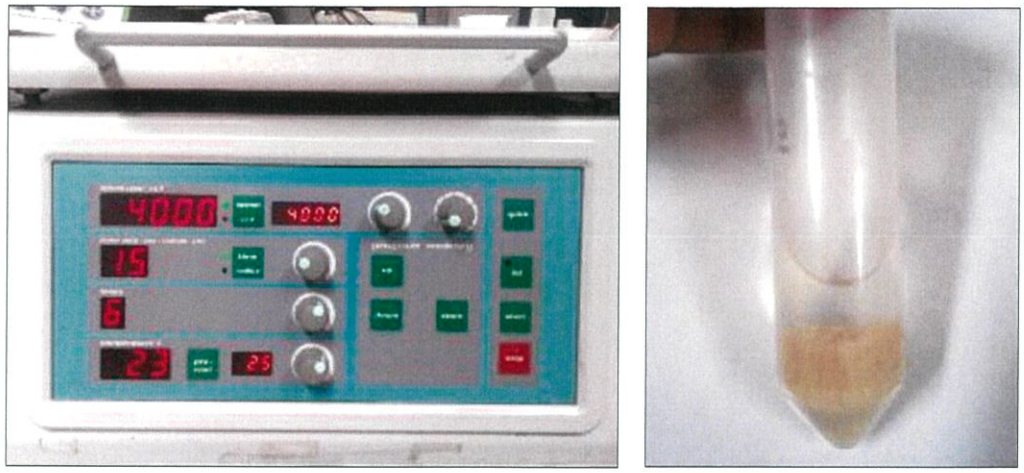
รูปที่ ก-4 เครื่องวัดสีรุ่น MiniScan EZ และลักษณะการเตรียมตัวอย่างลงในพอร์ตวัดสี



รูปที่ ก-5 เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระรุ่น Aqua Lab series3 และลักษณะการเตรียมตัวอย่าง



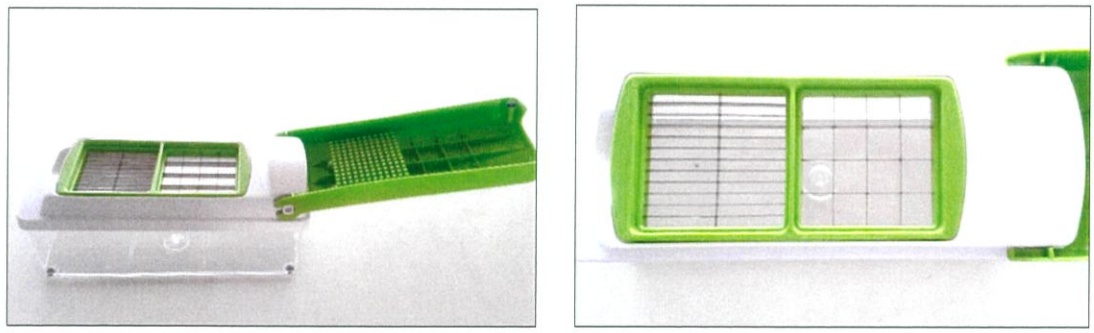
รูปที่ ก-6 เครื่องวัดพีเอชรุ่น Mettler Tdledo SevenCompact และลักษณะการเตรียมตัวอย่าง



รูปที่ ก-7 เครื่องปั่นเหวี่ยงแสดงสภาวะที่ใช้ในการวัดค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ และลักษณะการเตรียมตัวอย่าง

รูปที่ ก-8 เครื่องวัดเนื้อสัมผัสและหัววัด (cylinder probe) ขนาด 10 มิลลิเมตร
ที่มา : http://sc-intro.blogspot.com

รูปที่ ก-9 การเตรียมตัวอย่างและลักษณะการทดสอบทางประสาทสัมผัส



รูปที่ ก-10 เครื่องตัดชิ้นเนื้อไก่เจ (Nicer Dicer plus)

รูปที่ ก-11 หม้อนึ่งอัดไอน้ำ (Autoclave)

ภาคผนวก ข

สถิติที่ใช้ในการวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดสอบ

ตารางที่ ข-1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและเคมีกายภาพของโปรตีนเกษตร 3 ชนิด

Color

Descriptives

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
L*	1	3	43.9767	.37528	.21667	43.0444	44.9089	43.76	44.41
	2	3	88.9333	.84500	.48786	86.8342	91.0324	87.98	89.59
	3	3	87.2033	2.93725	1.69582	79.9068	94.4999	84.08	89.91
	Total	9	73.3711	22.11223	7.37074	56.3742	90.3681	43.76	89.91
a*	1	3	7.1967	.10693	.06173	6.9310	7.4623	7.13	7.32
	2	3	9.4833	.13013	.07513	9.1601	9.8066	9.35	9.61
	3	3	8.6567	.50063	.28904	7.4130	9.9003	8.08	8.98
	Total	9	8.4456	1.03693	.34564	7.6485	9.2426	7.13	9.61
b*	1	3	13.5000	.39051	.22546	12.5299	14.4701	13.05	13.75
	2	3	29.3933	1.34616	.77720	26.0493	32.7374	27.84	30.22
	3	3	29.8000	.18682	.10786	29.3359	30.2641	29.63	30.00
	Total	9	24.2311	8.08125	2.69375	18.0193	30.4429	13.05	30.22

Color

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
L*	Between Groups	3892.639	2	1946.320	615.775	.000
	Within Groups	18.965	6	3.161		
	Total	3911.604	8			
a*	Between Groups	8.044	2	4.022	43.246	.000
	Within Groups	.558	6	.093		
	Total	8.602	8			
b*	Between Groups	518.453	2	259.227	388.931	.000
	Within Groups	3.999	6	.667		
	Total	522.452	8			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

L*

Duncan

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
1	3	43.9767	
3	3		87.2033
2	3		88.9333
Sig.		1.000	.278

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a*

Duncan

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1	3	7.1967		
3	3		8.6567	
2	3			9.4833
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

b*

Duncan

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
1	3	13.5000	
2	3		29.3933
3	3		29.8000
Sig.		1.000	.564

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

ตารางที่ ข-2 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและเคมีกายภาพของโปรตีนเกษตร 3 ชนิด

Moisture content

Descriptives

Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	3	70.0550	2.48458	1.43447	63.8830	76.2270	67.55	72.52
2	3	69.6740	1.14598	.66163	66.8273	72.5208	68.38	70.57
3	3	54.1967	.74205	.42842	52.3533	56.0400	53.34	54.64
Total	9	64.6419	7.96284	2.65428	58.5211	70.7627	53.34	72.52

Moisture content

ANOVA

Sample	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	491.181	2	245.590	91.672	.000
Within Groups	16.074	6	2.679		
Total	507.255	8			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Moisture content

Duncan

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
3	3	54.1967	
2	3		69.6740
1	3		70.0550
Sig.		1.000	.785

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

ตารางที่ ข-3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและเคมีกายภาพของโปรตีนเกษตร 3 ชนิด

pH

Descriptives

Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	3	7.1433	.00577	.00333	7.1290	7.1577	7.14	7.15
2	3	6.9167	.07234	.04177	6.7370	7.0964	6.87	7.00
3	3	6.2233	.13614	.07860	5.8851	6.5615	6.07	6.33
Total	9	6.7611	.42221	.14074	6.4366	7.0857	6.07	7.15

pH

ANOVA

Sample	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.378	2	.689	86.880	.000
Within Groups	.048	6	.008		
Total	1.426	8			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

pH

Duncan

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
3	3	6.2233		
2	3		6.9167	
1	3			7.1433
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

ตารางที่ ข-4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและเคมีกายภาพของโปรตีนเกษตร 3 ชนิด

Water activity

Descriptives

Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	3	.9945	.00111	.00064	.9918	.9973	.99	1.00
2	3	.9635	.02401	.01386	.9039	1.0231	.94	.98
3	3	.9498	.00547	.00316	.9362	.9634	.94	.95
Total	9	.9693	.02336	.00779	.9513	.9872	.94	1.00

Water activity

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.003	2	.002	7.780	.022
Within Groups	.001	6	.000		
Total	.004	8			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Water Activity

Duncan

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
3	3	.9498	
2	3	.9635	
1	3		.9945
Sig.		.283	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

ตารางที่ ข-5 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและเคมีกายภาพของโปรตีนเกษตร 3 ชนิด

Water Holding Capacity

Descriptives

Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	3	4.3915	.14643	.08454	4.0278	4.7553	4.27	4.55
2	3	7.2267	.93826	.54170	4.8959	9.5575	6.29	8.16
3	3	.5544	.02080	.01201	.5027	.6060	.54	.58
Total	9	4.0575	2.93867	.97956	1.7987	6.3164	.54	8.16

Water Holding Capacity

ANOVA

Sample	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	67.282	2	33.641	111.864	.000
Within Groups	1.804	6	.301		
Total	69.086	8			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Water Holding Capacity

Duncan

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
3	3	.5544		
1	3		4.3915	
2	3			7.2267
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

ตารางที่ ข-6 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของโปรตีนเกษตรทั้ง 3 ชนิด

Texture analyze

Descriptives

	Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
hardness1	1	20	3.4902	1.13501	.25380	2.9590	4.0214	1.84	6.36
	2	20	5.2954	1.60034	.35785	4.5465	6.0444	2.66	8.96
	3	20	13.6116	1.95558	.43728	12.6964	14.5269	9.81	16.16
	Total	60	7.4658	4.71480	.60868	6.2478	8.6837	1.84	16.16
springiness	1	20	.4131	.02468	.00552	.4016	.4247	.38	.46
	2	20	2.2611	.20502	.04584	2.1651	2.3570	1.93	2.63
	3	20	3.5197	.48840	.10921	3.2911	3.7483	2.91	4.15
	Total	60	2.0646	1.32134	.17058	1.7233	2.4060	.38	4.15
cohesiveness	1	20	.5036	.07152	.01599	.4701	.5371	.39	.62
	2	20	.4010	.07300	.01632	.3669	.4352	.29	.56
	3	20	4.4643	.37272	.08334	4.2899	4.46388	3.82	5.18
	Total	60	1.7897	1.92028	.24791	1.2936	2.2857	.29	5.18
chewiness	1	20	.6103	.17880	.03998	.5266	.6939	.29	.95
	2	20	.5035	.11723	.02621	.4486	.5583	.28	.67
	3	20	2.3783	.41286	.09232	2.1851	2.5716	1.63	3.18
	Total	60	1.1640	.90626	.11700	.9299	1.3981	.28	3.18

Texture analyze

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
hardness1	Between Groups	1165.735	2	582.867	227.872	.000
	Within Groups	145.799	57	2.558		
	Total	1311.534	59			
springiness	Between Groups	97.668	2	48.834	521.020	.000
	Within Groups	5.342	57	.094		
	Total	103.010	59			
cohesiveness	Between Groups	214.722	2	107.361	2156.364	.000
	Within Groups	2.838	57	.050		
	Total	217.560	59			
chewiness	Between Groups	44.350	2	22.175	307.758	.000
	Within Groups	4.107	57	.072		
	Total	48.457	59			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

hardness1

Duncan

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1	20	3.4902		
2	20		5.2954	
3	20			13.6116
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Springiness

Duncan

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1	20	.4131		
2	20		2.2611	
3	20			3.5197
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

cohesiveness

Duncan

sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
2	20	.4010	
1	20	.5036	
3	20		4.4643
Sig.		.152	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

chewiness

Duncan

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
2	20	.5035	
1	20	.6103	
3	20		2.3783
Sig.		.213	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

ตารางที่ ข-7 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.3 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและเคมีกายภาพของเนื้อไก่เจผัดซอสกอและในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 3 ระดับ

Color

Descriptives

Sample		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
L*	R	3	87.2033	2.93725	1.69582	79.9068	94.4999	84.08	89.91
	1:0	3	66.8167	.67278	.38843	65.1454	68.4879	66.31	67.58
	1:1	3	36.9267	1.40930	.81366	33.4258	40.4276	35.30	37.78
	1:2	3	32.0000	.84640	.48867	29.8974	34.1026	31.10	32.78
	1:3	3	29.2200	.35791	.20664	28.3309	30.1091	28.93	29.62
	Total	15	50.4333	23.60664	6.09521	37.3604	63.5063	28.93	89.91
a*	R	3	8.6567	.50063	.28904	7.4130	9.9003	8.08	8.98
	1:0	3	12.3633	.46004	.26560	11.2205	13.5061	11.90	12.82
	1:1	3	25.3733	1.40208	.80949	21.8904	28.8563	23.84	26.59
	1:2	3	27.8567	.92803	.53580	25.5513	30.1620	27.21	28.92
	1:3	3	28.6233	.65210	.37649	27.0034	30.2432	28.12	29.36
	Total	15	20.5747	8.69454	2.24492	15.7598	25.3895	8.08	29.36
b*	R	3	29.8000	.18682	.10786	29.3359	30.2641	29.63	30.00
	1:0	3	24.6833	.66108	.38168	23.0411	26.3256	24.08	25.39
	1:1	3	20.8167	1.94490	1.12289	15.9853	25.6481	19.24	22.99
	1:2	3	20.7533	.34704	.20036	19.8913	21.6154	20.43	21.12
	1:3	3	16.4133	2.94444	1.69997	9.0989	23.7277	13.38	19.26
	Total	15	22.4933	4.84809	1.25177	19.8086	25.1781	13.38	30.00

Color

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
L*	Between Groups	7778.010	4	1944.502	816.284	.000
	Within Groups	23.821	10	2.382		
	Total	7801.831	14			
a*	Between Groups	1050.901	4	262.725	353.642	.000
	Within Groups	7.429	10	.743		
	Total	1058.331	14			
b*	Between Groups	302.966	4	75.742	29.031	.000
	Within Groups	26.089	10	2.609		
	Total	329.056	14			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

L*

Duncan

Sample	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
1:3	3	29.2200			
1:2	3	32.0000			
1:1	3		36.9267		
1:0	3			66.8167	
R	3				87.2033
Sig.		.052	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a*

Duncan

Sample	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
R	3	8.6567			
1:0	3		12.3633		
1:1	3			25.3733	
1:2	3				27.8567
1:3	3				28.6233
Sig.		1.000	1.000	1.000	.302

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

b*

Duncan

Sample	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
1:3	3	16.4133			
1:2	3		20.7533		
1:1	3		20.8167		
1:0	3			24.6833	
R	3				29.8000
Sig.		1.000	.963	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

ตารางที่ ข-8 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.3 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและเคมีกายภาพของเนื้อไก่เจผัดซอสกอและในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 3 ระดับ

Moisture content

Descriptives

Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
R	3	54.1962	.74180	.42828	52.3535	56.0390	53.34	54.64
1:0	3	48.7380	1.06850	.61690	46.0837	51.3923	47.63	49.77
1:1	3	44.6611	1.06131	.61275	42.0246	47.2975	43.58	45.70
1:2	3	46.7736	1.15929	.66931	43.8938	49.6534	45.48	47.73
1:3	3	47.6949	1.67556	.96739	43.5326	51.8572	46.42	49.59
Total	15	48.4128	3.44793	.89025	46.5034	50.3222	43.58	54.64

Moisture content

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	152.495	4	38.124	27.349	.000
Within Groups	13.940	10	1.394		
Total	166.435	14			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Moisture Content

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1:1	3	44.6611		
1:2	3	46.7736	46.7736	
1:3	3		47.6949	
1:0	3		48.7380	
R	3			54.1962
Sig.		.053	.080	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

ตารางที่ ข-9 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.3 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและเคมีกายภาพของเนื้อไก่เจผัดซอสกอและในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 3 ระดับ

pH

Descriptives

Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
R	3	6.2233	.13614	.07860	5.8851	6.5615	6.07	6.33
1:0	3	6.7367	.01528	.00882	6.6987	6.7746	6.72	6.75
1:1	3	6.1933	.02887	.01667	6.1216	6.2650	6.16	6.21
1:2	3	6.0933	.03512	.02028	6.0061	6.1806	6.06	6.13
1:3	3	6.0067	.01528	.00882	5.9687	6.0446	5.99	6.02
Total	15	6.2507	.26935	.06955	6.1015	6.3998	5.99	6.75

pH

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.974	4	.243	57.767	.000
Within Groups	.042	10	.004		
Total	1.016	14			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

pH

Sample	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
1:3	3	6.0067			
1:2	3	6.0933	6.0933		
1:1	3		6.1933	6.1933	
R	3			6.2233	
1:0	3				6.7367
Sig.		.133	.089	.584	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

ตารางที่ ข-10 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.3 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและเคมีกายภาพของเนื้อไก่เจผัดซอสกอและในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 3 ระดับ

Water activity

Descriptives

Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
R	3	.9550	.00000	.00000	.9550	.9550	.96	.96
1:0	3	.9333	.00153	.00088	.9295	.9371	.93	.94
1:1	3	.8890	.00100	.00058	.8865	.8915	.89	.89
1:2	3	.8920	.00100	.00058	.8895	.8945	.89	.89
1:3	3	.8973	.00115	.00067	.8945	.9002	.90	.90
Total	15	.9133	.02716	.00701	.8983	.9284	.89	.96

Water activity

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.010	4	.003	2276.029	.000
Within Groups	.000	10	.000		
Total	.010	14			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Water Activity

Duncan

Sample	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
1:1	3	.8890				
1:2	3		.8920			
1:3	3			.8973		
1:0	3				.9333	
R	3					.9550
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

ตารางที่ ข-11 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.3 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและเคมีกายภาพของเนื้อไก่เจผัดซอสกอและในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 3 ระดับ

Water Holding Capacity

Descriptives

					95% Confidence Interval for Mean			
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound	Minimum	Maximum
R	3	.5566	.00824	.00476	.5361	.5770	.55	.56
1:0	3	.4378	.05687	.03283	.2965	.5791	.37	.47
1:1	3	.3417	.03549	.02049	.2535	.4298	.30	.36
1:2	3	.4068	.01006	.00581	.3818	.4318	.40	.41
1:3	3	.4345	.01230	.00710	.4040	.4651	.43	.45
Total	15	.4355	.07676	.01982	.3930	.4780	.30	.56

Water Holding Capacity

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.073	4	.018	18.921	.000
Within Groups	.010	10	.001		
Total	.082	14			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Water Holding Capacity

Duncan

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1:1	3	.3417		
1:2	3		.4068	
1:3	3		.4345	
1:0	3		.4378	
R	3			.5566
Sig.		1.000	.270	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

ตารางที่ ข-12 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสเนื้อไก่เจผัดซอสกอและในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 3 ระดับ

Texture analyze **Descriptives**

Sample		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
hardness1	1:0	20	13.6116	1.95558	.43728	12.6964	14.5269	9.81	16.16
	1:1	20	12.1842	2.55203	.57065	10.9898	13.3786	8.60	16.32
	1:2	20	10.0916	2.06177	.46102	9.1267	11.0565	7.50	14.66
	1:3	20	9.8385	2.44083	.54579	8.6961	10.9808	6.48	15.06
	Total	80	11.4315	2.71755	.30383	10.8267	12.0362	6.48	16.32
Springiness	1:0	20	3.5197	.48840	.10921	3.2911	3.7483	2.91	4.15
	1:1	20	3.4802	.60449	.13517	3.1973	3.7631	2.35	4.98
	1:2	20	3.4339	.33513	.07494	3.2771	3.5907	2.86	4.00
	1:3	20	3.0598	.44125	.09867	2.8532	3.2663	2.32	3.83
	Total	80	3.3734	.50322	.05626	3.2614	3.4854	2.32	4.98
cohesiveness	1:0	20	.5036	.07152	.01599	.4701	.5371	.39	.62
	1:1	20	.4193	.05124	.01146	.3953	.4433	.28	.53
	1:2	20	.3744	.07849	.01755	.3376	.4111	.23	.49
	1:3	20	.3530	.10773	.02409	.3026	.4034	.13	.51
	Total	80	.4126	.09753	.01090	.3909	.4343	.13	.62
Chewiness	1:0	20	2.3783	.41286	.09232	2.1851	2.5716	1.63	3.18
	1:1	20	1.8729	.58565	.13096	1.5988	2.1470	.99	2.89
	1:2	20	1.4089	.46689	.10440	1.1904	1.6274	.60	2.18
	1:3	20	1.2369	.37900	.08475	1.0596	1.4143	.72	1.98
	Total	80	1.7243	.64004	.07156	1.5818	1.8667	.60	3.18

Texture analyze

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
hardness1	Between Groups	193.053	3	64.351	12.528	.000
	Within Groups	390.368	76	5.136		
	Total	583.421	79			
springiness	Between Groups	2.697	3	.899	3.947	.011
	Within Groups	17.308	76	.228		
	Total	20.005	79			
cohesiveness	Between Groups	.267	3	.089	13.946	.000
	Within Groups	.485	76	.006		
	Total	.751	79			
chewiness	Between Groups	15.737	3	5.246	23.978	.000
	Within Groups	16.626	76	.219		
	Total	32.363	79			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

hardness1

Duncan

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1:3	20	9.8385		
1:2	20	10.0916		
1:1	20		12.1842	
1:0	20			13.6116
Sig.		.725	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

springiness

Duncan

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
1:3	20	3.0598	
1:2	20		3.4339
1:1	20		3.4802
1:0	20		3.5197
Sig.		1.000	.596

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

cohesiveness

Duncan

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1:3	20	.3530		
1:2	20	.3744	.3744	
1:1	20		.4193	
1:0	20			.5036
Sig.		.400	.079	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

chewiness

Duncan

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1:3	20	1.2369		
1:2	20	1.4089		
1:1	20		1.8729	
1:0	20			2.3783
Sig.		.249	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

ตารางที่ ข-13 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเนื้อไก่เจผัดซอสกอและในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 3 ระดับ

Sensory Test — Descriptives

Sample		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
ลักษณะปรากฏ	1:2	30	7.0000	1.20344	.21972	6.5506	7.4494	4.00	9.00
	1:3	30	6.9000	1.09387	.19971	6.4915	7.3085	4.00	9.00
	1:1	30	7.1000	.88474	.16153	6.7696	7.4304	5.00	9.00
	Total	90	7.0000	1.06000	.11173	6.7780	7.2220	4.00	9.00
สี	1:2	30	7.2000	1.15669	.21118	6.7681	7.6319	5.00	9.00
	1:3	30	7.2667	1.08066	.19730	6.8631	7.6702	5.00	9.00
	1:1	30	7.3667	.92786	.16940	7.0202	7.7131	5.00	9.00
	Total	90	7.2778	1.04964	.11064	7.0579	7.4976	5.00	9.00
กลิ่น	1:2	30	6.7667	1.10433	.20162	6.3543	7.1790	5.00	9.00
	1:3	30	6.8667	1.13664	.20752	6.4422	7.2911	4.00	9.00
	1:1	30	7.0667	1.11211	.20304	6.6514	7.4819	5.00	9.00
	Total	90	6.9000	1.11224	.11724	6.6670	7.1330	4.00	9.00
รสชาติ	1:2	30	6.8667	1.13664	.20752	6.4422	7.2911	5.00	9.00
	1:3	30	6.9667	1.18855	.21700	6.5229	7.4105	4.00	9.00
	1:1	30	7.2000	1.27035	.23193	6.7256	7.6744	4.00	9.00
	Total	90	7.0111	1.19450	.12591	6.7609	7.2613	4.00	9.00
เนื้อสัมผัส	1:2	30	6.6667	1.44636	.26407	6.1266	7.2067	4.00	9.00
	1:3	30	6.7667	1.30472	.23821	6.2795	7.2539	4.00	9.00
	1:1	30	7.0667	1.46059	.26667	6.5213	7.6121	4.00	9.00
	Total	90	6.8333	1.40024	.14760	6.5401	7.1266	4.00	9.00

ความชอบโดยรวม	1:2	30	7.3333	1.21296	.22145	6.8804	7.7863	5.00	9.00
	1:3	30	7.0667	1.04826	.19139	6.6752	7.4581	5.00	9.00
	1:1	30	7.3667	1.09807	.20048	6.9566	7.7767	6.00	9.00
	Total	90	7.2556	1.11739	.11778	7.0215	7.4896	5.00	9.00

Sensory Test

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ลักษณะปรากฏ	Between Groups	.600	2	.300	.263	.770
	Within Groups	99.400	87	1.143		
	Total	100.000	89			
สี	Between Groups	.422	2	.211	.188	.829
	Within Groups	97.633	87	1.122		
	Total	98.056	89			
กลิ่น	Between Groups	1.400	2	.700	.560	.573
	Within Groups	108.700	87	1.249		
	Total	110.100	89			
รสชาติ	Between Groups	1.756	2	.878	.610	.546
	Within Groups	125.233	87	1.439		
	Total	126.989	89			
เนื้อสัมผัส	Between Groups	2.600	2	1.300	.658	.520
	Within Groups	171.900	87	1.976		
	Total	174.500	89			
ความชอบโดยรวม	Between Groups	1.622	2	.811	.644	.527
	Within Groups	109.500	87	1.259		
	Total	111.122	89			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

ลักษณะปรากฏ

Duncan

Sample	N	Subset for alpha = 0.05
		1
1:3	30	6.9000
1:2	30	7.0000
1:1	30	7.1000
Sig.		.500

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

สี

Duncan

Sample	N	Subset for alpha = 0.05
		1
1:2	30	7.2000
1:3	30	7.2667
1:1	30	7.3667
Sig.		.570

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

กลิ่น

Duncan

Sample	N	Subset for alpha = 0.05
		1
1:2	30	6.7667
1:3	30	6.8667
1:1	30	7.0667
Sig.		.332

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

รสชาติ

Duncan

Sample	N	Subset for alpha = 0.05
		1
1:2	30	6.8667
1:3	30	6.9667
1:1	30	7.2000
Sig.		.315

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

เนื้อสัมผัส

Duncan

Sample	N	Subset for alpha = 0.05
		1
1:2	30	6.6667
1:3	30	6.7667
1:1	30	7.0667
Sig.		.304

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

ความชอบโดยรวม

Duncan

Sample	N	Subset for alpha = 0.05
		1
1:3	30	7.0667
1:2	30	7.3333
1:1	30	7.3667
Sig.		.334

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

ตารางที่ ข-14 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.6 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและเคมีกายภาพของเนื้อไก่เจผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อแตกต่างกัน 3 สภาวะ

Color

Descriptives

	Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
L*	C	3	36.9267	1.40930	.81366	33.4258	40.4276	35.30	37.78
	115	3	38.4600	2.19132	1.26516	33.0164	43.9036	35.93	39.76
	116	3	42.1467	1.86854	1.07880	37.5050	46.7884	39.99	43.28
	121	3	28.9667	3.27146	1.88878	20.8399	37.0934	25.25	31.41
	Total	12	36.6250	5.39153	1.55640	33.1994	40.0506	25.25	43.28
a*	C	3	25.3733	1.40208	.80949	21.8904	28.8563	23.84	26.59
	115	3	25.2067	.67040	.38705	23.5413	26.8720	24.55	25.89
	116	3	27.8900	.73777	.42595	26.0573	29.7227	27.28	28.71
	121	3	20.6833	1.56618	.90424	16.7927	24.5740	19.71	22.49
	Total	12	24.7883	2.88870	.83390	22.9529	26.6237	19.71	28.71
b*	C	3	20.8167	1.94490	1.12289	15.9853	25.6481	19.24	22.99
	115	3	21.6700	1.01868	.58813	19.1395	24.2005	20.98	22.84
	116	3	24.6967	1.16092	.67026	21.8128	27.5805	23.91	26.03
	121	3	16.1067	.61501	.35507	14.5789	17.6344	15.67	16.81
	Total	12	20.8225	3.39776	.98085	18.6637	22.9813	15.67	26.03

Color

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
L*	Between Groups	277.791	3	92.597	17.653	.001
	Within Groups	41.964	8	5.245		
	Total	319.755	11			
a*	Between Groups	80.966	3	26.989	19.945	.000
	Within Groups	10.825	8	1.353		
	Total	91.791	11			
b*	Between Groups	113.900	3	37.967	23.199	.000
	Within Groups	13.093	8	1.637		
	Total	126.992	11			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

L*

Duncan

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
121	3	28.9667		
C	3		36.9267	
115	3		38.4600	38.4600
116	3			42.1467
Sig.		1.000	.436	.084

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a*

Duncan

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
121	3	20.6833		
115	3		25.2067	
C	3		25.3733	
116	3			27.8900
Sig.		1.000	.865	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

b*

Duncan

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
121	3	16.1067		
C	3		20.8167	
115	3		21.6700	
116	3			24.6967
Sig.		1.000	.438	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

ตารางที่ ข-15 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.6 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและเคมีกายภาพของเนื้อไก่เจผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อแตกต่างกัน 3 สภาวะ

Moisture content

Descriptives

Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
C	3	47.6949	1.67556	.96739	43.5326	51.8572	46.42	49.59
115	3	42.2396	2.83762	1.63830	35.1905	49.2886	40.33	45.50
116	3	41.0721	1.12094	.64718	38.2875	43.8567	40.02	42.25
121	3	32.8894	2.72760	1.57478	26.1137	39.6652	29.76	34.76
Total	12	40.9740	5.84293	1.68671	37.2616	44.6864	29.76	49.59

Moisture content

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	336.426	3	112.142	22.938	.000
Within Groups	39.112	8	4.889		
Total	375.538	11			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Moisture content

Duncan

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
121	3	32.8894		
116	3		41.0721	
115	3		42.2396	
c	3			47.6949
Sig.		1.000	.536	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

ตารางที่ ข-16 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.6 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและเคมีกายภาพของเนื้อไก่เจผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อแตกต่างกัน 3 สภาวะ

pH

Descriptives

Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
C	2	6.1850	.03536	.02500	5.8673	6.5027	6.16	6.21
115	3	6.1900	.01732	.01000	6.1470	6.2330	6.18	6.21
116	3	6.0500	.00000	.00000	6.0500	6.0500	6.05	6.05
121	3	6.1467	.00577	.00333	6.1323	6.1610	6.14	6.15
Total	11	6.1391	.06156	.01856	6.0977	6.1804	6.05	6.21

pH

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.036	3	.012	43.795	.000
Within Groups	.002	7	.000		
Total	.038	10			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

pH

Duncan

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
116	3	6.0500		
121	3		6.1467	
C	2			6.1850
115	3			6.1900
Sig.		1.000	1.000	.737

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

ตารางที่ ข-17 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.6 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและเคมีกายภาพของเนื้อไก่เจผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อแตกต่างกัน 3 สภาวะ

Water activity

Descriptives

Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
C	3	.8973	.00115	.00067	.8945	.9002	.90	.90
115	3	.9293	.00153	.00088	.9255	.9331	.93	.93
116	3	.9190	.00100	.00058	.9165	.9215	.92	.92
121	3	.8787	.00153	.00088	.8749	.8825	.88	.88
Total	12	.9061	.02050	.00592	.8931	.9191	.88	.93

Water activity

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.005	3	.002	877.508	.000
Within Groups	.000	8	.000		
Total	.005	11			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Water activity

Sample	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
121	3	.8787			
c	3		.8973		
116	3			.9190	
115	3				.9293
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

ตารางที่ ข-18 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.6 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและเคมีกายภาพของเนื้อไก่เจผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อแตกต่างกัน 3 สภาวะ

Water Holding Capacity

Descriptives

Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
c	3	.4345	.01230	.00710	.4040	.4651	.43	.45
115	3	.5552.	.18210	.10514	.1028	1.0075	.37	.74
116	3	.5593	.09983	.05764	.3113	.8073	.44	.62
121	3	1752	.14444	.08339	.1836	.5340	.02	.30
Total	12	.4310	.19546	.05642	.3069	.5552	.02	.74

Water Holding Capacity

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.292	3	.097	6.069	.019
Within Groups	.128	8	.016		
Total	.420	11			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Water Holding Capacity

Duncan

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
121	3	.1752	
C	3		.4345
115	3		.5552
116	3		.5593
Sig.		1.000	.281

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

ตารางที่ ข-19 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.7 ผลการศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อไก่เจผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อแตกต่างกัน 3 สภาวะ

Texture — Descriptives

Sample		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
Hardness1	C	20	12.1842	2.55203	.57065	10.9898	13.3786	8.60	16.32
	115	20	11.0027	1.92132	.42962	10.1035	11.9019	7.04	15.11
	116	20	12.9589	12.92934	2.89109	6.9077	19.0100	4.36	66.72
	121	20	10.7651	2.87197	.64219	9.4210	12.1092	4.53	16.34
	Total	80	9.9786	7.18769	.80361	8.3791	11.5782	4.01	66.72
Cohesiveness	C	20	.4193	.05124	.01146	.3953	.4433	.28	.53
	115	20	.4674	.08301	.01856	.4285	.5062	.32	.69
	116	20	.4711	.11218	.02508	.4186	.5236	.20	.67
	121	20	.4318	.07070	.01581	.3987	.4649	.32	.66
	Total	80	.4406	.08861	.00991	.4208	.4603	.20	.69
Springiness	C	20	3.4802	.60449	.13517	3.1973	3.7631	2.35	4.98
	115	20	3.3138	.52533	.11747	3.0679	3.5597	2.03	4.07
	116	20	3.6686	.41608	.09304	3.4739	3.8633	3.09	4.57
	121	20	3.1568	.61742	.13806	2.8679	3.4458	1.51	4.29
	Total	80	3.0637	.74224	.08299	2.8985	3.2289	1.51	4.57
chewiness	C	20	1.8729	.58565	.13096	1.5988	2.1470	.99	2.89
	115	20	1.6548	.48727	.10896	1.4267	1.8828	.93	2.40
	116	20	1.7117	.54757	.12244	1.4555	1.9680	.86	2.90
	121	20	1.5950	.45284	.10126	1.3831	1.8069	.46	2.15
	Total	80	1.3506	.68095	.07613	1.1990	1.5021	.16	2.90

Texture analyze

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Hardness1	Between Groups	670.005	3	223.335	4.976	.003
	Within Groups	3411.359	76	44.886		
	Total	4081.363	79			
Cohesiveness	Between Groups	.082	3	.027	3.847	.013
	Within Groups	.538	76	.007		
	Total	.620	79			
Springiness	Between Groups	26.719	3	8.906	40.282	.000
	Within Groups	16.804	76	.221		
	Total	43.523	79			
chewiness	Between Groups	22.209	3	7.403	39.008	.000
	Within Groups	14.423	76	.190		
	Total	36.632	79			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Hardness1

Duncan

Sample	N	Subset for alpha = 0.05
		1
121	20	10.7651
115	20	11.0027
C	20	12.1842
116	20	12.9589
Sig.		.334

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Springiness

Duncan

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
121	20	3.1568	
115	20	3.3138	
C	20		3.4802
116	20		3.6686
Sig.		.294	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Cohesiveness

Duncan

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
C	20	.4193	
121	20	.4318	.4318
115	20		.4674
116	20		.4711
Sig.		.138	.169

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

chewiness

Duncan

Sample	N	Subset for alpha = 0.05
		1
121	20	1.5950
115	20	1.6548
116	20	1.7117
C	20	1.8729
Sig.		.430

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

ตารางที่ ข-20 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.8 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเนื้อไก่เจผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อแตกต่างกัน 3 สภาวะ

Sensory Test

Descriptives

Sample		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
ลักษณะปรากฏ	115	30	6.8333	1.20583	.22015	6.3831	7.2836	4.00	9.00
	116	30	7.0333	1.37674	.25136	6.5193	7.5474	4.00	9.00
	121	30	7.0667	1.14269	.20863	6.6400	7.4934	5.00	9.00
	Total	90	6.9778	1.23596	.13028	6.7189	7.2366	4.00	9.00
สี	115	30	7.0000	1.08278	.19769	6.5957	7.4043	5.00	9.00
	116	30	7.1333	1.10589	.20191	6.7204	7.5463	5.00	9.00
	121	30	6.9000	1.12495	.20539	6.4799	7.3201	4.00	9.00
	Total	90	7.0111	1.09641	.11557	6.7815	7.2408	4.00	9.00
กลิ่น	115	30	6.6000	.93218	.17019	6.2519	6.9481	4.00	8.00
	116	30	6.6333	1.21721	.22223	6.1788	7.0878	4.00	8.00
	121	30	6.8333	.98553	.17993	6.4653	7.2013	5.00	9.00
	Total	90	6.6889	1.04553	.11021	6.4699	6.9079	4.00	9.00
รสชาติ	115	30	6.6333	1.44993	.26472	6.0919	7.1747	4.00	9.00
	116	30	6.8333	1.36668	.24952	6.3230	7.3437	4.00	9.00
	121	30	6.7667	1.10433	.20162	6.3543	7.1790	5.00	9.00
	Total	90	6.7444	1.30307	.13736	6.4715	7.0174	4.00	9.00
เนื้อสัมผัส	115	30	6.6333	1.15917	.21163	6.2005	7.0662	4.00	9.00
	116	30	6.8667	1.38298	.25250	6.3503	7.3831	5.00	9.00
	121	30	6.9333	1.11211	.20304	6.5181	7.3486	5.00	9.00
	Total	90	6.8111	1.21687	.12827	6.5562	7.0660	4.00	9.00

ความชอบโดยรวม	115	30	6.9667	1.18855	.21700	6.5229	7.4105	4.00	9.00
	116	30	7.2667	1.20153	.21937	6.8180	7.7153	5.00	9.00
	121	30	7.1000	.95953	.17518	6.7417	7.4583	5.00	9.00
	Total	90	7.1111	1.11622	.11766	6.8773	7.3449	4.00	9.00

Sensory Test

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ลักษณะปรากฏ	Between Groups	.956	2	.478	.308	.736
	Within Groups	135.000	87	1.552		
	Total	135.956	89			
สี	Between Groups	.822	2	.411	.337	.715
	Within Groups	106.167	87	1.220		
	Total	106.989	89			
กลิ่น	Between Groups	.956	2	.478	.431	.651
	Within Groups	96.333	87	1.107		
	Total	97.289	89			
รสชาติ	Between Groups	.622	2	.311	.180	.836
	Within Groups	150.500	87	1.730		
	Total	151.122	89			
เนื้อสัมผัส	Between Groups	1.489	2	.744	.497	.610
	Within Groups	130.300	87	1.498		
	Total	131.789	89			
ความชอบโดยรวม	Between Groups	1.356	2	.678	.538	.586
	Within Groups	109.533	87	1.259		
	Total	110.889	89			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

ลักษณะปรากฏ

Duncan

Sample	N	Subset for alpha = 0.05
		1
115	30	6.8333
116	30	7.0333
121	30	7.0667
Sig.		.499

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

สี

Duncan

Sample	N	Subset for alpha = 0.05
		1
121	30	6.9000
115	30	7.0000
116	30	7.1333
Sig.		.446

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

กลิ่น

Duncan

Sample	N	Subset for alpha = 0.05
		1
115	30	6.6000
116	30	6.6333
121	30	6.8333
Sig.		.423

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

รสชาติ

Duncan

Sample	N	Subset for alpha = 0.05
		1
115	30	6.6333
121	30	6.7667
116	30	6.8333
Sig.		.583

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

เนื้อสัมผัส

Duncan

Sample	N	Subset for alpha = 0.05
		1
115	30	6.6333
116	30	6.8667
121	30	6.9333
Sig.		.376

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

ความชอบโดยรวม

Duncan

Sample	N	Subset for alpha = 0.05
		1
115	30	6.9667
121	30	7.1000
116	30	7.2667
Sig.		.334

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

ภาคผนวก ค
การวิเคราะห์ทางกายภาพ

ค-1. การวัดค่าสี โดยใช้เครื่องวัดสี (MiniScan EZ)

1. กดปุ่ม ค้างไว้เพื่อทำการเปิดเครื่อง
2. วิธี Calibrate เครื่อง (MiniScan EZ)

2.1 กดปุ่ม Calibrate แล้วจึงใส่แผ่นเทียบสีมาตรฐานทรงกระบอกสีดำเงา มาตั้งบนเครื่อง Scan วัดค่า จากนั้นนำแผ่นเทียบสีมาตรฐานสีขาว มาตั้งบนเครื่อง Scan จะมีการแฟลช 3 ครั้งแสดงว่าเครื่องทำการ Calibrate เรียบร้อยแล้ว

2.2. เลือกโหมด Bio-select2 หน้าจอปรากฏค่า L* a* b* เพื่อจะใช้ในการวัดสีต่อไป

2.2.1 นำตัวอย่างใส่ในพอร์ตวัดแล้ววางในช่องวัดค่าสี หลังจากนั้นกดปุ่ม จนมีการแฟลช 3 ครั้ง หน้าจอจะแสดงผลการวัดค่าสี L* a* b*

2.2.2 ทำซ้ำ 3 ครั้ง แล้วบันทึกผล

2.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำค่าเฉลี่ยที่ได้นำมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS วิเคราะห์ความแปรปรวนโดย Analysis of variance (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละทรีทเมนต์โดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ค-2. การวิเคราะห์ความชื้น (A.O.A.C., 1995)

อุปกรณ์

1. ตู้อบลมร้อน 105 องศาเซลเซียส (Hot Air Oven)
2. ภาชนะอลูมิเนียม (moisture can)
3. โถดูดความชื้น (Desiccator)

วิธีการวิเคราะห์

1. นำ moisture can อบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง นำออกมาใส่โถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน (W_1)
2. ชั่งตัวอย่างให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 2 กรัม (W_2) ใส่ลงใน moisture can ที่อบไล่ความชื้นที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว
3. นำ moisture can ที่มีตัวอย่างไปอบไล่ความชื้นที่ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นนำออกมาใส่โถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก ทำซ้ำอีกครั้งละ 1 ชั่วโมง จนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักคงที่ไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม (W_3)

ปริมาณร้อยละของความชื้น = $[W_2 - (W_3 - W_1) \times 100] / W_2$

โดยที่ W_1 = น้ำหนักของ moisture can (กรัม)

W_2 = น้ำหนักของตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W_3 = น้ำหนักของ moisture can และตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

ค-3. การปริมาณน้ำอิสระ (a_w) โดยใช้เครื่อง AquaLab Series 3

1. วิธีการเตรียมตัวอย่าง

1.1 ตัวอย่างต้องเป็นเนื้อเดียวกัน บรรจุตัวอย่างในถ้วยตัวอย่างควรบรรจุตัวอย่างใส่ให้เต็มก้นถ้วยหากเป็นไปได้ แต่ถึงแม้ว่าจะบรรจุตัวอย่างไม่เต็มก้นถ้วยเครื่อง AquaLab ก็สามารถวัดค่าได้เที่ยงตรงเช่นกัน

1.2 อย่าใส่ตัวอย่างเกินครึ่งถ้วย เนื่องจากทำให้ตัวอย่างเปื้อนตัวเซนเซอร์ในเครื่องได้

1.3 ขอบและภายนอกถ้วยใส่ตัวอย่างต้องสะอาด หากมีตัวอย่างเปื้อนภายนอกหรือที่ขอบถ้วยใส่ตัวอย่างต้องเช็ดออกด้วยกระดาษที่สะอาดเนื่องจากจะไปเปื้อนตัวเซนเซอร์ในเครื่องทำให้อ่านค่าผิดพลาดได้

1.4 หากต้องอ่านค่าตัวอย่างเดิมซ้ำอีกครั้งให้ปิดฝาถ้วยใส่ตัวอย่างไว้เพื่อป้องกันน้ำระเหย ซึ่งอาจใช้แผ่นฟิล์มหรือฝาของถ้วยใส่ตัวอย่างปิดไว้ก็ได้

2. วิธีการวัดตัวอย่าง

2.1 บิดปุ่มจับลิ้นชักไปที่ OPEN/LOAD และดึงให้ลิ้นชักเปิดออก

2.2 วางตัวอย่างที่เตรียมไว้ลงในลิ้นชัก ตรวจดูว่าที่ขอบ ถ้วยใส่ตัวอย่างไม่มีคราบ

2.3 เลื่อนลิ้นชักปิดเบาๆ โดยเฉพาะตัวอย่างที่เป็นของเหลวเพราะจะกระเด็นได้

2.4 หมุนปุ่มจับลิ้นชักไปที่ READ หน้าจอต่อไปนี้จะปรากฏขึ้นเป็นการเริ่มอ่านค่า

Chamber sealed Measurement started

ภายใน 40 วินาที ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ค่าแรกที่อ่านได้จะปรากฏบนจอ ซึ่งการอ่านค่าจะขึ้นอยู่กับความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของตัวอย่างและภายในเครื่องและคุณสมบัติอื่นๆของตัวอย่าง

3. การอ่านค่าของเครื่อง

เครื่อง AquaLab จะอ่านค่าเป็นรอบๆจนกระทั่งค่าที่อ่านได้ติดกัน 2 ค่าคลาดเคลื่อนห่างกันไม่เกิน 0.001 และเมื่ออ่านค่าเสร็จสิ้นเครื่องจะแสดงสัญญาณไฟกะพริบและเสียงเตือน (ขึ้นอยู่กับว่าได้ตั้งไว้หรือไม่)

4. การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำค่าเฉลี่ยที่ได้นำมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS วิเคราะห์ความแปรปรวนโดย Analysis of variance (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละทรีทเมนต์โดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ค-4. การวิเคราะห์ลักษณะทางเนื้อสัมผัส

ขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Texture Analyzer

1. ประกอบหัววัดแบบโพรบขนาด 10 มิลลิเมตรและฐานเข้ากับตัวเครื่อง
2. เปิดเครื่องและคอมพิวเตอร์
3. ใช้โปรแกรม NEXTGEN สำหรับเครื่อง Texture Analyzer ในการทดสอบ
4. ตั้งโปรแกรมโดยเลือกรูปแบบการทดสอบพร้อมทั้งจัดค่าความเร็วของหัวเริ่มต้นเท่ากับ 1 mm/s ระยะที่ใช้กด strain 100% และ trigger เป็น 20 g ตั้งหน่วยของกราฟที่ต้องการโดยแกน x เป็นระยะทาง (mm.) และแกน y เป็นแรง (Kg.)
5. นำตัวอย่าง 1 ชิ้น วางตรงตำแหน่งที่ต้องการวัด
6. เดินเครื่องโดยการควบคุมตำแหน่งกดให้มั่นคง รอจนกระทั่งเครื่องทำงานเสร็จ
7. ทำการวัดค่าแรงกด 20 ซ้ำ
8. บันทึกกราฟที่ได้

ภาคผนวก ง
การวิเคราะห์ทางเคมี

ง-1. การวัดพีเอช (Mettler Tdledo SevenCompact)

1 วิธีการ Setting

1.1 เตรียม Electrode โดยนำ Cap ที่ปิด Electrode ออก

1.2 ล้าง Electrode ด้วยน้ำกลั่น จากนั้นซับด้วยกระดาษทิชชู่

2 วิธีการ Calibrate Electrode

2.1 จุ่ม Electrode ใน Buffer 7 กวนเล็กน้อย ทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที แล้วกด Cal

2.2 ล้าง Electrode ด้วยน้ำกลั่น

2.3 ทำซ้ำข้อ 2.1 ด้วย Buffer 4.01 หรือ 9.21 กด Read

3 วิธีการวัดตัวอย่าง

3.1 ชั่งตัวอย่าง 10 กรัม ผสมกับน้ำกลั่นปริมาณ 50 มิลลิลิตร

3.2 ปั่นผสมตัวอย่างกับน้ำกลั่น เป็นเวลา 2 นาที

3.3 จุ่ม Electrode ในตัวอย่าง กวนเล็กน้อย ทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที แล้วกด Read

3.4 รอให้เครื่องอ่านค่า √A

3.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำค่าเฉลี่ยที่ได้นำมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS วิเคราะห์ความแปรปรวนโดย Analysis of variance (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละทรีทเมนต์โดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ง-2. การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน (AOAC., 2016)

สารเคมี

1. กรดซัลฟูริกเข้มข้นร้อยละ 95-98 โดยตวงกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1N (AR grade) 5.5 ง มิลลิลิตร ละลายในน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ได้ 2ลิตร
2. กรดคาร์บอลิก 4% โดยละลายกรดคาร์บอลิก(AR grade)40กรัม ละลายในน้ำกลั่นร้อนรอจนสารละลายเย็นปรับปริมาตรให้ได้1 ลิตร

ขั้นตอนการวิเคราะห์ Kjeldahl method

1. ชั่งตัวอย่างมาประมาณ 1กรัมลงในหลอดย่อยใส่ตัวเร่งปฏิกิริยาประมาณ 10 กรัม
2. เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้นลงไปประมาณ 25 มิลลิลิตรแล้วเขย่าเบาๆ
3. เปิดเครื่องย่อยแล้วตั้งหลอดย่อยในเครื่องสวมเครื่องดักจับไอกรดลงบนส่วนของหลอดย่อย เมื่ออุณภูมิได้ 420องศาเซลเซียสจะทำการย่อยต่อไปอีก1ชั่วโมงจนตัวอย่างเป็นสารละลายสีเขียวใส (หากไม่ให้ย่อยต่อโดยยกออกมา)
4. ตั้งพักไว้ให้เย็นปิดเครื่องดักจับไอกรดที่ยังคงเหลืออยู่ทำการทำการกลั่นแล้วเปิดเครื่อง

กลั่นทำการล้างระบบด้วยการล้างน้ำกลั่นตวงกรดคาร์บอลิก 4% 25มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด500มิลลิลิตรพร้อมหยดอินดิเคเตอร์ซึ่งจะทำให้กลายเป็นสารละลายสีแดงออกชมพู นำหลอดย่อยประกอบเข้ากับเครื่องกลั่น และวางไว้บริเวณ plateform ใช้แท่งแก้วจุ่มอยู่ใต้กรดคาร์บอลิก ปิด safety door ลงเครื่องกลั่นจะทำการกลั่นเป็นเวลา 4 นาที

5. เอาขวดรูปชมพู่และหลอดย่อยจากเครื่อง นำสารละลายในขวดรูปชมพู่ไปไตเตรทกับสารละลายไฮโดรคลอลิคเข้มข้น 0.1 นอร์มอล จนได้สารละลายสีขมพูอ่อน คำนวณผลวิเคราะห์ได้ดังนี้

$$\text{ปริมาณร้อยละของไนโตรเจน} = \frac{14x(v1xv2)x\text{Normality of HCL(mol/L)}x100}{\text{waight of sample (g)}x1000}$$

v1=ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอลิกที่ไตเตรทตัวอย่าง

v2=ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอลิกที่ไตเตรทBlank

ปริมาณร้อยละของโปรตีน=ปริมาณร้อยละของไนโตรเจน x conversion factor

เมื่อ conversion factor = 6.25

ง-3. การวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน (AOAC., 2016)

สารเคมี

1. กรดซัลฟูริกเข้มข้น95-98 % (H_2SO_4 conc.,AR grade)
2. สารเร่งปฏิกิริยา (สารผสมระหว่างcopper sulfate ($CuSo_4$. 5H2O) กับ patassium sulfate (K2SO4) ในอัตราส่วน1:9
3. สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1นอร์มอล
4. สารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก 0.1นอร์มอล
5. โพแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (C_8 H_5 KO_4, AR grade)
6. ฟีนอล์ฟทาลีน (phenolphthalein)
7. สกรีนเมทิลเรดอินดิเคเตอร์ (screen methyl indicator)
8. กรดบอริก ความเข้มข้น 4% (w/v)
9. สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 40% (w/v)

ขั้นตอนการวิเคราะห์

1. ชั่งน้ำหนักของฟลาสก์ที่สกัดไขมันแล้วจดน้ำหนักที่แน่นอนไว้ด้วยชั่งตัวอย่างอาหาร5กรัม

(จดน้ำหนักที่แน่นอนไว้ด้วย) ใส่ทิมเบิล (thimble)

2. เติมปิโตรเลี่ยมในฟลาสต์สำหรับสกัดไขมัน150ml จากนั้นนำทิมเบิลใส่ลงไปวางฟลาสก์ลงในเครื่องสกัดไขมัน ทำการสกัดประมาณ2ชั่วโมง
3. เอาออกจากเครื่องสกัดแล้วใช่คีมคีบทิมเบิลใส่ตัวอย่างอาหารออกจากฟลาสก์ นำฟลาสก์ไประเหยปิโตรเลียมอีเธอร์ออกแล้วอบที่อุณภูมิ100องศาเซลเซียส จนกว่าสารละลายจะระเหยจนหมดจากนั้นทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นชั่งน้ำหนัก

คำนวนหาปริมาณไขมัน

$$\text{ปริมาณร้อยละของไขมัน} = \frac{\text{น้ำหนักไขมัน} \mathbf{x100}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างกรัม}\left(\text{น้ำหนักแห้ง}\right)}$$

ง-4. การวิเคราะห์ปริมารเถ้า (AOAC., 2016)

1. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนอย่างละเอียด ประมาณ 3-5 กรัม (ควรใช้ตัวอย่างที่หาความชื้นแล้วสามารถนำมาหาเถ้าต่อได้)
2. นำตัวอย่างไปเผาในตู้ดูดควันจนหมดควัน โดยใช้ตะเกียงบุนเสนหรือเตาไฟฟ้า แล้วจึงนำเข้าเตาเผา ตั้งอุณหภูมิเตาเผาไว้ที่ 550 องศาเซลเซียส เผาจนกว่าตัวอย่างจะเป็นสีเทา (เป็นเวลาประมาณ 1-2 ชั่วโมง)
3. นำมาวางให้เย็นในโถดูดความชื้น และทำการชั่งน้ำหนักเถ้าที่เหลืออยู่ ในกรณีที่มีเถ้าบางส่วนเป็นสีดำปนอยู่ให้หยดน้ำหรือกรดไนตริก (HNO_3) ลงไปหลายๆ หยด แล้วนำไปเผาต่อดังขั้นตอนต่อไปนี้
   1. ละลายเถ้าในน้ำ
   2. กรองผ่านกระดาษกรองชนิดปราศจากเถ้านำส่วนที่กรองได้ไปทำให้แห้ง
   3. วางกระดาษและ Filter ที่ทำแห้งแล้วในเตาเผา ทำการเผาซ้ำอีกครั้ง

การคำนวณ

$$\text{การหาปริมาณเถ้าทั้งหมด (น้ำหนักเปียก) (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}\ \left(\text{กรัม}\right)} \text{X } 100$$

ง-5. การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (AOAC., 1993)

โดยวิธีการคำนวณจากสูตรเมื่อทราบว่าร้อยละความชื้น, โปรตีน, ไขมัน, เถ้า และเส้นใย นำค่าดังกล่าวนี้มาคำนวณตามสูตร เปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรต = 100 - (ร้อยละความชื้น+ ร้อยละโปรตีน + ร้อยละไขมัน + ร้อยละเถ้า + ร้อยละเส้นใย)

ห้องปฏิบัติการวิจัยและทดสอบอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ชั้น 16 อาคารมหามกุฏ ถนนพญาไท
ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

เลขที่รายงาน : C 0443/18
วันที่รายงาน : 1 มิถุนายน 2561
รหัสตัวอย่าง : 182246
หน้าที่ 1 ของจำนวน 1 หน้า

เริ่มรายงาน

รายงานการทดสอบ

ชื่อผู้ขอรับบริการ : นางสาว เลอลักษณ์ สุขสำราญ และ นางสาว ทัสนียา กาเซ็ม
ที่อยู่ผู้ขอรับบริการ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 ลาดกระบัง กทม. 10520 (หอใน)

ชื่อตัวอย่าง/ รายละเอียดตัวอย่าง : ชุดควบคุม / ชิ้นทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าสีเหลือง บรรจุในกล่องพลาสติกปิดสนิท
น้ำหนักรวม 100 กรัม

ผู้สุ่มตัวอย่าง : ผู้ส่งตัวอย่างเป็นผู้สุ่มตัวอย่าง
วันที่รับตัวอย่าง : 25 พฤษภาคม 2561
วันที่เริ่มทดสอบ : 30 พฤษภาคม 2561

ผลการทดสอบ

รายการทดสอบ	ผล	วิธีทดสอบ
Calories	311.14 kcal/100g	Method of Analysis for Nutrition Labeling. Virginia : AOAC International ; 1993, p. 106.
Carbohydrate	24.96 g/100g	Method of Analysis for Nutrition Labeling. Virginia : AOAC International ; 1993, p. 8.
Moisture	41.68 g/100g	AOAC (2016), 925.40
Ash	2.01 g/100g	AOAC (2016), 950.49
Total Fat	17.18 g/100g	AOAC (2016), 922.06
Protein (N x 6.25)	14.17 g/100g	In-house method T 058 based on AOAC (2016), 991.20

หมายเหตุ : -

สิ้นสุดรายงาน

อนุมัติ โดย

ลงชื่อ .....
(นางวิไล ประยูรหงษ์)
ผู้จัดการด้านวิชาการ
ห้องปฏิบัติการเคมี

ลงชื่อ .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุเมธ ตันตระเธียร)
รองผู้อำนวยการ

ลงชื่อ .....
(ศาสตราจารย์ ดร.ศิริรัตน์ ก๊กผล)
ผู้อำนวยการ

ผลการทดสอบนี้รับรองเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น
ห้ามนำรายงานการทดสอบนี้ไปประกาศโฆษณาและต้องไม่ถูกทำสำเนา (ยกเว้นทำทั้งฉบับ)
โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ

ห้องปฏิบัติการวิจัยและทดสอบอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ชั้น 16 อาคารมหามกุฏ ถนนพญาไท
ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

เลขที่รายงาน : C 0442/18
วันที่รายงาน : 1 มิถุนายน 2561
รหัสตัวอย่าง : 182245
หน้าที่ 1 ของจำนวน 1 หน้า

---------- เริ่มรายงาน ----------

รายงานการทดสอบ

ชื่อผู้ขอรับบริการ : นางสาว เลอลักษณ์ สุขสำราญ และ นางสาว ทัสนียา กาเซ็ม
ที่อยู่ผู้ขอรับบริการ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 ลาดกระบัง กทม. 10520 (หอใน)

ชื่อตัวอย่าง/ รายละเอียดตัวอย่าง : เนื้อไก่เจผัดซอส / ชิ้นทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าสีน้ำตาลแดง บรรจุในกล่องพลาสติกปิดสนิท
น้ำหนักรวม 100 กรัม

ผู้สุ่มตัวอย่าง : ผู้ส่งตัวอย่างเป็นผู้สุ่มตัวอย่าง
วันที่รับตัวอย่าง : 25 พฤษภาคม 2561
วันที่เริ่มทดสอบ : 30 พฤษภาคม 2561

ผลการทดสอบ

รายการทดสอบ	ผล	วิธีทดสอบ
Calories	316.53 kcal/100g	Method of Analysis for Nutrition Labeling. Virginia : AOAC International ; 1993, p. 106.
Carbohydrate	25.52 g/100g	Method of Analysis for Nutrition Labeling. Virginia : AOAC International ; 1993, p. 8.
Moisture	41.87 g/100g	AOAC (2016), 925.40
Ash	2.51 g/100g	AOAC (2016), 950.49
Total Fat	18.81 g/100g	AOAC (2016), 922.06
Protein (N x 6.25)	11.29 g/100g	In-house method T 058 based on AOAC (2016), 991.20

หมายเหตุ : -

---------- สิ้นสุดรายงาน ----------

อนุมัติ โดย

ลงชื่อ .....
(นางวิไล ประยูรหงษ์)
ผู้จัดการด้านวิชาการ
ห้องปฏิบัติการเคมี

ลงชื่อ .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุเมธ ตันตระเธียร)
รองผู้อำนวยการ

ลงชื่อ .....
(ศาสตราจารย์ ดร.ศิริรัตน์ ก๊กผล)
ผู้อำนวยการ

ผลการทดสอบนี้รับรองเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น
ห้ามนำรายงานการทดสอบนี้ไปประกาศโฆษณาและต้องไม่ถูกทำสำเนา (ยกเว้นทำทั้งฉบับ)
โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ

ภาคผนวก จ
การวิเคราะห์ทางเคมีกายภาพ

จ-1. ความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity)

วิเคราะห์ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำโดยวิธีการปั่นเหวี่ยง (ดัดแปลงจาก Ang, 1991)

1. ตัวอย่าง 1 กรัม บรรจุลงในหลอดปั่นเหวี่ยง
2. เติมน้ำกลั่นลงไป 20 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 20 นาที
3. นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 4000 รอบต่อนาที นาน 15 นาที
4. เทส่วนน้ำออกแล้วชั่งน้ำหนักตะกอนที่เหลือ

คำนวนค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ

จากสูตร $(W_2 - W_1)/W_1$

เมื่อ W_1 = น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

W_2 = น้ำหนักตะกอนหลังปั่นเหวี่ยง

ภาคผนวก ฉ
การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 30 คนเพื่อให้ทราบถึงระดับการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและพร้อมทานด้วยกระบวนการที่ปลอดเชื้อทางการค้าโดยให้คะแนนความชอบที่ระดับ 1-9 (Hedonic Scaling 9 Point, Meilgaard *et al.*, 1999) ให้คะแนน 9 เป็นระดับที่ชอบมากที่สุด คะแนน 1 เป็นระดับที่ไม่ชอบมากที่สุด ใช้แบบทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยคุณลักษณะที่ทดสอบ ได้แก่ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมเพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

การให้คะแนนความชอบ (hedonic scaling test) เป็นวิธีการที่ใช้ในการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ บอกความชอบและไม่ชอบ ออกมาเป็นสเกลความชอบ (hedonic scale) สเกลความชอบที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง คือ สเกลความชอบ 9 คะแนน (Nine-point hedonic scale)

แบบทดสอบถามตอนที่ 1

ฉ-1 การทดสอบความยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์โปรตีนเกษตรผัดซอสกอและพร้อมทาน

ผลิตภัณฑ์ เนื้อไก่เจผัดซอสกอและพร้อมทาน

ตอนที่ 1 คำแนะนำ กรุณาชิมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ทีละตัวอย่างตามลำดับจากซ้ายไปขวาแล้วใส่คะแนนลงในช่องว่างให้ตรงกับระดับความชอบของท่าน ก่อนการชิมตัวอย่างต่อไปให้กลั้วปากและดื่มน้ำทุกครั้ง การให้ระดับคะแนนความชอบดังต่อไปนี้

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

รหัสตัวอย่าง	คุณลักษณะ					
	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
713						
721						
702						

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

ขอบคุณคะ/ครับ

แบบทดสอบถามตอนที่ 2

ฉ-2 การทดสอบความยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์โปรตีนเกษตรผัดซอสกอและพร้อมทานกระบวนการที่ปลอดเชื้อทางการค้า

ผลิตภัณฑ์ เนื้อไก่เจผัดซอสกอและพร้อมทานด้วยกระบวนการที่ปลอดเชื้อทางการค้า

ตอนที่ 1 คำแนะนำ กรุณาชิมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ทีละตัวอย่างตามลำดับจากซ้ายไปขวาแล้วใส่คะแนนลงในช่องว่างให้ตรงกับระดับความชอบของท่าน ก่อนการชิมตัวอย่างต่อไปให้กลั้วปากและดื่มน้ำทุกครั้ง การให้ระดับคะแนนความชอบดังต่อไปนี้

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

รหัสตัวอย่าง	คุณลักษณะ					
	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
913						
921						
902						

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

ขอบคุณคะ/ครับ

งานทะเบียนคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

คำรับรองเล่มโครงงานพิเศษ

วันที่ 22 เดือน มิถุนายน พ.ศ.2561

ข้าพเจ้า นางสาว เลอลักษณ์ สุขสำราญ รหัสประจำตัว 57050754

นางสาว หัสนียา กาเซ็ม รหัสประจำตัว 57050778

นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา เทคโนโลยีชีวภาพ ภาควิชา ชีววิทยา
ขอรับรองว่าโครงงานพิเศษ เรื่อง

ชื่อภาษาไทย การพัฒนาผลิตภัณฑ์โปรตีนเกษตรผัดซอสกอและ

ชื่อภาษาอังกฤษ Development of Texture Vegetable Protein with Golek sauce

ปีการศึกษา 2560

เป็นผลงานวิจัยที่มิได้คัดลอกหรือละเมิดลิขสิทธิ์ของผู้อื่นและได้ผ่านการตรวจสอบความซ้ำซ้อน เรียบร้อยแล้ว และได้แนบเอกสารการตรวจสอบการลอกเลียนงานวรรณกรรมที่ตรวจสอบจากเล่มโครงงานพิเศษฉบับสมบูรณ์แล้ว

โปรแกรมอักขราวิสุทธิ์ 0.77 %

ลงชื่อ.....เลอลักษณ์ สุขสำราญ..... ลงชื่อ.....หัสนียา กาเซ็ม.....

(น.ส.เลอลักษณ์ สุขสำราญ) (น.ส.หัสนียา กาเซ็ม)

นักศึกษา นักศึกษา

ข้าพเจ้า รศ.ดร. มาริสา จาตุพรพิพัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษได้ตรวจสอบโครงงานพิเศษของนักศึกษาข้างต้นแล้ว ขอรับรองว่าเป็นผลงานวิจัยของนักศึกษาจริงและมีเนื้อหาสมบูรณ์

จึงลงชื่อไว้เป็นหลักฐาน

ลงชื่อ.....	ลงชื่อ.....	ลงชื่อ.....
(รศ.อารี ฤทธิบูรณ์)	(ผศ.ดร.สมพิศ สอนโยธา)	(รศ.ดร.มาริสา จาตุพรพิพัฒน์)
ประธานกรรมการ	กรรมการ	กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา

Plagiarism Checking Report

Created on Jun 22, 2018 at 02:27 AM

Submission Information

ID	SUBMISSION DATE	SUBMITTED BY	ORGANIZATION	FILENAME	STATUS	SIMILARITY INDEX
875449	Jun 22, 2018 at 02:27 AM	57050754@kmitl.ac.th	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เจผัดซอสกอและ 2561.pdf	Completed	0.77 %

Match Overview

NO.	TITLE	AUTHOR(S)	SOURCE	SIMILARITY INDEX
1	การพัฒนาสมบัติการต้านจุลชีพของเส้นใยฝ้าย-ข่า ย้อมด้วยวัสดุเหลือใช้จากหอมแดง	ปวีณุช ภูพวก	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี	0.17 %
2	หอมแดง	จากวิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี	Wikipedia	0.17 %
3	การวิจัยและพัฒนาโลหะเงินเจือสีชมพูเพื่อผลิตตัวเรือนเครื่องประดับด้วยการหล่อระบบเหวี่ยง	ประเสริฐ ชุมปัญญา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	0.17 %
4	ข้าว	จากวิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี	Wikipedia	0.16 %
5	การเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์และคิดอย่างมีวิจารณญาณ ก่อนเรียนกับหลังเรียน ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานคณิตศาสตร์ เรื่องรูปสามเหลี่ยม ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5	ชรินรัต จันโดนด	มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี	0.10 %

Match Details

TEXT FROM SUBMITTED DOCUMENT	TEXT FROM SOURCE DOCUMENT(S)
งสารบัญเรื่องหน้าบทคัดย่อภาษาไทยกบทคัดย่อภาษาอังกฤษข กิตติกรรมประกาศคสารบัญเรื่องงสารบัญตารางฌสารบัญรูปญคำย่อสัญลักษณ์ฎบทที่ 1 บทนา 1 1 1 ความเป็นมาและความสาคัญของโครงงานพิเศษ 1 1 2 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ 2 1 3 ขอบเขตการศึกษา 3 1 4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3 บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4 2 1 โปรตีน 4 2 1 1 สมบัติทางกายภาพและเคมีของโปรตีน 5 2 1 2 ความ	มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี(7)สารบัญหน้าบทคัดย่อภาษาไทย(1)บทคัดย่อภาษาอังกฤษ(3)กิตติกรรมประกาศ(5)สารบัญ(7)สารบัญตาราง(11)สารบัญภาพ(12)บทที่ 1 บทนา 1 ความเป็นมาและความสาคัญของปัญหา 1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3 สมมติฐานของการวิจัย 4 ขอบเขตของการวิจัย 4 กรอบแนวคิดในการวิจัย 5 นิยามศัพท์เฉพาะ 6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 8 บทที่ 2 แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 9 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการคิดวิเคราะห์ 10 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 21 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน 33 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 51 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 59 มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี(8)สารบัญ(ต่อ)หน้าบทที่ 3 วิธีดาเนิน
แก้ท้องอืดช่วยย่อยและเจริญอาหารแก้บวมน้าแก้อาการอักเสบต่างๆขับพยาธิช่วยให้ร่างกายอบอุ่นเมล็ดแก้อาเจียนเป็นเลือดแก้กินเนื้อสัตว์เป็นพิษร่างกายชุบผอมให้ใช้เมล็ดแห้ง 5 10 กรัมต้มน้าดื่มตารายาไทยใช้หัวหอมแดงผสมรวมกับเหง้าเปราะหอมสุมหัวเด็กช่วยแก้หวัดคัดจมูกและกินเป็นยาขับลม หอมแดงมีสารเคอร์ซิตินและสารฟลาโวนอยด์ quercetin และ flavonoid glycosides อาจป้องกันโรคมะเร็งได้หอมแดงยังมีคุณสมบัติเป็นยารักษาโรคไข้ลดไข้	\\ n หอมแดง()เป็นพืชในวงศ์ Alliaceae โดยยึดเอา French grey challot หรือ griselle เป็นหอมที่แท้จริงจัดอยู่ในสปีชีย์นี้มีการเพาะปลูกในเอเชียกลางและเอเชียตะวันตกเฉียงใต้ส่วนความหลากหลายอื่นที่มีคือ" Allium cepa " var ." aggregatum "(หอมแบ่ง: multiplier onions)หรือที่รู้จักกันในชื่อ" A . ascalonicum "\\ n พืชที่มีลำต้นสั้นและฝังอยู่ใต้ดินขนาดสูงประมาณ 30 เซนติเมตรกาบใบพองออกเพื่อสะสมอาหารลักษณะเป็นช่อคล้ายร่มประกอบด้วยดอกย่อยจำนวนมากกลีบดอกสีขาวอมม่วงมีกลีบดอก 6 กลีบออกดอกในช่วงฤดูร้อน\\ n หัวหอมมีรสฉุนช่วยขับลมแก้ท้องอืดช่วยย่อยและเจริญอาหารแก้บวมน้าแก้อาการอักเสบต่างๆแก้บวมน้าขับพยาธิช่วยให้ร่างกายอบอุ่นเมล็ดแก้อาเจียนเป็นเลือดแก้กินเนื้อสัตว์เป็นพิษร่างกายชุบผอม(ใช้เมล็ดแห้ง 5 - 10 กรัมต้มน้าดื่ม)ตำรายาไทยใช้หัวหอมแดงผสมรวมกับเหง้าเปราะหอมสุมหัวเด็กแก้หวัดคัดจมูกและกินเป็นยาขับลมหอมแดงมีสารเคอร์ซิตินและสารฟลาโวนอยด์(quercetin และ flavonoid glycosides)อาจป้องกันโรคมะเร็งได้\\ n คนไทยนิยมนำหอมแดงมาเป็นส่วนประกอบเครื่องแกงเผ็ดเป็นส่วนประกอบของไข่เจียว
16 สรรพคุณทางยาฟลาโวนอยด์ในหอมแดงมีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระการบริโภคหอมแดงเป็นประจาจึงสามารถลดระดับคอเลสเตอรอลและช่วยให้การไหลเวียนของเลือดดีขึ้นลดไขมันในเส้นเลือดที่เป็นสาเหตุของโรคความดันโลหิตสูงและโรคหัวใจสามารถป้องกันการติดเชื้อและช่วยบรรเทาอาการไข้หวัดได้ทาให้เจริญอาหารและช่วยย่อยอาหารทั้งนี้ฟลาโวนอยด์ที่ปริมาณสูงมากๆจะช่วยลดความเสี่ยงของโรคหัวใจลดความเสี่ยงต่อโรคมะเร็งได้ในหอมแดงยัง	เหนือและภาคเหนือโดยหอมแดงจากจังหวัดศรีสะเกษจะมีชื่อเสียงว่าคุณภาพดีลักษณะเด่นๆจะมีรสและกลิ่นค่อนข้างฉุนมีสรรพคุณเป็นยารักษาโรคชั้นดีเนื่องจากมีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระดังนั้นการบริโภคหอมแดงเป็นประจาจึงช่วยลดระดับคลอเลสเตอรอลและช่วยให้การไหลเวียนของเลือดได้ดีขึ้นลดไขมันในเส้นเลือดที่เป็นสาเหตุของโรคความดันโลหิตสูงและโรคหัวใจสามารถป้องกันการติดเชื้อและช่วยบรรเทาอาการไข้หวัดได้ทาให้เจริญอาหารและช่วยย่อยอาหารนอกจากจะช่วยลดความเสี่ยงของโรคหัวใจแล้วยังสามารถลดความเสี่ยงต่อโรคมะเร็งได้ด้วยอีกทั้งในหอมแดงยังมีธาตุฟอสฟอรัสปริมาณสูงจึงช่วยให้มีความจาที่ดีนอกจากนี้หอมยังใช้บารุงรักษาหน้าได้ด้วยวิธีง่ายๆคือทุบหรือฝานหอมแดงให้เป็นแว่นบางๆทาบริเวณที่เป็นสิวฝ้าหรือจุดด่างดาเพียงใช้เวลาแค่สัปดาห์เท่านั้นก็จะสามารถเห็นผลที่เกิดขึ้นได้สรรพคุณทางยามีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระการบริโภคหอมแดงเป็นประจาจึงสามารถลดระดับคลอเรสเตอรอลและช่วยให้การไหลเวียนของเลือดดีขึ้นลดไขมันในเส้นเลือดที่เป็นสาเหตุของโรคความดันโลหิตสูงและโรคหัวใจสารในหอมแดง
21 รูปที่ 2 11 ข้าว 2 3 8 ข้าวชื่อวิทยาศาสตร์ Oryza sativa เป็นเมล็ดของพืชในสกุลข้าวที่พบมากในเอเชียข้าวเป็นธัญพืชซึ่งประชากรโลกบริโภคเป็นอาหารสาคัญโดยเฉพาะอย่างยิ่งในทวีปเอเชียจากข้อมูลเมื่อปี 2553 ข้าวเป็นธัญพืชซึ่งมีการปลูกมากที่สุดเป็นอันดับสามทั่วโลกรองจากข้าวสาลีและข้าวโพดข้าวเป็นธัญพืชสาคัญที่สุดในด้านโภชนาการและการได้รับแคลอรีของมนุษย์เพราะข้าวโพดส่วนใหญ่ปลูกเพื่อจุดประสงค์อื่นมิใช่ให้มนุษย์บริโภคทั้งนี้ข้าวคิด	\\ n ข้าวเป็นเมล็ดของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวชนิดข้าวเอเชีย(" Oryza sativa ")หรือข้าวแอฟริกา(" Oryza glaberrima ")ข้าวเป็นธัญพืชซึ่งประชากรโลกบริโภคเป็นอาหารสำคัญโดยเฉพาะอย่างยิ่งในทวีปเอเชียจากข้อมูลเมื่อปี 2553 ข้าวเป็นธัญพืชซึ่งมีการปลูกมากที่สุดเป็นอันดับสองทั่วโลกรองจากข้าวโพด\\ n ข้าวเป็นธัญพืชสำคัญที่สุดในด้านโภชนาการและการได้รับแคลอรีของมนุษย์เพราะข้าวโพดส่วนใหญ่ปลูกเพื่อจุดประสงค์อื่นมิใช่ให้มนุษย์บริโภคทั้งนี้ข้าวคิดเป็นพลังงานกว่าหนึ่งในห้าที่มนุษย์ทั่วโลกบริโภค\\ n หลักฐานพันธุศาสตร์แสดงว่าข้าวมาจากการนำมาปลูกเมื่อราว 8 \\\, 200 – 13 \\\, 500 ปีก่อนในภูมิภาคหุบแม่น้ำจูเจียงของจีนก่อนหน้านี้หลักฐานโบราณคดีเสนอว่าข้าวมีการนำมาปลูกในเขตหุบแม่น้ำแยงซีในจีนข้าวแพร่กระจายจากเอเชียตะวันออกไปยังเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และเอเชียใต้ข้าวถูกนำมายังทวีปยุโรปผ่านเอเชียตะวันตกและทวีปอเมริกาผ่านการยึดอาณานิคมของยุโรป\\ n ปกติการปลูกข้าวเป็นแบบปีต่อปีทว่าในเขตร้อนข้าวสามารถมีชีวิตอยู่ได้หลายปีและสามารถไว้ตอ(ratoon)ได้นานถึง 30 ปีต้นข้าวสามารถโตได้ถึง 1 –1.8เมตรขึ้นอยู่กับพันธุ์และความอุดม

แต่เนื่องจากระบบสีดังกล่าวไม่สามารถบรรยายถึงลักษณะความมืดสว่างของสีได้ต่อมาได้พัฒนามาเป็นระบบ X Y L ซึ่งบรรยายถึงค่าสีแดงเขียวและความสว่าง lightness แต่ระบบดังกล่าวก็ยังขาดส่วนที่บรรยายถึงค่าน้าเงินต่อมาจึงได้พัฒนาระบบสีมาเป็นระบบที่ยอมรับและใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันคือระบบ L a b ซึ่งเป็นระบบการบรรยายสีแบบ 3 มิติใช้หลักของสีที่ตรงข้ามกันอ่านตามแกน 3 แกนได้เป็น

ซึ่งใช้บรรยายสีแดง(Red)เขียว(Green)และน้าเงิน(Blue)แต่เนื่องจากระบบสีดังกล่าวไม่สามารถบรรยายถึงลักษณะความมืด-สว่างของสีได้พัฒนาต่อมาเป็นระบบX-Y-Lซึ่งบรรยายถึงค่าสีแดงเขียวและความสว่าง(lightness)ตามลาดับอย่างไรก็ตามระบบดังกล่าวก็ยังขาดส่วนที่บรรยายถึงค่าสีน้าเงิน CIE จึงได้พัฒนาระบบสีต่อมาจนเป็นระบบที่ยอมรับและใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันคือระบบ L - a *- b *ซึ่งเป็นระบบการบรรยายสีแบบ 3 มิติโดยที่แกน L *จะบรรยายถึงความสว่าง(lightness)จากค่า+ L *แสดงถึงสีขาวจนไปถึง- L *แสดงถึงสีดาแกน a *จะบรรยายถึงแกนสีจากเขียว(- a *)ไปจนถึงแดง(+ a *)ส่วนแกน b *จะบรรยายถึงแกนสีจากน้าเงิน(- b *)ไปเหลือง(+ b *)ลักษณะการบรรยายสีของ CIE นอกจากนี้บริษัท Hunter lab ในอเมริกาก็เป็นอีกองค์กรหนึ่งซึ่งทาการวิจัยและพัฒนาระบบการวัดสีจนในที่สุดได้ระบบของ Hunter lab เองซึ่งเรียกว่าการวัดสีระบบ Hunter lab scale ซึ่งบรรยายแกนใน 3 มิติเช่นเดียวกับระบบ CIE โดยที่ Hunter lab