ความกรอบที่เหมาะสมที่สุดของน่องไก่บนชุบแป้งทอด

OPTIMIZATION OF CRISPNESS OF FRIED BREADED CHICKEN DRUMMETTES

ทนาวุฒิ ปริญญาพัฒนบุตร
THANAWOOT PARINYAPATTHANABOOT

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2547

ISBN 974-9709-81-0

ความกรอบที่เหมาะสมที่สุดของปีกไก่บนชุบแป้งทอด

OPTIMIZATION OF CRISPNESS OF FRIED BREADED CHICKEN DRUMMETTES

ทนาวุฒิ ปริญญาพัฒนบุตร

THANAWOOT PARINYAPATTHANABOOT

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2547

ISBN 974-9707-81-0

OPTIMIZATION OF CRISPNESS OF FRIED BREADED CHICKEN DRUMMETTES

THANAWOOT PARINYAPATTHANABOOT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN FOOD SCIENCE

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2004

ISBN 974-9709-81-00

COPYRIGHT 2004

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ความกรอบที่เหมาะสมที่สุดของปีกไก่บนชุบแป้งทอด
นักศึกษา	ทนาวุฒิ ปริญญาพัฒนบุตร
รหัสประจำตัว	44066008
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การอาหาร
พ.ศ.	2547
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.วรรณา ตั้งเจริญชัย

บทคัดย่อ

ศึกษาการดูดซึมสารละลายหมักและปริมาณแป้งที่เคลือบปีกไก่บนที่นำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ โดยสารละลายหมักประกอบด้วย โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 2 เปอร์เซ็นต์ เกลือป่น 2 เปอร์เซ็นต์ กระเทียมผง 1 เปอร์เซ็นต์ พริกไทยขาวผง 1 เปอร์เซ็นต์ และเครื่องปรุงแต่งกลิ่นรส 4 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณสารละลายหมักที่ใช้คิดเป็น 15 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักปีกไก่บน เวลาที่ใช้ในการหมักนาน 30, 60, 90และ 120 นาที ตามลำดับ พบว่าปีกไก่บนมีปริมาณการดูดซึมสารละลายหมัก 7.76 $\pm$0.01 ถึง 13.78$\pm$0.66 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาที่เหมาะสมที่ใช้ในการหมักนาน 60 นาที มีปริมาณการยึดติดของแป้งฝุ่น น้ำแป้ง และแป้งแห้ง เท่ากับ 4.13$\pm$0.38 ถึง 4.80$\pm$0.30 เปอร์เซ็นต์ 14.47$\pm$0.75 ถึง 15.03$\pm$0.15 เปอร์เซ็นต์ และ 5.25$\pm$0.27 ถึง 5.77$\pm$0.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ศึกษาสูตรแป้งผสมชุบทอดเพื่อปรับปรุงคุณภาพของความกรอบโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป JMP เวอร์ชัน 3.2.6 (SAS, 1999) กำหนดปริมาณแป้งสาลีที่ใช้ 45-80 เปอร์เซ็นต์ สตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปร 10-45 เปอร์เซ็นต์ สตาร์ชข้าวโพด 0-10 เปอร์เซ็นต์ และน้ำ 100-140 กรัม ส่วนผสมของน้ำแป้งที่เหมาะสมที่สุดประกอบด้วย แป้งสาลี สตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปร และสตาร์ชข้าวโพด ปริมาณ 65.79, 28.95 และ 5.26 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักส่วนผสมแห้ง ตามลำดับ ละลายในน้ำ 120 กรัม ส่วนผสมแป้งที่ประกอบด้วยปริมาณโซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟต 1.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักส่วนผสมแห้ง หรือโซเดียมไบคาร์บอเนต 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักส่วนผสมแห้ง ช่วยเพิ่มการขึ้นฟูชั้นแป้งของผลิตภัณฑ์ กัวกัม 0.1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักส่วนผสมแห้ง ปรับปรุงการยึดติดของแป้งบนผิวผลิตภัณฑ์ ลักษณะของผลิตภัณฑ์มีความกรอบพอเหมาะและดูดซับน้ำมันน้อย ศึกษาคุณภาพด้านความกรอบของปีกไก่ชุบแป้งทอดที่เก็บที่ 65$\pm$3 องศาเซลเซียสจากหลอดอินแคนเดสเซนต์ สามารถรักษาความกรอบได้นาน 20 นาที และผู้บริโภคยังยอมรับคุณภาพด้านความกรอบได้เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้นาน 30 นาที จากการประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสคุณภาพปีกไก่ชุบแป้งทอดที่ทอดแบบกึ่งสุกแล้วเก็บที่ -10$\pm$2 และ -18$\pm$2 องศาเซลเซียสก่อนนำมาทอดสุก คุณภาพของผลิตภัณฑ์ไม่มีความแตกต่างกับปีกไก่ที่ทอดสุกครั้งเดียวโดยพิจารณาจากเนื้อสัมผัสและการทดสอบประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ ความกรอบ และคุณภาพโดยรวม

Thesis Title	Optimization of Crispness of Fried Breaded Chicken Drummettes
Student	Mr. Thanawoot Parinyapatthanaboot
Student ID	44066008
Degree	Master of Science
Programme	Food Science
Year	2004
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Wanna Tungchareonchai

ABSTRACT

Evaluation of marination and batter picking-up of chicken drummettes was conducted in marinade mixes containing sodiumtripolyphosphate 2 %, salt 2 %, garlic powder 1 %, white pepper powder 1 %, and seasoning 4 %. A marinade solution was used at a level of 15 % by weight of raw chicken drummettes, and marination time was made in 30, 60, 90, and 120 minutes. Marinade absorptions of chicken drummettes were in a range of 7.76±0.01 to 13.78±0.66 % (by weight). Picking-up of the predust, batter, and breader were in ranges of 4.13±0.38 to 4.80±0.30 %, 14.47± 0.75 to 15.03±0.15 %, and 5.25±0.27 to 5.77±0.25 %, respectively. Batters were formulated by JMP program (SAS, 1999) which covered ranges of 45-80 % wheat flour, 10-45 % modified tapioca starch, 0-10 % corn starch, and 100-140 grams of water. An optimum formulation of batter consisted of wheat flour, modified tapioca starch, and corn starch in the level of 65.79, 28.95, and 5.26 % by dry batter mix, respectively, the formulated dry mix was hydrated in 120 grams of water. The dry batter formulation containing sodium acid pyrophosphate 1.5 % or sodiumbicarbonate 1 % and guar gum 1 %, result in crispy fried breaded drummettes with good batter picking-up and product could retain crispiness within 20 minutes in incandescent lamp a temperature of 65±3 °C with a margin of 30 minute. A partially cooked product was kept at temperature of -10±2 °C and -18±2 °C for 7, 14, 21, and 28 days before a full cooking was made. Sensory quality difference in terms of appearance, crispness, and overall-liking quality was not detected in the partially cooked and fully cooked products.

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ รศ.ดร.วรรณา ตั้งเจริญชัย ซึ่งให้เกียรติเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และ ดร.ชาญชัย ไวเมลืองอรเอก ที่ให้เกียรติเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ข้อคิดเห็น แนวทางการแก้ปัญหาและให้ความช่วยเหลือในทุกด้านแก่ข้าพเจ้า รวมทั้งช่วยตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นผู้จัดทำมีความซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านและกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอบพระคุณ ดร.พอใจ ถามากร และ ผศ.เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์ ที่ให้เกียรติเป็นอาจารย์กรรมการให้แก่ข้าพเจ้า รวมทั้งให้คำแนะนำและความรู้ต่างๆ ข้าพเจ้ากราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอบพระคุณ รศ.ดร.พรรณิภา ศิวะพิรุฬห์เทพ รศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา รศ.ดร.ไพโรจน์ วิริยะจารี และ อาจารย์อิสรพงษ์ พงษ์สิริกุล ที่ให้คำปรึกษาและแนวทางในการแก้ไขปัญหาด้านการวิเคราะห์และประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ทางด้านสถิติแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณ บริษัท สหฟาร์ม จำกัด (มหาชน) ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ปีกบนไก่สดแช่แข็ง บริษัท ไทย ฟู้ดโคทติ้งส์ จำกัด ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ส่วนผสมแป้งชุบทอด วัตถุดิบแป้ง เครื่องปรุง และเครื่องเทศที่ใช้ในการทดลองเพื่อใช้ในงานวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณพ่อแม่ของข้าพเจ้าที่เคารพรักที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนข้าพเจ้าตลอดมา ขอขอบคุณ คุณศิริมา วรรณรังษี และคุณวรลักษณ์ ปัญญาธิติพงศ์ ที่เอื้อเฟื้อหัววัดเนื้อสัมผัส ขอบคุณเพื่อนและน้องนักศึกษาปริญญาโทและปริญญาตรีทุกท่าน รวมถึงเจ้าหน้าที่ที่อำนวยความสะดวกให้แก่ข้าพเจ้าในการปฏิบัติการ และเจ้าหน้าที่ธุรการในงานเอกสารต่างๆ คุณค่าและประโยชน์ของงานวิจัยนี้ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ข้าพเจ้าจะรำลึกถึงความกรุณาของทุกท่านไว้ในใจตลอดไป

ทนาวุฒิ ปริญญาพัฒนบุตร

พฤษภาคม 2547

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... II

กิตติกรรมประกาศ..... III

สารบัญ..... IV

สารบัญตาราง..... VI

สารบัญภาพ..... XIII

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์การศึกษา..... 1

1.3 ขอบเขตงานวิจัย..... 1

บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง..... 2

2.1 ผลิตภัณฑ์อาหารชุบแป้งทอด..... 2

2.2 ส่วนประกอบแป้งชุบทอด..... 3

2.3 สมบัติสำคัญของแป้งชุบทอด..... 5

2.4 ปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการทอด..... 11

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย..... 12

3.1 วัตถุดิบ..... 12

3.2 อุปกรณ์ในการผลิต..... 12

3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือในการทดลอง..... 12

3.4 วิธีการวิเคราะห์คุณภาพปีกไก่บนชุบแป้งทอด..... 13

3.4 สถานที่ทำการทดลอง..... 13

3.5 วิธีการดำเนินงาน..... 13

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง..... 19

4.1 ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมของการกวนผสมปีกไก่กับสารละลายหมัก..... 19

4.2 ศึกษาส่วนผสมของแป้งชุบทอดที่เหมาะสม..... 20

4.3 ศึกษาปริมาณของโซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟตและโซเดียมไบคาร์บอเนตในการขึ้นฟูของปีกไก่ชุบแป้งทอด..... 27

4.4 ศึกษาปริมาณ ของกัวกัม และซนแทนกัมในการคงตัวและยึดติดชั้นแป้งของปีกไก่ชุบแป้งทอดสารให้ความคงตัว..... 31

4.5 ศึกษาคุณภาพความกรอบของปีกไก่ชุบแป้งทอดที่อุณหภูมิ 65±3 องศาเซลเซียส..... 36

4.6 ศึกษาคุณภาพของปีกไก้ชุบแป้งทอดชนิดกึ่งสุกเพื่อเก็บที่อุณหภูมิ –10±2 และ-18±2 องศาเซลเซียส..... 41

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง..... 44

บรรณานุกรม..... 45

ภาคผนวก..... 49

ภาคผนวก ก. รูปภาพจากการทดลอง..... 50

ภาคผนวก ข.วิธีวิเคราะห์คุณภาพปีกไก่ชุบแป้งทอด..... 53

ภาคผนวก ค. แบบทดสอบด้านประสาทสัมผัส..... 58

ภาคผนวก ง. ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนและวิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ย..... 64

ประวัติผู้เขียน..... 91

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	สูตรผสมของแป้งชุบทอดที่ได้จากการคำนวณโดยแปรปริมาณแป้งสาลี 45-85 เปอร์เซ็นต์ สตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปร 10-45 เปอร์เซ็นต์ สตาร์ชข้าวโพด 0-10 เปอร์เซ็นต์ และน้ำ 100-140 มิลลิลิตรต่อ 100 กรัม (โดยน้ำหนักของแป้งแห้ง).....	17
3.2	สูตรสารละลายหมักและสูตรแป้งผสมชุบทอดที่ได้จากการทดลองในข้อ 3.6.2 ถึง 3.6.5.....	18
4.1	คุณภาพด้านกายภาพของปีกไก่ที่ควนผสมกับสารละลายหมักทางการค้าและสารละลายหมักที่ปรับปรุง ใช้เวลาควนผสมนาน 30, 60, 90 และ 120 นาที.....	19
4.2	การประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของปีกไก่ชุบแป้งทอดที่ควนผสมกับสารละลายหมักทางการค้าและสารละลายหมักที่ปรับปรุง ใช้เวลาควนผสมนาน 30, 60, 90 และ 120 นาที.....	20
4.3	คุณภาพด้านกายภาพของแป้งชุบทอดและปีกไก่ชุบแป้งทอดจากสูตรแป้งชุบทอด 19 สูตร.....	24
4.4	การประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของปีกไก่ชุบแป้งทอด 19 สูตร.....	26
4.5	คุณภาพด้านกายภาพของแป้งชุบทอดและปีกไก่ชุบแป้งทอดที่แปรปริมาณโซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟตและโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.5, 1 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก).....	30
4.6	การประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของปีกไก่ชุบแป้งทอดที่ชุบน้ำแป้งที่แปรปริมาณโซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟตและโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.5, 1 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก.....	31
4.7	คุณภาพด้านกายภาพของแป้งชุบทอดและปีกไก่ชุบแป้งทอดที่ชุบน้ำแป้งที่แปรปริมาณกัวกัมและแซนแทนกัม 0.05, 0.1, 0.15 และ 0.2 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)...	34
4.8	การประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของปีกไก่ชุบแป้งทอดที่ชุบน้ำแป้งที่แปรปริมาณกัวกัมและแซนแทนกัม 0.05, 0.1, 0.15 และ 0.2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก.....	36
4.9	ค่าความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพประสาทสัมผัส (subjective test) ด้านความกรอบกับการทดสอบโดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (objective test) ของปีกไก่ชุบแป้งทอดที่เก็บภายใต้แสงไฟที่ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 65±3 องศาเซลเซียส.....	37
4.10	การประเมินคุณภาพประสาทสัมผัสด้านความกรอบ ค่าแรงกระทำสูงสุด และค่าความชันของปีกไก่ชุบแป้งทอดที่เก็บภายใต้แสงไฟที่ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 65±3 องศาเซลเซียส.....	39

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.11	ค่าเนื้อสัมผัสที่วัดโดยเครื่องวัดเนื้อสัมผัสของปีกไก่ชุบแป้งทอดที่ทอดแบบกึ่งสุก แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -10±2 และ -18±2 องศาเซลเซียส นาน 7, 14, 21 และ 28 วัน เปรียบเทียบกับปีกไก่ชุบแป้งทอดที่ทอดแบบครั้งเดียวสุก.....	42
ง.1	วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านเปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำหมัก (marinade absorption) ของปีกไก่บนที่กวนผสมกับสารละลายหมักทางการค้าและสารละลายหมักที่ปรับปรุง ใช้เวลากวนผสมนาน 30, 60, 90 และ 120 นาที.....	65
ง.2	วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านเปอร์เซ็นต์การยึดติดของชั้นแป้งฝุ่น (predust) ของปีกไก่บนที่กวนผสมกับสารละลายหมักทางการค้าและสารละลายหมักที่ปรับปรุง ใช้เวลากวนผสมนาน 30, 60, 90 และ 120 นาที.....	65
ง.3	วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านเปอร์เซ็นต์การยึดติดของชั้นน้ำแป้ง (batter) ของปีกไก่บนที่กวนผสมกับสารละลายหมักทางการค้าและสารละลายหมักที่ปรับปรุง ใช้เวลากวนผสมนาน 30, 60, 90 และ 120 นาที.....	65
ง.4	วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านเปอร์เซ็นต์การยึดติดของชั้นแป้งแห้ง (breader) ของปีกไก่บนที่กวนผสมกับสารละลายหมักทางการค้าและสารละลายหมักที่ปรับปรุง ใช้เวลากวนผสมนาน 30, 60, 90 และ 120 นาที.....	66
ง.5	วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านเปอร์เซ็นต์การยึดติดของแป้งบนชิ้นปีกไก่ (coated pickup) ของปีกไก่บนที่กวนผสมกับสารละลายหมักทางการค้าและสารละลายหมักที่ปรับปรุง ใช้เวลากวนผสมนาน 30, 60, 90 และ 120 นาที.....	66
ง.6	วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของการประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในคุณลักษณะต่างๆ ของปีกไก่บนที่กวนผสมกับสารละลายหมักทางการค้าและสารละลายหมักที่ปรับปรุง ใช้เวลากวนผสมนาน 30, 60, 90 และ 120 นาที.....	67
ง.7	วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำแป้ง 19 สูตร.....	68
ง.8	วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านค่าความหนืดปรากฏ (viscosity) ของน้ำแป้ง 19 สูตร วัดโดย Bostwick consistometer.....	68
ง.9	วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านเปอร์เซ็นต์การยึดติดของแป้งบนชิ้นปีกไก่ (coated pickup) ของปีกไก่บนชุบแป้งทอด 19 สูตร.....	68
ง.10	วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการทอด (cooking loss) ของปีกไก่บนชุบแป้งทอด 19 สูตร.....	68

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ง.11 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านเปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำมัน (oil absorption) ของปีกไก่บนชุบแป้งทอด 19 สูตร 69

ง.12 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านค่าความสว่าง (L-value) ของปีกไก่บนชุบแป้งทอดจากน้ำแป้ง 19 สูตร 69

ง.13 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านค่าความเป็นสีแดง (a-value) ของปีกไก่บนชุบแป้งทอดจากน้ำแป้ง 19 สูตร 69

ง.14 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านค่าความเป็นสีเหลือง (b-value) ของปีกไก่บนชุบแป้งทอดจากน้ำแป้ง 19 สูตร 69

ง.15 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านตำแหน่งค่าสีหลัก (hue angle) ของปีกไก่บนชุบแป้งทอดจากน้ำแป้ง 19 สูตร 70

ง.16 ปริมาณแป้งสาลี (กรัม) ในสูตรผสมแป้งชุบทอด 19 สูตร ที่มีต่อคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในคุณลักษณะต่างๆ ของปีกไก่บนชุบแป้งทอด..... 70

ง.17 ปริมาณสตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปร (กรัม) ในสูตรผสมแป้งชุบทอด 19 สูตร ที่มีต่อคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในคุณลักษณะต่างๆ ของปีกไก่บนชุบแป้งทอด..... 71

ง.18 ปริมาณสตาร์ชข้าวโพด (กรัม) ในสูตรผสมแป้งชุบทอด 19 สูตร ที่มีต่อคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในคุณลักษณะต่างๆ ของปีกไก่บนชุบแป้งทอด..... 72

ง.19 ปริมาณน้ำ (มิลลิลิตร) ที่ใช้ในสูตรผสมน้ำแป้ง 19 สูตร ที่มีต่อคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในคุณลักษณะต่างๆ ของปีกไก่บนชุบแป้งทอด..... 72

ง.20 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำแป้งชุบทอดที่แปรปริมาณโซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟตและโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.5, 1 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)..... 73

ง.21 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านค่าความหนืดปรากฏของน้ำแป้งชุบทอดที่แปรปริมาณโซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟตและโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.5, 1 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)..... 73

ง.22 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านเปอร์เซ็นต์การยึดติดของแป้งบนชิ้นปีกไก่ (coated pickup) ของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ชุบน้ำแป้งที่แปรปริมาณโซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟตและโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.5, 1 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก). 73

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ง.23 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการทอด (cooking loss) ของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ชุบน้ำแป้งที่แปรปริมาณโซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟตและโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.5, 1 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)..... 74

ง.24 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านเปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำมัน (oil absorption) ของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ชุบน้ำแป้งที่แปรปริมาณโซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟตและโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.5, 1 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)..... 74

ง.25 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านค่าความสว่าง (L-value) ของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ชุบน้ำแป้งที่แปรปริมาณโซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟตและโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.5, 1 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)..... 74

ง.26 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านค่าความเป็นสีแดง (a-value) ของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ชุบน้ำแป้งที่แปรปริมาณโซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟตและโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.5, 1 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)..... 75

ง.27 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านค่าความเป็นสีเหลือง (b-value) ของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ชุบน้ำแป้งที่แปรปริมาณโซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟตและโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.5, 1 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)..... 75

ง.28 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านตำแหน่งค่าสีหลัก (hue angle) ของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ชุบน้ำแป้งที่แปรปริมาณโซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟตและโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.5, 1 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)..... 75

ง.29 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของการประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในคุณลักษณะต่างๆ ของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ชุบน้ำแป้งที่แปรปริมาณโซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟตและโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.5, 1 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)..... 76

ง.30 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำแป้งที่แปรปริมาณกัวกัมและแซนแทนกัม 0.05, 0.1, 0.15 และ 0.2 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)... 77

ง.31 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านค่าความหนืดปรากฏของน้ำแป้งที่แปรปริมาณกัวกัมและแซนแทนกัม 0.05, 0.1, 0.15 และ 0.2 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)... 77

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ง.32 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านเปอร์เซ็นต์การยึดติดของแป้งบนชิ้นปีกไก่ (coated pickup) ของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ชุบน้ำแป้งที่แปรปริมาณกัวกัมและแซนแทนกัม 0.05, 0.1, 0.15 และ 0.2 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)..... 77

ง.33 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการทอด (cooking loss) ของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ชุบน้ำแป้งที่แปรปริมาณกัวกัมและแซนแทนกัม 0.05, 0.1, 0.15 และ 0.2 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)..... 78

ง.34 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านเปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำมัน (oil absorption) ของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ชุบน้ำแป้งที่แปรปริมาณกัวกัมและแซนแทนกัม 0.05, 0.1, 0.15 และ 0.2 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)..... 78

ง.35 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านค่าความสว่าง (L-value) ของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ชุบน้ำแป้งที่แปรปริมาณกัวกัมและแซนแทนกัม 0.05, 0.1, 0.15 และ 0.2 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)..... 78

ง.36 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านค่าความเป็นสีแดง (a-value) ของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ชุบน้ำแป้งที่แปรปริมาณกัวกัมและแซนแทนกัม 0.05, 0.1, 0.15 และ 0.2 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)..... 79

ง.37 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านค่าความเป็นสีเหลือง (b-value) ของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ชุบน้ำแป้งที่แปรปริมาณกัวกัมและแซนแทนกัม 0.05, 0.1, 0.15 และ 0.2 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)..... 79

ง.38 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านตำแหน่งค่าสีหลัก (hue angle) ของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ชุบน้ำแป้งที่แปรปริมาณกัวกัมและแซนแทนกัม 0.05, 0.1, 0.15 และ 0.2 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)..... 79

ง.39 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของการประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในคุณลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ปีกไก่บนทอดที่แปรปริมาณกัวกัมและแซนแทนกัม 0.05, 0.1, 0.15 และ 0.2 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)..... 80

ง.40 ค่าเนื้อสัมผัสที่วัดโดยเครื่องวัดเนื้อสัมผัสของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบครั้งเดียวสุกแล้วเก็บรักษาภายใต้แสงไฟที่ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 65±3 องศาเซลเซียส 81

ง.41 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านค่าแรงกระทำสูงสุด (กรัม) จากการวัดโดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัสของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบครั้งเดียวสุกแล้วเก็บรักษาภายใต้แสงไฟที่ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 65±3 องศาเซลเซียส..... 81

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ง.42 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านพื้นที่ (กรัมต่อมิลลิเมตร) จากการวัดโดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัสของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบครั้งเดียวสุกแล้วเก็บรักษาภายใต้แสงไฟที่ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 65±3 องศาเซลเซียส..... 82

ง.43 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านความชัน (กรัมต่อมิลลิเมตร) จากการวัดโดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัสของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบครั้งเดียวสุกแล้วเก็บรักษาภายใต้แสงไฟที่ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 65±3 องศาเซลเซียส..... 82

ง.44 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพประสาทสัมผัส (subjective test) ด้านความกรอบกับการทดสอบโดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (objective test) ของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบกึ่งสุกแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -10±2 และ -18±2 องศาเซลเซียส นาน 7, 14, 21 และ 28 วันวัดโดยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส..... 82

ง.45 ค่าเนื้อสัมผัสที่วัดโดยเครื่องวัดเนื้อสัมผัสของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบกึ่งสุกแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -10±2 และ -18±2 องศาเซลเซียส นาน 7, 14, 21และ 28 วัน เปรียบเทียบกับปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบครั้งเดียวสุก..... 83

ง.46 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านค่าแรงกระทำสูงสุด (กรัม) จากการวัดโดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัสของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบกึ่งสุกแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ –10±2 และ -18±2 องศาเซลเซียส นาน 7, 14, 21 และ 28 วัน เปรียบเทียบกับปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบครั้งเดียวสุก..... 83

ง.47 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านพื้นที่ (กรัมต่อมิลลิเมตร) จากการวัดโดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัสของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบกึ่งสุกแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ –10±2 และ -18±2 องศาเซลเซียส นาน 7, 14, 21 และ 28 วัน เปรียบเทียบกับปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบครั้งเดียวสุก..... 84

ง.48 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านความชัน (กรัมต่อมิลลิเมตร) จากการวัดโดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัสของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบกึ่งสุกแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ –10±2 และ -18±2 องศาเซลเซียส นาน 7, 14, 21 และ 28 วัน เปรียบเทียบกับปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบครั้งเดียวสุก..... 84

ง.49 การประเมินความชอบด้านประสาทสัมผัสของปีกไก่บนชุบแป้งที่ทอดแบบกึ่งสุกแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ –10±2 และ -18±2 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน เปรียบเทียบกับปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบทอดครั้งเดียวสุก..... 85

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ง.50 การประเมินความชอบด้านประสาทสัมผัสของปีกไก่บนชุบแป้งที่ทอดแบบกึ่งสุก แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ –10±2 และ -18±2 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน เปรียบเทียบกับปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบทอดครั้งเดียวสุก..... 85

ง.51 การประเมินความชอบด้านประสาทสัมผัสของปีกไก่บนชุบแป้งที่ทอดแบบกึ่งสุก แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ –10±2 และ -18±2 องศาเซลเซียส นาน 21 วัน เปรียบเทียบกับปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบทอดครั้งเดียวสุก..... 86

ง.52 การประเมินความชอบด้านประสาทสัมผัสของปีกไก่บนชุบแป้งที่ทอดแบบกึ่งสุก แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ –10±2 และ -18±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน เปรียบเทียบกับปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบทอดครั้งเดียวสุก..... 86

ง.53 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของการประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในคุณลักษณะต่างๆ ของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบกึ่งสุก แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ –10±2 และ -18±2 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน เปรียบเทียบกับปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบครั้งเดียวสุก..... 87

ง.54 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของการประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในคุณลักษณะต่างๆ ของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบกึ่งสุก แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ –10±2 และ -18±2 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน เปรียบเทียบกับปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบครั้งเดียวสุก..... 88

ง.55 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของการประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในคุณลักษณะต่างๆ ของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบกึ่งสุก แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ –10±2 และ -18±2 องศาเซลเซียส นาน 21 วัน เปรียบเทียบกับปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบครั้งเดียวสุก..... 89

ง.56 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของการประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในคุณลักษณะต่างๆ ของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบกึ่งสุก แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ –10±2 และ -18±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน เปรียบเทียบกับปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบครั้งเดียวสุก..... 90

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ผังขั้นตอนการชุบหรือเคลือบอาหารทอด	2
3.1	ผังขั้นตอนการผลิตปีกไก่บนชุบแป้งทอดจากการศึกษาเบื้องต้น.....	14
4.1	ตำแหน่งค่าสีหลักของปีกไก่ชุบแป้งทอดที่ชุบน้ำแป้งที่แปรปริมาณแป้งสาลี 45-80 เปอร์เซ็นต์ สตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปร 10-45 เปอร์เซ็นต์ สตาร์ชข้าวโพด 0-10 เปอร์เซ็นต์ และน้ำ 100-140 มิลลิลิตร มีตำแหน่งค่าสีอยู่ในช่วง 65.72±0.54 ถึง 73.99±0.51.....	23
4.2	ตำแหน่งค่าสีหลักของปีกไก่ชุบแป้งทอดที่ชุบน้ำแป้งที่แปรปริมาณโซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟตและโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.5, 1 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) มีตำแหน่งค่าสีหลักอยู่ในช่วง 68.30±1.88 ถึง 73.36±1.20.....	28
4.3	ตำแหน่งค่าสีหลักของปีกไก่ชุบแป้งทอดที่ชุบน้ำแป้งที่แปรปริมาณกัวกัมและแซนแทนกัม 0.05, 0.1, 0.15 และ 0.2 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) มีตำแหน่งค่าสีหลักอยู่ในช่วง 69.15±0.82 ถึง 73.59±0.96.....	33
4.4	กราฟการประเมินคุณภาพความกรอบของปีกไก่ชุบแป้งทอดด้านประสาทสัมผัสด้วยวิธีการให้คะแนนตามสเกลความเข้มข้นที่ขึ้นกับระยะเวลา (Time intensity).....	38
4.5	ลักษณะกราฟเนื้อสัมผัสของปีกไก่ชุบแป้งทอด.....	40
4.6	ความชอบด้านประสาทสัมผัสของปีกไก่ชุบแป้งทอดที่ทอดแบบกึ่งสุกแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ –10±2 องศาเซลเซียส (เส้นสีชมพู) และ -18 ±2 องศาเซลเซียส (เส้นสีเหลือง) เปรียบเทียบกับปีกไก่ชุบแป้งทอดที่ทอดแบบครั้งเดียวสุก (เส้นสีน้ำเงิน) เมื่ออายุการเก็บรักษานาน 7 วัน (a), 14 วัน (b), 21 วัน (c), และ 28 วัน(d).....	43

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อาหารชุบแป้งทอดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมของผู้บริโภคและส่งผลให้ธุรกิจอาหารทอดขยายตัวอย่างรวดเร็ว อาหารชุบแป้งทอดทำรายได้ให้กับประเทศไทยโดยมีตลาดต่างประเทศที่สำคัญ เช่น สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น แคนาดา (กรมเศรษฐกิจพาณิชย์, 2547) ผลิตภัณฑ์ที่นิยมชุบแป้งทอดได้แก่ ไก่ กุ้ง ปลาหมึก และหัวหอม ซึ่งเป็นอาหารที่ได้รับการพัฒนามาเป็นเวลามากกว่า 10 ปี การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไก่ชุบแป้งทอดเป็นอีกทิศทางหนึ่งที่มีส่วนช่วยสนับสนุนการขยายตัวของอุตสาหกรรมผลิตสัตว์ปีก จากการขยายตัวทางด้านเศรษฐกิจทำให้ผู้บริโภคหันมาพึ่งพาอาหารพร้อมบริโภคกันมากขึ้น อาหารที่ชุบแป้งทอดอาศัยกรรมวิธีการทำให้สุกโดยกระบวนการทอดแบบน้ำมันท่วม (deep-fat frying) หรือการอบ อาหารชุบแป้งทอดมีรูปร่างและโครงสร้างเป็นไปตามที่ต้องการหรืออาจขึ้นอยู่กับประเภทของอาหาร ส่วนผสมของแป้งที่ชุบก่อนทอด ชั้นของแป้งเคลือบจะเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยกระบวนการทอด ส่วนผสมแป้งมีผลต่อคุณภาพการขึ้นฟู สี กลิ่น รสชาติ และความกรอบซึ่งเป็นคุณภาพสำคัญที่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์การศึกษา

1.2.1 ศึกษาชนิดและปริมาณส่วนผสมของน้ำแป้งที่มีผลต่อคุณภาพความกรอบของปีกไก่ชุบแป้งทอด

1.2.2 ศึกษาชนิดและปริมาณสารที่ช่วยในการขึ้นฟูและไฮโดรคอลลอยด์ในน้ำแป้งที่มีผลต่อคุณภาพความกรอบของปีกไก่ชุบแป้งทอด

1.2.3 ศึกษาคุณภาพด้านความกรอบของปีกไก่ชุบแป้งทอดที่ได้รับการพัฒนาแล้ว

1.2.4 ศึกษาคุณภาพของปีกไก่ชุบแป้งทอดชนิดกึ่งสุกและเก็บแบบแช่แข็ง

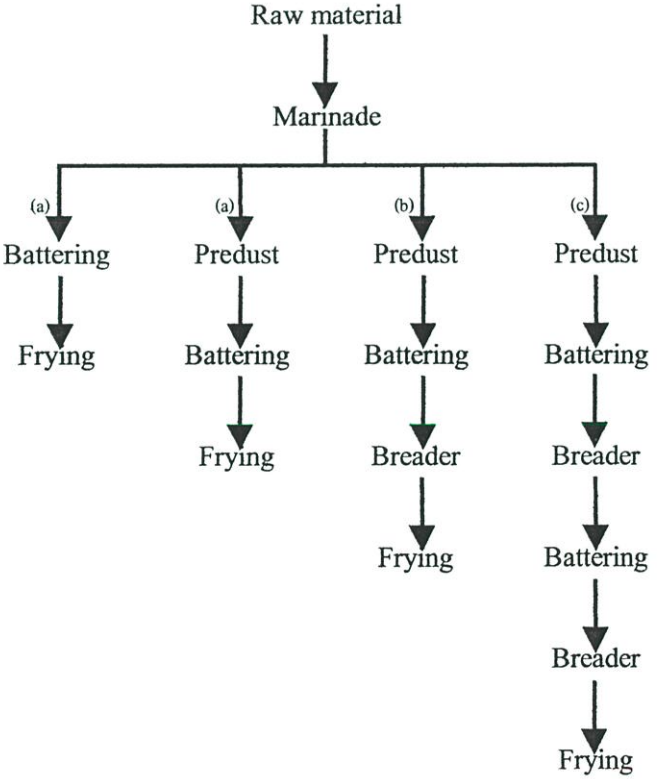
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

การศึกษาวิจัยเรื่องความกรอบที่เหมาะสมที่สุดของปีกไก่บนชุบแป้งทอดมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดและปริมาณของส่วนผสมน้ำแป้งที่ช่วยให้ผลิตภัณฑ์ปีกไก่ชุบแป้งทอดมีคุณภาพความกรอบที่เหมาะสมที่สุด ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพความกรอบด้วยการทดลองด้วยประสาทสัมผัสและทดสอบด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส ตลอดจนคุณภาพของปีกไก่ชุบแป้งทอดที่ทอดชนิดกึ่งสุกก่อนแช่แข็ง

บทที่2
ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ผลิตภัณฑ์อาหารชุบแป้งทอด

อาหารชุบแป้งทอดประกอบขึ้นด้วยอาหารที่จะนำมาชุบทอดและส่วนผสมสำหรับชุบอาหาร ส่วนผสมที่ใช้ชุบอาหารก่อนนำไปทอดเรียกว่า แป้งชุบทอด หรือแป้งผสมชุบทอด ซึ่งในส่วนผสมหลักประกอบด้วยแป้ง เช่น แป้งสาลี แป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด รวมถึงสารปรุงแต่งกลิ่นรสได้แก่ เกลือ น้ำตาลทราย ผงฟู และอื่นๆ ลักษณะของแป้งชุบทอดจะต้องแห้ง ไม่จับตัวกันเป็นก้อน มีสีขาว ปราศจากสิ่งแปลกปลอม (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม-1028, 2534) การผลิตส่วนใหญ่เริ่มจากการนำวัตถุดิบมาคลุกแป้งแล้วชุบน้ำแป้งก่อนนำไปคลุกกับแป้งหรือขนมปังป่น ผลิตภัณฑ์บางชนิดอาจชุบน้ำแป้งสลับกับการคลุกแป้งหรือเกล็ดขนมปังหลายครั้งแต่บางผลิตภัณฑ์อาจไม่จำเป็นต้องคลุก กรรมวิธีในการชุบอาหารก่อนทอดมีหลายชนิดดังแสดงในผังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ผังขั้นตอนการชุบหรือเคลือบอาหารทอด (a) = Tempura batter (b) = "single pass" line และ (c) = "double pass" line

ที่มา : ดัดแปลงจาก Hutchison *et al.*, (1992); Hunter, (1991)

2.2 ส่วนประกอบของแป้งชุบทอด

องค์ประกอบหลักของแป้งชุบทอด ได้แก่ แป้งสาลี แป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง และแป้งข้าวโพด ซึ่งใช้ประมาณ 80-90 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักส่วนผสมแป้ง ขณะที่ใช้เกลือ เครื่องปรุงแต่งกลิ่นรส ในปริมาณที่แตกต่างกันโดยเฉลี่ยจะใช้อยู่ในช่วง 3-5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักส่วนผสมแป้ง (Suderman and Cunningham, 1983) แต่ละองค์ประกอบมีบทบาทของหน้าที่ที่แตกต่างกัน

แป้งสาลี (wheat flour) เป็นส่วนประกอบหลักในแป้งชุบทอด นิยมใช้แป้งเอนกประสงค์ที่มีโปรตีน 10-11 เปอร์เซ็นต์ และแป้งขนมปังที่มีโปรตีน 12-14 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนของแป้งสาลีนอกจากจะให้คุณค่าทางอาหารยังมีผลต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์โดยไกลอะดิน (gliadin) และกลูเตนิน (glutenin) สร้างโครงสร้างกลูเตน (gluten) ที่สามารถกักเก็บก๊าซและให้โครงสร้างที่โปร่งของผลิตภัณฑ์ แป้งสาลีประกอบด้วย อะไมโลส (amylose) ประมาณ 28 เปอร์เซ็นต์ และ อะไมโลเพคติน (amylopectin) ประมาณ 72 เปอร์เซ็นต์ มีอุณหภูมิในการเกิดเจล (gelatinization temperature) อยู่ในช่วง 58-64 องศาเซลเซียส (Eliasson and Gudmundsson, 1996)วัตถุประสงค์ของการใช้แป้งสาลีในแป้งชุบเพื่อให้เกิดความข้นและช่วยกระจายส่วนผสมอื่นๆ ในแป้งชุบทอด คุณภาพของโปรตีนมีผลต่อความข้นหนืด รักษารูปร่างของชิ้นอาหาร และช่วยให้เกิดสีน้ำตาลของอาหารหลังการทอด (Loewe, 1993)ปริมาณโปรตีนและไฮโดรคอลลอยด์ในแป้งชุบทอดมีบทบาทในการกักเก็บอากาศ ผลิตภัณฑ์หลังการทอดมีลักษณะพองฟูให้ความกรอบของอาหาร (Dyson, 1992; Loewe, 1993) ลักขณา (2539) ใช้แป้งสาลี แป้งข้าวเจ้า และแป้งมันสำปะหลังดัดแปร 55, 30 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการผลิตกุ้งชุบแป้งทอดแช่เยือกแข็งซึ่งให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความกรอบพอเหมาะและดูดซับน้ำมันน้อย ขณะที่ดวงเดือน (2543) ใช้แป้งสาลี แป้งข้าวเจ้า และแป้งมันสำปะหลัง 57, 29 และ 14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการผลิตหอยแมลงภู่ชุบแป้งและขนมปังป่น พบว่าผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลทอง ความกรอบพอเหมาะ ดูดซับน้ำมันน้อย และสามารถเก็บไว้ได้นานหลังจากทอดเสร็จ นอกจากนี้กมลทิพย์ (2542) ใช้แป้งข้าวเจ้าผสมกับสตาร์ชข้าวเจ้าดัดแปรในอัตราส่วน 80:20 และแป้งข้าวเจ้าผสมกับสตาร์ชข้าวเหนียวดัดแปรในอัตราส่วน 90:10 ชุบอาหารทอดแช่เยือกแข็ง พบว่าแป้งผสมทั้งสองชนิดสามารถกระจายตัวในน้ำดี และข้นหนืดทันที ให้ผลิตภัณฑ์สีน้ำตาลทอง การยึดติดระหว่างชั้นแป้งกับผิวอาหารดี ดูดซับน้ำมันปานกลาง และมีความกรอบสูง

สตาร์ชข้าวโพด (corn starch) เป็นแป้งที่ได้จากเมล็ดข้าวโพดผ่านกรรมวิธีบดเปียก (wet milling)แยกโปรตีนและไขมันออกก่อนอบแห้ง แป้งข้าวโพดประกอบด้วย อะไมโลสประมาณ 28 เปอร์เซ็นต์ อะไมโลเพคตินประมาณ 72 เปอร์เซ็นต์ และมีอุณหภูมิในการเกิดเจลประมาณ 61-72 องศาเซลเซียส เม็ดแป้งข้าวโพดมีขนาดเล็กกว่าเม็ดแป้งข้าวสาลี โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วง 5-25 ไมครอน มีน้ำหนักโมเลกุลต่อเม็ดแป้ง 1 หน่วย เท่ากับ $10x10^{12}$ ในขณะที่เม็ดแป้งสาลีมีน้ำหนักโมเลกุล

ต่อเม็ดแป้ง 1 หน่วย เท่ากับ $5x10^{12}$ ดังนั้นเห็นได้ว่าแป้งข้าวโพดมีความหนาแน่นมากกว่า สามารถดูดซับน้ำได้น้อยกว่าแป้งสาลี และมีการละลายน้ำได้ประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่แป้งสาลีมีอัตราการละลายน้ำประมาณ 41 เปอร์เซ็นต์ (กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล , 2546) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Leach (1965) (อ้างอิงจากกล้าณรงค์ และ เกื้อกูล, 2546) พบว่า แป้งข้าวโพด แป้งมันสำปะหลัง และแป้งมันฝรั่ง ดูดซับน้ำได้ในปริมาณ 39.9, 42.9 และ 50.9 เปอร์เซ็นต์ (ต่อน้ำหนักแป้งแห้ง 100 กรัม) ตามลำดับ แต่เมื่อนำแป้งข้าวโพดมาผสมกับน้ำจะให้ลักษณะความข้นหนืดที่ใกล้เคียงกับของแป้งสาลีผสมน้ำ Burge (1992)ได้ระบุความแตกต่างของแป้งสาลีกับแป้งข้าวโพดโดย แป้งข้าวโพดไม่สร้าง กลูเตนเหมือนที่พบในแป้งสาลี คุณสมบัติดังกล่าวจึงนิยมใช้แป้งข้าวโพดในการปรับปรุงโครงสร้างโดยไม่ทำให้กลูเตนเปลี่ยนแปลง นอกจากนี้เม็ดแป้งข้าวโพดมีลักษณะหยาบกว่าแป้งสาลีจึงช่วยเพิ่มปริมาตรของช่องว่างภายในชั้นแป้งซึ่งส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความกรอบดีขึ้น และแป้งข้าวโพดสามารถอุ้มน้ำได้น้อยกว่าแป้งสาลีโดยแป้งข้าวโพดดูดซับน้ำบางส่วนบนผิวของเม็ดแป้ง สภาวะดังกล่าวทำให้ผลิตภัณฑ์ชุบแป้งทอดมีเนื้อสัมผัสเหนียว Burge (1992)และ Salvador *et al*, (2002)เสนอว่าแคโรที นอยด์ความเข้มข้น 1 ppm ในแป้งข้าวโพดมีบทบาทเพิ่มสีให้กับผลิตภัณฑ์หลังกระบวนการทอด แต่ถ้าใช้แป้งข้าวโพดในปริมาณมากผลิตภัณฑ์จะมีสีเข้มตลอดจนมีลักษณะผิวที่แข็งกระด้าง

น้ำ น้ำเป็นองค์ประกอบสำคัญสำหรับแป้งชุบซึ่งมีบทบาทต่อการสร้างกลูเตนของโปรตีน น้ำช่วยละลายและช่วยการกระจายตัวขององค์ประกอบในส่วนผสมน้ำแป้งได้ดี น้ำมีบทบาทต่อความหนืดของน้ำแป้ง เม็ดสตาร์ชเกิดพองตัวและสร้างเจล (Kulp and Loewe, 1992)ปริมาณน้ำในแป้งชุบมีบทบาทสำคัญต่อคุณภาพอาหาร ถ้าน้ำแป้งมีความข้นเกินไปจะเคลือบอาหารได้หนาแต่จะร่อนหลุดจากชิ้นอาหารหลังทอดได้ง่าย ลักขณา (2539) เตรียมน้ำแป้งโดยใช้แป้งผสมแห้งกับน้ำในอัตราส่วน 1.1:1 ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความกรอบ และแป้งยึดติดเนื้อกุ้งดี Burge (1992)ระบุว่าเม็ดแป้งที่สมบูรณ์ดูดน้ำที่อุณหภูมิห้องได้ประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ขณะที่เม็ดแป้งที่บกพร่องทางกายภาพดูดน้ำได้มากกว่าปริมาณดังกล่าว

ไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloids) Meyer (1992) ระบุว่าการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ในน้ำแป้งมีผลช่วยให้เกิดความข้นและความเป็นเนื้อเดียวกันของน้ำแป้ง และช่วยเพิ่มความกรอบ ไฮโดรคอลลอยด์ที่นิยมใช้ในแป้งชุบอาหารได้แก่ ไฮดรอกซีโพรพิลเมทธิลเซลลูโลส คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลส เมทธิลเซลลูโลส และแซนแทนกัม เป็นไฮโดคอลลอยด์ที่นิยมใช้เพื่อสร้างความข้น สามารถละลายได้ดีในน้ำเย็น และสร้างเจลเมื่อมีการใช้ความร้อนร่วม ตลอดจนลดการดูดซับน้ำมันในกระบวนการทอด Suderman *et al.* (1981)ทดลองใช้ กัวกัม (guar gum) ทาการ์แคน (tragacanth) แซนแทนกัม และคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลส (carboxymethyl cellulose) ในน้ำแป้งสำหรับชุบเนื้อไก่ พบว่าคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลสช่วยให้แป้งยึดติดกับเนื้อไก่ได้ดีที่สุด ในทางตรงกันข้าม Hsia *et al.* (1992)รายงานว่าเมื่อใช้

แซนแทนกัมปริมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ช่วยให้น้ำแป้งมีความข้นหนืดดี แซนแทนกัมช่วยให้แป้งยึดติดกับเนื้อไก่ได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้กัวกัมและคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลส

เครื่องปรุงรส (Seasonings) Farrell (1990) ให้คำจำกัดความของเครื่องปรุงรสว่า เป็นเครื่องเทศหรือสารสกัดจากเครื่องเทศตั้งแต่หนึ่งชนิดขึ้นไป ใช้ปรุงแต่งกลิ่นรสธรรมชาติของอาหาร Underriner (1994) จัดประเภทของเครื่องปรุงรสได้เป็น เครื่องปรุงรสชนิดผง ชนิดเพส ต์ (paste) และชนิดเหลว ประเภทและปริมาณของเครื่องปรุงรสที่ใช้ในแป้งชุบทอดแตกต่างไปตามความนิยมของผู้บริโภค โดยทั่วไปแป้งชุบทอดประกอบด้วยเครื่องปรุงรสประมาณ 3-5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้งแห้ง เครื่องปรุงรสชนิดผงและเหลวได้รับความนิยมมากที่สุด (Rowan, 2002) เกลือเป็นสารให้รสชาติซึ่งละลายน้ำได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการละลายของโปรตีนสามารถส่งผลให้ความข้นหนืดของน้ำแป้งลดลง น้ำตาลให้ความหวานตลอดจนช่วยให้เกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) และคาราเมลไลเซชัน (Caramelization) แต่น้ำตาลในปริมาณมากเกินไปทำให้แป้งชุบทอดมีสีเข้มขณะที่ส่วนของอาหารยังไม่สุกดี (Salvador *et al.*, 2002; Suderman, 1993)

ผงฟู (Leavening agents) ผงฟูแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ ผงฟูที่ให้ปฏิกิริยารวดเร็วหรือเรียกว่าผงฟูกำลังเดียว (single acting) ประกอบด้วยเบคกิ้งโซดากับกรดทาร์ทาร์ริค (tartaric acid) หรือ cream of tartar หรือเกลือฟอสเฟตเช่น แคลเซียมแอซิดฟอสเฟต (calcium acid phosphate) แคลเซียมแอซิดไพโรฟอสเฟต (calcium acid pyrophosphate) ผงฟูชนิดนี้เมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำจะให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทันที กับผงฟูที่ให้ปฏิกิริยาช้ากว่าหรือเรียกว่าผงฟูกำลังสอง (double acting) ประกอบด้วยกรดตั้งแต่ 2 ชนิดได้แก่ โซเดียมไพโรฟอสเฟต (sodium pyrophosphate) หรือโซเดียมอะลูมิเนียมซัลเฟต (sodium aluminium sulphate) กรดที่เกิดปฏิกิริยาเร็วจะผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาส่วนหนึ่งและเมื่อให้ความร้อนกรดที่เกิดปฏิกิริยาช้าซึ่งเป็นพวกเกลือซัลเฟตจะผลิตก๊าซออกมาอีกด้วย (Kamel and Stauffer, 1993) การใช้ผงฟูผสมในแป้งชุบทอดอาจประกอบด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนตเพียงอย่างเดียวหรือใช้ร่วมกับผงฟูที่มีคุณสมบัติเป็นกรดอื่นเพื่อช่วยผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระหว่างการผสมแล้วยังช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัส และเพิ่มปริมาตรสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ (Suderman, 1993)อัตราการขึ้นฟูของชั้นแป้งขึ้นอยู่กับชนิดของกรดในผงฟู ระยะเวลาและอุณหภูมิ การใช้ผงฟูในปริมาณมากย่อมทำให้แป้งขึ้นฟูมากเกินไปจะทำให้อาหารมีความกรอบน้อย และยังทำให้รสชาติเฝื่อนและขม (Salvador *et al.*, 2002; Lajoie and Thomas, 1994)

2.3 สมบัติสำคัญของแป้งชุบทอด

อาหารชุบแป้งทอดที่มีคุณภาพดีควรมีคุณภาพของด้านความกรอบ การยึดติดของแป้ง การพองตัว การดูดซับน้ำมัน และสีของผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม

2.3.1 ความกรอบ

ความกรอบ (crispness) เป็นสมบัติที่สำคัญของแป้งชุบทอดซึ่งเกิดเนื่องจากความร้อนในกระบวนการทอด การทอดแบบน้ำมันท่วมเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมสำหรับอาหารประเภทชุบแป้งโดยควบคุมอุณหภูมิของน้ำมันในช่วง 150-220 องศาเซลเซียส ถ้าใช้อุณหภูมิต่ำกว่า 150 องศาเซลเซียสผลิตภัณฑ์มีความกรอบน้อย ในทางตรงกันข้ามถ้าใช้อุณหภูมิสูงกว่า 220 องศาเซลเซียส ผิวด้านนอกของผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลอย่างรวดเร็วเนื่องจากเกิดปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชัน น้ำในชิ้นอาหารระเหยออกไปได้น้อยส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความกรอบลดลง (Roudaut *et al.*, 2002)การทำให้ชิ้นอาหารสุกก่อน (precooking) แล้วนำมาชุบน้ำแป้งมีส่วนช่วยเพิ่มความกรอบให้กับผลิตภัณฑ์ เนื่องจากน้ำบางส่วนในอาหารได้ระเหยออกไปก่อนนำมาชุบน้ำแป้ง การใช้อุณหภูมิสูงในการทอดทำให้ความชื้นของอาหารโดยเฉพาะน้ำบริเวณผิวนอกของอาหารระเหยอย่างรวดเร็วซึ่งทำให้เกิดเปลือกนอกซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าเกิดเนื่องจากความแตกต่างของความดันไอน้ำ อัตราการระเหยน้ำออกจากอาหารขึ้นกับลักษณะธรรมชาติของอาหารและอัตราการให้ความร้อนซึ่งการระเหยของน้ำออกจากชิ้นอาหารทำให้ผิวของอาหารแห้งและเกิดเปลือกนอกซึ่งเป็นลักษณะสำคัญที่ทำให้เกิดความกรอบ Roudaut *et al.*, (2002)ระบุว่าอัตราส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพคตินเป็นปัจจัยสำคัญต่อความกรอบ แป้งที่มีอะไมโลสสูงจะมีอุณหภูมิแป้งสุกสูงซึ่งช่วยให้น้ำที่ผสมในแป้งหรือน้ำในชิ้นอาหารระเหยออกได้มากก่อนที่แป้งจะเป็นเจลเคลือบชิ้นอาหาร และเกิดเป็นฟิล์มที่มีโครงสร้างแข็งแรง ชั้นแป้งเคลือบหลังจากทอดจะดูดซับน้ำจากชิ้นอาหารได้น้อยลงทำให้มีความกรอบมากกว่าแป้งที่มีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำและเกิดเป็นเจลอย่างรวดเร็ว ดังนั้นแป้งที่มีปริมาณอะไมโลสสูงจึงช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความกรอบสูงแต่ต้องมีอัตราส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพคตินในระดับที่เหมาะสม ทั้งนี้ปริมาณอะไมโลสสูงเกินไปจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะแข็งกระด้างไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค อรอนงค์ (2532) กล่าวว่าโปรตีนเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความกรอบ ทั้งนี้โปรตีนมีผลต่ออุณหภูมิแป้งสุก และเกิดโครงสร้างที่แข็งแรง ทั้งนี้พบว่าปริมาณแป้งที่มีโปรตีนสูงมีอุณหภูมิแป้งสุกสูง โปรตีนในแป้งชุบทอดที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 9-11 เปอร์เซ็นต์ปริมาณโปรตีนที่สูงกว่านี้มีผลให้อาหารแข็งกระด้างเกินไป ขณะที่โปรตีนปริมาณต่ำกว่า 9 เปอร์เซ็นต์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทอดมีผิวไม่เรียบเนียน (Suderman and Cunningham, 1983) คุณภาพของเม็ดแป้งมีผลต่อความกรอบของผลิตภัณฑ์ด้วยโดยแป้งที่มีเม็ดแป้งที่เสียหายปริมาณมากทำให้ผลิตภัณฑ์มีความกรอบมากแต่อาจไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ปรากฏการณ์ดังกล่าวเกิดจากการสุกของแป้งไม่สมบูรณ์ขณะทอด

2.3.2 ความสามารถของแป้งในการในการยึดติดบนชิ้นอาหาร

ความสามารถในการยึดติด (adhesion) ของแป้งบนชิ้นอาหารเป็นคุณภาพที่สำคัญสำหรับผลิตภัณฑ์ชุบแป้งทอด ปัจจัยที่ทำให้แป้งเคลือบบนชิ้นอาหารได้คือ ความข้นหนืด แป้งที่มีอะไมโลสเมื่อได้

รับความร้อนจะเกิดเจลที่มีความหนืดมาก สามารถยึดติดบนชิ้นอาหารได้ดี แต่อะไมโลเพคตินให้โครงสร้างที่มีน้ำหนักเบาและเปราะกว่าอะไมโลส ดังนั้นหลังการทอดแป้งชุบทอดที่มีอะไมโลเพคตินสูงผลิตภัณฑ์จะมีความเปราะและหลุดแยกออกจากผิวอาหารได้ง่ายกว่าในระหว่างการบรรจุหรือขนส่ง แป้งชุบทอดที่มีส่วนผสมของแป้งจากธัญพืชชนิดเหนียว (waxy type) ซึ่งประกอบด้วยอะไมโลเพคตินเป็นส่วนใหญ่จะมีความยืดหยุ่นมากแต่มีความกระด้างน้อยกว่าแป้งจากธัญพืชชนิดธรรมดา ทำให้ชั้นแป้งเคลือบมีแนวโน้มหลุดออกเป็นชิ้นเล็กๆ หลังการทอด (Suderman and Cunningham, 1983; Baixauli *et al.*, 2003) การใช้ไฮโดร คอลลอยด์ ปริมาณโปรตีนในส่วนผสมแป้งแห้ง และน้ำต่างก็มีบทบาทต่อความข้นหนืดของน้ำแป้งและการยึดติดบนชิ้นอาหาร (Nussinovitch, 2002) Baker *et al.*, (1972) ทดลองใช้สตาร์ช โปรตีน และไฮโดรคอลลอยด์เพื่อปรับปรุงการยึดติดของแป้งบนชิ้นอาหาร พบว่าการใช้โปรตีนทำให้การยึดติดของแป้งบนชิ้นอาหารได้ดีกว่าการใช้สตาร์ชและไฮโดรคอลลอยด์ โดยโปรตีนไข่ (dried egg albumin) ให้ผลการยึดติดดีที่สุด รองลงมาได้แก่ กลูเตน และโปรตีนถั่วเหลือง อย่างไรก็ตาม Hanson and Fletcher (1963) ได้ระบุว่าปริมาณไข่ที่ใช้ในแป้งชุบทอดนั้นมีผลต่อการยึดติดเล็กน้อยและมีราคาแพงทำให้ต้นทุนในการผลิตสูง น้ำที่ใช้ในแป้งชุบทอดมีผลต่อความข้นหนืดและการยึดติดของแป้งบนชิ้นอาหาร ถ้าใช้น้ำน้อยทำให้น้ำแป้งข้นหนืดสูงและยึดติดบนชิ้นอาหารได้ดีแต่หลังจากทอดแต่มีแนวโน้มที่จะหลุดออกได้ง่ายเนื่องจากการเกิดเจลและการสุกของเม็ดแป้งไม่สมบูรณ์ โดยทั่วไปปริมาณน้ำที่ใช้ต่อแป้งชุบทอดประมาณ 1.5-2 : 1 (Olewnik and Kulp, 1992; Chang *et al.*, 1992)

2.3.3 การพองตัว

การพองตัว (puffing) เกิดเนื่องจาก 2 ปัจจัยหลักคือ การพองตัวด้วยสมบัติของแป้งเองซึ่งเกิดจากการพองตัวของเม็ดแป้งเมื่อได้รับความร้อน และการพองตัวจากการทำงานของผงฟูที่เติมลงไปในผลิตภัณฑ์ซึ่ง (Suderman and Cunningham, 1983)

2.3.3.1 การพองตัวด้วยสมบัติของแป้ง

เม็ดแป้งสามารถพองตัว (swelling) และดูดน้ำ (hydration) เมื่อได้รับความร้อน น้ำจะเปลี่ยนสถานะเป็นไอน้ำทำให้เกิดการขยายตัวของปริมาตรมองเห็นลักษณะที่พองตัว (อรอนงค์, 2532) ยังพบว่าสัดส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพคติน มีความสัมพันธ์กับระดับการพองตัวโดยตรง แป้งที่มีอะไมโลเพคตินสูงจะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีการพองตัวดีแต่จะเปราะบาง ในทางตรงกันข้ามเมื่อมีปริมาณอะไมโลสเพิ่มขึ้นการพองตัวจะลดลง (Loewe, 1993)

2.3.3.2 ผงฟูที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์

ผงฟูที่นิยมใช้กันทั่วไปได้แก่ ผงฟูที่มีครีมออฟทาร์ทาร์หรือโพแทสเซียมแอซิดทาร์เทรตให้ปฏิกิริยารวดเร็ว เนื่องจากกรดของเกลือเมื่อละลายในน้ำจะให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดังสมการ

$$NaHCO_3 + KHC_4H_4O_6 \xrightarrow{WATER} KNaC_4H_4O_6 + CO_2 + H_2O$$

โมโนแคลเซียมฟอสเฟต และโมโนไฮเดรต เป็นผงฟูที่ให้ปฏิกิริยาช้ากว่าผงฟูชนิดแรก ทั้งนี้ปฏิกิริยาที่เกิดจะเป็นสองขั้นตอนคือ โมโนแคลเซียมฟอสเฟตทำปฏิกิริยากับโซเดียมไบคาร์บอเนต ให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังสมการ

$$3CaH4(PO_4)_2 + 8NaHCO_3 \longrightarrow Ca_2(PO_4)_2 + 4Na_2HPO_4 + 8CO_2 + 8H_2O$$

ขั้นตอนที่สองโซเดียมอะลูมิเนียมซัลเฟตทำปฏิกิริยากับน้ำโดยมีความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาได้กรดซัลฟูริคซึ่งจะทำปฏิกิริยากับโซเดียมไบคาร์บอเนต ได้กรดคาร์บอนิคซึ่งสลายตัวได้น้ำกับคาร์บอนไดออกไซด์ ดังสมการ

$$Na_2Al_2(SO_4)_4 + 6H_2O \xrightarrow{HEAT} 2Al(OH)_3 + Na_2SO_4 + 3H_2SO_4$$

$$3H_2SO_4 + 6NaHCO_2 \xrightarrow{WATER} 3Na_2SO_4 + 6H_2CO_2$$

$$H_2CO_3 \longleftrightarrow H_2O + CO_2$$

โซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) เป็นองค์ประกอบสำคัญของผงฟูในปริมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับกรดของเกลือชนิดต่างๆ โซเดียมไบคาร์บอเนตในปริมาณที่มากกว่านี้มักทำให้เกิดรสขมซึ่งผู้บริโภคไม่ยอมรับ การลดปริมาณการใช้ผงฟูสามารถลดการพองตัวแต่สามารถช่วยให้ผลิตภัณฑ์ดูดซับน้ำมันได้น้อยลง

2.3.4 การดูดซับน้ำมัน

ในระยะเวลา 10-15 วินาทีแรกของการทอด สตาร์ชจะเริ่มเกิดเจลพร้อมกับสูญเสียความชื้นทำให้เกิดช่องว่างในโครงสร้างในชั้นแป้ง ขณะเดียวกันน้ำมันจะเข้าแทนที่ช่องว่างดังกล่าว การดูดซับน้ำมัน(oil absorption) ของอาหารชุบแป้งทอดสัมพันธ์กับสัดส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพคติน ความชื้นของอาหาร อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ทอด รูปร่างและองค์ประกอบของอาหาร การจัดการก่อนทอด เปลือกนอกและรูพรุนของอาหาร (Mellema, 2003; Firestone *et al.*, 1991)

2.3.4.1 สัดส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพคติน

อะไมโลสและอะไมโลเพคตินในแป้งมีส่วนเกี่ยวข้องกับการพองตัวของเม็ดแป้งและให้โครงสร้างของผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกันซึ่งมีผลต่อการดูดซับน้ำมันในระหว่างการทอด แป้งที่มีอะไมโลสสูงจะให้การพองตัวต่ำมีการดูดซับน้ำมันน้อย ในขณะที่แป้งที่มีอะไมโลเพคตินสูงจะให้การพองตัวดี และมีการดูดซับน้ำมันมาก การเลือกใช้แป้งเพื่อเป็นส่วนประกอบของแป้งชุบทอดควรมีสัดส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินในปริมาณที่เหมาะสม ลักษณะของอาหารชุบแป้งทอดที่มีคุณภาพดีควรมีการพองตัวดีและไม่ดูดซับน้ำมันมาก (Salvador *et al.*, 2002)

2.3.4.2 ความชื้นของอาหาร

Saguy and Pinthus (1995)ระบุว่าอาหารที่มีความชื้นสูงสามารถดูดซับน้ำมันได้มากเนื่องจากการสูญเสียน้ำระหว่างการทอด บริเวณผิวของอาหารซึ่งมีทั้งน้ำอิสระ (free water) และน้ำที่ยึดกับโมเลกุลของโปรตีนที่เรียกว่า bound water เมื่ออาหารสัมผัสกับน้ำมันร้อนน้ำอิสระจะระเหยออกจากชิ้นอาหารและน้ำมันที่ใช้ทอดสามารถเข้าไปแทนที่บริเวณของน้ำได้

2.3.4.3 อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ทอด

Pinthus *et al.*, (1993)ระบุว่าการใช้อุณหภูมิสูงในระยะเวลาทอดสั้นทำให้การดูดซับน้ำมันลดลง อุณหภูมิของน้ำมันที่สูงขึ้นทำให้ความหนาแน่นของน้ำมันลดลง น้ำมันที่ถูกดูดซับจะเกิดในระยะเวลาจำกัด ระยะเวลาที่ใช้ทอดมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิของน้ำมัน ถ้าใช้อุณหภูมิต่ำในการทอดจะต้องใช้เวลาในการทอดนานขึ้นทำให้อาหารดูดซับน้ำมันได้มากขึ้น ทั้งนี้ Firestone *et al.*, (1991) ระบุว่าการดูดซับน้ำมันยังเป็นผลมาจากจุดควันของน้ำมัน (smoke point) อาหารจะดูดซับน้ำมันมากขึ้นเมื่อใช้น้ำมันที่มีจุดควันต่ำ เนื่องจากไม่สามารถใช้อุณหภูมิสูงในการทอดได้

2.3.4.4 รูปร่างและองค์ประกอบของอาหาร

อาหารที่มีพื้นที่ผิวสัมผัสกับน้ำมันมากหรือผิวหน้าขรุขระจะดูดซับน้ำมันมากกว่าอาหารที่มีผิวเรียบ และส่วนประกอบของอาหารก็มีผลต่อการดูดซับน้ำมัน อาหารที่มีน้ำตาลสูงจะดูดซับน้ำมันได้มากเนื่องจากน้ำตาลมีผลในการเพิ่มความชื้นของอาหาร ทำให้มีผลทางอ้อมต่อการดูดซับน้ำมันดังได้อธิบายกลไกไปแล้ว มีรายงานว่าการใช้โปรตีนถั่วเหลืองในโดนัทมีส่วนช่วยลดการดูดซับน้ำมันได้เนื่องจากโปรตีนมีความสามารถในการละลายต่ำทำให้โดนัทมีความชื้นต่ำและดูดซับน้ำมันน้อยในขณะทอด (Mellema, 2003; Saguy and Pinthus, 1995)นอกจากนี้ Shih *et al.* (2001) ได้ทดลองใช้เมทธิลเซลลูโลส (methylcellulose) ไฮดรอกซีโพรพิลเมทธิลเซลลูโลส (hydroxypropyl methylcellulose) ในโดนัทและรายงานว่าเซลลูโลสทั้งสองชนิดสามารถลดการดูดซับน้ำมันได้ดีในระหว่างการทอด ส่วน

การศึกษาการดูดซับน้ำมันของไก่ชุบแป้งทอดโดย Olewnik and Kulp (1990) ซึ่งใช้แป้งสาลีที่มีโปรตีนระหว่าง 7-12 เปอร์เซ็นต์ในแป้งชุบทอด พบว่าผลิตภัณฑ์มีการดูดซับน้ำมันประมาณ 49-64 เปอร์เซ็นต์ การดูดซับน้ำมันสัมพันธ์กับปริมาณโปรตีนของแป้ง แป้งที่มีปริมาณโปรตีนโดยเฉพาะกลูเตนสูงสามารถดูดซับน้ำมันได้มากเนื่องจากกลูเตนสามารถขยายตัวในระหว่างการทอดทำให้ชั้นแป้งเคลือบมีลักษณะที่ขึ้นฟู ปรากฏการณ์นี้มีผลต่อการเคลื่อนตัวของน้ำและน้ำมัน ทั้งนี้การสูญเสียน้ำจากอาหารในระหว่างการทอดเกิดขึ้นเมื่อมีแรงดันจนเกิดการเคลื่อนที่ของน้ำมันเข้าสู่ชิ้นอาหาร นอกจากนี้เวย์ (whey) ซึ่งเป็นโปรตีนจากน้ำนมมีผลทำให้แป้งชุบทอดดูดซับน้ำมันได้น้อยลง (Loewe, 1993)

2.3.4.5 การจัดการก่อนทอด

Lawson (1995) ได้การลวกมันฝรั่งในน้ำมันก่อนทอด พบว่าการลวกมันฝรั่งในน้ำมันที่อุณหภูมิ 177 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 นาที ช่วยลดการดูดซับน้ำมันได้ 3-5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับการลวกมันฝรั่งในน้ำมันที่อุณหภูมิ 149 องศาเซลเซียส เนื่องจากอาหารสูญเสียความชื้นไปบางส่วนทำให้ใช้เวลาทอดสั้นกว่าและอาหารดูดซับน้ำมันน้อยกว่า กระบวนการทำแห้งทำให้อาหารมีความชื้นน้อยเมื่อนำมาทอดการระเหยของน้ำในชิ้นอาหารจะลดลงน้ำมันเข้ามาแทนที่น้ำได้น้อยลงจึงมีการดูดซับน้ำมันลดลง (Saguy and Pinthus, 1995; Pinthus and Saguy, 1994)

2.3.4.6 เปลือกนอกและรูพรุนของอาหาร (crust and porosity)

เมื่อทอดอาหารชุบแป้งมักสังเกตเห็นบริเวณพื้นผิวของอาหารมีลักษณะแห้งเป็นเปลือกนอก (crust) ซึ่งเป็นลักษณะที่ต้องการ Pinthus and Saguy (1994) รายงานว่าน้ำมันประมาณ 35-38 และ 60-65 เปอร์เซ็นต์ จะถูกดูดซับที่เปลือกนอกหลังจากทอดอาหารนาน 1 และ 5 นาที ตามลำดับ มักพบเปลือกนอกที่แข็งซึ่งมีความสัมพันธ์กับรูพรุนขนาดใหญ่ รูพรุนบ่งบอกปริมาตรที่ว่างเปล่าของอาหารที่พร้อมจะดูดซับน้ำมัน (Pinthus *et al.*, 1993) Moreira *et al.* (1997) รายงานเพิ่มเติมว่าน้ำมันที่ดูดซับจะเกิดขึ้นมากในช่วงสะเด็ดน้ำมัน ในระหว่างการทอดอาหารสามารถดูดซับน้ำมันได้ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ แต่ที่บริเวณเปลือกนอกจะดูดซับน้ำมันได้ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งน้ำมันประมาณ 64 เปอร์เซ็นต์ของน้ำมันที่ถูกดูดซับทั้งหมด จะเกิดในระหว่างการสะเด็ดน้ำมัน

2.3.5 สี (color)

ผลิตภัณฑ์แป้งชุบทอดที่ดีควรสุกเป็นสีน้ำตาลทอง (golden-brown) สีดังกล่าวนี้เกิดจากปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชัน ซึ่งเป็นผลจากการเกิดไฮโดรไลซิส (hydrolysis) ของน้ำตาลในแป้งชุบทอดจนได้โมโนแซคคาไรด์ (monosaccharide) แล้วเกิดโพลีเมอร์ไรเซชัน (polymerization) ได้สารสีน้ำตาล (Moreira *et al.*, 1995) ปัจจัยที่มีผลต่อสีของผลิตภัณฑ์คือ แหล่งของโปรตีนและน้ำตาลของส่วนผสม

Hanson and Fletcher (1963)สรุปว่าแป้งที่ใช้ในส่วนผสมของน้ำแป้งมีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์ดังนี้คือ แป้งข้าวเหนียวผสมกับแป้งข้าวโพดเหนียวจะให้สีน้ำตาลวาว (glossy brown) แป้งสาลีให้สีน้ำตาลอมเทา (grayish-brown) สตาร์ชข้าวโพดเหนียวผสมกับสตาร์ชข้าวโพดให้สีน้ำตาลอ่อน (very light-brown) แป้งมันฝรั่งให้สีน้ำตาลทอง (golden brown) และแป้งข้าวโพดเหลืองให้สีเหลืองอมเขียว (greenish yellow) Krokida *et al.* (2001)ระบุว่าอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ทอดนานเกินไปจะทำให้เกิดปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชันมาก จนผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีน้ำตาลเข้มซึ่งผู้บริโภคไม่ยอมรับ

2.4 ปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการทอด

อุณหภูมิที่ใช้ทอดจะอยู่ในช่วง 155-205 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิต่ำเกินไปทำให้แป้งไม่สุก ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปทำให้แป้งมีสีคล้ำหรือไหม้ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ไม่น่ารับประทาน ในขั้นตอนการทอดสามารถเกิดปัญหาได้ดังต่อไปนี้คือ ในระหว่างการทอดจะมีการกระจายตัวของแป้งชุบทอด เนื่องจากแป้งไม่ยึดติดผิวอาหารเรียกว่าการเกิด Blow-off มีผลทำให้น้ำมันแทรกซึมเข้าไปใต้ผิวของชั้นน้ำแป้งและดันตัวให้น้ำแป้งกระจายตัวออกมาโดยน้ำแป้งที่หลุดออกมาซึ่งเรียกว่า เกล็ดแป้ง (crumbs) ซึ่งอาจลอยตัวอยู่บริเวณผิวหน้าของน้ำมัน นอกจากนี้เกล็ดแป้งที่มีลักษณะไหม้อาจเกาะกับผิวผลิตภัณฑ์ทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค การพองตัวของฟองอากาศหรือไอน้ำซึ่งเรียกว่า Pillowing พบในช่วงแรกๆ ของการทอด ปัญหานี้เกิดจากการใช้สารที่ช่วยในการขึ้นฟูมากเกินไป ผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังทอดจะมีลักษณะเหี่ยว เนื่องจากการยุบตัวของฟองอากาศ นอกจากนี้บริเวณที่เกิดการพองตัวจะมีสีค่อนข้างคล้ำและไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 ปีกไก่บน (Chicken drummettes) ขนาด 25-30 กรัมต่อชิ้น (บริษัท สหฟาร์ม จำกัด, ประเทศไทย)

3.1.2 แป้งสาลีปริมาณโปรตีน 10-11 เปอร์เซ็นต์ (Thai Food Coatings Co., Ltd.)

3.1.3 สตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปร (Modified tapioca starch) (Thai Food Coatings Co., Ltd., Thailand)

3.1.4 สตาร์ชข้าวโพด (Thai Food Coatings Co., Ltd., Thailand)

3.1.5 เครื่องปรุงแต่งกลิ่นรส (Thai Food Coatings Co., Ltd., Thailand)

3.1.6 ผงฟู (Leavening agents) (Thai Food Coatings Co., Ltd., Thailand)

3.1.7 กัม (Food gum) (Thai Food Coatings Co., Ltd., Thailand)

3.1.8 น้ำมันจากเนื้อปาล์มผ่านกรรมวิธีสำหรับทอด ใช้ BHT 0.01 เปอร์เซ็นต์ (ตรา มรกต)

3.2 อุปกรณ์ในการผลิต

3.2.1 เครื่องชั่งไฟฟ้า 1 ตำแหน่ง พิกัดชั่ง 6100 กรัม (Mettler, PE 3000, Switzerland)

3.2.2 เครื่องชั่งไฟฟ้า 2 ตำแหน่ง พิกัดชั่ง 3100 กรัม (Sartorius, BP 3100S, Germany)

3.2.3 เครื่องชั่งไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง พิกัดชั่ง 110 กรัม (Mettler, AJ 100L, Germany)

3.2.4 เตาทอดน้ำมันลึกควบคุมอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส (Fritel Family 25, Belgium)

3.2.5 ตู้แช่เยือกแข็งควบคุมอุณหภูมิ -20±2 องศาเซลเซียส (SANYO, Japan)

3.2.6 ตู้เย็น (MITSUBISHI รุ่น MR-F31M, Japan)

3.2.7 เครื่องกวนผสม (Kitchen Aid, model K5SS, USA.)

3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือในการทดลอง

3.3.1 ชุดวิเคราะห์ไขมัน (Gerhardt Soxtherm, Germany)

3.3.2 เครื่องวัดสี (Chroma meter, Minolta CR-300., Japan)

3.3.3 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer, TA.XT2i., UK)

3.3.4 เครื่องวัดความหนืด (Bostwick consistometer, USA)

3.4 วิธีการวิเคราะห์คุณภาพปีกไก่ชุบแป้งทอด

3.4.1 วิเคราะห์การยึดติดชั้นแป้ง ดัดแปลงวิธีของ Olewnik and Kulp (1992)

3.4.2 วิเคราะห์การดูดซับน้ำมัน ตามวิธีของ Olewnik and Kulp (1992)

3.4.3 วิเคราะห์ความชื้น ตามวิธีของ AOAC : 39.1.02 (B). (1995)

3.4.4 วิเคราะห์ไขมัน ตามวิธีของ AOAC : 39.1.08. (1995)

3.4.5 วัดความหนืดปรากฏน้ำแป้ง ดัดแปลงวิธีของ Burge (1992)

3.4.6 วัดเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส ดัดแปลงวิธีของ Moreira *et al.* (1995)

3.4.7 วิเคราะห์คุณภาพด้านประสาทสัมผัส ดัดแปลงวิธีของ Meilgaard *et al.*, (1999)

3.5 สถานที่ทำการทดลอง

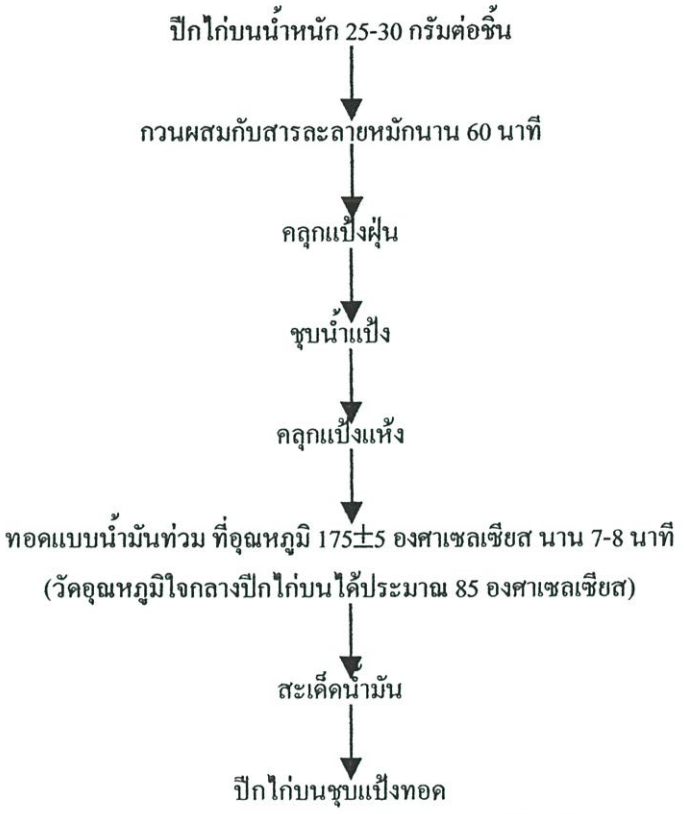
3.5.1 ห้องปฏิบัติการภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.6 วิธีการดำเนินงาน

3.6.1 ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมของการคลุกปีกไก่กับสารละลายหมัก

ศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการคลุกปีกไก่กับสารละลายหมักก่อนคลุกแป้งฝุ่นโดยใช้สารละลายหมักทางการค้าและสารละลายหมักที่ปรับปรุงประกอบด้วย โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 2 เปอร์เซ็นต์ เกลือป่น 3 เปอร์เซ็นต์ กระเทียมผง 1 เปอร์เซ็นต์ พริกไทยขาว 1 เปอร์เซ็นต์ และผงปรุงแต่งรส 6 เปอร์เซ็นต์ โดยเตรียมสารละลายหมักทิ้งไว้นานประมาณ 24 ชั่วโมงและเก็บที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส ปริมาณสารละลายหมักที่ใช้คลุกผสมกับปีกไก่คิดเป็น 15 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักปีกไก่ ใช้เวลาในคลุกนาน 30, 60, 90 และ120 นาที ตามลำดับ โดยคลุกผสม 5 นาทีและพัก 1 นาที พอครบเวลาที่กำหนด สะเด็ดน้ำหมักบนตะแกรง คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การดูดซึมสารละลายน้ำหมักโดยชั่งน้ำหนักปีกไก่ก่อนและหลังคลุกกับสารละลายหมัก จากนั้นนำปีกไก่มาคลุกแป้งฝุ่น (predusted), ชุบน้ำแป้ง (battered) และคลุกแป้งแห้ง (breadered) ตามลำดับ หาเปอร์เซ็นต์การยึดติดของชั้นแป้งฝุ่น , น้ำแป้ง , แป้งแห้ง และชั้นแป้งเคลือบ (coating pickup) ตามลำดับ นำมาทอดแบบน้ำมันท่วมที่อุณหภูมิ 175±5 องศาเซลเซียส นานประมาณ 7-8 นาที โดยวัดอุณหภูมิใจกลางชิ้นปีกไก่บนได้ประมาณ 85 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 3.1) จากนั้นประเมินความชอบด้านประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 15 คน ใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ (preference test) แบบความชอบ 7 ระดับ (7- point hedonic scale)

(Meilgaard *et al.*, 1999) เพื่อคัดเลือกสิ่งทดลองที่มีปัจจัยคุณภาพถึงระดับค่าคะแนนเฉลี่ยผู้บริโภคต้องการ



ภาพที่ 3.1 ผังขั้นตอนการผลิตปีกไก่บนชุบแป้งทอดจากการศึกษาเบื้องต้น

3.6.2 ศึกษาส่วนผสมของแป้งชุบที่เหมาะสม

ศึกษาสูตรแป้งชุบทอดโดยแปรปริมาณแป้งสาลี สตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปร และสตาร์ชข้าวโพด โดยใช้แป้งสาลี 45-80 เปอร์เซ็นต์ สตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปร 10-45 เปอร์เซ็นต์ สตาร์ชข้าวโพด 0-10 เปอร์เซ็นต์ และสัดส่วนน้ำที่ใช้คือ 100-140 กรัม โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป JMP version 3.2.6 (SAS, 1999) ช่วยในการกำหนดจุดทดลอง ได้ส่วนผสมของแป้งชุบทอดจำนวน 19 สูตร แสดงในตารางที่ 3.1 ทั้งนี้ดำเนินการตรวจวัดคุณภาพของน้ำแป้งก่อนนำไปทอดได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และความข้นหนืด (consistency) จากนั้นผลิตปีกไก่บนชุบแป้งทอดตามวิธีการผลิตจากการศึกษาเบื้องต้น (ภาพที่ 3.1) รวม 19 หน่วยการทดลอง แล้วทดสอบคุณภาพด้านกายภาพได้แก่ เปอร์เซ็นต์การยึดติดชั้นแป้ง (coating pickup) เปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำมัน (oil absorption) เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการทอด (cooking loss) และวัดค่าสี (L, a, b และ hue angle) แล้วทดสอบความชอบด้านประสาทสัมผัส วางแผนทดลองแบบบล็อคไม่สมบูรณ์แบบสมดุลย์ (Balance Incomplete Block Design; BIB) โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ เพื่อคัดเลือกสิ่งทดลองที่มีปัจจัยคุณภาพถึงระดับ

ค่าคะแนนเฉลี่ยผู้บริโภคต้องการทางด้านสี กลิ่น รสชาติ ความกรอบของชั้นแป้ง ความหนาของชั้นแป้ง เคลือบ และความชอบโดยรวม

3.6.3 ศึกษาปริมาณของโซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟตและโซเดียมไบคาร์บอเนตในการขึ้นฟูของปีกไก่บนชุบแป้งทอด

เตรียมสูตรแป้งชุบทอดที่มีความเหมาะสมซึ่งสรุปได้จากข้อ 3.6.3 เพื่อใช้ศึกษาคุณภาพความกรอบด้วยการแปรปริมาณสารที่ช่วยในการขึ้นฟูคือ โซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟต และโซเดียมไบคาร์บอเนต โดยใช้ในปริมาณ 0.5, 1.0 และ1.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักส่วนผสมแห้ง

จากปัจจัยที่ทำการศึกษานำมาผลิตปีกไก่ชุบแป้งทอดตามวิธีการผลิตจากการศึกษาเบื้องต้น (ภาพที่ 3.1) ทดสอบคุณภาพด้านกายภาพได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำแป้ง ความข้นหนืดของน้ำแป้ง เปอร์เซ็นต์การยึดติดชั้นแป้ง เปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำมัน เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการทอด และวัดสี ทดสอบความชอบด้านประสาทสัมผัสโดยวางแผนทดลองแบบบล็อคไม่สมบูรณ์แบบสมดุลย์ โดยวิธีการให้คะแนนความชอบเพื่อคัดเลือกสิ่งทดลองที่มีปัจจัยคุณภาพถึงระดับค่าคะแนนเฉลี่ยผู้บริโภคต้องการได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ ความกรอบของชั้นแป้ง ความหนาของชั้นแป้ง เคลือบ และความชอบโดยรวม

3.6.4 ศึกษาปริมาณของกัวกัมและแซนแทนกัมต่อการคงตัวและยึดติดชั้นแป้งของปีกไก่บนชุบแป้งทอด

เตรียมสูตรแป้งชุบทอดที่มีความเหมาะสมซึ่งสรุปได้จากข้อ 3.6.3 มาศึกษาการยึดติดชั้นแป้งที่มีผลด้านคุณภาพความกรอบด้วยการแปรปริมาณสารให้ความคงตัวคือ กัวกัม และแซนแทนกัม โดยใช้ในปริมาณ 0.05, 0.10, 0.15 และ 0.20 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักส่วนผสมแห้ง

จากปัจจัยที่ทำการศึกษานำมาผลิตปีกไก่บนชุบแป้งทอดตามวิธีการผลิตจากการศึกษาเบื้องต้น (ภาพที่ 3.1) จากนั้นทดสอบคุณภาพด้านกายภาพได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำแป้ง ความข้นหนืดของน้ำแป้ง เปอร์เซ็นต์การยึดติดชั้นแป้ง เปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำมัน เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการทอด และวัดสี ทดสอบความชอบด้านประสาทสัมผัส วางแผนทดลองแบบ บล็อคไม่สมบูรณ์แบบสมดุลย์ โดยวิธีการให้คะแนนความชอบเพื่อคัดเลือกสิ่งทดลองที่มีปัจจัยคุณภาพถึงระดับค่าคะแนนเฉลี่ยผู้บริโภคต้องการได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ ความกรอบของชั้นแป้ง ความหนาของชั้นแป้ง เคลือบ และความชอบโดยรวม

3.6.5 ศึกษาคุณภาพความกรอบของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่อุณหภูมิ 65±3 องศาเซลเซียส

เตรียมปีกไก่บนชุบแป้งทอดโดยอาศัยสารละลายหมัก ระยะเวลากวนผสมกับสารละลายหมัก และสูตรแป้งชุบทอดที่สรุปได้จากข้อ 3.6.3-3.6.5 (ตารางที่ 3.2) จากนั้นผลิตตามวิธีการผลิตจากการศึกษาเบื้องต้น (ภาพที่ 3.1) หลังจากทอดเสร็จสะเด็ดน้ำมันแล้วเก็บรักษาในตู้กระจกสี่เหลี่ยมขนาด 40x60x85 เซนติเมตร มีอุณหภูมิภายในตู้ 65±3 องศาเซลเซียส โดยแสงไฟจากหลอดอินแคนเดสเซนต์ (Philips รุ่น Par 38 Economy, 120 watt) สุ่มตัวอย่างทุกๆ 5 นาทีแล้ววัดคุณภาพความกรอบจนครบ 60 นาที ของปีกไก่บนชุบแป้งทอดด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัสและคุณภาพด้านประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน 15 คน ทำการประเมินคุณภาพเนื้อสัมผัสด้านความกรอบเพียงอย่างเดียว ด้วยวิธีการให้คะแนนความเข้มที่ขึ้นกับระยะเวลา (Time intensity) (ดัดแปลงจาก Meilgaard *et al.*, 1999)

3.6.6 ศึกษาคุณภาพของปีกไก่ชุบแป้งทอดชนิดกึ่งสุกเพื่อเก็บที่อุณหภูมิ –10±5 และ –18±5 องศาเซลเซียส

เตรียมปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบกึ่งสุก (partially cooked) ใช้สูตรการผลิตที่ได้จากการทดลอง (ตารางที่ 3.2) นำมาทอดแบบน้ำมันท่วมที่อุณหภูมิ 180±5 องศาเซลเซียส นานประมาณ 1 นาที สะเด็ดน้ำมันแล้วเก็บใส่ถุงโพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นตรง (Linear low density polyethylene; LLDPE) ขนาด 6 x9 นิ้ว ปิดผนึกถุงบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูกแบบพับได้ (folding cartons) ก่อนเก็บที่อุณหภูมิ -10±2 องศาเซลเซียส และ –18±2 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างวันที่ 7, 14, 21 และ 28 นำมาทอดสุก วิเคราะห์คุณภาพความกรอบโดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส และประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 15 คน ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบคุณภาพที่ทำการทดสอบ คือ สี กลิ่น รสชาติ ความนุ่มเนื้อไก่ ความกรอบชั้นแป้ง และการยอมรับโดยรวม

3.6.7 การวางแผนทดลองและวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีกายภาพใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด(Complete Randomized Design; CRD) ส่วนการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสใช้แผนการทดลองแบบบล็อคไม่สมบูรณ์แบบสมดุลย์ (Balance Incomplete Block Design; BIB) (SAS, 1997)และแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design; RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan New's Multiple Range Test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Version 9.0

ตารางที่ 3.1 สูตรผสมของแป้งชุบทอดที่ได้จากการคำนวณโดยแปรปริมาณแป้งสาลี (WF) 45-85 เปอร์เซ็นต์ สตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปร (MTS) 10-45เปอร์เซ็นต์ สตาร์ชข้าวโพด (CS) 0-10 เปอร์เซ็นต์ และน้ำ (WT) 100-140 กรัม

สูตรที่	ปริมาณ (เปอร์เซ็นต์)			กรัม
	WF	MTS	CS	WT
1	61.54	34.61	3.85	100
2	69.44	30.56	0.00	120
3	69.44	30.56	0.00	130
4	62.50	27.50	10.00	110
5	62.50	27.50	10.00	125
6	65.79	28.95	5.26	110
7	58.07	35.48	6.45	140
8	71.11	24.44	4.44	100
9	71.11	24.44	4.44	110
10	58.14	41.86	0.00	110
11	53.19	38.30	8.51	100
12	65.79	28.95	5.26	120
13	74.42	25.58	0.00	110
14	68.09	23.41	8.51	100
15	55.56	40.00	4.44	100
16	55.56	40.00	4.44	110
17	65.79	28.95	5.26	100
18	69.60	20.00	0.00	110
19	69.60	20.00	0.00	120

ตารางที่ 3.2 สูตรสารละลายหมักและสูตรแป้งผสมชุบทอดที่ได้จากการทดลองในข้อ 3.6.2 ถึง 3.6.5

สารละลายหมัก*	เปอร์เซ็นต์	แป้งผสมชุบทอด	เปอร์เซ็นต์
โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต	2	แป้งสาลี	65.79
เกลือป่น	2	แป้งมันสำปะหลังดัดแปร	28.95
กระเทียมผง	1	สตาร์ชข้าวโพด	5.26
พริกไทยขาว	1	โซเดียมไบคาร์บอเนต	1
เครื่องปรุงแต่งกลิ่นรส	4	โซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟต	1.5
น้ำสะอาด	90	กัวกัม	0.1
		เครื่องปรุงแต่งรส	6

หมายเหตุ

* ระยะเวลาที่ใช้ในการกวนผสมระหว่างปีกไก่กับสารละลายหมักคือ 60 นาที

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมของการคลุกปีกไก่กับสารละลายหมัก

การทดสอบการดูดซึมสารละลายหมักของปีกไก่ที่คลุกกับสารละลายหมักทางการค้าและสารละลายหมักที่ปรับปรุงดังผลแสดงตารางที่ 4.1 ระยะเวลาในการคลุกมีอิทธิพลต่อการดูดซึมสารละลายน้ำหมักของปีกไก่ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เปอร์เซ็นต์การดูดซึมสารละลายหมักเพิ่มขึ้นเมื่อใช้เวลาการคลุกนานขึ้น เนื่องจากในกระบวนการคลุกปีกไก่กับสารละลายหมักได้รับแรงที่ใช้ในการคลุกทำให้สารละลายหมักสามารถแทรกซึมเข้าไปในเนื้อได้ เกลือและโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตเป็นองค์ประกอบในสารละลายหมักที่มีผลต่อการอุ้มน้ำของเนื้อสัตว์ (Young *et al.*, 1992, Woelfel and Sam, 2001) เมื่อนำปีกไก่ที่ผ่านการคลุกกับสารละลายหมักมาคลุกแป้งฝุ่น ชุบน้ำแป้ง และคลุกแป้งแห้ง ปีกไก่ที่ผ่านการคลุกกับสารละลายหมักทางการค้าและสารละลายหมักที่ปรับปรุงที่เวลาต่างกันไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การยึดติดของชั้นแป้งฝุ่น น้ำแป้ง แป้งแห้ง และชั้นแป้งเคลือบ ($p > 0.05$) ทั้งนี้เปอร์เซ็นต์การยึดติดของแป้งฝุ่น น้ำแป้ง แป้งแห้ง และชั้นแป้งเคลือบเท่ากับ 4.13 ± 0.38 ถึง 4.78 ± 0.83 เปอร์เซ็นต์ 14.47 ± 0.75 ถึง 15.03 ± 0.15 เปอร์เซ็นต์ 5.25 ± 0.27 ถึง 5.77 ± 0.25 เปอร์เซ็นต์ และ 24.32 ± 0.34 ถึง 25.30 ± 1.81 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 คุณภาพด้านกายภาพของปีกไก่ที่คลุกกับสารละลายหมักทางการค้า (TFC) และสารละลายหมักที่ปรับปรุง (NDs) ใช้เวลาคลุกนาน 30, 60, 90 และ 120 นาที

สูตร	การดูดซึมน้ำหมัก (เปอร์เซ็นต์)	เปอร์เซ็นต์การยึดติดของแป้ง (ร้อยละ)			
		แป้งฝุ่น^{ns}	น้ำแป้ง^{ns}	แป้งแห้ง^{ns}	แป้งเคลือบ^{ns}
TFC30	7.76 ± 0.06^{c}	4.13 ± 0.38	14.58 ± 0.56	5.25 ± 0.27	24.32 ± 0.34
TFC60	9.06 ± 0.55^{bc}	4.72 ± 0.32	14.47 ± 0.75	5.49 ± 0.23	24.71 ± 0.87
TFC90	10.54 ± 0.64^{abc}	4.48 ± 0.36	14.86 ± 0.25	5.62 ± 0.51	24.96 ± 0.89
TFC120	12.20 ± 0.63^{ab}	4.32 ± 0.25	15.03 ± 0.15	5.63 ± 0.48	25.00 ± 0.72
NDs30	8.12 ± 0.94^{bc}	4.32 ± 0.13	14.71 ± 0.30	5.54 ± 0.27	24.69 ± 0.28
NDs60	10.19 ± 0.12^{abc}	4.78 ± 0.83	14.89 ± 0.84	5.63 ± 0.24	25.30 ± 1.81
NDs90	10.96 ± 0.32^{abc}	4.79 ± 0.30	14.60 ± 0.65	5.77 ± 0.25	25.13 ± 1.03
NDs120	13.78 ± 0.66^{a}	4.41 ± 0.42	14.79 ± 1.15	5.71 ± 0.39	25.27 ± 0.89

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ

อักษร a b c... ตามแนวตั้งที่ไม่เหมือนกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

การประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของปีกไก่ชุบแป้งทอดแสดงผลในตารางที่ 4.2 ระยะเวลาการคลุกปีกไก่กับสารละลายหมักมีผลต่อคุณภาพ ด้านสี กลิ่น รสชาติ ความนุ่มเนื้อไก่ และความชอบโดยรวม ของปีกไก่ชุบแป้งทอดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) สารละลายหมักที่ปรับปรุงให้ผลของคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ดีกว่าเมื่อใช้สารละลายหมักทางการค้า ($p \leq 0.05$) ระยะเวลาของการคลุกผสมไม่มีผลต่อสี กลิ่น หรือรสชาติของผลิตภัณฑ์ที่คลุกด้วยสารละลายหมักที่ปรับปรุง แต่มีผลต่อคุณภาพของความนุ่มและความชอบโดยรวม ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้การคลุกผสมเป็นเวลา 60 นาที ให้คุ รภาพความนุ่มของเนื้อไก่และความชอบโดยรวมที่ดีกว่าเมื่อคลุกนาน 30 นาที และเลือกระยะเวลา 60 นาทีเพื่อใช้ในการศึกษาขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 4.2 การประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของปีกไก่ชุบแป้งทอดที่คลุกกับสารละลายหมักทางการค้า (TFC) และสารละลายหมักที่ปรับปรุง (NDs) ใช้เวลาคลุกนาน 30 , 60, 90 และ 120 นาที

สูตร	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความนุ่ม	ความชอบรวม
TFC30	5.14 ± 0.69^{d}	5.00 ± 0.41^{c}	5.17 ± 0.41^{c}	5.57 ± 0.53^{b}	5.43 ± 0.79^{c}
TFC60	5.43 ± 0.53^{cd}	5.29 ± 0.49^{c}	5.29 ± 0.49^{c}	5.57 ± 0.53^{b}	5.43 ± 0.53^{c}
TFC90	5.86 ± 0.69^{bc}	5.43 ± 0.79^{bc}	6.00 ± 0.00^{bc}	6.71 ± 0.49^{a}	5.71 ± 0.49^{b}
TFC120	6.00 ± 0.58^{bc}	6.00 ± 0.58^{ab}	6.14 ± 0.38^{b}	6.14 ± 0.69^{ab}	6.29 ± 0.49^{b}
NDs30	6.29 ± 0.76^{ab}	6.43 ± 0.53^{a}	6.14 ± 0.38^{a}	5.86 ± 0.38^{b}	6.43 ± 0.53^{b}
NDs60	6.71 ± 0.49^{a}	6.71 ± 0.49^{a}	6.89 ± 0.38^{a}	6.71 ± 0.49^{a}	6.89 ± 0.38^{a}
NDs90	6.71 ± 0.49^{a}	6.57 ± 0.53^{a}	6.71 ± 0.49^{a}	6.71 ± 0.49^{a}	6.71 ± 0.49^{a}
NDs120	6.89 ± 0.38^{a}	6.57 ± 0.53^{a}	6.86 ± 0.38^{a}	6.57 ± 0.53^{a}	6.71 ± 0.49^{a}

หมายเหตุ อักษร a b c d... ตามแนวตั้งที่ไม่เหมือนกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.2 ผลการศึกษาส่วนผสมของแป้งชุบที่เหมาะสม

จากการใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูป JMP version 3.2.6 ในการกำหนดสูตรผสมของแป้งชุบทอด ซึ่งได้ทั้งหมด 19 สูตรทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.1 และผลการทดลองด้านกายภาพแสดงในตารางที่ 4.3 และการประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสแสดงในตารางที่ 4.4

น้ำแป้งชุบทอด 19 สูตร มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 5.94 ± 0.01 ถึง 6.20 ± 0.01 พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างส่วนผสมแป้งแห้งและปริมาณน้ำต่อค่าความข้นหนืด ($P \leq 0.05$) โดยน้ำแป้งสูตรที่ 8 (ตา

รางที่ 4.3) ประกอบด้วยแป้งสาลี สตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปร และสตาร์ชข้าวโพด 71.11, 24.44 และ 4.44 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และน้ำ 100 มิลลิลิตร (คิดเป็นอัตราส่วนแป้งแห้งต่อน้ำเท่ากับ 1 :1) มีความข้นหนืดสูงสุดทั้งนี้มีอัตราการไหลของน้ำแป้งคือ 0.17±0.01 เซนติเมตรต่อวินาที ขณะที่น้ำแป้งสูตรที่ 7 ซึ่งประกอบด้วยแป้งสาลี สตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปร และสตาร์ชข้าวโพด 58.07, 35.48 และ 6.45 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และน้ำ 140 มิลลิลิตร (คิดเป็นอัตราส่วนแป้งแห้งต่อน้ำเท่ากับ 1:1.4) น้ำแป้งมีลักษณะเหลวมีอัตราการไหล 2.06±0.11 เซนติเมตรต่อวินาที แป้งที่มีโปรตีนสูง (14-16 เปอร์เซ็นต์) สามารถดูดกลืนน้ำได้ประมาณ 60-65 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้ง เมื่อเปรียบเทียบกับแป้งที่มีโปรตีนต่ำ (8-10 เปอร์เซ็นต์) ดูดซับน้ำได้ประมาณ 40-45 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้ง (Kamel and Stauffer, 1993) จากการวิเคราะห์โปรตีน พบว่าแป้งสาลีมีโปรตีน 11.64 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่พบปริมาณโปรตีนประกอบอยู่ในสตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปรและสตาร์ชข้าวโพด ดังนั้นน้ำแป้งที่ประกอบด้วยแป้งสาลีปริมาณมากจึงมีปริมาณโปรตีนสูง (ไกลอะดินและกลูเตนิน) ซึ่งสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำ เมื่อโปรตีนดูดซับน้ำได้มากมีผลต่อการเพิ่มของปริมาตรและส่งผลให้น้ำแป้งมีความข้นหนืดมากขึ้น (Eliasson and Gudmundsson, 1996) โปรตีนในแป้งสามารถดูดซับน้ำไว้ได้ประมาณ 200 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ในขณะที่สตาร์ชดูดซับน้ำได้เพียง 15 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (Kamel and Stauffer, 1993) โดยปกติสตาร์ชไม่ละลายในน้ำเย็นแต่เมื่อให้ความร้อน สตาร์ชสามารถดูดซับน้ำและเกิดการพองตัวซึ่งมีผลทำให้เกิดความข้นหนืด

คุณภาพการยึดติดของแป้งกับปีกไก่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ทั้งนี้ปริมาณการยึดติดของแป้งอยู่ในช่วง 18.05±1.25 ถึง 35.82±1.18 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.3) USDA (1997) ได้กำหนดให้มีปริมาณการยึดติดของแป้งสำหรับอาหารประเภทเนื้อหรือผลิตภัณฑ์สัตว์ปีกได้ไม่เกิน 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เห็นได้ว่าแป้งชุบทอดสูตรที่ 1, 2, 3, 4, 6, 10, 11, 12, 15, 16, 18 และ 19 มีปริมาณการยึดติดของแป้งอยู่ในข้อกำหนดของ USDA คืออยู่ในช่วง 20.10 ±0.60 ถึง 29.47 ±1.47 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่แป้งชุบทอดสูตรที่ 8, 9, 13, 14 และ 17 มีปริมาณการยึดติดเกินข้อกำหนดคืออยู่ในช่วง 30.72±1.07 ถึง 35.82±1.18 เปอร์เซ็นต์ และแป้งชุบทอดสูตรที่ 5 และ 7 มีปริมาณการยึดติดน้อยกว่าข้อกำหนดคือ 19.96±0.87 และ 18.05±1.25 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ปริมาณการยึดติดของแป้งขึ้นอยู่กับความข้นหนืดของน้ำแป้ง โดยน้ำแป้งที่มีความข้นหนืดสูงจะทำให้น้ำแป้งยึดติดกับชิ้นอาหารได้มากกว่าน้ำแป้งที่มีความข้นหนืดต่ำ และน้ำแป้งที่ประกอบด้วยแป้งสาลีและน้ำปริมาณน้อยจะมีความข้นหนืดและการยึดติดของแป้งสูง เนื่องจากสูตรที่มีแป้งสาลีสูงจะมีโปรตีนสูงด้วยซึ่งโปรตีนมีคุณสมบัติในการทำให้อาหารเกาะตัวซึ่งทำหน้าที่เหมือนกาว (Loewe, 1993)

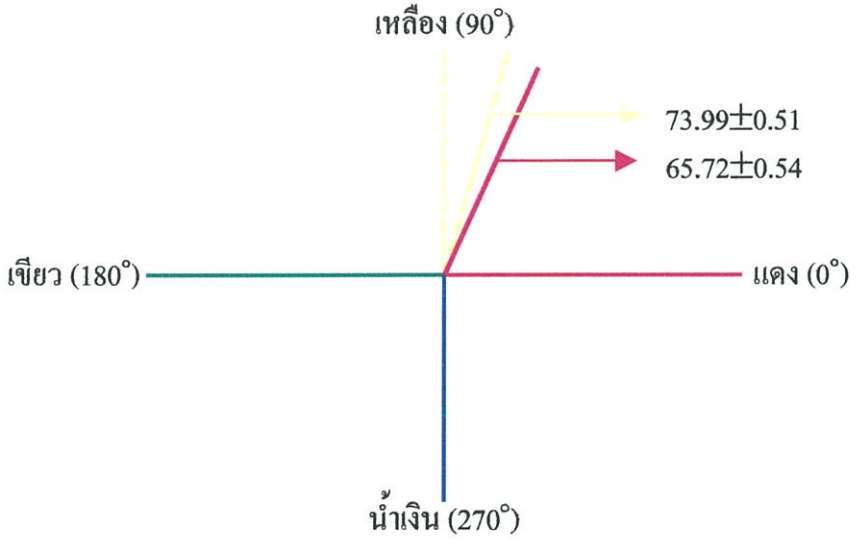
ปีกไก่ชุบแป้งทอดมีปริมาณการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการทอดอยู่ในช่วง 15.73±0.53 ถึง 20.33±0.50 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้แป้งชุบทอด 19 สูตรมีการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการทอดแตกต่างกัน ($P \leq 0.05$) แป้งชุบทอดสูตรที่ 7 มีการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการทอดมากที่สุด และสูตรที่ 8 มีการ

สูญเสียน้ำหนักในระหว่างการทอดต่ำที่สุด ซึ่งผลการทดลองมีความสอดคล้องกับปริมาณการยึดติดของแป้ง โดยน้ำแป้งของสูตรที่ 7 มีลักษณะเหลวทำให้การยึดติดของแป้งบนชิ้นผลิตภัณฑ์น้อย เมื่อผ่านการทอดจึงมีการสูญเสียน้ำหนักในปริมาณที่ค่อนข้างสูง ส่วนแป้งชุบทอดสูตรที่ 8 ความข้นหนืดของน้ำแป้งสูงเมื่อนำมาชุบกับปีกไก่มีผลให้การยึดติดสูงและมีชั้นแป้งเคลือบหนา เมื่อผ่านการทอดที่มีการควบคุมอุณหภูมิและเวลาทอดที่เท่ากันทุกสูตร ทำให้ปีกไก่ที่ชุบกับน้ำแป้งสูตรที่ 8 มีการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการทอดน้อย นอกจากนี้ปริมาณโปรตีนในแป้งก็มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการทอดเช่นกัน โดยเมื่อได้รับความร้อนโปรตีนในแป้งจะเกิดโครงสร้างที่เป็นร่างแหกระจายอยู่ทั่วบริเวณโครงสร้างของแป้งชุบทอด โดยมีสตาร์ชแทรกอยู่ระหว่างโครงร่างแหของโปรตีน ซึ่งเป็นโครงสร้างที่มีความแข็งแรงและมีความละเอียดกว่าโครงสร้างที่เป็นสตาร์ชเพียงอย่างเดียว ดังนั้นแป้งชุบทอดที่มีปริมาณโปรตีนสูงจะมีโครงสร้างที่ละเอียดกว่าและสามารถรักษาความชื้นภายในอาหารได้ดีกว่า มีปริมาณโปรตีนในแป้งที่มากเกินไปทำให้โครงสร้างของแป้งชุบทอดมีความแข็งแรงลดลงและมีการดูดซับน้ำมันมากขึ้น เนื่องจากการพองตัวของแป้งทำให้เกิดช่องว่างที่น้ำมันเข้าไปแทนที่ปริมาตรได้ (Saguy and Pinthus, 1995)

คุณภาพของการดูดซับน้ำมันปีกไก่ชุบแป้งทอดอยู่ในช่วง 5.57±0.18ถึง 8.18 ±0.18 เปอร์เซ็นต์ และพบความแตกต่างของคุณภาพดังกล่าวแตกต่างกันระหว่างส่วนผสมแป้งทั้ง 19 สูตร (ตารางที่ 4.3) Shih *et al.* (2001) ระบุว่าการดูดซับน้ำมันมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิของน้ำมัน ความชื้นของอาหารและน้ำแป้ง หากมีการระเหยของน้ำมากน้ำมันสามารถแทนที่น้ำที่ระเหยไปได้มาก แป้งชุบทอดที่มีความชื้นสูงจะมีการดูดซับน้ำมันน้อยกว่าสูตรที่มีความชื้นต่ำกว่า การที่แป้งชุบทอดที่มีความชื้นมากกว่าเนื่องจากมีส่วนผสมที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำที่ดี เมื่อผ่านกระบวนการทอดน้ำจะระเหยได้น้อยทำให้น้ำมันไม่สามารถมาแทนที่น้ำได้ โดยขณะเริ่มทอดบริเวณผิวนอกอาหารน้ำอิสระและน้ำที่ยึดติดกับโมเลกุลของโปรตีนจะเริ่มระเหยทำให้ปริมาณความชื้นลดลงอย่างรวดเร็ว บริเวณผิวนอกของผลิตภัณฑ์จึงเกิดการแห้งเป็นเปลือกนอกทำให้การระเหยของน้ำอิสระน้อยลง (Saguy and Pinthus, 1995; Shih *et al.*, 2001) และการที่แป้งชุบทอดที่มีแป้งสาลีเป็นส่วนประกอบในปริมาณ 71.11 และ 74.42 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนผสมแป้งชุบสูตรที่ 8, 9 และ 13 มีการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการทอดน้อยแต่กลับดูดซับน้ำมันมากทั้งนี้มีสาเหตุจากโปรตีนในแป้งมีความสามารถในการจับกับน้ำได้สูงซึ่งขณะทอดเกิดการขยายตัวของเม็ดแป้ง ทำให้แป้งที่ห่อหุ้มชิ้นอาหารเกิดการฉีกขาด ส่งผลให้น้ำมันสามารถแทรกซึมผ่านบริเวณที่ฉีกขาดเข้าไปอยู่ใต้ผิวแป้งชุบทอด จึงมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำมันเพิ่มขึ้น

จากการวิเคราะห์คุณภาพด้านสีของปีกไก่ชุบแป้งทอด พบว่าค่าสีที่วัดได้อยู่ในหน่วย L, a, b และ hue angle ค่า L แสดงถึงความสว่างโดยจะเป็นสีขาว มีค่าสูงสุดเท่ากับ 100 และค่าต่ำสุดจะเป็นสีดำมีค่าเท่ากับ 0 ส่วนค่า a ที่มีค่าบวก (+) จะมีสีแดง ส่วนค่าลบ (-) จะมีสีเขียว นอกจากนี้ค่า b ที่เป็นค่าบวกจะมีสีเหลือง แต่เมื่อเป็นค่าลบจะมีสีน้ำเงิน ค่า hue angle เป็นค่าที่บ่งบอกถึงตำแหน่งของสีผลิตภัณฑ์ จากตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.1 ผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างของค่า L, a, b และ hue angle ($P \leq 0.05$) โดย

ผลิตภัณฑ์ที่ชุบน้ำแป้ง 19 สูตร มีค่า L อยู่ในช่วง 57.72±0.22 ถึง 67.37±0.69 มีค่า a อยู่ในช่วง (+) 6.36±0.19 ถึง (+)11.25±0.41 และค่า b อยู่ในช่วง (+)22.07±0.88 ถึง (+)28.46±0.90 เมื่อนำค่า a และ b มาคำนวณหาค่า hue angle พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 65.72±0.54 ถึง 73.99±0.51 ผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองทอง ปนน้ำตาลซึ่งการเกิดสีของปีกไก่ชุบแป้งทอดเกิดจากปฏิกิริยาสีน้ำตาลระหว่างกรดอะมิโนในโปรตีน ข้าวสาลีและโมโนแซคคาไรด์ในสตาร์ชมันสำปะหลังซึ่งมีอยู่ประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2543) และองค์ประกอบอื่นที่เติมลงไปในส่วนผสมน้ำแป้ง ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นในระหว่างการทอดซึ่งเป็นสภาวะที่มีอุณหภูมิสูงจึงเกิดปฏิกิริยาได้ง่าย (Krokida *et al.*, 2001) จากการทดลองพบว่าแป้งผสมชุบทอดแต่ละสูตรมีปริมาณแป้งและสัดส่วนน้ำที่ต่างกันจึงส่งผลให้มีสีที่ต่างกันออกไป ทั้งนี้ในกระบวนการทอดมีการควบคุมอุณหภูมิและเวลาในการทอด ดังนั้นสาเหตุน่าจะมาจากปัจจัยอื่นที่มีค่าแตกต่างกันได้แก่ เปอร์เซ็นต์การยึดติดชั้นแป้ง กล่าวคือแป้งผสมชุบทอดที่มีความข้นหนืดมากทำให้แป้งผสมชุบทอดเคลือบชิ้นอาหารได้หนากว่าแป้งผสมชุบทอดที่มีความข้นหนืดต่ำและมีปริมาณการยึดติดของแป้งต่ำกว่า เมื่อนำมาทอดความร้อนจะถูกส่งผ่านไปในแป้งผสมชุบทอดที่มีปริมาณยึดติดของแป้งน้อยได้เร็วกว่าส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้เร็วกว่า (Krokida *et al.*, 2001; Suderman, 1993)



ภาพที่ 4.1 ตำแหน่งค่าสีหลักของปีกไก่ชุบแป้งทอดที่ชุบน้ำแป้งที่แปรปริมาณแป้งสาลี 45-80 เปอร์เซ็นต์ สตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปร 10-45 เปอร์เซ็นต์ สตาร์ชข้าวโพด 0-10 เปอร์เซ็นต์ และน้ำ 100-140 กรัม มีตำแหน่งค่าสีอยู่ในช่วง 65.72±0.54 ถึง 73.99±0.51

ตารางที่ 4.3 คุณภาพด้านกายภาพของแป้งชุบทอดและปีกไก่ชุบแป้งทอดจากสูตรแป้งชุบทอด 19 สูตร

สูตร	ส่วนประกอบแป้งชุบทอด				คุณลักษณะแป้งชุบทอด		คุณลักษณะปีกไก่ชุบแป้งทอด (เปอร์เซ็นต์)			ค่าสีของปีกไก่ชุบแป้งทอด			
	WF*	MTS*	CS*	WT*	pH	consistency**	coated pickup	cooking loss	oil absorption	L-value	a-value	b-value	hue angle
1	61.54	34.61	3.85	100	6.16±0.01^{cd}	0.26±0.01^{fg}	29.47±1.47^{c}	16.93±0.51^{abc}	7.89±0.05^{hi}	67.37±0.69^{a}	(+) 7.09±0.25^{ij}	(+) 24.72±0.46^{g}	73.99±0.51^{a}
2	69.44	30.56	0.00	120	6.17±0.01^{bc}	0.27±0.01^{fg}	29.22±1.07^{c}	16.82±0.59^{abc}	7.49±0.07^{g}	57.72±0.22^{j}	(+) 10.57±0.88^{ab}	(+) 25.21±0.79^{efg}	67.28±1.22^{fl}
3	69.44	30.56	0.00	130	6.19±0.01^{ab}	0.63±0.05^{b}	20.10±0.60^{g}	19.09±1.43^{de}	6.91±0.06^{e}	65.77±0.40^{ab}	(+) 8.86±0.48^{def}	(+) 28.46±0.90^{a}	72.70±1.19^{abc}
4	62.50	27.50	10.00	110	5.98±0.00^{g}	0.27±0.01^{fg}	29.25±0.17^{c}	16.07±0.54^{a}	7.76±0.08^{h}	58.59±0.60^{hi}	(+) 11.13±0.48^{a}	(+) 24.81±1.52^{g}	65.78±2.11^{g}
5	62.50	27.50	10.00	125	5.97±0.01^{g}	0.39±0.01^{e}	19.96±0.87^{gh}	18.55±0.69^{cd}	5.84±0.19^{b}	58.40±0.91^{hi}	(+) 11.25±0.41^{a}	(+) 24.93±0.55^{g}	65.72±0.54^{g}
6	65.79	28.95	5.26	110	6.00±0.02^{f}	0.36±0.01^{cd}	24.17±0.42^{def}	17.21±0.68^{abc}	7.00±0.07^{cd}	62.59±1.75^{cde}	(+) 9.54±0.26^{cde}	(+) 25.95±0.97^{defg}	69.81±0.40^{e}
7	58.07	35.48	6.45	140	6.01±0.01^{f}	2.06±0.11^{a}	18.05±1.25^{h}	20.33±0.50^{c}	5.57±0.18^{a}	63.90±2.30^{bcd}	(+) 7.88±1.24^{ghi}	(+) 25.65±1.14^{defg}	72.94±2.55^{ab}
8	71.11	24.44	4.44	100	5.98±0.01^{g}	0.17±0.01^{h}	35.82±1.18^{a}	15.73±0.55^{a}	8.18±0.18^{ij}	61.82±1.08^{defg}	(+) 7.57±0.78^{hi}	(+) 22.07±0.88^{h}	71.11±1.20^{bcde}
9	71.11	24.44	4.44	110	6.12±0.01^{e}	0.25±0.01^{g}	33.11±1.00^{b}	15.93±0.52^{a}	8.11±0.15^{ij}	64.10±0.29^{bc}	(+) 8.42±0.24^{fgh}	(+) 26.16±0.54^{cdefg}	72.14±0.16^{abcd}
10	58.14	41.86	0.00	110	5.98±0.01^{g}	0.33±0.01^{de}	24.12±0.41^{def}	18.35±1.99^{cd}	7.20±0.07^{ef}	63.49±1.98^{cd}	(+) 8.63±0.55^{efg}	(+) 25.37±0.79^{efg}	71.19±1.58^{bcde}
11	53.19	38.30	8.51	100	5.94±0.01^{h}	0.32±0.01^{de}	25.32±0.93^{de}	19.18±0.51^{de}	7.49±0.07^{g}	63.74±0.90^{cd}	(+) 8.85±0.41^{def}	(+) 26.84±0.95^{bcde}	71.12±0.19^{bcde}
12	65.79	28.95	5.26	120	6.18±0.03^{ab}	0.36±0.01^{cd}	24.23±0.26^{def}	17.39±1.32^{abc}	7.01±0.04^{cd}	62.56±0.74^{cde}	(+) 9.75±0.23^{bcd}	(+) 27.23±0.24^{abcd}	70.29±0.56^{de}
13	74.42	25.58	0.00	110	6.20±0.01^{a}	0.18±0.01^{h}	35.42±0.72^{a}	15.87±0.79^{a}	8.18±0.04^{ij}	62.02±0.65^{cdef}	(+) 6.36±0.19^{i}	(+) 26.70±0.49^{cdef}	70.69±0.18^{cde}
14	68.09	23.41	8.51	100	6.14±0.01^{d}	0.20±0.01^{h}	35.63±2.39^{a}	16.28±0.39^{ab}	8.12±0.08^{ij}	59.89±1.03^{gh}	(+) 9.87±0.58^{bc}	(+) 25.88±0.30^{defg}	69.12±1.34^{ef}
15	55.56	40.00	4.44	100	6.00±0.00^{f}	0.31±0.01^{ef}	25.90±0.60^{d}	17.04±0.62^{abc}	7.29±0.06^{f}	65.83±0.23^{ab}	(+) 8.46±0.36^{fgh}	(+) 26.23±0.78^{cdefg}	72.11±0.92^{abcd}
16	55.56	40.00	4.44	110	6.16±0.02^{cd}	0.34±0.01^{cde}	22.97±0.35^{f}	16.80±0.83^{abc}	7.15±0.10^{def}	61.85±1.91^{defg}	(+) 9.59±0.19^{cd}	(+) 25.90±0.59^{defg}	69.68±0.69^{e}
17	65.79	28.95	5.26	100	6.16±0.01^{cd}	0.25±0.01^{g}	30.72±1.07^{c}	17.54±1.19^{abcd}	8.02±0.09^{ij}	60.11±0.31^{fgh}	(+) 8.84±0.34^{def}	(+) 25.16±1.10^{fg}	70.61±1.26^{cde}
18	69.60	20.00	0.00	110	6.19±0.01^{ab}	0.35±0.01^{cde}	24.10±0.55^{def}	17.93±1.57^{bcd}	7.10±0.05^{de}	60.83±0.29^{efg}	(+) 9.63±0.10^{cd}	(+) 27.61±0.87^{abc}	70.76±0.41^{cde}
19	69.60	20.00	0.00	120	6.20±0.01^{a}	0.36±0.01^{cd}	23.65±1.16^{ef}	17.54±0.43^{abcd}	6.89±0.03^{e}	60.83±1.03^{efg}	(+) 9.67±0.13^{bcd}	(+) 28.37±1.27^{ab}	71.15±0.74^{bcde}

หมายเหตุ

ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ

WF* = แป้งสาลี (กรัม), MTS* = สตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปร (กรัม), CS* = สตาร์ชข้าวโพด (กรัม) และ WT* = น้ำสะอาด (มิลลิลิตร)

consistency** = ความข้นหนืด มีหน่วยเป็น เซนติเมตรต่อวินาที

coated pickup = เปอร์เซ็นต์การยึดติดของแป้ง, cooking loss = เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการทอด, oil absorption = เปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำมัน

อักษร a b c d... ตามแนวตั้งที่ไม่เหมือนกัน มีความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

การประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของปีกไก่ชุบแป้งทอด ทำการทดสอบโดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ (preference test) ซึ่งมีระดับคะแนนความชอบตั้งแต่ 1-7 (7-point hedonic scale) (ภาคผนวก ข) เนื่องจากตัวอย่างมีจำนวนมากจึงไม่สามารถใช้แผนการทดลองประเภทบล็อคสมบูรณ์ได้ ดังนั้นจึงเลือกใช้แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อคไม่สมบูรณ์แบบสมดุลย์ (Balance incomplete block design; BIB) การประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.4 พบว่าแป้งชุบทอดสูตรที่ 12 มีคะแนนความชอบคุณภาพด้านสี กลิ่น รสชาติ ความกรอบ ความหนาชั้นแป้ง และความชอบโดยรวมสูงกว่าแป้งชุบทอดสูตรอื่น ($P \leq 0.05$) ซึ่งสีของผลิตภัณฑ์จากการวัดด้วยเครื่องวัดสีแบบคัลเลอร์มิเตอร์ (Colormeters) มีความเข้มของสีแดงปานกลางและมีความเข้มของสีเหลืองระดับสูงเมื่อเทียบกับการสังเกตุด้วยตาเปล่าผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองทองปนน้ำตาลซึ่งเป็นสีที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากสุด ความกรอบของผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับปานกลางไม่แข็งเกินไป และอมน้ำมันเล็กน้อย

จากการประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสแป้งชุบทอดสูตรที่ 12 ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด เมื่อพิจารณาร่วมกับการทดสอบด้านกายภาพ เห็นได้ว่าแป้งชุบทอดสูตรที่ 12 มีความข้นหนืดพอเหมาะสำหรับการใช้ชุบอาหาร เมื่อใช้ชุบปีกไก่มีปริมาณการยึดติด 24.23 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในปริมาณที่กำหนดคือประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ มีการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการทอด 17.39 เปอร์เซ็นต์ มีการดูดซับน้ำมัน 7.01 เปอร์เซ็นต์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีเหลืองทองปนน้ำตาล ดังนั้นในการศึกษาขั้นตอนต่อไปจึงเลือกใช้แป้งชุบทอดที่ประกอบด้วย แป้งสาลี 65.79 เปอร์เซ็นต์ สตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปร 28.95 เปอร์เซ็นต์ สตาร์ชข้าวโพด 5.26 เปอร์เซ็นต์ และน้ำ 120 มิลลิลิตร

ตารางที่ 4.4 การประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของปีกไก่ชุบแป้งทอด 19 สูตร

สูตร	ส่วนประกอบแป้งชุบทอด				คุณลักษณะด้านประสาทสัมผัสของปีกไก่บนชุบแป้งทอด					
	WF*	MTS*	CS*	WT*	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความกรอบ	ความหนาชั้นแป้ง	ความชอบรวม
1	61.54	34.61	3.85	100	5.44 ± 1.59^{abc}	4.78 ± 0.83^{abc}	4.56 ± 1.24^{abcd}	5.00 ± 1.58^{abc}	5.00 ± 1.66^{bcd}	5.67 ± 1.22^{abc}
2	69.44	30.56	0.00	120	4.33 ± 1.12^{c}	4.67 ± 1.41^{bc}	5.11 ± 0.93^{abcd}	5.22 ± 1.39^{abc}	5.11 ± 0.93^{abcd}	5.44 ± 1.01^{abc}
3	69.44	30.56	0.00	130	5.33 ± 0.50^{abc}	5.22 ± 1.09^{abc}	4.89 ± 1.17^{abcd}	4.22 ± 1.48^{bc}	4.56 ± 1.67^{bcde}	4.78 ± 1.48^{bcd}
4	62.50	27.50	10.00	110	5.11 ± 0.93^{abc}	5.00 ± 0.87^{abc}	4.44 ± 0.73^{bcd}	3.78 ± 1.30^{c}	4.00 ± 1.00^{de}	4.56 ± 0.73^{cd}
5	62.50	27.50	10.00	125	5.00 ± 1.41^{bc}	5.11 ± 0.78^{abc}	4.78 ± 1.20^{abcd}	4.00 ± 1.66^{bc}	4.11 ± 0.93^{cde}	4.78 ± 0.97^{bcd}
6	65.79	28.95	5.26	110	5.33 ± 1.22^{abc}	5.00 ± 1.12^{abc}	4.22 ± 0.97^{cd}	5.11 ± 1.36^{abc}	5.78 ± 0.67^{ab}	4.89 ± 1.54^{bcd}
7	58.07	35.48	6.45	140	5.44 ± 1.42^{abc}	4.33 ± 1.32^{bc}	4.11 ± 1.17^{d}	3.67 ± 1.73^{c}	3.33 ± 2.06^{e}	4.11 ± 1.05^{d}
8	71.11	24.44	4.44	100	5.44 ± 4.51^{abc}	5.11 ± 1.62^{abc}	4.89 ± 1.62^{abcd}	3.67 ± 1.41^{c}	4.00 ± 1.80^{de}	4.11 ± 1.17^{d}
9	71.11	24.44	4.44	110	5.33 ± 1.41^{abc}	5.22 ± 0.67^{abc}	4.44 ± 1.24^{bcd}	4.33 ± 1.41^{bc}	3.89 ± 1.27^{de}	4.78 ± 0.83^{bcd}
10	58.14	41.86	0.00	110	5.56 ± 0.73^{abc}	5.22 ± 1.09^{abc}	5.56 ± 1.42^{abc}	4.44 ± 1.59^{abc}	4.33 ± 1.41^{bcde}	5.11 ± 1.05^{bcd}
11	53.19	38.30	8.51	100	5.11 ± 1.05^{abc}	4.89 ± 1.05^{abc}	5.00 ± 1.22^{abcd}	4.67 ± 1.32^{abc}	4.78 ± 1.09^{bcde}	5.56 ± 0.53^{abc}
12	65.79	28.95	5.26	120	6.33 ± 0.71^{a}	6.00 ± 0.87^{a}	5.89 ± 0.78^{a}	6.00 ± 0.50^{a}	6.56 ± 0.73^{a}	6.44 ± 0.73^{a}
13	74.42	25.58	0.00	110	4.89 ± 1.05^{bc}	5.44 ± 1.33^{ab}	4.44 ± 1.42^{bcd}	4.78 ± 1.72^{abc}	4.56 ± 1.88^{bcde}	4.89 ± 1.45^{bcd}
14	68.09	23.41	8.51	100	5.67 ± 0.87^{ab}	5.11 ± 1.05^{abc}	4.89 ± 1.54^{abcd}	5.00 ± 1.00^{abc}	5.00 ± 1.32^{bcd}	5.33 ± 1.12^{abcd}
15	55.56	40.00	4.44	100	5.44 ± 1.13^{abc}	4.78 ± 1.09^{abc}	4.56 ± 1.51^{abcd}	4.00 ± 1.41^{bc}	4.22 ± 1.92^{bcde}	4.78 ± 1.39^{bcd}
16	55.56	40.00	4.44	110	5.22 ± 0.67^{abc}	5.22 ± 1.20^{abc}	5.44 ± 0.88^{abcd}	4.56 ± 1.51^{abc}	4.78 ± 1.79^{bcde}	5.22 ± 0.83^{bcd}
17	65.79	28.95	5.26	100	5.22 ± 1.30^{abc}	5.44 ± 1.13^{ab}	4.67 ± 1.32^{abcd}	4.44 ± 1.67^{abc}	4.33 ± 1.32^{bcde}	4.89 ± 1.17^{bcd}
18	69.60	20.00	0.00	110	6.00 ± 1.00^{ab}	5.33 ± 1.00^{abc}	5.78 ± 1.09^{ab}	5.56 ± 1.13^{ab}	5.44 ± 1.13^{abcd}	5.89 ± 0.78^{ab}
19	69.60	20.00	0.00	120	5.56 ± 1.24^{abc}	4.11 ± 1.05^{c}	5.11 ± 1.36^{abcd}	5.11 ± 1.69^{abc}	5.67 ± 1.32^{abc}	5.33 ± 1.00^{abcd}

หมายเหตุ

WF* = แป้งสาลี (กรัม), MTS* = สตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปร (กรัม), CS* = สตาร์ชข้าวโพด (กรัม) และ WT* = น้ำสะอาด (มิลลิลิตร)

อักษร a b c d... ตามแนวตั้ง ที่ไม่เหมือนกันมีความแตกต่างทางสถิติ ($p\leq0.05$)

4.3 ผลการศึกษาปริมาณของโซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟตและโซเดียมไบคาร์บอเนตในการขึ้นฟูของปีกไก่ชุบแป้งทอด

ผลการศึกษาอิทธิพลของโซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟต และโซเดียมไบคาร์บอเนตต่อคุณภาพความกรอบของปีกไก่ชุบแป้งทอดดังแสดงในตารางที่ 4.5 สารที่ช่วยในการขึ้นฟูทั้งสองชนิดมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรด-ด่างของน้ำแป้ง น้ำแป้งมีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.34±0.01 ถึง 5.61±0.01 ($P \leq 0.05$) โซเดียมแอ ซิดไพโรฟอสเฟตเพิ่มความเป็นกรดของน้ำแป้ง เมื่อใช้โซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟต 0.5 ถึง 1.5 เปอร์เซ็นต์ ในทางกลับกันโซเดียมไบคาร์บอเนตมีผลต่อการลดความเป็นกรดของน้ำแป้ง น้ำแป้งมีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6.92±0.01 ถึง 7.43 ±0.01 เมื่อใช้โซเดียม ไบคาร์บอเนต 0.5 ถึง 1.5 เปอร์เซ็นต์ น้ำแป้งที่ไม่เติมสารที่ช่วยในการขึ้นฟูมีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6.08±0.01

โซเดียมไบคาร์บอเนตให้ความข้นหนืดของน้ำแป้งสูงกว่าเมื่อใช้โซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟต พบอิทธิพลของโซเดียมไบคาร์บอเนตต่อความข้นหนืดของน้ำแป้ง ($P \leq 0.05$) ความเข้มข้นในระดับ 0.5 ถึง 1.5 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลต่อความแตกต่างของความข้นของน้ำแป้ง

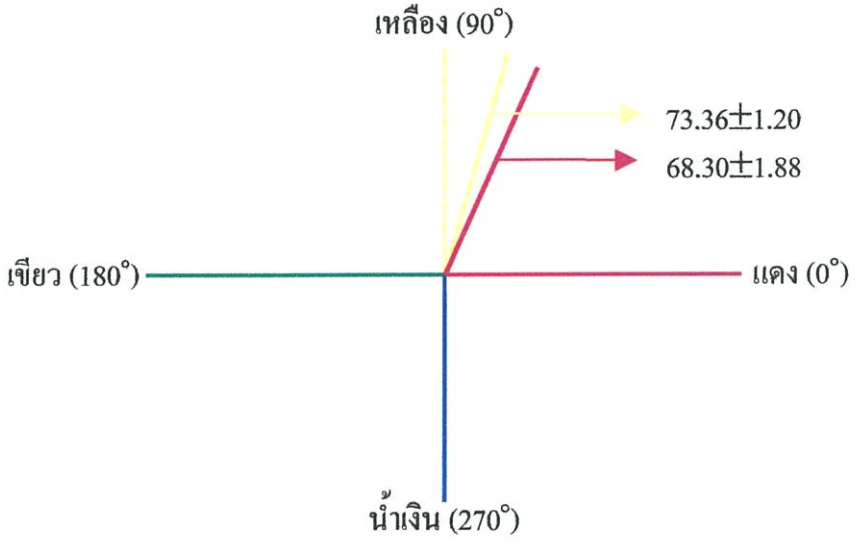
ไม่พบอิทธิพลของโซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟตและโซเดียมไบคาร์บอเนตทุกระดับความเข้มข้นที่ใช้ต่อเปอร์เซ็นต์การยึดติดของชั้นแป้ง ปีกไก่ชุบแป้งทอดมีปริมาณเฉลี่ยของการยึดติดชั้นแป้งคิดเป็น 24.70 เปอร์เซ็นต์

จากตารางที่ 4.5 เห็นว่าการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการทอดของสูตรที่ใช้โซเดียมไบคาร์บอเนต 1.5 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้นที่แตกต่างจากน้ำแป้งสูตรที่ไม่เติมสารที่ช่วยในการขึ้นฟู (control) แป้งชุบทอดที่เติมโซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟตและโซเดียมไบคาร์บอเนตมีการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการทอด 18.15±1.12 ถึง 19.72±1.20 เปอร์เซ็นต์ ส่วนน้ำแป้งที่ไม่เติมสารที่ช่วยในการขึ้นฟูมีการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการทอด 17.89±1.45 เปอร์เซ็นต์

โซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟตและโซเดียมไบคาร์บอเนตในแป้งชุบทอดช่วยลดการดูดซับน้ำมันของปีกไก่ชุบแป้งทอด ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.5) โดยปีกไก่ที่ชุบกับแป้งชุบทอดที่เติมสารที่ช่วยในการขึ้นฟูทั้งสองชนิดดูดซับน้ำมันน้อยกว่าปีกไก่ที่ชุบกับแป้งชุบทอดที่ไม่เติมสารที่ช่วยในการขึ้นฟู โดยน้ำแป้งที่เติมโซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟต 1.50 เปอร์เซ็นต์ มีการดูดซับน้ำมันน้อยที่สุดคือ 5.96±0.10 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ แป้งชุบทอดที่เติมโซเดียมไบคาร์บอเนต 1 เปอร์เซ็นต์ มีการดูดซับน้ำมัน 6.02±0.07 เปอร์เซ็นต์

จากตารางที่ 4.5 ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่างท่ากับ 61.97±2.56 และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากแป้งชุบทอดที่เติมโซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟตและโซเดียมไบคาร์บอเนต มีค่าความสว่างอยู่ในช่วง 61.84± 0.70 ถึง 54.68±0.91 การใช้สารที่ช่วยในการขึ้นฟูทั้งสองชนิดที่ความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความ

สว่างต่างจากสูตรที่ไม่เติมสารที่ช่วยในการขึ้นฟู ดังนั้นการเติมสารที่ช่วยในการขึ้นฟูในแป้งชุบทอดช่วยให้ผลิตภัณฑ์ขึ้นฟูดี แต่เมื่อมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นมีแนวโน้มที่ให้ความสว่างของผลิตภัณฑ์ลดลง เมื่อพิจารณาค่าความเป็นสีแดง (a-value) และค่าความเป็นสีเหลือง (b-value) ของผลิตภัณฑ์พบว่ามีความแตกต่างกัน ($P \leq 0.05$) ซึ่งค่าความเป็นสีแดงของผลิตภัณฑ์มีค่าอยู่ในช่วง (+)7.63 $\pm$0.97 ถึง (+) 9.87$\pm$0.23 และค่าความเป็นสีเหลืองมีค่าอยู่ในช่วง (+)22.30$\pm$0.49 ถึง (+)25.20$\pm$0.42 และตำแหน่งค่าสีหลักของผลิตภัณฑ์ (hue angle) มีค่าอยู่ในช่วง 68.30$\pm$1.88 ถึง 73.36$\pm$1.20 (ตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.2) สีของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มที่มีสีแดงปนเล็กน้อยและมีสีเหลืองปนอยู่มาก ซึ่งมีสีออกเป็นสีเหลืองทองปนน้ำตาล



ภาพที่ 4.2 ตำแหน่งค่าสีหลักของปีกไก่ชุบแป้งทอดที่ชุบน้ำแป้งที่แปรปริมาณโซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟตและโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.5, 1 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้งแห้ง มีตำแหน่งค่าสีหลักอยู่ในช่วง 68.30$\pm$1.88 ถึง 73.36$\pm$1.20

การทดสอบคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของปีกไก่ชุบแป้งทอดที่แปรปริมาณสารที่ช่วยในการขึ้นฟูแสดงในตารางที่ 4.6 พบว่าการใช้สารที่ช่วยในการขึ้นฟูทั้งสองชนิดมีผลต่อคุณภาพด้านสี กลิ่นรสชาติ ความกรอบ และความชอบรวม ($p \leq 0.05$) การใช้โซเดียมแอ ซิดไพโรฟอสเฟตและโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ความเข้มข้น 0.5 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีผลให้ค่าสีของผลิตภัณฑ์แตกต่างจากการใช้ที่ความเข้มข้นอื่นแต่ไม่พบความแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่ไม่เติมสารที่ช่วยในการขึ้นฟู การใช้โซเดียมไบคาร์บอเนต 1.5 เปอร์เซ็นต์ มีผลต่อคุณภาพด้านกลิ่น รสชาติ และความกรอบ ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบน้อยสุด มีคะแนนความชอบ 4.00$\pm$1.00, 4.67$\pm$0.58 และ 4.33$\pm$0.58 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างจากสูตรที่ไม่เติมสารที่ช่วยในการขึ้นฟูและสูตรที่ใช้สารที่ช่วยในการขึ้นฟูในความเข้มข้นอื่น ส่วนสูตรที่ใช้สารที่ช่วยในการขึ้นฟูที่ให้รสชาติดีกว่าสูตรที่ไม่ใช้สารที่ช่วยในการขึ้นฟูโดยเฉพาะการใช้โซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟต 1.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้งแห้ง มีคะแนน 6.67$\pm$0.58 แต่เมื่อ

พิจารณาสูตรที่ใช้สารที่ช่วยในการขึ้นฟูทุกระดับความเข้มข้น พบว่าการใช้โซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟต และโซเดียมไบคาร์บอเนต 1.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในตัวผลิตภัณฑ์มากที่สุดในทุกคุณภาพการทดสอบ ดังนั้นในการทดลองในข้อถัดไปจึงเลือกใช้โซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟต 1.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้งแห้ง หรือโซเดียมไบคาร์บอเนต 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้งแห้ง เป็นส่วนผสมในแป้งชุบทอด

ตารางที่ 4.5 คุณภาพด้านกายภาพของแป้งชุบทอดและปีกไก่ชุบแป้งทอดที่แปรปริมาณโซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟต (Na) และโซเดียมไบคาร์บอเนต (Nb) 0.5, 1และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)

สูตร	คุณลักษณะน้ำแป้ง		คุณลักษณะปีกไก่ชุบแป้งทอด (เปอร์เซ็นต์)			ค่าสีของปีกไก่ชุบแป้งทอด			
	pH	consistency*	coated pickup^{ns}	cooking loss	oil absorption	L-value	a-value	b-value	hue angle
Na0.50	5.61±0.01^{e}	0.33±0.00^{a}	24.69±0.18	18.96±0.84^{ab}	6.18±0.04^{c}	61.84±0.70^{a}	(+) 8.98±0.41^{ab}	(+) 25.20±0.42^{a}	70.39±0.91^{bc}
Na1.00	5.52±0.01^{f}	0.33±0.00^{a}	24.76±0.37	19.04±1.61^{ab}	6.07±0.11^{abc}	60.06±1.16^{ab}	(+) 8.96±0.76^{ab}	(+) 23.51±1.78^{abc}	69.11±1.52^{bc}
Na1.50	5.34±0.01^{g}	0.33±0.00^{a}	24.68±0.27	19.09±1.12^{ab}	5.96±0.10^{a}	58.94±1.96^{b}	(+) 9.87±0.23^{a}	(+) 24.88±1.80^{ab}	68.30±1.88^{c}
Nb0.50	6.92±0.01^{c}	0.29±0.01^{b}	24.69±0.21	18.15±1.12^{ab}	6.15±0.04^{bc}	61.37±1.00^{ab}	(+) 6.83±0.53^{d}	(+) 22.83±0.19^{bc}	73.36±1.20^{a}
Nb1.00	7.03±0.03^{b}	0.29±0.01^{b}	24.70±0.34	18.93±1.83^{ab}	6.02±0.07^{a}	61.51±0.81^{ab}	(+) 8.64±0.31^{bc}	(+) 22.30±0.44^{c}	68.83±0.63^{bc}
Nb1.50	7.43±0.01^{a}	0.29±0.01^{b}	24.65±0.22	19.72±1.20^{b}	6.03±0.04^{ab}	54.68±0.91^{c}	(+) 7.63±0.97^{cd}	(+) 24.92±1.40^{ab}	73.01±1.54^{a}
control	6.08±0.01^{d}	0.34±0.01^{a}	24.65±0.23	17.89±1.45^{a}	7.17±0.04^{d}	61.97±2.56^{a}	(+) 8.35±0.34^{bc}	(+) 24.14±0.81^{abc}	70.91±1.32^{ab}

หมายเหตุ

ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ

consistency* = ความข้นหนืด มีหน่วยเป็น เซนติเมตรต่อวินาที

coated pickup = เปอร์เซ็นต์การยึดติดของแป้ง, cooking loss = เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการทอด, oil absorption = เปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำมัน

อักษร a b c d... ตามแนวตั้งที่ไม่เหมือนกันมีความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.6 ผลการประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของปีกไก่ชุบแป้งทอดที่ชุบน้ำแป้งที่แปรปริมาณโซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟต (Na) และโซเดียมไบคาร์บอเนต (Nb) 0.5, 1และ 1.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

สูตร	คุณภาพด้านประสาทสัมผัส					
	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความกรอบ	ความหนาชั้นแป้ง^{ns}	ความชอบรวม
Na0.50	4.67±0.58^{b}	6.00±0.00^{a}	5.00±1.00^{bc}	5.67±0.58^{a}	6.00±1.00	5.33±0.58^{bc}
Na1.00	5.67±0.58^{ab}	5.33±0.58^{a}	6.00±0.00^{abc}	6.33±0.58^{a}	6.33±0.58	5.67±0.58^{ab}
Na1.50	6.67±0.58^{a}	6.00±1.00^{a}	6.67±0.58^{a}	6.33±0.58^{a}	6.00±0.00	6.67±0.58^{a}
Nb0.50	5.67±0.58^{ab}	5.33±0.58^{a}	5.67±0.58^{abc}	6.33±0.58^{a}	6.00±1.00	6.00±1.00^{ab}
Nb1.00	6.33±0.58^{a}	6.33±0.58^{a}	6.33±0.58^{ab}	6.33±0.58^{a}	6.33±0.58	6.67±0.58^{a}
Nb1.50	4.67±0.58^{b}	4.00±1.00^{b}	4.67±0.58^{c}	4.33±0.58^{b}	5.67±0.58	4.33±0.58^{c}
control	5.67±0.58^{ab}	5.33±0.58^{a}	4.67±1.53^{c}	5.33±0.58^{ab}	5.00±1.00	5.67±0.58^{ab}

หมายเหตุ

ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากผู้ทดสอบประเมินด้านประสาทสัมผัสที่ผ่านการฝึกฝน 15 คน

อักษร a b c... ตามแนวตั้งที่ไม่เหมือนกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.4 ผลการศึกษาปริมาณของกัวกัมและแซนแทนกัมต่อความคงตัวและคุณภาพการยึดติดของชั้นแป้งบนปีกไก่ชุบแป้งทอด

จากการคัดเลือกสูตรแป้งชุบทอดที่มีคุณภาพทางกายภาพและการประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสที่มีความเหมาะสมจากการทดลองในข้อ 4.2 นำมาศึกษาคุณภาพด้านความกรอบโดยแปรปริมาณกัวกัมและแซนแทนกัม 0.05, 0.1, 0.15 และ 0.2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ผลการประเมินคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ดังแสดงในตารางที่ 4.7 พบว่าน้ำแป้งที่แปรปริมาณกัวกัมและแซนแทนกัมตั้งแต่ 0.05 ถึง 0.2 เปอร์เซ็นต์มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 6.01±0.01 ถึง 6.08±0.01

ไฮโดรคอลลอยด์ทั้งสองชนิดในทุกๆ ความเข้มข้น (0.05, 0.1, 0.15 และ 0.2 เปอร์เซ็นต์) มีผลทำให้ความข้นของน้ำแป้งเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ($p \leq 0.05$) ความข้นหนืดของน้ำแป้งอยู่ในช่วง 0.16±0.01 ถึง 0.29±0.01 เซนติเมตรต่อวินาที ขณะที่แป้งชุบทอดที่ไม่เติมสารให้ความคงตัวมีความข้นหนืดเท่ากับ 0.34±0.01 เซนติเมตรต่อวินาที การใช้แซนแทนกัมในส่วนผสมแป้งชุบทอดมีแนวโน้มที่ให้น้ำแป้งมีความข้นหนืดมากกว่าการใช้กัวกัมเนื่องจาก โพลีแซคคาร์ไรด์ของกัมสามารถละลาย และ/หรือ กระจายตัวอยู่ในน้ำ ทำให้สารละลายน้ำแป้งมีความหนืดเพิ่มสูงขึ้นหรือมีลักษณะเป็นเจล สารละลายของกัมแต่ละชนิดจะมีความหนืดต่างกัน และหน้าที่ที่ต่างกันออกไปเช่น กัวกัมทำหน้าที่ได้เพียงอย่างเดียว คือเป็น

สารเพิ่มความข้นหนืด (thickener) แต่แซนแทนกัมทำหน้าที่เป็นทั้งสารเพิ่มความข้นหนืดและสารเพิ่มความคงตัว (stabilizer) แต่ไม่มีคุณสมบัติเป็น gelling agent และเมื่อใช้แซนแทนกัมร่วมกับกัวกัมจะให้สารละลายที่มีความข้นหนืดสูง (Nussinovitch, 2002)

กัวกัมและแซนแทนกัมมีผลต่อปริมาณการยึดติดของแป้ง ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.7) กัวกัมและแซนแทนกัมที่ความเข้มข้นเดียวกันให้ผลต่อการยึดติดของแป้งต่างกัน แซนแทนกัมให้ความข้นหนืดมากกว่า โดยการใช้กัวกัมมีปริมาณการยึดติดของแป้งเพิ่มขึ้นจาก 25.06±0.07 เป็น 28.88 ±0.61 เปอร์เซ็นต์ และการใช้แซนแทนกัมมีปริมาณการยึดติดของแป้งเพิ่มขึ้นจาก 25.22±0.36 เป็น 30.66 ± 0.93 เปอร์เซ็นต์ ตามปริมาณการใช้ตั้งแต่ 0.05 ถึง 0.2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ขณะที่แป้งชุบทอดที่ไม่เติมสารให้ความคงตัวมีปริมาณการยึดติดของแป้งพียง 24.60±0.32 เปอร์เซ็นต์

แป้งชุบทอดที่ไม่เติมสารให้ความคงตัวมีปริมาณการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการทอดสูงสุด คือ 18.61±0.97 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.7) ขณะที่ปีกไก่ที่ชุบแป้งชุบทอดที่เติมกัวกัมและแซนแทนกัมตั้งแต่ 0.05 ถึง 0.2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก มีปริมาณการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการทอดอยู่ในช่วง 18.16±0.58 ถึง 15.74±0.83 เปอร์เซ็นต์ กัวกัมหรือแซนแทนกัมช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการทอด ($p \leq 0.05$) ซึ่ง แซนแทนกัมให้ผลดังกล่าวชัดเจนกว่ากัวกัม การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการทอดจะลดลงเมื่อมีการใช้สารให้ความคงตัวเพิ่มขึ้น การใช้กัวกัมมีการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการทอดตั้งแต่ 18.16±0.58 ถึง 17.10±0.42 เปอร์เซ็นต์ และการใช้แซนแทนกัมมีการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการทอดตั้งแต่ 16.71±0.44 เป็น 15.74±0.83 เปอร์เซ็นต์ ตามปริมาณการใช้ตั้งแต่ 0.05 ถึง 0.2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ

แป้งชุบทอดที่เติมกัวกัมและแซนแทนกัมตั้งแต่ 0.05 ถึง 0.2 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณการดูดซับน้ำมันน้อยกว่าแป้งชุบทอดที่ไม่เติมสารให้ความคงตัว (ตารางที่ 4.7) โดยแป้งชุบทอดที่ไม่เติมสารให้ความคงตัวมีการดูดซับน้ำมัน 7.14±0.04 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแป้งชุบทอดที่เติมกัวกัมและแซนแทนกัมมีการดูดซับน้ำมันอยู่ในช่วง 6.65±0.04 ถึง 7.0 0±0.02 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการดูดซับน้ำมันนอกจากจะขึ้นกับอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ทอดแล้วยังขึ้นอยู่กับองค์ประกอบภายในแป้ง เช่น แป้งชุบทอดที่มีสารประเภทเซลลูโลสที่มีสายโซ่โมเลกุลยาวเป็นองค์ประกอบจะช่วยลดการดูดซับน้ำมันได้ (Pinthus *et al.*, 1993) Nussinnovitch (2002) กล่าวว่า สารประเภทกัมมีความสามารถในการอุ้มน้ำไว้ในโครงสร้างได้สูง และลดการดูดซับน้ำมันได้ เนื่องจากคุณสมบัติในการเกิดเจลที่อุณหภูมิสูงและเกิดเป็นชั้นฟิล์มเคลือบผิวอาหารได้ ซึ่งมีส่วนช่วยรักษาความชื้นไม่ให้ระเหยออกไป ในขณะเดียวกันก็ไม่ให้น้ำมันจากภายนอกซึมเข้ามาภายในชิ้นอาหารได้มากนัก จึงทำให้อาหารนั้นดูดซับน้ำมันได้น้อย

ผลของคุณภาพของสีของผลิตภัณฑ์ปีกไก่ชุบแป้งทอดดังแสดงในตารางที่ 4.7 และ ภาพที่ 4.3 พบว่าการเติมกัวกัมและแซนแทนกัมในแป้งชุบทอดมีผลให้ความสว่างของผลิตภัณฑ์ลดลงเมื่อเทียบกับแป้งชุบทอดที่ไม่เติมสารให้ความคงตัว แต่การเติมกัวกัม 0.05 และ 0.2 เปอร์เซ็นต์ และแซนแทนกัม 0.2

เปอร์เซ็นต์ มีผลให้ความสว่างของปีกไก่ชุบแป้งทอดเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ปีกไก่ชุบแป้งทอดที่ชุบน้ำแป้งที่ไม่เติมสารให้ความคงตัว มีค่าความสว่างเท่ากับ 61.65±1.45 ปีกไก่ที่ชุบน้ำแป้งที่เติม กัวกัม 0.05 และ 0.2 เปอร์เซ็นต์ และแซนแทนกัม 0.2 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความสว่างเท่ากับ 62.42±0.80, 63.71±2.01 และ 61.74±0.71 ตามลำดับ ในขณะที่แป้งชุบทอดที่เติมกัวกัม 0.1 และ 0.15 เปอร์เซ็นต์ แซนแทนกัม 0.05, 0.1 และ 0.15 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความสว่างอยู่ในช่วง 58.84±0.82 ถึง 61.16±0.32 เมื่อพิจารณาค่าความเป็นสีแดงและค่าความเป็นสีเหลืองของปีกไก่ชุบแป้งทอด เห็นได้ว่าค่าความเป็นสีแดงและค่าความเป็นสีเหลืองของปีกไก่ชุบแป้งทอดมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยปีกไก่ชุบแป้งทอดมีค่าความเป็นสีแดงอยู่ในช่วง (+)7.20±0.63 ถึง (+)9.28 ±0.19 และค่าความเป็นสีเหลืองอยู่ในช่วง (+)23.60 ± 0.37 ถึง (+)25.84 ±0.48 ซึ่งค่าความเป็นสีแดงและค่าความเป็ฯสีเหลืองของปีกไก่ชุบแป้งทอดมีค่าเป็นบวก และตำแหน่งค่าสีหลักของปีกไก่ทอดมีค่าอยู่ในช่วง 69.15±0.82 ถึง 73.59±0.96 ดังนั้นสีของปีกไก่บนชุบแป้งทอดมีแนวโน้มที่มีสีแดงปนเล็กน้อยและมีสีเหลืองปนอยู่มาก ซึ่งมีสีออกเป็นสีเหลืองทองปนน้ำตาล

การใช้สารให้ความคงตัวในแป้งชุบทอดเพื่อ ควบคุมความหนืด ช่วยในการอุ้มน้ำ ช่วยในการเกิดเจลหรือฟิล์ม และลดการดูดซับน้ำมัน (Suderman and Cunningham, 1983) นอกจากนี้การใช้สตาร์ชดัดแปรยังสามารถควบคุมความหนืดของน้ำแป้งได้ดี แต่สารประเภทกัมจะให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าหรือเท่ากันโดยใช้ในปริมาณการใช้ที่ต่ำกว่าเช่น สตาร์ชดัดแปรมักเติมลงไปประมาณ 5-15 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก แต่สารประเภทกัมจะใช้เพียง 1-3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักเท่านั้น จากคุณสมบัติของสารประเภทกัมที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดี ดังนั้นในสูตรแป้งชุบทอดที่มีสารประเภทกัมเป็นส่วนผสมมักจะต้องใช้น้ำเพิ่มขึ้นจากสูตรปกติเพื่อให้มีความหนืดเท่ากันซึ่งปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นนี้เป็นสิ่งสำคัญเพราะจะมีผลต่อการพองตัวของสตาร์ช (Davis, 1983) เมทิลเซลลูโลสและไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลสสามารถทำให้แป้งชุบทอดมีสีอ่อนลง เพราะสารประเภทกัมจะจับกับน้ำและยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอนไซม์ได้ นอกจากนั้นสีของผลิตภัณฑ์ที่อ่อนจางลงแสดงถึงการดูดซับน้ำมันของผลิตภัณฑ์ที่บริเวณผิวนั้นลดลง (Baik and Mittal, 2003)

ตารางที่ 4.7 คุณภาพด้านกายภาพของแป้งชุบทอดและปีกไก่ชุบแป้งทอดที่ชุบน้ำแป้งที่ แปรปริมาณกัวกัม (GG) และแซนแทนกัม (XG) 0.05, 0.1, 0.15และ 0.2 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)

สูตร	คุณลักษณะน้ำแป้งชุบทอด		คุณลักษณะปีกไก่ชุบแป้งทอด (เปอร์เซ็นต์)			ค่าสีของปีกไก่ชุบแป้งทอด			
	pH	consistency*	coated pickup	cooking loss	oil absorption	L-value	a-value	b-value	hue angle
GG0.05	6.01±0.01^{bc}	0.29±0.01^{b}	25.06±0.07^{d}	18.16±0.58^{ab}	7.07±0.01^{fg}	62.42±0.80^{ab}	(+) 7.93±0.48^{ab}	(+) 25.06±0.44^{ab}	72.45±0.78^{ab}
GG0.10	6.05±0.01^{cd}	0.25±0.01^{e}	25.33±0.10^{d}	17.56±0.91^{abc}	7.00±0.02^{ef}	61.13±1.30^{b}	(+) 8.61±0.87^{ab}	(+) 25.84±0.48^{a}	71.56±1.99^{bc}
GG0.15	6.05±0.01^{d}	0.20±0.01^{f}	27.03±0.26^{c}	17.16±0.56^{bc}	6.87±0.08^{cd}	60.16±1.70^{bc}	(+) 9.23±0.54^{a}	(+) 25.02±0.41^{ab}	69.77±0.78^{cd}
GG0.20	6.05±0.01^{cd}	0.18±0.01^{g}	28.88±0.61^{b}	17.10±0.42^{bc}	6.77±0.08^{b}	63.71±2.01^{a}	(+) 6.93±0.31^{c}	(+) 24.39±0.16^{bc}	74.15±0.58^{a}
XG0.05	6.08±0.01^{ab}	0.28±0.01^{c}	25.22±0.36^{d}	16.71±0.44^{cd}	7.02±0.03^{ef}	61.16±0.32^{b}	(+) 7.61±1.16^{bc}	(+) 24.52±0.73^{bc}	72.80±2.23^{ab}
XG0.10	6.07±0.01^{bc}	0.26±0.00^{d}	26.66±1.02^{c}	16.86±0.27^{cd}	6.94±0.05^{de}	58.84±0.82^{c}	(+) 9.28±0.19^{a}	(+) 24.40±1.04^{bc}	69.15±0.82^{d}
XG0.15	6.08±0.01^{ab}	0.18±0.00^{g}	29.03±0.63^{b}	15.86±0.65^{d}	6.82±0.02^{bc}	60.82±0.98^{bc}	(+) 7.25±0.26^{c}	(+) 23.60±0.37^{c}	72.92±0.57^{ab}
XG0.20	6.07±0.01^{b}	0.16±0.01^{h}	30.66±0.93^{a}	15.74±0.83^{d}	6.65±0.06^{a}	61.74±0.71^{ab}	(+) 7.20±0.63^{c}	(+) 24.41±1.05^{bc}	73.59±0.96^{ab}
control	6.09±0.01^{a}	0.34±0.01^{a}	24.60±0.32^{d}	18.61±0.97^{a}	7.14±0.04^{g}	61.65±1.45^{ab}	(+) 8.45±0.30^{ab}	(+) 25.91±0.83^{a}	71.95±0.09^{ab}

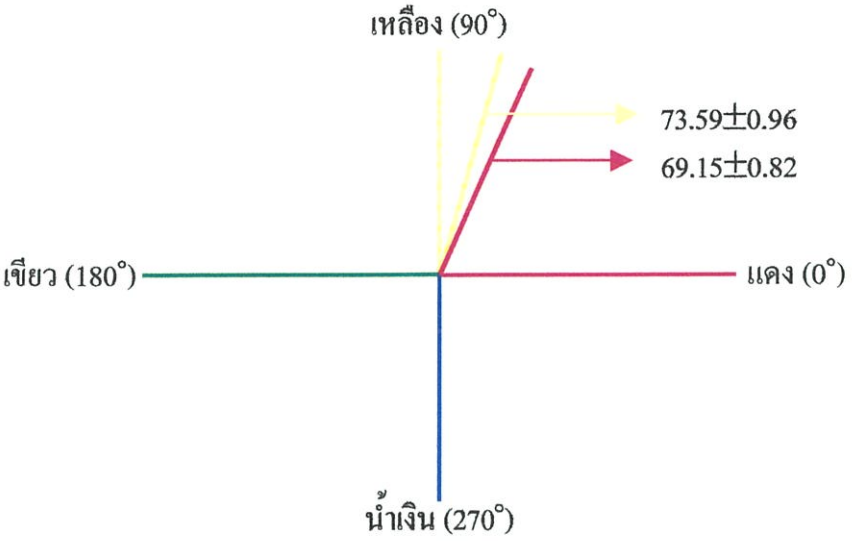
หมายเหตุ

ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ

consistency* = ความข้นหนืด มีหน่วยเป็น เซนติเมตรต่อวินาที

coated pickup = เปอร์เซ็นต์การยึดติดของแป้ง, cooking loss = เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการทอด, oil absorption = เปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำมัน

อักษร a b c d... ตามแนวตั้งที่ไม่เหมือนกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



ภาพที่ 4.3 ตำแหน่งค่าสีหลักของปีกไก่ชุบแป้งทอดที่ชุบน้ำแป้งที่แปรปริมาณกัวกัมและแซนแทนกัม 0.05, 0.1, 0.15และ 0.2 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) มีตำแหน่งค่าสีหลักอยู่ในช่วง 69.15 ± 0.82 ถึง 73.59±0.96

การทดสอบคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของปีกไก่ชุบแป้งทอดแสดงในตารางที่ 4.8 พบว่าการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ทั้งสองชนิดไม่มีผลต่อคุณภาพด้านสี กลิ่น และรสชาติ ($p>0.05$) แต่มีผลต่อความกรอบ ความหนาชั้นแป้ง และความชอบรวม ($p\leq0.05$) โดยผู้ทดสอบให้ค่าคะแนนความชอบของปีกไก่ชุบแป้งทอดด้านสีอยู่ในช่วง 5.38±1.19 ถึง 6.38±0.92 กลิ่นอยู่ในช่วง 5.38±0.52 ถึง 5.88±0.83 และรสชาติอยู่ในช่วง 5.25±1.04 ถึง 5.88 ±0.83 การเติม กัวกัมและแซนแทนกัม 0.05 และ 0.1 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความกรอบสูงสุด โดยมีคะแนนความชอบอยู่ในช่วง 5.88±0.64 และ 6.00±0.53 ตามลำดับ การเติมกัวกัมในแป้งชุบทอดทำให้มีความกรอบมากกว่าการเติมแซนแทนกัม และถ้าเติมกัวกัมและแซนแทนกัมในปริมาณ 0.15 และ 0.2 เปอร์เซ็นต์ ผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มที่จะมีความกรอบลดลงแต่มีความเหนียวเพิ่มขึ้น เนื่องจากสภาพธรรมชาติของกัวกัมและแซนแทนกัมที่เป็นสารให้ความข้นหนืดเมื่อมีการใช้เพิ่มขึ้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นมีความหนืดและเหนียวเพิ่มขึ้น ส่วนคุณภาพด้านความหนาของชั้นแป้งเคลือบ พบว่าแป้งชุบทอดที่เติมกัวกัมและแซนแทนกัมในปริมาณมากทำให้ชั้นแป้งเคลือบมีความหนามาก ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนด้านความชอบโดยรวมที่มีคะแนนลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจน และความชอบโดยรวมลดลงเมื่อใช้กัวกัมและแซนแทนกัมในแป้งชุบทอดเพิ่มขึ้น การเติมไฮโดรคอลลอยด์มีผลอย่างมากต่อการยึดติดของแป้ง ปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ที่เพิ่มขึ้นให้ความหนาของชั้นแป้งเพิ่มตามไปด้วยทำให้ผลิตภัณฑ์มีความกรอบลดน้อยลงแต่มีความเหนียวมากขึ้น เนื่องจากผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในทุกคุณภาพทดสอบที่ค่อนข้างดี ดังนั้นจึงเลือกใช้กัวกัม 0.1 เปอร์เซ็นต์ เป็นส่วนผสมในแป้งชุบทอดเพื่อการศึกษาในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 4.8 ผลการประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของปีกไก่ชุบแป้งทอดที่ชุบน้ำแป้งที่แปรปริมาณกัวกัม (GG) และแซนแทนกัม (XG) 0.05, 0.1, 0.15และ 0.2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

สูตร	คุณภาพด้านประสาทสัมผัส					
	สี^{ns}	กลิ่น^{ns}	รสชาติ^{ns}	ความกรอบ	ความหนาชั้นแป้ง	ความชอบรวม
GG0.05	5.75±0.89	5.88±0.83	5.63±0.52	5.88±0.64^{a}	5.63±0.74^{ab}	5.88±0.83^{ab}
GG0.10	6.38±0.92	5.38±0.52	5.75±0.89	6.00±0.53^{a}	5.50±1.20^{ab}	6.25±0.71^{a}
GG0.15	5.75±1.04	5.38±0.52	5.38±0.74	4.75±0.71^{b}	5.25±0.89^{abcd}	5.50±0.53^{abc}
GG0.20	5.38±1.19	5.50±0.76	5.88±0.83	4.63±0.52^{b}	4.38±0.52^{d}	5.00±0.76^{c}
XG0.05	6.13±0.99	5.63±0.52	5.63±0.92	5.88±0.64^{a}	6.13±0.83^{a}	6.13±0.64^{ab}
XG0.10	5.50±1.07	5.63±0.52	5.25±1.04	5.75±0.69^{a}	5.38±0.92^{abc}	5.00±0.76^{c}
XG0.15	5.38±0.92	5.50±0.53	5.75±1.16	5.00±1.07^{b}	5.13±0.83^{bcd}	5.38±0.52^{bc}
XG0.20	5.63±0.74	5.38±0.52	5.25±0.71	4.63±0.52^{b}	4.50±0.76^{cd}	4.88±0.83^{c}
control	6.00±0.76	5.88±0.64	6.00±0.76	5.25±0.71^{ab}	5.00±0.76^{bcd}	5.63±0.92^{abc}

หมายเหตุ

อักษร a b c d... ตามแนวตั้ง ที่ไม่เหมือนกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.5 ผลการศึกษาคุณภาพความกรอบของปีกไก่ชุบแป้งทอดที่อุณหภูมิ 65±3 องศาเซลเซียส

จากการทดสอบความกรอบของปีกไก่ชุบแป้งทอดที่ชุบน้ำแป้งสูตรที่ปรับปรุงโดยทอดในน้ำมันท่วมที่อุณหภูมิ 175±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 7-8 นาที โดยวัดอุณหภูมิในกลางชิ้นปีกไก่ได้ประมาณ 85 องศาเซลเซียส หลังจากทอดเสร็จสะเด็ดน้ำมันแล้วเก็บรักษาในตู้กระจกสี่เหลี่ยมขนาด 40x60x85 เซนติเมตร ภายใต้แสงไฟที่ได้จากหลอดไฟอินแคนเดสเซนต์ ที่ควบคุมอุณหภูมิ 65±3 องศาเซลเซียส จากนั้นสุ่มตัวอย่างปีกไก่ชุบแป้งทอดวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัสและทดสอบคุณภาพความกรอบด้านประสาทสัมผัสทุกๆ 5 นาทีเป็นระยะเวลานาน 60 นาที จากการวัดเนื้อสัมผัสสามารถอ่านค่าจากกราฟได้ 3 ค่าได้แก่ ความชัน (slope) มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิเมตร ซึ่งแสดงถึงความกรอบ ค่าแรงกระทำสูงสุด (peak force) มีหน่วยเป็นกรัม แสดงถึงความเปราะหรือการแตกหัก (fracturibility) และพื้นที่ใต้กราฟ (area) มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิเมตร แสดงถึงงานที่ใช้ (work) ในการพิจารณาผลด้านความกรอบของปีกไก่ชุบแป้งทอดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 65±3 องศาเซลเซียส จึงอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะประสาทสัมผัสด้านความกรอบด้วยวิธีการให้สเกลความเข้มข้นที่ขึ้นกับระยะเวลา (Time intensity) ร่วมกับการตรวจสอบโดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส

ตารางที่ 4.9 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพประสาทสัมผัส (subjective test) ด้านความกรอบกับการทดสอบโดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (objective test) ของปีกไก่ชุบแป้งทอดที่เก็บภายใต้แสงไฟที่ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 65±3 องศาเซลเซียส

ลักษณะที่ทดสอบ	Correlation (r) [1/]		
	Peak [2/]	Area [2/]	Slope [2/]
ความกรอบ	-0.785	-0.494	0.480

หมายเหตุ

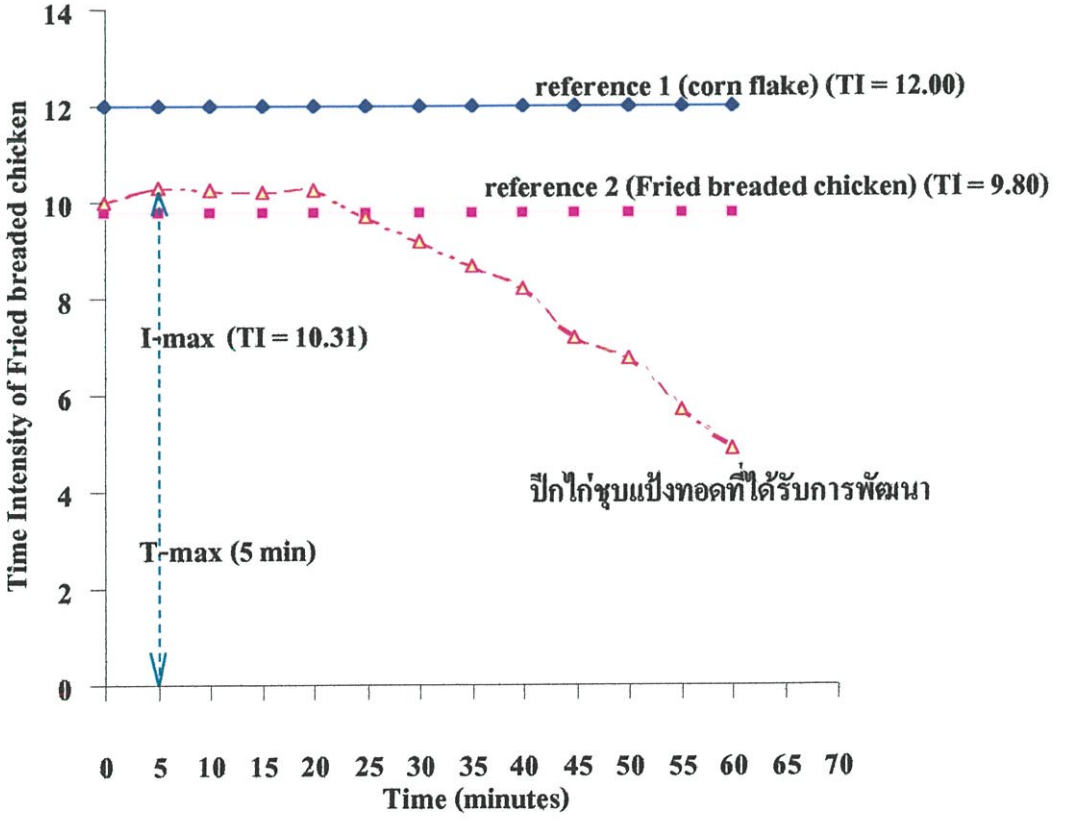
1/ ทำการทดลองกับปีกไก่ชุบแป้งทอดที่เก็บภายใต้แสงไฟที่ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 65 ±3 องศาเซลเซียส แล้วทดสอบคุณภาพด้านความกรอบทุกๆ 5 นาที เป็นระยะเวลานาน 60 นาที

2/ Peak = ค่าแรงกระทำสูงสุด (กรัม), Area = พื้นที่ใต้กราฟ (กรัมต่อมิลลิเมตร), Slope = ความชัน (กรัมต่อมิลลิเมตร)

จากตารางที่ 4.9 เห็นได้ว่าเมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงกระทำสูงสุด พื้นที่ใต้กราฟ และความชัน ที่ได้จากกราฟทั้ง 3 ค่า กับค่าความกรอบของปีกไก่ชุบแป้งทอดที่ได้จากการประเมินของผู้ทดสอบด้านประสาทสัมผัสด้วยวิธีการให้คะแนนตามสเกลความเข้มข้นที่ขึ้นกับระยะเวลา (ภาพที่ 4.4) พบว่าค่าแรงกระทำสูงสุดหรือค่าแตกหักซึ่งได้จากค่า peak force มีความสัมพันธ์มากที่สุดกับการประเมินด้านประสาทสัมผัส ถ้าพิจารณาค่าความสัมพันธ์เพียงอย่างเดียวจะพบว่าค่าสหสัมพันธ์มีค่าค่อนข้างสูง คือ –0.785 ซึ่งความสัมพันธ์ที่เป็นไปในทางลบหมายความว่า ถ้าค่าการแตกหักสูง (ค่าแรงกระทำสูงสุดมีค่ามาก) ผู้ทดสอบด้านประสาทสัมผัสจะให้คะแนนความกรอบของปีกไก่ชุบแป้งทอดน้อย (ตารางที่ 4.10) เมื่อพิจารณาร่วมกับลักษณะการแตกหักที่เกิดขึ้นซึ่งเป็นการใช้แรงมากที่สุดในครั้งแรกที่ทำให้เกิดการแตกหัก พบว่าการใช้ค่าการแตกหักมีความเหมาะสมในการศึกษาเรื่องความกรอบโดยตัวอย่างที่มีค่าการแตกหักสูงย่อมมีเนื้อสัมผัสที่เปราะ แต่ในการพิจารณาว่าตัวอย่างนั้นมีลักษณะกรอบเปราะหรือกรอบแข็งจะต้องใช้ความชันมาพิจารณาประกอบร่วมด้วย เช่นตัวอย่างที่มีค่าความชันสูงและมีค่าแรงกระทำสูงสุดมีค่าน้อยแสดงถึงผลิตภัณฑ์นั้นมีเนื้อสัมผัสกรอบเปราะ สำหรับตัวอย่างที่มีค่าความชันสูงและค่าแรงกระทำสูงสุดมีค่ามากแสดงถึงผลิตภัณฑ์นั้นมีเนื้อสัมผัสแบบกรอบแข็ง หรือถ้าค่าแรงกระทำสูงสุดเท่ากันตัวอย่างที่มีค่าความชันสูงกว่าจะมีเนื้อสัมผัสที่กรอบกว่า ดังนั้นในการศึกษาเรื่องความกรอบของปีกไก่ชุบแป้งทอดจึงเลือกใช้เฉพาะค่าแรงกระทำสูงสุดหรือค่าการแตกหักซึ่งหาได้จาก peak force และค่าความชันประกอบการพิจารณา ดังแสดงในตารางที่ 4.10

การประเมินคุณภาพประสาทสัมผัสด้านความกรอบของปีกไก่ชุบแป้งทอดใช้การทดสอบคุณภาพด้านความกรอบโดยวิธีการให้คะแนนของสเกลความเข้มข้น (ในที่นี้คือความกรอบ) ที่ขึ้นกับระยะเวลา โดยใช้สเกลความเข้มข้น 15 เซนติเมตร และกำหนดให้ใช้ คอนเฟลก (Corn Flakes, Kellogg's Corn Flakes Cereal) และปีกไก่ชุบแป้งทอด (สูตรน้ำแป้งจาก Thai Food Coatings Co., Ltd.) เป็นตัวเทียบมาตรฐานโดยมีคะแนนเทียบความกรอบจากการทดสอบเบื้องต้นเท่ากับ 12 และ 9.8 ตามลำดับ

จากนั้นทดสอบปีกไก่ชุบแป้งทอดที่วางใต้หลอดไฟที่ให้ความร้อน ตั้งแต่นาทีที่ 0 จนถึงนาทีที่ 60 พบว่าปีกไก่ชุบแป้งทอดที่ทอดมีค่าคะแนนความกรอบเริ่มต้นเท่ากับ 10 และในช่วงระยะเวลา 20 นาทีแรกของการทดสอบปีกไก่ชุบแป้งทอดมีคะแนนความกรอบเท่ากับ 10 ถึง 10.31 ซึ่งสูงกว่าค่าคะแนนความกรอบของปีกไก่ชุบแป้งทอดที่ใช้เป็นตัวเทียบมาตรฐาน ค่าคะแนนความกรอบของผลิตภัณฑ์มีคะแนนสูงสุดเมื่อผลิตภัณฑ์เก็บนาน 5 นาทีหลังการเก็บใต้แสงไฟที่ให้ความร้อน และค่าคะแนนความกรอบจะเริ่มลดลงเมื่อเวลาผ่านไปนาน 20 นาทีและมีค่าคะแนนลดลงอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งนาทีที่ 60 มีค่าคะแนนความกรอบเพียง 4.89 เห็นได้ว่าปีกไก่ชุบแป้งทอดที่ชุบน้ำแป้งสูตรปรับปรุงมีคะแนนความกรอบเริ่มต้นมากกว่าปีกไก่ที่ชุบน้ำแป้งทางการค้า และสามารถรักษาความกรอบภายใต้หลอดไฟที่ให้ความร้อนได้นาน 20 นาที ในการยอมรับคุณภาพความกรอบของปีกไก่ชุบแป้งทอดผู้ทดสอบยังให้การยอมรับได้เมื่อปีกไก่มีระยะเวลาการเก็บนานประมาณ 30 นาที แต่หลังจากนั้นผู้ทดสอบส่วนใหญ่จะปฏิเสธปีกไก่ชุบแป้งทอดเนื่องจากปีกไก่ชุบแป้งทอดมีความกรอบลดลง เป็นผลเนื่องจากในขั้นตอนการผลิตมีการใช้แป้งคลุกก่อนชุบน้ำแป้ง ซึ่งมีส่วนช่วยป้องกันการสูญเสียความชื้นของอาหารในกระบวนการทอดและยังทำให้เนื้อสัมผัสของอาหารและชั้นแป้งมีเนื้อสัมผัสดีขึ้น จากนั้นความกรอบจะมีค่าลดลงเนื่องจากความชื้นภายในชิ้นไก่ที่มีอยู่มีการระเหยออกสู่ชั้นแป้งเมื่อเวลาผ่านไปทำให้แป้งชุบทอดดูดความชื้นได้เพิ่มขึ้นทำให้มีความกรอบลดลง



ภาพที่ 4.4 กราฟการประเมินคุณภาพความกรอบของปีกไก่ชุบแป้งทอดด้านประสาทสัมผัสด้วยวิธีการให้คะแนนตามสเกลความเข้มข้นที่ขึ้นกับระยะเวลา (Time intensity)

จากการประเมินคุณภาพความกรอบโดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส ในการพิจารณาจะใช้ค่าแรงกระทำสูงสุดร่วมกับค่าความชันเพื่อประเมินความกรอบของปีกไก่ชุบแป้งทอด จากตารางที่ 4.10 เห็นได้ว่าปีกไก่ชุบแป้งทอดมีค่าแรงกระทำสูงสุดอยู่ในช่วง 891.68±67.73 ถึง 1182.43 ±116.51 และมีค่าความชันอยู่ในช่วง 69.46±3.89 ถึง 93.70±21.37 เมื่อพิจารณาในช่วง 20 นาทีแรกของการประเมินคุณภาพด้านความกรอบ พบว่าค่าแรงกระทำสูงสุดมีค่าอยู่ในช่วง 891.68±67.73 ถึง 952.65 ±48.64 และนาทีที่ 25 จนถึงนาทีที่ 60 มีค่าแรงกระทำสูงสุดเท่ากับ 962.81±40.43 ถึง 1182.43±116.51 เมื่อพิจารณาจากค่าแรงกระทำสูงสุดสามารถอธิบายได้ว่าในช่วงเวลาเริ่มต้นจะมีการใช้แรงกระทำน้อย และเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นค่าแรงกระทำสูงสุดที่มีค่าน้อยแสดงว่าผลิตภัณฑ์มีความกรอบและเมื่อค่าแรงเพิ่มขึ้นแสดงถึงตัวอย่างนั้นมีความกรอบลดลง เมื่อพิจารณาค่าแรงกระทำสูงสุดร่วมกับค่าความชันเพื่อหาลักษณะความกรอบของปีกไก่ชุบแป้งทอดสามารถสรุปได้ว่าลักษณะของปีกไก่ชุบแป้งทอดมีความกรอบแบบกรอบเปราะ

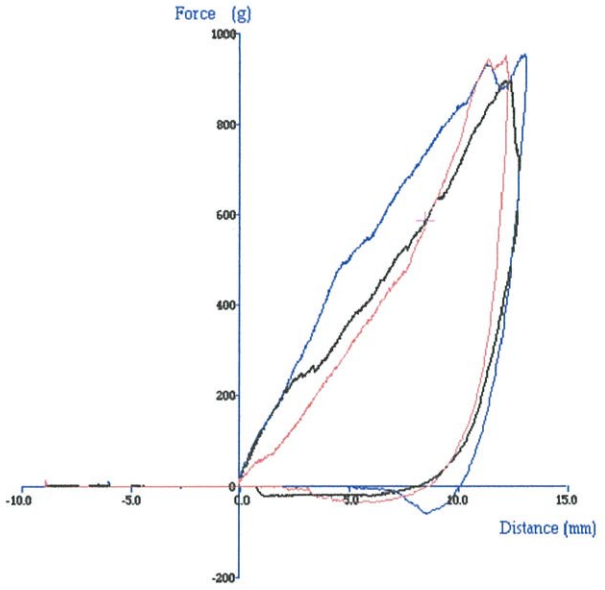
ตารางที่ 4.10 การประเมินคุณภาพประสาทสัมผัสด้านความกรอบ ค่าแรงกระทำสูงสุด และค่าความชันของปีกไก่ชุบแป้งทอดที่เก็บภายใต้แสงไฟที่อุณหภูมิ 65±3 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ความกรอบ (คะแนน)	ค่าแรงกระทำสูงสุด (กรัม)	ความชัน (กรัม/มิลลิเมตร)
0	10.00	925.87±33.78 ^{ef}	71.93±2.39 ^{c}
5	10.31	919.62±43.94 ^{ef}	69.46±3.89 ^{c}
10	10.27	952.65±48.64 ^{cdef}	76.62±13.47 ^{bc}
15	10.21	891.68±67.73 ^{f}	69.62±7.25 ^{c}
20	10.25	931.32±39.01 ^{def}	78.30±15.05 ^{abc}
25	9.70	962.81±40.43 ^{cdef}	78.07±13.28 ^{abc}
30	9.19	978.04±29.07 ^{cdef}	79.50±11.79 ^{abc}
35	8.69	999.01±38.50 ^{cde}	76.53±5.50 ^{bc}
40	8.21	1019.07±96.09 ^{bcd}	78.42±13.93 ^{abc}
45	7.19	1030.65±45.41 ^{bc}	80.22±11.29 ^{abc}
50	6.75	1101.54±111.39 ^{ab}	83.88±9.63 ^{abc}
55	5.70	1134.21±106.66 ^{a}	93.24±18.99 ^{ab}
60	4.89	1182.43±116.51 ^{a}	93.70±21.37 ^{a}

หมายเหตุ

อักษร a b c d... ตามแนวตั้ง ที่ไม่เหมือนกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการวัดเนื้อสัมผัสของปีกไก่ชุบแป้งทอดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 65±3 องศาเซลเซียส เมื่อพิจารณาลักษณะกราฟเนื้อสัมผัสของปีกไก่ชุบแป้งทอดร่วมกับลักษณะของชั้นนอกที่เป็นแป้งชุบทอดและชั้นในที่เป็นเนื้อไก่นั้นพบว่ามีความสัมพันธ์กับลักษณะการเคลือบชั้นปีกไก่กับแป้งชุบทอดได้ดังภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 ลักษณะกราฟเนื้อสัมผัสของปีกไก่ชุบแป้งทอด

จากภาพที่ 4.5 กราฟรูปแบบที่ 1 (เส้นสีดำ) ลักษณะกราฟจะมีความชันเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยอาจพบว่ามีรอยหยักเล็กๆ มากหรือน้อย ซึ่งบางครั้งอาจไม่มีเลยและกราฟจะชันขึ้นไปจนถึงระยะทางที่กำหนดไว้ในการทดลอง (ระยะทางที่หัววัดกดลงไป) ซึ่งจากกราฟแบบนี้แสดงถึงปีกไก่ชุบแป้งทอดมีปริมาณการยึดติดน้อยทำให้ชั้นแป้งเคลือบติดเนื้อไก่น้อยและเป็นการเคลือบแบบบางและภายหลังการทอดชั้นแป้งจะอยู่แนบติดกับผิวอาหาร บางครั้งในการวิเคราะห์ข้อมูลโปรแกรมวิเคราะห์ไม่สามารถตรวจวัดจุดสูงสุดของกราฟที่เกิดจากรอยหยักนั้นได้ทำให้การวิเคราะห์ทำได้ยากเนื่องจากไม่สามารถแยกแยะบริเวณกราฟที่เป็นชั้นของแป้งเคลือบและชั้นของชิ้นเนื้อไก่ด้วยรอยหยักนั้นได้ สำหรับกราฟแบบที่ 2 (เส้นสีน้ำเงิน) ลักษณะกราฟจะมีความชันขึ้นไปถึงจุดๆ หนึ่งแล้วค่าแรงกระทำจะลดลงมากและจะค่อยๆ สูงขึ้นมาอีกจนกระทั่งถึงระยะทางที่กำหนดไว้ในการทดลอง กราฟแบบนี้แสดงถึงปีกไก่ชุบแป้งทอดมีปริมาณการยึดติดของแป้งมากและมีการพองตัวในระหว่างการทอดสูงซึ่งชั้นแป้งจะไม่แนบสนิทกับผิวของเนื้อไก่ทำให้มีระยะห่างระหว่างชั้นแป้งกับเนื้อไก่ค่อนข้างมาก เมื่อหัววัดเจาะทะลุชั้นแป้งจึงยังไม่สามารถเคลื่อนที่ไปถึงเนื้อไก่ได้แต่ต้องผ่านที่ว่างระหว่างชั้นแป้งและเนื้อไก่ก่อน ดังนั้นแรงที่กระทำจึงลดลงจนกระทั่งหัววัดสัมผัสกับเนื้อไก่ กราฟจึงมีลักษณะที่ชันขึ้นอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งกราฟสูงสุดจุดแรกจึงเป็นลักษณะเนื้อสัมผัสของชั้นแป้ง ส่วนแรงกระทำจุดที่สองจัดเป็นลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อไก่ซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับเนื้อสัมผัสของชั้นแป้งชุบทอด ส่วนกราฟแบบที่ 3 (เส้นสีแดง) มีลักษณะ

คล้ายกับกราฟแบบที่ 2 แต่ค่าแรงที่ลดลงจะไม่มาก ซึ่งแสดงถึงปีกไก่ชุบแป้งทอดมีการยึดติดของแป้งไม่หนาเกินไปและไม่พองตัวมากเกินไปในขณะทอด สังเกตได้จากจุดกระทำจุดแรกซึ่งแรงกระทำจะลดลงเพียงเล็กน้อยและมีความชันเพิ่มขึ้นอีก แสดงว่าเมื่อหัววัดเจาะทะลุชั้นแป้งเคลือบจะสัมผัสกับเนื้อไก่ทันที ดังนั้นในการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของชั้นแป้งชุบทอดจึงถือเอาจุดแรงกระทำจุดแรก (พีคแรก) เป็นตัวกำหนดเช่นเดียวกับกราฟรูปแบบที่ 2

4.6 ผลการศึกษาคุณภาพของปีกไก่ชุบแป้งทอดชนิดกึ่งสุกเพื่อเก็บที่อุณหภูมิ –10±2 และ-18±2 องศาเซลเซียส

ในการศึกษาเก็บรักษาปีกไก่ชุบแป้งทอดที่ทอดแบบกึ่งสุกและสภาวะการเก็บรักษาที่ต่างกันได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษา โดยบรรจุปีกไก่ชุบแป้งทอดที่ทอดสุกบางส่วนในถุงพลาสติกชนิด Linear Low Density Polyethylene; LLDPE และก่อนที่จะปิดผนึกถุงไล่อากาศออกจากถุงให้เหลือน้อยที่สุดแล้วจึงปิดผนึกด้วยเครื่องปิดผนึก เก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิ -10±2 และ -18 ±2 องศาเซลเซียส แล้วสุ่มตัวอย่างปีกไก่ชุบแป้งทอดวันที่ 7, 14, 21 และ 28 มาวัดเนื้อสัมผัส (ความกรอบ) โดยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส และทดสอบคุณภาพด้านประสาทสัมผัส

จากการวัดเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัสพบว่า ค่าแรงกระทำสูงสุดของปีกไก่ชุบแป้งทอดไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) (แสดงในตารางที่ 4.11) โดยค่าแรงกระทำสูงสุดอยู่ในช่วง 951. 52 ± 101.53 ถึง 1009.97 ±68.49 ซึ่งค่าแรงกระทำสูงสุดนี้ใช้เป็นตัวบ่งบอกถึงการแตกหักของผลิตภัณฑ์ ตัวอย่างที่มีค่าแรงกระทำสูงสุดน้อยย่อมมีเนื้อสัมผัสที่เปราะกว่า ในการพิจารณาค่าการแตกหักสามารถบอกได้ว่าตัวอย่างนั้นมีค่าลักษณะความกรอบเปราะหรือกรอบแข็ง จะต้องใช้ค่าความชันประกอบด้วย จากตารางที่ 4.11 พบว่าค่าความชันของปีกไก่ชุบแป้งทอดไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) ดังนั้นตัวอย่างปีกไก่ชุบแป้งทอดที่นำมาทดสอบนี้จึงน่าจะมีความกรอบตั้งแต่ชนิดกรอบเปราะไปจนถึงกรอบแข็ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของจุดที่วัด เพราะลักษณะโครงสร้างของแป้งชุบทอดที่มีแป้งสาลีเป็นองค์ประกอบจะให้โครงสร้างของชั้นแป้งที่หนาและเนื้อสัมผัสโปร่ง เนื่องจากคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของกลูเตนที่มีความเหนียวและให้ความยืดหยุ่นจึงสามารถเกิดโครงสร้างที่เป็นร่างแหที่ให้ลักษณะเนื้อของแป้งชุบทอดที่มีความหนาและมีปริมาตร จึงต้องใช้แรงกดค่อนข้างมากในการเจาะทะลุชั้นแป้ง

ตารางที่ 4.11 ค่าเนื้อสัมผัสที่วัดโดยเครื่องวัดเนื้อสัมผัสของปีกไก่ชุบแป้งทอดที่ทอดแบบกึ่งสุกแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -10±2 และ -18±2 องศาเซลเซียส นาน 7, 14, 21 และ 28 วัน เปรียบเทียบกับปีกไก่ชุบแป้งทอดที่ทอดแบบครั้งเดียวสุก

ปีกไก่ชุบแป้งทอด	ค่าแรงกระทำสูงสุด (กรัม) ^{ns}	ความชัน (กรัมต่อมิลลิเมตร) ^{ns}
FC	984.00±91.15	125.47±92.06
PC–10C day 7	966.73±85.87	112.37±68.42
PC–10C day 14	951.52±101.53	91.27±12.37
PC–10C day 21	1000.99±87.81	136.41±129.38
PC–10C day 28	970.32±39.53	142.78±150.08
PC–18C day 7	989.95±50.40	146.86±148.61
PC–18C day 14	1009.97±68.49	170.12±154.13
PC–18C day 21	980.81±45.15	146.86±148.60
PC–18C day 28	992.98±55.06	97.46±12.70

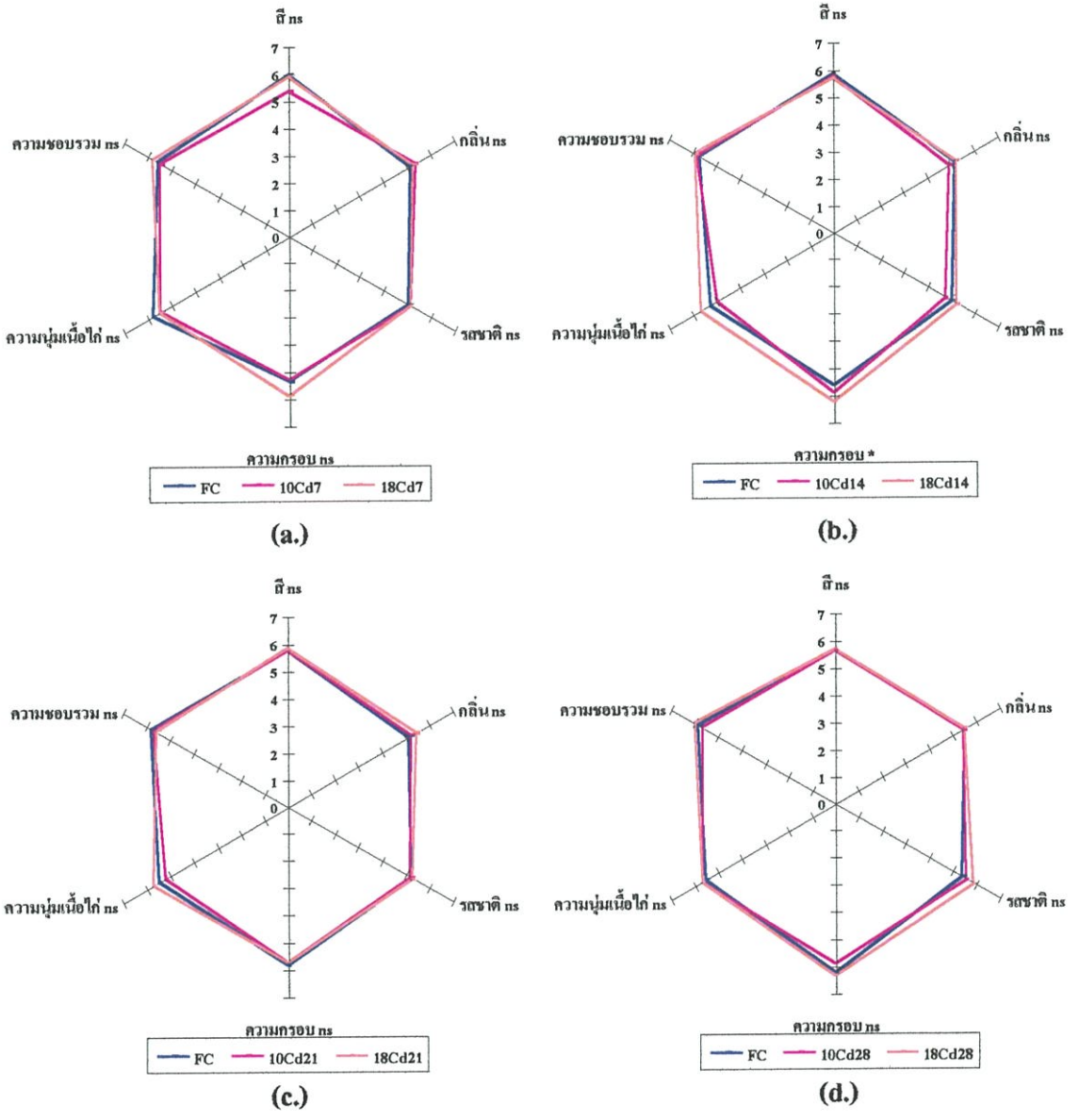
หมายเหตุ

FC = ปีกไก่ชุบแป้งทอดที่ทอดแบบครั้งเดียวสุก

PC = ปีกไก่ชุบแป้งทอดที่ทอดแบบกึ่งสุก

ผลการวิเคราะห์ด้านประสาทสัมผัสด้านการยอมรับปีกไก่ชุบแป้งทอดที่ทอดแบบกึ่งสุกแล้วเก็บที่อุณหภูมิ -10±2 และ -18±2 องศาเซลเซียส นาน 7, 14, 21 และ 28 วัน นำมาทอดสุกแล้วเปรียบเทียบกับปีกไก่ชุบแป้งทอดที่ทอดแบบครั้งเดียวสุกพบว่าทุกคุณภาพการทดสอบ ได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ ความกรอบ ความนุ่มเนื้อไก่ และความชอบโดยรวม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) แสดงดังภาพที่ 4.6 ยกเว้นคุณลักษณะด้านความกรอบของปีกไก่ชุบแป้งทอดที่เก็บรักษานาน 14 วัน ที่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) โดยปีกไก่ชุบแป้งทอดที่ทอดแบบกึ่งสุกและเก็บที่ -18±2 องศาเซลเซียส มีการยอมรับคุณภาพด้านความกรอบมากกว่า ปีกไก่ชุบแป้งทอดที่ทอดแบบครั้งเดียวสุกและที่ทอดสุกบางส่วนและเก็บที่ -10±2 องศาเซลเซียส จากการพิจารณาด้านประสาทสัมผัสร่วมกับการมองพบว่าผู้ทดสอบส่วนใหญ่ให้ความเห็นว่าสีของผลิตภัณฑ์ที่ทอดแบบกึ่งสุกจะมีสีที่คล้ำกว่าแบบทอดครั้งเดียวสุก ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้คาดว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาซึ่งเกิดจากการระเหยของน้ำบริเวณผิวหน้าของผิวผลิตภัณฑ์ ทำให้เกิดรอยไหม้จากกระบวนการแช่แข็ง ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำและเข้มขึ้นหลังจากนำมาทอดซ้ำอีกครั้ง (Krokida *et al.*, 2001) ส่วนคุณภาพด้านอื่นผู้บริโภคให้การยอมรับด้านกลิ่น รสชาติ ความนุ่ม และความชอบโดยรวมในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก ซึ่งปีกไก่ชุบแป้งทอดที่ทอดแบบกึ่งสุกและนำมาทอดซ้ำอีกครั้งและปีกไก่ชุบแป้งทอดที่ทอดแบบครั้งเดียวสุกมีคะแนนการยอมรับในคุณภาพทุกด้านใกล้เคียงกันและผู้

ทดสอบตรวจไม่พบความผิดปกติอื่นๆ แต่จากการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านเคมีกายภาพ ที่มีการเปลี่ยนแปลงนั้นผู้ทดสอบไม่สามารถตรวจวัดได้ทั้งนี้เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนั้นเกิดขึ้นน้อยจนผู้ทดสอบไม่สามารถที่จะตรวจวัดได้



ภาพที่ 4.6 ความชอบด้านประสาทสัมผัสของปีกไก่ชุบแป้งทอดที่ทอดแบบกึ่งสุกแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ –10±2 องศาเซลเซียส (เส้นสีชมพู) และ -18 ±2 องศาเซลเซียส (เส้นสีเหลือง) เปรียบเทียบกับปีกไก่ชุบแป้งทอดที่ทอดแบบครั้งเดียวสุก (เส้นสีน้ำเงิน) เมื่ออายุการเก็บรักษานาน 7 วัน (a), 14 วัน (b), 21 วัน (c), และ 28 วัน(d)

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาคุณภาพความกรอบของปีกไก่บนชุบแป้งทอดสามารถสรุปได้ดังนี้

1. สารละลายหมักปีกไก่ที่ให้คุณภาพของปีกไก่ชุบแป้งทอดดีที่สุดประกอบด้วย โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 2 เปอร์เซ็นต์ เกลือป่น 2 เปอร์เซ็นต์ กระเทียมผง 1 เปอร์เซ็นต์ พริกไทยขาว 1 เปอร์เซ็นต์ เครื่องปรุงแต่งกลิ่นรส 4 เปอร์เซ็นต์ และใช้เวลาในการกวนผสมนาน 60 นาที
2. แป้งชุบทอดที่เหมาะสมประกอบด้วย แป้งสาลี 65.79 เปอร์เซ็นต์ สตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปร 28.95 เปอร์เซ็นต์ สตาร์ชข้าวโพด 5.26 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนักแป้งแห้ง) โดยใช้แป้งแห้งผสมกับน้ำในสัดส่วน 1:1.2 มีปริมาณการยึดติดของแป้ง 24.23 เปอร์เซ็นต์ ผลิตภัณฑ์มีการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการทอด 17.39 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณการดูดซับน้ำมันเพียง 7.01 เปอร์เซ็นต์ ค่าสี L, a, b, และ hue angle เท่ากับ 62.56, (+)9.75, (+)27.23 และ 70.29 มีสีหลังทอดเป็นสีเหลืองทองอมน้ำตาล
3. โซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟต 1.5 และ/หรือ โซเดียมไบคาร์บอเนต 1 เปอร์เซ็นต์ และกัวกัม 0.1 เปอร์เซ็นต์ สามารถช่วยเพิ่มความกรอบให้กับผลิตภัณฑ์ โดยมีการดูดซับน้ำมันเล็กน้อย ผลิตภัณฑ์หลังทอดมีสีเหลืองทองอมน้ำตาล
4. ปีกไก่ชุบแป้งทอดที่ชุบน้ำแป้งที่ได้รับการพัฒนาแล้วสามารถรักษาความกรอบได้นานประมาณ 30 นาที เมื่อเก็บรักษาภายใต้แสงไฟที่ให้ความร้อนที่มีอุณหภูมิ 65$\pm$3 องศาเซลเซียส
5. ระยะเวลาและอุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษาปีกไก่ชุบแป้งทอดชนิดกึ่งสุกไม่มีผลต่อคุณภาพความกรอบและคุณภาพด้านประสาทสัมผัส โดยผู้บริโภคให้ความชอบปีกไก่ชุบแป้งทอดที่แช่แข็งเหมือนกัน

บรรณานุกรม

กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์. 2547. สินค้าส่งออก 10 รายการแรกของไทย. http://www.moc.go.th/thai/dbe

กล้าณรงค์ ศรีรอต และ เถื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2543. เทคโนโลยีของแป้ง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 292 หน้า.

กมลทิพย์ มั่นภักดี. 2542. การดัดแปรสตาร์ชในแป้งข้าวเพื่อทำแป้งผสมสำหรับประกอบอาหารทอดแช่เยือกแข็ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์ดุษฎีบัณฑิต. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพ ฯ.

ดวงเดือน วารีวะนิช. 2543. การผลิตและการเก็บรักษาหอยแมลงภู่ชุบแป้งและขนมปังป่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

ลักขณา ศรชำนิ. 2539. การพัฒนาผลิตภัณฑ์กุ้งชุบแป้งทอดแช่เยือกแข็ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์เกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอาหาร. 2534. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแป้งผสมสำหรับประกอบอาหารทอด (มอก.1028). กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ. 5 หน้า.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2532. ข้าวสาลี: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.

AOAC. 1995. Official Method of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia.

Baik, O.D., and G.S. Mittal. 2003. Kinetics of tofu color changes during deep-fat frying. Labensm. Wiss. U.-Technol. 36: 43-48.

Baixauli, R., T. Sanz, A. Salvador, and S.M. Fiszman. 2003. Effect of the addition of dextrin of dried egg on the rheological and textural properties of batters for fried foods. Food Hydrocolloids. 17: 305-310.

Baker, R.C., J.M. Darfler., and D.V. Vadehra. 1972. Prebrowned fried chicken 2. Evaluation of predust materials. Poultry Sci. 51: 1220-1222.

Burge, R.M. 1992. Functionality of Corn in Food Coating In : Batter and Breading in Food Processing. Kulp, K., and R. Loewe. (eds.) American Association of Cereal Chemists. St. Paul, Minnesota. 29-50.

Chang, C.N., S. Dus, and J.L. Kokini. 1992. Measurement and Interpretation of Batter Rheologycal Properties In: Batter and Breading in Food Processing. Kulp, K. and R. Loewe. (eds.) St. Paul, Minnesota. 199-226

Davis, A. 1983. Batter and Breading Ingredients In : Batter and Breading. Suderman, D.R., and F.E. Cunningham. (eds.) AVI Publishing company.Westport, Connecticut. 15-23.

Dyson, D. 1992. Breadings–What they are and how they are used In : Batter and Breading in Food Processing. Kulp, K., and R. Loewe. (eds.) American Association of Cereal Chemists. St. Paul, Minnesota. 143-152.

Eliasson, A.C. and M. Gudmundsson. 1996. Starch: Physiochemical and Functional Aspects In : Carbohydrates in Food. A.C. Eliasson (ed.). Marcel Dekker, New York.

Farrell, K.T. 1990. Spices, Condiments and Seasonings. 2nd ed. Van Nostrand Reinhold, New York. 414 p.

Firestone, D., R.F. Stier., and M.M. Blumenthal. 1991. Regulation of frying fats and oils. Food Technol. 45(2): 90-94.

Hanson, H.L., and L.R. Fletcher. 1963. Adhesion of coating on frozen fried chicken. Food Technol. 17(11): 793-796.

Hsia, H.Y., D.M. Smith., and J.F. Steffe. 1992. Rheological properties and adhesion characteristics of flour-based batters for chicken nuggets as affected by three hydrocolloids. J. Food Sci. 57(1): 16-18,24.

Hunter, G. 1991. Coating a novel way of selling meat. Asian Pacific Food Industry. October. 62-65.

Hutchison, J., T.H. Smith., and K. Kulp. 1992. Batter and Breading Process Equipment. In : Batter and Breading in Food Processing. Kulp, K., and R. Loewe. (eds.) American Association of Cereal Chemists. St. Paul, Minnesota. 163-176.

Kamel, B.S. and C.E. Stauffer. 1993. Advance in Baking Technology. Blackie Academic and Professional. London.

Krokida. M.K., V. Oreopoulou, Z.B. Maroulis and D. Marinos-Kouris. 2001. Colour changes during deep fat frying. J. Food Eng. 48: 219-225.

Kulp, K., and R. Loewe. 1992. Batter and Breading in Food Processing. American Association of Cereal Chemists. St. Paul, Minnesota. 276 p.

Lajoie, M.S., and M.C. Thomas. 1994. Sodium bicarbonate particle size and neutralization in sponge-dough system. Cereal Food World. 39(9): 684-690.

Lawson, H. 1995. Fat Oil and Fats Technology: Utilization and Nutrition. Chapman and Hall, New York.

Loewe, R. 1993. Role of ingredients in batter system. Cereal Food World. 38(9): 673-677.

Meillgaard, M., G.V. Civille, and B.T. Carr. 1999. Sensory Evaluation Techniques. 3rd ed. CRC Press. LLC.

Mellema, M. 2003. Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods. Food Science and Technology. 14: 364-373.

Meyer, M.A. 1992. Functiomality of Hydrocolloids in Batter Coating System. In : Batter and Breading in Food Processing. Kulp, K. and Loewe, R., (eds.). American Association of Cereal Chemists. St. Paul, Minnesota. 117-141.

Moreira, R.G., J. Palau, V.E. Sweat and X. Sun. 1995. Thermal and physical properties of tortilla chips as a function of frying time. J. of Food Processing and Preservation. 19: 175-189.

Moreira, R.G., X. Sun and Y. Chen. 1997. Factors affecting oil uptake in tortilla chips in deep-fat frying. J. of Food Engineering. 31: 485-498.

Nussinovitch, A. 2002. Hydrocolloid Coating In : Water-Soluble Polymer Application in Food. Blackwell Publishing, Oxford. 29-69.

Olewnik, M., and K. Kulp. 1992. Factors Affection Performance Characteristic of Wheat Flour in Batters In : Batter and Breading in Food Processing. Kulp, K., and R. Loewe. (eds.) American Association of Cereal Chemists. St. Paul, Minnesota. 93-116.

Pinthus, E.J., and I.S. Saguy. 1994. Initial interfacial-tension and oil uptake by deep-fat fried foods. J. of Food Science. 59: 804-807, 823.

Pinthus, E.J., P. Weinberg, and I.S. Saguy. 1993. Criterion for oil uptake during deep-fat frying. J. of Food Science. 58: 204-205, 222.

Roudaut, G., C. Dacrement, B. Vallès Pàmìes, B. Colas, and M. Le Meste. 2002. Crispness: a critical review on sensory and material science approaches. Trends in Food Science and Technology. 13: 217-227.

Rowan, C. 2002. Coating and marinade : Adding value. Food Engineering and Ingredients. February. 27-28.

Saguy, I.S., and E.J. Pinthus. 1995. Oil uptake during deep-fat frying: Factors and mechanism. Food Technol. (April): 142-145,152.

Salvador, A., T. Sanz., and S. Fiszman. 2002. Effect of corn flour, salt and leavening on the texture of fried, battered squid rings. J. Food Sci. 67(2): 730-733.

SAS Institute. 1997. SAS/Stat User's Guide, Version 6.0, 4th ed. SAS Institute Inc., Cary. NC.

SAS Institute. 1999. JMP Demonstration Version 3.2.6 JMP DEMO Edition. SAS Institute Inc., Cary. NC.

Shih, F.F., K.W. Daigle, and E.L. Clawson. 2001. Development of low oil-uptake donuts. J. of Food Sci. 66(1): 141-144.

Suderman, D.R. 1993. Selecting flavorings and seasonings for batter and breading systems. Cereal Food World. 38: 689-693.

Suderman, D.R., and F.E. Cunningham. 1983. Batter and Breading. AVI Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut. 224 p.

Suderman, D.R., J. Wiker., and F.E. Cunningham. 1981. Factor affecting adhesion of coating to poultry skin : Effect of various protein and gum sources in the coating composition. J. Food Sci. 46: 1010-1011.

The U.S. Department of Agriculture. 1997 Chicken fillets and nuggets, chunked and formed, breaded or unbreaded, precooked, individually frozen. A-A-20130A. http://www.ams.usda.gov/fqa/aa20130a.pdi

Underriner, E.W. 1994. Introduction. In : Handbook of Industrial Seasonings. Underriner, E.W., and I.R. Hume. (eds.) Blackie Academic and Professional, London. 1-19.

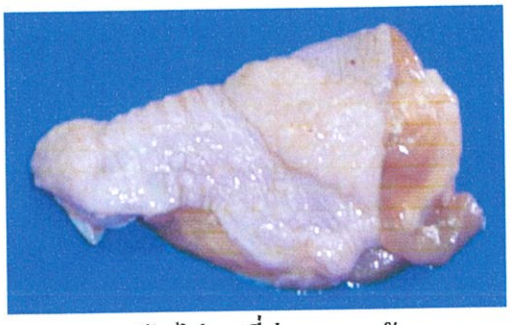
Woelfel, R.L., and A.R. Sams. 2001. Marination performance of pale broiler breast meat. Poultry Sci. 80: 1519-1522.

Young, L.L., C.M. Papa., C.E. Lyon., and R.L. Wilson. 1992. Moisture retention and texture properties of ground chicken meat as affected by sodium tripolyphosphate, ionic strength and pH. J. Food Sci. 57: 1291-1293

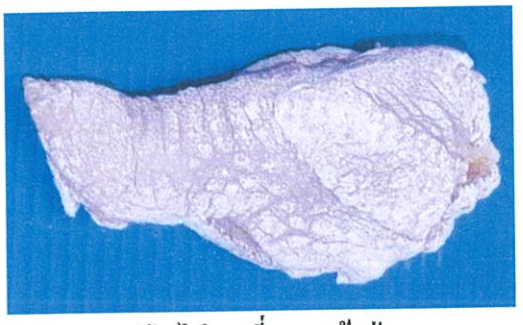
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

รูปภาพจากการทดลอง

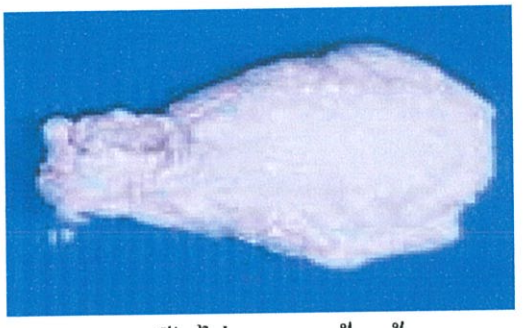


ก1) ปีกไก่บนที่ผ่านการหมัก



ก2) ปีกไก่บนที่คลุกแป้งฝุ่น

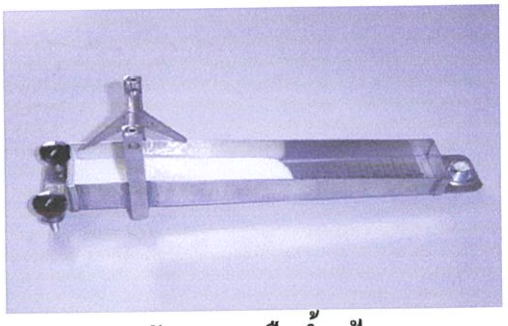
ก3) ปีกไก่บนชุบน้ำแป้ง



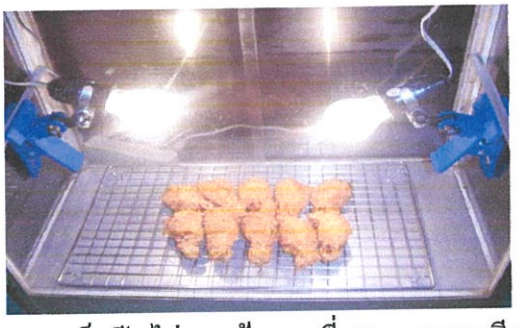
ก4) ปีกไก่บนคลุกแป้งแห้ง

ก5) ปีกไก่บนทอดแบบกึ่งสุก

ก6) ปีกไก่บนทอดสุก

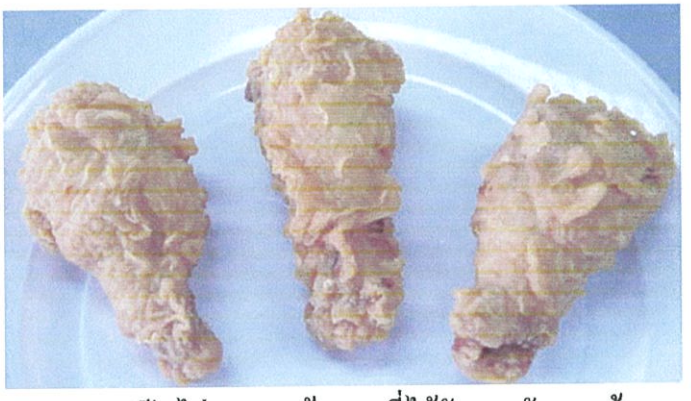


ก7) การวัดความหนืดน้ำแป้ง



ก8) การเก็บปีกไก่ชุบแป้งทอดที่ 65 องศาเซลเซียส

ก9) การวัดเนื้อสัมผัสปีกไก่บนชุบแป้งทอด



ก10) ปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ได้รับการพัฒนาแล้ว

ภาคผนวก ข.

วิธีการวิเคราะห์คุณภาพปีกไก่บนชุบแป้งทอด

วิเคราะห์ไขมัน ตามวิธีของ AOAC : 39.1.08 (1995)

วิธีวิเคราะห์

นำตัวอย่างอาหารไปอบเพื่อกำจัดความชื้นจนได้น้ำหนักคงที่ แล้วชั่งตัวอย่างประมาณ 3-5 กรัม ใส่ลงในทิมเบิล (thimble) ปิดด้านบนด้วยสำลีที่ผ่านการสกัดไขมัน แล้วนำทิมเบิลใส่ลงในชุดวิเคราะห์ไขมัน จากนั้นเติมปิโตรเลียมอีเทอร์ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ลงในถ้วยสกัด (extraction cap) ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน แล้วนำไปต่อเข้ากับชุดวิเคราะห์ไขมัน ทำการสกัดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาให้ระเหยเอาปิโตรเลียมอีเทอร์ออก ทำการระเหยส่วนที่เหลือในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น นำมาชั่งน้ำหนักแล้วคำนวณปริมาณไขมัน

การคำนวณ

$$\text{ไขมัน (ร้อยละต่อน้ำหนักแห้ง)} = \frac{\text{น้ำหนักน้ำมัน (กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างอาหาร (กรัม)}} \times 100$$

วิเคราะห์โปรตีน (ปริมาณไนโตรเจน) ตามวิธีของ AOAC : 39.1.15 (1995)

วิธีวิเคราะห์

ชั่งตัวอย่างอาหารประมาณ 3-5 กรัม ใส่ลงในฟลาสก์สำหรับย่อย เติมตัวเร่งปฏิกิริยาลงไป 1 กรัม แล้วเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้นปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำไปย่อยโดยต่อกับชุดย่อยโปรตีนนานประมาณ 3-5 ชั่วโมง จนกระทั่งได้สารละลายใสหรือไม่มีสี ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วเติมน้ำกลั่นประมาณ 30 มิลลิลิตร นำไปกลั่นโดยเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 30 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร และใช้สารละลายกรดบอริคความเข้มข้นร้อยละ 2 จำนวน 50 มิลลิลิตรที่เติมเมทธิลเรดลงไป 2-3 หยด เป็นตัวรองรับสิ่งที่กลั่นได้ กลั่นจนได้สารละลายประมาณ 250 มิลลิลิตร แล้วจึงนำไปไทเทรตกับสารละลายกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 1 นอร์มัล จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู ให้ทำตัวอย่างเปรียบเทียบ (blank) เช่นเดียวกับตัวอย่าง นำปริมาณสารละลายกรดซัลฟูริกที่ใช้ในการไทเทรตมาคำนวณหาปริมาณโปรตีน (ในรูปปริมาณไนโตรเจน)

การคำนวณ

$$\text{โปรตีน (ร้อยละ)} = \frac{0.0014 \times A \times (B-C) \times 100 \times 6.25}{0.1 \times D}$$

A = ความเข้มข้นของกรดซัลฟูริกที่ใช้ในการไทเทรต

B = ปริมาณกรดซัลฟูริกที่ใช้ในการไทเทรตกับตัวอย่าง

C = ปริมาณกรดซัลฟูริกที่ใช้ในการไทเทรตกับตัวอย่างเปรียบเทียบ (blank)

D = น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ (กรัม)

วิธีวิเคราะห์ความชื้น ตามวิธีของ AOAC : 39.1.02 (B) (1995)

วิธีวิเคราะห์

ชั่งตัวอย่างอาหารที่หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ประมาณ 3-5 กรัม ใส่ลงในภาชนะหาความชื้นที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้วเกลี่ยตัวอย่างให้แผ่ออกอย่างสม่ำเสมอ นำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 2-4 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างไว้ในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักแล้วทำการอบซ้ำจนได้น้ำหนักคงที่ จดบันทึกน้ำหนักที่เหลือแล้วนำมาคำนวณหาปริมาณความชื้น

การคำนวณ

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

การวัดความหนืดปรากฏน้ำแป้ง (Bostwick Fluidity for Batter)

ดัดแปลงวิธีของ Burge, (1992)

อุปกรณ์

1. Bostwick consistometer
2. นาฬิกาจับเวลา
3. Spatula, stainless steel with 6-in. blade

วิธีวิเคราะห์

ชั่งน้ำหนักแป้งผสมชุบทอด 100 กรัม ลงในภาชนะผสมแล้วเติมน้ำตามสูตร ผสมจนส่วนผสมแป้งชุบทอดเป็นน้ำแป้งกระจายตัวเข้ากันดีไม่เป็นก้อน แล้วเทส่วนผสมน้ำแป้งลงในช่องใส่ตัวอย่างในเครื่อง Bostwick consistometer จนเต็มช่องใส่ตัวอย่าง (ประมาณ 50 มิลลิลิตร) แล้วใช้สปาตูลาเกลี่ยบริเวณผิวหน้าให้เรียบสม่ำเสมอกัน จากนั้นเปิดฝาบริเวณช่องใส่ตัวอย่างเพื่อให้น้ำแป้งไหลไปตามรางไหลและเริ่มจับเวลา การอ่านค่าให้อ่านตามระยะทางที่น้ำแป้งไหลไปได้ แล้วรายงานผลที่ได้เป็นระยะทางที่น้ำแป้งไหลไปได้ต่อเวลา 30 วินาที

เปอร์เซ็นต์การยึดติดของแป้ง (coated pickup)

ดัดแปลงวิธีของ Olewnik and Kulp (1992)

วิธีวิเคราะห์

ชั่งน้ำหนักชิ้นเนื้อไก่หลังจากสะเด็ดน้ำโดยทิ้งไว้บนตะแกรงให้แห้งพอหมาด ๆ นานประมาณ 1 นาที นำไปคลุกแป้งฝุ่น ชุบน้ำแป้ง และชุบแป้งแห้ง ตามลำดับ แล้วจึงชั่งหาน้ำหนักของชิ้นเนื้อไก่สุดท้าย

การคำนวณ

ร้อยละของการยึดเกาะติด = $\frac{\text{น้ำหนักหลังชุบแป้ง (กรัม)} - \text{น้ำหนักก่อนชุบแป้ง (กรัม)}}{\text{น้ำหนักหลังชุบแป้ง (กรัม)}} \times 100$

(การชุบแป้งก่อนทอด)

ร้อยละของการยึดเกาะติด = $\frac{\text{น้ำหนักหลังทอด (กรัม)} - \text{น้ำหนักก่อนชุบแป้ง (กรัม)}}{\text{น้ำหนักหลังทอด (กรัม)}} \times 100$

(การชุบแป้งหลังทอด)

ปริมาณที่ได้ (ร้อยละ) = $\frac{\text{น้ำหนักหลังทอด (กรัม)}}{\text{น้ำหนักอาหารก่อนชุบแป้ง (กรัม)}} \times 100$

(% Yield)

เปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำมัน (oil absorption)

ตามวิธีของ Olewnik and Kulp (1992)

สารเคมี

ปิโตรเลียมอีเทอร์ จุดเดือด 40-60 องศาเซลเซียส

วิธีวิเคราะห์

ชั่งชิ้นเคลือบที่เป็นชั้นแป้งที่บดแล้วประมาณ 3-4 กรัม ใส่กระดาษกรองและห่อตัวอย่างแล้วใส่ลงในทิมเบิล ปิดด้านบนด้วยสำลีที่ผ่านการสกัดไขมัน แล้วนำทิมเบิลใส่ลงในชุดวิเคราะห์ไขมัน จากนั้นเติมปิโตรเลียมอีเทอร์ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ลงในถ้วยสกัดที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้วนำไปต่อเข้ากับชุดวิเคราะห์ไขมัน ทำการสกัดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาให้ระเหยเอาปิโตรเลียมอีเทอร์ออกแล้วระเหยส่วนที่เหลือในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น นำมาชั่งน้ำหนักแล้วคำนวณหาปริมาณไขมันที่ถูกดูดซับไว้

การคำนวณ

การดูดซับน้ำมัน (ร้อยละต่อน้ำหนักแห้ง) = $\frac{\text{น้ำหนักของน้ำมัน (กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}} \times 100$

การวัดค่าเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer)

ดัดแปลงวิธีของ Moreira *et al.*, (1995)

นำชิ้นปีกไก่บนชุบแป้งทอดวางบนแท่นของเครื่องวัดเนื้อสัมผัส แล้ววัดเนื้อสัมผัสโดยใช้แรงกด (compression) จากหัวเข็มแบบ SMS P/6 เป็นรูปทรงกระบอกมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร โดยตั้งค่าความสูงของหัวเข็มหลังจากสัมผัสตัวอย่าง (probe height) 40 มิลลิเมตร ความเร็วหัวเข็มก่อนและหลังสัมผัสตัวอย่าง 10 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วหัวเข็มขณะสัมผัสตัวอย่าง 5 มิลลิเมตรต่อวินาที กำหนดให้หัวเข็มทิ่มลงในตัวอย่างลึกไม่เกินร้อยละ 25 ของความหนาตัวอย่าง จากกราฟคำนวณหาค่าความชัน (slope) มีหน่วยเป็น กรัมต่อมิลลิเมตร แสดงถึงความกรอบ (crispness) ค่า peak force มีหน่วยเป็น กรัม แสดงถึงความเปราะ (fracturibility) และพื้นที่ใต้กราฟ (area) มีหน่วยเป็น กรัมต่อมิลลิเมตร แสดงถึงงาน (work) โดยทุกค่าที่คำนวณคิดที่ช่วงเวลาตั้งแต่หัวเข็มเริ่มสัมผัสตัวอย่างจนถึงเวลาที่ทำให้เกิด peak force

ภาคผนวก ค.

แบบประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัส

แบบประเมินการทดสอบด้านประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์ : ปีกไก่บนชุบแป้งทอด

ชื่อผู้ทดสอบชิม_____วันที่_____

คำชี้แจง : ทดสอบชิมผลิตภัณฑ์ทีละตัวอย่างแล้วให้คะแนนความชอบของแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ตามคำอธิบายคะแนนความชอบ

1 = ไม่ชอบมาก
2 = ไม่ชอบปานกลาง
3 = ไม่ชอบเล็กน้อย
4 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ
5 = ชอบเล็กน้อย
6 = ชอบปานกลาง
7 = ชอบมาก

รหัสตัวอย่าง	_____	_____	_____	_____	_____
สีของเนื้อไก่	_____	_____	_____	_____	_____
กลิ่น (เครื่องปรุง-เครื่องเทศ)	_____	_____	_____	_____	_____
รสชาติของเนื้อไก่	_____	_____	_____	_____	_____
ความนุ่มของเนื้อไก่	_____	_____	_____	_____	_____
ความชอบโดยรวม	_____	_____	_____	_____	_____

ข้อเสนอแนะ_____

_____

_____

_____

_____

(แบบประเมินการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการคลุกผสมปีกไก่บนกับสารละลายหมัก)

แบบประเมินการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์ : ปีกไก่บนชุบแป้งทอด

ชื่อผู้ทดสอบชิม_____วันที่_____

คำชี้แจง : ทดสอบชิมผลิตภัณฑ์ทีละตัวอย่างแล้วให้คะแนนความชอบของแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ตามคำอธิบายคะแนนความชอบ

1 = ไม่ชอบมาก	5 = ชอบเล็กน้อย
2 = ไม่ชอบปานกลาง	6 = ชอบปานกลาง
3 = ไม่ชอบเล็กน้อย	7 = ชอบมาก
4 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ	

รหัสตัวอย่าง	_____	_____	_____	_____	_____
สี	_____	_____	_____	_____	_____
ความสม่ำเสมอในการเคลือบ	_____	_____	_____	_____	_____
การยึดเกาะติดผิวอาหาร	_____	_____	_____	_____	_____
ความหนาของชั้นแป้งเคลือบ	_____	_____	_____	_____	_____
ความกรอบของแป้งเคลือบ	_____	_____	_____	_____	_____
ความชอบรวม	_____	_____	_____	_____	_____

ข้อเสนอแนะ_____

_____

_____

_____

_____

แบบประเมินการทดสอบด้านประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์ : ปีกไก่บนชุบแป้งทอด

ชื่อผู้ทดสอบชิม_____วันที่_____

คำชี้แจง : ทดสอบชิมผลิตภัณฑ์ทีละตัวอย่างแล้วให้คะแนนความชอบของแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ตามคำอธิบายคะแนนความชอบ

1 = ไม่ชอบมาก
2 = ไม่ชอบปานกลาง
3 = ไม่ชอบเล็กน้อย
4 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ
5 = ชอบเล็กน้อย
6 = ชอบปานกลาง
7 = ชอบมาก

รหัสตัวอย่าง	_____	_____	_____	_____	_____
สี	_____	_____	_____	_____	_____
กลิ่น (เครื่องเทศ-เครื่องปรุง)	_____	_____	_____	_____	_____
รสชาติ	_____	_____	_____	_____	_____
ความกรอบของชั้นแป้งเคลือบ	_____	_____	_____	_____	_____
ความหนาของชั้นแป้งเคลือบ	_____	_____	_____	_____	_____
ความชอบโดยรวม	_____	_____	_____	_____	_____

ข้อเสนอแนะ_____

_____

_____

_____

_____

(แบบประเมินการศึกษาสูตรที่เหมาะสมของแป้งชุบทอดในการผลิตปีกไก่บนชุบแป้งทอด)

แบบประเมินการทดสอบด้านประสาทสัมผัส
วิธีการให้คะแนนโดยขึ้นกับระยะเวลา (Time intensity)

ผลิตภัณฑ์ : ปีกไก่บนชุบแป้งทอด

ชื่อผู้ทดสอบชิม_____วันที่_____

คำชี้แจง : จงทดสอบความกรอบของ Corn Flakes (ตัวอย่างเทียบมาตรฐาน) แล้วให้คะแนนความกรอบที่ท่านได้รับ จากนั้นทดสอบความกรอบของปีกไก่บนชุบแป้งทอดแล้วให้คะแนนความกรอบโดยเปรียบเทียบกับตัวอย่างเทียบมาตรฐาน

ความกรอบ

ไม่กรอบหรือรู้สึกนิ่ม กรอบปานกลาง กรอบมาก

หมายเหตุ

ขีดเส้นของตัวอย่าง Corn Flakes ให้ใช้สัญลักษณ์ C

ขีดเส้นของตัวอย่างปีกไก่บนชุบแป้งทอดให้ใช้สัญลักษณ์ D

ข้อเสนอแนะ_____

_____

_____

_____

_____

แบบประเมินการทดสอบด้านประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์ : ปีกไก่บนชุบแป้งทอด

ชื่อผู้ทดสอบชิม_____วันที่_____

คำชี้แจง : ทดสอบชิมผลิตภัณฑ์ทีละตัวอย่างแล้วให้คะแนนความชอบของแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ตามคำอธิบายคะแนนความชอบ

1 = ไม่ชอบมาก
2 = ไม่ชอบปานกลาง
3 =ไม่ชอบเล็กน้อย
4 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ
5 = ชอบเล็กน้อย
6 = ชอบปานกลาง
7 = ชอบมาก

รหัสตัวอย่าง	_____	_____	_____
สีของผลิตภัณฑ์	_____	_____	_____
กลิ่น	_____	_____	_____
รสชาติ	_____	_____	_____
ความกรอบของชั้นแป้งเคลือบ	_____	_____	_____
ความนุ่มของเนื้อไก่	_____	_____	_____
ความชอบรวม	_____	_____	_____

ข้อเสนอแนะ_____

_____

_____

_____

_____

ภาคผนวก ง.

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน
และ
ตารางเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ย

ตารางที่ ง.1 วิเคราะห์ความแปร ปรวนทางสถิติด้านเปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำหมัก (marinade absorption) ของปีกไก่บนที่กวนผสมกับสารละลายหมักทางการค้าและสารละลายหมักที่ปรับปรุง ใช้เวลากวนผสมนาน 30, 60, 90 และ 120 นาที

SOV	SS	df	MS	F-value
Treatment	98.99	7	14.14	2.83*
Error	79.83	16	4.99	
Total	178.82	23		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ง.2 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านเปอร์เซ็นต์การยึดติดของชั้นแป้งฝุ่น (predust) ของปีกไก่บนที่กวนผสมกับสารละลายหมักทางการค้าและสารละลายหมักที่ปรับปรุง ใช้เวลากวนผสมนาน 30, 60, 90 และ 120 นาที

SOV	SS	df	MS	F-value
Treatment	1.26	7	0.18	1.02^{ns}
Error	2.81	16	0.18	
Total	4.07	23		

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ ง.3 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านเปอร์เซ็นต์การยึดติดของชั้นน้ำแป้ง (batter) ของปีกไก่บนที่กวนผสมกับสารละลายหมักทางการค้าและสารละลายหมักที่ปรับปรุง ใช้เวลากวนผสมนาน 30, 60, 90 และ 120 นาที

SOV	SS	df	MS	F-value
Treatment	0.73	7	0.10	0.24^{ns}
Error	7.00	16	0.44	
Total	7.73	23		

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ ง.4 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านเปอร์เซ็นต์การยึดติดของชั้นแป้งแห้ง (breader) ของปีกไก่บนที่กวนผสมกับสารละลายหมักทางการค้าและสารละลายหมักที่ปรับปรุง ใช้เวลากวนผสมนาน 30, 60, 90 และ 120 นาที

SOV	SS	df	MS	F-value
Treatment	0.54	7	0.08	0.64^{ns}
Error	1.90	16	0.12	
Total	2.40	23		

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ ง.5 วิเคราะห์ความแปร ปรวนทางสถิติด้านเปอร์เซ็นต์การยึดติดของแป้งบนชิ้นปีกไก่ (coated pickup) ของปีกไก่บนที่กวนผสมกับสารละลายหมักทางการค้าและสารละลายหมักที่ปรับปรุง ใช้เวลากวนผสมนาน 30, 60, 90 และ 120 นาที

SOV	SS	df	MS	F-value
Treatment	2.33	7	0.33	0.36^{ns}
Error	14.79	16	0.92	
Total	17.12	23		

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ ง.6 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของการประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในคุณลักษณะต่างๆ ของปีกไก่บนที่ถวนผสมกับสารละลายหมักทางการค้าและสารละลายหมักที่ปรับปรุง ใช้เวลาถวนผสมนาน 30, 60, 90 และ 120 นาที

SOV	SS	df	MS	F-value
สี				
Treatment	19.55	7	2.79	8.15*
Panelists	4.57	13	0.35	1.03^{ns}
Error	12.00	35	0.34	
Total	36.12	55		
กลิ่น				
Treatment	22.29	7	3.18	7.53*
Panelists	2.92	13	0.22	0.53^{ns}
Error	14.79	35	0.42	
Total	40.00	55		
รสชาติ				
Treatment	17.13	7	2.45	8.09*
Panelists	3.13	13	0.24	0.80^{ns}
Error	10.58	35	0.30	
Total	30.84	55		
ความนุ่มเนื้อไก่				
Treatment	13.64	7	1.95	8.14*
Panelists	4.48	13	0.34	1.44^{ns}
Error	8.38	35	0.24	
Total	26.50	55		
ความชอบรวม				
Treatment	18.21	7	2.60	21.02*
Panelists	3.67	13	0.28	2.28^{ns}
Error	4.33	35	0.12	
Total	26.21	55		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ ง.7 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำแป้ง 19 สูตร

SOV	SS	df	MS	F-value
Treatment	0.51	18	0.03	219.85*
Error	0.005	38	0.0001	
Total	0.52	56		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ง.8 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านค่าความหนืดปรากฏ (viscosity) ของน้ำแป้ง 19 สูตร วัดโดย Bostwick consistometer

SOV	SS	df	MS	F-value
Treatment	9.25	18	0.54	694.51*
Error	0.03	38	0.0007	
Total	9.28	56		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ง.9 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านเปอร์เซ็นต์การยึดติดของแป้งบนชิ้นปีกไก่ (coated pickup) ของปีกไก่บนชุบแป้งทอด 19 สูตร

SOV	SS	df	MS	F-value
Treatment	1657.74	18	92.10	91.48*
Error	38.26	38	1.01	
Total	1696.00	56		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ง.10 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการทอด (cooking loss) ของปีกไก่บนชุบแป้งทอด 19 สูตร

SOV	SS	df	MS	F-value
Treatment	89.15	18	4.96	5.68*
Error	33.16	38	0.87	
Total	122.31	56		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ง.11 วิเคราะห์ความแปร ปรวนทางสถิติด้านเปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำมัน (oil absorption) ของปีกไก่บนชุบแป้งทอด 19 สูตร

SOV	SS	df	MS	F-value
Treatment	28.89	18	1.61	163.08*
Error	0.37	38	0.01	
Total	29.26	56		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ง.12 วิเคราะห์ความแปร ปรวนทางสถิติด้านค่าความสว่าง (L-value) ของปีกไก่บนชุบแป้งทอดจากน้ำแป้ง 19 สูตร

SOV	SS	df	MS	F-value
Treatment	374.12	18	20.78	17.04*
Error	46.35	38	1.22	
Total	420.47	56		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ง.13 วิเคราะห์ความแปร ปรวนทางสถิติด้านค่าความเป็นสีแดง (a-value) ของปีกไก่บนชุบแป้งทอดจากน้ำแป้ง 19 สูตร

SOV	SS	df	MS	F-value
Treatment	88.69	18	4.93	18.97*
Error	9.87	38	0.26	
Total	98.56	56		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ง.14 วิเคราะห์ความแปร ปรวนทางสถิติด้านค่าความเป็นสีเหลือง (b-value) ของปีกไก่บนชุบแป้งทอดจากน้ำแป้ง 19 สูตร

SOV	SS	df	MS	F-value
Treatment	115.56	18	6.42	8.72*
Error	27.97	38	0.74	
Total	143.53	56		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ง.15 วิเคราะห์ความแปร ปรวนทางสถิติด้านตำแหน่งค่าสีหลัก (hue angle) ของปีกไก่บนชุบแป้งทอดจากน้ำแป้ง 19 สูตร

SOV	SS	df	MS	F-value
Treatment	265.50	18	14.18	11.53*
Error	48.61	38	1.28	
Total	314.11	56		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ง.16 ปริมาณแป้งสาลี (WF) (กรัม) ในสูตรผสมแป้งชุบทอด 19 สูตร ที่มีต่อคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในคุณลักษณะต่างๆ ของปีกไก่บนชุบแป้งทอด

WF (กรัม)	คุณภาพด้านประสาทสัมผัส					
	สี ns	กลิ่น	รสชาติ	ความกรอบ	ความหนา	ความชอบรวม
53.19	5.11±1.05	4.89±1.05^{ab}	5.00±1.22^{ab}	4.67±1.32^{abc}	4.78±1.09^{abc}	5.56±0.53^{a}
55.56	5.33±0.91	5.00±1.14^{ab}	5.00±1.28^{ab}	4.28±1.45^{abc}	4.50±1.82^{abc}	5.00±1.14^{ab}
58.07	5.44±1.42	4.33±1.32^{b}	4.11±1.17^{b}	5.11±1.36^{ab}	5.78±0.67^{a}	4.89±1.54^{ab}
58.14	5.56±0.73	5.22±1.04^{ab}	5.56±1.42^{a}	4.44±1.59^{abc}	4.33±1.41^{bc}	5.11±1.05^{ab}
61.54	5.44±1.59	4.78±0.83^{ab}	4.56±1.24^{ab}	3.67±1.41^{c}	4.00±1.80^{c}	4.11±1.17^{b}
62.50	5.06±1.16	5.06±0.80^{ab}	4.61±0.98^{ab}	3.89±1.45^{bc}	4.06±0.94^{c}	4.67±0.84^{ab}
65.79	5.63±1.18	5.48±1.09^{a}	4.93±1.24^{ab}	4.70±1.68^{abc}	4.74±1.97^{abc}	5.15±1.38^{ab}
68.09	5.67±0.87	5.11±1.05^{ab}	4.89±1.54^{ab}	5.00±1.00^{abc}	5.00±1.32^{abc}	5.33±1.12^{a}
69.44	4.83±0.99	4.94±1.26^{ab}	5.00±1.03^{ab}	4.72±1.49^{abc}	4.83±1.34^{abc}	5.11±1.28^{ab}
69.60	5.78±1.11	4.72±1.18^{ab}	5.44±1.25^{a}	5.33±1.41^{a}	5.56±1.20^{ab}	5.61±0.92^{a}
71.11	5.39±1.42	5.17±1.20^{ab}	4.67±1.41^{ab}	4.67±1.50^{abc}	4.44±1.54^{abc}	5.22±1.11^{a}
74.42	4.89±1.05	5.44±1.33^{a}	4.44±1.42^{ab}	4.78±1.72^{abc}	4.56±1.88^{abc}	4.89±1.45^{ab}

หมายเหตุ

อักษร a b c d ตามแนวตั้ง ที่ไม่เหมือนกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$))

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ ง.17 ปริมาณสตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปร (MTS) (กรัม) ในสูตรผสมแป้งชุบทอด 19 สูตร ที่มีต่อคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในคุณลักษณะต่างๆ ของปีกไก่บนชุบแป้งทอด

MTS (กรัม)	คุณภาพด้านประสาทสัมผัส					
	สี ^{ns}	กลิ่น	รสชาติ	ความกรอบ	ความหนา	ความชอบรวม
20.00	5.78±1.11	4.72±1.18^{ab}	5.44±1.25^{a}	5.33±1.41^{a}	5.56±1.20^{ab}	5.61±0.92^{a}
23.41	5.67±0.87	5.11±1.05^{ab}	4.89±1.54^{ab}	5.00±1.00^{abc}	5.00±1.32^{abc}	5.33±1.12^{a}
24.44	5.39±1.42	5.17±1.20^{ab}	4.67±1.41^{ab}	4.67±1.50^{abc}	4.44±1.54^{abc}	5.22±1.11^{a}
25.58	4.89±1.05	5.44±1.33^{a}	4.44±1.42^{ab}	4.78±1.72^{abc}	4.56±1.88^{abc}	4.89±1.45^{ab}
27.50	5.06±1.16	5.06±0.80^{ab}	4.61±0.98^{ab}	3.89±1.45^{bc}	4.06±0.94^{c}	4.67±0.84^{ab}
28.95	5.63±1.18	5.48±1.09^{a}	4.93±1.24^{ab}	4.70±1.68^{abc}	4.74±1.97^{abc}	5.15±1.38^{ab}
30.56	4.83±0.99	4.94±1.26^{ab}	5.00±1.03^{ab}	4.72±1.49^{abc}	4.83±1.34^{abc}	5.11±1.28^{ab}
34.61	5.44±1.59	4.78±0.83^{ab}	4.56±1.24^{ab}	3.67±1.41^{c}	4.00±1.80^{c}	4.11±1.17^{b}
35.48	5.44±1.42	4.33±1.32^{b}	4.11±1.17^{b}	5.11±1.36^{ab}	5.78±0.67^{a}	4.89±1.54^{ab}
38.30	5.11±1.05	4.89±1.05^{ab}	5.00±1.22^{ab}	4.67±1.32^{abc}	4.78±1.09^{abc}	5.56±0.53^{a}
40.00	5.33±0.91	5.00±1.14^{ab}	5.00±1.28^{ab}	4.28±1.45^{abc}	4.50±1.82^{abc}	5.00±1.14^{ab}
41.86	5.56±0.73	5.22±1.09^{ab}	5.56±1.42^{a}	4.44±1.59^{abc}	4.33±1.41^{bc}	5.11±1.05^{ab}

หมายเหตุ

อักษร a b c d ตามแนวตั้ง ที่ไม่เหมือนกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$))

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ ง.18 ปริมาณสตาร์ชข้าวโพด (CS) (กรัม) ในสูตรผสมแป้งชุบทอด 19 สูตร ที่มีต่อคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในคุณลักษณะต่างๆ ของปีกไก่บนชุบแป้งทอด

CS (กรัม)	คุณภาพด้านประสาทสัมผัส					
	สี ns	กลิ่น	รสชาติ	ความกรอบ	ความหนา	ความชอบรวม
0.00	5.28±1.07	5.00±1.21^{ab}	5.15±1.27^{a}	4.89±1.51^{ab}	4.94±1.45^{ab}	5.24±1.16^{a}
3.85	5.44±1.59	4.78±0.83^{ab}	4.56±1.24^{ab}	3.67±1.41^{c}	4.00±1.80^{b}	4.11±1.17^{b}
4.44	5.36±1.17	5.08±1.16^{ab}	4.83±1.34^{ab}	4.47±1.46^{abc}	4.47±1.66^{b}	5.11±1.12^{a}
5.26	5.63±1.18	5.48±1.09^{a}	4.93±1.24^{ab}	4.70±1.68^{abc}	4.74±1.97^{ab}	5.15±1.38^{a}
6.45	5.44±1.42	4.33±1.32^{b}	4.11±1.17^{b}	5.11±1.36^{a}	5.78±0.67^{a}	4.89±1.54^{ab}
8.51	5.39±0.98	5.00±1.03^{ab}	4.94±1.35^{ab}	4.83±1.15^{ab}	4.89±1.18^{ab}	5.44±0.86^{a}
10.00	5.06±1.16	5.06±0.80^{ab}	4.61±0.98^{ab}	3.89±1.45^{bc}	4.06±0.94^{b}	4.67±0.84^{ab}

หมายเหตุ

อักษร a b c d ตามแนวตั้ง ที่ไม่เหมือนกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$))

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ ง.19 ปริมาณน้ำ (WT) (มิลลิลิตร) ที่ใช้ในสูตรผสมน้ำแป้ง 19 สูตร ที่มีต่อคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในคุณลักษณะต่างๆ ของปีกไก่บนชุบแป้งทอด

WT (มิลลิลิตร)	คุณภาพด้านประสาทสัมผัส					
	สี ns	กลิ่น ns	รสชาติ	ความกรอบ	ความหนา	ความชอบรวม
100	5.39±1.22	5.02±1.12	4.76±1.36^{ab}	4.46±1.44^{b}	4.56±1.53^{bc}	5.06±1.20^{ab}
110	5.35±1.03	5.21±1.02	4.90±1.24^{ab}	4.44±1.54^{b}	4.33±1.61^{bc}	4.94±1.08^{b}
120	5.41±1.31	4.93±1.36	5.37±1.08^{a}	5.44±1.31^{a}	5.78±1.15^{a}	5.74±1.02^{a}
125	5.00±1.41	5.11±0.78	4.78±1.20^{ab}	4.00±1.66^{b}	4.11±0.93^{c}	4.78±0.97^{b}
140	5.39±1.04	4.78±1.26	4.50±1.20^{b}	4.67±1.46^{ab}	5.17±1.38^{ab}	4.83±1.47^{b}

หมายเหตุ

อักษร a b c d ตามแนวตั้ง ที่ไม่เหมือนกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ ง.20 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำแป้งชุบทอดที่แปรปริมาณโซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟตและโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.5, 1 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)

SOV	SS	df	MS	F-value
Treatment	12.75	6	2.13	11746*
Error	$2.53x10^{3}$	14	$1.81x10^{4}$	
Total	12.76	20		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ ง.21 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านค่าความหนืดปรากฏของน้ำแป้งชุบทอดที่แปรปริมาณโซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟตและโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.5, 1 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)

SOV	SS	df	MS	F-value
Treatment	$7.98x10^{3}$	6	$1.33x10^{3}$	55.87*
Error	$3.33x10^{4}$	14	$2.38x10^{5}$	
Total	$8.31x10^{3}$	20		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ตารางที่ ง.22 วิเคราะห์ความแปร ปรวนทางสถิติด้านเปอร์เซ็นต์การยึดติดของแป้งบนชิ้นปีกไก่ (coated pickup) ของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ชุบน้ำแป้งที่แปรปริมาณโซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟตและโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.5, 1 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)

SOV	SS	df	MS	F-value
Treatment	0.03	6	$4.28x10^{3}$	0.60^{ns}
Error	1.00	14	$7.13x10^{2}$	
Total	1.03	20		

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p> 0.05$)

ตารางที่ ง.23 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการทอด (cooking loss) ของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ชุบน้ำแป้งที่แปรปริมาณโซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟตและโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.5, 1 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)

SOV	SS	df	MS	F-value
Treatment	14.73	6	2.45	1.35*
Error	25.38	14	1.81	
Total	40.11	20		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ง.24 วิเคราะห์ความแปร ปรวนทางสถิติด้านเปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำมัน (oil absorption) ของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ชุบน้ำแป้งที่แปรปริมาณโซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟตและโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.5, 1 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)

SOV	SS	df	MS	F-value
Treatment	3.06	6	0.51	105.46*
Error	0.07	14	0.005	
Total	3.13	20		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ง.25 วิเคราะห์ความแปร ปรวนทางสถิติด้านค่าความสว่าง (L-value) ของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ชุบน้ำแป้งที่แปรปริมาณโซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟตและโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.5, 1 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)

SOV	SS	df	MS	F-value
Treatment	122.67	6	20.44	9.73*
Error	29.41	14	2.10	
Total	152.07	20		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ง.26 วิเคราะห์ความแปร ปรวนทางสถิติด้านค่าความเป็นสีแดง (a-value) ของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ชุบน้ำแป้งที่แปรปริมาณโซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟตและโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.5, 1 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)

SOV	SS	df	MS	F-value
Treatment	17.63	6	2.94	9.22*
Error	4.46	14	0.32	
Total	22.09	20		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ง.27 วิเคราะห์ความแปร ปรวนทางสถิติด้านค่าความเป็นสีเหลือง (b-value) ของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ชุบน้ำแป้งที่แปรปริมาณโซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟตและโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.5, 1 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)

SOV	SS	df	MS	F-value
Treatment	22.71	6	3.79	2.82*
Error	18.81	14	1.34	
Total	41.52	20		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ง.28 วิเคราะห์ความแปร ปรวนทางสถิติด้านตำแหน่งค่าสีหลัก (hue angle) ของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ชุบน้ำแป้งที่แปรปริมาณโซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟตและโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.5, 1 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)

SOV	SS	df	MS	F-value
Treatment	72.59	6	12.10	6.73*
Error	25.17	14	1.80	
Total	97.76	20		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ง.29 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของการประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในคุณลักษณะต่างๆ ของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ชุบน้ำแป้งที่แปรปริมาณโซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟตและโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.5, 1 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)

SOV	SS	df	MS	F-value
สี				
Treatment	7.90	6	1.32	1.30^{ns}
Panelists	5.24	6	0.87	0.86^{ns}
Error	8.10	8	1.01	
Total	21.24	20		
กลิ่น				
Treatment	6.57	6	1.10	044^{ns}
Panelists	6.86	6	1.14	0.46^{ns}
Error	19.81	8	2.48	
Total	33.24	20		
รสชาติ				
Treatment	1.14	6	0.19	0.12^{ns}
Panelists	5.71	6	0.95	0.62^{ns}
Error	12.29	8	1.54	
Total	19.14	20		
ความกรอบ				
Treatment	5.14	6	0.86	1.50^{ns}
Panelists	7.43	6	1.24	2.17^{ns}
Error	4.57	8	0.57	
Total	17.14	20		
ความหนา				
Treatment	4.57	6	0.76	2.56^{ns}
Panelists	6.29	6	1.05	3.25^{ns}
Error	2.38	8	0.30	
Total	13.24	20		
ความชอบรวม				
Treatment	1.91	6	0.32	0.33^{ns}
Panelists	5.52	6	0.92	0.94^{ns}
Error	7.81	8	0.98	
Total	15.24	20		

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ ง.30 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำแป้งที่แปรปริมาณกัวกัมและแซนแทนกัม 0.05, 0.1, 0.15 และ 0.2 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)

SOV	SS	df	MS	F-value
Treatment	$3.96x10^{3}$	8	$4.95x10^{4}$	8.92*
Error	$1.00x10^{3}$	18	$5.56x10^{5}$	
Total	$4.96x10^{3}$	26		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ง.31 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านค่าความหนืดปรากฏของน้ำแป้งที่แปรปริมาณกัวกัมและแซนแทนกัม 0.05, 0.1, 0.15 และ 0.2 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)

SOV	SS	df	MS	F-value
Treatment	$8.51x10^{2}$	8	$1.06x10^{2}$	319*
Error	$6.00x10^{4}$	18	$3.33x10^{5}$	
Total	$8.567x10^{2}$	26		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ง.32 วิเคราะห์ความแปร ปรวนทางสถิติด้านเปอร์เซ็นต์การยึดติดของแป้งบนชิ้นปีกไก่ (coated pickup) ของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ชุบน้ำแป้งที่แปรปริมาณกัวกัมและแซนแทนกัม 0.05, 0.1, 0.15 และ 0.2 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)

SOV	SS	df	MS	F-value
Treatment	109.95	6	13.74	41.06*
Error	6.03	14	0.34	
Total	115.98	20		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ง.33 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการทอด (cooking loss) ของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ชุบน้ำแป้งที่แปรปริมาณกัวกัมและแซนแทนกัม 0.05, 0.1, 0.15 และ 0.2 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)

SOV	SS	df	MS	F-value
Treatment	21.66	8	2.71	6.14*
Error	7.40	18	0.44	
Total	29.60	26		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ง.34 วิเคราะห์ความแปร ปรวนทางสถิติด้านเปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำมัน (oil absorption) ของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ชุบน้ำแป้งที่แปรปริมาณกัวกัมและแซนแทนกัม 0.05, 0.1, 0.15 และ 0.2 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)

SOV	SS	df	MS	F-value
Treatment	0.59	8	0.07	28.93*
Error	0.05	18	0.003	
Total	0.63	26		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ง.35 วิเคราะห์ความแปร ปรวนทางสถิติด้านค่าความสว่าง (L-value) ของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ชุบน้ำแป้งที่แปรปริมาณกัวกัมและแซนแทนกัม 0.05, 0.1, 0.15 และ 0.2 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)

SOV	SS	df	MS	F-value
Treatment	45.11	8	5.64	3.75*
Error	27.06	18	1.50	
Total	72.16	26		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ง.36 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านค่าความเป็นสีแดง (a-value) ของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ชุบน้ำแป้งที่แปรปริมาณกัวกัมและแซนแทนกัม 0.05, 0.1, 0.15 และ 0.2 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)

SOV	SS	df	MS	F-value
Treatment	18.67	8	2.33	6.40*
Error	6.57	18	0.37	
Total	25.24	26		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ง.37 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านค่าความเป็นสีเหลือง (b-value) ของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ชุบน้ำแป้งที่แปรปริมาณกัวกัมและแซนแทนกัม 0.05, 0.1, 0.15 และ 0.2 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)

SOV	SS	df	MS	F-value
Treatment	13.30	8	1.66	3.60*
Error	8.31	18	0.46	
Total	21.61	26		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ง.38 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านตำแหน่งค่าสีหลัก (hue angle) ของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ชุบน้ำแป้งที่แปรปริมาณกัวกัมและแซนแทนกัม 0.05, 0.1, 0.15 และ 0.2 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)

SOV	SS	df	MS	F-value
Treatment	66.32	8	8.29	6.01*
Error	24.83	18	1.38	
Total	91.15	26		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ง.39 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของการประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในคุณลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ปีกไก่บนทอดที่แปรปริมาณก้วกัมและแซนแทนกัม 0.05, 0.1, 0.15 และ 0.2 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)

SOV	SS	df	MS	F-value
สี				
Treatment	29.50	8	3.69	2.95*
Panelists	43.85	17	2.58	2.06^{ns}
Error	57.53	46	1.25	
Total	130.88	71		
กลิ่น				
Treatment	18.61	8	2.33	1.89^{ns}
Panelists	65.96	17	3.88	3.16^{ns}
Error	56.54	46	1.23	
Total	141.11	71		
รสชาติ				
Treatment	8.78	8	1.10	1.09^{ns}
Panelists	28.63	17	1.68	1.67^{ns}
Error	46.25	46	1.01	
Total	83.66	71		
ความกรอบ				
Treatment	51.86	8	6.48	6.17*
Panelists	20.97	17	1.23	1.17^{ns}
Error	48.16	46	1.05	
Total	120.99	71		
ความหนา				
Treatment	38.28	8	4.78	2.70*
Panelists	26.83	17	1.58	0.89^{ns}
Error	81.55	46	1.77	
Total	146.66	71		
ความชอบรวม				
Treatment	31.94	8	3.99	3.01*
Panelists	17.44	17	1.03	0.77^{ns}
Error	61.06	46	1.33	
Total	110.44	71		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ ง.40 ค่าเนื้อสัมผัสที่วัดโดยเครื่องวัดเนื้อสัมผัสของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบครั้งเดียวสุกแล้วเก็บรักษาภายใต้แสงไฟที่ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 65±3 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ค่าการแตกหัก (กรัม)	พื้นที่ (กรัมต่อมิลลิเมตร)	ความชัน (กรัมต่อมิลลิเมตร)
0	925.87±33.78 ^{ef}	6786.78±1000.62 ^{abc}	71.93±2.39 ^{c}
5	919.62±43.94 ^{ef}	6108.58±764.03 ^{bc}	69.46±3.89 ^{c}
10	952.65±48.64 ^{cdef}	6242.14±872.36 ^{bc}	76.62±13.47 ^{bc}
15	891.68±67.73 ^{f}	5819.36±689.49 ^{c}	69.62±7.25 ^{c}
20	931.32±39.01 ^{def}	6064.65±1317.57 ^{bc}	78.30±15.05 ^{abc}
25	962.81±40.43 ^{cdef}	6156.61±722.83 ^{bc}	78.07±13.28 ^{abc}
30	978.04±29.07 ^{cdef}	6174.44±880.99 ^{bc}	79.50±11.79 ^{abc}
35	999.01±38.50 ^{cde}	6655.83±435.59 ^{abc}	76.53±5.50 ^{bc}
40	1019.07±96.09 ^{bcd}	6813.51±449.44 ^{abc}	78.42±13.93 ^{abc}
45	1030.65±45.41 ^{bc}	7419.47±1380.98 ^{ab}	80.22±11.29 ^{abc}
50	1101.54±111.39 ^{ab}	7741.13±1214.01 ^{a}	83.88±9.63 ^{abc}
55	1134.21±106.66 ^{a}	6725.80±1274.36 ^{abc}	93.24±18.99 ^{ab}
60	1182.43±116.51 ^{a}	7981.68±1620.58 ^{a}	93.70±21.37 ^{a}

สัญลักษณ์ a b c d ตามแนวตั้ง ที่ไม่เหมือนกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ง.41 วิเคราะห์ความแปร ปรวนทางสถิติด้านค่าแรงกระทำสูงสุด (กรัม) จากการวัดโดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัสของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบครั้งเดียวสุกแล้วเก็บรักษาภายใต้แสงไฟที่ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 65±3 องศาเซลเซียส

SOV	SS	df	MS	F-value
Treatment	572147.90	12	47678.989	9.661*
Error	320799	65	4935.37	
Total	892946.90	77		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ง.42 วิเคราะห์ความแปร ปรวนทางสถิติด้านพื้นที่ (กรัมต่อมิลลิเมตร) จากการวัดโดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัสของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบครั้งเดียวสุกแล้วเก็บรักษาภายใต้แสงไฟที่ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 65±3 องศาเซลเซียส

SOV	SS	df	MS	F-value
Treatment	$3.3x10^7$	12	2782238	2.606*
Error	$6.9x10^7$	65	1067610	
Total	$1.0x10^8$	77		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ง.43 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านความชัน (กรัมต่อมิลลิเมตร) จากการวัดโดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัสของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบครั้งเดียวสุกแล้วเก็บรักษาภายใต้แสงไฟที่ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 65±3 องศาเซลเซียส

SOV	SS	df	MS	F-value
Treatment	4118.049	12	343.171	2.167*
Error	10291.409	65	158.329	
Total	14409.457	77		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ง.44 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพประสาทสัมผัส (subjective test) ด้านความกรอบกับการทดสอบโดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (objective test) ของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบกึ่งสุกแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -10±2 และ -18±2 องศาเซลเซียส นาน 7, 14, 21 และ 28 วันวัดโดยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส

ลักษณะที่ทดสอบ	Correlation (r) [1/]		
	Peak [2/]	Area [2/]	Slope [2/]
ความกรอบ	0.162	0.048	0.083

หมายเหตุ

1/ ทำการทดลองกับปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบครั้งเดียวสุก (Fully cooked) และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 65±3 องศาเซลเซียส แล้วทำการวัดความกรอบทุก ๆ 5 นาที เป็นระยะเวลานาน 60 นาที

2/ Peak คือ ค่า peak force มีหน่วยเป็น กรัม, Area คือ พื้นที่ใต้กราฟ มีหน่วยเป็น กรัมต่อมิลลิเมตร, Slope คือ ความชัน มีหน่วยเป็น กรัมต่อมิลลิเมตร

ตารางที่ ง.45 ค่าเนื้อสัมผัสที่วัดโดยเครื่องวัดเนื้อสัมผัสของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบกึ่งสุกแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -10±2 และ -18 ±2 องศาเซลเซียส นาน 7, 14, 21และ 28 วัน เปรียบเทียบกับปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบครั้งเดียวสุก

ปีกไก่บนชุบแป้งทอด	ค่าการแตกหัก (กรัม) ns	พื้นที่ (กรัมต่อมิลลิเมตร) ns	ความชัน (กรัมต่อมิลลิเมตร) ns
FC	984.00±91.15	4638.36±1391.54	125.47±92.06
PC–10C day 7	966.73±85.87	4831.37±1298.33	112.37±68.42
PC–10C day 14	951.52±101.53	5162.71±712.54	91.27±12.37
PC–10C day 21	1000.99±87.81	5201.38±2095.53	136.41±129.38
PC–10C day 28	970.32±39.53	4757.47±1712.91	142.78±150.08
PC–18C day 7	989.95±50.40	4660.63±1631.39	146.86±148.61
PC–18C day 14	1009.97±68.49	4504.21±1847.43	170.12±154.13
PC–18C day 21	980.81±45.15	4741.70±1680.79	146.86±148.60
PC–18C day 28	992.98±55.06	5191.19±1027.71	97.46±12.70

หมายเหตุ

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

FC หมายถึง ปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบครั้งเดียวสุก

PC–10Cหมายถึงปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบกึ่งสุกแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ –10 ±2 องศาเซลเซียส ก่อนนำมาทดสอบ

PC–18Cหมายถึงปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบกึ่งสุกแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ –18 ±2 องศาเซลเซียส ก่อนนำมาทดสอบ

ตารางที่ ง.46 วิเคราะห์ความแปร ปรวนทางสถิติด้านค่าแรงกระทำสูงสุด (กรัม) จากการวัดโดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัสของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบกึ่งสุกแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ –10±2 และ -18±2 องศาเซลเซียส นาน 7, 14, 21 และ 28 วัน เปรียบเทียบกับปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบครั้งเดียวสุก

SOV	SS	df	MS	F-value
Treatment	23593.513	8	2949.189	0.558^{ns}
Error	380512.20	72	5284.892	
Total	404105.7	80		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ง.47 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านพื้นที่ (กรัม มิลลิเมตร) จากการวัดโดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัสของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบกึ่งสุกแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ –10±2 และ -18±2 องศาเซลเซียส นาน 7, 14, 21 และ 28 วัน เปรียบเทียบกับปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบครั้งเดียวสุก

SOV	SS	df	MS	F-value
Treatment	5031270	8	628908.7	0.264^{ns}
Error	$1.7x10^{8}$	72	2378973	
Total	$1.8x10^{8}$	80		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ง.48 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านความชัน (กรัมต่อมิลลิเมตร) จากการวัดโดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัสของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบกึ่งสุกแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ –10±2 และ -18±2 องศาเซลเซียส นาน 7, 14, 21 และ 28 วัน เปรียบเทียบกับปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบครั้งเดียวสุก

SOV	SS	df	MS	F-value
Treatment	47450.48	8	5931.31	0442^{ns}
Error	965218	72	13405.81	
Total	1012669	80		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ง.49 การประเมินความชอบด้านประสาทสัมผัสของปีกไก่บนชุบแป้งที่ทอดแบบกึ่งสุกแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ –10±2 และ -18±2 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน เปรียบเทียบกับปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบทอดครั้งเดียวสุก

	สี^{ns}	กลิ่น^{ns}	รสชาติ^{ns}	ความกรอบชั้นแป้ง^{ns}	ความนุ่มเนื้อไก่^{ns}	ความชอบรวม^{ns}
FC	6.00±0.65	5.13±0.99	5.07±0.70	5.33±0.72	5.80±0.77	5.60±0.74
PC –10C	5.40±0.99	5.40±0.63	5.13±0.83	5.27±0.59	5.47±0.52	5.47±0.52
PC –18C	5.93±0.88	5.27±0.96	5.13±0.83	5.87±0.99	5.53±0.83	5.80±0.68

หมายเหตุ

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

FC หมายถึง ปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบครั้งเดียวสุก

PC–10Cหมายถึงปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบกึ่งสุกแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ –10 ±2 องศาเซลเซียส ก่อนนำมาทดสอบ

PC–18Cหมายถึงปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบกึ่งสุกแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ –18 ±2 องศาเซลเซียส ก่อนนำมาทดสอบ

ตารางที่ ง.50 การประเมินความชอบด้านประสาทสัมผัสของปีกไก่บนชุบแป้งที่ทอดแบบกึ่งสุกแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ –10±2 และ -18±2 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน เปรียบเทียบกับปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบทอดครั้งเดียวสุก

	สี^{ns}	กลิ่น^{ns}	รสชาติ^{ns}	ความกรอบชั้นแป้ง*	ความนุ่มเนื้อไก่^{ns}	ความชอบรวม^{ns}
FC	5.87±0.99	5.20±0.56	5.07±0.59	5.60±0.63b	5.27±0.80	5.73±0.59
PC –10C	5.80±0.94	4.93±1.10	4.80±1.15	5.87±0.83ab	5.00±0.85	5.80±0.68
PC –18C	5.73±1.10	5.27±1.10	5.27±1.03	6.20±0.86a	5.67±0.82	5.93±0.59

หมายเหตุ

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

FC = ปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบครั้งเดียวสุก

PC–10C = ปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบกึ่งสุกแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ –10±2 องศาเซลเซียส ก่อนนำมาทดสอบ

PC–18C = ปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบกึ่งสุกแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ –18±2 องศาเซลเซียส ก่อนนำมาทดสอบ

ตารางที่ ง.51 การประเมินความชอบด้านประสาทสัมผัสของปีกไก่บนชุบแป้งที่ทอดแบบกึ่งสุกแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ –10±2 และ -18±2 องศาเซลเซียส นาน 21 วัน เปรียบเทียบกับปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบทอดครั้งเดียวสุก

	สี[ns]	กลิ่น[ns]	รสชาติ[ns]	ความกรอบชั้นแป้ง[ns]	ความนุ่มเนื้อไก่[ns]	ความชอบรวม[ns]
FC	5.80±0.86	5.13±0.92	5.27±0.70	5.80±0.86	5.47±0.64	5.80±0.86
PC –10C	5.80±0.94	5.27±0.70	5.20±0.56	5.73±0.80	5.20±0.68	5.73±0.59
PC –18C	5.87±0.83	5.47±0.92	5.33±0.82	5.73±0.96	5.73±0.96	5.60±0.74

หมายเหตุ

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

FC = ปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบครั้งเดียวสุก

PC–10C = ปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบกึ่งสุกแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ –10±2 องศาเซลเซียส ก่อนนำมาทดสอบ

PC–18C = ปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบกึ่งสุกแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ –18±2 องศาเซลเซียส ก่อนนำมาทดสอบ

ตารางที่ ง.52 การประเมินความชอบด้านประสาทสัมผัสของปีกไก่บนชุบแป้งที่ทอดแบบกึ่งสุกแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ –10±2 และ -18±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน เปรียบเทียบกับปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบทอดครั้งเดียวสุก

	สี[ns]	กลิ่น[ns]	รสชาติ[ns]	ความกรอบชั้นแป้ง[ns]	ความนุ่มเนื้อไก่[ns]	ความชอบรวม[ns]
FC	5.73±0.80	5.53±0.92	5.40±0.99	6.20±0.94	5.53±0.83	5.87±0.83
PC –10C	5.67±0.98	5.47±0.64	5.60±0.91	5.87±1.06	5.67±0.82	5.67±0.82
PC –18C	5.73±1.03	5.53±0.92	5.93±0.80	6.33±0.72	5.67±0.62	6.00±0.68

หมายเหตุ

FC = ปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบครั้งเดียวสุก

PC–10C = ปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบกึ่งสุกแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ –10±2 องศาเซลเซียส ก่อนนำมาทดสอบ

PC–18C = ไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบกึ่งสุกแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ –18±2 องศาเซลเซียส ก่อนนำมาทดสอบ

ตารางที่ ง.53 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของการประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในคุณลักษณะต่างๆ ของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบกึ่งสุก แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -10 ± 2 และ -18 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน เปรียบเทียบกับปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบครั้งเดียวสุก

SOV	SS	df	MS	F-value
สี				
Treatment	3.244	2	1.622	2.711^{ns}
Panelists	13.778	14	0.984	1.645^{ns}
Error	16.756	28	0.598	
Total	33.776	44		
กลิ่น				
Treatment	0.533	2	0.267	0.483^{ns}
Panelists	16.800	14	1.200	2.172^{ns}
Error	15.467	28	0.552	
Total	32.800	44		
รสชาติ				
Treatment	$4.444x10^{2}$	2	$2.222x10^{2}$	0.078^{ns}
Panelists	18.444	14	1.317	4.637^{ns}
Error	7.956	28	0.284	
Total	26.444	44		
ความกรอบ				
Treatment	3.244	2	1.622	2.711^{ns}
Panelists	9.244	14	0.660	1.103^{ns}
Error	16.756	28	0.598	
Total	29.244	44		
ความนุ่มเนื้อไก่				
Treatment	0.933	2	0.467	0.831^{ns}
Panelists	6.133	14	0.438	0.780^{ns}
Error	15.733	28	0.562	
Total	22.800	44		
ความชอบรวม				
Treatment	0.844	2	0.422	1.060^{ns}
Panelists	6.578	14	0.470	1.179^{ns}
Error	11.156	28	0.398	
Total	18.578	44		

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p> 0.05$)

ตารางที่ ง.54 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของการประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในคุณลักษณะต่างๆ ของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบกึ่งสุก แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -10±2 และ -18±2 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน เปรียบเทียบกับปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบครั้งเดียวสุก

SOV	SS	df	MS	F-value
สี				
Treatment	0.133	2	$6.667x10^{2}$	0.050^{ns}
Panelists	5.867	14	0.419	0.315^{ns}
Error	37.200	28	1.329	
Total	43.200	44		
กลิ่น				
Treatment	0.933	2	0.467	0.601^{ns}
Panelists	16.533	14	1.181	1.521^{ns}
Error	21.733	28	0.776	
Total	39.200	44		
รสชาติ				
Treatment	1.644	2	0.822	0.812^{ns}
Panelists	9.911	14	0.708	0.699^{ns}
Error	28.356	28	1.013	
Total	39.911	44		
ความกรอบ				
Treatment	2.711	2	1.356	3.007*
Panelists	13.111	14	.0937	2.007^{ns}
Error	12.622	28	0.451	
Total	28.444	44		
ความนุ่มเนื้อไก่				
Treatment	3.378	2	1.689	2.293^{ns}
Panelists	7.644	14	0.546	0.741^{ns}
Error	20.622	28	0.737	
Total	31.644	44		
ความชอบรวม				
Treatment	0.311	2	0.156	0.421^{ns}
Panelists	5.911	14	0.422	1.142^{ns}
Error	10.356	28	0.370	
Total	16.578	44		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ ง.55 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของการประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในคุณลักษณะต่างๆ ของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบกึ่งสุก แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -10±2 และ -18±2 องศาเซลเซียส นาน 21 วัน เปรียบเทียบกับปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบครั้งเดียวสุก

SOV	SS	df	MS	F-value
สี				
Treatment	$4.444x10^2$	2	$222x10^2$	0.033^{ns}
Panelists	13.911	14	0.994	1.494^{ns}
Error	18.622	28	0.665	
Total	32.578	44		
กลิ่น				
Treatment	0.844	2	0.422	0.816^{ns}
Panelists	15.911	14	1.137	2.196^{ns}
Error	14.489	28	0.517	
Total	31.244	44		
รสชาติ				
Treatment	0.133	2	$6.667x10^2$	0.141^{ns}
Panelists	7.467	14	0.533	1.131^{ns}
Error	13.200	28	0.471	
Total	20.800	44		
ความกรอบ				
Treatment	$4.444x10^2$	2	$2.222x10^2$	0.029^{ns}
Panelists	10.978	14	0.784	1.031^{ns}
Error	21.289	28	0.760	
Total	32.311	44		
ความนุ่มเนื้อไก่				
Treatment	2.133	2	1.067	1.556^{ns}
Panelists	5.867	14	0.419	0.611^{ns}
Error	19.200	28	0.686	
Total	27.200	44		
ความชอบรวม				
Treatment	0.311	2	0.156	0.266^{ns}
Panelists	6.578	14	0.470	0.804^{ns}
Error	16.356	28	0.589	
Total	23.244	44		

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ ง.56 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของการประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในคุณลักษณะต่างๆ ของปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบกึ่งสุก แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ –10±2 และ -18±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน เปรียบเทียบกับปีกไก่บนชุบแป้งทอดที่ทอดแบบครั้งเดียวสุก

SOV	SS	df	MS	F-value
สี				
Treatment	4.444×10^{2}	2	2.222×10^{2}	0.023^{ns}
Panelists	9.911	14	0.708	0.726^{ns}
Error	27.289	28	0.975	
Total	37.244	44		
กลิ่น				
Treatment	4.444×10^{2}	2	2.222×10^{2}	0.039^{ns}
Panelists	13.244	14	0.946	1.660^{ns}
Error	15.956	28	0.570	
Total	29.244	44		
รสชาติ				
Treatment	2.178	2	1.089	1.245^{ns}
Panelists	9.644	14	0.689	0.788^{ns}
Error	24.489	28	0.875	
Total	36.311	44		
ความกรอบ				
Treatment	1.733	2	0.867	0.948^{ns}
Panelists	9.867	14	0.705	0.771^{ns}
Error	25.600	28	0.914	
Total	37.200	44		
ความนุ่มเนื้อไก่				
Treatment	0.178	2	8.889×10^{2}	0.140^{ns}
Panelists	6.578	14	0.470	0.738^{ns}
Error	17.822	28	0.637	
Total	24.578	44		
ความชอบรวม				
Treatment	0.883	2	0.442	0.825^{ns}
Panelists	10.617	14	0.758	1.417^{ns}
Error	14.450	28	0.535	
Total	25.886	44		

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ประวัติผู้เขียน

นายทนาวุฒิ ปริญญาพัฒนบุตร เกิดวันที่ 30 กันยายน 2521 ที่จังหวัดเชียงราย สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตลำปาง จังหวัดลำปาง เมื่อปี พ.ศ. 2543 และศึกษาต่อในระดับวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต ณ.สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร ในปี พ.ศ. 2544 และสำเร็จการศึกษาในปี พ.ศ. 2547