การพัฒนากรรมวิธีการผลิตแครกเกอร์ปลาทูน่า

Development on Processing of Tuna Cracker

Order Key 21855
BIB Key 161221

เลขหมู่ TX770.C72 V64
เลขทะเบียน 15412 ฉ.2
- 9 ส.ค. 2542

วิภาดา ชัยจะโปะ

Wipada Chaijapo

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Master of Science Thesis in Food Technology

Prince of Songkla University

2542

ชื่อวิทยานิพนธ์ การพัฒนากรรมวิธีการผลิตแครกเกอร์ปลาทูน่า

ผู้เขียน นางสาววิภาดา ชัยจะโปะ

สาขาวิชา เทคโนโลยีอาหาร

คณะกรรมการที่ปรึกษา

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ไพรัตน์ โสภโณดร)

.....กรรมการ
(อาจารย์วรพงษ์ อัศวเกศมณี)

.....กรรมการ
(อาจารย์วรัญญู ศรีเดช)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ไพรัตน์ โสภโณดร)

.....กรรมการ
(อาจารย์วรพงษ์ อัศวเกศมณี)

.....กรรมการ
(อาจารย์วรัญญู ศรีเดช)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อโนชา ตั้งโพธิธรรม)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร. ก้าน จันทร์พรหมมา)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์	การพัฒนากรรมวิธีการผลิตแครกเกอร์ปลาทูน่า
ผู้เขียน	นางสาววิภาดา ชัยจะโปะ
สาขาวิชา	เทคโนโลยีอาหาร
ปีการศึกษา	2542

บทคัดย่อ

การศึกษาพัฒนากรรมวิธีการผลิตและสูตรแครกเกอร์ปลาทูน่าจากแครกเกอร์พื้นฐาน ที่ได้ศึกษาผลของปัจจัยต่อคุณภาพแครกเกอร์ ได้แก่ ชนิดของแป้งฝุ่นแครกเกอร์ ปริมาณน้ำและเนยขาว และเวลาการอบ พบว่าแป้งมันสำปะหลังทำให้การแยกชั้นของแผ่นโดประกบได้รับการยอมรับสูงสุด น้ำและเนยขาวที่เพิ่มขึ้นช่วยเพิ่มค่าความสามารถในการยืดขยาย แต่ลดความต้านทานต่อการยืดขยาย เมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าสูตรที่เหมาะสมสำหรับแครกเกอร์พื้นฐานคือ สูตรที่ใช้น้ำร้อยละ 35 และเนยขาวร้อยละ 25 ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 245-250°ซ เป็นเวลา 10 นาที

การพัฒนาผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่า โดยใช้เศษเนื้อขาวปลาทูน่าที่เหลือจากอุตสาหกรรมแปรรูปปลาทูน่ากระป๋องมาผ่านการลดกลิ่นคาวปลาที่เหมาะสมที่สุด คือ ต้มเนื้อปลาทูน่าในน้ำขิง แล้วอบแห้งจนมีความชื้นร้อยละ 50 ผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าที่ได้รับการยอมรับสูงสุดคือ แครกเกอร์สูตรพื้นฐานที่เติมเนื้อปลาทูน่าที่ผ่านการกำจัดกลิ่นคาวปลาแล้วร้อยละ 3 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด และอบที่อุณหภูมิ 245-250°ซ เป็นเวลา 11.30 นาที ผลิตภัณฑ์ดังกล่าว ซึ่งได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคที่ผ่านการฝึกฝนและผู้บริโภคทั่วไป ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง มีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ คือ โปรตีน ไขมัน และเถ้า ร้อยละ 70.60 1.60 และ 3.33 โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ และพบว่าประกอบด้วยกรดอะมิโนเพิ่มขึ้นจากแครกเกอร์พื้นฐาน

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา ในถุงแผ่นฟิล์มประกบและกระป๋องเหล็กเคลือบดีบุก ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 90 วัน พบว่า

ภาชนะบรรจุต่างชนิดกันไม่แสดงผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแครกเกอร์ปลาทูน่าอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) ส่วนอุณหภูมิและเวลาส่งผลให้ค่าความชื้น ค่า Aw และค่าทีบีเอ มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ส่วนค่าความแข็งและความกรอบ มีแนวโน้มลดลงเมื่อเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น

นอกจากนี้ยังพบว่าคะแนนความกรอบจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสลดลง ในขณะที่คะแนนกลิ่นหืนและกลิ่นผิดปกติเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ส่งผลให้คะแนนการยอมรับรวมลดลง ตรวจพบจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 100 โคโลนีต่อกรัม เชื้อราน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม แต่ตรวจไม่พบ ซาโมเนลลา อี.โคไล คลอสตริเดียม เพอร์ฟรินเจนส์ และสตาฟิโลค็อกคัส ออเรียส ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

Thesis Title	Development on Processing of Tuna Cracker
Author	Miss Wipada Chaijapo
Major Program	Food Technology
Academic Year	1999

Abstract

Processing procedures and formulations for tuna cracker were developed from the basic cracker. Preliminary experiments were carried out to study the effect of some factors on the quality of basic cracker e.g. kind of cracker dust , amount of water and shortening and baking time. The results showed that tapioca flour achieved a good layer separation resulting in the highest score. Both water and shortening affected the physical properties of cracker. Increases in amount of water and shortening tend to increase the extensibility but decrease the resistance to extensibility of dough. After consideration of both sensory and physical characteristics of the basic cracker , the most appropriated formulation contained 35% water and 25% shortening , baked at 245-250°C for 10 min.

Development on tuna cracker from the basic cracker was carried out using white tuna meat remainder from tuna canning industry , which was pre-treated by boiling in ginger solution and then dehydration until 50% moisture content. The most accepted tuna cracker was prepared from the basic cracker with 3% of treated white tuna meat and baked at 245-250°C for 11.30 min. The developed product consisting of 70.60% protein , 1.60% fat and 3.33% ash on dry

weight basis was slightly to moderately accepted by the trained consumers as well as general consumers.

Changes in quality of tuna cracker during storage in laminated film bags and tin coated iron can at 4°C and room temperature for 90 days were studied. There were no significantly different results from different packaging used. The effect of storage time showed that the moisture content , Aw and TBA values were increased while hardness and crispness tend to decrease as the storage time increased. The sensory evaluation showed the decrease in hardness and crispness scores but the increase in off-flavour and rancid floavour , resulting in decreases in overall acceptance. The microbiology changes were slightly occurred, due to the low Aw value of the products. Total viable counts were less than 100 CFU/g , molds were less than 10 CFU/g and unable to defect the *Salmonella* , *E.coli* , *Clostridium perfringen* and *Staphylococcus aureus* through out the storage period.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ไพรัตน์ โสภโณดร ประธานกรรมการที่ปรึกษา อาจารย์วรพงษ์ อัศวเกษมณี อาจารย์วรัญญู ศรีเดช กรรมการที่ปรึกษา ที่กรุณาให้ข้อแนะนำในการศึกษาค้นคว้าวิจัย การเขียนและแก้ไขจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ และขอขอบพระขอบคุณ รองศาสตราจารย์ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก กรรมการผู้แทนคณะอุตสาหกรรมเกษตร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อโนชา ตั้งโพธิธรรม กรรมการผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่กรุณาให้คำแนะนำและแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้เงินทุนในการวิจัย บริษัทโชติวัฒน์อุตสาหกรรมการผลิต จำกัด (มหาชน) ที่เอื้อเฟื้อวัตถุดิบในการวิจัย คุณยงยุธ สิทธิชัยศรีชาติ ผู้จัดการร้านรอแยล เบเกอรี ที่กรุณาให้ใช้เครื่องรีดโดและสถานที่รีดโด คุณรัชนีวรรณ เล่นวารี ที่เอื้อเฟื้อถุงแผ่นฟิล์มประกบ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่คณะอุตสาหกรรมเกษตร เพื่อนนักศึกษาปริญญาโททุกท่านที่มีส่วนช่วยเหลือในงานวิจัยและทดสอบชิมผลิตภัณฑ์ ขอขอบพระคุณคุณพ่อคุณแม่ พี่สาว พี่ชายและน้องสาว ที่ให้การสนับสนุนและกำลังใจตลอดการศึกษา

วิภาดา ชัยจะโปะ

สารบาญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
Abstract	(5)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบาญ	(8)
รายการตาราง	(9)
รายการตารางผนวก	(11)
รายการภาพ	(13)
บทที่	
1 บทนำ	1
บทนำต้นเรื่อง	1
ตรวจเอกสาร	3
วัตถุประสงค์	20
2 วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ	21
3 ผล และวิจารณ์	33
4 สรุป	79
เอกสารอ้างอิง	81
ภาคผนวก	90
ประวัติผู้เขียน	140

รายการตาราง

ตารางที่	หน้า
1. องค์ประกอบทางเคมีในกล้ามเนื้อขาวและกล้ามเนื้อดำของปลาทูน่า	16
2. ความต้องการกรดอะมิโนของร่างกายมนุษย์และปริมาณกรดอะมิโนที่พบในเนื้อปลาทูน่า	17
3. ปริมาณน้ำและ ระดับ Awในอาหารขบเคี้ยวที่สูญเสียความกรอบ	20
4. สูตรพื้นฐานสำหรับการผลิตแครกเกอร์	25
5. องค์ประกอบทางเคมีของเศษเนื้อขาวปลาทูน่า	35
6. ผลของแป้งฝุ่นแครกเกอร์ต่อคุณภาพของแครกเกอร์พื้นฐาน	36
7. ผลของปริมาณน้ำและเนยขาวต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสของแครกเกอร์	39
8. ผลของปริมาณน้ำและเนยขาวต่อลักษณะทางกายภาพของโดแครกเกอร์	41
9. ผลของเวลาการอบต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสของแครกเกอร์	43
10. ผลของเวลาการอบต่อสีและความแข็งของแครกเกอร์	43
11.ผลของการลดกลิ่นคาวต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของเศษเนื้อขาวปลาทูน่า	46
12.ผลของปริมาณเศษเนื้อขาวปลาทูน่าต่อคุณสมบัติของโด	47
13.ผลของปริมาณเศษเนื้อขาวปลาทูน่าและระยะเวลาการอบต่อคุณลักษณะทางประสาทของแครกเกอร์ปลาทูน่า	49
14. ผลของปริมาณปลาทูน่าและเวลาการอบต่อลักษณะทางกายภาพของแครกเกอร์ปลาทูน่า	52

รายการตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
15. ความสำคัญของเหตุผลในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวของผู้บริโภคทั่วไป ภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่	54
16. การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่า	57
17. ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ของคะแนนในปัจจัยคุณภาพของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าของผู้บริโภคที่ฝึกฝน	59
18. ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ของคะแนนในปัจจัยคุณภาพของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าของผู้บริโภคทั่วไป	59
19. ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในแครกเกอร์ปลาทูน่า	61
20. องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าเริ่มต้นและสิ้นสุดการเก็บรักษา	63
21. การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางประสาทสัมผัสของแครกเกอร์ปลาทูน่าระหว่างการเก็บรักษา	76
22 การเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดระหว่างการเก็บรักษา	78

รายการตารางผนวก

ตารางผนวก	หน้า
ข1. ข้อมูลประชากรศาสตร์ทั่วไปของผู้บริโภคทั่วไปใน ม.สงขลานครินทร์	117
ข2. ทัศนคติและพฤติกรรมการบริโภคอาหารขบเคี้ยวของผู้บริโภคทั่วไปใน ม.สงขลานครินทร์	118
ค1. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำและเนยขาวต่อคุณภาพของแครกเกอร์พื้นฐาน	119
ค2. การวิเคราะห์ความแปรปรวนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของปริมาณปลาทูน่าและเวลาการอบต่อคุณภาพแครกเกอร์ปลาทูน่า	120
ค3. การวิเคราะห์ความแปรปรวน ปริมาณความชื้น Aw และค่าทีบีเอ ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าระหว่างการเก็บรักษา	121
ค4. การวิเคราะห์ความแปรปรวน ความแข็ง และความกรอบ ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าระหว่างการเก็บรักษา	122
ค5. การวิเคราะห์ความแปรปรวน ทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าระหว่างการเก็บรักษา	123
ค6. การวิเคราะห์ความแปรปรวน ค่าสี L a b ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าระหว่างการเก็บรักษา	125
ค7. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าระหว่างการเก็บรักษา	126
ง1. การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าระหว่างการเก็บรักษา	127

รายการตารางผนวก

ตารางผนวก	หน้า
ง2. การเปลี่ยนแปลงค่า Aw ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าระหว่างการเก็บรักษา	128
ง3. การเปลี่ยนแปลงค่าทีบีเอ ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าระหว่างการเก็บรักษา	129
ง4. การเปลี่ยนแปลงค่าความแข็ง ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าระหว่างการเก็บรักษา	130
ง5. การเปลี่ยนแปลงค่าความกรอบของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าระหว่างการเก็บรักษา	131
ง6. การเปลี่ยนแปลงค่า L ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าระหว่างการเก็บรักษา	132
ง7. การเปลี่ยนแปลงค่า a ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าระหว่างการเก็บรักษา	133
ง8. การเปลี่ยนแปลงค่า b ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าระหว่างการเก็บรักษา	134
ง9. การเปลี่ยนแปลงค่าสีทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าระหว่างการเก็บรักษา	135
ง10. การเปลี่ยนแปลงค่ากลิ่นผิดปกติทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าระหว่างการเก็บรักษา	136
ง11. การเปลี่ยนแปลงค่ากลิ่นหืนทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าระหว่างการเก็บรักษา	137
ง12. การเปลี่ยนแปลงค่าความกรอบทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าระหว่างการเก็บรักษา	138
ง13. การเปลี่ยนแปลงค่าการยอมรับรวมทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าระหว่างการเก็บรักษา	139

รายการภาพ

ภาพที่	หน้า
1. พิมพ์แครกเกอร์	23
2. กรรมวิธีการผลิตแครกเกอร์	27
3. ภาพตัดตามขวางของแครกเกอร์ที่ใช้แป้งฝุ่นแครกเกอร์ต่างชนิดกัน	37
4. แครกเกอร์พื้นฐานที่พัฒนาแล้ว	44
5. เศษเนื้อขาวปลาทูน่าต้มน้ำขิงอบจนมีความชื้นร้อยละ 50	45
6. ลักษณะแครกเกอร์ปลาทูน่าที่มีส่วนประกอบของเศษเนื้อขาวปลาทูน่าและเวลาการอบที่แตกต่างกัน	50
7. แครกเกอร์ปลาทูน่าสูตรพัฒนา	50
8. ระดับการยอมรับผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าของผู้บริโภค	55
9. ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าระหว่างการเก็บรักษาที่สภาวะต่าง ๆ กัน	64
10. ค่า Aw ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าระหว่างการเก็บรักษาที่สภาวะต่าง ๆ กัน	65
11.ค่าทีบีเอของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าระหว่างการเก็บรักษาที่สภาวะต่าง ๆ กัน	67

รายการภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

12.ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าระหว่างการเก็บรักษาที่สภาวะต่างๆกัน 69

13. ค่าความกรอบของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าระหว่างการเก็บรักษาที่สภาวะต่างๆ 69

14. ค่า L ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าระหว่างการเก็บรักษาที่สภาวะต่างๆกัน 70

15. ค่า a ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าระหว่างการเก็บรักษาที่สภาวะต่าง ๆ กัน 71

16. ค่า b ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าระหว่างการเก็บรักษาที่สภาวะต่างๆกัน 72

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

อุตสาหกรรมอาหารขบเคี้ยวในประเทศไทยมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ในอัตราร้อยละ 25 ต่อปี มีมูลค่าถึง 5,820 ล้านบาทในปี 2538 โดยมีผู้ประกอบการประมาณ 60-70 ราย (อภิรักษ์ โกษะโยธิ , 2539) อย่างไรก็ตามพบว่ามีการแข่งขันในตลาดอาหารขบเคี้ยวสูงมาก จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวรสชาติใหม่ๆอยู่เสมอ เพื่อให้เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคและทดแทนผลิตภัณฑ์ที่เคยมีขายอยู่เดิมแต่เสื่อมความนิยมลงไป ทั้งได้พัฒนาภาชนะบรรจุให้ดูสะอาดสวยงามและน่ารับประทาน คุณภาพเทียบเท่าอาหารขบเคี้ยวจากต่างประเทศ (นิรนาม, 2533) ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวมีมากมายหลายชนิดในท้องตลาด ทั้งที่ผลิตภายในประเทศและสั่งเข้ามาจากต่างประเทศ และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นจากสถิติการนำเข้าอาหารสำเร็จรูปที่ทำจากธัญพืช ในช่วงปี พ.ศ. 2523-2533 มีมูลค่าเพิ่มสูงขึ้นมากกว่า 20 เท่า (กรมศุลกากร , 2534) อาหารขบเคี้ยวที่มีจำหน่ายในปัจจุบันส่วนใหญ่ทำให้เกิดความเพลิดเพลินในการบริโภค แต่คุณค่าทางโภชนาการต่ำ ทั้งนี้เพราะส่วนใหญ่ทำจากแป้งและธัญพืช แม้ว่าอาหารขบเคี้ยวจะไม่ใช่อาหารหลักที่ต้องบริโภคเพื่อให้ร่างกายมีสุขภาพสมบูรณ์ แต่การบริโภคอาหารขบเคี้ยวในปริมาณมากอาจมีผลให้การบริโภคอาหารหลักลดน้อยลงกว่าเดิม ทำให้กลุ่มผู้บริโภคโดยเฉพาะวัยเด็กเกิดการขาดสารอาหารโดยเฉพาะอย่างยิ่งการขาดสารอาหารโปรตีน ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของร่างกาย (ศิรินทร์ ปุษยไพบูลย์, 2536) จากสาเหตุดังกล่าวจึงได้หาวิธีการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวให้มีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มสูงขึ้น

อุตสาหกรรมปลาทูน่าบรรจุกระป๋องเป็นผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่สามารถส่งออกได้เป็นอันดับหนึ่งของประเทศติดต่อกันมาอย่างต่อเนื่อง และส่งออกมากที่สุดในโลก (กนกวรรณ

สุถิรนาถ , 2538) การนำปลาทูน่ามาใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปบรรจุกระป๋องใช้เฉพาะส่วนของเนื้อขาว ดังนั้นจึงมีวัสดุเศษเหลือประเภท กระดูก หนัง เครื่องใน หัว เศษเนื้อดำและเศษเนื้อขาวปริมาณมาก โดยเฉพาะเศษเนื้อดำและเศษเนื้อขาวคิดเป็นร้อยละ 20 ของน้ำหนักปลาทูน่าทั้งตัว (อารยา เชาว์เรืองฤทธิ์ , 2536) การใช้ประโยชน์จากวัสดุเศษเหลือเหล่านี้เพื่อผลิตเป็นอาหารสำหรับมนุษย์มีค่อนข้างน้อย

ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อพัฒนา การนำเศษเนื้อขาวปลาทูน่าจากอุตสาหกรรมปลาทูน่ากระป๋องมาเสริมในผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ เพื่อเป็นการใช้ประโยชน์จากเศษเนื้อขาวปลาทูน่าอย่างคุ้มค่า เพิ่มโปรตีนในอาหารขบเคี้ยวให้มีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น และเพิ่มศักยภาพการใช้ประโยชน์เศษเนื้อขาวปลาทูน่าให้มีความหลากหลายมากขึ้น

ตรวจเอกสาร

อาหารว่าง หรือ อาหารขบเคี้ยว หมายถึง อาหารที่รับประทานระหว่างมื้อ ในยามว่าง พักผ่อน หรือในงานเลี้ยงต่างๆ สามารถรับประทานได้ทันที หรืออาจมีการเตรียมบ้างเล็กน้อย มีอายุการเก็บนานพอสมควร (มยุรี ภาคลำเจียก, 2530 ; Blenford, 1983) อาจแบ่งออกเป็น 3 ยุค ตามลำดับก่อนหลังของการแพร่หลาย ดังนี้ อาหารขบเคี้ยวยุคแรก (First generation snacks) ที่ผลิตและนิยมรับประทานได้แก่ มันฝรั่งทอด กล้วยทอด กล้วยฉาบ ข้าวโพดคั่ว ถั่วทอด และแครกเกอร์ อาหารขบเคี้ยวยุคสอง (Second generation snacks) ได้แก่ อาหารขบเคี้ยวสุกพองโดยกระบวนการอัดพอง (Extrusion) ซึ่งที่ผลิตและจำหน่ายในเมืองไทย ได้แก่ คาราด้า ทวิสตี้ ริงโก้ คอร์นพัฟ อาหารขบเคี้ยวยุคสาม หรือ ยุคปลาย (Third generation snacks) เป็นอาหารขบเคี้ยวที่ผลิตโดยกระบวนการที่อัดอาหารขบเคี้ยวให้ออกมาเป็นรูปร่างต่างๆเป็นประเภทที่ไม่สุกพองขยายตัวทันทีที่ออกจากเครื่องเอ็กซ์ทรูดเดอร์ ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ผลิตและจำหน่ายในเมืองไทย ได้แก่ ปาปริก้า โปเต้ คอกเทล คอนเน่ เป็นต้น ลักษณะของอาหารขบเคี้ยวตั้งแต่ยุคเริ่มแรกจนถึงปัจจุบันนี้มีความคล้ายคลึงกันคือมีความกรอบ ความพองตัว ความหนาแน่นต่ำ จากลักษณะต่างๆนี้ วัตถุดิบที่เหมาะสมควรเป็นพวกที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบสูง ได้แก่ ธัญพืช พืชหัว และพวกแป้งชนิดต่างๆ (ประชา บุญญสิริกุล , 2537)

1. แครกเกอร์

แครกเกอร์ หมายถึง ขนมปังกรอบที่มีปริมาณน้ำตาลต่ำหรือไม่มีเลย มีไขมันค่อนข้างสูง ลักษณะเนื้อสัมผัสกรอบ แข็ง แยกเป็นชั้น ในประเทศสหรัฐอเมริกาเรียกว่า คุกกี้ หรือ แครกเกอร์ ส่วนในประเทศอังกฤษเรียกว่า บีสกิต (Wade , 1988) โดยทั่วไปทำจากแป้งสาลีที่มีโปรตีนประมาณร้อยละ 8-12 โดยมียีสต์ในส่วนผสมพร้อมโซดาหรือผงฟู ลักษณะของแป้งผสมค่อนข้างเหนียว และสามารถรีดเป็นแผ่นได้ ตัวอย่างของแป้งผสม ได้แก่

1. แป้งผสมที่ผ่านการหมัก (fermented dough) ขึ้นฟูโดยใช้ยีสต์ เช่น ครีมแครกเกอร์ (cream cracker) โซดาแครกเกอร์ (soda cracker) ซอลทีนแครกเกอร์ (saltine cracker)

2. แป้งผสมที่ขึ้นฟูโดยใช้สารเคมี เช่น มารี (marie) ริชที (rich tea)

3. แป้งผสมที่ทำให้โปร่งเป็นชั้นด้วยไขมัน (puff dough) เช่น ขนมปังกรอบชนิดสอดไส้ (sandwich biscuit) และขนมปังกรอบชนิดไม่สอดไส้ (plain biscuit) (สมอ., 2530ก ; อรอนงค์ นัยวิกุล , 2532)

2. คุณสมบัติและบทบาทของวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์แครกเกอร์

2.1 แป้งสาลี พันธุ์ข้าวสาลีที่เหมาะสมต่อการนำมาทำแครกเกอร์คือ ข้าวสาลีฤดูหนาว มีโปรตีนต่ำ เปลือกหุ้มเมล็ดสีแดง มีเนื้อในเมล็ดที่อ่อนต่อการโม่ เมื่อนำมาโม่จะได้แป้งที่ละเอียด มีปริมาณเม็ดแป้งที่ถูกทำลายน้อย ความสามารถในการดูดซับน้ำต่ำ ค่าการขยายตัวสูง สามารถทนต่อการผสมสั้น และมีคุณสมบัติของกลูเตนที่ดี (Tanilli , 1976)

บทบาทของโปรตีนในแป้งสาลีเมื่อผสมกับน้ำในปริมาณที่เหมาะสม เกิดการจับตัวกันเป็นก้อน และมีลักษณะยืดหยุ่นสามารถยืดขยายได้ ทำให้เกิดโครงสร้างที่ดีสำหรับผลิตภัณฑ์ขนมอบ โปรตีนสำคัญที่พบในแป้งสาลี ได้แก่ ไกลอะดีน (gliadin) และ กลูเตนิน (glutenin) เมื่อเติมน้ำและมีการนวดในขณะผสม น้ำสามารถจับกับโมเลกุลของโปรตีน บางส่วนของโมเลกุลโปรตีนคลายตัวออกโดยเฉพาะกลูเตนิน หลังจากนั้นโมเลกุลโปรตีนเกิดการคลายตัวออกในลักษณะสามมิติเกิดเป็นร่างแห โดยใช้แรงที่ประกอบด้วยพันธะไฮโดรเจน พันธะไดซัลไฟด์ และพันธะไฮโดรโฟบิก ผลที่ได้คือกลูเตน (Pomeranz, 1991) แป้งที่ใช้ทำแครกเกอร์ควรเป็นแป้งที่มีโปรตีนอยู่ในช่วงร้อยละ 9-10 (Alchele, 1981) องค์ประกอบที่มีผลต่อคุณสมบัติและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพของแป้งสาลีคือ เม็ดแป้ง และ โปรตีน แป้งสาลีที่มีโปรตีน ร้อยละ 10.5-11.6 เมื่อนำมาผลิตแครกเกอร์ มีผลต่อการเพิ่มขนาดของแครกเกอร์ระหว่างการอบ และมีน้ำหนักมากกว่าแครกเกอร์ที่ทำจากแป้งสาลีที่มีโปรตีนต่ำ (Pizzinatto and Hoseney , 1980a)

2.2 น้ำ เป็นส่วนผสมที่จำเป็นซึ่งอาจไม่อยู่ในรูปน้ำโดยตรง แต่อยู่ในลักษณะของของเหลวอื่น เช่น น้ำนม ไข่ และน้ำเชื่อม เป็นต้น โดยเป็นสารประกอบที่มีคุณสมบัติเป็นตัวทำละลายที่ดี เนื่องจากเกาะเกี่ยวด้วยพันธะไฮโดรเจน ทำให้กระจายตัวและละลายสารทั้งประเภทอินทรีย์และอนินทรีย์ที่มีอยู่กับสารที่ละลายในน้ำนั้น (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2538) ระดับน้ำที่เติมลงในโดของแครกเกอร์โดยทั่วไปคือร้อยละ 22-30 ของน้ำหนักแป้ง ปริมาณน้ำถ้าน้อยกว่าระดับที่เหมาะสมของการดูดซับน้ำของแป้งร้อยละ 1 ทำให้โดมีผิวหน้าแตก ยากต่อการทำให้เป็นแผ่น แต่ถ้ามากกว่าระดับที่เหมาะสมร้อยละ 2 โดจะมีความยืดหยุ่นสูงหลังจากตัดให้เป็นแผ่น ชิ้นแครกเกอร์ที่ได้จะบาง (Rogers and Hoseney , 1987)

2.3 เกลือ เป็นส่วนผสมที่จำเป็นเนื่องจากคุณสมบัติที่สำคัญ 3 ประการคือ 1) การปรับปรุงกลิ่นรส 2) การยับยั้งการทำงานของยีสต์ทำให้กระบวนการหมักช้าลง เกิดก๊าซได้น้อยลง จึงมีส่วนควบคุมระยะเวลาและอุณหภูมิการหมักได้ 3) ทำให้กลูเตนแข็งแรงและยืดหยุ่นเหมาะสม ซึ่งอาจเกิดจากการที่เกลือช่วยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่สามารถย่อยสลายโปรตีนจึงไม่เกิดการย่อยสลายของกลูเตนมากเกินไป (อรอนงค์ นัยวิกุล , 2538) Pizzinatto และ Hoseney (1980b) กล่าวว่า เกลือสามารถจับกับโมเลกุลกลูเตนแทนที่ตำแหน่งของน้ำในรูปไม่อิสระจึงทำให้กลูเตนแข็งแรง

2.4 ยีสต์ ที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมขนมอบเรียกว่า เบเกอร์ยีสต์ ที่สำคัญคือสายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* ยีสต์สามารถเปลี่ยนน้ำตาลในแป้งให้เป็นเอทิลแอลกอฮอล์และ คาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้ขนมปังมีกลิ่นแอลกอฮอล์ ส่วนคาร์บอนไดออกไซด์ทำให้ขนมปังฟูและเป็นรูพรุน (บัญญัติ สุขศรี, 2532) ยีสต์สามารถผลิตเอนไซม์ในกระบวนการหมักขนมปัง โดยเอนไซม์ที่มีในยีสต์และมีผลต่อการหมักคือ อินเวอร์เทส (invertase) มอลเทส (maltase) และไซเมส (zymase) นอกจากนี้ยังมีโปรตีเอส (protease) และ ไลเพส (lipase) รวมทั้งเอนไซม์อื่นๆ โดยสภาพความเหมาะสมของส่วนประกอบอื่นที่ทำให้ยีสต์อยู่ในสภาวะที่มีอาหารสมบูรณ์ได้แก่ น้ำตาล ไนโตรเจน เกลือแร่ วิตามิน และ น้ำ โดยมีอุณหภูมิ สภาพพีเอช ปริมาณเอนไซม์ อากาศ และเวลาหมักที่เหมาะสม (อรอนงค์ นัยวิกุล , 2538) ยีสต์ที่เติมลงไปช่วยทำให้โดมีค่าพีเอชลดลง

โดยการผลิตกรดอินทรีย์ขึ้นในระหว่างการหมัก ซึ่งกรดสามารถย่อยพันธะของกลูเตน ทำให้โดมีค่าการยืดขยายมากขึ้น แต่ความคงทนต่อการยืดขยายลดลง สามารถอุ้มอากาศได้มากขึ้น และช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสให้กับผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ (Pizzinatto and Hoseney, 1980a,b)

2.5 สารช่วยขึ้นฟู ได้แก่ โซเดียมไบคาร์บอเนต (เบกิงโซดา) เมื่อได้รับความร้อนจะสลายตัวให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และ น้ำ ดังสมการ

$$2NaHCO_3 + Heat \longrightarrow Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O$$

ปริมาณโซเดียมไบคาร์บอเนตที่เติมในบีสกิตและแครกเกอร์ควรอยู่ในช่วงร้อยละ 0.3-0.5 ของน้ำหนักแป้ง (Wade , 1988) เมื่อเติมโซเดียมไบคาร์บอเนตมีผลทำให้ค่าพีเอชเพิ่มขึ้น ถ้าเติมโซเดียมไบคาร์บอเนตมากเกินไปอาจทำให้ผลิตภัณฑ์แครกเกอร์มีสีคล้ำ แต่ถ้าเติมน้อยเกินไปทำให้แครกเกอร์มีสีจาง (Wade, 1988 ; Pizzinatto and Hoseney,1980b) โดยพบว่าแครกเกอร์ที่มีค่าพีเอช 6.9-7.2 มีสีจาง และถ้าค่าพีเอชเพิ่มเป็น 8.0-8.2 แครกเกอร์ที่ได้มีสีน้ำตาลมากเกินไป โดยปกติโดของแครกเกอร์และบีสกิตควรมีค่าพีเอช 7.5 (อรอนงค์ นัยวิกุล , 2538)

2.6 ไขมันและน้ำมัน เนยขาว (shortening) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำน้ำมันพืชซึ่งเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้องมาผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจน กลายเป็นไขมันที่มีลักษณะคล้ายพลาสติก ดังสมการแสดงการเปลี่ยนกรดไขมันโอเลอิก (Oleic) ที่ไม่อิ่มตัวให้กลายเป็นกรดสเทียริก (Stearic) ที่อิ่มตัวด้วยการเติมไฮโดรเจน

$$CH_3(CH_2)_7CH = CH(CH_2)_7COOH + 2H \longrightarrow CH_3(CH_2)_7CH_2CH_2(CH_2)_7COOH$$

กรดโอเลอิก กรดสเทียริก

เนยขาวช่วยทำให้ส่วนผสมแห้งต่างๆสามารถผสมเป็นเนื้อเดียวกันได้ง่าย ทำให้โดมีเนื้อเนียน ลื่น ง่ายต่อการนวดและการทำเป็นแผ่นประกบ (Pizzinatto and Hoseney ,1980b) สำหรับการผลิตโซดาแครกเกอร์นิยมใช้เนยขาวชนิดเติมไฮโดรเจนร้อยละ 7-10 เพื่อสามารถเก็บไว้ได้นานโดยไม่เกิดการเหม็นหืน เนื่องจากในน้ำมันพืชที่นำมาทำเนยขาวมีวิตามินอีซึ่งเป็นสารป้องกันการออกซิ

ไดซ์ และกรดไขมันซึ่งมีปริมาณพันธะเดี่ยวมาก ไม่สามารถถูกออกซิไดซ์ในอากาศได้ง่าย (อรอนงค์ นัยวิกุล , 2532)

3. กรรมวิธีการผลิตแครกเกอร์

กระบวนการผลิตแครกเกอร์โดยทั่วไปประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ การผสมโด การหมักโด การรีด การประกบและการตัดแผ่นโด การอบ และการทำให้เย็น แต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

3.1 การผสมโด การผสม มี 3 แบบ คือ

(1) การผสมครั้งเดียว เป็นวิธีการนำส่วนผสมทั้งหมดมาผสมกันจนได้โดที่เรียบเนียนแล้วนำไปหมักต่อระยะหนึ่ง

(2) การผสมสองครั้ง เป็นวิธีที่แยกผสมและหมักออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่หนึ่งประกอบด้วยแป้งสาลี น้ำ และ ยีสต์ ผสมให้เข้ากัน ไม่จำเป็นต้องผสมจนโดเรียบเนียน ผสมเพียงเพื่อให้เกิดกลูเตนมากพอที่จะอุ้มก๊าซที่เกิดขึ้นจากการหมักได้เพียงพอ โดที่ได้จากการผสมครั้งแรกเรียกว่า สปองจ์ นำสปองจ์ไปหมักจนเกิดการยืดขยายเต็มที่แล้วนำเข้าเครื่องผสมอีกครั้งกับส่วนผสมที่เหลือทั้งหมดในสูตรประกอบด้วย แป้งสาลี ไขมัน เกลือ และโซดา ผสมจนเข้ากันดีได้โดที่มีลักษณะเรียบเนียนเป็นมัน คงตัวดี ได้ส่วนผสมที่เรียกว่าโด

(3) การผสมสองครั้งแต่ใช้เวลาในการหมักสปองจ์สั้น มีวิธีการเช่นเดียวกับข้อ(2) แต่ใช้เวลาในการหมักน้อยกว่า เนื่องจากใช้ยีสต์ในปริมาณที่มากขึ้น เอนไซม์จากยีสต์ทำให้โดมีลักษณะยืดหยุ่นดี (อรอนงค์ นัยวิกุล , 2532)

3.2 การหมักโด การหมักโดมี 2 วิธีคือ

(1) การหมักแบบดั้งเดิมใช้เวลานาน

การหมักส่วนผสมของแครกเกอร์ ใช้เวลารวมกันประมาณ 24 ชั่วโมง โดยส่วนของสปองจ์ใช้เวลา 18 ชั่วโมง หรือร้อยละ 75 ของเวลาในการหมัก (Doescher and

Hoseney,1985) ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการปรับสภาวะของโดเพื่อที่จะได้แครกเกอร์ที่มีคุณภาพดี ในระหว่างการหมักสปองจ์มีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลซึ่งมีความสำคัญต่อผลิตภัณฑ์สุดท้าย เมื่อเวลาหมักนานขึ้นความแข็งแรงของโดอาจลดลงเนื่องจากยีสต์สามารถผลิตกรดอินทรีย์ขึ้นในระหว่างการหมัก ทำให้พีเอชต่ำลง และจากการทำงานของเอนไซม์โปรติเอสในแป้งที่มีค่าพีเอชที่เหมาะสมที่ 3.8-4.1(Wu and Hoseney , 1989) หลังจากการหมักเป็นเวลา 18 ชั่วโมง ค่าพีเอชของสปองจ์ลดลงจาก 5.35 เป็น 4.15 ซึ่งอาจทำลายโครงสร้างของกลูเตน ความแข็งแรงของกลูเตนจึงลดลง (Pizzinatto and Hoseney , 1980b)

ผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ที่ผ่านการหมักสองขั้น คือ ขั้นสปองจ์และขั้นโด แม้ว่าจะใช้เวลาในการหมักนานกว่า ใช้แรงงานและพลังงานที่มากกว่า แต่ยังเป็นที่นิยมในบางท้องถิ่นเพราะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่มีกลิ่นหมัก รสชาติดี ผู้บริโภคชอบ นอกจากนี้ยังประหยัดยีสต์ด้วย(Alchele, 1981)และช่วยให้ช่างทำขนมมีเวลาในการทยอยทำขนมปังไปเรื่อยๆ เพราะโดทนต่อการหมักเกินเวลาได้มากกว่าวิธีผสมครั้งเดียว จึงเหมาะกับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก (อรอนงค์ นัยวิกุล , 2532) สภาวะที่เหมาะสมในการหมักสปองจ์คืออุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 80-90 ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของยีสต์ (เข็มทอง นิ่มจินดา, 2538) ดังนั้นจึงต้องมีการรักษาสภาวะดังกล่าวให้คงที่ตลอดเวลาการหมัก

สำหรับการหมักส่วนของโด ภายหลังจากการผสมสปองจ์กับส่วนผสมอื่นๆที่เหลือใช้เวลาประมาณ 6 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิคงที่ 27-29 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 80-90 (Wade , 1988) ภายใต้สภาวะดังกล่าวผลิตภัณฑ์แครกเกอร์จะมีการเพิ่มขนาดของโดอย่างสม่ำเสมอ และเนื้อสัมผัสจะมีรอยพุพองน้อยกว่าโดที่หมักเวลาสั้น (Doescher and Hoseney , 1985 ; Pizzinatto and Hoseney, 1980a)

(2) การหมักที่ใช้เวลาสั้น

กรรมวิธีที่ใช้ในการหมักโดและสปองจ์ โดยใช้ยีสต์ในปริมาณมากกว่าการหมักในระยะเวลานาน ทำให้สามารถย่นระยะเวลาในการหมักลงได้ (สุมาลี, เหลืองสกุล , 2527) แต่ผลิต

ภัณฑ์แครกเกอร์ที่ได้มักมีเนื้อสัมผัสและกลิ่นที่แตกต่างจากแครกเกอร์แบบดั้งเดิม (Doescher and Hoseney ,1985)

เชื้อจุลินทรีย์ที่ตรวจพบในโดแครกเกอร์มี 2 กลุ่ม คือ ยีสต์และแบคทีเรียซึ่งต่างสามารถผลิตกรด ซึ่งช่วยในการพัฒนาคุณภาพของโด จุลินทรีย์ทั้ง 2 กลุ่มมีความสัมพันธ์กันคือ ยีสต์ที่เติมในสูตรจะช่วยเสริมการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่พบในธรรมชาติในช่วงแรกของการหมัก ส่วนการหมักในระยะต่อไปทั้งยีสต์และแบคทีเรียอาจถูกยับยั้งแต่ยีสต์จะถูกยับยั้งน้อยกว่าแบคทีเรีย กรดที่เกิดขึ้นในระหว่างการหมักส่วนมากผลิตจากแบคทีเรียที่ปนเปื้อนมาจากภาชนะที่ใช้ผสมสปองจ์ ถ้าทำการฆ่าเชื้อภาชนะดังกล่าวอาจตรวจไม่พบเชื้อแบคทีเรีย และทำให้เวลาในการหมักนานขึ้น (Micka , 1955) ได้มีผู้ทดลองแยกเชื้อจุลินทรีย์ออกจากโดของโซดาแครกเกอร์ทางการค้า 2 ชนิด พบว่าประกอบด้วย *Saccharomyces cerevisiae* ซึ่งเป็นเชื้อที่เติมลงในสูตร และเชื้อแบคทีเรียที่ปนเปื้อนจากอ่างผสมพวก Lactobacillus ได้แก่ *L. plantarum* , *L. debrueckii* และ *L. leichmaii* ต่อมาได้นำเชื้อทั้ง 4 ชนิดไปทดสอบในการทำโซดาแครกเกอร์ในห้องปฏิบัติการ พบว่าสามารถลดระยะเวลาการหมักสปองจ์จาก 18 ชั่วโมงเป็น 4 ชั่วโมง และระยะเวลาในการหมักโดจาก 4 ชั่วโมงเป็น 2 ชั่วโมง (Sugihara,1978)

นอกจากนี้สามารถลดเวลาในการหมักโดโดยเพิ่มแรงในการผสมโดของครีมแครกเกอร์จำนวน 40 $\pm$ 16 กิโลจูนล์ / กรัม ที่อุณหภูมิ 26.7 องศาเซลเซียส และคงไว้ที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 30 นาที พบว่าความเหนียวของโดมีลักษณะที่ดีคล้ายโดของแครกเกอร์แบบดั้งเดิม อย่างไรก็ตามพบว่าโครงสร้างภายในของแครกเกอร์มีการแยกของแผ่นโดประกบที่ไม่ดี เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งการแยกดังกล่าวเกี่ยวข้องกับอัตราการผลิตคาร์บอนไดออกไซด์ของโดในระยะสุดท้ายของการหมัก ถ้าอัตราการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาก ซึ่งเป็นผลจากอุณหภูมิในระหว่างการหมักในระยะแรก การเพิ่มอุณหภูมิเป็น 37.8 องศาเซลเซียสและหมักต่อเป็นเวลา 30 นาที แครกเกอร์จะมีการแยกชั้นของแผ่นประกบอย่างดี (Wade,1972)

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระหว่างการหมักคือ เอนไซม์ในแป้งจะย่อยเม็ดแป้งให้เป็นน้ำตาลแล้วยีสต์สามารถใช้น้ำตาลเป็นอาหารเจริญเติบโตพร้อมกับการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

เอทิลแอลกอฮอล์ และพลังงาน ซึ่งทำให้โดมีอุณหภูมิสูงขึ้นเล็กน้อย ส่งผลช่วยให้เกิดพันธะต่างๆ ขึ้น และเกาะกันอย่างแข็งแรง โดจะมีช่องอากาศที่ใหญ่ กระจายอย่างซับซ้อนทั่วไปในโครงสร้างสามมิติ จำนวนช่องอากาศที่เพิ่มขึ้นจะถูกเก็บสะสมไว้ภายในโด โดยเนยขาวในสัดส่วนที่พอเหมาะมีหน้าที่สำคัญในการช่วยพยุงกักเก็บก๊าซ ช่วยในการหล่อลื่น ให้ความยืดหยุ่น และไม่แข็งกระด้าง ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิตขึ้นสามารถเก็บไว้ภายในเซลล์และเพิ่มปริมาตรขึ้นตามระยะเวลาในการหมักทำให้ช่องอากาศขยายใหญ่ขึ้นแผ่นโปรตีนจะถูกดันให้ยืดขยายโดยมีเนยขาวประคับประคองไม่ให้ก๊าซรั่ว ช่วงนี้โดมีขนาดเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ(สุวรรณ สุทธิขจรกิจการ , 2535)

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติของโด

คุณสมบัติที่สำคัญของโดแครกเกอร์ อันส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้าย คือความยืดหยุ่นซึ่งเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงภายในของแป้ง ทั้งทางเคมี กายภาพ และชีวภาพ เรียกว่า คุณสมบัติการไหลของโด ซึ่งเป็นผลมาจาก แรงเค้น (stress) แรงเฉือน (shear) และแรงดึง (tensile) ต่อโด โดยทั่วไปสามารถวัดคุณสมบัติของโดได้ในรูปของความสามารถในการยืดขยาย (extensibility) จากระยะทางจากจุดเริ่มต้นจนถึงจุดสุดท้ายที่โดขาด มีหน่วยเป็นเซนติเมตร หรือ มิลลิเมตร และความคงทนต่อการยืดขยาย (resistance to extension) วัดจากความสูงของกราฟการยืดขยายของโด มีหน่วยเป็น เอกซ์เทนซิแกรมยูนิต (EU) หรือบราเบนเดอร์ยูนิต (BU) 1BU มีค่าเท่ากับระยะทาง 50 มิลลิเมตร โดยใช้เครื่องบราเบนเดอร์เอกซ์เทนซิกราฟ (Brabender extensigraph) ปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติของโด ได้แก่

1. ชนิดของแป้งสาลี แป้งสาลีแต่ละชนิดประกอบด้วยปริมาณโปรตีนที่แตกต่างกัน แป้งสาลีชนิดแข็งมีโปรตีนสูงให้กลูเตนที่มีความแข็งแรง โดที่ได้มีลักษณะแน่น การหมักของยีสต์เกิดได้ช้า เมื่อระยะเวลาในการหมักมากขึ้นโดจะมีความคงทนต่อการยืดขยายมากกว่าโดจากแป้งสาลีชนิดอ่อน ส่วนแป้งสาลีชนิดอ่อนให้ร่างแหกลูเตนที่มีความอ่อนตัว โดที่ได้มีความสามารถในการยืดขยายที่มากกว่าแป้งสาลีชนิดแข็ง (Doescher and Hoseney , 1985 ; Smewing, 1995)

2. เอนไซม์และเวลาในการหมัก การหมักโดแครกเกอร์แบบดั้งเดิมใช้เวลาหมัก 24 ชั่วโมง โดยหมักสปองจ์ 18 ชั่วโมง และหมักโด 6 ชั่วโมง โดที่ได้มีความเหนียว ความยืดหยุ่นที่เหมาะสม ค่าพีเอชของสปองจ์ลดลงจาก 5.35 เป็น 4.15 หลังจากหมักเป็นเวลา 18 ชั่วโมง ซึ่งการลดลงของพีเอชเนื่องจากยีสต์ผลิตกรดอินทรีย์ขึ้นระหว่างการหมักมีผลต่อการทำลายโครงสร้างของกลูเตน ทำให้พันธะที่เชื่อมระหว่างโมเลกุลกลูเตนแตกออกส่งผลต่อความเหนียวและความยืดหยุ่นของโด (Pizzinatto and Hoseney , 1980b) นอกจากนี้คุณสมบัติของโดอาจเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากการกระทำของเอนไซม์ที่สามาถย่อยสลายโปรตีนในแป้ง ที่พีเอชเหมาะสม คือ 3.8-4.1 โครงสร้างของกลูเตนถูกทำลาย ทำให้โดมีค่าคงทนต่อการยืดขยายลดลงมากที่สุด สปองจ์จากแป้งสาลีที่สกัดเอนไซม์ที่สามารถย่อยสลายโปรตีนออก เมื่อใช้เวลาในการหมัก 18 ชั่วโมง พบว่าไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อค่าความคงทนต่อการยืดขยายของโด แต่แป้งที่มีเอนไซม์ที่สามารถย่อยสลายโปรตีนทำให้เกิดการลดลงของค่าความคงทนต่อการยืดขยายจนกระทั่งถึงจุดต่ำสุดที่ระยะเวลาการหมัก 18 ชั่วโมง (Wu and Hoseney , 1989) สปองจ์แครกเกอร์เมื่อหมักเป็นเวลานานทำให้ค่าคงทนต่อการยืดขยายลดลงและความสามารถในการยืดขยายเพิ่มขึ้น เนื่องจากกรดที่เกิดจากการหมักมีปริมาณมากขึ้นตามระยะเวลาในการหมัก ทำให้สปองจ์มีพีเอชที่ต่ำลง โดยกรดไปทำลายโครงสร้างของกลูเตน กลูเตนจึงมีโครงสร้างที่อ่อนตัวลง (Pizzinatto and Hoseney , 1980b)

3. ส่วนผสมอื่น ได้แก่ เกลือ และ โซเดียมไบคาร์บอเนต เกลือช่วยทำให้โดมีความคงทนต่อการยืดขยายมากขึ้น ทั้งนี้เพราะเกลือสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่สามารถย่อยสลายโปรตีนและยีสต์ นอกจากนี้เกลือยังเข้าไปจับแทนที่ตำแหน่งของน้ำในรูปไม่อิสระในโด ทำให้โครงสร้างกลูเตนแข็งแรงขึ้น ส่วนผลของโซเดียมไบคาร์บอเนตทำให้ค่าการยืดขยายมากขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้น เมื่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ละลายน้ำซึ่งอยู่ในโดสามารถเปลี่ยนเป็นกรดคาร์บอนิกที่สามารถทำลายโครงสร้างของกลูเตน ส่วนเมื่อมีการเติมทั้งโซเดียมไบคาร์บอเนตและเกลือมีผลทำให้โดมีค่าการยืดขยายที่เพิ่มมากขึ้น อาจเนื่องมาจากผลของโซเดียมไบคาร์บอเนตทำให้โดมีความสามารถในการยืดขยายมากโดยเกลือจะไปเสริมผลของ

โซเดียมไบคาร์บอเนต ทำให้มีความคงทนต่อการยืดขยายลดลง (Pizzinato and Hoseney , 1980b)

4. ความเร็วและเวลาในการผสม เมื่อเติมน้ำลงไปในแป้ง น้ำจะไม่ซึมเข้าไปในแป้งทันทีแต่จะเกิดเป็นฟิล์มบางๆบนผิวแป้ง เมื่อออกแรงนวดหรือใช้เครื่องผสม เกิดแรงเค้นและแรงเฉือน ทำให้น้ำซึมเข้าไปในแป้ง เกิดแรงดึงดูดระหว่างแป้งกับน้ำเป็นผลจากโปรตีนในองค์ประกอบของแป้ง เกิดการรวมตัวของโปรตีนโดยมีน้ำเป็นตัวเชื่อม กลายเป็นร่างแหของกลูเตน การผสมมีความจำเป็นต่อการพัฒนาร่างแหกลูเตน เป็นการให้พลังงานแก่โด การใช้ความเร็วในการผสมสูงทำให้ได้พลังงานสูงขึ้นอุณหภูมิโดเพิ่มสูงด้วย ซึ่งมีผลต่อการขยายตัวของโด การผสมที่พอเหมาะให้โดมีความเหนียวและความสามารถในการยืดขยายของโดอย่างเพียงพอ สามารถทำเป็นแผ่นได้ง่าย ป้องกันการหดตัวหลังจากการตัดโดให้เป็นแผ่น การผสมทำให้โดเกิดการเปลี่ยนแปลงไปถึงจุดที่กลูเตนมีความยืดหยุ่นที่เหมาะสมคือ โดเรียบเนียน เมื่อระยะเวลาการผสมนานขึ้นทำให้โดมีความยืดขยายมากขึ้น การผสมที่นานเกินไปจะทำให้กลูเตนเกิดการแตกหัก และโดมีความคงทนต่อการยืดขยายได้น้อย (Contamine, *et al.*, 1995)

3.3 การรีด การประกบ และการตัดโด

การรีดแผ่นโด การทำแผ่นประกบของโด รวมทั้งการตัดแผ่นโดแครกเกอร์ มีวัตถุประสงค์เพื่อไล่อากาศที่มีอยู่ในโดออก และมีผลต่อลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ โดยทั่วไปนิยมทำแผ่นประกบโดประมาณ 3-6 ชั้น (Booth , 1990 ; Wade, 1972)

3.4 การอบ

การอบทำให้โครงสร้างของโดเกิดการเปลี่ยนแปลง ไม่ว่าในทางฟิสิกส์และชีวเคมี ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่ไม่สามารถย้อนกลับได้ อุณหภูมิ ความชื้น และระยะเวลาในการอบมีผลต่อผลิตภัณฑ์ที่ได้ (สุวรรณ สุทธิขจรกิจการ , 2535) ในขณะที่บิสกิตและแครกเกอร์อยู่ในเตาอบความร้อนจะแผ่กระจายจากต้นกำเนิดของความร้อนซึ่งอาจเป็นก๊าซ หรือไฟฟ้ามายังแครกเกอร์ เกิดการเปลี่ยนแปลงคือ มีการสูญเสียความชื้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรกของการอบ ความชื้นของโด

ก่อนอบมีประมาณร้อยละ 11-30 เมื่อได้ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปแล้วจะเหลือประมาณร้อยละ 1-5 หรือค่า Aw เท่ากับ 0.1 การสูญเสียความชื้นเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาอบที่เพิ่มขึ้น รวมทั้งการพัฒนาของกลิ่นรสเกิดขึ้นในระหว่างการอบ (Wade, 1988) สำหรับแครกเกอร์ชนิดที่มีการเติมน้ำตาลเพียงเล็กน้อยหรืออาจไม่เติมน้ำตาลเลยมักใช้อุณหภูมิในการอบสูงสุดระหว่าง 300-350 องศาเซลเซียส ส่วนบีสกิตกึ่งหวาน(semi sweet biscuit) ซึ่งมีการเติมน้ำตาลในสูตรใช้อุณหภูมิในการอบประมาณ 250 องศาเซลเซียส ส่วนผลิตภัณฑ์ขนมอบชนิดโดนิ่มนิยมใช้อุณหภูมิประมาณ 200 องศาเซลเซียส (Wade , 1988) Labuza และ Katz (1981) กล่าวว่าเม็ดแป้งในโครงร่างกลูเตนของซอลทีนแครกเกอร์สามารถเกิดเจลได้น้อยเนื่องจากโดมีปริมาณน้ำต่ำและใช้เวลาใน การอบสั้นในระยะสุดท้ายของการอบแครกเกอร์มีลักษณะโครงร่างที่คงที่ เนื่องจากโปรตีนและเม็ดแป้งเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพไป แต่ยังมีความยืดหยุ่นจากไขมันบ้าง ในขณะเดียวกันผิวนอกของแครกเกอร์จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์และกรดอะมิโนหรือปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Linko and Johnson , 1963) ส่วนเนื้อแครกเกอร์มีการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเพียงเล็กน้อย ไม่เท่ากับผิวด้านนอก เนื่องจากความร้อนไม่มากพอที่จะทำให้น้ำตาลภายในแครกเกอร์เปลี่ยนสีได้ (อรอนงค์ นัยวิกุล , 2532)

3.5 การทำให้เย็นและการบรรจุ

เมื่ออบได้ที่แล้วจึงนำผลิตภัณฑ์ออกจากเตาอบ ทำให้เย็นก่อนการบรรจุ การป้องกันความชื้นจากภายนอกซึ่งสามารถทำได้โดยใช้ภาชนะบรรจุที่ดีและทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นต่ำ มยุรี ภาคลำเจียก (2538) และ Alchele (1981) กล่าวว่า ภาชนะบรรจุคุ๊กกี้และแครกเกอร์ต้องสามารถป้องกันผลิตภัณฑ์จากความชื้น กลิ่นแปลกปลอม การเปื้อนจากน้ำมัน การซึมผ่านของก๊าซ และการแตกหักได้

4. การเสริมคุณค่าทางโภชนาการในผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว

เนื่องจากอาหารว่างหรืออาหารขบเคี้ยว มีบทบาทในวิถีการดำรงชีวิตและได้รับความนิยมบริโภคในชีวิตประจำวันของคนในเขตเมืองมากยิ่งขึ้น ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อภาวะโภชนาการโดยเฉพาะต่อเด็กในวัยเรียนซึ่งเป็นวัยที่ร่างกายกำลังเจริญเติบโต มีการใช้พลังงานค่อนข้างสูง

เด็กวัยเรียนช่วงอายุ 10 - 12 ปี เป็นกลุ่มเด็กที่บริโภคอาหารขบเคี้ยวมากที่สุด (Sinthavalai , 1984) เนื่องจากอาหารขบเคี้ยวส่วนใหญ่ประกอบด้วย แป้ง ไขมัน และ น้ำตาลในปริมาณสูง ทำให้ขาดคุณค่าทางโภชนาการโดยเฉพาะโปรตีน หากรับประทานอาหารว่างมากเกินไปมีผลทำให้รับประทานอาหารมื้อหลักซึ่งเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงได้น้อย อาจทำให้เกิดการขาดสารอาหาร ส่งผลทำให้ชงักการเจริญเติบโต ความสามารถในการเรียนรู้ลดน้อยลง และความต้านทานโรคต่ำ (Boonyasirikool , *et al* ., 1986) หากหลีกเลี่ยงพฤติกรรมการบริโภคอาหารขบเคี้ยวไม่ได้ ควรมีการเสริมคุณค่าทางโภชนาการลงในอาหารขบเคี้ยว เช่น ซอลทีนแครกเกอร์ การ์แฮมแครกเกอร์ และ แครกเกอร์ที่ฉีดพ่นด้วยน้ำมัน โดยทั่วไปมีคุณค่าทางโภชนาการต่ำจึงใช้แป้งที่มีการเสริมสารเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ (Tarone and Matthews, 1982) อาหารที่รับประทานเป็นประจำหรือรับประทานบ่อยๆนั้นควรมีปริมาณโปรตีน 2.5 - 3.0 กรัมต่อพลังงาน 100 กิโลแคลลอรี หรือคิดเป็นร้อยละ 10-12 ของพลังงานทั้งหมดและโปรตีนควรประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นครบตามความต้องการของร่างกาย (Boonyasirikool, *et al.*, 1986)

Bostain และคณะ (1978) ได้ทำการศึกษาการนำเวย์ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการทำเนยแข็งนำมาเลี้ยงยีสต์แล้วนำไปแยกโปรตีนยีสต์ นำโปรตีนที่ได้ใส่ในอาหาร 4 ชนิดคือ เวเฟอร์วานิลลา เวเฟอร์ช็อกโกแลต คุ๊กกี้ข้าวโอ๊ตบด และแครกเกอร์เนยแข็ง ระดับของโปรตีนสูงสุดที่เติมลงในผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 ชนิดที่ผู้บริโภคยอมรับได้คือ เวเฟอร์วานิลลาร้อยละ 15 เวเฟอร์ช็อกโกแลตร้อยละ 15 คุ๊กกี้ข้าวโอ๊ตบดร้อยละ 20 และแครกเกอร์เนยแข็งร้อยละ 30 ปริมาณร้อยละของโปรตีน : ไขมัน : ของแข็ง ของเวเฟอร์วานิลลาคือ 20.9 : 14.2 : 96.8 เวเฟอร์ช็อกโกแลตคือร้อยละ 20.5 : 16.7 : 96.8 : คุ๊กกี้ข้าวโอ๊ตบดคือร้อยละ 27.7 : 23.8 : 97.6 และแครกเกอร์เนยแข็งคือร้อยละ 26.3 : 33.8 : 91.8

Kahn และ Penfield (1983) ศึกษาการทำแครกเกอร์จากแป้งทริติเคลี ซึ่งเป็นธัญพืชลูกผสมระหว่างข้าวสาลีและข้าวไรย์ เป็นแป้งที่มีโปรตีนและไลซีนสูงกว่าแป้งสาลี โดยใส่แทนที่

แป้งสาลีร้อยละ 25 40 55 และ 70 โดยน้ำหนัก แครกเกอร์ที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติด้านความแข็งและความกรอบ โดยแครกเกอร์ที่ใช้แป้งทริติเคลีร้อยละ 25 และ 40 จะได้รับการยอมรับสูงกว่า แครกเกอร์ที่ใช้แป้งทริติเคลีร้อยละ 55 และ 70 โปรตีนในแครกเกอร์อยู่ในช่วงร้อยละ 11.78-12.97

Claughton และ Pearce (1989) ศึกษาการเติมโปรตีนสกัดจากเมล็ดทานตะวันลงในคุกกี้หวานที่ 5 ระดับคือร้อยละ 0 5 10 15 และ 20 พบว่าคุ้กกี้ที่เติมปริมาณโปรตีนร้อยละ 20 มีการแผ่กระจายและพื้นที่ผิวหน้าลดลง สีคล้ำขึ้น ส่วนคุ้กกี้ที่เติมโปรตีนร้อยละ 15 ผู้บริโภคมีการยอมรับมากกว่า นอกจากนี้ยังพบว่าคะแนนการยอมรับรวม กลิ่น และเนื้อสัมผัสลดต่ำลงเมื่อมีการเพิ่มระดับของโปรตีนจากเมล็ดทานตะวัน ได้มีการเติมเลซิตินจากถั่วเหลืองร้อยละ 1-2 ซึ่งช่วยลดความหนืดของโด ทำให้ยืดเวลาการขยายตัวของโดขณะอบ ผลิตภัณฑ์จึงมีการแผ่กระจายและมีพื้นที่ผิวมากกว่าคุ้กกี้ที่ไม่มีการเติมเลซิตินจากถั่วเหลือง

Stanyon และ Costello (1990) ศึกษาการเติมรำของข้าวสาลีซึ่งมีคุณค่าทางอาหารสูงแทนที่แป้งสาลีในสูตรอัตราส่วนร้อยละ 0 14 28 และ 42 และเติมโพลีเด็กโตสแทนไขมันในสูตรร้อยละ 0 20 40 และ 60 เพื่อลดไขมันและพลังงานในบีสกิต ผลของการเติมรำข้าวสาลีทำให้บีสกิตมีความร่วนแห้ง ความรู้สึกเป็นทรายภายในปาก และความรู้สึกภายหลังการกลืนเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มระดับของรำจากข้าวสาลี ผลของการเติมโพลีเด็กโตสทำให้บีสกิตมีความชื้นเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีคุณสมบัติดูดความชื้น แต่ไม่มีผลต่อกลิ่นรสของบีสกิต

5. ปลาทูน่า

ปลาทูน่าจัดอยู่ในกลุ่มปลากระดูกแข็ง (Osteicthtyes) และเป็นปลาผิวน้ำ (Pelagic fish) มีส่วนหัวโตและเรียวเล็กทางด้านหาง ส่วนหางค่อนข้างแบน (ประเสริฐ สายสิทธิ์ , 2527) ชนิดของปลาทูน่าที่ใช้ในอุตสาหกรรมปลาทูน่าบรรจุกระป๋องในไทยกว่าร้อยละ 75 คือปลาพันธุ์โอแถบ (skipjack) ที่เหลือเป็นพันธุ์ครีบเหลือง (yellowfin) พันธุ์ครีบยาว (albacore) และอื่นๆ (กนกวรรณ สุถิรนาถ, 2538) ปลาทูน่าจัดเป็นปลาที่มีองค์ประกอบของไขมันต่ำกว่าร้อยละ 5 แต่มี

โปรตีนสูงกว่าร้อยละ 15 กล้ามเนื้อปลาทูน่าแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ กล้ามเนื้อขาว และ กล้ามเนื้อดำ (Kanoh , *et al.*, 1988) ความแตกต่างด้านองค์ประกอบทางเคมี ในกล้ามเนื้อขาวมีปริมาณโปรตีนที่สูงกว่าแต่มีปริมาณไขมันในระดับที่ต่ำกว่ากล้ามเนื้อดำ (ตารางที่ 1) ปริมาณไขมันและวิตามินในกล้ามเนื้อดำที่สูง จึงช่วยทำหน้าที่แทนตับและส่งผ่านสารที่เกิดจากกระบวนการเมทาบอลิซึม ไปยังกล้ามเนื้อขาวที่อยู่บริเวณใกล้เคียง (Wittenberge , 1972 , Perez-villarreal and Pozo , 1990)

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีในกล้ามเนื้อสีขาวและกล้ามเนื้อสีดำของปลาทูน่า (กรัมต่อ 100 กรัม/ตัวอย่าง)

ชนิดกล้ามเนื้อ	โปรตีน	ไขมัน	เถ้า	ความชื้น
กล้ามเนื้อสีขาว	20.99	2.98	1.27	69.42
กล้ามเนื้อสีดำ	18.34	3.69	1.32	71.71

ที่มา : ดัดแปลงจาก Perez-villarreal และ Pozo (1990)

เนื้อปลาทูน่าจัดเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ปริมาณกรดอะมิโนในเนื้อปลาทูน่ากระป๋อง ดังแสดงในตารางที่ 2 ปลาทูน่าและปลาซาร์ดีน ซึ่งจัดเป็นปลาผิวน้ำมีปริมาณกล้ามเนื้อดำมากกว่าร้อยละ 12 ของกล้ามเนื้อทั้งหมด (Taguchi , *et al* ., 1989) ด้านรสชาติของเนื้อปลาทูน่า สารประกอบที่ให้รสชาติเป็นพวกโปรตีนที่ละลายน้ำร่วมกับสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน โดยเฉพาะสารประกอบอีโนซีนโมโนฟอสเฟต แต่ไม่มีความสำคัญเกี่ยวกับคุณค่าทางโภชนาการ (Murata and Sakaguchi , 1989) กล้ามเนื้อขาว มีสารประกอบอีโนซีนโมโนฟอสเฟตเป็นองค์ประกอบหลัก จึงเป็นสาเหตุทำให้กล้ามเนื้อขาวมีรสชาติดีกว่ากล้ามเนื้อดำ (Kanoh , *et al* ., 1986) ระหว่างการเก็บรักษากล้ามเนื้อดำอาจสูญเสียกลิ่นรสได้เร็วกว่ากล้ามเนื้อขาว เนื่องจาก กล้ามเนื้อขาวมีการลดลงของสารประกอบอีโนซีนโมโนฟอสเฟตช้ากว่ากล้ามเนื้อดำ (Murata and Sakaguchi , 1989)

ด้านกลิ่นของเนื้อปลาทูน่า พบว่า กล้ามเนื้อขาวมีกลิ่นคาวปลาน้อยกว่ากล้ามเนื้อดำมาก การเกิดกลิ่นคาวปลารุนแรง มีสาเหตุมาจากเลือดปลา โดยปกติการกำจัดเลือดปลาออกทำให้เนื้อปลาที่นำไปผ่านการทำให้สุกมีกลิ่นคาวน้อยลง ในกล้ามเนื้อดำของปลาทูน่าที่ตายแล้วมีปริมาณของไตรเมทธิลลามีน ไดเมทธิลลามีน และกรดไขมันเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้เนื่องจากการย่อยสลายตัวเองของกล้ามเนื้อดำ (Murata , *et al.*, 1987) ด้านกลิ่นของสัตว์น้ำสดจะลดลงตลอดในระหว่างการเก็บรักษา สารประกอบจำพวกคาร์บอนิลและแอลกอฮอล์พวก 1- octan-3-ol,1,5-octadien-3-ol และ2,5-octadien-1-ol เป็นสารที่ให้กลิ่นของปลาสด กลิ่นคาวปลาเกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างไตรเมทธิลลามีนกับไขมัน ส่วนกลิ่นหืนเกิดจากกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวในปลาเกิดการออกซิเดชั่น (สุทธวัฒน์ เบญจกุล , 2536)

ตารางที่ 2 ความต้องการกรดอะมิโนของร่างกายมนุษย์และปริมาณกรดอะมิโนที่พบในเนื้อปลาทูน่า

กรดอะมิโนที่จำเป็น	กรัมต่อ 200 กรัม เนื้อปลา	กรัมต่อ 100 กรัมโปรตีน เนื้อปลาทูน่า (กระป๋อง)
ไลซีน	1.6	10.0
เมทิโอนีนและซีสเตอรีน	2.2	6.1
ทริโอนีน	1.0	5.4
ไอโซลูซีน	1.4	5.0
ลูซีน	2.2	8.9
วาลีน	1.6	6.1
ฟีนิลอะลานีนและไทโรซีน	2.2	7.3
ทริปโตเฟน	0.5	1.3

น้ำหนักร่างกาย 68 กิโลกรัม

ที่มา : ดัดแปลงจาก Stansby และ Hall (1967) ; Eitenmiller (1991)

6. การใช้วัสดุเศษเหลือจากอุตสาหกรรมการแปรรูปปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง

จากการขยายตัวของอุตสาหกรรมการผลิตปลาทูน่ากระป๋องที่เพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้มีปริมาณวัสดุเศษเหลือมากขึ้นเป็นลำดับ ได้แก่ หัวและเครื่องใน ร้อยละ 10 น้ำเลือดและน้ำมันร้อยละ 35 กระดูกและหนังร้อยละ 5 เศษเนื้อขาวและเศษเนื้อดำร้อยละ 20 (อารยา เชาว์เรืองฤทธิ์ , 2536) เศษเนื้อขาวเกิดขึ้นจากขั้นตอนการแยกเนื้อขาวและขั้นตอนการบรรจุกระป๋อง

พูลทรัพย์ วิรุฬหกุล (2534) รายงานว่ามีการนำปลาทูน่าที่เป็นส่วนของเนื้อสีดำมาผลิตไส้กรอกแฟรงเฟอร์เตอร์ ซึ่งผลิตภัณฑ์นี้ถูกส่งไปจำหน่ายยังสหรัฐอเมริกา และมีการใช้ปลาทูน่าเนื้อสีดำผสมกับเครื่องปรุงต่างๆ เป็น seasoning fish wafers นอกจากนี้มีการใช้กระเพาะของปลาทูน่าชนิดปลาโอแถบนำมาหมักเป็นผลิตภัณฑ์ shiokara และผลิตอินซูลินจากลำไส้ปลาทูน่า

อารยา เชาว์เรืองฤทธิ์ (2536) ศึกษาพัฒนาผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก โดยใช้เศษเนื้อสีดำและเศษเนื้อสีขาว สัดส่วนที่เหมาะสมระหว่างเศษเนื้อสีดำต่อเศษเนื้อสีขาวต่อเศษผักที่ยอมรับของผู้บริโภค คือ 65:10:25 สูตรเครื่องปรุงรสประกอบด้วย น้ำกะทิ น้ำพริกแกงแดง ไข่ไก่ น้ำปลา ร้อยละ 31.48 9.26 9.26 และ 3.70 โดยน้ำหนักตามลำดับ ทำการผสมส่วนผสมทั้งหมด นำไปขึ้นรูปและให้ความร้อน ห่อด้วยใบกะหล่ำปลีที่ผ่านการลวก และนำไปทำการแช่เยือกแข็ง

พายัพ มาศนิยม (2537) ศึกษาพัฒนาผลิตภัณฑ์แฮมปลา โดยใช้เศษเนื้อสีดำและเศษเนื้อสีขาวของปลาทูน่า พบว่าอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมต่อการยอมรับของผู้บริโภคระหว่างเศษเนื้อสีดำต่อเศษเนื้อสีขาวต่อเนื้อปลาบด คือ 10:10:80 สูตรเครื่องปรุงรส ประกอบด้วย เกลือร้อยละ 1.5 เจลลาตินร้อยละ 9.6 แป้งข้าวโพดร้อยละ 8.6 มาร์การีนร้อยละ 5.3 ผงชูรสร้อยละ 0.2 บีฟเอกซ์แทรกร้อยละ 0.2 กลิ่นควันเหลวร้อยละ 0.05 สีร้อยละ0.001 พริกไทยป่นร้อยละ 0.4 ขิงป่นร้อยละ 0.2 และกระเทียมป่นร้อยละ 0.2 โดยน้ำหนัก ทำการผสมส่วนผสมทั้งหมด นำไปขึ้นรูปและให้ความร้อนโดยการต้ม หลังจากนั้นนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

วิจิตรา แดงปรก และ วรรณวิบูลย์ กาญจนกุญชร (2539) ศึกษาพัฒนาไส้กรอกปลา โดยการนำเศษเนื้อดำซึ่งขูดแยกจากปลาทูน่านึ่งสุก มาปรับสีจากสีน้ำตาลคล้ำให้เป็นสีน้ำตาลอมชมพูด้วยกรดแอสคอร์บิก และ โซเดียมไนไตรท์ ที่ระดับร้อยละ 1.0 และ 0.05 โดยน้ำหนัก จากนั้นนำไปผสมกับชูริมิในอัตราส่วนของชูริมิต่อเนื้อดำคือ 85:15 70:30 และ 55:45 โดยน้ำหนัก อัตราส่วนของชูริมิต่อเนื้อดำที่ได้รับการยอมรับสูงสุดคือ 85:15 โดยน้ำหนัก การยอมรับของผู้บริโภคอยู่ในระดับปานกลาง

7. การเก็บรักษาและการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว

คุณภาพของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดต่ำลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น การเสื่อมเสียคุณภาพของอาหารขบเคี้ยวจนผู้บริโภคไม่ยอมรับ คือการสูญเสียความกรอบ และการเหม็นหืน โดยทั่วไปผลิตภัณฑ์แครกเกอร์มีความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 1 - 5 และค่า Aw ประมาณ 0.1 (Robertson ,1992) เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีความชื้นต่ำมาก ดังนั้นหากเก็บผลิตภัณฑ์ในบรรยากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่าความชื้นภายในของผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์จะดูดความชื้นจากบรรยากาศเข้าไป จนกระทั่งระดับความชื้นภายในผลิตภัณฑ์สมดุลกับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ซึ่งเรียกสภาวะนี้ว่า " ความชื้นสมดุล " หรือ ความชื้นสัมพัทธ์สมดุล (Labuza , 1982) นอกจากนี้การสูญเสียความกรอบของอาหารขบเคี้ยว เนื่องจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคาร์โบไฮเดรต ซึ่งเป็นโมเลกุลใหญ่ที่เกาะกันเป็นตาข่ายด้วยพันธะไฮโดรเจนและแรงแวนเดอร์วาล ทำให้โมเลกุลของแป้งจัดรูปร่างเป็น crytalline - likezone ถูกทำลายเนื่องจากน้ำเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลเหล่านี้ลดลง ปริมาณน้ำและค่า Aw ในขนมขบเคี้ยวที่ทำให้ผลิตภัณฑ์สูญเสียความกรอบ แสดงในตารางที่ 3 นอกจากนี้ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารมีความสัมพันธ์กับค่า Aw สภาวะปกติของการเก็บรักษาอาหารขบเคี้ยว ให้คงมีลักษณะกรอบอยู่ควรมีค่า Aw ในช่วง 0.35 - 0.5 (Katz and Labuza ,1981)

Central Library
Prince of Songkhla University

ตารางที่ 3 ปริมาณน้ำและระดับ Aw ในอาหารขบเคี้ยวที่สูญเสียความกรอบ

Product	g H_2O/100 g solid	Aw
Saltine cracker	7.0	0.39
Potato chip	5.7	0.51
Puffed corn curl	4.2	0.36
Popcorn	6.1	0.49

ที่มา : Labuza และ Katz (1981)

ส่วนการเหม็นหืนของไขมัน เกิดขึ้นเนื่องจากในผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวมีไขมันหรือน้ำมันเป็นองค์ประกอบ ซึ่งเป็นตัวก่อให้เกิดการเหม็นหืนกับผลิตภัณฑ์ได้โดยเกิดปฏิกิริยาการเติมออกซิเจน (oxidation rancidity) และเกิดปฏิกิริยาการสลายตัว(hydrolytic rancidity) ซึ่งมีผลโดยตรงต่อกลิ่นรสผลิตภัณฑ์ (Matz, 1984) Quast และ Karel (1972) กล่าวว่าอาหารขบเคี้ยวที่มีความชื้นต่ำมากและมีไขมันเป็นส่วนประกอบจะเกิดการเหม็นหืนได้เร็วมาก บีสกิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นต่ำประมาณร้อยละ 1.0 จะเร่งปฏิกิริยาการเหม็นหืนในบีสกิตได้เร็วขึ้น

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาพัฒนากระบวนการผลิตและสูตรแครกเกอร์ปลาทูน่าที่เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

2. เพื่อวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ เคมี กายภาพ จุลินทรีย์ ประสาทสัมผัส และการยอมรับในระหว่างการเก็บรักษา

3. เพื่อเป็นข้อมูลในการนำวัสดุเศษเหลือจากการผลิตปลาทูน่ากระป๋องมาใช้ในกระบวนการผลิตแครกเกอร์ปลาทูน่าอย่างเหมาะสม เพิ่มความหลากหลายให้กับผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวและเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการใช้ประโยชน์จากเศษเหลือปลาทูน่าสำหรับผู้สนใจต่อไป

บทที่ 2

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

วัสดุ

1. เศษเนื้อขาวปลาทูน่ารวมพันธุ์ต่างๆ จากโรงงานโชติวัฒน์อุตสาหกรรมการผลิต จำกัด (มหาชน)อ.หาดใหญ่ จ. สงขลา เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตปลาทูน่ากระป๋องซึ่งผ่านการนึ่งด้วยไอน้ำอุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60-70 นาที จนกระทั่งอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางปลา 65-70 องศาเซลเซียส

2. ส่วนผสมในการทำแครกเกอร์ ประกอบด้วย

2.1 แป้งสาลีเอนกประสงค์ โปรตีนร้อยละ 10.5 ยี่ห้อว่าว บริษัทยูไนเต็ดฟลาวมิลล์ จำกัด

2.2 แป้งสาลีชนิดอ่อน โปรตีนร้อยละ 8.2 ยี่ห้อ ROYAL FAN บริษัทยูไนเต็ดฟลาวมิลล์ จำกัด

2.3 แป้งมันสำปะหลัง ยี่ห้อแมวแดงดาวเทียมลูกโลก บริษัท เกรียงไกรค้าแป้ง จำกัด

2.4 เนยขาวยี่ห้อซิลเวอร์คลาวด์ บริษัทลีเวอร์บราเธอร์ (ประเทศไทย) จำกัด

2.5 โซเดียมไบคาร์บอเนต ยี่ห้อเบสท์ ฟู้ดส์ บริษัท ซีพีซี/อายิ (ประเทศไทย) จำกัด

2.6 ยีสต์แห้งชนิดเม็ด ยี่ห้อ Pinnacle Mauri Fermentation (Malaysia) Sdn Bhd.

3. บรรจุภัณฑ์ ประกอบด้วยถุงที่ทำจากแผ่นฟิล์มประกบ 4 ชั้นเรียงจากชั้นนอกจนถึงชั้นใน คือ Polyetheylene terephthalate / Polyethylene / Aluminium foil / Polyethylene ความหนา 0.0875 มิลลิเมตร ขนาด 26 x 25 ตารางเซนติเมตร และกระป๋องทรงกระบอกทำจากเหล็กเคลือบดีบุกมีฝาปิดเปิดได้ขนาด 4066.075 ลูกบาศก์เซนติเมตร (สูตรปริมาตรรูปทรงกระบอก คือ $\pi r^2 h = 22 / 7 \times 7.5^2 \times 23$)

4. วัสดุและเคมีภัณฑ์ สำหรับการวิเคราะห์ทางเคมี

5. วัสดุและอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับการวิเคราะห์จุลินทรีย์

อุปกรณ์

1.อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วย

1.1 เครื่องผสมยี่ห้อ KENWOOD ใช้ใบพัดรูปใบไม้ รุ่น A707A

1.2 เครื่องรีดโดยี่ห้อ TYRONE รุ่น YJ-210

1.3 พิมพ์แครกเกอร์ สามารถตัดโดแครกเกอร์ได้ครั้งละ 21 ชิ้น ขนาดชิ้นละ 50 x 60 มิลลิเมตร โดยการกดโดแครกเกอร์ที่รีดเป็นแผ่นบางลงบนแผ่นไม้ที่มีเข็มสแตนเลส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร สูง 20 มิลลิเมตร (ภาพที่ 1)

1.4 เตาอบก๊าซ บริษัทปรีดาการช่าง

1.5 เครื่องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ยี่ห้อ ESPEC รุ่น PR-2FT

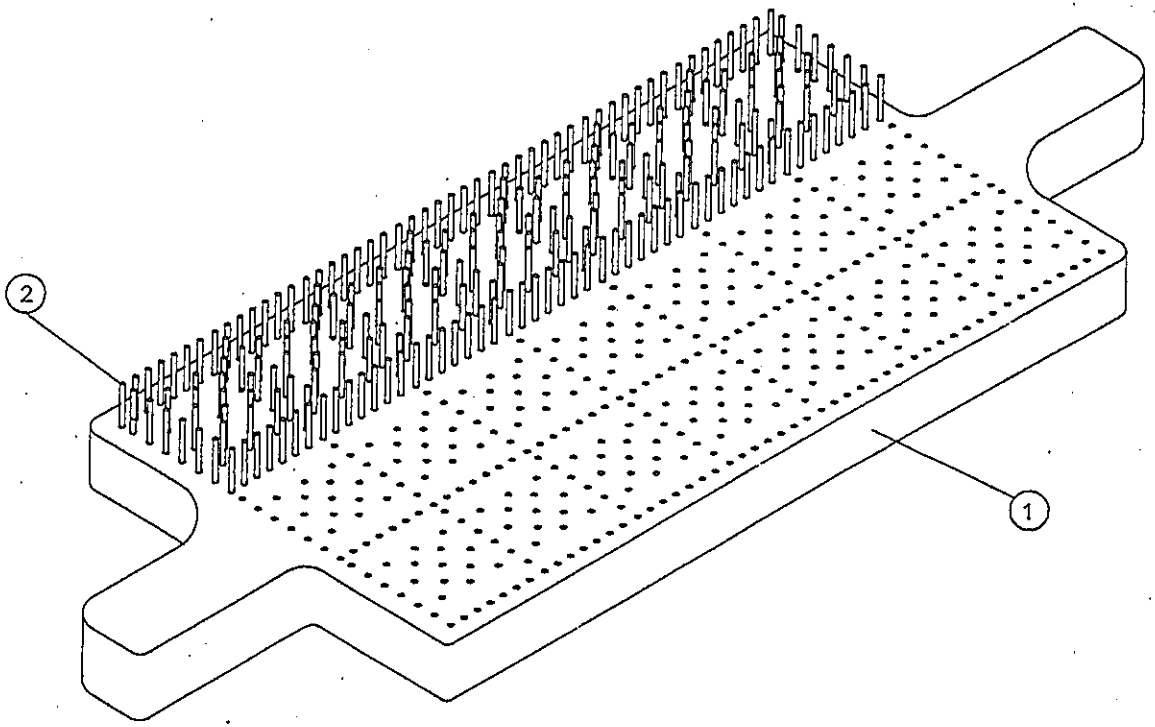
2. อุปกรณ์และเครื่องมือในการวิเคราะห์ทางเคมี ประกอบด้วย

2.1 เครื่องอบไฟฟ้า ยี่ห้อ Memmert รุ่น ULM50

2.2 เครื่องสเปกโครโฟโตมิเตอร์ ยี่ห้อ LKB รุ่น Ultraspec II

2.3 เตาเผา ยี่ห้อ Carbolite รุ่น ELF 10/6

2.4 เครื่องชั่ง ความละเอียดทศนิยม 3 ยี่ห้อ Mettler รุ่น P163 และความละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Satorius รุ่น H35 AR



ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	ชนิดวัสดุ	จำนวน	หมายเลขแบบ
2	เข็ม	Ø5X30	ลวดสแตนส์แลดส์	617	
1	พิมพ์ไม้	200X530X25.4	แผ่นไม้	1	

ผู้ออกแบบ	น.ส.วิภาดา ชัยจะโปะ	12/05/2539
ผู้เขียนแบบ		12/03/2540
ผู้ตรวจแบบ	น.ส.วิภาดา ชัยจะโปะ	17/04/2540
มาตราส่วน 1 : 2	ชื่อชิ้นงาน พิมพ์แคร็กเกอร์	ระบบการฉายภาพ

หมายเลขแบบ

ภาพที่ 1 พิมพ์แครกเกอร์

3. อุปกรณ์และเครื่องมือในการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ ประกอบด้วย

3.1 ตู้บ่มเชื้อจุลินทรีย์ ยี่ห้อ KSL รุ่น 1B-H3

4. อุปกรณ์และเครื่องมือในการวิเคราะห์ทางกายภาพ ประกอบด้วย

4.1 เครื่องวัดค่าสี ยี่ห้อ JUKI รุ่น JP 7100F

4.2 เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ยี่ห้อ Novasina รุ่น TH 200

4.3 เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส ยี่ห้อ Stable Micro System รุ่น TA.XT2.

วิธีการ

1. การวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีของเศษเนื้อขาวปลาทูน่าและเศษเนื้อขาวปลาทูน่าที่ผ่านการลดกลิ่นคาวปลา

- ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และฮีสตามีน (AOAC,1990)
- ค่าTBA (Thiobarbituric Acid) (Egan , *et al* ., 1981)
- ปริมาณไตรเมทธิลามีน โดยวิธีคอนเวย์ (Hasegawa, 1987)

2. กระบวนการผลิตแครกเกอร์และสูตรพื้นฐานสำหรับการผลิตแครกเกอร์

กระบวนการผลิตและสูตรพื้นฐานสำหรับการผลิตแครกเกอร์ซึ่งดัดแปลงเล็กน้อย ดังแสดงในตารางที่ 4 มีดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4 สูตรพื้นฐานสำหรับการผลิตแครกเกอร์

ส่วนผสม	ส่วนผสมที่ 1 (สปองจ์) (ร้อยละของน้ำหนักแป้งสาลีทั้งหมด)	ส่วนผสมที่ 2 (โด) (ร้อยละของน้ำหนักแป้งสาลีทั้งหมด)
แป้งสาลี	65	35
น้ำ	30*	-
ยีสต์	0.4	-
เนยขาว	-	21*
เกลือ	-	1.8
โซเดียม ไบคาร์บอเนต	-	0.45

ที่มา : ดัดแปลงจาก Pizzinatto และ Hoseney (1980a)

* เป็นค่าที่ดัดแปลงไปจากสูตรเดิม

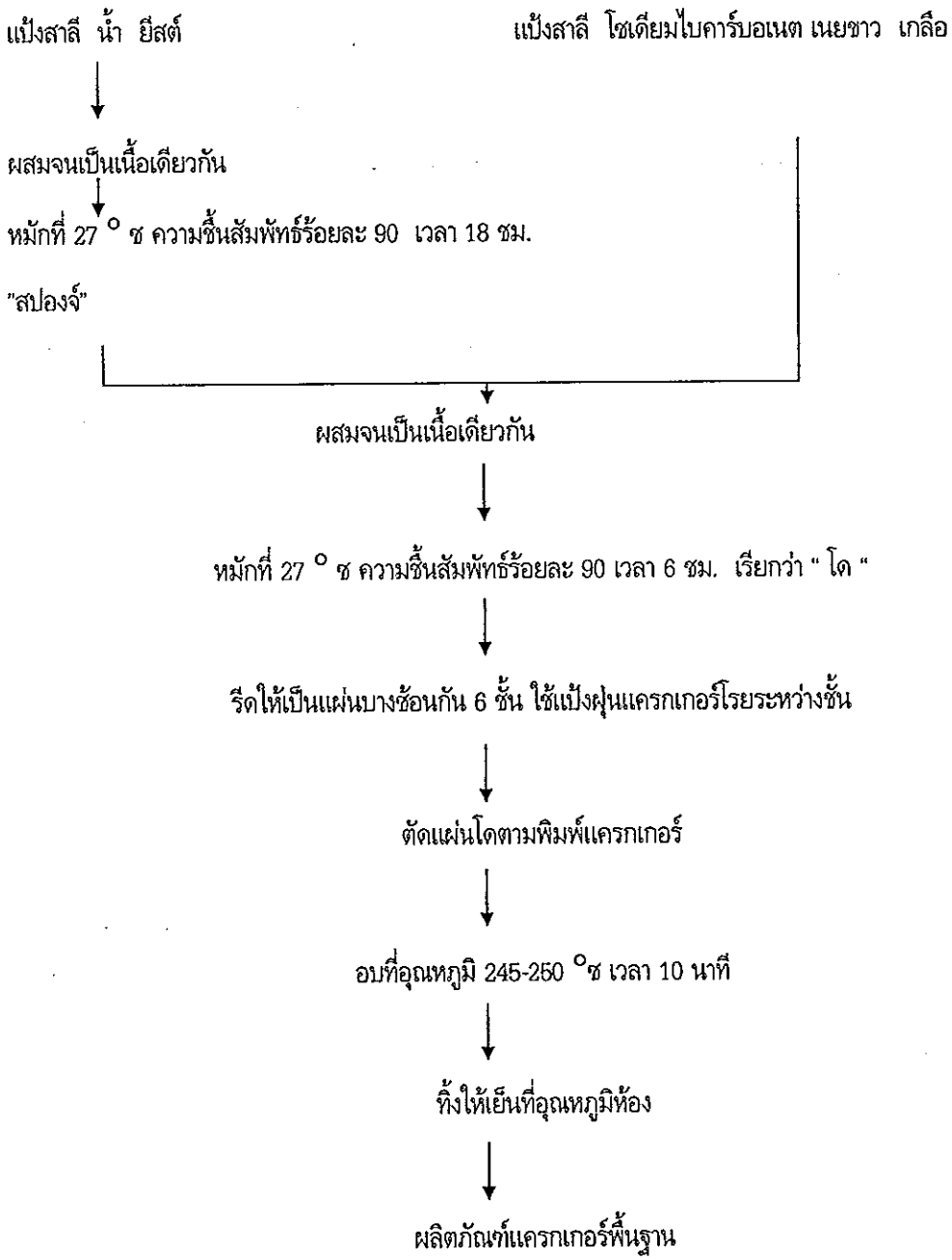
กรรมวิธีการผลิตแครกเกอร์พื้นฐานดังแสดงในภาพที่ 2 ซึ่งมีวิธีทำตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ผสมส่วนผสม ซึ่งประกอบด้วย แป้งสาลีที่ร่อนแล้ว น้ำ ยีสต์ ในเครื่องผสมใช้ใบพัดรูปใบไม้ที่ความเร็วระดับ 1 เป็นเวลา 5 นาที ให้เป็นเนื้อเดียวกัน หมักไว้เป็นเวลา 18 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90 ซึ่งเรียกส่วนผสมนี้ว่า สปองจ์

2. นำสปองจ์มาผสมกับส่วนผสมซึ่งประกอบด้วย แป้งสาลีที่ร่อนแล้ว เนยขาว เกลือ และโซเดียมไบคาร์บอเนต ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันในเครื่องผสมใช้ใบพัดรูปใบไม้ที่ความเร็วระดับ 1 เป็นเวลา 5 นาที หมักเป็นเวลา 6 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90 เรียกส่วนผสมนี้ว่า โด

3. รีดโดให้เป็นแผ่นบางด้วยเครื่องรีดโดแล้วทบแผ่นโดไปมาให้เกิดชั้นของโด 6 ชั้น ระหว่างชั้นของโดโรยด้วยแป้งฝุ่นแครกเกอร์ ปริมาณร้อยละ 5 ของน้ำหนักโดทั้งหมด

4. ตัดโดให้ได้ขนาดตามแบบพิมพ์ แล้วนำไปอบในเตาอบก๊าซที่อุณหภูมิ 245-250 องศาเซลเซียสและเวลา 10 นาที



ภาพที่ 2 กรรมวิธีการผลิตแครกเกอร์พื้นฐาน

ที่มา : ดัดแปลงจาก Pizzinatto และ Hoseney (1980a)

3. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพแครกเกอร์พื้นฐาน

3.1. ชนิดของแป้งฝุ่นแครกเกอร์ ประกอบด้วย 3 ชนิดคือ

- แป้งสาลีชนิดอ่อน โปรตีนร้อยละ 8.2
- แป้งสาลีชนิดอ่อนผสมแป้งมันสำปะหลัง อัตราส่วน 1: 1
- แป้งมันสำปะหลัง

เตรียมแครกเกอร์ตามสูตรและขั้นตอนของการผลิตแครกเกอร์พื้นฐานโดยใช้แป้งฝุ่นโรยระหว่างชั้นของโดแครกเกอร์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design , RCBD) ประกอบด้วยชุดการทดลองทั้งหมด 3 ชุดการทดลอง ทดสอบคุณภาพแครกเกอร์ทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 12 คน ทางด้านความกรอบ การแยกชั้นแผ่นประกบของโด และ การยอมรับรวม โดยวิธีประเมินคุณภาพแบบพรรณาเชิงปริมาณ (Quantitative descriptives analysis ; QDA) (ไพโรจน์ วิริยจารี , 2535) คะแนนการทดสอบที่ได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองโดยใช้ DMRT (ไพศาล เหล่าสุวรรณ , 2531) วัดความแข็งของแครกเกอร์ โดยใช้เครื่อง Texture analyzer และค่าการขยายตัวของชิ้นแครกเกอร์หลังอบ (Yu , *et al.*, 1981) คัดเลือกชุดการทดลองที่มีคะแนนการยอมรับรวมสูงสุด เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

3.2. ปริมาณน้ำและเนยขาว

- ปริมาณน้ำ 3 ระดับคือร้อยละ 27 30 และ 35 ของน้ำหนักแป้ง
- ปริมาณเนยขาว 3 ระดับคือร้อยละ 14 21 และ 25 ของน้ำหนักแป้ง

เตรียมแครกเกอร์ตามสูตรและขั้นตอนการผลิตแครกเกอร์พื้นฐานโดยใช้แป้งฝุ่นแครกเกอร์ที่ได้คัดเลือกว่าเหมาะสมที่สุดจากข้อ 3.1 ส่วนปริมาณน้ำและเนยขาวแตกต่างกันตามชุดการทดลอง วางแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียล สามารถจัดชุดการทดลองออกมาได้ 3x3 = 9 ชุดการทดลอง ทดสอบคุณภาพแครกเกอร์ทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี QDA ด้าน กลิ่นหอมแครกเกอร์ ความกรอบ รอยแตกที่ผิวหน้า การแยกชั้นแผ่นประกบของโด และการยอมรับรวม

โดยการจัดตัวอย่างเพื่อการทดสอบแบบบล๊อกไม่สมบูรณ์ (สุรพล อุปดิสสกุล , 2526) วิเคราะห์ผลการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.1 หาปริมาณความชื้น (AOAC, 1990) วัดค่าการไหลของโด (Smewing , 1995) และความเหนียวของโดแครกเกอร์ก่อนอบ (Chen and Hoseney , 1995) ความแข็งของแครกเกอร์ โดยใช้เครื่อง Texture analyzer ค่าการขยายตัวของแครกเกอร์หลังอบ (Yu , *et al.*, 1981) คัดเลือกชุดการทดลองที่มีคะแนนการยอมรับรวมสูงสุด เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

3.3. ระยะเวลาการอบ

เตรียมแครกเกอร์ตามสูตรและขั้นตอนการผลิตแครกเกอร์พื้นฐานโดยใช้ปริมาณแป้งฝุ่นแครกเกอร์ที่คัดเลือกจากข้อ 3.1 และส่วนประกอบของน้ำและเนยขาวที่คัดเลือกจากข้อ 3.2 ทำการอบโดยกำหนดอุณหภูมิคงที่ในช่วง 245-250 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ระดับคือ 9 10 และ 11 นาที วางแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล๊อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design , RCBD) มีชุดการทดลองรวม 3 ชุดการทดลอง ทำการทดสอบคุณภาพแครกเกอร์ทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี QDA ด้าน สี ความกรอบ กลิ่นรสผิดปกติ และการยอมรับรวม วิเคราะห์ผลการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.1 วัดค่าสีโดยใช้เครื่อง Juki ค่าความแข็งโดยใช้เครื่อง Texture analyzer คัดเลือกชุดการทดลองที่มีคะแนนการยอมรับรวมสูงสุด

4. การพัฒนาผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่า

4.1. ศึกษาการลดกลิ่นคาวของเนื้อปลาทูน่า โดยวิธีการเตรียมปลาทูน่า 5 วิธี ได้แก่

- ปลานึ่ง (ชุดควบคุม)
- ปลานึ่งนำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสจนมีความชื้นร้อยละ 60±3
- ปลานึ่งนำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสจนมีความชื้นร้อยละ 50±3
- ปลานึ่งนำมาต้มกับน้ำขิงแล้วอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนมีความชื้นร้อยละ 60±3

- ปลานึ่งนำมาต้มกับน้ำขิงแล้วอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนมีความชื้นร้อยละ 50±3

การเตรียมน้ำขิงใช้อัตราส่วน น้ำ : ขิง : เนื้อปลา = 3 : 1 : 2 โดยนำขิงแก่มาปอกเปลือก ตำให้ละเอียดผสมน้ำ ต้มเดือดนาน 1 นาที กรองเอากากขิงออก ใส่เนื้อปลาในน้ำขิง นำไปต้มให้เดือดนาน 5 นาที บีบเอาน้ำออก จากนั้นนำปลาไปอบแห้งให้มีความชื้นในระดับที่ต้องการ นำเนื้อปลาทูน่าที่เตรียมทั้ง 5 วิธี มาทำให้มีขนาดสม่ำเสมอเท่ากันโดยการร่อนผ่านตะแกรงขนาด 4 ตร.มม. ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี ODA โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 12 คน ทางด้าน สี กลิ่นคาวปลา กลิ่นขิง และการยอมรับรวม คะแนนการทดสอบที่ได้นำมาวิเคราะห์ผลเช่นเดียวกับข้อ 3.1 แล้วเลือกชุดการทดลองที่มีกลิ่นคาวน้อยที่สุดและได้รับการยอมรับมากที่สุดเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

4.2. ศึกษาปริมาณปลาทูน่าและเวลาอบที่มีผลต่อคุณภาพแครกเกอร์ปลาทูน่า

- ปริมาณปลาทูน่า 3 ระดับคือร้อยละ 3 6 และ 9 ของส่วนผสมทั้งหมด
- เวลาในการอบที่อุณหภูมิ 245-250 องศาเซลเซียส 3 ระดับคือ 10.30 11.30 และ 12.30 นาที

ผลิตแครกเกอร์ปลาทูน่าโดยเติมเนื้อปลาทูน่าที่ได้รับการคัดเลือกว่ามีกลิ่นคาวน้อยที่สุดและการยอมรับสูงสุดจากข้อ 4.1 วางแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียล มีชุดการทดลองทั้งหมด 3x3 = 9 ชุดการทดลอง ทำการทดสอบคุณภาพของแครกเกอร์ทางประสาทสัมผัสทางด้าน สี กลิ่นคาวปลา กลิ่นขิง ความกรอบ การแยกชั้นของแผ่นประกบของโด และการยอมรับรวม ด้วยวิธีการและวิเคราะห์ผลเช่นเดียวกับข้อ 3.1 รวมทั้งวัดค่าสี และปริมาณความชื้นของโดแครกเกอร์ปลาทูน่าก่อนอบ (AOAC, 1990) เลือกชุดการทดลองที่มีการยอมรับสูงสุด

5. การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

ทำการผลิตแครกเกอร์ปลาทูน่าตามสูตรและวิธีการที่ได้พัฒนาขึ้นและมีความเหมาะสมจากข้อ 4.2 แล้วนำมาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค 2 กลุ่ม คือ

5.1. ผู้บริโภคในระดับห้องปฏิบัติการ ทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้าน สี กลิ่นคาวปลา กลิ่นขิง ความกรอบ การแยกชั้นแผ่นประกบของโดและ การยอมรับรวม ด้วยวิธี QDA (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2535) โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนในระดับห้องปฏิบัติการจำนวน 12 คน ประเมินผลการยอมรับโดยการหาค่าเฉลี่ย

5.2. ผู้บริโภคทั่วไป ทำการทดสอบโดยใช้ผู้ทดสอบทั่วไปได้แก่ นักเรียน นักศึกษา ข้าราชการ และลูกจ้าง ที่อาศัยอยู่ภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ผู้ชายจำนวน 45 คน และผู้หญิงจำนวน 55 คน สอบถามเพื่อหาข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม พฤติกรรมการซื้อ พฤติกรรมการบริโภค การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้าน สี กลิ่นคาวปลา กลิ่นขิง ความกรอบ การแยกชั้นแผ่นประกบของโด และการยอมรับรวม โดยวิธี QDA (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2535) ประเมินผลการยอมรับโดยการหาค่าเฉลี่ย

6. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่า

นำผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าที่พัฒนาแล้ว มาบรรจุลงในภาชนะ 2 ชนิดคือ ถุงทำจากแผ่นฟิล์มประกบ 4 ชั้นเรียงจากชั้นนอกจนถึงชั้นในคือ Polyetheylene terephthalate / Polyethylene / Aluminium foil / Polyethylene ความหนา 0.0875 มิลลิเมตร ขนาด 26 X 25ตารางเซนติเมตร หนัก 180 กรัม/ถุง และกระป๋องทรงกระบอกทำจากเหล็กเคลือบดีบุกมีฝาปิดเปิดขนาด ขนาด 4066.075 ลูกบาศก์เซนติเมตร น้ำหนัก 420 กรัม/กระป๋อง เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างเพื่อประเมินคุณภาพทุก 15 วัน เป็นเวลา 3 เดือนดังนี้

6.1 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้าน สี กลิ่นหืน กลิ่นผิดปกติ ความกรอบ และการยอมรับรวม โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 12 คน โดยวิธี QDA (ไพโรจน์ วิริยจารี , 2535) คะแนนการทดสอบที่ได้นำมาวิเคราะห์ผลเช่นเดียวกันกับข้อ 3.1

6.2 การประเมินคุณภาพทางกายภาพ

สุ่มตัวอย่างแต่ละชุดการทดลองๆละ 3 ซ้ำ เพื่อวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส ด้านความแข็งและความกรอบโดยใช้เครื่อง Texture analyzer และ ค่า Aw โดยใช้เครื่องวอเตอร์แอคติวิตี้

6.3 การประเมินคุณภาพทางจุลินทรีย์

สุ่มตัวอย่างแต่ละชุดการทดลองๆละ 3 ซ้ำ วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Viable Count) โดยวิธี pour plate ปริมาณโคลิฟอร์ม (Colifrom) โดยวิธีเอ็มพีเอ็น (MPN) ปริมาณรา (Mold) โดยวิธี spread plate ปริมาณคลอสตริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์ (*Clostridium perfringens*) โดยวิธี spread plate ปริมาณซาลโมเนลลา (*Salmonella*) และปริมาณสตาฟิโลค็อกคัส ออเรียส (*Staphyloccus auerus*) โดยวิธี spread plate (Speck, 1984)

6.4 การประเมินคุณภาพทางเคมี

สุ่มตัวอย่างแต่ละชุดการทดลองๆละ 3 ซ้ำ เพื่อวิเคราะห์ค่า TBA (Egan, *et al* ., 1981) และปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน เถ้า (AOAC, 1990) และฮีสตามีน (Egan, *et al* ., 1981) เฉพาะตัวอย่างเริ่มต้นและสิ้นสุดการเก็บรักษา วิเคราะห์ปริมาณและชนิดกรดอะมิโนของแครกเกอร์ปลาทูน่า ด้วยวิธี HPLC

บทที่ 3

ผลและวิจารณ์

1. องค์ประกอบทางเคมีของเศษเนื้อขาวปลาทูน่า

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเศษเนื้อขาวปลาทูน่าและเศษเนื้อขาวปลาทูน่าที่ผ่านการต้มน้ำขิงและอบแห้ง ที่ใช้ในการทดลองนี้ซึ่งเป็นปลาทูน่ารวมพันธุ์ต่างๆ (ตารางที่ 5) พบว่า ปริมาณความชื้นของเศษเนื้อขาวปลาทูน่าเริ่มต้นมีค่าร้อยละ 65.50 ซึ่งต่ำกว่าการทดลองของ อารยา เชาว์เรืองฤทธิ์ (2536) และ พายัพ มาศนิยม (2538) ที่ตรวจวิเคราะห์เศษเนื้อขาวปลาทูน่า พันธุ์โอดำ มีความชื้นร้อยละ 67.77 และ 68.46 ตามลำดับ ปริมาณโปรตีนเฉลี่ยของเศษเนื้อขาวปลาทูน่า คือร้อยละ 68.98 ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งค่อนข้างสูงกว่าผลการทดลองของ อารยา เชาว์เรืองฤทธิ์ (2536) และ พายัพ มาศนิยม (2538) คือมีโปรตีนร้อยละ 62.45 และ 65.81 ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ แต่มีปริมาณใกล้เคียงกับผลการทดลองของ Perez – Villarreal และ Pozo (1990) คือมีโปรตีนร้อยละ 68.64 ของน้ำหนักแห้ง เนื่องจากเป็นปลาทูน่าต่างชนิดกันและถึงแม้เป็นปลาชนิดเดียวกันก็มีองค์ประกอบทางเคมีที่ต่างกัน เนื่องจาก อายุ เพศ และ ฤดูกาลที่จับ (Heen and Kreuzer , 1962) ส่วนปริมาณไขมันในเศษเนื้อขาวปลาทูน่า คือร้อยละ 2.61 ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งมีปริมาณเท่ากับหรือใกล้เคียงกับผลการทดลองของ พายัพ มาศนิยม (2536) และ อารยา เชาว์เรืองฤทธิ์ (2536) แต่มีปริมาณค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองของ Perez - Villarreal และ Pozo (1990) คือ ร้อยละ 9.74 ของน้ำหนักแห้ง ทั้งนี้เนื่องจากเศษเนื้อปลาทูน่าในการทดลองได้จากปลาทูน่าที่ผ่านการนึ่งให้สุกแล้ว ทำให้ไขมันบางส่วนอาจสูญเสียปนไปกับน้ำนึ่งปลา ส่วนปริมาณเถ้าของเศษเนื้อปลาทูน่า คือ ร้อยละ 4.73 ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับผลการทดลองของ อารยา เชาว์เรืองฤทธิ์ (2536) และ Perez – Villarreal และ Pozo(1990) คือร้อยละ 4.90 และ 4.15 ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

เมื่อนำเศษเนื้อขาวปลาทูน่ามาต้มกับน้ำขิงและอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนมีความชื้นร้อยละ 48.36 พบว่ามีปริมาณโปรตีนใกล้เคียงกับเศษเนื้อขาวปลาทูน่าเริ่มต้น ปริมาณไขมันต่ำกว่าเศษเนื้อขาวปลาทูน่าเริ่มต้น อาจเนื่องจากมีการสูญเสียไปขณะต้มกับน้ำขิง

ส่วนปริมาณเถ้าของเศษเนื้อปลาทูน่าต้มน้ำขิงและอบแห้งต่ำกว่าเศษเนื้อขาวปลาทูน่าเริ่มต้นเล็กน้อย คือ ร้อยละ 3.33 และ 4.73 ของน้ำหนักแห้ง ปริมาณทีบีเอ ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของกรดไขมัน พบว่า เศษเนื้อขาวปลาทูน่า มีค่าทีบีเอเท่ากับ 2.64 มก. มาโลนอัลดีไฮล์/กก. ตัวอย่าง ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการทดลองของอารยา เชาว์เรืองฤทธิ์ (2536) ส่วนค่าทีบีเอของเศษเนื้อปลาทูน่าต้มน้ำขิงและอบแห้ง มีค่าต่ำกว่าเศษเนื้อขาวปลาทูน่าเริ่มต้น ทั้งนี้อาจเนื่องจากสารประกอบฟีนอลในขิงอาจช่วยยับยั้งการหืนได้ (พยอม ตันติวัฒน์ , 2521) ส่วนค่าทีเอ็มเอ ซึ่งหมายถึงปริมาณไตรเมธิลลามีนของปลาทูน่าต้มน้ำขิงและอบแห้งมีค่า 8.59 มก.ไนโตรเจนต่อร้อยกรัมตัวอย่าง ซึ่งต่ำกว่าเศษเนื้อขาวปลาทูน่าเริ่มต้นที่มีค่า 10.31 มก.ไนโตรเจนต่อร้อยกรัมตัวอย่าง อาจเนื่องมาจากปริมาณไตรเมธิลลามีนมีการสูญเสียไปกับน้ำขิงที่ใช้ต้มเศษเนื้อขาวปลาทูน่าและระเหยออกไปขณะนำปลาทูน่าไปอบ (นงลักษณ์ สุทธิวนิช , 2531)

ปริมาณฮีสตามีนของเศษเนื้อขาวปลาทูน่าและเศษเนื้อขาวปลาทูน่าต้มน้ำขิงอบแห้งคือ 17.01 และ 15.15 พีพีเอ็ม ตามลำดับ เหตุที่เศษเนื้อขาวปลาทูน่าต้มน้ำขิงอบแห้งมีปริมาณฮีสตามีนต่ำกว่าเศษเนื้อขาวปลาทูน่าเริ่มต้น ทั้งนี้อาจเนื่องจากมีการสูญเสียไปกับน้ำต้มขิง อย่างไรก็ตามพบว่าปริมาณฮีสตามีนของทั้ง 2 ตัวอย่างยังอยู่ในเกณฑ์กำหนดขององค์การอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา คือไม่เกิน 50 พีพีเอ็ม ของน้ำหนักเปียก (Celia, *et al.*, 1998) และ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปลาทูน่ากระป๋อง (สมอ.2530ข) คือไม่เกิน 100 พีพีเอ็ม ของน้ำหนักเปียก

ตารางที่ 5 องค์ประกอบทางเคมีของเศษเนื้อปลาทูน่า

องค์ประกอบ	เศษเนื้อขาวปลาทูน่า	เศษเนื้อขาวปลาทูน่าที่ผ่านการต้มน้ำขิงและอบแห้ง *
ความชื้น (ร้อยละ)	65.51±0.89[1]	48.36±0.66
โปรตีน (ร้อยละ)[2]	68.98±0.53	70.60±0.84
ไขมัน (ร้อยละ)[2]	2.61±0.10	1.60±0.12
เถ้า (ร้อยละ)[2]	4.73±0.24	3.33±0.47
ทีบีเอ (มก. มาโลนอัลดีไฮด์ / กก.ตัวอย่าง	2.64±0.13	2.17±0.03
ทีเอ็มเอ (มก. ไนโตรเจน/100 ก.ตัวอย่าง)	10.31±0.74	8.59±0.62
ฮีสตามีน (พีพีเอ็ม)[2]	17.01±0.03	15.15±0.02

[1] ค่าเฉลี่ย ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจาก 3 ชุดการทดลองๆละ 3 ซ้ำ

[2] คำนวณจากน้ำหนักแห้งของตัวอย่าง

* เป็นชุดที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนมีความชื้นร้อยละ 48.36

2. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพแครกเกอร์พื้นฐาน

2.1 ชนิดของแป้งฝุ่นแครกเกอร์

ผลการทดลองใช้แป้งฝุ่นแครกเกอร์ 3 ชนิดคือแป้งสาลีชนิดอ่อน แป้งสาลีชนิดอ่อนผสมกับแป้งมันสำปะหลัง และ แป้งมันสำปะหลัง ต่อคุณภาพแครกเกอร์ (ตารางที่ 6) พบว่าไม่มีผลต่อค่าความแข็ง ค่าการขยายตัวด้านหนา และความกรอบของแครกเกอร์อย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) ส่วนการแยกชั้นของแผ่นโดประกบ และการยอมรับรวมของชุดการทดลองที่ใช้แป้งสาลีชนิดอ่อน และแป้งสาลีชนิดอ่อนผสมกับแป้งมันสำปะหลัง มีค่าใกล้เคียงกันและแตกต่างจากชุด

ชั้นของแผ่นโดประกบ และการยอมรับรวมสูงกว่าชุดการทดลองที่ใช้เพราะแป้งสาลีชนิดอ่อน และแป้งสาลีชนิดอ่อนผสมกับแป้งมันสำปะหลัง เพราะแป้งมันสำปะหลังประกอบด้วยอะไมโลเปกตินจำนวนมาก เมื่อได้รับน้ำจากโดสามารถเกิดการพองตัวอย่างรวดเร็วและขยายตัวได้มาก ทำให้เกิดการแยกชั้นที่ดีของแผ่นประกบของโด (Feldbard , 1990) ส่วนแป้งสาลีชนิดอ่อนประกอบด้วยอะไมโลสจำนวนมาก ซึ่งสามารถเกิดการพองตัวได้น้อย (Tester and Morrison , 1990 ; Wang , 1997) และยังประกอบด้วยโปรตีนไกลอะดีนและกลูเตนิน เมื่อได้รับน้ำและพลังงานขณะรีดโด อาจทำให้เกิดการเชื่อมต่อกันของแผ่นโดประกบในบางส่วน ดังภาพที่ 3

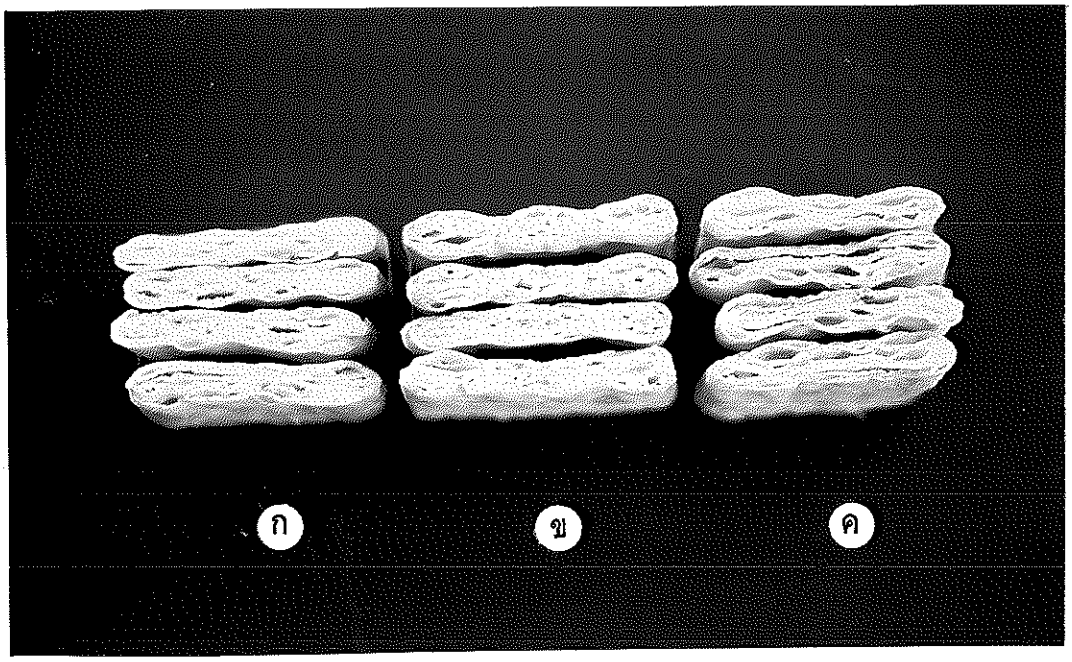
ตารางที่ 6 ผลของแป้งฝุ่นแครกเกอร์ต่อคุณภาพของแครกเกอร์พื้นฐาน

ชนิดแป้งฝุ่นแครกเกอร์	ความแข็ง (นิวตัน)[1]	การขยายตัวด้านหนา (เท่า)[2]	คะแนนทางประสาทสัมผัส (S/I)[3]		
			ความกรอบ	การแยกชั้น	การยอมรับรวม
แป้งสาลีชนิดอ่อน	12.67 [a]	0.87 [a]	0.85 [a]	0.79 [b]	0.85 [b]
แป้งสาลีชนิดอ่อนผสมแป้งมันสำปะหลัง	12.80 [a]	0.88 [a]	0.82 [a]	0.78 [b]	0.81 [b]
แป้งมันสำปะหลัง	12.59 [a]	0.88 [a]	0.88 [a]	0.91 [a]	0.94 [a]

[1] ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 25 ซ้ำ ที่มีอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

[2] ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 10 ซ้ำ ที่มีอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

[3] ค่าเฉลี่ยจากผู้ทดสอบ 12 คน ที่มีอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)



ภาพที่ 3 ภาพตัดตามขวางของแครกเกอร์ที่ใช้แป้งฝุ่นแครกเกอร์ต่างชนิดกัน

ก แป้งสาลีชนิดอ่อน

ข แป้งสาลีชนิดอ่อนผสมแป้งมันสำปะหลัง

ค แป้งมันสำปะหลัง

2.2 ปริมาณน้ำและเนยขาว

การทดลองผลิตแครกเกอร์พื้นฐานโดยใช้ปริมาณน้ำและเนยขาวที่แตกต่างกัน พบว่าชุดการทดลองที่ใช้ปริมาณน้ำและเนยขาวต่ำสุด (น้ำร้อยละ 27 และเนยขาวร้อยละ 14) ไม่สามารถนวดให้เกิดโดได้ จึงไม่สามารถผลิตแครกเกอร์จากชุดการทดลองนี้ได้ ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของชุดการทดลองอื่นๆ (ตารางที่ 7) พบว่า ผลร่วมของปริมาณน้ำและไขมันมีผลต่อกลิ่นหอมแครกเกอร์อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) สูตรแครกเกอร์ที่เติมน้ำน้อยคือร้อยละ 27 มีกลิ่นหอมแครกเกอร์ต่ำกว่าสูตรที่มีการเติมน้ำร้อยละ 30 และ 35 ของน้ำหนักแป้ง การเติมน้ำและเนยขาวในปริมาณที่เหมาะสม ช่วยทำให้โดมีคุณสมบัติการไหลที่ดี ยีสต์ แบคทีเรีย รวมทั้งเอนไซม์โปรติโอไลติก สามารถย่อยส่วนประกอบของโดได้ง่าย เป็นผลให้ได้สารที่เกิดกลิ่นรส

ในแครกเกอร์ ได้แก่ ไนโตรเจนที่ละลายได้ สารประกอบเอมีนพื้นฐาน และกรดอะมิโนอิสระ (Faridi and Johnson , 1978) นอกจากนี้กลิ่นหอมของแครกเกอร์ยังเกิดขึ้นในช่วงการอบจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด เกิดเป็นสารที่มีกลิ่นรสในช่วงแรกของปฏิกิริยา คือ สาร 2 , 5 dimethyl - 4 hydroxy - 3(2H) -furanone , 2 acetyl pyrroline และ 2 acetyl - 1 , 4 , 5 , 6 tetrahydropyridine (Stegmann and Huang , 1997) สาร 2 , 3 - dihydro - 3 , 5 dihydro 6 - methyl - 4H - pyran - 4 - one และ 5 hydroxymethylfurfural (Nishibori and Kawakishi , 1990)

ส่วนรอยแตกที่ผิวหน้าแครกเกอร์ พบว่าโดแครกเกอร์ที่มีการเติมน้ำน้อย มีผลทำให้เกิดรอยแตกที่ผิวหน้าของแครกเกอร์มาก แต่เมื่อเพิ่มปริมาณเนยขาวมากขึ้นจากร้อยละ 21 เป็นร้อยละ 25 รอยแตกที่ผิวหน้าลดลง สูตรแครกเกอร์ที่มีการเติมน้ำร้อยละ 30 เนยขาวร้อยละ 21 และ 25 และสูตรแครกเกอร์ที่เติมน้ำร้อยละ 35 ที่เนยขาวทุกระดับ ไม่พบรอยแตกบนผิวหน้าแครกเกอร์ โดแครกเกอร์ที่มีการเติมน้ำและเนยขาวมากขึ้น ทำให้ความกรอบและการแยกชั้นของแผ่นประกบของโดมากขึ้น เนื่องจากน้ำในโดเมื่อได้รับความร้อนขณะอบอาจกลายเป็นไอดันให้ผลิตภัณฑ์มีขนาดเพิ่มขึ้น (Julianly , *et al.*, 1994 ; Wade , 1988) ส่วนเนยขาวช่วยลดการประสานกันของพันธะต่างๆภายในโมเลกุลกลูเตน ทำให้โดขยายตัวได้มาก ผลิตภัณฑ์พองตัวจึงกรอบมากขึ้น (สุวรรณ สุทธิขจรกิจการ, 2535) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ ธงชัย สุวรรณสิชณน์ (2535) ที่รายงานว่าผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่พองตัวและขยายตัวมาก ส่งผลให้มีความกรอบ และเปราะมาก เป็นผลให้ค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสเพิ่มมากด้วย ชุดการทดลองที่มีการเติมน้ำและเนยขาวเพิ่มขึ้น มีแนวโน้มค่าการยอมรับรวมเพิ่มมากขึ้นด้วย

ตารางที่ 7 ผลของปริมาณน้ำและเนยขาวต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสของแครกเกอร์

น้ำ (ร้อยละ)	เนยขาว (ร้อยละ)	S/I score [1] กลิ่นหอมแครกเกอร์	ความกรอบ	รอยแตกที่ผิวหน้า	การแยกชั้นของแผ่นโดประกบ	การยอมรับรวม
27	14[2]	0.00 [b]	0.00 [b]	0.00 [c]	0.00 [b]	0.00 [b]
	21	0.63 [a]	0.63 [a]	1.35 [a]	0.39 [a]	0.51 [a]
	25	0.66 [a]	0.65 [a]	1.30 [b]	0.47 [a]	0.53 [a]
30	14	0.74 [a]	0.80 [b]	1.06 [a]	0.74 [a]	0.70 [b]
	21	0.78 [a]	0.89 [ab]	1.00 [b]	0.76 [a]	0.83 [a]
	25	0.81 [a]	0.93 [a]	1.00 [b]	0.78 [a]	0.83 [a]
35	14	0.81 [a]	0.84 [b]	1.00 [a]	0.89 [a]	0.88 [a]
	21	0.82 [a]	0.91 [ab]	1.00 [a]	0.90 [a]	0.88 [a]
	25	0.84 [a]	0.98 [a]	1.00 [a]	0.92 [a]	0.92 [a]

[1] ค่าเฉลี่ยจากผู้ทดสอบ 7 คน ในแต่ละระดับน้ำที่มีตัวอักษรเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

[2] ไม่สามารถผลิตเป็นแครกเกอร์ได้

ผลของปริมาณน้ำและเนยขาวต่อลักษณะการไหล และความเหนียวของโดแครกเกอร์ ความแข็งและการขยายตัวด้านหนาของแครกเกอร์ (ตารางที่ 8) พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำและเนยขาวในโด ทำให้ค่าการต้านทานต่อการยืดขยายลดลง แต่ค่าความสามารถในการยืดขยายเพิ่มขึ้นเนื่องจากน้ำและไขมันช่วยลดการประสานกันของพันธะต่างๆภายในร่างแหกลูเตน ทำให้กลูเตนมีความอ่อนตัว ส่วนความเหนียวของโดเมื่อปริมาณน้ำในโดเพิ่มขึ้นทำให้โดมีความเหนียวเพิ่มขึ้น เนื่องจากน้ำทำให้โดเปียกและอ่อนตัวมาก (Chen , 1992) เช่นเดียวกับการเพิ่มปริมาณเนยขาว การเพิ่มปริมาณเนยขาวมีผลทำให้ค่าความแข็งของแครกเกอร์ลดลง ทั้งนี้เนื่องจากเนยขาวทำให้แครกเกอร์มีการพองตัวได้มาก ค่าความหนาแน่นต่ำ

ส่วนการขยายตัวด้านหนาของแครกเกอร์ เมื่อปริมาณเนยขาวในโดเพิ่มขึ้นส่งผลให้แครกเกอร์มีค่าการขยายตัวด้านหนาเพิ่มขึ้น เนื่องจากไขมันอาจอุดช่องว่างระหว่างร่างแหของกลูเตน ทำให้สามารถป้องกันการสูญเสียกาซคาร์บอนไดออกไซด์ในโด (Moore and Hoseney , 1986 ; Junge and Hoseney , 1981) และยืดเวลาการขยายตัวขณะอบ (Baker and Mize , 1942) การเพิ่มปริมาณน้ำในโดทำให้ค่าการขยายตัวด้านหนาเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากน้ำในโดเมื่อได้รับความร้อนสามารถระเหยกลายเป็นไอดันให้ผลิตภัณฑ์พองตัว (Julianly , *et al.*, 1994 ; Wade , 1988)

ตารางที่ 8 ผลของปริมาณน้ำและเนยขาวต่อลักษณะทางกายภาพของโดแครกเกอร์

น้ำ (ร้อยละ)	เนยขาว (ร้อยละ)	โดแครกเกอร์				แครกเกอร์	
		ความชื้น[1] (ร้อยละ)	ความต้านทานต่อการยืดขยาย[2] (กรัม)	ความสามารถในการยืดขยาย[2] (มม.)	ความเหนียว[3] (กรัม)	ความแข็ง[2] (นิวตัน)	การขยายตัวด้านหนา[2] (เท่า)
27	14	0.00 ^{b}	0.00 ^{c}	0.00 ^{c}	0.00 ^{b}	0.00 ^{c}	0.00 ^{c}
	21	26.04 ^{a}	70.54 ^{a}	20.84 ^{b}	11.45 ^{a}	13.38 ^{a}	2.13 ^{b}
	25	25.12 ^{a}	45.53 ^{b}	23.75 ^{a}	12.21 ^{a}	11.80 ^{b}	2.26 ^{a}
30	14	28.22 ^{a}	101.46 ^{a}	27.12 ^{c}	12.10 ^{b}	13.41 ^{a}	2.30 ^{c}
	21	27.68 ^{ab}	93.23 ^{b}	29.30 ^{b}	13.04 ^{b}	12.50 ^{b}	2.99 ^{b}
	25	27.00 ^{b}	62.46 ^{c}	31.16 ^{a}	14.66 ^{a}	9.93 ^{c}	3.27 ^{a}
35	14	30.98 ^{a}	94.82 ^{a}	33.95 ^{c}	16.61 ^{c}	14.56 ^{a}	2.45 ^{c}
	21	30.00 ^{b}	72.83 ^{b}	35.36 ^{b}	18.51 ^{b}	13.27 ^{b}	3.28 ^{b}
	25	29.18 ^{b}	51.80 ^{c}	36.82 ^{a}	19.82 ^{a}	10.17 ^{c}	3.43 ^{a}

[1] ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ ที่มีอักษรเหมือนกันในแต่ละระดับน้ำเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

[2] ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 10 ซ้ำ ที่มีอักษรเหมือนกันในแต่ละระดับน้ำเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

[3] ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 20 ซ้ำ ที่มีอักษรเหมือนกันในแต่ละระดับน้ำเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

2.3 ระยะเวลาการอบ

การอบแครกเกอร์ที่อุณหภูมิช่วง 245-250 องศาเซลเซียส เวลาต่างกันแสดงผลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 9) โดยพบว่าเมื่อเพิ่มเวลาในการอบ ทำให้สีเข้มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) การใช้เวลาการอบ 9 นาทีได้แครกเกอร์ที่มีสีเหลืองอ่อน เมื่อเพิ่มเวลาการอบเป็น 10 นาทีแครกเกอร์ที่ได้มีสีเหลืองน้ำตาลสม่ำเสมอ แต่ที่เวลา 11 นาที แครกเกอร์มีสีน้ำตาลเข้ม ทั้งนี้เนื่องจากการอบนานเกินไป เป็นผลเนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Wade , 1988) เมื่อเวลาการอบนานขึ้นทำให้ความกรอบและกลิ่นรสผิดปกติมากขึ้น เนื่องจากเมื่อเวลาการอบนานขึ้น เกิดการไหม้ของแครกเกอร์ ทำให้มีกลิ่นรสผิดปกติสูงสุด จากผลการทดลองนี้สามารถสรุปได้ว่าเวลาการอบที่เหมาะสมที่สุด คือ 10 นาที ซึ่งแครกเกอร์มีกลิ่นรสผิดปกติน้อยที่สุด ลักษณปรากฏดี มีคะแนนการยอมรับรวมสูงสุด

ผลของเวลาการอบต่อค่าสีและความแข็งของแครกเกอร์ ที่วัดด้วยเครื่องมือ (ตารางที่ 10) พบว่าเวลาการอบมีผลต่อสีของแครกเกอร์อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) กล่าวคือเมื่อเวลาการอบเพิ่มขึ้น ค่า L ลดลง หรือมีความสว่างลดลง แต่ค่า a เพิ่มขึ้น หรือแครกเกอร์มีสีแดงเพิ่มขึ้น เนื่องจากแครกเกอร์เกิดการไหม้ ส่วนค่า b มีค่าสูงสุดที่เวลาการอบ 10 นาที แครกเกอร์ที่ได้มีสีเหลืองสูงสุดด้วย สำหรับค่าความแข็งของแครกเกอร์มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อเวลาการอบเพิ่มขึ้น

ดังนั้นปัจจัยดังกล่าวที่มีผลต่อคุณภาพของแครกเกอร์พื้นฐาน สามารถคัดเลือกเพื่อนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าต่อไปคือ การใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นแป้งฝุ่นแครกเกอร์ ปริมาณน้ำในสปองจ์ร้อยละ 35 ปริมาณเนยขาวในโดร้อยละ 25 นำไปอบที่อุณหภูมิ 245 - 250 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ซึ่งสามารถผลิตแครกเกอร์พื้นฐานที่มีลักษณะปรากฏดังแสดงในภาพที่ 4

ตารางที่ 9 ผลของเวลาการอบต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสของแครกเกอร์

เวลาการอบ (นาที)	คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส [1]			
	สี	ความกรอบ	กลิ่นรสผิดปกติ	การยอมรับรวม
9	0.56 [c]	0.64 [c]	1.05 [b]	0.60 [b]
10	1.00 [b]	0.95 [b]	1.02 [b]	0.93 [a]
11	1.66 [a]	1.09 [a]	1.68 [a]	0.52 [c]

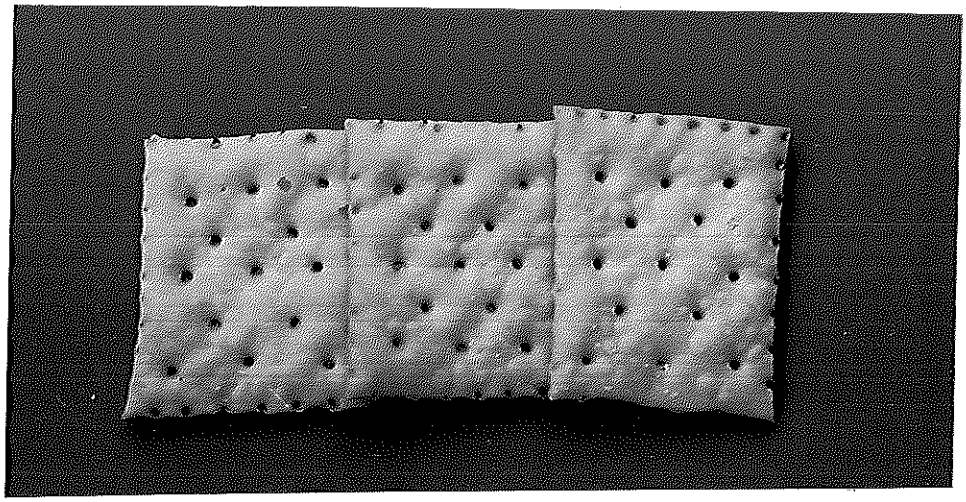
[1]ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนคะแนนตัวอย่างกับค่าในอุดมคติ (S/I) จากผู้ทดสอบ 12 คน ที่มีอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

ตารางที่ 10 ผลของเวลาการอบต่อสีและความแข็งแครกเกอร์

เวลาการอบ (นาที)	ค่า			ความแข็ง[2] (นิวตัน)
	L[1]	a[1]	b[1]	
9	71.02 [a]	0.09 [c]	16.40 [c]	9.20 [c]
10	66.01 [b]	3.10 [b]	21.50 [a]	10.92 [b]
11	54.43 [c]	6.60 [a]	19.94 [b]	11.32 [a]

[1] ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 10 ซ้ำ ที่มีอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

[2] ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 25 ซ้ำ ที่มีอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)



ภาพที่ 4 แครกเกอร์พื้นฐานที่พัฒนาแล้ว

3 การพัฒนากระบวนการผลิตแครกเกอร์ปลาทูน่า

3.1 การลดกลิ่นคาวของเศษเนื้อขาวปลาทูน่า

การทดลองลดกลิ่นคาวของเศษเนื้อขาวปลาทูน่า ด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน คือการอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส การต้มกับน้ำขิงแล้วอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส จากผู้ทดสอบจำนวน 12 คน ทำการทดสอบด้วยวิธี QDA กำหนดระดับคะแนนไว้ดังนี้ คือ

- สี ระดับคะแนนตั้งแต่ 0 หมายถึง สีน้ำตาลอ่อนและสีเข้มขึ้นจนถึง 10 หมายถึงสีเหลืองเข้ม
- กลิ่นคาวปลา ระดับคะแนน 0 หมายถึง กลิ่นคาวปลาเล็กน้อยและกลิ่นคาวปลาเพิ่มขึ้นจนถึง 10 หมายถึง กลิ่นคาวปลามาก
- กลิ่นขิง ระดับคะแนนตั้งแต่ 0 หมายถึง กลิ่นขิงเล็กน้อยและกลิ่นเพิ่มขึ้นจนถึง 10 หมายถึง กลิ่นขิงมาก
- การยอมรับรวม ระดับคะแนนตั้งแต่ 0 หมายถึง การยอมรับรวมน้อยและการยอมรับรวมเพิ่มขึ้นจนถึง 10 หมายถึง การยอมรับรวมมาก

ผลการทดลอง (ตารางที่ 11) พบว่าสีของเศษเนื้อขาวปลาทูน่าที่ยังไม่ผ่านการอบ (ชุดควบคุม) มีสีน้ำตาลอ่อน เมื่อนำไปผ่านการลดกลิ่นคาวด้วยวิธีการอบแห้งหรือต้มกับน้ำขิงแล้วอบแห้ง ให้ผลที่ไม่แตกต่างกัน (P>0.05) โดยพบว่ามีสีออกเหลือง เมื่อผ่านการอบและการต้มน้ำขิงแล้วอบ เศษเนื้อขาวปลาทูน่าทั้ง 4 ชุดการทดลองมีกลิ่นคาวปลาลดลง อาจเกิดจากสารประกอบไตรเมทธิลามีนระเหยไประหว่างการอบ ทำให้ปลามีกลิ่นคาวปลาลดลง(Eitenmiller , 1991) และมีรายงานว่าขิงประกอบด้วยสาร gengerol , shogol และ zingerone ซึ่งสามารถลดกลิ่นคาวปลาได้ดี (พยอม ตันติวัฒน์, 2521) เศษเนื้อขาวปลาทูน่าต้มน้ำขิงอบให้มีความชื้นร้อยละ 50±3 และ 60±3 มีกลิ่นคาวปลาน้อยที่สุด และได้รับการยอมรับรวมที่ไม่แตกต่างกัน (P>0.05) แต่ได้คัดเลือกเศษเนื้อขาวปลาทูน่าต้มน้ำขิงแล้วอบจนเหลือความชื้นร้อยละ 50±3 (ภาพที่ 5) เพื่อนำไปใช้ในการผลิตแครกเกอร์ปลาทูน่า เนื่องจากมีความชื้นที่ต่ำส่งผลกระทบต่อค่าการไหลของโดน้อยกว่า

ภาพที่ 5 เศษเนื้อขาวปลาทูน่าต้มน้ำขิงอบจนมีความชื้นร้อยละ 50

ตารางที่ 11 ผลของการลดกลิ่นคาวต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของเศษเนื้อขาวปลาทูน่า

ชุดการทดลอง	S score [1]			
	สี	กลิ่นคาวปลา	กลิ่นขิง	การยอมรับรวม
C	8.76 [a]	8.27 [a]	0.00 [b]	1.60 [c]
A1	5.97 [b]	3.87 [b]	0.00 [b]	3.54 [b]
A2	5.77 [b]	3.99 [b]	0.00 [b]	3.44 [b]
B1	5.63 [b]	2.01 [c]	2.28 [a]	6.59 [a]
B2	5.70 [b]	2.16 [c]	2.58 [a]	6.44 [a]

[1] ค่าเฉลี่ยของคะแนนตัวอย่างจากผู้ทดสอบ 12 คน ที่มีอักษรกำกับเหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

C = ชุดควบคุม เศษเนื้อขาวปลาทูน่าเริ่มต้น

A1 = เศษเนื้อขาวปลาทูน่าความชื้นร้อยละ 50 ± 3

A2 = เศษเนื้อขาวปลาทูน่าความชื้นร้อยละ 60 ± 3

B1 = เศษเนื้อขาวปลาทูน่าต้มกับน้ำขิงแล้วอบ ความชื้นร้อยละ 50 ± 3

B2 = เศษเนื้อขาวปลาทูน่าต้มกับน้ำขิงแล้วอบ ความชื้นร้อยละ 60 ± 3

3.2 ผลของปริมาณเศษเนื้อขาวปลาทูน่าและเวลาการอบต่อคุณภาพแครกเกอร์ปลาทูน่า

3.2.1 ผลต่อคุณสมบัติของโด

ผลของปริมาณปลาทูน่าต่อคุณสมบัติของโดแครกเกอร์ (ตารางที่ 12) พบว่าค่าความต้านทานต่อการยืดขยายของโดแครกเกอร์ มีแนวโน้มลดลงเมื่อมีปริมาณเศษเนื้อปลาทูน่าเพิ่มขึ้น ในทำนองเดียวกันกับค่าความสามารถในการยืดขยาย การเกิดร่างแหของกลูเตนจากส่วนประกอบของโปรตีนไกลอะดินและกลูตินินมาประสานเชื่อมกันด้วยพันธะไดซัลไฟด์(S-S)และพันธะซัลไฮ

ดริล (S-H) แต่เนื่องจากเนื้อปลาทูน่าประกอบด้วยโปรตีนไมโอโกลบิน ซึ่งเป็นโปรตีนที่แตกต่างจากโปรตีนที่ก่อให้เกิดร่างแหของกลูเตน ทำให้โครงสร้างร่างแหของกลูเตนเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ แรงยึดเหนี่ยวภายในโมเลกุลจึงน้อยลง สอดคล้องกับการวิจัยของ Lapvetelaeinen และคณะ (1995) ที่รายงานว่าการเติมโปรตีนจากแป้งข้าวโอ๊ตร้อยละ 3 และ 6 ของน้ำหนักแป้ง ในโดขนมปังทำให้โดมีค่าความสามารถในการยืดขยายและความต้านทานต่อการยืดขยายลดลง ส่วนค่าความเหนียวของโดแครกเกอร์ที่มีปริมาณเศษเนื้อปลาทูน่าที่ระดับต่างกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ความสามารถในการยืดขยายของโดลดลงเมื่อปริมาณเศษเนื้อขาวปลาทูน่าเพิ่มขึ้น โดยโดแครกเกอร์ทูน่าร้อยละ 3 มีค่าสูงกว่าชุดทดลองที่มีปริมาณปลาทูน่าร้อยละ 6 และ 9 อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) การเพิ่มปริมาณปลาทูน่าในโดมีแนวโน้มทำให้ความชื้นในเพิ่มมากขึ้นด้วย เนื่องจากความชื้นในปลาทูน่าทำให้โดมีความชื้นเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 12 ผลของปริมาณเศษเนื้อขาวปลาทูน่าต่อคุณสมบัติของโด

ชุดการทดลอง	ความชื้นในโด[1] (ร้อยละ)	ความต้านทานต่อการยืดขยาย[2] (กรัม)	ความสามารถในการยืดขยาย[2] (มม.)	ความเหนียวของโด[3] (กรัม)
ชุดควบคุม	29.00 ^{c}	53.44 ^{a}	33.21 ^{a}	17.28 ^{a}
ปลาทูน่า 3 %	29.85 ^{b}	51.53 ^{ab}	32.11 ^{ab}	17.36 ^{a}
ปลาทูน่า 6 %	30.46 ^{ab}	49.22 ^{bc}	30.06 ^{c}	16.38 ^{a}
ปลาทูน่า 9 %	31.17 ^{a}	45.46 ^{c}	29.44 ^{c}	16.29 ^{a}

[1] ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ ที่มีอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

[2] ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 10 ซ้ำ ที่มีอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

[3] ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 20 ซ้ำ ที่มีอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

3.2.2 ผลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสของแครกเกอร์ปลาทูน่า

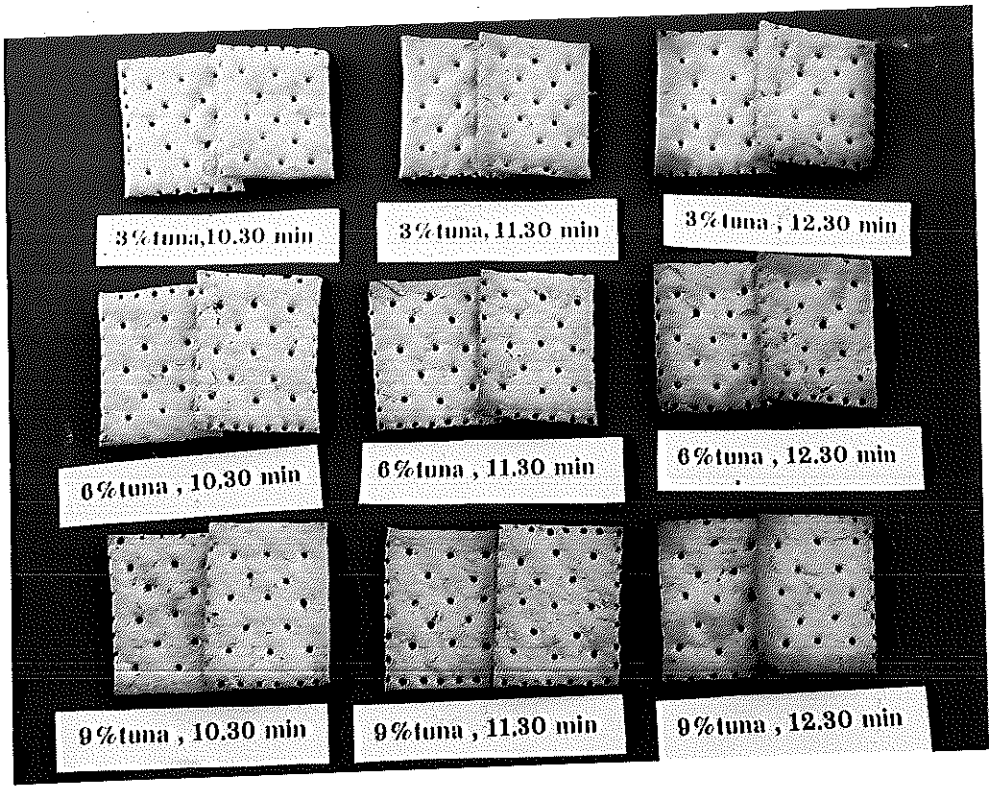
ผลของปริมาณเศษเนื้อขาวปลาทูน่าและระยะเวลาการอบต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของแครกเกอร์ปลาทูน่า ดังแสดงในตารางที่ 13 และภาพที่ 6 พบว่าปริมาณเศษเนื้อขาวปลาทูน่าและเวลาการอบมีผลต่อสีของแครกเกอร์ปลาทูน่าอย่างมีนัยสำคัญ ($P< 0.05$) เมื่อเวลาการอบและปริมาณเศษเนื้อขาวปลาทูน่าเพิ่มขึ้น แครกเกอร์ปลาทูน่ามีสีเข้มขึ้น ปริมาณเศษเนื้อขาวปลาทูน่ามีผลต่อกลิ่นคาวปลาในผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) กล่าวคือกลิ่นคาวปลามีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณปลาทูน่าเพิ่มขึ้น แต่ที่เวลาอบ 12.30 นาที ของปลาทูน่าทุกระดับมีกลิ่นคาวปลาลดต่ำ ($P<0.05$) เนื่องจากการอบนานเกินไปทำให้แครกเกอร์ไหม้ จนทำให้สามารถกลบกลิ่นคาวปลาลงได้

ปริมาณปลาทูน่าและเวลาการอบไม่มีผลต่อกลิ่นขิงในแครกเกอร์อย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) เนื่องจากถูกกลบด้วยกลิ่นแครกเกอร์ ส่วนความกรอบและการแยกชั้นของแผ่นโดประกบ มีค่าลดลงเมื่อปริมาณปลาทูน่าในโดเพิ่มขึ้น เนื่องจากปลาทูน่าทำให้โดเกิดการพองตัวได้น้อย ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความหนาแน่นสูง และเวลาการอบเพิ่มมากขึ้น ผลิตภัณฑ์มีความกรอบเพิ่มมากขึ้นด้วย ($P<0.05$) แต่ไม่มีผลต่อการแยกชั้นของแผ่นโดประกบ ปริมาณปลาทูน่าและเวลาการอบมีผลต่อการยอมรับรวมอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่อปริมาณปลาทูน่าในโดเพิ่มมากขึ้นทำให้การยอมรับรวมลดต่ำลง เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีกลิ่นคาวปลามาก ความกรอบและการแยกชั้นของแผ่นโดประกบลดลง แครกเกอร์ที่เติมปลาทูน่าความชื้นร้อยละ 50 ปริมาณร้อยละ 3 และใช้เวลาในการอบ 11.30 นาที มีค่าการยอมรับรวมสูงสุด จึงได้คัดเลือกให้เป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุดเรียกว่า "สูตรพัฒนา" (ภาพที่ 7)

ตารางที่ 13 ผลของปริมาณเศษเนื้อขาวปลาทูน่าและระยะเวลาการอบต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของแครกเกอร์ปลาทูน่า

เศษเนื้อขาวปลาทูน่า (ร้อยละ)	เวลาอบ (นาที)	S/I score[1]					
		สี	กลิ่นคาวปลา	กลิ่นชิง	ความกรอบ	การแยกชั้นของแผ่นโดประกบ	การยอมรับรวม
3	10.30	0.69 ^{c}	0.96 ^{a}	1.00 ^{a}	0.88 ^{b}	0.95 ^{a}	0.83 ^{b}
	11.30	0.92 ^{b}	0.94 ^{a}	1.01 ^{a}	0.92 ^{ab}	0.96 ^{a}	0.96 ^{a}
	12.30	1.19 ^{a}	0.63 ^{a}	1.00 ^{a}	0.97 ^{a}	0.96 ^{a}	0.70 ^{c}
6	10.30	0.70 ^{c}	1.51 ^{a}	1.01 ^{a}	0.72 ^{b}	0.83 ^{a}	0.68 ^{a}
	11.30	0.95 ^{b}	1.68 ^{a}	1.00 ^{a}	0.78 ^{ab}	0.79 ^{a}	0.73 ^{a}
	12.30	1.20 ^{a}	0.88 ^{b}	1.00 ^{a}	0.84 ^{a}	0.79 ^{a}	0.58 ^{b}
9	10.30	1.01 ^{b}	2.23 ^{a}	1.00 ^{a}	0.65 ^{b}	0.59 ^{a}	0.43 ^{ab}
	11.30	1.11 ^{b}	2.28 ^{a}	1.00 ^{a}	0.72 ^{ab}	0.57 ^{a}	0.50 ^{a}
	12.30	1.26 ^{a}	0.97 ^{b}	1.00 ^{a}	0.77 ^{a}	0.56 ^{a}	0.39 ^{b}

[1] ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนคะแนนตัวอย่างต่อค่าอุดมคติจากผู้ทดสอบชิม 8 คน ในแต่ละระดับปริมาณปลาทูน่าที่มีอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)



ภาพที่ 6 ลักษณะแครกเกอร์ปลาทูน่าที่มีส่วนประกอบของเศษเนื้อขาวปลาทูน่าและเวลาการอบที่แตกต่างกัน

ภาพที่ 7 แครกเกอร์ปลาทูน่าสูตรพัฒนา

3.2.3 ผลต่อลักษณะทางกายภาพของแครกเกอร์

ผลของปริมาณปลาทูน่าและเวลาการอบต่อ ความแข็ง ค่าการขยายตัวด้านหนา และ ค่าสีของแครกเกอร์ปลาทูน่า (ตารางที่ 14) พบว่าแครกเกอร์ที่เติมเศษเนื้อปลาทูน่าทุกระดับมีค่าความแข็งที่ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) เมื่อใช้เวลาการอบ 10.30 และ 11.30 นาที แต่เมื่อเพิ่มเวลาการอบเป็น 12.30 นาที ค่าความแข็งเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) การเพิ่มปริมาณปลาทูน่าทำให้ค่าการขยายตัวด้านหนาของแครกเกอร์ลดลง เนื่องจากโปรตีนไมโอโกลบินในปลาทูน่าทำให้การประสานของพันธะต่างๆในร่างแหกลูเตนไม่สมบูรณ์ กลูเตนมีความอ่อนตัว ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของ Julianty และคณะ (1994) ว่าการเติมไข่ขาวเพิ่มขึ้นในข้าวเกรียบปลาส่งผลให้มีการขยายตัวลดลง ส่วนค่าการขยายตัวด้านหนาของแครกเกอร์ที่ผ่านการอบเป็นเวลาในการอบที่ 10.30 11.30 และ 12.30 นาที ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) อาจเนื่องจากโครงสร้างร่างแหของกลูเตนเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างสมบูรณ์ ที่เวลาการอบ 10.30 นาทีแล้ว ดังนั้นจึงไม่เกิดการขยายตัวเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาการอบเพิ่มขึ้น

ส่วนค่าสีของแครกเกอร์ปลาทูน่า พบว่าเมื่อเวลาการอบและปริมาณปลาทูน่าเพิ่มขึ้นจะทำให้แครกเกอร์มีค่า L ลดลง เนื่องจากสีของปลาทูน่าทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำขึ้น และเวลาการอบที่นานทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลเข้มมากขึ้น แต่ค่า a มีค่าเพิ่มขึ้น แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีสีแดงเพิ่มขึ้น ส่วนค่า b พบว่าที่เวลาการอบ 11.30 และ 12.30 นาที เมื่อใช้ปริมาณปลาทูน่าทุกระดับมีค่าไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) แต่ผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองเพิ่มขึ้นจากการใช้เวลาการอบ 10.30 นาที เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดได้มากกว่า

ตารางที่ 14 ผลของปริมาณปลาทูน่าและเวลาการอบต่อลักษณะทางกายภาพของแครกเกอร์ปลาทูน่า

เศษเนื้อขาวปลาทูน่า (ร้อยละ)	เวลาอบ (นาที)	ความแข็ง[1] (นิวตัน)	การขยายตัวด้านหนา[2] (เท่า)	ค่า L[2]	ค่า a[2]	ค่า b[2]
3	10.30	11.52 ^{b}	2.74 ^{a}	65.56 ^{a}	1.14 ^{c}	17.08 ^{b}
	11.30	12.19 ^{b}	2.82 ^{a}	65.13 ^{a}	1.86 ^{b}	18.46 ^{a}
	12.30	15.14 ^{a}	2.80 ^{a}	60.86 ^{b}	3.55 ^{a}	18.83 ^{a}
6	10.30	13.54 ^{b}	2.39 ^{a}	63.87 ^{a}	1.81 ^{c}	18.05 ^{b}
	11.30	13.49 ^{b}	2.37 ^{a}	62.24 ^{a}	3.15 ^{b}	18.99 ^{a}
	12.30	15.12 ^{a}	2.39 ^{a}	57.37 ^{b}	4.37 ^{a}	19.25 ^{a}
9	10.30	15.91 ^{b}	1.92 ^{a}	61.43 ^{a}	2.45 ^{c}	17.57 ^{b}
	11.30	16.65 ^{b}	1.86 ^{a}	59.04 ^{b}	3.52 ^{b}	18.35 ^{a}
	12.30	20.16 ^{a}	1.78 ^{a}	55.18 ^{c}	4.60 ^{a}	18.69 ^{a}

[1] ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 25 ซ้ำ ที่มีอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง ที่ระดับปลาทูน่าเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

[2] ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 10 ซ้ำ ที่มีอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง ที่ระดับปลาทูน่าเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

4. การสำรวจการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่า

กลุ่มผู้ทดสอบผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าประกอบด้วย 2 กลุ่มคือ

1. กลุ่มผู้ทดสอบที่ได้รับการฝึกฝน จำนวน 12 คน

2. กลุ่มผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 100 คน

ลักษณะทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคทั่วไป

ลักษณะทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคทั่วไป เป็นกลุ่มคนที่อาศัยอยู่ภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จำนวน 100 คน (ตารางผนวก ข1) ประกอบด้วย เพศชายร้อยละ 45 และเพศหญิงร้อยละ 55 ส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 15 - 30 ปี โดยประกอบด้วย นักเรียน นักศึกษา ถึงร้อยละ 73 ข้าราชการร้อยละ 15 และลูกจ้างร้อยละ 12 ผู้บริโภคมีรายได้ช่วง 2,000 - 6,000 บาท ร้อยละ 59 และ 6,001 จนถึงมากกว่า 8,000 บาท ร้อยละ 28

ทัศนคติและพฤติกรรมการบริโภคอาหารขบเคี้ยวของผู้บริโภคทั่วไป

ข้อมูลเกี่ยวกับทัศนคติและพฤติกรรมการบริโภคอาหารขบเคี้ยว (ตารางผนวก ข2) ของผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 100 คน พบว่ามีความชอบในการบริโภคอาหารขบเคี้ยว ร้อยละ 62 และไม่ชอบบริโภคอาหารขบเคี้ยวร้อยละ 38 ความถี่ในการบริโภคอาหารขบเคี้ยวของผู้บริโภคทั่วไป ร้อยละ 47 บริโภคอาหารขบเคี้ยว 2-4 ครั้งต่อสัปดาห์ โดยผู้บริโภคคาดว่าอาหารขบเคี้ยวโดยทั่วไปมีระดับคุณค่าทางอาหารระดับสูงร้อยละ 3 ระดับปานกลางร้อยละ 64 ระดับต่ำร้อยละ 32 และระดับต่ำมากร้อยละ 1

ผู้บริโภคทั่วไป ส่วนใหญ่ร้อยละ 66 มีความคิดว่าควรเพิ่มสารอาหารโปรตีนในอาหารขบเคี้ยว และร้อยละ 34 ควรเพิ่มวิตามินและเกลือแร่ เมื่อพิจารณาถึงเหตุผลในการเลือกซื้ออาหารขบเคี้ยวของผู้บริโภค (ตารางที่ 15) พบว่าผู้บริโภคให้ความสำคัญของรสชาติของอาหารขบเคี้ยวมากที่สุด ส่วนเหตุผลรองคือ ราคา คุณค่าทางอาหาร ความสะดวกในการซื้อ ภาชนะบรรจุ และ โฆษณา ตามลำดับ

ตารางที่ 15 ความสำคัญของเหตุผลในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวของผู้บริโภคทั่วไปภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จำนวน 100 คน

คะแนนความสำคัญ	ความถี่					
	โฆษณาจูงใจ	ราคา	คุณค่าทางอาหาร	ภาชนะบรรจุ	ความสะดวกในการซื้อ	รสชาติ
1 = ไม่สำคัญ	44 (44)*	4 (4)	7 (7)	30 (30)	15 (15)	-
2 = สำคัญน้อยที่สุด	24 (48)	6 (12)	12 (24)	33 (66)	25 (50)	-
3 = สำคัญน้อย	18 (54)	18 (54)	15 (45)	20 (60)	21 (63)	8 (24)
4 = สำคัญพอควร	5 (20)	34 (136)	26 (104)	12 (48)	16 (64)	7 (28)
5 = สำคัญมาก	6 (30)	30 (150)	27 (135)	4 (20)	15 (75)	18 (90)
6 = สำคัญมากที่สุด	3 (18)	8 (48)	13 (78)	1 (6)	8 (48)	67 (402)
คะแนนรวม	100 (214)	100 (404)	100 (393)	100 (230)	100 (315)	100 (544)

* ตัวเลขในวงเล็บเท่ากับ ความถี่ x ระดับคะแนนความสำคัญ

การยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่า

ผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ที่เติมปลาทูน่าร้อยละ 3 ใช้เวลาการอบ 11.30 นาที เมื่อนำมาทดสอบการยอมรับรวมของผู้บริโภคที่ผ่านการฝึกฝน และ ผู้บริโภคทั่วไป ได้ผลสรุปดังนี้

ผลการทดสอบความชอบผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีเรียงลำดับความชอบ (Ranking test) (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2532) ที่ประกอบด้วย 5 ระดับคะแนน (ภาคผนวกข2) พบว่าผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนและผู้บริโภคทั่วไปส่วนใหญ่ มีความชอบระดับปานกลาง ซึ่งถ้าผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าวางจำหน่ายในท้องตลาด (ภาพที่ 8) ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนและผู้บริโภคทั่วไปส่วนใหญ่จะตัดสินใจซื้อ เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางอาหาร มีความแปลกใหม่และ รสชาติเป็นที่ยอมรับ

ภาพที่ 8 ระดับการยอมรับผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าของผู้บริโภค

ส่วนการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปและผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน โดยวิธีประเมินคุณภาพแบบพรรณาเชิงปริมาณ (Quantitative descriptives analysis ; QDA) กำหนดระดับคะแนนของแต่ละปัจจัยคุณภาพ ดังนี้

- สี ระดับคะแนนตั้งแต่ 0 หมายถึง สีเหลืองอ่อน และสีเข้มขึ้นจนถึง 10 หมายถึงสีน้ำตาลเข้ม
- กลิ่นคาวปลา ระดับคะแนนตั้งแต่ 0 หมายถึง กลิ่นคาวปลาน้อย และกลิ่นคาวปลาเพิ่มขึ้นจนถึง 10 หมายถึง กลิ่นคาวปลามาก
- กลิ่นขิง ระดับคะแนนตั้งแต่ 0 หมายถึง กลิ่นขิงน้อย และกลิ่นขิงเพิ่มขึ้นจนถึง 10 หมายถึง กลิ่นขิงมาก
- ความกรอบ ระดับคะแนนตั้งแต่ 0 หมายถึง ความกรอบน้อย และความกรอบเพิ่มขึ้นจนถึง 10 หมายถึง ความกรอบมาก

- การแยกชั้นแผ่นประกบของโด ระดับคะแนนตั้งแต่ 0 หมายถึง การแยกชั้นแผ่นประกบของโดน้อย และการแยกชั้นแผ่นประกบของโดเพิ่มขึ้นจนถึง 10 หมายถึง การแยกชั้นแผ่นประกบของโดมาก
- การยอมรับรวม ระดับคะแนนตั้งแต่ 0 หมายถึง การยอมรับรวมน้อย และการยอมรับรวมเพิ่มขึ้นจนถึง 10 หมายถึง การยอมรับรวมมาก

ผลการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 16 โดยมีรายละเอียดดังนี้

- สี ผู้บริโภคทั่วไปให้คะแนนเฉลี่ยของสีเป็น 7.7 ซึ่งมีสีเหลืองน้ำตาลเข้มกว่าผู้บริโภคที่ผ่านการฝึกฝน ซึ่งให้คะแนนเฉลี่ย 5.6
- กลิ่น ผู้บริโภคทั่วไปให้คะแนนเฉลี่ยกลิ่นคาวปลาสูงกว่าผู้บริโภคที่ผ่านการฝึกฝน คือ 3.68 และ 2.09 ตามลำดับอาจเนื่องมาจากผู้บริโภคทั่วไปไม่คุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่ามากนัก ส่วนกลิ่นขิงในแครกเกอร์ปลาทูน่า ผู้บริโภคทั้ง 2 กลุ่มได้กลิ่นขิงในผลิตภัณฑ์ต่ำใกล้เคียงกัน คือ ผู้บริโภคที่ผ่านการฝึกฝนให้คะแนนเฉลี่ย 0.35 และผู้บริโภคทั่วไปให้คะแนนเฉลี่ย 0.2 ผู้บริโภคได้กลิ่นขิงในผลิตภัณฑ์ในระดับที่ต่ำมากเนื่องจาก กลิ่นเฉพาะของแครกเกอร์ และกลิ่นปลาทูน่าสามารถกลบกลิ่นขิงได้
- ลักษณะเนื้อสัมผัส ผู้บริโภคทั้ง 2 กลุ่ม ให้คะแนนเฉลี่ยความ กรอบของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าสูง โดยกลุ่มผู้บริโภคที่ผ่านการฝึกฝนให้ คะแนนเฉลี่ยสูงกว่าผู้บริโภคทั่วไปคือ 8.1 และ 7.7 ตามลำดับ ส่วนการแยกชั้น แผ่นประกบของโด ของผู้บริโภคที่ผ่านการฝึกฝนและผู้บริโภคทั่วไป มีคะแนนเฉลี่ยใกล้เคียงกัน คือ 5.45 และ 5.04 ตามลำดับ
- การยอมรับรวม ผู้บริโภคทั้ง 2 กลุ่มให้คะแนนเฉลี่ยการยอมรับรวมใกล้เคียงกัน โดยผู้บริโภคที่ผ่านการฝึกฝนให้คะแนนเฉลี่ย 7.75 ส่วนผู้บริโภคทั่วไปคือ 7.40 ตามลำดับ

ตารางที่ 16 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่า

ปัจจัยคุณภาพ	ระดับคะแนนของกลุ่มผู้บริโภค	
	ผู้บริโภคทั่วไป [1]	ผู้ทดสอบที่ฝึกฝน [2]
สี	7.7	5.60
กลิ่นขิง	0.35	0.20
กลิ่นคาวปลา	3.68	2.09
ความกรอบ	7.70	8.10
การแยกชั้นแผ่นประกบของโด	5.04	5.45
การยอมรับรวม	7.40	7.75

[1] ค่าเฉลี่ยของคะแนนตัวอย่าง จากผู้ทดสอบ 100 คน

[2] ค่าเฉลี่ยของคะแนนตัวอย่าง จากผู้ทดสอบ 12 คน

เมื่อนำคะแนนของปัจจัยคุณภาพด้าน สี กลิ่นคาวปลา กลิ่นขิง ความกรอบ และการแยกชั้นแผ่นประกบของโด มาวิเคราะห์สหสัมพันธ์ เพื่อศึกษาผลของปัจจัยต่างๆที่มีต่อการยอมรับรวมของผู้บริโภคระดับห้องปฏิบัติการและผู้บริโภคทั่วไป ได้ผลดังแสดงดังตารางที่ 17 และ 18 พบว่าความกรอบมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความชอบรวม ($P< 0.05$) แสดงว่าเมื่อผลิตภัณฑ์ได้รับคะแนนเฉลี่ยของความกรอบสูง ทำให้คะแนนเฉลี่ยการยอมรับรวมสูงตามไปด้วย ซึ่งความกรอบเป็นลักษณะสำคัญของอาหารขบเคี้ยว หากผลิตภัณฑ์มีความกรอบสูง ส่งผลให้การยอมรับสูงด้วย ส่วนปัจจัยด้านอื่นๆ ได้แก่ สีกับการยอมรับรวม ของกลุ่มผู้ทดสอบที่ฝึกฝนไม่มีความสัมพันธ์กัน ($P>0.05$) และเป็นไปในทิศทางตรงข้าม กล่าวคือเมื่อสีเข้มขึ้นทำให้การยอมรับรวมลดลง แต่กลิ่นคาวปลา กลิ่นขิง และการแยกชั้นแผ่นประกบของโด กับการยอมรับรวม ไม่มีความสัมพันธ์กัน ($P>0.05$) เป็นไปในทิศเดียวกัน ส่วนกลิ่นขิง และการแยกชั้นแผ่นประกบ

ของโดกับการยอมรับรวมของผู้บริโภคทั่วไป ไม่มีความสัมพันธ์กัน ($P>0.05$) เป็นไปในทิศตรงข้าม กล่าวคือ เมื่อกลิ่นขิงและการแยกชั้นแผ่นประกบของโดเพิ่มขึ้น ทำให้การยอมรับรวมลดลง ส่วนสี และ กลิ่นคาวปลา กับการยอมรับรวม ไม่มีความสัมพันธ์กัน ($P>0.05$) และเป็นไปในทิศเดียวกัน

ตารางที่ 17 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของคะแนนในปัจจัยคุณภาพของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่า ของผู้บริโภคที่ฝึกฝน จำนวน 12 คน

	สี	กลิ่นคาวปลา	กลิ่นชิง	ความกรอบ	การแยกชั้นแผ่นประกบของโด	การยอมรับรวม
สี	1.000					
กลิ่นคาวปลา	0.014	1.000				
กลิ่นชิง	0.140	0.317	1.000			
ความกรอบ	- 0.158	- 0.059	- 0.002	1.000		
การแยกชั้นแผ่นประกบของโด	- 0.046	0.074	- 0.001	0.132	1.000	
การยอมรับรวม	- .0303	0.250	0.171	0.606 *	0.124	1.000

* มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ (P< 0.05)

ตารางที่ 18 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของคะแนนในปัจจัยคุณภาพของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่า ของผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 100 คน

	สี	กลิ่นคาวปลา	กลิ่นชิง	ความกรอบ	การแยกชั้นแผ่นประกบของโด	การยอมรับรวม
สี	1.000					
กลิ่นคาวปลา	0.177	1.000				
กลิ่นชิง	0.029	0.076	1.000			
ความกรอบ	- 0.039	-0.051	-0.014	1.000		
การแยกชั้นของแผ่นโดประกบ	- 0.009	-0.040	-0.021	0.007	1.000	
การยอมรับรวม	0.146	0.046	-0.146	0.208*	-0.095	1.000

* มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ (P< 0.05)

5. ชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนในผลิตภัณฑ์

ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนในแครกเกอร์ปลาทูน่าร้อยละ 3 โดยวิธี HPLC ที่ห้องปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ ศูนย์ทดสอบและมาตรวิทยา สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (ตารางที่ 19) พบว่าปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย ได้แก่ ไอโซลูซีน ลูซีน ไลซีน เมทไธโอนีน ซีสตีน ฟีนิลอะลานีน ไธโรซีน ทรีโอนีน ทริปโตเฟน วาลีน ในแครกเกอร์ปลาทูน่ามีค่าสูงกว่าแครกเกอร์สูตรพื้นฐาน เนื่องจากปลาทูน่าจัดเป็นแหล่งโปรตีนที่สมบูรณ์ คือมีทั้งชนิดและปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายครบถ้วน (Eitenmiller , 1991) ในขณะที่ผลิตภัณฑ์จากข้าวสาลีมักมี ไลซีนและทริปโตเฟน ในปริมาณต่ำ (อรอนงค์ นัยวิกุล , 2532) เมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองของ อัจฉรา ชนะสิทธิ์ (2541) ซึ่งผลิตอาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด ร้อยละ 2 พบว่า อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดมีปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายสูงกว่าแครกเกอร์ปลาทูน่า ยกเว้น ทริปโตเฟน ทั้งนี้เนื่องจาก โปรตีนปลาสกัดมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าเศษเนื้อขาวปลาทูน่า และถึงแม้ว่าแครกเกอร์ปลาทูน่ามีปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายน้อยกว่าข้อกำหนดมาตรฐานของ FAO/WHO (1973) แต่ถ้าบริโภคแครกเกอร์ปลาทูน่า ร่วมกับอาหารมื้อหลักอาจช่วยให้ได้ ปริมาณโปรตีนครบถ้วนตามความต้องการของร่างกาย เนื่องจากแครกเกอร์ปลาทูน่าสูตรพัฒนาที่เติมเนื้อปลาทูน่าร้อยละ 3 มีปริมาณโปรตีนเฉลี่ยร้อยละ 11.86 (ตาราง 20) ซึ่งสูงกว่าผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวทั่วไปซึ่งมีโปรตีนอยู่ในช่วงร้อยละ 3.8-8.3 (Boonyasirikool, *et al* ., 1986)

ตารางที่ 19 ชนิดและปริมาณกรดอะมิโน ในแครกเกอร์ปลาทูน่า (มิลลิกรัม ต่อ 1 กรัมโปรตีน)

กรดอะมิโน	อาหารชบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด[1]	แครกเกอร์สูตรพื้นฐาน	แครกเกอร์ปลาทูน่า	ปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย[2]
ไอโซลูซีน	38	26.55	30.19	40
ลูซีน	107	60.90	62.74	77
ไลซีน	52	21.49	33.71	55
เมทไธโอนีน +ซีสตีน	33	23.15	24.57	35
ฟีนิลอะลานีน+ไธโรซีน	66	55.78	56.81	60
ทรีโอนีน	37	24.92	27.69	40
ทริปโตเฟน	-	4.68	6.68	10
วาลีน	49	32.17	36.14	50
กรดแอสพาติก	67	35.40	43.68	-
เซรีน	44	45.48	43.43	-
กรดกลูตามิก	18	354.32	325.01	-
โพรลีน	68	110.16	104.02	-
ไกลซีน	38	31.73	33.08	-
อะลานีน	65	25.27	29.10	-
ฮีสติดีน	26	20.47	26.34	-
อะจีนีน	43	28.88	32.87	-

1 ที่มา : อัจฉรา ชนะสิทธิ์ (2541)

2 ที่มา : FAO/WHO (1973)

6. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่า

การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าที่มีส่วนผสมของเศษเนื้อปลาทูน่าร้อยละ 3 และอบเป็นเวลา 11.30 นาที ในภาชนะ 2 ชนิดคือ ถุงที่ทำจากแผ่นฟิล์มประกบ 4 ชั้นเรียงจากชั้นนอกสุดจนถึงชั้นในสุดคือ Polyethylene terephthalate / Polyethylene / Aluminium foil / Polyethylene ความหนา 0.0875 มิลลิเมตร ขนาด 26 X 25 ตารางเซนติเมตร และกระป๋องทรงกระบอกทำจากแผ่นเหล็กเคลือบดีบุกมีฝาปิดเปิดได้ขนาด 4066.075 ลูกบาศก์เซนติเมตร (สูตรปริมาตรรูปทรงกระบอก คือ $\pi r^2 h = 22/7 \times 7.5^2 \times 23$) ที่อุณหภูมิห้อง (25 - 30 องศาเซลเซียส) และ 4 องศาเซลเซียส ทำการประเมินคุณภาพทางเคมี กายภาพ ประสาทสัมผัส และจุลินทรีย์ ทุก 15 วัน เป็นเวลา 90 วัน ได้ผลดังนี้คือ

คุณภาพทางเคมี

องค์ประกอบทางเคมี

แครกเกอร์ปลาทูน่าที่บรรจุในถุงแผ่นฟิล์มประกบ และกระป๋องที่อุณหภูมิห้องและ 4 องศาเซลเซียส พบว่า ปริมาณ ไขมัน โปรตีน เถ้า และ ฮีสตามีน ของวันแรกและวันที่ 90 ของการเก็บรักษา ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) กล่าวคือ ปริมาณไขมัน โปรตีน และ เถ้า ในวันแรกของการเก็บรักษามีค่าร้อยละ 19.15 11.86 และ 2.06 ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 90 วันที่ทุกสภาวะมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่กล่าวมาแล้ว (ตารางที่ 20) เหตุที่มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยอาจเนื่องจากผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่า มีความชื้นต่ำมากจึงทำให้โอกาสการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีอันส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีเกิดขึ้นน้อยมาก ส่วนปริมาณฮีสตามีนในวันแรกของการเก็บรักษาคือ 0.95 พีพีเอ็ม เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 90 วัน ทุกสภาวะการเก็บมีปริมาณฮีสตามีน 0.97 พีพีเอ็ม ปริมาณฮีสตามีนมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่ามีความชื้นและค่า Aw ต่ำมาก ทำให้แบคทีเรียที่สร้างเอนไซม์ฮีสติดีนดีคาร์บอกซิเลส ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ (Pan and James , 1985)

ตารางที่ 20 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าเริ่มต้นและสิ้นสุดการเก็บรักษา

ระยะเวลาการเก็บ (วัน)	สภาวะการเก็บ		ไขมัน[1] (ร้อยละ)	โปรตีน[1] (ร้อยละ)	เถ้า[1] (ร้อยละ)	ฮีสตามีน[1] (พีพีเอ็ม)
	ภาชนะบรรจุ	อุณหภูมิ				
0	-	-	19.15^{ns}±0.12	11.86^{ns}±0.09	2.06^{ns}±0.05	0.95^{ns}±0.05
90	ถุง	อุณหภูมิห้อง	19.13±0.33	11.96±0.06	2.04±0.02	0.97±0.05
90	ถุง	4 °ซ	19.30±0.19	11.82±0.24	2.09±0.06	0.97±0.56
90	กระป๋อง	อุณหภูมิห้อง	19.81±0.99	11.56±0.13	2.07±0.05	0.97±0.04
90	กระป๋อง	4 °ซ	19.87±0.26	11.54±0.05	2.12±0.04	0.97±0.05

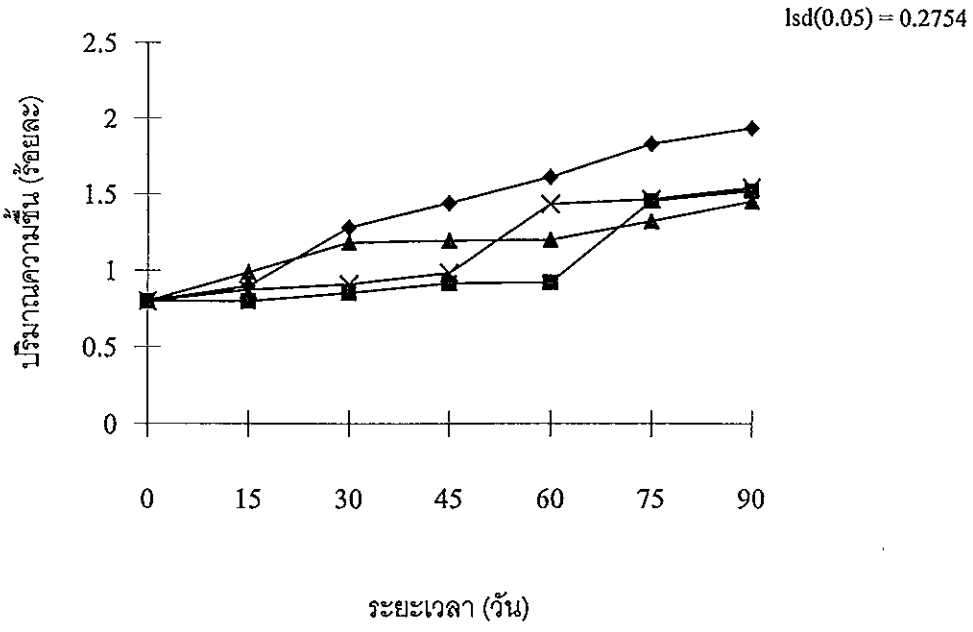
[1] ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ชุดการทดลองๆละ 3 ซ้ำ (คำนวณจากน้ำหนักแห้ง)

[ns] ตัวเลขในแนวตั้งเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

ปริมาณความชื้น

การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าระหว่างการเก็บรักษาได้ผลดังภาพที่ 9 พบว่าระยะเวลาและอุณหภูมิในการเก็บรักษา มีผลต่อปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ (P <0.05) (ตารางผนวก ง1) คือ ปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น และที่อุณหภูมิห้องผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่ามีความชื้นสูงกว่าการเก็บที่ 4 องศาเซลเซียส เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นในระดับต่ำกว่าความชื้นในบรรยากาศ มีโอกาสที่ดูดความชื้นจากภายนอกเข้าไปโดยเฉพาะที่อุณหภูมิสูง อัตราการดูดน้ำ

เกิดขึ้นได้สูงกว่าสภาวะอุณหภูมิต่ำ (Labuza , 1982) ส่วนการใช้ภาชนะบรรจุที่แตกต่างกันไม่แสดงผลต่อปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แต่พบว่าปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าที่เก็บรักษาในถุงแผ่นฟิล์มประกบ มีแนวโน้มสูงกว่าที่เก็บรักษาในกระป๋องชนิดมีฝาปิดเปิดได้ เนื่องจากแม้ว่าถุงแผ่นฟิล์มประกบจะมีคุณสมบัติป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดี แต่ไอน้ำก็ยังมีโอกาสผ่านไปได้บ้าง อย่างไรก็ตามปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าที่เก็บรักษาจนถึงวันที่ 90 ยังมีความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 1.45 - 1.93 ซึ่งต่ำมากกว่าปริมาณความชื้นที่ทำให้ผลิตภัณฑ์แครกเกอร์สูญเสียความกรอบคือร้อยละ 7 (Labuza and Katz , 1981)



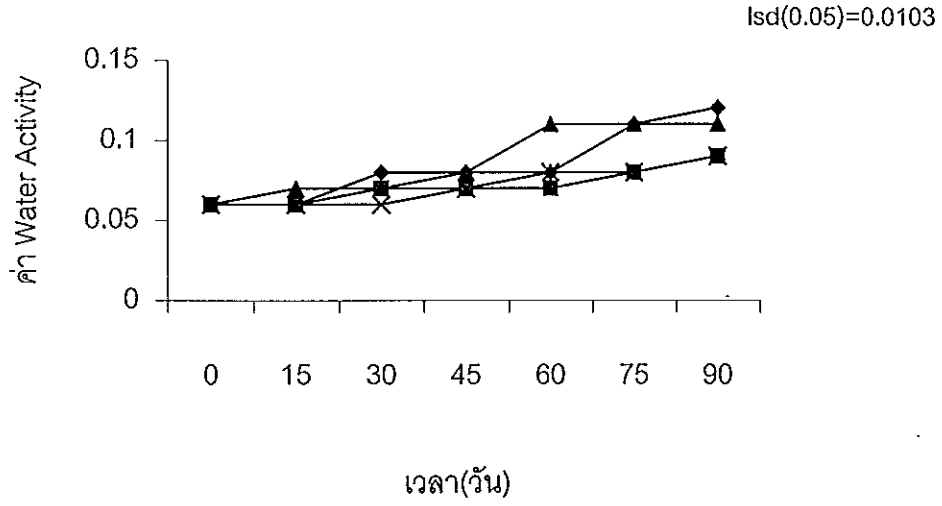
ภาพที่ 9 ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าระหว่างการเก็บรักษาที่สภาวะแตกต่างกัน

◆ ถุง , อุณหภูมิห้อง Δ กระป๋อง , อุณหภูมิห้อง

□ ถุง , อุณหภูมิ 4 °ซ X กระป๋อง , อุณหภูมิ 4 °ซ

ค่า Aw

การเปลี่ยนแปลงค่า Aw ระหว่างการเก็บรักษาในภาชนะบรรจุ 2 ชนิด ภายใต้อุณหภูมิที่แตกต่างกัน 2 ระดับ (ภาพที่ 10) พบว่า ระยะเวลาและอุณหภูมิมีผลต่อค่า Aw อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) (ตารางผนวก ง2) โดยที่ค่า Aw เริ่มต้นมีค่า 0.061 และเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าที่เก็บที่อุณหภูมิห้องมีค่า Aw ที่สูงกว่าที่สภาวะ 4 องศาเซลเซียส เนื่องจากสามารถดูดความชื้นจากบรรยากาศได้สูงกว่า และพบว่าความแตกต่างของชนิดภาชนะบรรจุไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า Aw อย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แต่มีแนวโน้มว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บในถุงแผ่นฟิล์มประกบ มีค่าที่สูงกว่าที่บรรจุในกระป๋อง



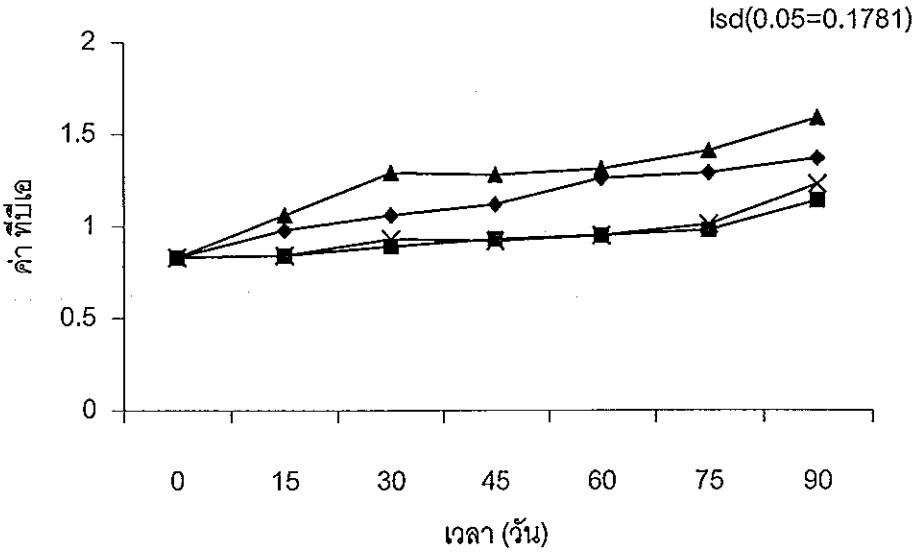
ภาพที่ 10 ค่า Aw ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าระหว่างการเก็บรักษาที่สภาวะแตกต่างกัน

◆ ถุง , อุณหภูมิห้อง Δ กระป๋อง , อุณหภูมิห้อง

□ ถุง , อุณหภูมิ 4 °ซ X กระป๋อง , อุณหภูมิ 4 °ซ

ค่าทีบีเอ

การเปลี่ยนแปลงค่าทีบีเอของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าระหว่างการเก็บรักษาได้ผลดังแสดงในภาพที่ 11 พบว่า ระยะเวลา อุณหภูมิ และ ภาชนะบรรจุมีผลต่อค่าทีบีเออย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (ตารางผนวก ง3) คือ ค่าทีบีเอในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษามีค่า 0.80 มิลลิกรัมมาโลนอัลดีไฮด์/กิโลกรัมตัวอย่าง เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้นค่าทีบีเอมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าที่เก็บที่อุณหภูมิห้องมีค่าทีบีเอสูงกว่าที่ 4 องศาเซลเซียส เนื่องจากการเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิสูงอาจช่วยเร่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาการออกซิเดชันของไขมันได้สูงกว่าที่อุณหภูมิต่ำ (ศศิเกษม ทองยงค์ และ พรรณี เดชกำแหง , 2530) ส่วนผลของภาชนะบรรจุพบว่าผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าที่เก็บในกระป๋องมีค่าทีบีเอสูงกว่าที่เก็บในถุงแผ่นฟิล์มประกบ เนื่องจากการทดลองครั้งนี้ไม่ได้ควบคุมอัตราส่วนของพื้นที่ในภาชนะบรรจุต่อน้ำหนักตัวอย่าง กล่าวคือ ผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าที่บรรจุในถุงแผ่นฟิล์มประกบมีน้ำหนัก 180 กรัม/ถุง ขนาด 26X25 ตารางเซนติเมตร และผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าที่บรรจุในกระป๋องมีน้ำหนัก 420 กรัม/กระป๋อง มีขนาด 4066.075 ลูกบาศก์เซนติเมตร ดังนั้นผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าที่บรรจุในกระป๋องจึงมีอัตราส่วนของพื้นที่ภาชนะบรรจุต่อน้ำหนักสูงกว่า ทำให้มีพื้นที่สำหรับบรรจุอากาศมากกว่า ส่งผลให้ออกซิเจนอาจเข้าทำปฏิกิริยากับไขมันในตัวอย่างได้มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงแผ่นฟิล์มประกบ



ภาพที่ 11 ค่าทีบีเอของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าระหว่างการเก็บรักษาที่สภาวะแตกต่างกัน

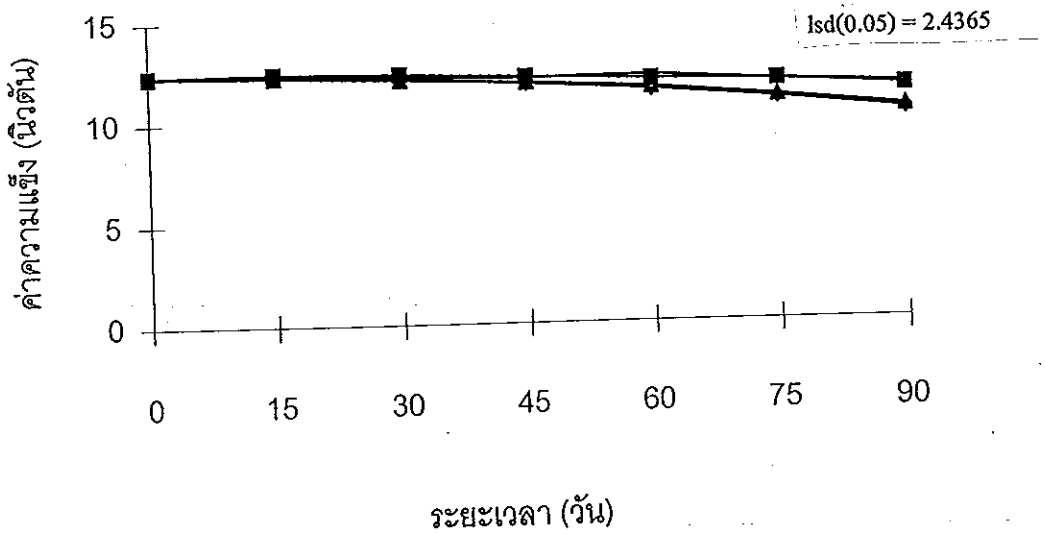
◆ ถุง , อุณหภูมิห้อง Δ กระป๋อง , อุณหภูมิห้อง

□ ถุง , อุณหภูมิ 4 °ซ X กระป๋อง , อุณหภูมิ 4 °ซ

คุณภาพทางกายภาพ

ค่าความแข็งและความกรอบ

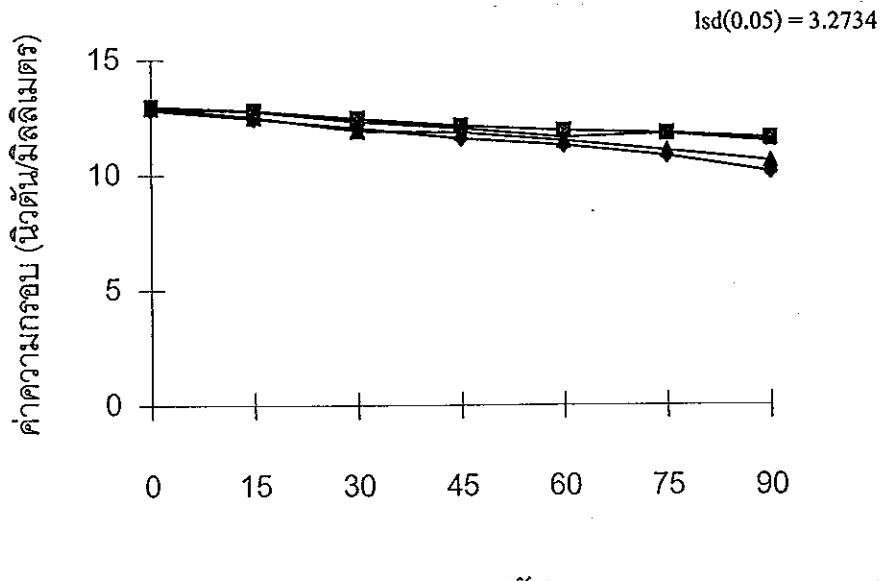
การเปลี่ยนแปลงค่าความแข็ง และความกรอบของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าระหว่างการเก็บรักษา (ภาพที่ 12 และ 13) พบว่า ระยะเวลาการเก็บ อุณหภูมิ และภาชนะบรรจุไม่มีผลต่อค่าความแข็งอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) (ตารางผนวก ง4 และ ง5) เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น ความแข็งและความกรอบของแครกเกอร์ปลาทูน่าทุกสภาวะการเก็บมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากตัวอย่างดูดความชื้นจากบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุ ทำให้มีค่า Aw และความชื้นเพิ่มขึ้น (Katz and Labuza , 1981 ; Robertson ,1993) ส่วนผลของอุณหภูมิ พบว่า ผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสมีแนวโน้มที่มีค่าความแข็งมากกว่าที่เก็บที่สภาวะอุณหภูมิห้อง อาจเนื่องมาจากผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นต่ำกว่า และโมเลกุลอะไมโลสในเม็ดแป้งที่พองตัวแล้ว มีแนวโน้มที่จะรวมตัวกันโดยเฉพาะที่อุณหภูมิต่ำ อาจทำให้เกิดการตกผลึกบ้าง ผลิตภัณฑ์จึงมีความแข็งมากขึ้น (Callison , 1968) ถึงแม้ว่าผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าจะมีน้ำในปริมาณต่ำมาก และเม็ดแป้งเกิดเจลได้บางส่วน การเคลื่อนที่รวมตัวกันของอะไมโลสที่พองตัวแล้วอาจเกิดได้ช้ามาก จึงตกผลึกและแข็งตัวได้น้อยกว่าผลิตภัณฑ์ขนมอบชนิดอื่น (ปราณี วราสวัสดิ์ , มปป) ผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าที่เก็บที่สภาวะอุณหภูมิห้อง มีความกรอบน้อยกว่าที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เนื่องจากมีความชื้นและค่า Aw สูงกว่า



ภาพที่ 12 ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าระหว่างการเก็บรักษาที่สภาวะแตกต่างกัน

◆ ถุง , อุณหภูมิห้อง Δ กระป๋อง , อุณหภูมิห้อง

□ ถุง , อุณหภูมิ 4 ° ซ X กระป๋อง , อุณหภูมิ 4 ° ซ



ภาพที่ 13 ค่าความกรอบของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าระหว่างการเก็บรักษาที่สภาวะแตกต่างกัน

◆ ถุง , อุณหภูมิห้อง Δ กระป๋อง , อุณหภูมิห้อง

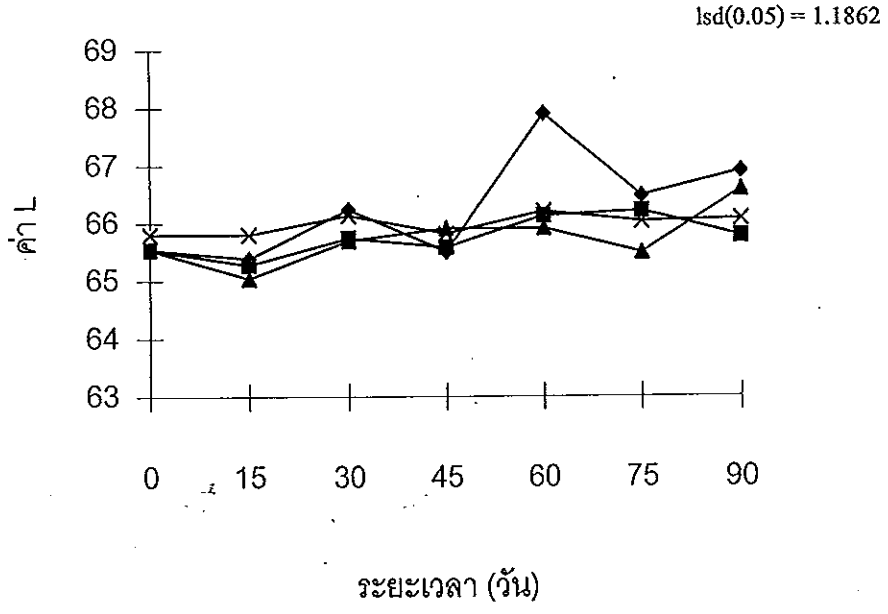
□ ถุง , อุณหภูมิ 4 ° ซ X กระป๋อง , อุณหภูมิ 4 ° ซ

ค่าสี

ผลการวัดค่าสีในระบบ Hunter ที่แสดงในรูปของค่า L a b ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าที่เก็บในภาชนบรรจุ และอุณหภูมิต่างกัน เป็นเวลา 90 วัน ได้ผลดังนี้

ค่า L

L เป็นค่าของความสว่างเริ่มจากความสว่างน้อยที่สุดมีค่า L เป็น 0 จนกระทั่งความสว่างมากที่สุดที่มีค่า L เท่ากับ 100 ถ้าค่า L ระหว่างการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น แสดงว่าค่าความสว่างของตัวอย่างเพิ่มขึ้น ในทางกลับกันถ้าค่า L ลดลงทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำขึ้น ผลการวัดค่า L ของตัวอย่าง (ภาพที่ 14) (ตารางภาคผนวก ง6) พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษาในทุกสภาวะมีผลทำให้ความสว่างของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ($P< 0.05$) ส่วนอุณหภูมิและภาชนะบรรจุ ไม่มีผลต่อค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)



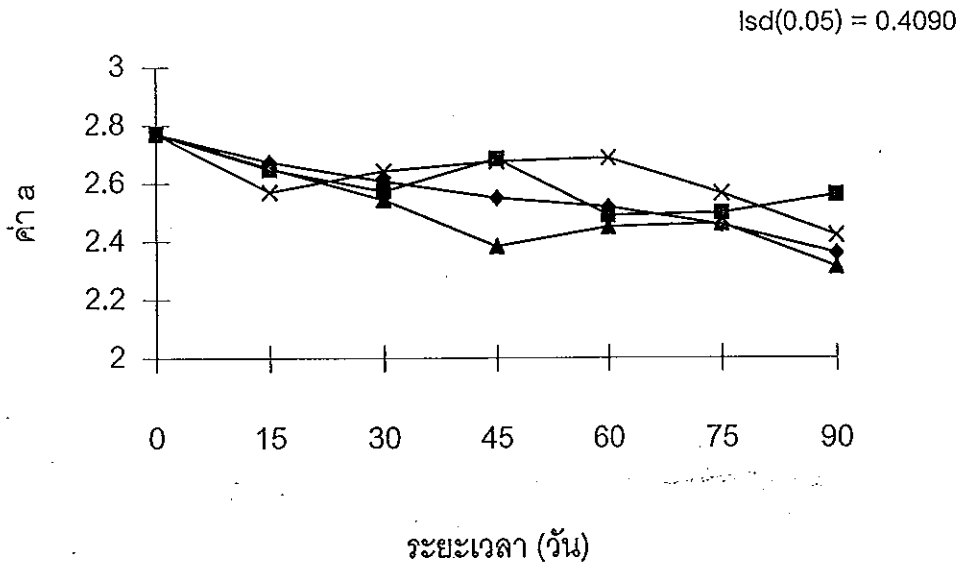
ภาพที่ 14 ค่า L ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าระหว่างการเก็บรักษาที่สภาวะแตกต่างกัน

◆ ถุง , อุณหภูมิห้อง Δ กระป๋อง , อุณหภูมิห้อง

□ ถุง , อุณหภูมิ 4 °ซ X กระป๋อง , อุณหภูมิ 4 °ซ

ค่า a

ค่า a หมายถึงค่าสีแดงถึงค่าสีเขียว เมื่อค่า a เป็นบวกแสดงค่าของสีแดง ค่า a เป็นลบแสดงค่าของสีเขียว ผลการวัดค่า a ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าที่เก็บในภาชนะบรรจุและอุณหภูมิต่างๆ เป็นเวลา 90 วันได้ผลดังภาพที่ 15 (ตารางผนวก ง7) พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษาในทุกสภาวะมีผลทำให้ค่า a ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) หรือ ผลิตภัณฑ์มีสีแดงลดลง โดยค่า a ในวันที่ 90 ของการเก็บรักษา อยู่ในช่วง 2.31 - 2.56 โดยที่อุณหภูมิและภาชนะบรรจุไม่มีผลต่อค่า a อย่างมีนัยสำคัญ ($P> 0.05$)



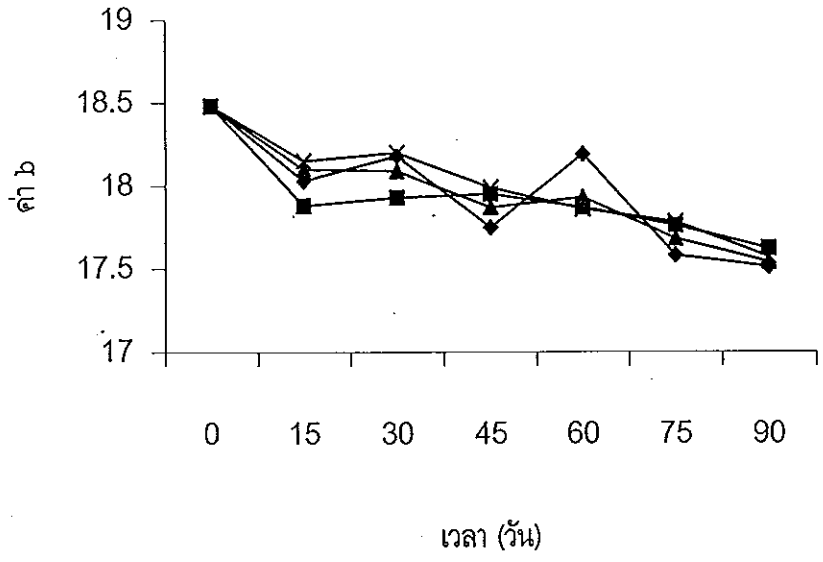
ภาพที่ 15 ค่า a ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าระหว่างการเก็บรักษาที่สภาวะแตกต่างกัน

◆ ถุง , อุณหภูมิห้อง Δ กระป๋อง , อุณหภูมิห้อง

□ ถุง , อุณหภูมิ 4 °ซ X กระป๋อง , อุณหภูมิ 4 °ซ

ค่า b

ค่า b หมายถึงค่าสีเหลืองถึงค่าสีน้ำเงิน เมื่อค่า b เป็นบวกแสดงค่าของสีเหลือง ค่า b เป็นลบแสดงค่าของสีน้ำเงิน ผลของการวัดค่าสีของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าที่เก็บในภาชนะบรรจุและอุณหภูมิที่ต่างกันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 90 วัน ได้ผลดังภาพที่ 16 (ตารางผนวก ง8) พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่า b ลดลง วันเริ่มต้นของการเก็บรักษาตัวอย่างมีค่า b เท่ากับ 18.47 และมีค่า b ลดลงอยู่ในช่วง 17.51 - 17.62 ในวันที่ 90 ของการเก็บรักษา ส่วนอุณหภูมิและภาชนะบรรจุไม่มีผลต่อค่า b อย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$)



ภาพที่ 16 ค่า b ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าระหว่างเก็บรักษาที่สภาวะแตกต่างกัน

◆ ถุง , อุณหภูมิห้อง Δ กระป๋อง , อุณหภูมิห้อง

□ ถุง , อุณหภูมิ 4 °ซ X กระป๋อง , อุณหภูมิ 4 °ซ

คุณภาพทางประสาทสัมผัส

การทดสอบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่า ซึ่งบรรจุในถุงแผ่นฟิล์มประกบ และ กระป๋องชนิดมีฝาปิดเปิดได้ที่อุณหภูมิห้องและ 4 องศาเซลเซียส ประกอบด้วยปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้าน สี กลิ่นผิดปกติ กลิ่นหืน ความกรอบ และการยอมรับรวม ด้วยวิธี QDA จากผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 12 คน ทำการทดสอบทุก 15 วัน เป็นเวลา 90 วัน กำหนดระดับคะแนนของแต่ละปัจจัยคุณภาพ ดังนี้

- สี ระดับคะแนนตั้งแต่ 0 หมายถึง สีเหลืองอ่อน และสีเข้มขึ้นจนถึง 10 หมายถึงสีน้ำตาลเข้ม
- กลิ่นผิดปกติ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นสาบของแป้ง ระดับคะแนนตั้งแต่ 0 หมายถึง กลิ่นผิดปกติน้อย และกลิ่นผิดปกติเพิ่มขึ้นจนถึง 10 หมายถึง กลิ่นผิดปกติมาก
- กลิ่นหืน ระดับคะแนนตั้งแต่ 0 หมายถึง กลิ่นหืนน้อย และกลิ่นหืนเพิ่มขึ้นจนถึง 10 หมายถึง กลิ่นหืนมาก
- ความกรอบ ระดับคะแนนตั้งแต่ 0 หมายถึง ความกรอบน้อย และความกรอบเพิ่มขึ้น จนถึง 10 หมายถึง ความกรอบมาก
- การยอมรับรวม ระดับคะแนนตั้งแต่ 0 หมายถึง การยอมรับรวมน้อย และการยอมรับรวมเพิ่มขึ้นจนถึง 10 หมายถึง การยอมรับรวมมาก

ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 21 โดยมีรายละเอียดดังนี้

สี ระดับคะแนนการทดสอบด้านสีของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น มีผลทำให้คะแนนเพิ่มขึ้น หมายถึงสีของแครกเกอร์ปลาทูน่าเข้มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) (ตารางผนวก ง9) ผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองเข้มขึ้นและสีเหลืองอ่อนลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนอุณหภูมิและภาชนะบรรจุไม่มีผลต่อคะแนนค่าสีที่แตกต่างกัน ($P>0.05$)

กลิ่นผิดปกติ การเกิดกลิ่นผิดปกติของแครกเกอร์ปลาทูน่า คือกลิ่นอับและกลิ่นสาบของแป้ง พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนภาชนะบรรจุและอุณหภูมิไม่มีผลต่อกลิ่นผิดปกติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) (ตารางผนวก ง10) แต่ผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มเกิดกลิ่นผิดปกติที่ต่ำกว่าที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง เนื่องจากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นสามารถเร่งปฏิกิริยาทางเคมีให้เพิ่มสูงขึ้น มีโอกาสทำให้เกิดกลิ่นอับสาบของแป้ง อย่างไรก็ตามเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 90 วันที่ทุกสภาวะการเก็บพบกลิ่นผิดปกติน้อยมาก

กลิ่นหืน การเปลี่ยนแปลงกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าระหว่างการเก็บรักษา พบว่าระยะเวลาและอุณหภูมิแสดงผลต่อการเกิดกลิ่นหืนอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) (ตารางผนวก ง11) โดยกลิ่นหืนมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาอุณหภูมิห้องมีกลิ่นหืนสูงกว่าที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของธงชัย สุวรรณสิชณน์ (2535) เนื่องจากที่สภาวะอุณหภูมิสูงอาจเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมันได้สูงกว่าที่อุณหภูมิต่ำ (Labuza,1982) ส่วนภาชนะบรรจุไม่มีผลต่อกลิ่นหืนอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แต่มีแนวโน้มว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บในกระป๋องมีกลิ่นหืนสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บในถุงแผ่นฟิล์มประกบ เนื่องจากมีอัตราส่วนของพื้นที่ช่องว่างต่อชิ้นแครกเกอร์ปลาทูน่าสูงกว่า จึงทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมันได้สูงกว่า ซึ่งให้ผลที่สอดคล้องกับค่าทีบีเอ (ภาพที่ 11)

ความกรอบ การเปลี่ยนแปลงค่าความกรอบของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าในระหว่างการเก็บรักษา พบว่าความกรอบของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าในทุกสภาวะการเก็บรักษามีค่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บที่เพิ่มขึ้น ($P<0.05$) (ตารางผนวก ง12) ทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีความชื้นและค่า Aw เพิ่มขึ้น (Katz and Labuza, 1981) ภาชนะบรรจุและอุณหภูมิในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อความกรอบของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ ($P> 0.05$) อย่างไรก็ตาม พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง มีแนวโน้มทำให้ความกรอบลดลงมากกว่าที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เพราะผลิตภัณฑ์มีความชื้นสูงกว่า ค่าเฉลี่ยความกรอบของผลิตภัณฑ์ทุก

สภาวะการเก็บอยู่ในช่วง 7.0 - 7.41 ซึ่งยังคงอยู่ในเกณฑ์สูง แสดงว่าผลิตภัณฑ์ยังคงมีลักษณะกรอบสูง

การยอมรับรวม การเปลี่ยนแปลงค่าการยอมรับรวมระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่า พบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อค่าการยอมรับรวมอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) (ตารางผนวก ง13) โดยการยอมรับรวมเฉลี่ยของทุกสภาวะการเก็บลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจาก ผลิตภัณฑ์มีความกรอบลดลง การหืนและกลิ่นรสผิดปกติเพิ่มขึ้น ส่วนอุณหภูมิมีผลต่อการยอมรับอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ผลิตภัณฑ์ที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีค่าการยอมรับสูงกว่าที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง อาจเนื่องมาจากที่สภาวะอุณหภูมิต่ำช่วยชะลอปฏิกิริยาทางเคมีในการเกิดกลิ่นหืนและกลิ่นผิดปกติได้ดี รวมทั้งผลิตภัณฑ์มีความชื้นที่ต่ำกว่าส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มกรอบมากกว่า ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่สำคัญที่สุดของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว ส่วนภาชนะบรรจุไม่มีผลต่อการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

ตารางที่ 21 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางประสาทสัมผัสของแครกเกอร์ปลาทูน่า ระหว่างการเก็บรักษา

ภาชนะบรรจุ	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (วัน)	S score[1]				
			สี	กลิ่นผิดปกติ	กลิ่นหืน	ความกรอบ	การยอมรับรวม
ถุงฟิล์มประกบ	ห้อง	0	3.26 ^{b}	0.26 ^{ns}	0.20 ^{b}	7.98 ^{a}	8.26 ^{a}
		15	3.88 ^{ab}	0.34	0.39 ^{b}	7.65 ^{ab}	7.87 ^{ab}
		30	3.85 ^{ab}	0.31	0.61 ^{ab}	7.84 ^{ab}	7.57 ^{ab}
		45	4.58 ^{a}	0.49	0.71 ^{ab}	7.81 ^{ab}	6.77 ^{bc}
		60	4.03 ^{ab}	0.59	0.91 ^{ab}	7.59 ^{ab}	6.75 ^{bc}
		75	3.33 ^{b}	0.61	1.00 ^{ab}	7.72 ^{ab}	6.30 ^{c}
		90	3.37 ^{b}	0.63	1.30 ^{a}	7.00 ^{b}	5.89 ^{c}
ถุงฟิล์มประกบ	4 °C	0	3.26 ^{ns}	0.26 ^{ns}	0.20 ^{ns}	7.98 ^{ns}	8.26 ^{a}
		15	3.75	0.28	0.29	7.69	7.83 ^{ab}
		30	4.27	0.50	0.30	7.88	7.52 ^{ab}
		45	3.99	0.48	0.32	7.79	7.50 ^{ab}
		60	4.39	0.53	0.46	7.70	7.04 ^{b}
		75	4.06	0.57	0.62	7.64	6.86 ^{b}
		90	4.36	0.58	0.70	7.41	6.62 ^{b}
กระป๋อง	ห้อง	0	3.26 ^{b}	0.26 ^{ns}	0.20 c	7.98 ^{ns}	8.26 ^{a}
		15	4.17 ^{ab}	0.36	0.51 bc	7.49	7.91 ^{a}
		30	3.97 ^{ab}	0.45	0.77 bc	7.58	7.63 ^{a}
		45	4.30 ^{ab}	0.50	0.92 abc	7.43	6.45 ^{b}
		60	4.59 ^{a}	0.61	1.11 ab	7.78	6.35 ^{b}
		75	4.06 ^{ab}	0.63	1.21 ab	7.43	6.22 ^{b}
		90	3.67 ^{ab}	0.67	1.57 a	7.15	5.66 ^{b}
กระป๋อง	4 °C	0	3.26 ^{b}	0.26 ^{ns}	0.20 ^{ns}	7.98 ^{ns}	8.26 ^{a}
		15	4.04 ^{ab}	0.30	0.28	7.81	7.77 ^{ab}
		30	4.17 ^{b}	0.34	0.41	7.87	7.73 ^{ab}
		45	4.53 ^{a}	0.43	0.52	7.55	7.24 ^{abc}
		60	4.69 ^{a}	0.55	0.74	7.50	6.81 ^{bc}
		75	4.20 ^{ab}	0.57	0.91	7.61	6.57 ^{bc}
		90	4.62 ^{a}	0.52 a	0.98 a	7.39	6.41 ^{c}

[1] ค่าเฉลี่ยจากผู้ทดสอบ 12 คน ที่มีอักษรกำกับเดียวกัน ในแต่ละภาชนะบรรจุ และอุณหภูมิ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$)

คุณภาพทางจุลินทรีย์

จากผลการตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าระหว่างการเก็บรักษา (ตารางที่ 22) พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงด้านจุลินทรีย์น้อยมาก กล่าวคือพบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 100 โคโลนีต่อกรัม และเชื้อราน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม นอกจากนี้ยังตรวจไม่พบ โคลิฟอร์ม ซาโมเนลลา คลอสตริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์ และสตาฟิโลค็อกคัส ออเรียส ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าผ่านการอบที่อุณหภูมิสูง มีปริมาณความชื้นและค่า Aw ที่ต่ำมาก ไม่เหมาะต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ซึ่งค่า Aw ต่ำสุดที่แบคทีเรียโดยทั่วไปสามารถเจริญเติบโตได้ คือ 0.91 (วิลาวัลย์ เจริญจิระตระกูล , 2539) ช่วงค่า Aw ต่ำสุดที่ ซาโมเนลลา และ สตาฟิโลค็อกคัส ออเรียส สามารถเจริญเติบโตได้คือ 0.93 - 0.96 และ 0.84 - 0.92 ตามลำดับ (Banwart ,1983) พวกราสามารถเจริญเติบโตได้ในที่มีความชื้นต่ำกว่าแบคทีเรีย คือมีค่า Aw ต่ำสุดที่สามารถเจริญเติบโตได้ที่ 0.70 (Christensen and Kaufman ,1974) ส่วนยีสต์คือ 0.88 (วราวุฒิ ครูส่ง, 2538) ดังนั้นผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่า จึงมีสุขลักษณะที่เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมขนมปังกรอบ สามารถเก็บรักษาได้เป็นเวลานานและปลอดภัยสำหรับผู้บริโภค

ตารางที่ 22 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่พบในผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าระหว่างการเก็บรักษา ที่สภาวะแตกต่างกัน (1 x 10 ซีเอฟยูต่อกรัม)

อุณหภูมิ	ระยะเวลา (วัน)	ภาชนะบรรจุ	
		ถุงพลาสติก	กระป๋อง
อุณหภูมิห้อง	0	1.66 ±0.57e,ns	1.66 ±0.57d,ns
	15	2.66 ±0.57e,ns	3.00 ±1.00d,ns
	30	3.66 ±1.15e,ns	3.33 ±0.57d,ns
	45	7.33 ±2.08d,ns	7.00 ±2.64c,ns
	60	12.33 ±2.51c,ns	11.00 ±3.60b,ns
	75	15.66 ±4.16b,ns	14.66 ±3.05a,ns
	90	19.33 ±1.52a,*	15.66 ±1.52a,*
4 องศาเซลเซียส	0	1.66 ±0.57d,ns	1.66 ±0.57b,ns
	15	1.66 ±0.57d,ns	2.00 ±1.00b,ns
	30	2.66 ±0.57cd,ns	2.33 ±0.57b,ns
	45	5.33 b±2.08c,ns	3.33 ±1.52b,ns
	60	8.00 ±3.00ab,ns	6.66 ±3.60a,ns
	75	10.33 ±1.52a,ns	9.66 ±3.05a,ns
	90	11.00 ±1.00a,ns	10.00 a,±1.52ns

[1] ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ ที่มีอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง ที่อุณหภูมิเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

ns ในแนวนอนเดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในแนวนอนเดียวกัน (P<0.05)

บทที่ 4
บทสรุป

การพัฒนากระบวนการผลิตแครกเกอร์ปลาทูน่า โดยใช้เศษเนื้อขาวที่แยกออกในขั้นตอนการทำความสะอาด จากอุตสาหกรรมแปรรูปปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง การพัฒนาสูตรแครกเกอร์พื้นฐานที่เหมาะสม เพื่อพัฒนาเป็นแครกเกอร์ปลาทูน่า ประกอบด้วยการใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นแป้งฝุ่นแครกเกอร์ ปริมาณน้ำในสปองจ์ร้อยละ 35 ปริมาณเนยขาวในโดร้อยละ 25 นำไปอบที่อุณหภูมิ 245-250 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที

การลดกลิ่นคาวปลาในเศษเนื้อขาวปลาทูน่าที่ได้มาจาก บริษัทโชติวัฒน์อุตสาหกรรมการผลิต อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา ที่เหมาะสม ก่อนนำไปเป็นส่วนผสมในแครกเกอร์ปลาทูน่า คือ นำเศษเนื้อขาวปลาทูน่าต้มกับน้ำขิง อัตราส่วน ปลา : น้ำ : ขิง = 2:3:1 เป็นเวลา 5 นาที นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนกระทั่งมีความชื้นร้อยละ 50±3 การพัฒนาสูตรแครกเกอร์ปลาทูน่าที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ประกอบด้วยการใช้เศษเนื้อขาวปลาทูน่าร้อยละ 3 ในโดแครกเกอร์จากสูตรพื้นฐานที่ได้ศึกษามาแล้ว อบโดแครกเกอร์ที่อุณหภูมิ 245-250 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 11.30 นาที

องค์ประกอบทางเคมีของเศษเนื้อขาวปลาทูน่าที่ผ่านการลดกลิ่นคาวปลา คือมีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้าร้อยละ 48.37 70.60 1.60 และ 3.33 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่ามีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายสูงกว่าแครกเกอร์สูตรพื้นฐาน การสำรวจการยอมรับของผู้บริโภค 2 กลุ่มคือ ผู้บริโภคที่ผ่านการฝึกฝน และ ผู้บริโภคทั่วไป โดยวิธีการเรียงลำดับความชอบ พบว่าผู้บริโภคที่ผ่านการฝึกฝนและผู้บริโภคทั่วไปให้การยอมรับระดับปานกลางร้อยละ 58.3 และ 63 ตามลำดับ ส่วนการทดสอบการยอมรับโดยวิธีประเมินคุณภาพแบบพรรณาเชิงปริมาณ พบว่าผู้บริโภคที่ผ่านการฝึกฝน และ ผู้บริโภคทั่วไปให้คะแนนเฉลี่ยการยอมรับรวม 7.75 และ 7.40 ตามลำดับ กล่าวคือ ผู้บริโภคที่ผ่านการฝึกฝนให้การยอมรับรวมสูงกว่าผู้บริโภคทั่วไป

การประเมินคุณภาพทาง เคมี กายภาพ ประสาทสัมผัส และ จุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาในภาชนะ 2 ชนิด ที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส ตลอดระยะเวลา 90 วัน พบว่า ความชื้น ค่าAw และค่าทีบีเอ เพิ่มสูงขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนคุณภาพด้านกายภาพคือ ค่าความแข็ง และ ความกรอบ มีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนคุณภาพ

ทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มีค่าความกรอบและการยอมรับรวมลดลง ส่วนค่าการหืนและกลิ่นผิดปกติ เพิ่มสูงขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ในขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านจุลินทรีย์เพียงเล็กน้อย ทั้งนี้พบว่า ชนิดของภาชนะบรรจุไม่มีผลต่อคุณภาพด้านประสาทสัมผัส กายภาพและจุลินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

ข้อเสนอแนะ

1. ขั้นตอนการทำแผ่นประกบของโดและการตัดแผ่นโด ทำให้มีวัสดุเศษเหลือของโด ควรนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด โดยนำไปผสมกับส่วนผสมอื่นๆ ในขั้นตอนการผสมโด

2. การบรรจุผลิตภัณฑ์ในภาชนะบรรจุควรควบคุมให้มีอากาศในภาชนะบรรจุน้อยที่สุด หรือมีการใช้ระบบสุญญากาศในภาชนะบรรจุ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นและกลิ่นหืนเกิดน้อยลง

3. การผลิตแครกเกอร์ระดับอุตสาหกรรม ขั้นตอนการผลิต ได้แก่ ขั้นการผสม การทำแผ่นประกบของโด และ การตัดแผ่นโด ควรทำเป็นระบบที่ต่อเนื่อง เพื่อความรวดเร็ว และได้ผลิตภัณฑ์จำนวนมาก

4. ควรมีการศึกษาการผลิตแครกเกอร์โปรตีนสูง โดยใช้ปลาราคาถูก หรือวัสดุเศษเหลือจากอุตสาหกรรมอาหารทะเลชนิดอื่นด้วย

เอกสารอ้างอิง

กรมศุลกากร . 2534. สถิติการนำเข้าอาหารสำเร็จรูปซึ่งทำจากธัญพืชหรือธัญพืชที่ได้จากการทำให้พองหรือฟูด้วยความร้อน อบ หรือ ปิ้ง เช่น พัฟไรส์ คอร์เฟรด และ ผลิตภัณฑ์ที่คล้ายกัน พ.ศ. 2523-2533 . สถิติการนำเข้าสินค้าแยกตามประเภท กระทรวงการคลัง . กรุงเทพฯ

กนกวรรณ สุถิรนาถ. 2538. อาหารทะเลบรรจุกระป๋อง. ว.ส่งเสริมการลงทุน. 6:38-42.

เข็มทอง นิ่มจินดา. 2538. ทฤษฎีอาหาร. ภาคพัฒนาตำราและเอกสารวิชาการ หน่วยศึกษานิเทศน์ กรมการฝึกหัดครู

จิตรา แดงปรก และ วรรณวิบูลย์ กาญจนกุญชร. 2539. การใช้ประโยชน์จากของเหลือโรงงานปลาทูน่ากระป๋อง : ไส้กรอกปลา . การประชุมวิชาการ โดยสมาคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แห่งประเทศไทย ณ . ศูนย์การประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ วันที่26-28 มิถุนายน

ธงชัย สุวรรณสิชณน์. 2535. การพัฒนาอาหารขบเคี้ยวจากแป้งถั่วลิสงไขมันต่ำผสมแป้งมันสำปะหลังชนิดพรีเจลาติไนซ์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นงลักษณ์ สุทธิวนิช. 2531. คุณภาพสัตว์น้ำ. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร. คณะทรัพยากรธรรมชาติ. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

นิรนาม . 2533. เจาะตลาดสแน็ค 2700 ล้าน เผย 9 สินค้ายอมนิยม. มาร์เก็ตติ้งรีวิว.4(40).

บัญญัติ สุขศรีงาม. 2532. จุลชีววิทยา. ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางแสน

ประชา บุญญสิริกุล. 2537. บทบาทของเอ็กซ์ทรูดเดอร์ที่มีต่ออุตสาหกรรมอาหารในประเทศไทย . อาหาร 24(1) : 1-12.

ประเสริฐ สายสิทธิ์. 2514. ผลิตภัณฑ์ประมงและหลักการถนอม. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปราณี วราสวัสดิ์. มปป. เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ธัญพืช. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกตร คณะธุรกิจการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้

พายัพ มาศนิยม. 2537. การใช้ประโยชน์เศษเนื้อปลาทูน่าในการผลิตแฮมปลา. วิทยานิพนธ์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

พูลทรัพย์ วิรุฬห์กุล. 2534. เทคโนโลยีหลังการจับปลาทูน่า. ว.การประมง. 44(2) : 123-132.

พยอม ตันติวัฒน์. 2521. เครื่องเทศ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ

ไพโรจน์ วิริยจารี. 2532. การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ไพศาล เหล่าสุวรรณ. 2535. สถิติสำหรับการวิจัยทางเกษตร. คณะทรัพยากรธรรมชาติ. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

มยุรี ภาคลำเจียก. 2538. ฟิล์มพลาสติกที่ใช้ในการบรรจุหีบห่ออาหารว่าง. ว.พลาสติก. 10: 72-75.

สมอ.2530ก. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมขนมปังกรอบ (มอก. 742-2530) . สำนักงานมาตราฐานผลิตภัณฑ์อุตสหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

สมอ.2530ข. มาตราฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปลาทูน่ากระป๋อง (มอก.142-2530). สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

รำไพ เกตุดี. 2533. ตลาดสแน็กออกหมัดตัดราคา . คู่แข่ง. 10 (112) : 69-75.

วราวุฒิ ครูส่ง. 2538. จุลชีววิทยาในกระบวนการแปรรูปอาหาร. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร. คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล. 2539. จุลินทรีย์ที่มีความสำคัญด้านอาหาร. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ศศิเกษม ทองยงค์ และ พรรณี เดชกำแหง. 2530. เคมีอาหารเบื้องต้น. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ.

ศิรินทร์ ปุษยไพบูลย์. 2536. การพัฒนาอาหารขบเคี้ยวที่มีคุณค่าทางโภชนาการ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สุทธวัฒน์ เบญจกุล. 2536. กลิ่นและกลิ่นรสในอาหารทะเล. ว.อุตสาหกรรมเกษตร. 4(2):19-34.

สุมาลี เหลืองสกุล. 2527. จุลชีววิทยาทางอาหาร. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

สุรพล อุปดิสสกุล. 2526. สถิติการวางแผนการทดลอง เล่ม 2 . มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สุวรรณ สุทธิขจรกิจการ. 2535. กลไกการเกิดโครงสร้างของขนมปัง. ว.อุตสาหกรรมเกษตร 3(1): 18-27.

อภิรักษ์ โกษะโยธิ. 2539. ฉายภาพตลาดสแน็ก ปี 2000 ผ่านมุมมองดาวรุ่งเป๊ปซี่โคฟูดส์. ฐานเศรษฐกิจ. 16(999): 54.

อารยา เชาว์เรืองฤทธิ์. 2536. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักแช่เยือกแข็ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

อัจฉรา ชนะสิทธิ์. 2541. การพัฒนาอาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2532. ข้าวสาลี. ภาควิชาเทคโนโลยีและวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2532. เคมีทางธัญญาหาร. ภาควิชาวิทยาศาตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสากรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาตร์.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2538. คุณสมบัติและการเปลี่ยนแปลงของวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์เบเกอรีและการคำนวณเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ขนมอบ.ภาควิชาวิทยาศาตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Alchele, W. J. 1981. Cookie and cracker processing. Cereal Food World. 26 (4): 161-165.

AOAC. 1990. Official Method of Analytical Chemists. 15th ed. Verginia : The Association of Official Analytical Chemists, Inc.

Baker, J. R. and Mize, M. D. 1942. The relationship of fats to texture crumb and volume of bread. Cereal Chem. 19: 84-88.

Banwart, G. J. 1981. Basic Food Microbiology. Connecticut: AVI Publishing Company,Inc.,

Blenford , D.E. 1982. What is a Snack ? . Food Flavorings. Ingredient Processing and Package. 4(11) : 30-37.

Boonyasirilool, P., Reungmaneepaitoon , S., Thippayang, S., and Prabhavat, S. 1986. Research on the Production of High Protein Snack Foods. Institute of Food Research and Product Development , Kasetsart University. Bangkok. 67 p.

Bostain, M., Smith, W. and Gilliland , S.F. 1978. Snacks food provide natural target for supplement with yeast whey protein . Food Product Development. 12(9) : 68 ,70.

Callison, R. 1968. Starch Retrogradation in Starch and its Derivatives. . London: Chapman and Hall.

Chen, W. 1992. Dough stickiness cause and measurments. Department of Grain Science and Industy . Kansus state university. Kansas . USA.

Chen, W. and Hoseney, R.C. 1995. Wheat flour compound that produces sticky dough: isolation and identification. J. Food Sci.. 60 (3): 434-437.

Claughton, S. M. and Pearce, R. J. 1989. Protein enrichment of sugar-snap cookies whit sunflower protein isolate. J. Food Sci. 54 (2): 354-356.

Contamine, A. S., Abecassis, J., Morel, M. H., Vergnes , B and Verel, A. 1995. Effect of mixing conditions on the quality of dough biscuits. Cereal Chem. 72 (6) :516-522.

Doescher, L. C. and Hoseney, R. C. 1985. Saltine cracker : change in crackers spong rheology and modification of a cracker - baking procedure. Cereal Chem. 62 (3): 158-162.

Eitenmiller, R.R. 1991. Chemistry and Biochemistry of Seafoods . The Seafood Technology Workshop. Hatyai : Prince of Songkla University.

Egan, H ., Kirk, R. S. and Sawyer, R. 1981. Pearson' s Chemical Analysis of Food . London:Churchill Livingstone.

FAO/WHO. 1973. Energy and protein requirement . Report of joint FAO/WHO and Hoc Expert . Food and Agriculture Organization of the United Nation.

Faridi, H.A. and Johnson, A. J. 1978. Saltine cracker flavor. I . chang in organic acid and soluble nitrogen constituents of cracker spong and dough. Cereal Chem. 55(1): 7-15.

FDA. 1982. Defect action levels of histamine in tuna availability of guide. Fed. Reg. 47 (173) : 40487. อ้างโดย Celia, C .G., Duarte, J. B. Muria, L.N. 1998.. Stroage temperature effect on Histamine formation in big eye tuna and skipjack. J Food Sci. . 63(4): 644-647.

Felbetg, C, 1969. Extrudes starch - based snacks. Cereal Sci. Today. 14:212-214.

Harper, J.M. 1981. Extrusion of food . Vol II Baca Raton, Florida CRC Press อ้างโดย ประชา บุญญสิริกูล. 2537. บทบาทของเอ็กทรูดเดอร์ที่มีต่ออุตสาหกรรมอาหารในประเทศไทย. อาหาร. 24(1): 1-12.

Hasegawa, H. 1987. Laboratory Manual on Analytical Method and Procedures for Fish and Fish Products. Marine Fisheries Research Department . Singapore : SEAFDEC.

Heen, E. and Kreuzer, R. 1962. Fish in Nutrition . London:Fishing News Ltd,

Julianly, J., Belo. P., Smith, E., and Mcpround. 1994. Egg white powder in extruded fish cracker . Internation J. Food Sci. and Technol. 29: 315-320.

Junge, R.C. and Hoseney, R.C. 1981. A mechaism by which shortening and certain surfactants improve in bread . Cereal Chem. 58(5): 408-412.

Kanoh, S., Suzuki, T., Maeyama, K., Takewa, T., Watabe, S. and Hashimoto, K. 1986. Comparative studies on ordinary and dark muscles of tuna fish .Bull. Jap.Soc. Sci. Fish. 52(10): 1807-1816.

Kahn, C. B. and Penfield, M. P. 1983. Snack crackers containing whole- grain triticale flour : cripness , taste, and acceptability. J. Food Sci. 48 : 266-267.

Katz, E. E. and Labuza , T.P. 1981. Effect of water activity on sensory crispness and mechanical deformation of snack food product . J. Food Sci. 46:403-409.

Koizumi, C., Wada, S. and Ohshima, T. 1987. Factors affecting development of rancidity off odor in cooked fish meats during storage at 5 $^{\circ}C$. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 53(11):2003-2009.

Labuza, T. P. and Katz, E. E. 1981. Structure evaluation of flour dry crip snack food by scanning eletron microscopy. J. Food Processing and Preservation. 5:119-127.

Labuza, T.P. 1982. Moisture gain and loss in package food . Food Technol. 36(4): 92-93.

Lapvetetaeinen, A ., Puolanne , E. and Salovara , H. 1995. High protein oat flour funtionality assessment in bread and sausage. J. Food Sci. 59 (5) : 1081-1085.

Linka, Y. Y. and Johnson, J. A. 1963. Change in amino acid and formation of carbonyl compounds during baking . Agric Food Chem. 11: 150-152.

Marisa, H. 1987. The Survey of the Situation of Fishery Industry in Asean Contry. Volume II Canned Tuna . Ministry of Industry, Thai Industrial Standards Institute. Office of National Codex Alimentarius Committee Thailand.

Matz, S.M. 1984. Snack Food Technology. 2 nd ed. Connecticut. The AIV Pubishing Company. Inc.

Micka, J. 1955. Bacterial aspects of soda cracker fermentation. Cereal Chem. 32:125-131.

Moore, R.W. and Hoseney, C. R. 1986. Influence of shortening and surfactants on retention of carbon dioxide in bread dough. Cereal Chem. 63(2):67-70.

Murata, M. Sakaguchi, M. 1989. The effects of phosphatase treatment of yellow fin muscle extracts and subsequent additive of IMP on flavor intensity. Bull. Jap.Soc.Sci. Fish. 55(9): 1599-1603.

Nishibori, S. and Kawakishi, S. 1990. Effects of dough meterials on flavor formation in baked cookies . J. Food Sci. 55(2):409-412.

Pan,B.S. and James,D.1985. Histamine in marine products:production by bacteria,measurement and prediction of formation. FAO Fish. Tech.Pap., (252):62 p.

Perz-villarreal, B. and Pozo, R. 1990. Chemical compossition and ice spoilage of albacore (Thunnus alalunga). J. Food Sci. 55(3) : 678-682.

Pizzinatto, A. and Hoseney, A.C.1980a. A laboratory method for saltine cracker. Cereal Chem. 57 (4): 249-252.

Pizzinatto, A. and Hoseney, A.C.1980b. Rheology changes in cracker spongs during fermentation. Cereal Chem. 57(3)185-188.

Pomeranz, Y. 1991. Functional Properties of Food Components . San Diego : Academic Press.

Quast, D. G. and Karel, M. 1972. Effects of enviromental factors on the oxidation of potato chip. J.Food Sci. 37: 584-588.

Robertson, L. G. 1992. Food Packaging. New York:Marcer Dekker, Inc.

Rogers, D.E. and Hoseney, R. C. 1987. Test to determine the optimun water absorption for saltine cracker doughs. Cereal Chem. 64 (6) : 370-372.

Sinthavalai, S. 1984. Thai Snack Food : Basic information for Product Development Faculty of Agro - Industry . Kasetsart University. Bangkok.

Stable Micro System. 1995. Hardness measurement of biscuit by probing . In Manual of TA.XT2 Texture Analyser. Stable Micro System Ltd.

Stegmann, C. L. and Huang, R. 1997. Yeasts and their roles in flavor formation. Cereal Food World. 42: 797-799.

Stansby, M. E. and Hall. 1967. Chemical composition of commercially important fish of the United State. Fishery Industrial Res. 3(4). อ้างโดย นงลักษณ์ สุทธิวนิช. 2531. คุณภาพสัตว์น้ำ. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร. คณะทรัพยากรธรรมชาติ.

Stanyon, P. and Costello, C. 1990. Effect of wheat bran and polydextrose on the sensory characteristics of biscuit. Cereal Chem. 67 (6): 545-547.

Smewing, J. 1995. The measurement of dough and gluten extensibility using the SMS/Kienefer Rig and TA.XT2 Texture Analyser in Manual of TA.XT2 Texture Analyser. Stable Micro System Ltd.

Speck, M. L. 1984. Comenpendium of Method for the Microbiology Examnination of Food 2 nd ed. Washington D. C. : American Public Heath Association.

Sugihara, T. F. 1978. Microbiology of soda cracker process I. Isolation and identification of microflora. J. Food Prot. 41 : 977-979.

Taguchi, T. Lo, J. R., Tanaka, M., Nagasshima, Y. and Amano, K. 1989. Thernal activation of actomyosin Mg-ATPasea from ordinary and dark muscle tuna and sardine. J. Food Sci. 54: 1521-1529.

Tanilli, V. H. 1976. Characteristics of wheat and flour for cookie and cracker production . Cereal Chem. 21 : 624-629.

Tarone, C. M. and Matthews, R.H. 1982. Proximate and mineral content of selected baked products. Cereal Food World . 27 : 308-313.

Tester, R.F. and Morrison, W.R. 1990. Swelling and gelatinization of cereal starches. I. Effect of amylopectin , amylose and lipids. Cereal Chem. 67: 551-557.

Wade, P. 1972. Technology of biscuit manufacture of cream cracker. J. Sci. Food Agric. 23 : 1021-1034.

Wade, P. 1988. Biscuits Cookies and Crackers. vol. 1. New York : Elsevier Applied Science Publishers.

Wang, S. W. 1997. Starches and starch derivation in expanded snack. Cereal Food World. 42:743-745.

Wittenbetge, C. 1972. The glycogen turnover tate in mackeral muscles. Mar. Biol. 16:279. Cited by : Kanoh, S., Polo, J. M. A., Kariya, Y., Kameko, T., Watebe, S. and Hashimoto, K. 1988. Heat- induced textural and histological chang of ordinary and dark muscles of yellowfin tuna . J.Food Sci. 53(3):673-678.

Wu, J. Y. and Hoseney, R. C. 1989. Rheological changes in cracker sponges during an 18-hour fermentation. Cereal Chem. 66 : 182-185.

Yu, S. Y., Mitchille, J.R. and Abdullah, A. 1981. Production and acceptability testing of fish cracker (Keropok) prepared by the extrusion method. J. Food Technol. 16:51-58.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี กายภาพและจุลินทรีย์

ก1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

1.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โดยวิธีอบในตู้อบไฟฟ้า (A.O.A.C., 1990)

อุปกรณ์

1. ตู้อบอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส
2. ภาชนะหาความชื้น
3. โถดูดความชื้น
4. เครื่องชั่งไฟฟ้า

วิธีการ

1.อบภาชนะสำหรับหาความชื้นในตู้อบไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ปล่อยทิ้งไว้ จนกระทั่งอุณหภูมิของภาชนะลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนัก

2. กระทำเช่นข้อ 1 ซ้ำ จนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มก.

3. ชั่งตัวอย่างอาหารที่ต้องการหาความชื้นให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 1-3 กรัม ใส่ลงในภาชนะหาความชื้นซึ่งทราบน้ำหนักแล้วนำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 5-6 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักภาชนะพร้อมตัวอย่างนั้น จากนั้นนำกลับไปเข้าตู้อบอีก และกระทำเช่นเดิมจนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 กรัม

การคำนวน

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

1.2 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (A.O.A.C.,1990)

อุปกรณ์

1.อุปกรณ์ชุดสกัดไขมัน (soxhlet apparatus) ประกอบด้วยขวดกลมสำหรับใส่ตัวทำละลาย ซอคเลต (soxhlet) เครื่องควบแน่น (condenser) และเตาให้ความร้อน (heating mantle)

2. หลอดใส่ตัวอย่าง (extraction thimble)

3. สำลี

4. ตู้อบไฟฟ้า

5. เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด

6. โถดูดความชื้น

วิธีการ

1. อบขวดกลมสำหรับหาปริมาณไขมัน ซึ่งมีขนาดความจุ 250 มล. ในตู้อบไฟฟ้า ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น และชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

2. ชั่งตัวอย่างบนกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนัก ประมาณ 1-2 กรัม ห่อให้มิดชิด แล้วใส่ลงในหลอดสำหรับใส่ตัวอย่าง คลุมด้วยสำลีเพื่อให้สารทำละลายมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ

3. นำหลอดตัวอย่าง ใส่ลงในซอคเลต

4. เติมสารตัวทำละลายปิโตรเลียม อีเทอร์ ลงในขวดหาไขมันปริมาณ 150 มล. แล้ววางบนเตาให้ความร้อน

5. ทำการสกัดไขมันเป็นเวลา 14 ชั่วโมง โดยปรับความร้อนให้หยดของสารทำละลายกลั่นตัวจากอุปกรณ์ควบแน่นด้วยอัตรา 150 หยดต่อนาที

6. เมื่อครบ 14 ชั่วโมง นำหลอดใส่ตัวอย่างออกจากซอคเลต และกลั่นเก็บสารทำละลายจนเหลือสารละลายในขวดกลมเพียงเล็กน้อยด้วยเครื่องระเหยตัวทำละลาย

7. นำขวดหาไขมันนั้นไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส จนแห้ง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น

8. ชั่งน้ำหนัก แล้วอบซ้ำครั้งละ 30 นาที จนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักสอลครั้งติดต่อกัน ไม่เกิน 1-3 กรัม

การคำนวน

ปริมาณไขมัน (ร้อยละ) = $100 \times \frac{\text{น้ำหนักไขมันหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$

1.3 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ใช้วิธีเจลดาล (A.O.A.C.,1990)

อุปกรณ์

1. ขวดย่อยโปรตีน (Kjeldahl flask) ขนาด 250-300 มล.
2. ชุดกลั่นโปรตีน (semi-microdistillation apparatus)
3. ขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มล. (Volumetric flask)
4. ขวดรูปชมพู่ขนาด 50 มล. (Erlenmeyer flask)
5. ปิเปต ขนาด 5 10 มล. (Volumetric pipett)
6. บิวเรต ขนาด 25 มล. (Bruett)
7. ลูกแก้ว
8. กระดาษกรอง

สารเคมี

1. กรดซัลฟุริกเข้มข้น
2. สารเร่งปฏิกิริยา ใช้คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$) 1 ส่วนต่อโปแตสเซียมซัลเฟต (k_2SO_4) 9 ส่วน
3. สารละลายของโซเดียมไฮดรอกไซด์ และโซเดียมไธโอซัลเฟต เข้มข้นร้อยละ 60 ชั่งสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 60 กรัม และโซเดียมไธโอซัลเฟต 5 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 100 มล.
4. สารละลายกรดบอร์ริกเข้มข้น ร้อยละ 4 ละลายกรดบอร์ริก 40 กรัม ด้วยน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 100 มล.
5. สารละลายกรดเกลือ เข้มข้น 0.02 นอร์มัล
6. อินดิเคเตอร์ใช้ fashiro indicator เตรียมเป็น stock solution (ชั่งเมทธิลลีนบูล (methylene blue) 0.2 กรัม ละลายในเอทธานอล (ethanol) 200 มล. และชั่งเมทธิลเรด

(methy red) 0.05 กรัม ละลายในเอทธานอล 50 มล.) เวลาใช้นำมาผสมในอัตราส่วน stock solution 1 ส่วน : เอทธานอล 1 ส่วน : น้ำกลั่น 2 ส่วน

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างอาหารบนกระดาษกรอง ให้ได้น้ำหนักแน่นอน ประมาณ 1-2 กรัม ห่อให้มิดชิด ใส่ลงในขวดย่อยโปรตีน

2. เติมสารเร่งปฏิกิริยา 5 กรัม และกรดซัลฟุริกเข้มข้น 20 มล.

3. ใส่ลูกแก้ว 2 เม็ด นำไปย่อยบนเตาไฟในตู้ควันจนกระทั่งได้สารละลายใสปล่อยทิ้งให้เย็น

4. เติมน้ำกลั่นร้อนลงไปล้างบริเวณคอขวดให้ทั่ว และให้ความร้อนต่อไปจนเกิดควันของกรดซัลฟุริก ปล่อยทิ้งให้เย็น

5. นำมาถ่ายลงในขวดปรับปริมาตร ขนาด 100 มล. ใช้น้ำกลั่นล้างขวดย่อยโปรตีน ให้หมดสารละลายตัวอย่าง แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 100 มล.

6. จัดอุปกรณ์กลั่น

7. นำขวดรูปชมพู่ขนาด 50 มล. เติมกรดบอร์ริกเข้มข้นร้อยละ 4 ลงไป 5 มล. ผสมน้ำกลั่น 5 มล. และเติมอินดิเคเตอร์เรียบร้อยแล้วไปรองรับของเหลวที่จะกลั่นโดยให้ส่วนปลายของอุปกรณ์ควบแน่นจุ่มลงในสารละลายกรดนี้

8. ดูดสารละลายตัวอย่างด้วยปิเปตขนาดความจุ 10 มล. ใส่ลงในช่องใส่ตัวอย่าง แล้วเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงไป 20 มล.

9. กลั่นประมาณ 10 นาที ล้างปลายอุปกรณ์ควบแน่นด้วยน้ำกลั่นลงในขวดรองรับ

10. ไตเตรตสารละลายที่กลั่นได้กับสารละลายกรดเกลือ ที่มีความเข้มข้น 0.02 นอร์มัล จะได้จุดยุติเป็นสีม่วง

11. ทำ bank ด้วยวิธีการเดียวกันตั้งแต่ข้อ 2-10

การคำนวน

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} = \frac{(a-b) \times N \times 14 \times \text{factor}}{W}$$

โดยที่ a = ปริมาณของสารละลายกรดเกลือที่ใช้เป็น มล.

b = ปริมาณของสารละลายกรดเกลือที่ใช้กับ blank เป็น มล.

N = ความเข้มข้นของสารละลายกรดเกลือเป็น นอร์มัล

W = น้ำหนักตัวอย่างเป็นกรัม

Factor = ตัวเลขที่เหมาะสม 6.25

(น้ำหนักกรัมสมมูลย์ของไนโตรเจน = 14.007)

1.4 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (A.O.A.C. 1990)

อุปกรณ์

1. เตาเผา (muffle furnace)
2. ถ้วยกระเบื้องเคลือบ (porcelain crucible)
3. โถดูดความชื้น
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด

วิธีการ

1. เผาถ้วยกระเบื้องเคลือบในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 3 ชั่วโมง ปิดสวิตช์เตาเผาแล้วรอประมาณ 30-45 นาที เพื่อให้อุณหภูมิภายในเตาเผาลดลงก่อน แล้วนำออกจากเตาเผาใส่ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนัก

2.เผาซ้ำอีกครั้งละประมาณ 30 นาที และกระทำเช่นข้อ 1 จนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้ง 2 ครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มก.

3. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 2 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบที่รู้น้ำหนักแน่นอนแล้ว นำไปเผาในตู้ควันจนหมดควัน แล้วจึงนำเข้าเตาเผาอุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส และกระทำเช่นเดียวกันกับข้อ 1-2

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)} = 100 \times \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

1.5 ค่า TBA No. (Egan , *et al* ., 1981)

อุปกรณ์

1. ชุดกลั่น
2. ลูกแก้ว
3.เตาไฟฟ้า
4. ปิเปต
5. หลอดทดสอบชนิดมีจุก
6. เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer)

สารเคมี

1. สารละลายกรดเกลือ 4 นอร์มัล
2.สารป้องกันการเกิดฟอง (antifoam liquid)
3.สารละลายกรดไธโอบาบิทูริก ละลาย 0.2883 กรัม ของกรดไธโอบาบิทูริก ลงในกรดอะซิติกเข้มข้น ร้อยละ 90

วิธีการ

1.แช่ตัวอย่างอาหาร 10 กรัม ด้วยน้ำกลั่น 50 มล. เป็นเวลา 2 นาที แล้วถ่ายลงในขวดกลั่นใช้น้ำ 47.5 มล. ล้างภาชนะที่ใส่ตัวอย่างแล้วเทลงขวด

2. เติม 2.5 มล. ของสารละลายกรดเกลือความเข้มข้น 4 นอร์มัล (pH ควรจะเป็น 1.5) แล้วเติมลูกแก้วและสารป้องกันการเกิดฟอง

3. กลั่นให้ได้ของเหลว 50 มล. ภายใน 10 นาที

4. ดูดสารที่กลั่นได้ 5 มล. ลงในหลอดทดสอบที่มีจุกปิด

5. เติม 5 มล. ของสารละลายกรดไธโอบาบิทูริก เขย่าและให้ความร้อนด้วยน้ำเดือดเป็นเวลา 35 นาที

6. ทำ blank โดยใช้วิธีเดียวกัน ใช้ 5 มล. ของน้ำกลั่นให้ความร้อน 35 นาที

7. นำตัวอย่างและ blank ที่เย็นแล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 532 นาโนเมตร

การคำนวณ

ค่าความหืน (มก. มาโลนอัลดีไฮด์/กก.ตัวอย่าง) = 7.8 x ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่หัก blank แล้ว

1.6 การวิเคราะห์ปริมาณไตรเมทธิลามีน (Hasegawa , 1987)

อุปกรณ์

1. จานระเหยแบบคอนเวย์ (conwey unit)
2. ไมโครบิวเรต (micro burett)
3. ปิเปตขนาด 1 , 10 มล.
4. ถ้วยบด
5. กระดาษกรอง

สารเคมี

1. วาสลีน (Vasaline)
2. สารละลายของวงแหวนชั้นใน (Inner ring) ละลาย 10 ก. ของกรดบอร์ริกในเอทธานอล ปริมาตร 200 มล.เติมอินดิเคเตอร์ 10 มล.แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนได้ 1,000 มล.
3. สารละลายอิ่มตัวของโปตัสเซียมคาร์บอเนต ละลายโปตัสเซียมคาร์บอเนต 60 ก. ในน้ำกลั่นปริมาตร 50 มล. นำไปต้มให้เดือดประมาณ 10 นาที ทำให้เย็นแล้วกรองผ่านกระดาษกรอง
4. สารละลายฟอมัลดีไฮล์ เข้มข้นร้อยละ10 ละลายแมกนีเซียมคาร์บอเนต 10 กรัม ในสารละลายฟอมัลดีไฮล์เข้มข้นร้อยละ35 ปริมาตร 100 มล. เขย่าให้เข้ากัน กรองผ่านกระดาษกรอง แล้วทำให้เจือจาง 3 เท่าด้วยน้ำ
5. สารละลายกรดเกลือเข้มข้น 0.02 นอร์มัล

วิธีการ

1. สกัดตัวอย่างอาหาร นำตัวอย่างอาหารทราบน้ำหนักแน่นอนประมาณ 2 ก. ใส่ในถ้วยบด เติมสารละลายกรดไตรคลอโรอะซิติกเข้มข้นร้อยละ 4 ปริมาตร 10 มล. บดให้ละเอียด ปล่อยทิ้งไว้ 30 นาที จากนั้นนำไปกรองด้วยกระดาษกรอง No. 41 สารละลายที่ได้หากไม่สามารถวิเคราะห์ได้ทันที นำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ - 20 องศาเซลเซียส

2.วิเคราะห์

2.1 ทาวาสลินที่ขอบจานคอนเวย์

2.2 ปิเปต 1 มล.ของสารละลายวงแหวนชั้นใน (Inner ring) ใส่ในขอบจานชั้นใน

2.3 ปิเปต 1 มล. ของสารละลายฟอร์มัลดีไฮล์เข้มข้นร้อยละ 10 ผสมกับตัวอย่าง 1 มล. ปิดฝาทันที แล้วค่อยๆเอียงหรือหมุนเบาๆ ให้สารละลายชั้นนอกผสมกัน

2.4 ดูดสารละลายอิ่มตัวของโปตัสเซียมคาร์บอเนต 1 มล.ลงในขอบจานชั้นนอกอีกด้าน ปิดฝาแล้วค่อยๆหมุนให้สารละลายตัวอย่างและสารละลายอิ่มตัวโปตัสเซียมคาร์บอเนตผสมกัน

2.5 ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

2.6 ไตเตรตสารละลายชั้นในด้วยสารละลายกรดเกลือความเข้มข้น 0.02 นอร์มัล จนกระทั่งได้จุดยุติสีม่วง

2.7 ทำ blank ด้วยวิธีการเดียวกันแต่ใช้สารละลายกรดไตรคลอโรอะซิติก ความเข้มข้นร้อยละ 4 ปริมาตร 1 มล. แทนสารละลายตัวอย่าง

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไตรเมธิลลามีน (มก./100ก.)} = \frac{(a-b) \times N \times 14 \times V \times 100}{W}$$

โดยที่ a = ปริมาณของสารละลายกรดเกลือที่ใช้เป็น มล.

b = ปริมาณของสารละลายกรดเกลือที่ใช้กับ blank เป็น มล.

N = ความเข้มข้นของสารละลายกรดเกลือเป็น นอร์มัล

V = ปริมาตรรวมของตัวอย่างและกรดไตรคลอโรอะซิติกที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่างเป็น มล.

W = น้ำหนักของตัวอย่างเป็น ก. (น้ำหนักกรัมสมมูลย์ของไนโตรเจน = 14.007)

1.7 การวิเคราห์ปริมาณฮีสตามีนโดยวิธี (A.O.A.C. , 1995)

อุปกรณ์

1.หลอดโครมาโตกราฟฟีขนาด 200x7 มม. ควบคุมอัตราการไหลให้มากกว่า 3 มล./นาที โดยใช้วาล์ว 2 ทาง

2. โฮโมจิไนเซอร์

3. โพโตฟลูออร์โรมิเตอร์

4. เรซินแลกเปลี่ยนไอออน (Dowex 1-X8, 500-100 mesh) เปลี่ยนเรซินให้อยู่ในรูปไฮดรอกซิลโดยเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 2 นอร์มอล 15 มล.ต่อเรซิน 1 กรัม กวนส่วนผสมแล้วทิ้งให้ตกตะกอนภายใน 30 นาที เทส่วนใสออก และทำซ้ำอีกครั้ง จากนั้นล้างเรซินด้วยน้ำจนหมดด่าง (ควรเตรียมเรซินใหม่ทุกสัปดาห์ และเก็บให้จมน้ำ) ใส่ใยแก้วอุดที่ฐานของหลอดโครมาโตกราฟฟี เติมเรซินให้มีความสูง 8 ซม. รักษาระดับน้ำให้อยู่เหนือเรซินตลอดเวลา ไม่ควรนำเรซินมาใช้ซ้ำ ถ้าจำเป็นต้องนำเรซินกลับมาใช้ใหม่ ควรล้างเรซินดังกล่าวในบีกเกอร์ และล้างคอลัมน์ด้วยน้ำกลั่น 10 มล. ก่อนใช้ทุกครั้ง

สารเคมี

1. กรดฟอสฟอริก เข้มข้น 3.57 นอร์มัล ใส่กรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 85 ปริมาตร 121.8 มล. ปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่น ส่วนกรดฟอสฟอริกที่ความเข้มข้น 3.57 นอร์มอล จำนวน 1 ลิตร เตรียมได้จาก 17493/(ความหนาแน่นกรดฟอสฟอริก x ร้อยละของกรดฟอสฟอริก) หาความเข้มข้นที่แน่นอน โดยใช้สารละลายกรด 5 มล.ไตเตรดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1.00 นอร์มัล โดยใช้ฟีนอบธาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ อาจปรับความเข้มข้นได้ถ้าจำเป็น

2. สารละลายออโธพลาลิกไดคาร์บอกซอลดีไฮด์ (OPT) เข้มข้นร้อยละ 0.1 ละลาย OPT 100 มก. ในเมทธานอล 100 มล. เก็บในขวดสีชาและแช่ในตู้เย็น ควรเตรียมใหม่ทุกสัปดาห์

3. สารละลายฮีสตามีนมาตรฐาน

3.1 สารละลายเข้มข้น (Stock solution) ความเข้มข้น 1,000 พีพีเอ็ม

ชั่งฮีสตามีน 0.1691 กรัม ละลายในกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้นร้อยละ 98 ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มล. แล้วปรับให้ได้ 1,000 พีพีเอ็มด้วยกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล (ควรเตรียมใหม่ทุกสัปดาห์)

3.2 สารละลายตัวกลาง (Intermediate solution) ความเข้มข้น 10 พีพีเอ็ม

ดูด Stock solution มา 1 มล. ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มล. ด้วยกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนกระทั่งมีความเข้มข้น 10 พีพีเอ็ม (ควรเตรียมใหม่ทุกสัปดาห์)

3.3 สารละลายเวอร์คกิ้ง (Working solution) ความเข้มข้น 0.1 0.2 และ 0.3 พีพีเอ็ม

ดูดสารละลายตัวกลาง (10 พีพีเอ็ม) มา 1 2 และ 3 มล. ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มล. ด้วยกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนได้ Working solution ความเข้มข้น 0.1 0.2 และ 0.3 พีพีเอ็ม ควรเตรียมใหม่ทุกสัปดาห์

4.กรดไฮโดรคลอริก 1 นอร์มัล ปิเปตกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 8.33 มล. ใส่ในขวดปรับปริมาตรที่มีน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 100 มล.

5.กรดไฮโดรคลอริก 0.1 นอร์มัล ปิเปตกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 8.33 มล. ใส่ในขวดปรับปริมาตรที่มีน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาณให้ได้ 1000 มล.

6.สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2 นอร์มอล ชั่ง 8 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มล.

7.สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 นอร์มอล ชั่ง 4 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มล.

8.เมทธานอล

วิธีการ

การสกัดฮีสตามีน

1. ชั่งตัวอย่าง 5 กรัม เติมเมทธานอล 25 มล. และผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่องโฮโมจิไนเซอร์เป็นเวลา 2 นาที

2. นำไปใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 50 มล. และล้างบีกเกอร์ที่ใส่ตัวอย่างด้วยเมทธานอลและเติมใส่ขวดรูปชมพู่

3. ให้ความร้อนที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

4. ทิ้งให้เย็นลงที่ 25 องศาเซลเซียส ปรับปริมาตรให้ได้ 50 มล. ด้วยเมทธานอล กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1

5. ดูดตัวอย่าง 1 มล. ลงใน คอลัมน์และเติมน้ำ 4-5 มล. ปล่อยให้ไหลผ่านคอลัมน์ (อัตราเร็วมากกว่า 3 มล.ต่อนาที)รองรับสารที่ผ่านคอลัมน์ด้วยขวดปรับปริมาตรขนาด 50 มล. ที่เติมกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1 นอร์มัล ปริมาตร 5 มล.

วิธีการวัดฮีสตามีน

นำตัวอย่าง 5 มล. ใส่ลงในขวดปรับปริมาตรขนาดรูปชมพู่ ขนาด 50 มล. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซม์ ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล ปริมาตร 10 มล. และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซม์ความเข้มข้น 1 นอร์มัล ปริมาตร 3 มล. ผสมให้เข้ากัน ภายในเวลา 5 นาที เติมสารละลาย OPT 1 มล. ผสมให้เข้ากัน อีก 4 นาทีต่อมาให้เติมกรดฟอสฟอริกเข้มข้น 3.57 นอร์มัล 3 มล. ผสมทันที แล้วนำไปวัดฟูออเรสเซน ภายในเวลา 1.5 ชั่วโมง โดยใช้ excitation wavelength ที่ 350 nm และ emission wavelength ที่ 444 nm

สำหรับสารละลายมาตรฐาน ให้นำ Working solution ทุกๆความเข้มข้น มา 5 มล. ใส่ลงในขวดปรับปริมาตร ขนาด 50 มล. เติมสารละลายไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล ลงไป 10 มล. ผสมให้เข้ากัน ทำเหมือนในตัวอย่าง

ทำ bank โดยใช้สารละลายไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล ปริมาตร 5 มล. แทนสารละลายฮีสตามีน และทำเหมือนในตัวอย่าง

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณฮีสตามีน (พีพีเอ็ม)} = \frac{D}{M} \times \frac{50}{5} \times \frac{50}{1} \times \frac{1}{W}$$

D = Fluorescenc intensity ของตัวอย่าง

M = ค่าเฉลี่ยของ Fluorescenc intensity ของสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้น 0.2 พีพีเอ็ม

$$M = \frac{A/1.5 + B + 2C}{3}$$

A = Fluorescence intensity ของสารละลายมาตรฐานความเข้มข้น 0.3 ppm

B = Fluorescence intensity ของสารละลายมาตรฐานความเข้มข้น 0.2 ppm

C = Fluorescence intensity ของสารละลายมาตรฐานความเข้มข้น 0.1 ppm

50/5 , 50/1 = dilution factor

W = น้ำหนักตัวอย่าง

ก2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ

2.1 การวัดความแข็งของแครกเกอร์ (Stable micro system,1995)

อุปกรณ์

1. เครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA - XT2
2. เครื่องคอมพิวเตอร์

วิธีการ

1. ติดตั้งเครื่องวัดเนื้อสัมผัสเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ ทำการเปิดเครื่องวัดเนื้อสัมผัสและคอมพิวเตอร์ที่ผ่านกระบวนการทำงานด้วยระบบปฏิบัติการ
2. ทำการคาริเบตแรงของเครื่องวัดเนื้อสัมผัสโดยใช้ลูกตุ้มหนัก 5 กิโลกรัม
3. ติดหัวเข็มรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มม. หรือเรียกว่าเข็ม P/2 และติดฐานวางตัวอย่างบนเครื่องวัดเนื้อสัมผัส ทำการคาริเบตหัวเข็ม
4. ตั้งสภาวะของเครื่องวัดเนื้อสัมผัสดังนี้

Mode : Measure Force in Compression

Option : Reture to Start

Pre-Test Speed : 2.0 mm. / s

Test Speed : 0.5 mm. / s

Post-Test Speed : 10.0 mm. / s

Distance : 110 %

Trigger Type : Auto 5 g

Data Acquisition Rate : 200 pps

5. วางตัวอย่างลงบนฐานวางตัวอย่าง และวัดความแข็งของตัวอย่าง (Run a Test) โดยให้หัวเข็มเจาะทะลุตรงกลางของแผ่นตัวอย่าง
6. ประมวลผลการวัดความแข็งที่วัดได้ โดยเลือกคำสั่งใน macro ดังนี้

Go to : Peak force

Drop Anchor

Go to : Specified Distance = 4 mm.

Drop Anchor

Process Data : Mean (between anchor)

โดยการวัดค่าแรงสูงสุดของกราฟที่หัวเข็มเริ่มเจาะทะลุด้านแรกของตัวอย่าง และกราฟสูงสุดก่อนเจาะทะลุชิ้นแครกเกอร์อีกด้าน นำค่าแรงทั้งสองหาค่าเฉลี่ย

2.2 การหาค่าความเหนียวของโด (Chen and Hoseney,1995)

อุปกรณ์

1. เครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA - XT2
2. เครื่องคอมพิวเตอร์

วิธีการ

1. ติดตั้งเครื่องวัดเนื้อสัมผัสกับเครื่องคอมพิวเตอร์ เปิดเครื่องวัดเนื้อสัมผัสและเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ผ่านกระบวนการทำงานด้วยระบบปฏิบัติการ
2. ทำการคาริเบตแรงของเครื่องวัดเนื้อสัมผัสโดยใช้ลูกตุ้มหนัก 5 กิโลกรัม
3. ติดหัวเข็มรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มม. หรือเรียกว่า เข็ม P/25 P เข้ากับเครื่องวัดเนื้อสัมผัส และทำการคาริเบตหัวเข็ม
4. ตั้งสภาวะของเครื่องวัดเนื้อสัมผัสดังนี้

Option : Adhesive Test

Pre-Test Speed : 2.0 mm./s

Test Speed : 2.0 mm./s

Post test Speed : 10.0 mm. /s

Distance : 4 mm.

Force : 40 g.

Time : 0.1s

Trigger Type : Auto - 5g.

Data Acquisition rate : 400 pps

5.การเตรียมตัวอย่างที่วัด โดยนำโดที่ได้ใส่ลงในภาชนะใส่โดแล้วปิดฝา ซึ่งที่ฝาจะมีรูเล็กๆ สำหรับให้โดไหลออกมา หมุนสกรูด้านล่างของภาชนะใส่โดเพื่อดันให้โดไหลออกมา ปาดโดที่ออกมาครั้งแรกด้วยพายพลาสติก หมุนสกรูภายในภาชนะของโดอีกครั้งโดยดันให้โดไหลออกมาสูง 1 มม. จากนั้นหมุนสกรูย้อนกลับเบาๆ เพื่อลดความดันและป้องกันไม่ให้โดไหลออกมาอีก ใช้แผ่นพลาสติกใสปิดโดไว้เพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำ ทิ้งไว้ 30 วินาทีเพื่อให้โดลดแรงเค้นจากการถูกดันตัวออกมา

6. นำแผ่นพลาสติกออก วัดความเหนียวของตัวอย่าง (Run a test) โดยให้หัวเข็มรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มม. แตะสัมผัสโด

7. ประมวลผลการวัดความเหนียวของโด โดยเลือกใช้คำสั่งใน macro ดังนี้

Go to : Selected force = 0.0 g and Drop Anchor

Go to : Maximum force

Process Data : Mark force

Go to : Selected force = 1.0 g. and Drop Anchor

Process data = Area and Distace

ทำการวัดค่าความเหนียวของโดโดยวัดค่าแรงจากจุดสูงสุดของกราฟ

2.3 การวัดค่าการยืดขยายของโด (Smewing,1995)

อุปกรณ์

1. เครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA - XT2

2. เครื่องคอมพิวเตอร์

วิธีการ

1. ติดตั้งเครื่องวัดเนื้อสัมผัสกับเครื่องคอมพิวเตอร์ เปิดเครื่องวัดเนื้อสัมผัสและคอมพิวเตอร์ ที่ผ่านกระบวนการทำงานด้วยระบบปฏิบัติการ

2. ทำการคาริเบตแรงของเครื่องวัดเนื้อสัมผัสโดยใช้ลูกตุ้มหนัก 5 กิโลกรัม

3. ติดหัวเข็มรูปตะขอ หรือเรียกว่า A/KIE และติดฐานสำหรับวัดตัวอย่าง เข้ากับเครื่องวัดเนื้อสัมผัส

4. ตั้งสภาวะของเครื่องวัดเนื้อสัมผัสดังนี้

Mode : Measure Force in Tension

Option : Return To Start

Pre-Test Speed = 2.0 mm./s

Test Speed = 3.3 mm./s

Post- Test Speed : 10.0 mm./s

Distance : 75 mm

Trigger Type : Auto - 5g

Data Acquistion Rate : 200 pps

5. การเตรียมตัวอย่าง

นำพิมพ์ซึ่งมีรูปร่างเป็นร่องๆ 2 ชิ้นประกบกันมาทาน้ำมันเพื่อป้องกันการเหนียวติดพิมพ์ของโด นำโดจำนวน 15 กรัม ใส่ลงในพิมพ์บีบให้พิมพ์แนบติดกัน นำโดที่ไหลออกจากด้านข้างทั้ง 2 ของพิมพ์ออก แล้วใช้มีดและที่จับ นำโดออกจากพิมพ์ พักโดไว้เพื่อให้เกิดการผ่อนคลายพร้อมทั้งป้องกันการสูญเสียน้ำของโดด้วย

6. ใช้พายพลาสติกนำโดมาวางบนฐานวางตัวอย่าง และวัดการยืดขยายของโด โดยให้หัวเข็มรูปตะขอดึงโดให้ขาดจากกัน

7. ประมวลผลการวัดการยืดขยายของโดที่วัดได้ โดยเลือกคำสั่งใน macro ดังนี้

Go To : minimium tine

Drop Anchor

Go To : Maximuim peak force

Mark force

โดยวัดระยะทางจากจุดแรกที่ดึงโดจนถึงจุดสุดท้ายที่โดขาดเป็นค่าความสามารถในการยืดขยาย และวัดแรงดึงสูงสุดที่ทำให้โดขาดเป็นค่าความต้านทานต่อการยืดขยาย

2.4 การวัดค่าความกรอบ (Katz and Labuza , 1981)

อุปกรณ์

1. เครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA-XT2

2. เครื่องคอมพิวเตอร์

วิธีการ

1. ติดตั้งเครื่องวัดเนื้อสัมผัสและเครื่องคอมพิวเตอร์ เปิดเครื่องวัดเนื้อสัมผัสและเครื่องคอมพิวเตอร์ ที่ผ่านกระบวนการทำงานด้วยระบบปฏิบัติการ

2. ทำการคาริเบตแรงของเครื่องวัดเนื้อสัมผัสโดยใช้ลูกตุ้มหนัก 5 กิโลกรัม

3. ติดหัวเข็มรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มม. หรือเรียกว่า เข็ม P/2 และติดฐานวางตัวอย่างบนเครื่องวัดเนื้อสัมผัส ทำการคาริเบตหัวเข็ม

4. ตั้งสภาวะของเครื่องวัดเนื้อสัมผัสดังนี้

Mode : Measure Force in Compression

Option : Return to Start

Pre- Test Speed = 2.0 mm./s

Test Speed = 0.5 mm./s

Post- Test Speed = 10.0 mm./s

Distance : 110 %

Trigger Type : Auto 5 g

Data Acauisition : 200 pps

5. วางตัวอย่างลงบนฐานวางตัวอย่าง และวัดความกรอบของตัวอย่าง (Run a test) โดยให้หัวเข็มเจาะทะลุตรงกลางของแผ่นตัวอย่าง

6. ประมวลผลการวัดความกรอบที่วัดได้ โดยเลือกคำสั่งใน macro ดังนี้

Go To : Minimium Time

Drop Anchor

Go To : Peak Fore positive

Drop Anchor

Gradient

วัดความกรอบจากความชันของกราฟ

2.5 วัดค่าการขยายตัวด้านหนา (Yu *et al* ., 1981)

อุปกรณ์

1. เวอร์เนียร์

วิธีการ

นำแครกเกอร์มาวัดความหนา 5 จุด คือ ที่บริเวณมุมของโดแครกเกอร์ทั้ง 4 ด้าน และตรงจุดกึ่งกลางอีก 1 จุด ค่าความหนาที่ได้นำมาเฉลี่ย จะได้ความหนาเฉลี่ยของโดแครกเกอร์ก่อนอบ นำโดแครกเกอร์ไปอบที่อุณหภูมิ 245-250 องศาเซลเซียส จนสุก และนำมาวัดความหนาเช่นเดียวกัน จะได้อัตราส่วนการขยายตัวด้านหนาดังสมการ

$$\text{อัตราส่วนการขยายตัวด้านหนา} = \frac{\text{ความหนาเฉลี่ยของโดแครกเกอร์ก่อนอบ}}{\text{ความหนาเฉลี่ยของแครกเกอร์หลังอบ}}$$

ก3 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางจุลินทรีย์

3.1 การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Viable Count) โดยวิธี pour plate (Speck , 1984)

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Plate count agar (PCA)
2. 0.85% normal saline solution

วิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่าง

1.1. ชั่งตัวอย่าง 10 กรัม ลงในถ้วยบดตัวอย่างที่ปลอดเชื้อ

1.2 เติม 0.85 % normal saline solution จำนวน 90 มล. แล้วปั่นด้วยความเร็วต่ำเป็นเวลา 1 นาที นำไปตั้งทิ้งในตู้เย็น 30 นาที

1.3 ทำการเจือจางให้เป็น 1:10 , 1:100 , 1:1,000 , 1:10,000 ตามลำดับโดยใช้ 0.85 % normal saline solution

2. การตรวจนับจุลินทรีย์

2.1 ดูดตัวอย่างจากข้อ 1.3 อย่างละ 1 มล. (ทำ 2 ซ้ำ) ลงในจานเพาะเชื้อ ที่ฆ่าเชื้อแล้ว

2.2 เททับด้วยอาหาร PCA (Plate count agar) ประมาณ 15 มล.

2.3 หมุนจานเพาะเชื้อเบาๆ แล้วตั้งทิ้งให้วุ้นแข็งตัวประมาณ 15 นาที

2.4 อบเพาะเชื้อที่ 35 องศาเซลเซียส ในลักษณะคว่ำจานเพาะเชื้อเป็นเวลา 48 ชั่วโมง

2.5 ตรวจนับจำนวนโคโลนีจากจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนประมาณ 30-300 โคลีนี รายงานผลเป็นจำนวนโคโลนีต่อกรัมตัวอย่าง (CFU/g)

CFU/g = Average no. of colonies x dilution factor

3.2 การวิเคราะห์ปริมาณรา โดยวิธี spread plate (Speck , 1984)

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Potato dextrose agar (PDA)

2. สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างอาหาร 10 กรัม ลงในถ้วยบดตัวอย่างที่ปลอดเชื้อ

2. เติมสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (phosphate buffer) จำนวน 90 มล. แล้วปั่นด้วยความเร็วต่ำเป็นเวลา 1 นาที นำไปตั้งทิ้งในตู้เย็น 30 นาที

3. ทำการเจือจางอาหารด้วยสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 9 มล. ให้มีระดับความเจือจางเป็น 1:10 1:100 1:1,000 ตามลำดับ

4. ปิเปตตัวอย่างอาหารจากระดับความเจือจาง 4 ระดับ ระดับละ 2 ซ้ำ ลงบนจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร PDA (Potato Dextrose Agar) จานละ 0.1 มล. ใช้แท่งแก้วงอที่ฆ่าเชื้อแล้วเกลี่ยจนผิวหน้าของอาหารแห้ง

5. บ่มที่อุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส) เวลา 72 ชั่วโมง

3.3 การวิเคราะห์ปริมาณ โคลิฟอร์ม (Speck , 1984)

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Lauryl sulphate tryptose broth (LST)
2. EC medium
3. Levine ' Eosin Methylene Blue Agar (EMB)
4. Lactose broth

วิธีการ

1.Presumptive test

ใช้ตัวอย่างที่เตรียมเช่นเดียวกับการหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (ข้อ 1.1-1.3) โดยใช้ปิเปตที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้วดูดตัวอย่างละ 1 มล. ใส่ในหลอดทดลองที่มี Lauryl sulphate tryptose broth (LST) พร้อม Durham tube ทำตัวอย่างละ 3 ความเจือจาง (1:10 1:100 1:1,000) ความเจือจางละ 3 หลอด อบเพาะเชื้อที่ 35-37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง ตรวจผลหลอดทดสอบที่เกิดแก๊ส ใน Durham tube

2. Cofirmes test

เลือกหลอดที่เกิดแก๊สมาทำ confirmed test โดยใช้เข็มเขี่ยที่ลนไฟฆ่าเชื้อแล้วจุ่มลงในหลอดที่เลือกไว้ แล้วเขี่ยลงในหลอดเลี้ยงเชื้อที่มี EC medium (E.C) พร้อม Durham tube บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ตรวจผลการวิเคราะห์ หลอดที่เกิดแก๊ส อ่านผลเป็น coliforms ในรูป Most Probable Number (MPN) จากตารางภาคผนวกที่

3. Complete test

เลือกหลอด EC ที่เกิดแก๊ส เขี่ยลงบนจานอาหาร Levine ' Eosin Methylene Blue (EMB) Agar บ่มที่ 35$\pm$0.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตรวจผลโคโลนีที่มีสีเขียวเหลือบมันที่มีสีเข้มตรงกลาง (Metallic sheen) โดยใช้เข็มเขี่ยเชื้อแยกเอาโคโลนีเขียวเหลือบมันในแต่ละจานเพาะเชื้อ ใส่ลงในหลอด Lactose broth ที่มี Durham tube บ่มที่ 50$\pm$5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง ตรวจผลการทดลองโดยสังเกตแก๊สที่เกิดขึ้นในหลอด Lactose

broth นำเชื้อไปทดสอบการสร้างอินโดล , MRVP และการใช้ citrate ซึ่งถ้าเป็น *E. coli.* จะให้ผลเป็น + + - - ตามลำดับ

3.4 การวิเคราะห์ ซาโมเนลลา (Speck , 1984)

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Lzctose Broth
2. Selenite Cysteine Broth (SCB)
3. Tetrathionate Brilliant Green Broth (TBGB)
4. Brilliant Green Agar
5. Brilliant Sulfite Agar
6. Triple Sugar Iron Agar
7. Lysine Iron Agar

วิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่าง (Pre-enrichment)

1.1 ชั่งตัวอย่าง 10 กรัม ใส่ลงในถ้วยบดตัวอย่างปลอดเชื้อ

1.2 เติม lactose broth จำนวน 90 มล. แล้วปั่นด้วยความเร็วต่ำ เป็นเวลา 1 นาที

1.3 อบเพาะเชื้อที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2. Selective enricment

2.1 เติม pre-enrichment culture ให้เข้ากัน แล้วดูดมา 1 มล. เติมลงใน TBGH 10 มล. และ SCB 10 มล. อย่างละหลอด

2.2 อบเพาะเชื้อในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 43±0.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3. การเพาะเชื้อใน selective agar

3.1 นำตัวอย่างจาก selective enrichment medium (2.2) มาเพาะลงบน BGA และ BSA plates

3.2 อบเพาะเชื้อที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3.3 ตรวจผลลักษณะโคโลนีที่เกิดขึ้นดัง

- อาหาร BGA : โคโลนีของ *Salmonella* คือ ไม่มีสี ใสหรือทึบ หรือมีสีชมพูแดง ในขณะที่อาหารมีสีชมพูหรือแดง

- อาหาร BSA: โคโลนีของ *Salmonella* จะมีสีน้ำตาลเข้มถึงดำ บางครั้งอาจมีโคโลนีสะท้อนแสง อาหารรอบๆโคโลนีมีสีน้ำตาล

4. การจำแนกและการทดสอบทางชีวเคมี

4.1 เลือกเฉพาะโคโลนีที่คาดว่าเป็น *Salmonella* จากอาหาร BGA และ BSA ถ่ายลงใน TSI และ LIA โดย streaking the slant และ stabbing the butt

4.2 อบเพาะเชื้อที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

4.3 ลักษณะเฉพาะของ *Salmonella* บนอาหาร TSI พบสีแดงที่ sant (สภาพเป็นด่าง) และพบสีเหลืองที่ butt (สภาพเป็นกรด) อาจจะมีการสร้าง H_2S ด้วยหรือไม่ก็ได้ (สังเกตสีดำของ butt) ลักษณะเฉพาะของ *Salmonella* บนอาหาร LIA จะพบเชื้อสามารถเจริญได้ทั้งบริเวณผิวและตามรอยที่แทงลูป อาหารจะมีสีม่วงทั่วหลอด ถ้ามีการสร้าง H_2S จะเห็นเป็นสีดำ

3.5 การวิเคราะห์ สตาฟิโลค็อกคัส ออเรียส (Speck , 1984)

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Baird Parker medium (BP)
2. Brain Heart Infusion broth (BHI)
3. Rabbit plasma

วิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่าง

ทำเช่นเดียวกับการหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (ข้อ 1.1 - 1.3)

2. การตรวจหา *S. aureus* (Spread plate method)

2.1 ดูดตัวอย่างจากข้อ 1.3 จากระดับความเจือจางที่เหมาะสม จำนวน 0.1 มล. ลงบน BP agar plate จำนวน 2 ซ้ำ

2.2 ใช้แท่งแก้วปราศจากเชื้อเกลี่ยตัวอย่าให้กระจายทั่วจาน

2.3 อบเพาะเชื้อที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

2.4 ตรวจสอบลักษณะโคโลนี เมื่อครบ 30 ชั่วโมง เลือกโคโลนีที่มีสีดำขอบขาว และวาวใสรอบโคโลนี มีบริเวณใส (clear zone) เลือกจานที่มีเชื้อเจริญ 30-300 โคโลนี

2.5 ทำเครื่องหมายตำแหน่งของโคโลนีที่มีลักษณะดังกล่าว แล้วนำจานอาหารไปบ่มต่ออีก 18 ชั่วโมง ให้นับโคโลนีที่มีสีดำแวว่ที่มีหรือไม่มีขอบขาวและไม่มีบริเวณใสด้วย

2.6 ถ่ายโคโลนีที่คาดว่าเป็น *S aureus* ลงใน BHI แล้วอบเพาะเชื้อที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2.7 ดูดตัวอย่างจาก 2.6 จำนวน 0.1 มล. ลงในหลอดทดสอบแล้วเติม rabbit plasma จำนวน 0.3 มล. (ใช้ sterile tube)

2.8 อบเพาะเชื้อที่ 35 องศาเซลเซียส แล้วตรวจผลการแข็งตัวของพลาสมาหลังจาก 4 ชั่วโมง ถ้าพลาสมายังไม่แข็งตัว ให้เก็บหลอดไว้ที่อุณหภูมิห้องแล้วตรวจผลอีกครั้ง เมท่อครบ 2 ชั่วโมง

3.6 การวิเคราะห์ คลอสตริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์ โดยวิธี spread plate (Speck , 1984)

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Tryptose sulfite cycloserine agar (TSC)

2. Clostridium welchii egg yolk agar (CWEY)

วิธีการ

1.การเตรียมตัวอย่าง

ทำเช่นเดียวกับการหาปริมาณรา (ข้อ 1-3)

2. การตรวจหา C. perfringens (Spread plate method)

2.1 ดูดตัวอย่างจากระดับความเจือจางต่างๆ จำนวน 0.1 มล. ระดับละ 2 ซ้ำ ลงบนจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร TSC

2.2 ใช้แท่งแก้วงอที่ฆ่าเชื้อแล้วเกลี่ยตัวอย่างให้กระจายทั่วจาน

2.3 อบเพาะเชื้อในสภาพที่ไม่มีอากาศที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2.4 ตรวจนับโคโลนีที่มีลักษณะโคโลนีสีดำ แสดงว่ามีปฏิกิริยาของ Lecithinase เลือกจานที่มีเชื้อเจริญ 30-300 โคโลนี

2.5 เกลี่ย antitoxin type A ของ *C. perfingen* 0.1 มล. ลงบนจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร CWEY ประมาณครึ่งจานเพาะเชื้อ

2.6 เขี่ยเชื้อที่คาดว่าเป็น *C. perfingen* ลากเชื้อผ่านจานเพาะเชื้อทั้ง 2 ด้าน อบเพาะเชื้อในสภาพไม่มีอากาศที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2.7 อาหาร CWEY ด้านที่มี antitoxin จะไม่เกิดปฏิกิริยาของ Lecithinase (positive)

2.8 คำนวณจำนวน *C. perfringens* ต่อกรัม

ภาคผนวก ข. แบบทดสอบชิมผลิตภัณฑ์และแบบสอบถามการสำรวจการยอมรับผลิตภัณฑ์

ภาคผนวก ข1 แบบทดสอบชิม แบบ พรรณาเชิงปริมาณ

ชื่อผู้ทดสอบ----------วันที่----------เวลา----------

คำอธิบาย กรุณาชิมตัวอย่างที่เสนอให้จากซ้ายไปขวา แล้วขีดเส้นตั้งฉากกับแกนแนวนอนของแต่ละปัจจัย พร้อมทั้งเขียนรหัสตัวอย่างกำกับตรงบริเวณที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด

สี

สีเหลือง สีน้ำตาล

กลิ่นคาวปลา

น้อย มาก

กลิ่นชิง

น้อย มาก

ความกรอบ

น้อย มาก

การแยกชั้นแผ่นประกบของโด

น้อย มาก

การยอมรับรวม

มาก น้อย

วิจารณ์และข้อเสนอแนะ----------

ภาคผนวก ข2 แบบสอบถามการสำรวจการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค

แบบสอบถาม

แบบสอบถามนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยของ น.ส.วิภาดา ชัยจะโปะ นักศึกษาปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีอาหาร จึงขอความร่วมมือจากท่านช่วยตอบแบบสอบถามข้อมูลทุกอย่างที่ท่านตอบมาจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับงานวิจัยครั้งนี้และจะไม่มีผลใดๆต่อผู้ตอบทั้งสิ้น ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือ

คำอธิบาย 1. อาหารว่างหรืออาหารขบเคี้ยว (snack food) หมายถึง อาหารที่รับประทานเล่นเป็นอาหารว่างระหว่างมื้อหรือรับประทานเป็นอาหารเบาๆเพื่อความเพลิดเพลิน ซึ่งสามารถรับประทานได้ทันทีโดยไม่ต้องปรุง ปกติอาหารว่างมักทำจากแป้ง

2.ผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่า เป็นผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบชนิดหนึ่ง ที่มีการพัฒนาขึ้นเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่มีโปรตีนสูง

คำแนะนำ กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ในวงเล็บ ( ) หน้าคำตอบที่ท่านเห็นว่าเหมาะสมที่สุดหรือกรอกข้อความหน้าช่องว่าง

ส่วนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ

( ) ชาย ( ) หญิง

2. อายุ

( ) ต่ำกว่า 15 ปี ( ) 15-20 ปี ( ) 21-25 ปี

( ) 26-30 ปี ( ) 31-35 ปี ( ) มากกว่า 35 ปี

3. อาชีพ

( ) นักเรียน ( ) นักศึกษา ( ) ข้าราชการ

( ) ลูกจ้าง ( ) อื่นๆ โปรดระบุ

4. รายได้ต่อเดือน

( ) ต่ำกว่า 2000 บาท ( ) 2001- 4000 บาท ( ) 4001- 6000 บาท

( ) 6001- 8000 บาท ( ) มากกว่า 8000 บาท

ส่วนที่2. ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภค

5. ท่านชอบรับประทานอาหารขบเคี้ยวหรือไม่

( ) ชอบ ( ) เฉยๆ ( ) ไม่ชอบ

6. ความถี่ในการรับประทานอาหารขบเคี้ยวของท่านต่อสัปดาห์

( ) น้อยกว่า 2 ครั้ง ( ) 2-4 ครั้ง

( ) 5-6 ครั้ง ( ) มากกว่า 6 ครั้ง

7. กรุณาเรียงอันดับความสำคัญของเหตุผลในการเลือกซื้ออาหารขบเคี้ยวของท่าน (1 = สำคัญที่สุด , 6 = ไม่สำคัญ)

( ) โฆษณาจูงใจ ( ) รสชาติ ( ) ราคา

( ) ภาชนะบรรจุ ( ) ความสะดวกในการซื้อ ( ) คุณค่าทางอาหาร

8.ท่านคิดว่าอาหารขบเคี้ยวที่ท่านรับประทานอยู่ในปัจจุบันมีคุณค่าทางอาหารอยู่ในระดับใด

( ) สูงมาก ( ) สูง ( ) ปานกลาง

( ) ต่ำ ( ) ต่ำมาก

9. ท่านคิดว่าอาหารขบเคี้ยวควรมีการเพิ่มคุณค่าทางอาหาร สารอาหารใดที่ท่านคิดว่าเหมาะสม

( ) โปรตีน ( ) ไขมัน ( ) วิตามินและเกลือแร่

ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์

10. กรุณาชิมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่เสนอให้และขีดเครื่องหมาย | ตัดกับเส้นแสดงปัจจัยคุณภาพที่กำหนดให้ ตรงบริเวณที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด

สี

เหลือง น้ำตาล

กลิ่นคาวปลา

น้อย มาก

กลิ่นชิง

น้อย น้อย

ความกรอบ

น้อย มาก

การแยกชั้นของแผ่นโดประกบ

น้อย มาก

11. ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์นี้เพียงใด โปรดระบุระดับการยอมรับ

ระดับการยอมรับ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด

กรุณาใส่เครื่องหมาย ✓

---

12. ถ้าผลิตภัณฑ์นี้วางขายในท้องตลาดในราคา 10 บาท น้ำหนักประมาณ 150 กรัม ท่านจะซื้อหรือไม่

( ) ซื้อ เพราะ.....

( ) ไม่ซื้อ เพราะ.....

ขอบพระคุณมากค่ะ

ตารางผนวก ข1. ข้อมูลประชากรศาตร์ทั่วไปของผู้บริโภคทั่วไปในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จำนวน 100 คน

ข้อมูล	ผู้บริโภคทั่วไป (ร้อยละ
เพศ	
ชาย	45
หญิง	55
อายุ	
ต่ำกว่า 15 ปี	-
15 - 20 ปี	31
21 - 25 ปี	46
26 - 30 ปี	12
31 - 35 ปี	6
มากกว่า 35 ปี	5
อาชีพ	
นักเรียน	11
นักศึกษา	62
ข้าราชการ	15
ลูกจ้าง	12
รายได้ต่อเดือน	
ต่ำกว่า 2,000 บาท	13
2,001 - 4,000 บาท	44
4,001 - 6,000 บาท	15
6,001 - 8,000 บาท	17
มากกว่า 8,000 บาท	11

ตารางผนวก ข2 ทัศนคติและพฤติกรรมการบริโภคอาหารขบเคี้ยวของผู้บริโภคทั่วไปภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จำนวน 100 คน

ข้อมูล	ผู้บริโภคทั่วไป (ร้อยละ)
ความชอบในการรับประทานอาหารขบเคี้ยว	
ชอบ	62
เฉยๆ	-
ไม่ชอบ	38
ความถี่ในการรับประทานอาหารขบเคี้ยวต่อสัปดาห์	
น้อยกว่า 2 ครั้ง	29
2 - 4 ครั้ง	47
5 - 6 ครั้ง	12
มากกว่า 6 ครั้ง	12
ความคิดของผู้บริโภคต่อระดับคุณค่าทางอาหารของอาหารขบเคี้ยวทั่วไป	
สูงมาก	-
สูง	3
ปานกลาง	64
ต่ำ	32
ต่ำมาก	1
สารอาหารที่ควรเพิ่มในอาหารขบเคี้ยว	
โปรตีน	66
ไขมัน	-
วิตามินและเกลือแร่	34

ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางผนวก ค1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำและเนยขาวต่อคุณภาพของแครกเกอร์พื้นฐาน

ปัจจัยคุณภาพ	SV	df	SS	MS	F
กลิ่นหอมแครกเกอร์	Treatment	8	7.86	0.98	50.23**
	Water (W)	2	3.89	1.95	99.55**
	Shortening (S)	2	1.59	0.80	40.71**
	W x S	4	2.37	0.59	30.32**
รอยแตกที่ผิวหน้า	Treatment	8	17.03	2.13	839.14**
	Water (W)	2	0.44	0.22	85.91**
	Shortening (S)	2	4.99	2.49	983.10**
	W x S	4	11.61	2.90	1143.77**
ความกรอบ	Treatment	8	10.25	1.28	62.62**
	Water (W)	2	6.09	3.04	148.80**
	Shortening (S)	2	2.36	1.18	57.58**
	W x S	4	1.80	0.45	22.06**
การแยกชั้นแผ่นประกบของโด	Treatment	8	10.64	1.33	63.35**
	Water (W)	2	8.82	4.41	210.12**
	Shortening (S)	2	0.76	0.38	18.12**
	W x S	4	1.06	0.26	12.62**
การยอมรับรวม	Treatment	8	9.86	1.23	67.43**
	Water (W)	2	7.12	3.56	194.79**
	Shortening (S)	2	1.45	0.73	39.80**
	W x S	4	1.28	0.32	17.57**

ตารางผนวก ค2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของปริมาณปลาทูน่าและเวลาการอบต่อคุณภาพแครกเกอร์ปลาทูน่า

ปัจจัยคุณภาพ	SV	df	SS	MS	F
สี	Treatment (T)	8	4.98	0.62	19.25**
	Baking time (B)	2	3.69	1.85	57.07**
	Tuna (T)	2	0.99	0.50	15.34**
กลิ่นคาวปลา	Treatment (T)	8	41.39	5.17	7.90**
	Baking time (B)	2	20.18	10.09	15.40**
	Tuna (T)	2	16.68	8.34	12.73**
	B x T	4	4.53	1.13	1.73ns
กลิ่นชิง	Treatment (T)	8	0.00	0.00	<1
	Baking time (B)	2	0.00	0.00	<1
	Tuna (T)	2	0.00	0.00	<1
	B x T	4	0.00	0.00	1.15ns
ความกรอบ	Treatment (T)	8	1.21	0.15	14.38**
	Baking time (B)	2	0.25	0.13	11.96**
	Tuna (T)	2	0.96	0.48	45.31**
	B x T	4	0.01	0.00	<1
การแยกชั้นแผ่นประกบของโด	Treatment (T)	8	2.52	0.31	37.68**
	Baking time (B)	2	0.04	0.02	2.10ns
	Tuna (T)	2	2.47	1.23	147.70**
	B x T	4	0.01	0.00	<1
การยอมรับรวม	Repication(R)	13	0.22	0.02	1.17ns
	Treatment (T)	8	3.95	0.49	34.08**
	Baking time (B)	2	0.63	0.31	21.64**
	Tuna (T)	2	3.23	1.61	111.44**
	B x T	4	0.09	0.02	1.61ns

ตารางผนวก ค3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน ค่าปริมาณความชื้น Aw และค่าทีบีเอ ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าที่เก็บรักษาในภาชนะ 2 ชนิด และอุณหภูมิ 2 แบบ ตั้งแต่วันที่ 0 ถึงวันที่ 90 ของการเก็บรักษา

ปัจจัยคุณภาพ	SV	df	SS	MS	F
ปริมาณความชื้น	Treatment	27	9.38	0.34	12.26**
	Temp (T)	1	0.77	0.77	27.24**
	Time (O)	6	6.77	1.13	39.78**
	Package (P)	1	0.09	0.09	3.09ns
	T x O	6	0.33	0.05	1.92ns
	T x P	1	0.62	0.62	21.82**
	O x P	6	0.31	0.05	1.80ns
	T x O x P	6	0.51	0.08	2.98*
Aw	Treatment	27	0.03	0.00	25.08**
	Temp (T)	1	0.00	0.00	106.88**
	Time (O)	6	0.02	0.00	78.87**
	Package (P)	1	0.00	0.00	<1
	T x O	6	0.00	0.00	8.22**
	T x P	1	0.00	0.00	<1
	O x P	6	0.00	0.00	5.36**
	T x O x P	6	0.00	0.00	2.54*
ค่าทีบีเอ	Treatment	27	3.67	0.14	11.46**
	Temp (T)	1	1.24	1.24	104.74**
	Time (O)	6	1.92	0.32	27.01**
	Package (P)	1	0.10	0.10	8.74**
	T x O	6	0.26	0.04	3.68**
	T x P	1	0.06	0.06	4.93*
	O x P	6	0.06	0.01	<1
	T x O x P	6	0.02	0.00	<1

ตารางผนวก ค4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน ความแข็ง และความกรอบ ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าที่เก็บรักษาในภาชนะ 2 ชนิดและอุณหภูมิ 2 แบบ ตั้งแต่วันที่ 0 ถึงวันที่ 90 ของการเก็บรักษา

ปัจจัยคุณภาพ	SV	df	SS	MS	F
ความแข็ง	Treatment	27	194.99	7.22	<1
	Temp (T)	1	28.86	28.86	1.88ns
	Time (O)	6	145.05	24.17	1.57ns
	Package (P)	1	0.01	0.01	<1
	T x O	6	19.34	3.22	<1
	T x P	1	0.08	0.08	<1
	O x P	6	1.24	0.20	<1
	T x O x P	6	0.39	0.06	<1
ความกรอบ	Treatment	27	294.42	10.90	<1
	Temp (T)	1	36.21	36.21	1.30ns
	Time (O)	6	236.66	39.44	1.42ns
	Package (P)	1	0.12	0.12	<1
	T x O	6	16.07	2.67	<1
	T x P	1	2.80	2.80	<1
	O x P	6	1.12	0.18	<1
	T x O x P	6	1.40	0.23	<1

ตารางผนวก ค5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน ทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าที่เก็บรักษาในภาชนะ 2 ชนิดและอุณหภูมิ 2 แบบ ตั้งแต่วันที่ 0 ถึงวันที่ 90 ของการเก็บรักษา

ปัจจัยคุณภาพ	SV	df	SS	MS	F
สีเหลือง	Treatment	27	56.23	2.08	1.36ns
	Temp (T)	1	3.82	3.82	2.49ns
	Time (O)	6	34.57	5.76	3.76**
	Package (P)	1	3.54	3.54	2.31ns
	T x O	6	9.46	1.58	1.03ns
	T x P	1	0.03	0.03	<1
	O x P	6	1.99	0.33	<1
	T x O x P	6	2.81	0.46	<1
กลิ่นผิดปกติ	Treatment	27	5.04	0.19	<1
	Temp (T)	1	0.10	0.10	<1
	Time (O)	6	4.53	0.76	3.80**
	Package (P)	1	0.00	0.00	<1
	T x O	6	0.12	0.02	<1
	T x P	1	0.08	0.08	<1
	O x P	6	0.01	0.00	<1
	T x O x P	6	0.18	0.03	<1
กลิ่นหืน	Treatment	27	37.70	1.40	2.15**
	Temp (T)	1	7.17	7.17	11.04**
	Time (O)	6	25.69	4.28	6.60**
	Package (P)	1	1.92	1.92	2.96ns
	T x O	6	2.16	0.36	<1
	T x P	1	0.00	0.00	<1
	O x P	6	0.67	0.11	<1
	T x O x P	6	0.08	0.01	<1

ตารางผนวก ค5 (ต่อ)

ปัจจัยคุณภาพ	SV	df	SS	MS	F
ความกรอบ	Treatment	27	16.32	0.60	<1
	Temp (T)	1	0.67	0.67	<1
	Time (O)	6	12.08	2.01	2.31*
	Package (P)	1	0.46	0.46	<1
	T x O	6	1.10	0.18	<1
	T x P	1	0.05	0.05	<1
	O x P	6	0.99	0.16	<1
	T x O x P	6	0.97	0.16	<1
การยอมรับรวม	Treatment	27	160.88	5.96	3.89**
	Temp (T)	1	7.33	7.33	4.78*
	Time (O)	6	142.94	23.82	15.55**
	Package (P)	1	1.12	1.12	<1
	T x O	6	7.49	1.25	<1
	T x P	1	0.00	0.00	<1
	O x P	6	1.72	0.29	<1
	T x O x P	6	0.27	0.04	<1

ตารางผนวก ค6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน ค่าสี L a b ผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าที่เก็บรักษาในภาชนะ 2 ชนิดและอุณหภูมิ 2 แบบ ตั้งแต่วันที่ 0 ถึงวันที่ 90 ของการเก็บรักษา

ปัจจัยคุณภาพ	SV	df	SS	MS	F
ค่าสี L	Treatment	27	85.62	3.17	1.75*
	Temp (T)	1	1.46	1.46	<1
	Time (O)	6	40.44	6.74	3.72**
	Package (P)	1	1.70	1.70	<1
	T x O	6	12.21	2.03	1.12ns
	T x P	1	10.38	10.38	5.72*
	O x P	6	12.23	2.04	
	T x O x P	6	7.19	1.20	
ค่า a	Treatment	27	4.50	0.17	<1
	Temp (T)	1	0.39	0.39	1.80ns
	Time (O)	6	3.04	0.51	2.35*
	Package (P)	1	0.02	0.02	<1
	T x O	6	0.50	0.08	<1
	T x P	1	0.08	0.08	<1
	O x P	6	0.22	0.04	<1
	T x O x P	6	0.24	0.04	<1
ค่า b	Treatment	27	23.23	0.86	1.62*
	Temp (T)	1	0.01	0.01	<1
	Time (O)	6	20.99	3.50	6.60**
	Package (P)	1	0.10	0.10	<1
	T x O	6	0.97	0.16	<1
	T x P	1	0.11	0.11	<1
	O x P	6	0.56	0.09	<1
	T x O x P	6	0.49	0.08	<1

ตารางผนวก ค7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่า ที่เก็บในภาชนะ 2 ชนิด และอุณหภูมิ 2 แบบ ตั้งแต่วันที่ 0 ถึงวันที่ 90 ของการเก็บรักษา

ปัจจัยคุณภาพ	SV	df	SS	MS	F
จุลินทรีย์ทั้งหมด	Treatment	27	2199.95	81.48	20.37**
	Temp (T)	1	195.05	195.05	48.76**
	Time (O)	6	1850.45	308.41	77.10**
	Package(P)	1	13.76	13.76	3.44ns
	T x O	6	118.45	19.74	4.94**
	T x P	1	0.19	0.19	<1
	O x P	6	14.74	2.46	<1
	T x O x P	6	7.31	1.22	<1

ภาคผนวก ง ตารางแสดงผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี กายภาพ และทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่า ระหว่างการเก็บรักษา

ตารางผนวก ง1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าที่เก็บรักษาตั้งแต่วันที่ 0 ถึงวันที่ 90 ของการเก็บรักษา

อุณหภูมิ/ระยะเวลา (วัน)		ภาชนะบรรจุ	
		ถุงพลาสติก	กระป๋อง
อุณหภูมิห้อง	0	0.79 ±0.25e,ns	0.79 ±0.25c,ns
	15	0.89 ±0.03e,ns	0.98 ±0.01bc,ns
	30	1.28 ±0.03d,ns	1.18 ±0.03ab,ns
	45	1.44 ±0.08cd,ns	1.19 ±0.11ab,ns
	60	1.61 ±0.14bc,**	1.20 ±0.01ab,**
	75	18.32 ±0.42ab,**	1.32 ±0.09a,**
	90	1.93 ±0.03a,**	1.45 ±0.10a,**
4 องศาเซลเซียส	0	0.79 ±0.25b,ns	0.79 ±0.25b,ns
	15	0.79 ±0.57b,ns	0.87 ±0.09b,ns
	30	0.85±0.10b,ns	0.90 ±0.05b,ns
	45	0.91 ±0.10b,ns	0.98 ±0.01b,ns
	60	0.92 ±0.10b,**	1.43 ±0.02a,**
	75	1.45 ±0.06a,ns	1.46 ±0.09a,ns
	90	1.51 ±0.02a,ns	1.54 ±0.30a,ns

หมายเหตุ ตัวอักษร a,b,..f ที่เหมือนกันในอุณหภูมิเดียวกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแนวนอนเดียวกัน ($P>0.05$)

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$)

ตารางผนวก ง2 การเปลี่ยนแปลงค่า Aw ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าที่เก็บรักษา ตั้งแต่วันที่ 0 ถึงวันที่ 90 ของการเก็บรักษา

อุณหภูมิ/ระยะเวลา (วัน)		ภาชนะบรรจุ	
		ถุงพลาสติก	กระป๋อง
อุณหภูมิห้อง	0	0.06 ±0.03d,ns	0.06 ±0.03c,ns
	15	0.06 d,±0.01ns	0.07 ±0.04bc,ns
	30	0.08 ±0.02c,ns	0.07 ±0.04b,ns
	45	0.08 ±0.02c,ns	0.08 b ±0.02b,ns
	60	0.08 ±0.01c,**	0.11 ±0.01a,**
	75	0.11 ±0.03b,ns	0.11 ±0.02a,ns
	90	0.12 ±0.01,a**	0.11 ±0.02a,**
4 องศาเซลเซียส	0	0.06 ±0.03b,ns	0.06 ±0.03c,ns
	15	0.06 b,±0.02ns	0.06 ±0.04c,ns
	30	0.07 ±0.01b,ns	0.06 ±0.01c,ns
	45	0.07 ±0.01b,ns	0.07 ±0.02b,ns
	60	0.07 ±0.03b,*	0.08 ±0.02ab,*
	75	0.08 ±0.04a,ns	0.08 ±0.03ab,ns
	90	0.09 ±0.01a,ns	0.09 ±0.04a,ns

หมายเหตุ ตัวอักษร a,b,..f ที่เหมือนกันในอุณหภูมิเดียวกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแนวนอนเดียวกัน ($P>0.05$)

* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.05$)

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$)

ตารางผนวก ง3 การเปลี่ยนแปลงค่า ทีบีเอ ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าที่เก็บรักษา ตั้งแต่วันที่ 0 ถึงวันที่ 90 ของการเก็บรักษา

อุณหภูมิ/ระยะเวลา (วัน)		ภาชนะบรรจุ	
		ถุงพลาสติก	กระป๋อง
อุณหภูมิห้อง	0	0.83 ±0.02d,ns	0.83 ±0.02d,ns
	15	0.98 ±0.40cd,ns	1.06 ±0.12c,ns
	30	1.06 ±0.09c,*	1.29 ±0.03b,ns
	45	1.12 ±0.15bc,ns	1.28 ±0.11b,ns
	60	1.26 ±0.04ab,ns	1.31 ±0.20b,ns
	75	1.29 ±0.07ab,ns	1.41 ±0.24ab,ns
	90	1.37 ±0.10a,*	1.59 ±0.02a,*
4 องศาเซลเซียส	0	0.83 ±0.02b,ns	0.83 ±0.02b,ns
	15	0.84 ±0.05b,ns	0.84 ±0.11b,ns
	30	0.89 ±0.02b,ns	0.93 ±0.13b,ns
	45	0.93 ±0.17b,ns	0.92 ±0.11b,ns
	60	0.95 ±0.14b,ns	0.95 ±0.08b,ns
	75	0.98 ±0.02ab,ns	1.01 ±0.15b,ns
	90	1.14 ±0.09a,ns	1.23 ±0.05b,ns

หมายเหตุ ตัวอักษร a,b,..f ที่เหมือนกันในอุณหภูมิเดียวกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแนวนอนเดียวกัน ($P>0.05$)

* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.05$)

ตารางผนวก ง4 การเปลี่ยนแปลงค่าความแข็ง ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าที่เก็บรักษา ตั้งแต่วันที่ 0 ถึงวันที่ 90 ของการเก็บรักษา

อุณหภูมิ/ระยะเวลา (วัน)		ภาชนะบรรจุ	
		ถุงพลาสติก	กระป๋อง
อุณหภูมิห้อง	0	12.35 ±3.62a,ns	12.35 ±3.62a,ns
	15	12.35 ±3.11a,ns	12.24 ±2.88a,ns
	30	12.13 ±3.89a,ns	12.06 ±3.94a,ns
	45	11.78 ±2.54a,ns	11.84 ±3.59a,ns
	60	11.40 ±3.71a,ns	11.52 ±3.77a,ns
	75	10.91 ±4.69a,ns	11.00 ±3.47a,ns
	90	10.26 ±4.20a,ns	10.40 ±4.59a,ns
4 องศาเซลเซียส	0	12.35 ±3.62a,ns	12.35 ±3.62a,ns
	15	12.42 ±2.76a,ns	12.42 ±4.69a,ns
	30	12.32 ±4.38a,ns	12.20 ±2.46a,ns
	45	12.12 ±4.74a,ns	12.05 ±3.83a,ns
	60	11.92 ±3.09a,ns	12.10 ±4.39a,ns
	75	11.78 ±5.05a,ns	11.75 ±4.62a,ns
	90	11.43 ±4.69a,ns	11.53 ±3.91a,ns

หมายเหตุ ตัวอักษร a,b,..f ที่เหมือนกันในอุณหภูมิเดียวกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแนวนอนเดียวกัน ($P>0.05$)

ตารางผนวก ง5 การเปลี่ยนแปลงค่าความกรอบ ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าที่เก็บรักษาตั้งแต่วันที่ 0 ถึงวันที่ 90 ของการเก็บรักษา

อุณหภูมิ/ระยะเวลา (วัน)		ภาชนะบรรจุ	
		ถุงพลาสติก	กระป๋อง
อุณหภูมิห้อง	0	12.91 ±4.99a,ns	12.91 ±4.99a,ns
	15	12.43 ±6.32a,ns	12.50 ±4.93a,ns
	30	12.03 ±4.18a,ns	11.91 ±4.54a,ns
	45	11.58 ±4.18a,ns	11.84 ±5.74a,ns
	60	11.26 ±3.63a,ns	11.46 ±4.94a,ns
	75	10.81 ±4.76a,ns	11.04 ±4.13a,ns
	90	10.11 ±3.83a,ns	10.59 ±5.89a,ns
4 องศาเซลเซียส	0	12.91 ±4.99a,ns	12.91 ±4.99a,ns
	15	12.78 ±6.52a,ns	12.75 ±6.21a,ns
	30	12.46 ±6.38a,ns	12.30 ±3.55a,ns
	45	12.13 ±5.16a,ns	12.02 ±4.20a,ns
	60	11.90 ±4.25 a,ns	11.62 ±5.27a,ns
	75	11.79 ±4.80a, ns	11.76 ±5.60a,ns
	90	11.57 ±6.47 a,ns	11.41 ±5.50a,ns

หมายเหตุ ตัวอักษร a,b,..f ที่เหมือนกันในอุณหภูมิเดียวกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแนวนอนเดียวกัน ($P>0.05$)

ตารางผนวก ง6 การเปลี่ยนแปลง ค่าL ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าที่เก็บรักษา ตั้งแต่วันที่ 0 ถึงวันที่ 90 ของการเก็บรักษา

อุณหภูมิ/ระยะเวลา (วัน)		ภาชนะบรรจุ	
		ถุงพลาสติก	กระป๋อง
อุณหภูมิห้อง	0	65.54 ±1.49c,ns	65.54 ±1.49ab,ns
	15	65.38 ±1.47c,ns	65.04 ±1.16b,ns
	30	66.24 ±1.57bc,ns	65.69 ±1.29ab,ns
	45	65.51 ±1.49c,ns	65.91 ±1.47ab,ns
	60	67.90 ±1.39a,**	65.91 ±0.95ab,**
	75	66.48 ±1.68bc,ns	65.49 ±1.15ab,ns
	90	66.90 ±1.58ab,ns	66.58 ±1.39a,ns
4 องศาเซลเซียส	0	65.54 ±1.49a,ns	65.54 ±1.49a,ns
	15	65.27 ±1.00a,ns	65.80 ±0.88a,ns
	30	65.74 ±1.05a,ns	66.13 ±1.29a,ns
	45	65.59 ±1.02a,ns	65.82 ±1.47a,ns
	60	66.13 ±0.92a,ns	66.20 ±1.22a,ns
	75	66.21 ±1.07a,ns	66.03 ±1.12a,ns
	90	65.77 ±1.07a,ns	66.07 ±1.19a,ns

หมายเหตุ ตัวอักษร a,b,..f ที่เหมือนกันในอุณหภูมิเดียวกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

ns ในแนวนอนเดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในแนวนอนเดียวกัน ($P<0.05$)

ตารางผนวก ง7 การเปลี่ยนแปลง ค่าa ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าที่เก็บรักษา ตั้งแต่วันที่ 0 ถึงวันที่ 90 ของการเก็บรักษา

อุณหภูมิ/ระยะเวลา (วัน)		ภาชนะบรรจุ	
		ถุงพลาสติก	กระป๋อง
อุณหภูมิห้อง	0	2.77 ±0.54a,ns	2.77 ±0.54a,ns
	15	2.67 ±0.55a,ns	2.65 ±0.36a,ns
	30	2.61 ±0.49a,ns	2.54 ±0.38a,ns
	45	2.55 ±0.55a,ns	2.38 ±0.44a,ns
	60	2.52 ±0.54a,ns	2.45±0.39a,ns
	75	2.46 ±0.49a,ns	2.46 ±0.34a,ns
	90	2.36 ±0.49a,ns	2.31 ±0.40a,ns
4 องศาเซลเซียส	0	2.77 ±0.54a,ns	2.77 ±0.54a,ns
	15	2.65 ±0.49a,ns	2.57 ±0.69a,ns
	30	2.57 ±0.32a,ns	2.64 ±0.54a,ns
	45	2.68 ±0.31a,ns	2.68 ±0.54a,ns
	60	2.49 ±0.31a,ns	2.69 ±0.59a,ns
	75	2.49 ±0.29a,ns	2.56 ±0.50a,ns
	90	2.56 ±0.31a,ns	2.42±0.30 a,ns

หมายเหตุ ตัวอักษร a,b,..f ที่เหมือนกันในอุณหภูมิเดียวกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

ns ในแนวนอนเดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

ตารางผนวก ง8 การเปลี่ยนแปลง ค่าb ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าที่เก็บรักษา ตั้งแต่วันที่ 0 ถึงวันที่ 90 ของการเก็บรักษา

ระยะเวลา (วัน)/อุณหภูมิการเก็บ		ภาชนะบรรจุ	
		ถุงพลาสติก	กระป๋อง
อุณหภูมิห้อง	0	18.48 ±0.48a,ns	18.48 ±0.48a,ns
	15	18.03 ±0.46ab,ns	18.10 ±034ab,ns
	30	18.18 ±0.48ab,ns	18.09±0.33ab,ns
	45	17.75 ±0.49b,ns	17.87 ±0.36ab,ns
	60	18.19 ±0.68ab,ns	17.93 ±0.37ab,ns
	75	17.58 ±0.55b,ns	17.68 ±0.34b,ns
	90	17.51 ±0.51b,ns	17.54 ±0.43b,ns
4 องศาเซลเซียส	0	18.48 a±0.48,ns	18.48 ±0.48a,ns
	15	17.88 ±0.54ab,ns	18.15 ±0.72ab,ns
	30	17.93 ±0.50ab,ns	18.20 ±0.65ab,ns
	45	17.95 ±0.59ab,ns	17.99 ±0.64ab,ns
	60	17.87 ±0.49 ab,ns	17.86 ±0.72ab,ns
	75	17.76 ±0.45 ab,ns	17.78 ±0.63ab,ns
	90	17.62 ±0.51b,ns	17.57 ±0.31b,ns

หมายเหตุ ตัวอักษร a,b,..f ที่เหมือนกันในอุณหภูมิเดียวกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

ns ในแนวนอนเดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

ตารางผนวก ง9 การเปลี่ยนแปลงค่าสีทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าที่เก็บรักษา ตั้งแต่วันที่ 0 ถึงวันที่ 90 ของการเก็บรักษา

อุณหภูมิ/ระยะเวลา (วัน)		ภาชนะบรรจุ	
		ถุงพลาสติก	กระป๋อง
อุณหภูมิห้อง	0	3.26 ±1.68b,ns	3.26 ±1.68b,ns
	15	3.88 ±0.82ab,ns	4.17 ±1.29ab,ns
	30	3.85 ±1.25ab,ns	3.97 ±1.26ab,ns
	45	4.58 ±1.13a,ns	4.30 ±0.99ab,ns
	60	4.03 ±1.29ab,ns	4.59 ±0.65a,ns
	75	3.33 ±0.44b,ns	4.06 ±0.92ab,ns
	90	3.37 ±1.34b,ns	3.67 ±0.84ab,ns
4 องศาเซลเซียส	0	3.26 ±1.68a,ns	3.26 ±1.68b,ns
	15	3.75 ±1.18a,ns	4.04 ±1.30ab,ns
	30	4.27 ±1.64a,ns	4.17±0.99ab,ns
	45	3.99 ±0.78a,ns	4.53 ±1.43a,ns
	60	4.39 ±1.17a,ns	4.69 ±1.76a,ns
	75	4.06 ±0.93a,ns	4.20 ±1.06ab,ns
	90	4.36 ±1.42a,ns	4.62 ±1.73a,ns

หมายเหตุ ตัวอักษร a,b,..f ที่เหมือนกันในอุณหภูมิเดียวกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแนวนอนเดียวกัน (P>0.05)

ตารางผนวก ง10 การเปลี่ยนแปลงค่ากลิ่นผิดปกติทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าที่เก็บรักษา ตั้งแต่วันที่ 0 ถึงวันที่ 90 ของการเก็บรักษา

อุณหภูมิ/ระยะเวลา (วัน)		ภาชนะบรรจุ	
		ถุงพลาสติก	กระป๋อง
อุณหภูมิห้อง	0	0.26 ±0.18a,ns	0.26 ±0.18a,ns
	15	0.34 ±0.35a,ns	0.36 ±0.26a,ns
	30	0.31 ±0.53a,ns	0.45 ±0.34a,ns
	45	0.49 ±0.81a,ns	0.50 ±0.34a,ns
	60	0.59 ±1.23a,ns	0.61 ±0.59a,ns
	75	0.61 ±1.55a,ns	0.63 ±0.39a,ns
	90	0.63 ±1.15a,ns	0.67 ±0.78a,ns
4 องศาเซลเซียส	0	0.26 ±0.18a,ns	0.26 ±0.18a,ns
	15	0.28 ±0.35a,ns	0.30 ±0.20a,ns
	30	0.50 ±1.14a,ns	0.34 ±0.27a,ns
	45	0.48 ±0.28a,ns	0.43 ±0.27a,ns
	60	0.53 ±0.52a,ns	0.55 ±0.49a,ns
	75	0.57 ±0.75a,ns	0.57 ±0.61a,ns
	90	0.58 ±0.35a,ns	0.52±0.61 a,ns

หมายเหตุ ตัวอักษร a,b,..f ที่เหมือนกันในอุณหภูมิเดียวกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแนวนอนเดียวกัน (P>0.05)

ตารางผนวก ง11 การเปลี่ยนแปลงค่ากลิ่นหืนทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทู น่าที่เก็บรักษา ตั้งแต่วันที่ 0 ถึงวันที่ 90 ของการเก็บรักษา

อุณหภูมิ/ระยะเวลา (วัน)		ภาชนะบรรจุ	
		ถุงพลาสติก	กระป๋อง
อุณหภูมิห้อง	0	0.2 ±0.18b,ns	0.20 c±0.18,ns
	15	0.39 ±0.35b,ns	0.51 ±0.81bc,ns
	30	0.61 ±0.53ab,ns	0.77 ±0.71bc,ns
	45	0.71 ±0.78ab,ns	0.92 ±0.65abc,ns
	60	0.91 ±1.23ab,ns	1.11 ±0.93ab,ns
	75	1.00 ±1.54ab,ns	1.21 ±1.63ab,ns
	90	1.30 ±1.15a,ns	1.57±1.64a,ns
4 องศาเซลเซียส	0	0.20 ±0.18a,ns	0.20 ±0.18a,ns
	15	0.29 ±0.33a,ns	0.28 ±0.24a,ns
	30	0.30 ±0.29a,ns	0.41 ±0.31a,ns
	45	0.32 ±0.22a,ns	0.52 ±0.42a,ns
	60	0.46 ±0.30a,ns	0.74 ±0.92a,ns
	75	0.62 ±0.69a,ns	0.91 ±1.02a,ns
	90	0.70 ±0.61a,ns	0.98 ±1.46a,ns

หมายเหตุ ตัวอักษร a,b,..f ที่เหมือนกันในอุณหภูมิเดียวกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแนวนอนเดียวกัน ($P>0.05$)

ตารางผนวก ง12 การเปลี่ยนแปลงค่าความกรอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าที่เก็บรักษา ตั้งแต่วันที่ 0 ถึงวันที่ 90 ของการเก็บรักษา

อุณหภูมิ/ระยะเวลา (วัน)		ภาชนะบรรจุ	
		ถุงพลาสติก	กระป๋อง
อุณหภูมิห้อง	0	7.98 ±1.22a,ns	7.98 ±1.22a,ns
	15	7.65 ±1.09ab,ns	7.49 ±1.34a,ns
	30	7.84 ±0.99ab,ns	7.58 ±0.92a,ns
	45	7.81 ±1.16ab,ns	7.43 ±0.89a,ns
	60	7.59 ±1.01ab,ns	7.78 ±0.75a,ns
	75	7.72 ±0.77ab,ns	7.43 ±0.61a,ns
	90	7.00 ±1.04b,ns	7.15 ±0.94a,ns
4 องศาเซลเซียส	0	7.98 ±1.22a,ns	7.98 ±1.22a,ns
	15	7.69 ±0.98a,ns	7.81 ±1.48a,ns
	30	7.88 ±0.65a,ns	7.87 ±0.62a,ns
	45	7.79 ±0.77a,ns	7.55 ±0.98a,ns
	60	7.70 ±0.78a,ns	7.50 ±1.12a,ns
	75	7.64 ±0.94a,ns	7.61 ±1.01a,ns
	90	7.41 ±0.82a,ns	7.39 ±0.94a,ns

หมายเหตุ ตัวอักษร a,b,..f ที่เหมือนกันในอุณหภูมิเดียวกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแนวนอนเดียวกัน ($P>0.05$)

ตารางผนวก ง13 การเปลี่ยนแปลงค่าการยอมรับรวมทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาทูน่าที่เก็บรักษา ตั้งแต่วันที่ 0 ถึงวันที่ 90 ของการเก็บรักษา

อุณหภูมิ/ระยะเวลา (วัน)		ภาชนะบรรจุ	
		ถุงพลาสติก	กระป๋อง
อุณหภูมิห้อง	0	8.26 ±0.80a,ns	8.26 ±0.80a,ns
	15	7.87 ±0.65a,ns	7.91 ±1.10a,ns
	30	7.57 ±1.08ab,ns	7.63 ±1.06a,ns
	45	6.77 ±1.26bc,ns	6.45 ±1.52b,ns
	60	6.75 ±1.02bc,ns	6.35 ±1.34b,ns
	75	6.30 ±1.87c,ns	6.22±2.27 b,ns
	90	5.89 ±1.15c,ns	5.66 ±1.74b,ns
4 องศาเซลเซียส	0	8.26 ±0.80a,ns	8.26 ±0.80a,ns
	15	7.83 ±0.57ab,ns	7.77 ±1.21ab,ns
	30	7.52 ±1.13ab,ns	7.73 ±1.06ab,ns
	45	7.50 a±1.32b,ns	7.24 ±0.84abc,ns
	60	7.04 ±1.06b,ns	6.81 ±0.85bc,ns
	75	6.86 ±1.64b,ns	6.57 ±1.76bc,ns
	90	6.62 ±1.25b,ns	6.41 ±1.23c,ns

หมายเหตุ ตัวอักษร a,b,..f ที่เหมือนกันในอุณหภูมิเดียวกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

ns ในแนวนอนเดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาววิภาดา ชัยจะโปะ
วันเดือนปีเกิด	23 พฤศจิกายน 2512

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา