รายงานวิจัย

การใช้โปรตีนจากถั่วเหลืองเพื่อทดแทนเนื้อปลา ในการผลิตลูกชิ้นปลา

Substitution of Fish meat with Real Soya in Fish ball

โดย

สุแพรวพันธ์ โลหะลักษณาเดช

ภาควิชาอุตสาหกรรมประมง

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง

สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

พ.ศ. 2546

รอ.

035

รายงานวิจัย

การใช้โปรตีนจากถั่วเหลืองเพื่อทดแทนเนื้อปลา ในการผลิตลูกชิ้นปลา

Substitution of Fish meat with Real Soya in Fish ball

โดย

สุแพรวพันธ์ โลหะลักษณาเดช

ห้องสมุด
มทร.ศรีวิชัย วข.ตรัง

ภาควิชาอุตสาหกรรมประมง

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง

สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

พ.ศ. 2546

บทคัดย่อ

จากการใช้โปรตีนจากแป้งถั่วเหลืองเพื่อทดแทนเนื้อปลาซึ่งมีส่วนผสมคงที่ คือ เกลือป่น พริกไทย โพลีฟอสเฟต น้ำแข็ง และกระเทียม ในปริมาณร้อยละ 3 0.5 0.3 5 และ 0.4 ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนส่วนของเนื้อปลาในปริมาณร้อยละ 0 3 6 และ 9 ของเนื้อปลา ได้ศึกษาปริมาณแป้งถั่วเหลืองที่เหมาะสมต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้การยอมรับปริมาณแป้งถั่วเหลืองที่ร้อยละ 6 ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 และ 4 องศาเซลเซียส แยกเก็บในสภาวะสุญญากาศและสภาวะปกติ ในสภาวะสุญญากาศเก็บในอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เก็บไว้ได้นาน 12 วัน ในสภาวะปกติเก็บในอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เก็บไว้ได้นาน 10 วัน และในสภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เก็บได้นาน 8 วัน ในสภาวะปกติเก็บในอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เก็บไว้ได้นาน 8 วัน คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาที่ทดแทนเนื้อปลาด้วยแป้งถั่วเหลือง คือ โปรตีน ไขมัน ความชื้น เถ้า ของลูกชิ้นปลาที่ผสมแป้งถั่วเหลืองในปริมาณร้อยละ 6 มีปริมาณ 12.32 2.27 76.25 และ 2.32 ตามลำดับ

ABSTRACT

Study on substitution of fish meat with Real Soya in fishball Product , that production had formular fishmeat, salt, pepper, polyphosphate, ice and garlic were 100 3 0.5 0.3 5 and 0.4 percentage. The substitution of fish meat with Real soya were 0 3 6 and 9 percentage. The Consumer acept substitution of fish meat with Real Siya in fishball was Real soya 6%. The storage at temperature 0° C and 4°C refrigerator temperature. The storage was kept on vacuum and normal atmosphere , founded that vacuum packing and kept at 0°C can storage for 12 day , normal atmosphere packing and kept at 0°C can storage for 10 day, vacuum packing and kept at 4°C can storage for 8 day and normal atmosphere packing and kept at 4°C can storage for 8 day.

The chemical quality of substitution of fish meat with Real Soya in fishball, Protein , lipid , moisture and ash was 12.32, 2.27, 76.25 and 2.32 percentage respectively.

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ตรวจเอกสาร	3
วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี	17
ผลและวิจารณ์การทดลอง	22
สรุปผลการทดลอง	32
เอกสารอ้างอิง	33
ภาคผนวก	36

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

สารบาญรูป

รูปที่		หน้า
1.	ขั้นตอนการทำแป้งถั่วเหลืองที่มีไขมันเต็มโดยสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	7
2.	คะแนนการยอมรับของผู้ทดสอบชิมลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาที่เก็บในสภาวะสุญญากาศที่ 0 องศาเซลเซียส	26
3.	คะแนนการยอมรับของผู้ทดสอบชิมลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาที่เก็บในสภาวะสุญญากาศที่ 4 องศาเซลเซียส	26
4.	คะแนนการยอมรับของผู้ทดสอบชิมลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาที่เก็บในสภาวะบรรยากาศปกติที่ 0 องศาเซลเซียส	27
5.	คะแนนการยอมรับของผู้ทดสอบชิมลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาที่เก็บในสภาวะบรรยากาศปกติที่ 4 องศาเซลเซียส	27

รูปผนวกที่		หน้า
1.	เกลือป่นที่ใช้ศึกษาทำลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลา	44
2.	โพลีฟอสเฟตที่ใช้ศึกษาทำลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลา	44
3.	พริกไทยป่นที่ใช้ศึกษาทำลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลา	45
4.	กระเทียมที่ใช้ศึกษาทำลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลา	45
5.	น้ำแข็งที่ใช้ศึกษาทำลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลา	46
6.	แป้งถั่วเหลืองที่ใช้ศึกษาทำลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลา	46
7.	ปลาสากที่ใช้ศึกษาทำลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลา	47
8.	ผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาที่ใช้ศึกษาทำลูกชิ้นปลาที่แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลา	47

คำนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมการแปรรูปสัตว์น้ำสามารถทำรายได้เข้าสู่ประเทศไทยเป็นจำนวนมากในแต่ละปี การพัฒนาผลิตภัณฑ์การแปรรูปสัตว์น้ำเป็นสิ่งจำเป็นในภาวะเศรษฐกิจเช่นนี้ ซึ่งผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำในปัจจุบันมีอยู่หลายชนิด ทั้งจากปลา กุ้ง หมึก หอย หรือปู รวมทั้ง ซูริมิซึ่งเป็นผลผลิตมาจากเนื้อปลาบด โดยเฉพาะซูริมิสามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ได้มากมาย เช่น ไส้กรอกปลา เบอร์เกอร์ปลา ปูอัด และลูกชิ้นปลา เป็นต้น

ลูกชิ้นปลาเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่นิยมของผู้บริโภคทั้งในและต่างประเทศ การผลิตลูกชิ้นปลาส่วนมากนิยมใช้แป้งเป็นส่วนผสมเพื่อเพิ่มน้ำหนักและความเหนียว ซึ่งทำให้คุณค่าทางอาหารของลูกชิ้นปลาด้านโปรตีนลดน้อยลง การใช้แป้งถั่วเหลืองเป็นส่วนผสมในการทำลูกชิ้นปลา นับว่าเป็นทางเลือกหนึ่งในการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและเป็นการลดต้นทุนได้ โดยแป้งถั่วเหลืองมีคุณสมบัติในการกักเก็บน้ำได้ดี ช่วยในการอุ้มน้ำในผลิตภัณฑ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์นุ่ม มีเนื้อสัมผัสที่ดี นอกจากนี้ได้มีรายงานวิจัยของนักวิจัยหลายๆ ท่านเกี่ยวกับความสำคัญของแป้งถั่วเหลืองในด้านที่ช่วยป้องกันการเกิดโรคต่างๆ เช่น รายงานว่า สาร Genistein ในแป้งถั่วเหลืองเป็นสารประกอบที่ใช้เป็นสารต้านมะเร็ง และมีรายงานว่าการบริโภคอาหารที่ถั่วเหลืองเป็นส่วนประกอบจะช่วยลดอัตราการตายจากโรคมะเร็งได้ โดยเฉพาะมะเร็งลำไส้ใหญ่ เต้านม และต่อมลูกหมาก ประชากรที่บริโภคอาหารด้วย ถั่วเหลือง เช่น จีน ญี่ปุ่น และประเทศในอาเซียน โดยปกติพบว่าเป็นมะเร็งเต้านม มดลูก ต่อมลูกหมากและลำไส้ใหญ่ต่ำกว่าประเทศอื่น ถั่วเหลืองยังมีใยอาหารที่ช่วยป้องกันและต้านโรคหัวใจขาดเลือด โรคเบาหวาน โรคไต ดังนั้นการใช้แป้งถั่วเหลืองเพื่อทดแทนเนื้อปลาในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาจึงนับว่าประโยชน์อย่างยิ่งต่อผู้บริโภค

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปริมาณแป้งถั่วเหลืองที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาเพื่อทดแทนเนื้อปลา
2. เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาลูกชิ้นปลาที่มีส่วนผสมของแป้งถั่วเหลือง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ตรวจเอกสาร

ปลา

ปลาเป็นสัตว์น้ำที่นิยมนำมาประกอบอาหารรับประทาน ส่วนใหญ่จะมาจากแหล่งน้ำต่างๆ มีทั้งจากแหล่งน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม ที่มีอย่างมากมายตามธรรมชาติ และจากการเพาะเลี้ยง เพื่อให้พอเพียงแก่การบริโภคของมนุษย์ เนื้อของปลาและสัตว์น้ำต่างๆ มีความนุ่มหวานเมื่อนำมาประกอบอาหารรวมทั้งปลาเป็นแหล่งโปรตีนสูงมีประโยชน์ต่อร่างกายมนุษย์ มีราคาถูก สามารถหาซื้อได้ทั่วไป

ปลาทั้งตัวจะมีปริมาณเนื้อปลาที่ใช้บริโภคได้ประมาณร้อยละ 20 - 40 ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ชนิด อายุ และฤดูกาล เป็นต้น ปลาที่ตัดหัว หาง ครีบ และเกล็ดออกแล้ว โดยเฉลี่ยมีเนื้ออยู่ประมาณร้อยละ 73 กระดูกร้อยละ 21 และหนังร้อยละ 6 ปลาและสัตว์น้ำมีองค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกับสัตว์เลือดอุ่น แสดงให้เห็นถึงความแปรปรวนขององค์ประกอบเหล่านี้ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของกุ้ง ปู ปลา และหอย (ร้อยละ)

ชนิดของสัตว์น้ำ	องค์ประกอบร้อยละ					
	โปรตีน	NPN	ไขมัน	เกลือแร่	ไกลโคเจน	น้ำ
ปลา	11-25	2.3	0.1-20	0.8-2	0-0.3	66-84
กุ้ง , ปู	17-18	5.6	0.1-2.1	2.1	NR	70-78
หอย	8.5-13	NR	0.1-3	1.6	0-4	81

NPN : สารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน

NR : ไม่มีรายงาน

สารประกอบที่เป็นโปรตีนในสัตว์น้ำจำแนกตามลักษณะการละลายได้ดังนี้ คือ

1. โปรตีนที่ละลายได้ในน้ำ มีอยู่ประมาณร้อยละ 10-20 ของโปรตีนทั้งหมด ในปลาจะมี Cytochrome C อยู่น้อย

2. โปรตีนที่ไม่ละลายในน้ำแต่ละลายในสารละลายเกลือเจือจางซึ่งมี ionic strength ประมาณ 0.15 เช่น โปรตีนในเลือดและน้ำย่อยบางชนิด เรียกว่า Globulin-x ในปลาจะพบว่ามีอยู่ร้อยละ 8-22 ของโปรตีนทั้งหมด

3. โปรตีนที่ละลายในสารละลายเกลือที่มี ionic strength ประมาณ 0.5 ได้แก่ โปรตีนกล้ามเนื้อ เช่น แอคติน (actin) ไมโอซิน (myosin) และแอคโตมัยโอซิน (actinomyosin) เป็นต้น พวกนี้มีประมาณร้อยละ 65-75

ความยืดหยุ่นของปลาขึ้นอยู่กับปริมาณไมโอซิน พบว่าปลาที่มีไมโอซินสูงมีความยืดหยุ่นกว่าปลาที่ไมโอซินต่ำ และปลาที่มีเนื้อสีดำจะมีปริมาณไมโอซินต่ำกว่าปลาที่มีเนื้อสีขาว

อำนวย (2521) รายงานว่า ปลาที่มีโปรตีนที่ละลายน้ำได้มากทำให้ความเหนียวของปลาลดลงซึ่งจะเห็นได้จากการล้างน้ำปลาเพื่อกำจัดไขมันและโปรตีนที่ละลายน้ำได้ออกมา น้ำจะเข้าไปขัดขวางการเรียงตัวของไมโอซินทำให้เกิดร่างแห ปริมาณไมโอซินจะลดลงหลังการล้าง

4. โปรตีนที่ไม่ละลายน้ำหรือสารละลายเกลือ แต่ละลายในเกรด-เบสเข้มข้น ได้แก่ โปรตีนในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน เช่น คอลลาเจน (collagen) อีลาสติน (elastin) และเรคติคูลัม (reticulum) พบอยู่ประมาณร้อยละ 3-10 ของโปรตีนทั้งหมด แต่พบในสัตว์เลือดอุ่นมีมากถึงร้อยละ 15 จากสาเหตุนี้จึงทำให้เนื้อปลานุ่มกว่าเนื้อหมูหรือเนื้อวัว

ในสัตว์น้ำมีวิตามินที่ละลายได้ในน้ำคือ วิตามินบีต่าง ๆ แต่วิตามินซี พบน้อยมาก แต่วิตามินที่ละลายได้ในน้ำมันคือ เอ ดี อี และ เค พบมากบริเวณตับ

เกลือแร่ที่พบในสัตว์น้ำมีหลายชนิด คือ โพแทสเซียม คลอรีน ฟอสฟอรัส ซัลเฟอร์ โซเดียม แมกนีเซียม แคลเซียม เหล็ก แมงกานีส สังกะสี ฟลูออไรด์ คอปเปอร์ และ ไอโอดีน โดยพบปริมาณมากน้อยแตกต่างกันไปตามชนิดของสัตว์น้ำ แหล่งที่จับและฤดูกาล (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, 2539)

แป้งถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองเป็นพืชพื้นเมืองแถบเอเชียตะวันออก มีปริมาณโปรตีนเป็นองค์ประกอบอยู่สูงถึงร้อยละ50 โดยน้ำหนัก จัดเป็นแหล่งโปรตีนที่ราคาถูกที่สำคัญแหล่งหนึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับโปรตีนในเนื้อสัตว์ซึ่งมีราคาแพง นอกจากนี้ถั่วเหลืองจัดเป็นแหล่งของกรดอะมิโนที่จำเป็นซึ่งร่างกายต้องการของมนุษย์ไม่สามารถสร้างได้หลายประเภท เช่นไลซีน เมทไธโอนีน เป็นต้น (ชัยณรงค์, 2529) ได้มีการนำแป้งถั่วเหลืองมาทดลองใช้ทดแทนแป้งสาลีเพื่อป้องกันการลดต้นทุนและเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการในขนมอบ อาหารประเภทมักกะโรนีย์และก๋วยเตี๋ยว ซึ่งการใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ นอกจากจะเพิ่มปริมาณโปรตีนแล้วยังเป็นการลดการนำข้าวแป้งสาลีจากต่างประเทศอีกด้วย

ประเภทของ แป้งถั่วเหลืองมี 2 ประเภท คือ

1. แป้งถั่วเหลืองไขมันเต็ม

เป็นแป้งที่มีปริมาณโปรตีน ร้อยละ 46 ไขมันร้อยละ 26 มีคุณสมบัติในการดูดซับ ยึดเกาะกับน้ำและไขมัน ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก เมื่อทำให้สุกจะเกิดการยึดเกาะของส่วนผสม

2. แป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน เป็นแป้งที่มีโปรตีนร้อยละ 51 ไขมันร้อยละ 1.5 ลักษณะคล้ายกับแป้งถั่วเหลืองไขมันเต็มแต่มีการสกัดไขมันบางส่วนออกไปเพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักทำให้สุกได้ดีกว่าแป้งถั่วเหลืองไขมันเต็ม นอกจากแป้งถั่วเหลืองยังมีหน้าที่ช่วยในการยึดเกาะกับน้ำเป็นการช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัส (ชัยณรงค์, 2529) การเติมแป้งถั่วเหลืองในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เป็นการช่วยทดแทนปริมาณเนื้อสัตว์ ซึ่งนอกจากจะช่วยทดแทนในกรณีของสารโปรตีนแล้ว ยังช่วยทดแทนในกรณีที่แป้งถั่วเหลืองช่วยดูดซับน้ำทำให้ผลิตภัณฑ์มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นมีการใช้แป้งถั่วเหลืองในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกพบว่าจะทำให้ไส้กรอกมีอีมัลชัลที่เสถียร ค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกจะน้อย

องค์ประกอบหลักของโปรตีนในแป้งถั่วเหลืองคือ globulin ซึ่งเป็นโปรตีนประเภท hydrophobic จึงสามารถดูดซับและกักเก็บน้ำได้ นอกจากนี้ถั่วเหลืองยังมีคุณสมบัติในการละลาย การเกิดเจลทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัสดี (ชัยณรงค์, 2529) รายงานว่า เมื่อมีการใช้แป้งถั่วเหลืองสกัดไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกจะทำให้เนื้อสัมผัสไม่เหนียว หรือร่วนเกินไป เนื่องจากโปรตีนจากแป้งถั่วเหลืองสามารถเกิดเป็นโครงร้างตาข่าย 3 มิติ (three dimension matrix) จึงช่วยเพิ่มความแข็งแรงของเจล

สรรพคุณของแป้งถั่วเหลืองในด้านที่ช่วยป้องกันการเกิดโรคนั้น ก็มีรายงานจากนักวิจัยหลายท่าน ได้รายงานว่า สาร Genistein ในแป้งถั่วเหลืองเป็นสารประกอบที่ใช้เป็นสารต้านมะเร็ง

การบริโภคอาหารที่มีถั่วเหลืองเป็นส่วนประกอบจะช่วยลดอัตราการตายจากโรคมะเร็งได้ โดยเฉพาะมะเร็งลำไส้ใหญ่ เต้านม และต่อมลูกหมาก ประชากรที่บริโภคอาหารด้วยถั่วเหลือง

คุณค่าทางอาหารของแป้งถั่วเหลือง

ตารางที่ 2 เปอร์เซ็นต์และส่วนประกอบทางเคมีของแป้งถั่วเหลืองที่มีไขมันและปราศจากไขมัน

ชนิดถั่วเหลือง	โปรตีน	ความชื้น	ไขมัน	เส้นใย	เถ้า
ถั่วเหลืองทั้งเมล็ด	42.3	11.0	20.0	5.3	5.0
แป้งถั่วเหลืองที่มีไขมันเต็ม	46.6	5.0	22.1	2.1	5.2
แป้งถั่วเหลืองปราศจากไขมัน	59.0	7.0	0.9	2.6	6.4

ที่มา : บุษบา, (2540)

ตารางที่ 3 ปริมาณและส่วนประกอบของกรดอะมิโนที่มีในแป้งถั่วเหลือง

กรดอะมิโน	ปริมาณ (มิลลิกรัมต่อกรัมไนโตรเจน)
Isoleucine	288
Leucine	488
Lysine	100
Methionine	69
Methionine + Cystine	131
Phenylalanine	313
Threonine	244
Tryptophane	88
Valine	288

ที่มา : บุษบา, (2540)

วิธีการผลิตแป้งถั่วเหลือง

รูปที่ 1 ขั้นตอนการทำแป้งถั่วเหลืองที่มีไขมันเต็มโดยสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร

ที่มา : บุษบา, (2540)

สาเหตุแห่งการเสียของอาหาร

การเสียของอาหาร หมายถึง การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับอาหารในลักษณะที่ไม่ต้องการ ซึ่งมีสาเหตุมาจากข้อใดข้อหนึ่งดังต่อไปนี้

1. การเจริญและกิจกรรมของจุลินทรีย์
2. การตอมของแมลง และการกัดแทะอาหารของสัตว์ชนิดต่างๆ
3. การทำงานของเอนไซม์ในพืชและสัตว์ที่ใช้เป็นอาหาร
4. ปฏิกิริยาทางเคมี เช่น ปฏิกิริยาที่ไม่ได้เกี่ยวข้องกับการเร่งของเอนไซม์ในเนื้อเยื่อ หรือของจุลินทรีย์
5. การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เช่นเปลี่ยนแปลงโดยการเยือกแข็ง (freezing) การต้ม และการใช้ความดัน เป็นต้น

จุลินทรีย์ที่พบในอาหารที่เก็บในอุณหภูมิต่ำ

วงศ์ Pseudomonadaceae

สกุล *Pseudomonas* บางสปีชีส์ทำให้อาหารเสีย แบคทีเรียพวกนี้ติดสีแกรมลบ เคลื่อนที่ได้ มีรูปร่างเป็นท่อน ไม่สร้างสปอร์

ลักษณะบางประการของ *Pseudomonas* spp. ที่สำคัญทางอาหารคือ

1. มีความสามารถใช้สารประกอบคาร์บอนที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรตได้หลายชนิดให้ได้พลังงาน แต่ไม่สามารถใช้คาร์โบไฮเดรตหลายชนิดเป็นแหล่งพลังงาน
2. ให้ผลผลิตหลายชนิดที่ทำให้รสชาติของอาหารเปลี่ยนไป
3. มีความสามารถในการใช้อาหารที่ประกอบด้วยไนโตรเจนชนิดไม่ซับซ้อนได้
4. สามารถสังเคราะห์สารช่วยในการเจริญและวิตามินได้เอง
5. บางสปีชีส์มีความสามารถในการย่อยโปรตีนและไขมัน
6. เนื่องจากเป็นพวกแอโรบจึงสามารถเจริญอย่างรวดเร็วและผลิตสารออกซิไดซ์และสารเมือกบนผิวหน้าของอาหาร
7. เจริญได้ดีในอุณหภูมิต่ำ เช่น ในตู้เย็น
8. สร้างสี เช่น สีเขียวสะท้อนแสงของไพโอเวอดิน (pyoverdin) ที่ได้จาก *Pseudomonas fluorescens* หรือสีขาว ครีม แดง น้ำตาล แม้กระทั่งสีดำของ *P. nigrifaciens*

แต่ในทางกลับกัน Pseudomonads ต้องการความชื้นค่อนข้างสูง (0.97-0.98) ถูกทำลายได้ง่ายด้วยความร้อน เจริญได้ไม่ดีในที่มีออกซิเจนน้อย เจริญได้อย่างช้าๆ หรือไม่เจริญเลยที่อุณหภูมิสูงกว่า 43^{0} ซ

กลุ่มเอนเทอโรคอคคัส (enterococcus group) ประกอบด้วย *S.faecalis* และ *S. faecium* ทั้ง 2 สปีชีส์คล้ายกันมากแตกต่างกันทางด้านสรีรวิทยาเท่านั้น *S.faecalis* มักจะทนต่อความร้อนได้มากกว่าและแยกได้จากคน ส่วน *S. faecium* แยกได้จากพืช *S. faecalis* subsp. *Liquefaciens* เป็นพวกที่ผลิตกรดและย่อยโปรตีนได้ *S. faecalis* subsp.*zymogens* เป็นพวกที่สลายเซลล์เม็ดเลือดแดงแบบเบตา *S. faecalis* และ *S. faecium* มักอยู่ในอาหารดิบเสมอ แบคทีเรียในกลุ่มนี้สามารถเจริญได้ที่ 10 และ 45^{0} ซ พวกเอนเทอโรคอคไคมีลักษณะบางประการที่ไม่เหมือนกับ streptococci อื่นๆ คือ

1. เป็นพวกที่ทนความร้อนได้ดี
2. สามารถทนต่อความเข้มข้นของเกลือได้ถึงร้อยละ 6.5 หรือมากกว่า
3. เจริญในอาหารที่มีค่าพีเอชเป็น 9.6
4. อุณหภูมิที่สามารถเจริญได้มีช่วงกว้างมาก คือ ตั้งแต่ 5-50^{0} ซ ดังนั้นจึงอาจพบ *S. faecalis* ได้ในเบคอน

สกุล *Alcaligens*

เมื่อแบคทีเรียในสกุลนี้เจริญในอาหาร จะทำให้อาหารเป็นด่าง *A.viscolactis* เป็นสาเหตุทำให้น้ำนมเหนียวเป็นเส้นสาย และ *A. metalcaligens* ทำให้เกิดเมือกในเนยแข็ง แบคทีเรียเหล่านี้มาจากปุ๋ย อาหารสัตว์ ดิน น้ำและฝุ่น ในสกุลนี้ยังประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่เดิมจำแนกไว้ในสกุล *Achromobacter* ด้วย

สกุล *Flavobacterium* สปีชีส์ของแบคทีเรียในสกุลนี้ให้สีเหลืองหรือส้ม ทำให้เนื้อมีสีทำให้ไม่น่ารับประทาน และยังอาจเป็นสาเหตุของการเสียในอาหารพวก หอย กุ้ง ปู ไก่ ไข่ เนย และ น้ำนมอีกด้วย แบคทีเรียบางสปีชีส์เป็นพวกไซโครฟายล์ (psychrophiles) และเจริญได้ในผักแช่เย็น บางสปีชีส์ของ *Flavobacterium* ถูกจัดจำแนกไว้ในสกุล *Halobacterium* (สุมาลี, 2539)

โพลิเอทีลีน (Polyethylene-PE)

PE นับเป็นพลาสติกที่มีการใช้มากที่สุดและราคาถูก สืบเนื่องจาก PE มีจุดหลอมเหลวต่ำ เมื่อเทียบกับพลาสติกอื่นๆ ทำให้มีต้นทุนในการผลิตต่ำ PE ผลิตจากกระบวนการโพลิเมอไรเซชั่น (Polymerisation) ของก๊าซเอธิลิน (Ethylene) ภายใต้ความดันและอุณหภูมิสูงโดยอยู่ในสภาวะปราศจากตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะ (Metal Catalyst) การจับตัวของโมเลกุลในลักษณะโซ่สั้นและยาวจะส่งผลให้ PE ที่ได้ออกมามีความหนาแน่นแตกต่างกัน PE แบ่งเป็น 3 ประเภทตามค่าความหนาแน่น คือ

1. โพลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (Low Density Polyethylene หรือ LDPE) ความหนาแน่น 0.910-0.925 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
2. โพลิเอทิลีนความหนาแน่นปานกลาง (Medium Density Polyethylene หรือ MDPE) ความหนาแน่น 0.926-0.940 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
3. โพลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene หรือ HDPE) ความหนาแน่น 0.941-0.965 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

LDPE เป็นพลาสติกที่ใช้มากและชื่อสามัญเรียกว่าถุงเย็น มักจะใช้ทำถุงฟิลม์หดและฟิล์มยืด ขวดน้ำ และฝาขวด เป็นต้น เนื่องจากยืดตัวได้ดี ทนต่อการทิ่มทะลุและการฉีกขาด พร้อมทั้งสามารถใช้ความร้อนเชื่อมติดปิดผนึกได้ดี โครงสร้างของ PE จะสามารถป้องกันความชื้นได้ดีพอสมควร แต่จุดอ่อนของ LDPE คือ สามารถปล่อยให้ไขมันซึมผ่านได้ง่าย แต่ทนต่อกรดล่างทั่วๆไป นอกจากนี้ LDPE ยังปล่อยให้อากาศซึมผ่านได้ง่าย ด้วยเหตุนี้อาหารที่ไวต่ออากาศ เช่น ของขบเคี้ยว และของทอด เมื่อใส่ในถุงเย็นธรรมดา คุณภาพอาหารจะแปรเปลี่ยนไปเพียงเวลาไม่กี่วัน LDPE ยังมีคุณสมบัติดูดฝุ่นในอากาศมาเกาะติดตามผิว ทำให้บรรจุภัณฑ์ที่ทำจาก LDPE นี้เมื่อทิ้งไว้นานๆ จะเปรอะด้วยฝุ่น

ตัวอย่างการใช้งานของ PE ที่สำคัญมีดังต่อไปนี้

1. ใช้ผลิตเป็นถุงร้อน (HDPE) และถุงเย็น (LDPE) สำหรับการใช้งานทั่วไปสามารถหาซื้อได้ง่ายในท้องตลาดทั่วไป ข้อสังเกตถุงร้อนที่ผลิตจาก HDPE จะมีสีขาวขุ่น
2. ใช้ห่อหรือบรรจุอาหารได้เกือบทุกชนิดโดยไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค แต่ไม่ควรใช้ LDPE กับอาหารร้อน
3. นิยมใช้ทำถุงบรรจุขนมปัง เนื่องจาก PE ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดีจึงช่วยป้องกันมิให้ขนมปังแห้ง เนื่องจากสูญเสียความชื้นออกไป นอกจากนั้นราคาของ PE ไม่สูงเกินไปเมื่อเปรียบเทียบกับราคาของขนมปัง

4. นิยมใช้ทำถุงบรรจุผักและผลไม้สด เนื่องจาก PE ยอมให้ก๊าซซึมผ่านได้ดี ทำให้มีก๊าซออกซิเจนซึมผ่านเข้ามาเพียงพอให้พืชหายใจ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่พืชคายออกมาก็สามารถซึมผ่านออกไปได้ง่าย ในบางกรณีจำเป็นต้องเจาะรูที่ถุงเพื่อช่วยระบายไอน้ำที่พืชคายออกมา
5. นิยมใช้ LDPE เป็นชั้นสำหรับการปิดผนึกด้วยความร้อน เนื่องจากกระดาษและแผ่นเปลวอะลูมิเนียมซึ่งนิยมนำมาใช้เป็นถึงหรือของบรรจุอาหาร ไม่สามารถปิดผนึกด้วยความร้อนได้จึงนิยมนำ LDPE มาประกบติดกับวัสดุต่างๆเหล่านี้ โดยให้ LDPE อยู่ชั้นในสุด และทำหน้าที่เป็นชั้นสำหรับปิดผนึกด้วยความร้อน ตัวอย่างการใช้งาน เช่น ซองบะหมี่สำเร็จรูป แผ่นปิดถ้วยโยเกิต กล่องนมยูเอชที เป็นต้น
6. ฟิล์ม PE ชนิดยืดตัวได้ (Stretch Film) นิยมใช้ห่ออาหารสดพร้อมปรุง เนื้อสด และอาหารทั่วไป รูปแบบที่นิยมใช้คือ ใช้ถาดรองอาหารแล้วห่อด้วยฟิล์มยืดตัวได้
7. PE ไม่นิยมใช้เป็นภาชนะบรรจุอาหารที่มีไขมันสูง เช่น เนย ถั่วทอด ขนมขบเคี้ยว

สารโพลีฟอสเฟต (Polyphosphates)

ใช้ในรูปโซเดียมเฮกซาเมทธาฟอสเฟต(Sodium hexametaphosphate) สารโพลีฟอสเฟตที่เติมลงไปขณะบดปลาช่วยให้เนื้อปลาบดเหนียวขึ้นปริมาณที่พอเหมาะคือร้อยละ0.2-0.5 (Okada,1985) สารประกอบฟอสเฟตช่วยให้คุณลักษณะต่างๆของผลิตภัณฑ์ดีขึ้นสารโพลีฟอสเฟตจะเกิดปฏิกิริยากับโปรตีนที่ยังไม่เปลี่ยนสภาพ (undenature protein) ช่วยให้ลักษณะเนื้อ (Texture) ดีขึ้นและป้องกันลักษณะที่ไม่ต้องการ เช่น การสูญเสียน้ำเมื่อแช่เยือกแข็งปลา ผลของโพลีฟอสเฟตต่อโปรตีนของเนื้อปลาคือช่วยให้เกิดการคงตัวของโปรตีน (Protein stabilixation) พบว่าช่วยให้มีการจับตัวกันของโปรตีนดีขึ้นการใช้สารประกอบฟอสเฟตผสมกับวัตถุเจือปนอื่นๆ เช่นแป้งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจับตัวกันของโปรตีนดีขึ้น น้ำตาลเมื่อใช้งานกับโพลีฟอสเฟตช่วยลด Driploss และเพิ่มความยืดหยุ่น (พิษณุ, 2535) โพลีฟอสเฟตช่วยอุ้มน้ำได้ดีขึ้น (Protein hydration) เนื่องจากโพลีฟอสเฟตร่วมกับไมโอซิน และแอคตินช่วยในการสกัดไมโอซินร่วมกับเกลือได้มากขึ้น (Protein solubilization) และเกิดสารประกอบซับซ้อนกับอิออนของโลหะ เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก และทองแดง ช่วยป้องกันการเกิดออกซิเดชั่นและเกิดกลิ่นหืน นอกจากนี้ยังช่วยรักษาสี ทั้งปลาดิบและผลิตภัณฑ์ให้คงที่ ช่วยรักษาให้ลักษณะเนื้อของผลิตภัณฑ์มีความนุ่ม (Tenderness) ช่วยให้กลิ่นรส ของปลาและผลิตภัณฑ์ดีขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ *Bacillus circulans* ที่ทำให้ลักษณะเนื้อปลาเปลี่ยนไป (softening spoilage) และช่วยลด

การเกิดไตรเมทธิลามีน (Trimethylamine, TMA) และค่าด่างที่ระเหยได้ (Totalvolatile base, TVB) ได้ด้วย

การเก็บรักษา

1. การบรรจุในสภาวะปกติ

ผลิตภัณฑ์จะมีการเสื่อมเสียได้จากปฏิกิริยาเคมี และจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะจากจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศในการเจริญ ซึ่งมักเป็นจุลินทรีย์แกรมลบ เช่น *Pseudomonas Moraxella* และ *Acinetobacter* หรืออาจเป็นพวกที่เจริญในสภาวะที่มีอากาศเพียงเล็กน้อย เช่น *Enterobacteriaceae* โดยในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แช่แข็ง (อุณหภูมิ 2-3 องศาเซลเซียส) มักพบพวก *Pseudomonas* เป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นการลดปริมาณออกซิเจนที่มีอยู่หรือเพิ่มปริมาณ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปมีผลทำให้อัตราการหายใจของเซลล์ลดลง สามารถยืดระยะ log phase และ lag phase ให้นานขึ้น จึงสามารถทำให้การเสื่อมสภาพของอาหารถูกยับยั้ง (Brody, 1989)

2. การบรรจุในสภาวะสุญญากาศ

Vaccum Packaging หมายถึง การบรรจุผลิตภัณฑ์ให้อยู่ภายใต้สุญญากาศโดยการดึงอากาศภายใต้ภาชนะหรือภายในผลิตภัณฑ์ออกไปและไม่มีการพ่นก๊าซใดๆ เข้าไปแทนที่ ซึ่งทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างความดันภายในและภายนอกภาชนะ สังเกตได้จากการหดตัวของภาชนะบรรจุชนิดอ่อนตัว (Flexible From) หรือการยุบตัวของภาชนะประเภทกึ่งคงรูป (Semi-Gigid From) โดยทั่วไปความดันภายในภาชนะจะมีค่าประมาณ 0.5-8 ทอร์ (Torr) (Kodoya, 1990) ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของผลิตภัณฑ์และระบบการบรรจุ (งามทิพย์, 2538)

ผลของการบรรจุในสภาวะสุญญากาศและสภาวะปรับอากาศ

การบรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติ ผลิตภัณฑ์จะมีการเสื่อมเสียได้จากปฏิกิริยาเคมีและจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะจากจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศในการเจริญซึ่งมักเป็นจุลินทรีย์แกรมลบ เช่น *Pseudomonas, Moraxella* และ *Acinetobacter* หรืออาจจะเป็นพวกที่เจริญในสภาวะที่มีอากาศเพียงเล็กน้อย เช่น *Enterobacteriaceae* โดยในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แช่เย็น (อุณหภูมิ 2-3 องศาเซลเซียส) มักพบพวก *Pseudomonas* เป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นการลดปริมาณออกซิเจนที่มีอยู่หรือเพิ่มปริมาณ CO_2 เข้าไป มีผลทำให้อัตราการหายใจของเซลล์ลดลง สามารถยืด

ระยะ lag phase และ log phase ให้นานนั้นจึงทำให้การเสื่อมสภาพของอาหารถูกยับยั้ง (Brody, 1989)

การบรรจุในสภาวะสุญญากาศซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนและมีระดับก๊าซ CO_2 เพิ่มขึ้นจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ จึงมีผลในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ต้องการอากาศ แต่จะมีการเจริญของแบคทีเรียที่เจริญได้ในสภาพที่มีอากาศเพียงเล็กน้อยขึ้นมาแทนเช่น *Lactobacillus, Leuconoctoc, Streptococcus* เราสามารถพบการเจริญของแบคทีเรียที่สร้างกรดแลกติกได้ในผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบสุญญากาศ โดยพบพวก *Lactobacillus* เป็นหลักส่วน *Pseudomonas* ซึ่งพบมากในผลิตภัณฑ์บรรจุแบบสุญญากาศ โดยพบพวก *Lactobacillus* เป็นหลักส่วน *Pseudomonas* ซึ่งพบมากในผลิตภัณฑ์บรรจุบรรยากาศปกติจะมีการเจริญลดลง และถูกยับยั้งการเจริญเมื่อมีระดับก๊าซ CO_2 ตั้งแต่ร้อยละ 10 ขึ้นไป มีผู้ทดลองเก็บชิ้นเนื้อที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส ในฟิล์ม PVC ซึ่งก๊าซออกซิเจนสามารถซึมผ่านได้ดี ปรากฏว่าพบพวก *Pseudomonas* มากในชิ้นเนื้อเก็บในสภาพสุญญากาศจะพบพวก *Lactobacillus* spp. ทั้งที่เป็น heterofermentative และ homofermentative (Daniels และคณะ, 1985; Brody, 1989)

Clingman และ Hopper (1986) รายงานว่าปลาสดจะมีอายุการเก็บเพิ่มขึ้นอีกกว่า 7 วัน เมื่อบรรจุในสภาพบรรยากาศ และยังให้ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสดีกว่าการบรรจุในบรรยากาศปกติด้วย การทดลองเก็บปลาไขมันต่ำเช่น Place และ haddcek ในน้ำแข็ง บรรจุแบบสุญญากาศและบรรยากาศปกติปรากฏว่าปลาที่บรรจุแบบสุญญากาศเก็บได้นานถึง 20 วัน โดยมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดต่ำกว่าและมีคะแนนคุณภาพสูงกว่าการบบจุใต้บรรยากาศปกติ จากการจัดการเสื่อมเสียของปลา Perch โดยใช้ค่าไตรเพทธิลามีน (TMA) เป็นเกณฑ์พบว่าปลาจะมีการเสื่อมสภาพภายใน 5 วัน แต่เมื่อบรรจุปลาแบบสุญญากาศทำให้เสื่อมสภาพหลังจาก 6 วัน (Brody, 1989)

การบรรจุสภาวะสุญญากาศจะต้องลดปริมาณก๊าซออกซิเจนให้ต่ำกว่าร้อยละ 1 และต้องรักษาระดับนี้ไว้ ตลอดการเก็บจึงจะมีผลในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ มิฉะนั้น *Pseudomonas* จะสามารถเจริญและทำให้อาหารเสียได้ เช่นเดียวกับการเก็บรักษาบรรยากาศปกติ (Brody, 1989)

การบรรจุในสภาวะปรับบรรยากาศโดยการแทนที่อากาศด้วย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สามารถยืดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์อาหารได้นานกว่าการเก็บในบรรยากาศปกติ หรือสุญญากาศเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ โดยจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียได้แก่ *Achromobacter, Micrococcus, Flavobacterium, Pseudomonas* และ *Bacillus* ถูกยับยั้งการเจริญเมื่ออยู่ในสภาพที่มีก๊าซ

คาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 25 และถูกยับยั้งมากขึ้น เมื่อความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้น โดยความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหมาะสมคือร้อยละ 40-60 (Brody, 1989)

ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่น่าจะเหมาะสมในการเก็บผลิตภัณฑ์อาหารส่วนใหญ่ ควรมีความเข้มข้นตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไป ส่วนผสมของก๊าซที่ได้รับการแนะนำสำหรับปลาเนื้อขาวและสัตว์น้ำมีเปลือกคือ $CO_2/N_2/O_2$: 40/30/30 สำหรับพวกปลาซัลมอน ปลาที่มีไขมันสูงและปลารมควัน ส่วนผสมของก๊าซที่ดีที่สุดคือ CO_2/N_2 : 60/40 และในการบรรจุควรบรรจุให้มีปริมาตรก๊าซ 3 ส่วนเนื้อปลา 4 ส่วน จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่อายุการเก็บนานขึ้น (Cann, 1988)

Siva และ White (1994) กล่าวว่าการบรรจุในสภาวะสุญญากาศและสภาวะปรับบรรยากาศนั้น สามารถยืดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ได้โดยมีผลยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแกรมลบที่ทำให้อาหารเน่าเสีย ซึ่งเป็นพวกที่ต้องการอากาศในการเจริญ แต่เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์เป็นระยะเวลาหนึ่งจุลินทรีย์ที่พบส่วนใหญ่ได้แก่ จุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศหรือต้องการอากาศเพียงเล็กน้อยหรือเจริญได้ในสภาวะที่มีอากาศเพียงเล็กน้อยและแบคทีเรียแกรมบวก ซึ่งมักเป็นพวกแบคทีเรียที่สามารถสร้างกรดแลคติกโดยเฉพาะ *Clostridium botulinum* type E ที่สามารถเจริญและสร้างสารพิษได้ที่อุณหภูมิตั้งแต่ 3.3 องศาเซลเซียสขึ้นไป ในขณะที่จุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียเป็นพวกที่ต้องการอากาศในการเจริญ ซึ่งเราสามารถใช้เป็นดัชนีบอกการเสื่อมเสียได้เช่นทำให้เกิดกลิ่นรสที่ผิดปกติทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลงสี หรือมีลักษณะปรากฏเปลี่ยนไปถูกยับยั้งการเจริญดังนั้น *C. botulinum* อาจมีการเจริญและสร้างสารพิษลงในอาหาร ในขณะที่เรายังตรวจไม่พบการเสื่อมเสียอย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานการเกิดอันตรายเพิ่มขึ้นจาก *C. botulinum* หรือจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคชนิดอื่น จากการบรรจุในสภาวะสุญญากาศและปรับบรรยากาศอาจเนื่องจากในสภาวะที่มีก๊าซออกซิเจนต่ำ ซึ่ง *C. botulinum* สามารถเจริญได้แต่ก็มีจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ เจริญแข่งกันอยู่ด้วย เช่น *Lactobacillus* มีการเจริญและสร้างกรดและก๊าซไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ลงในอาหาร อาจมีผลในการยับยั้งการเจริญของ *C. botulinum* และทำให้เกิดสภาพที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศตัวอื่น หรือในบางตัวผลิตภัณฑ์อาหารเองมีสารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์อยู่แล้วตามธรรมชาติ (Daniel และคณะ, 1985; Brody, 1989)

Cann (1988) การเก็บรักษาอาหารในสภาวะอาหารในสภาวะปรับบรรยากาศ พบว่าควรเก็บที่อุณหภูมิที่ต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส เนื่องจากจุลินทรีย์ที่สร้างสารพิษหรือทำให้เกิดโรค ส่วนใหญ่จะมีอัตราการเจริญช้าลงเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส และยังสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคบางชนิด เช่น *Aeromonas hydrophylla*, *Salmonella* spp., *Bacillus cereus* และ *Staphylococcus* sp. (Silliker และ Wolfe, 1980)

Kimura และ Murakami (1993) บรรจุปลา mackerael ในบรรยากาศปกติ 100% N_2 และ 40% Co_2 + 60% N_2 เก็บที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในตัวอย่างที่บรรจุใน 100% N_2 และ 40% CO_2 + 60%N_2 มีจำนวนลดลงโดย 40% CO_2 + 60%N_2 มีจำนวนจุลินทรีย์น้อยที่สุดและทำการตรวจจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคได้แก่ *E.coli*, *S. aureus*, *V.parahaemolyticus* และ *C.perfringens* ปรากฏว่า ไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ดังกล่าวใน 40% CO_2 และ 60%N_2 และ 100%N_2 จึงสรุปได้ว่าในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนจะไม่ทำให้เกิดอันตรายจากจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค

Siva และ White (1994) ทดลองเก็บ channel catfish ใน 25%CO_2, 80%CO_2 และบรรยากาศปกติที่อุณหภูมิ 2 และ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ต่อไปโดยอุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส มีการเพิ่มเร็วกว่าที่ 2 องศาเซลเซียส ในขณะที่การเก็บในบรรยากาศและ 25% CO_2 ปริมาณจุลินทรีย์จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บตั้งแต่สัปดาห์แรกผลิตภัณฑ์เก็บที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส พบ *Salmonella* ทุกสภาวะการบรรจุและพบ *Listeria monocytogenes* ใน 25% CO_2 และในบรรยากาศปกติ ส่วนที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส พบแต่ *Salmonella* ในการเก็บในบรรยากาศปกติและไม่พบ *C.botulinum* ในทุกอุณหภูมิและสภาวะการบรรจุ

กาญจนรี (2537) ศึกษาสภาวะการบรรจุและการเก็บรักษาปลาดุกเส้นพบว่าปลาดุกเส้นที่บรรจุในสภาพปรับบรรยากาศและสภาพสุญญากาศ สามารถเก็บรักษาได้นานกว่าปลาดุกเส้นที่บรรจุในสภาพปกติ สภาพปรับบรรยากาศที่มี 60% CO_2 + 40%N_2 และ 80% CO_2 + 20%N_2 สามารถยืดอายุการเก็บได้ใกล้เคียงกับการบรรจุในสภาพสุญญากาศ แต่อย่างไรก็ตามสภาพปรับบรรยากาศมีผลยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ดีกว่าสภาพสุญญากาศและสภาพปรับบรรยากาศจะมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำคือ 4-6 องศาเซลเซียส

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นอกจากจะมีผลทางด้านจุลินทรีย์แล้ว ยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางด้านฟิสิกส์และเคมีของผลิตภัณฑ์อาหารอีกด้วย เช่น ทำให้ความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์ลดลงตามความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ใช้ เมื่อการเจริญของแบคทีเรียถูกยับยั้งสภาพที่ปรับบรรยากาศด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จึงมีผลทำให้ระดับสารที่ใช้เป็นดัชนีบอกการเสื่อมเสีย เช่น ไตรเมทธิลลามีนและปริมาณด่างระเหยทั้งหมดมีระดับลดลงตามระดับออกซิเจนที่ลดลงและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น การลดลงของปริมาณด่างระเหยทั้งหมดอาจเกิดเองจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีผลในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ ทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลงจึงมีการสร้างด่างระเหยลดลงด้วย หรืออาจเกิดจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีผลในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ย่อยสารประกอบไนโตรเจน โดยปฏิกิริยาการย่อยสลายสารประกอบจำพวกสาร

ไนโตรเจนจะถูกยับยั้งเมื่ออยู่ในสภาวะที่ไม่มีก๊าซออกซิเจน ซึ่งเป็นผลให้ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในสภาวะปรับบรรยากาศจะมีการเสื่อมเสียแล้วก็ยังให้ค่าปริมาณด่างระเหยต่ำอยู่

ปัญหาของการเก็บเนื้อสัตว์ไว้ในสภาพที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูง คือ มักทำให้เนื้อมีสีคล้ำ เนื่องจากการเกิดเมทไอโกลบิน แต่เนื่องจากเนื้อปลามีระดับไอโกลบินต่ำการเปลี่ยนสีของเนื้อปลาจึงเกิดขึ้นน้อยมาก การใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นมากกว่าร้อยละ 60 ทำให้เยื่อบุตาปลาเปลี่ยนเป็นสีเทาและผิวมีสีซีดลง (Statham, 1984) และชิ้นปลาที่เก็บในสภาพบรรยากาศปกติจะมีสีคล้ำกว่าชิ้นปลาที่เก็บในสภาพปรับบรรยากาศด้วย 60% CO_2 อย่างมีนัยสำคัญ

Fey และ Kegenstein (1982) พบว่ามีการสูญเสียของเหลวหลังการแช่เย็นเพิ่มขึ้นในปลาหลายชนิดที่เก็บใน 60%CO_2 + 21%O_2 + 19%N_2 และพบว่าการใช้ 100%CO_2 จะเพิ่มอัตราและปริมาณการสูญเสียของของเหลวในผลิตภัณฑ์ได้ ดังนั้นจึงขอแนะนำให้ใช้ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เกินร้อยละ 60 เพื่อป้องกันการสูญเสียของเหลวหลังการแช่เย็นซึ่งจะมีผลต่อคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัส

Steir และคณะ (1981) พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บในสภาวะปรับบรรยากาศได้รับคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บในบรรยากาศปกติ แต่ถ้าใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้นสูงมากจะทำให้มีกลิ่นฉุนของกรด เมื่อแรกเปิดบรรจุภัณฑ์ออก แต่เมื่อทิ้งไว้สักพักกลิ่นเหล่านั้นจะหมดไปเองและผลิตภัณฑ์อาจมีรสของกรดและมีเนื้อสัมผัสที่แข็งกระด้างอีกด้วย

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

วัสดุ

1. เนื้อปลาบด
2. แป้งถั่วเหลือง
3. เครื่องปรุงประกอบด้วย เกลือป่น กระเทียมผง พริกไทยป่น น้ำแข็งบดละเอียดและสารโพลีฟอสเฟต

อุปกรณ์และสารเคมี

1. เครื่องบดสับ
2. มีด เขียง
3. เครื่องผสมอาหาร
4. หม้อต้มน้ำ
5. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
6. เทอร์โมมิเตอร์
7. เครื่องมือวิเคราะห์หาความชื้น
8. เครื่องมือวิเคราะห์ไขมัน
9. เครื่องมือวิเคราะห์โปรตีน
10. เครื่องมือวิเคราะห์ปริมาณเถ้า

วิธีการทดลอง

1. การศึกษากระบวนการผลิตลูกชิ้นปลา

การทดลองใช้สูตรพื้นฐานในการผลิตลูกชิ้นปลาของปราณิศาและนงนุช (2534) ซึ่งมีส่วนประกอบดังนี้

เนื้อปลา	100	กรัม
เกลือป่นร้อยละ	3	ของเนื้อปลา
พริกไทยป่นร้อยละ	0.5	ของเนื้อปลา
กระเทียมผงร้อยละ	0.4	ของเนื้อปลา
น้ำแข็งบดร้อยละ	5	ของเนื้อปลา
โพลีฟอสเฟตร้อยละ	0.3	ของเนื้อปลา

วิธีการผลิต

1. ชำแหละปลาเอาแต่เนื้อ
2. บดเนื้อปลากับเกลือให้เข้ากันจนเหนียว ด้วยเครื่องบด
3. นำเนื้อปลาที่บดกับเกลือแล้วมานวดผสมกับส่วนผสมอื่นๆ จนเข้ากันดี ระหว่างนวดต้องควบคุมอุณหภูมิให้ต่ำตลอดเวลา เพื่อช่วยป้องกันการเสื่อมสภาพของโปรตีน เนื่องจากอุณหภูมิสูง
4. นำเนื้อปลาที่นวดผสมแล้วมาขึ้นรูปเป็นทรงกลม ใส่ลงไปในน้ำอุ่นอุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส นานประมาณ ครึ่งชั่วโมง ระหว่างที่แช่ในน้ำอุ่นต้องคอยควบคุมอุณหภูมิของน้ำอยู่ตลอดเวลา เพื่อไม่ให้ลูกชิ้นแข็งตัว
5. นำลูกชิ้นมาต้มในน้ำเดือดเมื่อลูกชิ้นลอยตัวให้ตักมาแช่ในน้ำเย็น นานประมาณ 1 นาที

2. ศึกษาการใช้แป้งถั่วเหลืองแทนเนื้อปลาในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลา

2.1 การทดลองจะใช้แป้งถั่วเหลืองเพื่อทดแทนส่วนของเนื้อปลาในปริมาณร้อยละ 0 3 6 และ 9 ของน้ำหนักเนื้อปลา โดยการแบ่งสูตรลูกชิ้นปลา 4 สูตร ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สูตรลูกชิ้นปลาผสมแป้งถั่วเหลืองจำนวน 4 สูตร

สูตรที่	ปริมาณ (กรัม)						
	เนื้อปลา	แป้งถั่วเหลือง	เกลือ	กระเทียมผง	พริกไทย	น้ำแข็งบด	โพลีฟอสเฟต
1	1,000	0	30	4	5	50	3
2	970	30	30	4	5	50	3
3	940	60	30	4	5	50	3
4	910	90	30	4	5	50	3

ผลิตลูกชิ้นตามวิธีการในข้อ 1 สุ่มตัวอย่างลูกชิ้นเพื่อนำไปศึกษาคุณภาพตามวิธีข้อ 2.2 โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล๊อก (RCBD) ทดลอง 3 ซ้ำ เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธีผลต่างน้อยที่สุด (DMRT) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป Irrisstat

2.2 การศึกษาคุณภาพของลูกชิ้นปลาที่ทดแทนเนื้อปลาด้วยแป้งถั่วเหลือง

2.2.1 ศึกษาคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส โดยวิธีให้คะแนนแบบ Hedolic scale ใช้ผู้ทดสอบ 12 คน เพื่อทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ในด้าน สี กลิ่น ความแน่นเนื้อ ความเหนียว ลักษณะปรากฏ และความชอบโดยรวม โดยใช้ช่วงคะแนน 1-9 โดย 9 เป็นคะแนนที่ชอบมากที่สุด และคะแนน 1 เป็นคะแนนที่ชอบน้อยที่สุด โดยต้องลวกผลิตภัณฑ์ก่อนทดสอบชิมในน้ำเดือด นาน 5 นาที ก่อนทุกครั้ง

3. ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

3 .1 ผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นโดยใช้สูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดในข้อ 2 จากนั้นผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปเก็บรักษาในถุง LDPE ถุงละ 250 กรัม โดยมีสภาวะในการเก็บดังนี้

. การทดลองที่ 1 บรรจุในสภาวะสุญญากาศแล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

. การทดลองที่ 2 บรรจุในสภาวะสุญญากาศแล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส

ค. การทดลองที่ 3 บรรจุในสภาวะปกติแล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

. การทดลองที่ 4 บรรจุในสภาวะปกติ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส

สุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์ไปศึกษาคุณภาพทุก ๆ 0 2 4 6 8 10 12 และ 14 วัน

3.2 ให้คะแนนแบบ Hedolic scale ใช้ผู้ทดสอบ 12 คน เพื่อทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ในด้าน สี กลิ่น ความแน่นเนื้อ ความเหนียว ลักษณะปรากฏ และความชอบโดยรวม โดยใช้ช่วงคะแนน 1-9 โดย 9 เป็นคะแนนที่ชอบมากที่สุด และคะแนน 1 เป็นคะแนนที่ชอบน้อยที่สุด โดยต้องลวกผลิตภัณฑ์ก่อนทดสอบชิมในน้ำเดือด นาน 5 นาที ก่อนทุกครั้ง

3.3 วิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยวิธี A.O.A.C, (1990)

4. วิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้าย

วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ความชื้น เถ้า (A.O.A.C, 1990)

สถานที่และระยะเวลาทำการวิจัย

สถานที่

ห้องปฏิบัติการแปรรูปสัตว์น้ำและห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาผลิตภัณฑ์ประมง ภาควิชาอุตสาหกรรมประมง และห้องปฏิบัติการเคมี ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล เลขที่ 179 หมู่ 3 ตำบลไม้ฝาด อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง

ระยะเวลาในการทดลอง

ระยะเวลาในการดำเนินการเริ่มดำเนินการทดลองตั้งแต่เดือน เมษายน พ.ศ. 2545 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2546

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การศึกษาปริมาณแป้งถั่วเหลืองที่เหมาะสมเพื่อเสริมคุณค่าทางอาหารในการผลิตลูกชิ้นปลา

ในการทดลองทำผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาที่ผสมแป้งถั่วเหลืองลงไปโดยผสมลงไปในปริมาณร้อยละ 0 3 6 และ 9 เพื่อหาการยอมรับของผู้บริโภคผลจากการศึกษาพบว่าการผสมแป้งถั่วเหลืองลงไปปริมาณร้อยละ 0 3 6 และ 9 จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสพิจารณาตามชอบของผู้ทดสอบในด้าน สี ความเหนียว ความแน่นเนื้อ กลิ่น ลักษณะปรากฏ ความชอบโดยรวม ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทน

ปัจจัยคุณภาพ	ปริมาณแป้งถั่วเหลือง (กรัม)			
	0	3	6	9
สี	7.751^{a}	7.832^{a}	7.922^{a}	7.334^{a}
ความเหนียว	8.170^{b}	7.085^{a}	8.084^{b}	7.172^{a}
ความแน่นเนื้อ	8.000^{c}	7.081^{a}	7.830^{bc}	7.251^{ab}
กลิ่น	8.500^{a}	7.500^{a}	7.832^{a}	7.335^{a}
ลักษณะปรากฏ	7.752^{a}	7.673^{a}	7.923^{a}	7.250^{a}
ความชอบโดยรวม	8.081^{bc}	7.502^{ab}	8.174^{c}	7.250^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันแต่ละแถวตามแนวนอนไม่มีความแตกต่างกับทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

จากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 4) สามารถอธิบายได้ว่าผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาที่ทดสอบโดยใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือร้อยละ 0 3 6 และ 9 กรัม จะมีความชอบที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยปริมาณถั่วเหลืองที่ระดับ 6 กรัม จะได้รับการยอมสูงสุด

สี ผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาที่ร้อยละ 6 กรัม จะมีคะแนนการยอมรับสูงกว่าผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองที่ร้อยละ 0 3 และ 9 กรัม โดยที่ปริมาณแป้งที่ร้อยละ 0 3 และ 9 กรัม มีความแตกต่างกัน ($p < 0.05$)

ความเหนียว ผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาที่ร้อยละ 0 กรัม จะมีคะแนนการยอมรับสูงกว่าผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองที่ร้อยละ 3 6 และ 9 กรัม โดยที่ปริมาณแป้งถั่วเหลืองที่ร้อยละ 3 6 และ 9 กรัม มีความแตกต่างกัน ($P<0.05$)

ความแน่นเนื้อ ผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาที่ร้อยละ 0 กรัม จะมีคะแนนการยอมรับสูงกว่าผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองที่ร้อยละ 3 6 และ 9 กรัม โดยที่ปริมาณแป้งถั่วเหลืองที่ร้อยละ 3 6 และ 9 กรัม มีความแตกต่างกัน ($P < 0.05$)

กลิ่น ผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาที่ร้อยละ 6 กรัม จะมีคะแนนการยอมรับสูงกว่าผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองที่ร้อยละ 0 3 และ 9 กรัม โดยที่ปริมาณแป้งถั่วเหลืองที่ร้อยละ 0 3 และ 9 กรัม มีความแตกต่างกัน ($P < 0.05$)

ลักษณะปรากฏ ผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาที่ร้อยละ 6 กรัม จะมีคะแนนการยอมรับสูงกว่าผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองที่ร้อยละ 0 3 และ 9 กรัม โดยที่ปริมาณแป้งถั่วเหลืองที่ร้อยละ 0 3 และ 9 กรัม มีความแตกต่างกัน($P < 0.05$)

ความชอบโดยรวม ผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเชื้อปลาที่ร้อยละ 6 กรัม จะมีคะแนนการยอมรับสูงกว่าผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองที่ร้อยละ 0 3 และ 9 กรัม โดยที่ปริมาณแป้งถั่วเหลืองที่ร้อยละ 0 3 และ 9 กรัม จะมีความแตกต่างกัน ($P<0.05$)

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลา

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณแป้งถั่วเหลือง
เถ้า (ร้อยละ)	2.3226
ความชื้น (ร้อยละ)	76.2501
ไขมัน (ร้อยละ)	2.2760
โปรตีน (ร้อยละ)	12.3267

ผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลา ในปริมาณแป้งถั่วเหลืองร้อยละ 6 ได้องค์ประกอบทางเคมีดังตารางที่ 2 ซึ่งมีความสอดคล้องจากการศึกษาของปวีณา (2539)

ของลูกชิ้นปลาผสมปลาหมึกซึ่งมีค่าองค์ประกอบทางเคมี ปริมาณเถ้า ความชื้น ไขมัน และโปรตีน เท่ากับร้อยละ 1.32, 78.60 , 0.11 และ 13.18 ตามลำดับ

เปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 1009 (สำนักงานมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2533) ได้รายงานคุณลักษณะที่ต้องการของลูกชิ้นไว้ดังนี้คือ

1. สี กลิ่นรส และลักษณะเนื้อ

1.1 สี ต้องมีความสม่ำเสมอตามลักษณะเนื้อสัตว์ที่ใช้ทำ

1.2 กลิ่น รส ต้องมีกลิ่นหอมน่ารับประทาน รสดี ปราศจากกลิ่นแปลกปลอมอื่นๆ

1.3 ลักษณะเนื้อ ต้องมีลักษณะเนื้อละเอียดเป็นเนื้อเดียวกันไม่ยุ่ยไม่ควรมีฟองอากาศ เมื่อตรวจสอบโดยวิธีให้คะแนน ต้องได้คะแนนจากผู้ตรวจสอบแต่ละคนในลักษณะไม่น้อยกว่า 3 คะแนนและต้องได้คะแนนรวมทุกลักษณะจากผู้ตรวจสอบทั้งหมดเฉลี่ยแล้วไม่น้อยกว่า12 คะแนน

2. ทางด้านเคมี

2.1 ไขมันต้องไม่เกินร้อยละ 3

2.2 โปรตีนต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 12

2. ศึกษาอายุการเก็บรักษาลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลา

2.1 ศึกษาสภาวะในการเก็บ

จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาโดยนำผลิตภัณฑ์มาบรรจุในถุง LDPE โดยจะศึกษาสภาวะการเก็บแบ่งสภาวะการเก็บเป็น 4 แบบ ดังนี้ คือ

1. แบบสภาวะสุญญากาศ โดยเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส
2. แบบสภาวะสุญญากาศ โดยเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส
3. แบบสภาวะปกติ โดยเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส
4. แบบสภาวะปกติ โดยเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ผลการศึกษาพบว่าผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาให้ผลดังนี้

แบบที่เก็บในสภาวะสุญญากาศ โดยเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส สามารถเก็บได้นาน 12 วัน

แบบที่เก็บในสภาวะสุญญากาศ โดยเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สามารถเก็บได้นาน 8 วัน

แบบที่เก็บในสภาวะปกติ โดยเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส สามารถเก็บได้นาน 10 วัน

แบบที่เก็บในสภาวะปกติ โดยเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สามารถเก็บได้นาน 8 วัน

ตารางที่ 6 ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาอายุการเก็บรักษาลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลา ในปริมาณร้อยละ 6

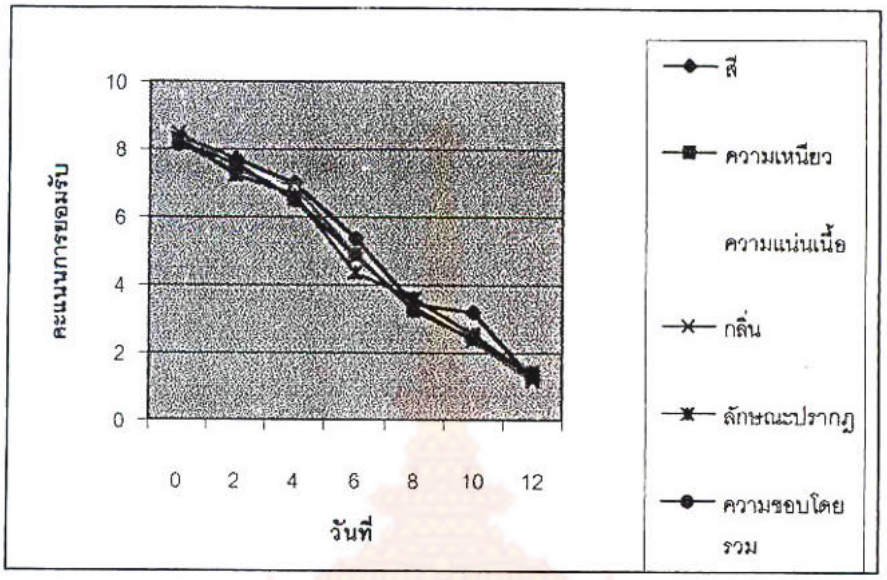
สภาวะการบรรจุ	อุณหภูมิ (^{o}C)	ระยะเวลาการเก็บ (วัน)
สุญญากาศ	0	12
สุญญากาศ	4	8
บรรยากาศปกติ	0	10
บรรยากาศปกติ	4	8

ผลที่ได้มีความสอดคล้องจากการศึกษาของ จิราวรรณ และคณะ (2523) ซึ่งได้ทำการศึกษาคุณภาพของลูกชิ้นปลาในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ พบว่าลูกชิ้นปลาที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 3-4 องศาเซลเซียสจะเก็บไว้ได้นานถึง 7 วัน สุ่มตัวอย่างที่เก็บไว้ที่สภาวะสุญญากาศและสภาวะปกติ นำตัวอย่างมาตรวจสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส สี กลิ่น ความเหนียว ความแน่นเนื้อ ลักษณะปรากฏและความชอบโดยรวม โดยวิธีการให้คะแนนระดับความชอบในช่วง 1-9 คะแนน (9 – Point Hedonic Scale)

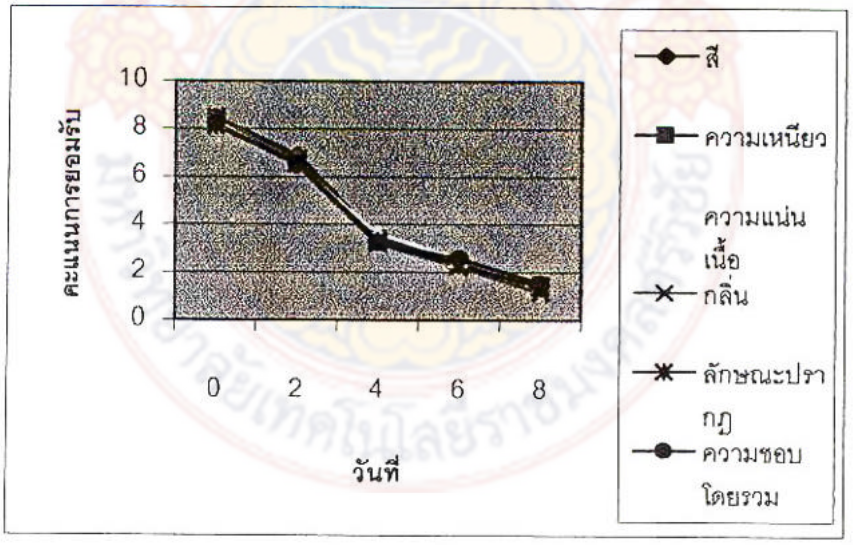
จากการทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส สี กลิ่น ความเหนียว ความแน่นเนื้อ ลักษณะปรากฏและความชอบโดยรวม ซึ่งนำตัวอย่างที่เก็บไว้ในสภาวะปกติและสุญญากาศมาทดสอบทุกๆ 0, 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 วัน โดยแบ่งสภาวะการเก็บเป็น 4 แบบคือ

1. แบบสุญญากาศ โดยเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส
2. แบบสุญญากาศ โดยเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส
3. แบบสภาวะปกติ โดยเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส
4. แบบสภาวะปกติ โดยเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

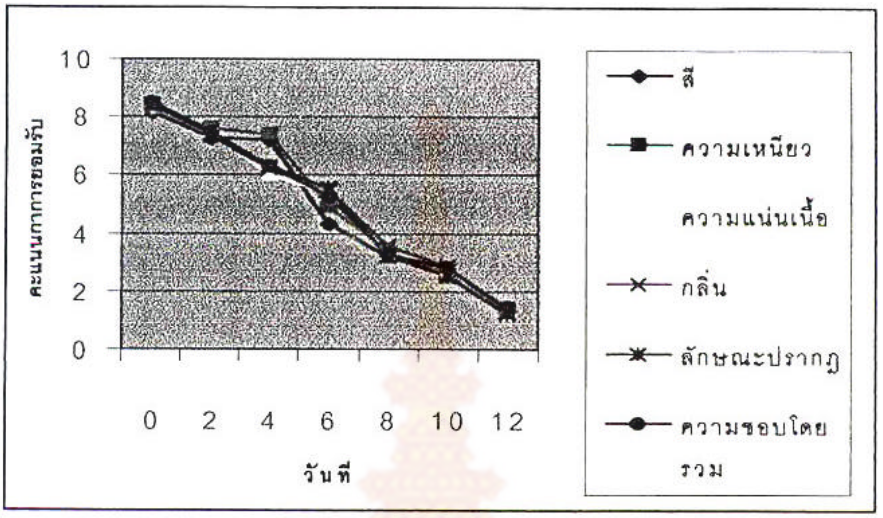
ผลการศึกษาการนำตัวอย่างที่ได้มาตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลา ที่เก็บไว้ในสภาวะบรรยากาศปกติและสุญญากาศ สุ่มตัวอย่างมาตรวจทุกๆ 0 2 4 6 8 10 และ 12 วัน โดยการให้คะแนนของผู้ทดสอบคะแนนระดับความชอบในช่วง 1-9 คะแนน (9 – Point Hedonic Scale) ได้ผลดังรูปที่ 2 -5



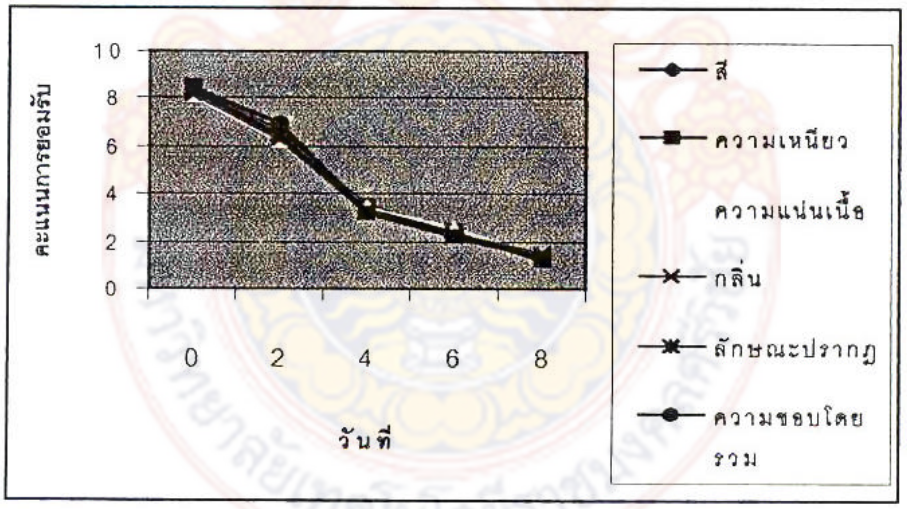
รูปที่ 2 การยอมรับของผู้ทดสอบชิมลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาที่เก็บในสภาวะสุญญากาศที่ 0 องศาเซลเซียส



รูปที่ 3 คะแนนการยอมรับของผู้ทดสอบชิมลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาที่เก็บในสภาวะสุญญากาศที่ 4 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4 การยอมรับของผู้ทดสอบชิมลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลา ที่เก็บในสภาวะปกติที่ 0 องศาเซลเซียส



รูปที่ 5 คะแนนการยอมรับของผู้ทดสอบชิมลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทน เนื้อปลาที่เก็บในสภาวะปกติที่ 4 องศาเซลเซียส

จากการทดสอบการยอมรับของผู้ทดสอบชิม พบว่าคะแนนที่ได้ในวันที่ 0 2 4 6 10 และ 12 ที่สภาวะสุญญากาศและในวันที่ 0 2 4 6 10 และ 8 ที่บรรยากาศปกติมีคะแนนที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 1009)ผลที่ได้หลังจากวันที่

12 ในสภาวะสุญญากาศและหลังจากวันที่ 8 ในสภาวะบรรยากาศปกติ มีคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งผู้ทดสอบไม่สามารถยอมรับได้

3. **คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์โดยการตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด** (Total Varible Count) ตามวิธีการของ A.O.A.C. (1990) ผลการศึกษาทางด้านจุลินทรีย์ในลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนได้ผล ดังแสดงในตาราง

ตารางที่ 7 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาที่เก็บในสภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส

ระยะเวลา (วัน)	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนี/กรัม)
0	< 30
2	1.50×10^2
4	1×10^3
6	2.35×10^3
8	1.32×10^4
10	2.36×10^5
12	1×10^6

จากตารางที่ 7 แสดงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่งเหลืองทดแทนเนื้อปลาที่เก็บในสภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ในลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาของวันที่ 0 จะมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ <30 โคโลนี/กรัม ของวันที่ 2 จะมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ 1.50×10^2 โคโลนี/กรัม ของวันที่ 4 มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ 1×10^3 โคโลนี/กรัม ของวันที่ 6 มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ 2.35×10^4 โคโลนี/กรัม ของวันที่ 8 มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ 1.32×10^4 โคโลนี/กรัม ของวันที่ 10 มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ 2.36×10^5 โคโลนี/กรัม ละวันที่ 12 มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ 1×10^5 โคโลนี/กรัม จะอยู่ในเกณฑ์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 1009 - 2533) ตัวอย่างจากที่จำหน่ายต้องไม่เกิน 1×10^6 โคโลนี/กรัม

และหลังจากวันที่ 12 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองแทนเนื้อปลาจะเกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 1009 - 2533)

ตารางที่ 8 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาที่เก็บในสภาวะบรรยากาศปกติที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส

ระยะเวลา (วัน)	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนี/กรัม)
0	< 30
2	2.25×10^2
4	1.35×10^3
6	4.12×10^4
8	2×10^5
10	1×10^6

จากตารางที่ 8 แสดงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาที่เก็บในสภาวะปกติที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียสพบว่าปริมาณจุลินทรีย์ในลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาของวันที่ 0 จะมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ < 30 โคโลนี/กรัม ของวันที่ 2 จะมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ 2.25×10^2 โคโลนี/กรัม ของวันที่ 4 มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ 1.35×10^3 โคโลนี/กรัม ของวันที่ 6 มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ 4.12×10^4 โคโลนี/กรัม ของวันที่ 8 มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ 2×10^5 โคโลนี/กรัม ของวันที่ 10 มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ 1×10^6 โคโลนี/กรัม ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 1009-2533) ตัวอย่างจากที่จำหน่ายต้องไม่เกิน 1×10^6 โคโลนี/กรัม และเริ่มจากวันที่ 10 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองแทนเนื้อปลาจะเกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 1009 - 2533)

ตารางที่ 9 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาที่เก็บในสภาวะสุญญากาศที่ 4 องศาเซลเซียส

ระยะเวลา (วัน)	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนี/กรัม)
0	< 30
2	3.10×10^2
4	4.46×10^2
6	7.25×10^4
8	8.30×10^5
10	5.22×10^6

จากตารางที่ 9 แสดงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาที่เก็บในสภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสพบว่าปริมาณจุลินทรีย์ในลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาของวันที่ 0 จะมีปริมาณจุลินทรีย์ < 30 โคโลนี/กรัม ของวันที่ 2 จะมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ 3.10×10^2 โคโลนี/กรัม ของวันที่ 4 มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ 4.46×10^3 โคโลนี/กรัม ของวันที่ 6 มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ 7.25×10^4 โคโลนี/กรัม ของวันที่ 8 มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ 8.30×10^5 โคโลนี/กรัม จะอยู่ในเกณฑ์ของมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก. 1009-2533) ตัวอย่างจากที่จำหน่ายต้องไม่เกิน 1×10^6 โคโลนี/กรัม ของวันที่ 10 มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ 5.22×10^6 โคโลนี/กรัม และเริ่มจากวันที่ 10 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาจะเกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.1009 - 2533)

ตารางที่10 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาที่เก็บในสภาวะบรรยากาศปกติ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ระยะเวลา (วัน)	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนี/กรัม)
0	< 30
2	2.1×10^{3}
4	3.43×10^{4}
6	2.42×10^{5}
8	2.35×10^{7}

จากตารางที่ 10 แสดงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาที่เก็บในสภาวะปกติที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสพบว่าปริมาณจุลินทรีย์ในลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาของวันที่ 0 จะมีปริมาณจุลินทรีย์ < 30 โคโลนี/กรัม ของวันที่ 2 จะมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ 2.1×10^{2} โคโลนี/กรัม ของวันที่ 4 มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์3.43×10^{3} โคโลนี/กรัม ของวันที่ 6 มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ 2.42×10^{4} โคโลนี/กรัม จะอยู่ในเกณฑ์ของมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก. 1009-2533) ตัวอย่างจากที่จำหน่ายต้องไม่เกิน 1×10^{6} โคโลนี/กรัม ของวันที่ 8 มีปริมาณจุลินทรีย์ 2.35×10^{7} โคโลนี/กรัม และเริ่มจากวันที่ 8 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาจะเกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.1009 - 2533)

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการผลิตลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลา โดยผสมในปริมาณร้อยละ 0 3 6 และ 9 ปรากฏว่าปริมาณที่ร้อยละ 6 ได้รับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสสูงสุด

การศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาโดยการบรรจุในถุงพลาสติก LDPE ในสภาวะอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ผลการยอมรับในสภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส สามารถยอมรับได้ที่ 12 วัน การเก็บในสภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สามารถยอมรับได้ที่ 8 วัน การเก็บในบรรยากาศปกติ ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส สามารถยอมรับได้ที่ 10 วัน การเก็บในบรรยากาศปกติ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สามารถยอมรับได้ที่ 8 วัน

จากองค์ประกอบทางเคมีของลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาปรากฏว่ามีความชื้น โปรตีน เถ้า และไขมัน 76.25, 12.32 , 2.32 และ 2.27 ตามลำดับ

จากการศึกษาคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาที่เก็บในสภาวะต่าง ๆ ผลการศึกษาที่เก็บในสภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้นาน 12 วัน ในสภาวะปกติ ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้นาน 10 วัน ในสภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสและสามารถเก็บรักษาได้นาน 10 วัน ในสภาวะปกติที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้นาน 8 วัน ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก. 1009-2533) ตัวอย่างจากที่จำหน่ายต้องไม่เกิน $1x10^6$ โคโลนี/กรัม

เอกสารอ้างอิง

กาญจนรี พงษ์ฉวี. 2537. การผลิตปลาดุกเส้นและการเก็บรักษาภายใต้สภาพปรับบรรยากาศ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 105 น.

คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. 2539. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 485 น.

งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2538. ก๊าซกับการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร. ภาควิชาจุลชีพวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 170 น.

จิราวรรณ แสงเมือง และคณะ. 2523. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารราชกระบัง, กรุงเทพฯ. 235 น.

ชัยณรงค์ คัณธพินิต. 2539. วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์. ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 155 น.

บุษบา ยงสมิทธ์. 2540. จุลชีวิทยาการหมักวิตามินและสารสี. ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 270 น.

ปวีณา พงษ์พิพัฒน์. 2539. การพัฒนาสินค้าสัตว์น้ำมูลค่าสูงและสินค้าเพิ่มมูลค่า. กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ กรมประมง, กรุงเทพฯ. 105 น.

ปราณิศา สบายใจ และนงนุช ช่องรักษ์. 2532. การพัฒนาสินค้าสัตว์น้ำมูลค่าสูงและสินค้าเพิ่มมูลค่า. กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ กรมประมง, กรุงเทพฯ. 11 น.

ปุ่น คงสมเกียรติ และสมพร คงสมเกียรติ. 2541. บรรจุภัณฑ์อาหาร. กรมส่งเสริมอุตสาหกรรมและสมาคมการบรรจุภัณฑ์ไทย. กรุงเทพฯ. 360 น.

พิษณุ วิเชียรลาวรรค์. 2535. หน้าที่ส่วนผสมต่างๆ ในการทำไส้กรอก. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 1(1) : 65-71.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2533. ลูกชิ้นเนื้อวัว ลูกชิ้นหมู และลูกชิ้นไก่. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ. 25 น.

สุมาลี เหลืองสกุล. 2539. จุลชีววิทยาทางอาหาร. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. กรุงเทพฯ. 225 น.

อำนวย โชติญาณวงษ์. 2521. คุณค่าทางอาหารของกุ้งและปลา. วารสารการประมง. 31(2)154-156.

A.O.A.C. 1990. Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Inc, Verginia. 1050 p.

Brody, A.L. 1989. Controlled/ Modified Atmosphere/Vacuum Packaging of Food. Food & Nutrition Press, Inc., Connection. 179 p.

Cann, D.C. 1988. Modified Atmosphere Packaging of Fishery Products. Infofish. 1:37-39.

Clingman, C.D. and A.J. Hooper. 1986. The Bacterial Quality of Vacuum Packaged Fresh Fish. Dairy and Food Sanitation 6(5) : 197-197.

Deniels, J.A. R.Krishnamurthi and S.H. Rizvi. 1985. A Review of Effect of Carbondioxide on Microbial Growth and Food Quality. J. Food Prot. 48(6) : 532-537.

Fey, M.S. and J.M. Regenstein. 1982. Extending Shelf-life of Fresh-wet Red Hake and Salmon Using CO_2-O_2 Modified Atmosphere and Potassium Ice at 1^0 C.J. Food Sci. 47:1048-1054.

Kimura, B. and M.Murakami. 1933 : Fate of Food Pathogens in Gas-packaged Jack Mackereri Filiets. Bull Jap. Soc. Sci. Fish. 59(7) : 1163-1169.

Kodaya, T. 1990. Food Packaging. Academic Press, Inc. California. 423 p.

Silliker, J.H. and S.K. Wolfe. 1980. Microbiological Safety Consideration in Controlled Atmosphere Storage of Meats. Food Technol. 34(3) : 59-63.

Silva, J.L. and T.D. White. 1994. Bacteriological and Color Changes in Modified Atmosphere-packaged Refrigerated Channel-catfish. J. Food Prot. 57(8):715- 719.

Stathani, J.A. 1984. Modified Atmosphere Storage of Fisheries Products : The State of the Art. Food Technical. In Australia. 36(5) : 233-239.

Steir, R.F.,L. Bell, K.A. Ito, B.D. Shafer, L.A. Brown, M.L. Seeger, B.H. Allen, M.N. Porcuna and P.A. lerke. 1981. Effect of Modified Atmosphere Atorage on *C. botulinum* Toxigenesis and the Spoilage Microflora of Salmon Fillets. J. Food Sci. 46 : 1639-1642.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ทางเคมี

การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

1. ภาชนะอะลูมิเนียมสำหรับหาความชื้น
2. ตู้อบไฟฟ้า (electric oven)
3. โถดูดความชื้น (desiccator)
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง

วิเคราะห์ (ดัดแปลงมาจาก A.O.A.C., 1990)

1. อบภาชนะสำหรับหาความชื้นในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 2-3 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น หลังจากนั้นชั่งหาน้ำหนัก
2. กระทำเช่นข้อ 1 จนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม
3. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนอย่างละเอียด ประมาณ 1-2 กรัม ใส่ลงในภาชนะหาความชื้นซึ่งทราบน้ำหนักแล้ว
4. นำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 5-6 ชั่วโมง
5. นำออกจากตู้อบใส่ในโถดูดความชื้น หลังจากนั้นชั่งน้ำหนัก
6. อบซ้ำอีกครั้งละประมาณ 30 นาที และกระทำเช่นเดิมจนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม
7. คำนวณหาปริมาณความชื้นจากสูตร

$$\text{ปริมาณความชื้นคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก} = 100 \times \frac{\text{ผลต่างของน้ำหนักตัวอย่างก่อนและหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

1. เตาเผา (muffle furnace)
2. ถ้วยกระเบื้องเคลือบ (porcelain crucible)
3. โถดูดความชื้น (desiccator)
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง

วิเคราะห์ (ดัดแปลงมาจาก A.O.A.C., 1990)

1. เผาถ้วยกระเบื้องเคลือบในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 3 ชั่วโมง ปิดสวิทช์เตาเผาแล้วรอประมาณ 30-45 นาที เพื่อให้อุณหภูมิภายในเตาเผาลดลงก่อน แล้วนำออกจากเตาเผาใส่ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก

2. เผาซ้ำอีกครั้ง ๆ ละประมาณ 30 นาที และกระทำเช่นข้อ 1 จนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

3. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 1-2 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบซึ่งทราบน้ำหนักแล้ว นำไปเผาในตู้ควันจนหมดควัน แล้วจึงนำเข้าเตาเผา ตั้งอุณหภูมิเตาเผาไว้ที่ 600 องศาเซลเซียสและกระทำเช่นข้อ 1-2

4. คำนวณหาปริมาณเถ้าจากสูตร

$$\text{ปริมาณเถ้าคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก} = 100 \times \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน

วัสดุอุปกรณ์ และสารเคมี

1. อุปกรณ์ย่อยโปรตีน ประกอบด้วย เตาย่อย (VELP DK 6) และเครื่องดักจับไอกรด (scrubber)
2. อุปกรณ์กลั่นโปรตีน
2. ขวดรูปชมพู่ (erlenmeyer flask) ขนาด 125 มิลลิลิตร และขวดปรับปริมาตร (volumetric flask) ขนาด 100 มิลลิลิตร
4. ปิเปต (แบบกระเปาะ) ขนาด 5 และ 10 มิลลิลิตร
5. บูเรตต์ ขนาด 25 มิลลิลิตร
6. ลูกแก้ว (glass bead)
7. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง
8. สารผสมระหว่างคอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$) และโพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) อัตราส่วน 1:10
9. กรดซัลฟูริกเข้มข้น (conc. H_2SO_4)
10. โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 60
11. กรดบอริกที่มีความเข้มข้น ร้อยละ 4

12. กรดเกลือที่มีความเข้มข้น 0.02 นอร์มอล

13. อินดิเคเตอร์ (ที่เป็นสารผสมระหว่าง เมทิลเรด เมทิลีนบูล และโบรโมครีซอลกรีน)

วิธีวิเคราะห์ (ดัดแปลงมาจาก A.O.A.C., 1990)

ขั้นตอนการย่อย

1. ชั่งตัวอย่าง (ตัวอย่างที่เป็นของแข็ง) ให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 0.5-1 กรัม (ตัวอย่างที่เป็นของเหลว) ใช้ปริมาตร 10-15 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดย่อยโปรตีน และทำแบลงก์ด้วย
2. ใส่สารผสม $CuSO_4$ และ K_2SO_4 ปริมาณ 5 กรัม
3. เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น ปริมาณ 20 มิลลิลิตร
4. วางหลอดย่อยในเตาย่อยโปรตีนแล้วประกอบสายยางระหว่างฝาครอบขวด ใส่ด่าง และเครื่องดักจับไอกรดให้เรียบร้อย
5. เปิดสวิทซ์เครื่องดักจับไอกรดและเตาย่อยโปรตีน แล้วตั้งอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นปรับเพิ่มอุณหภูมิเป็น 350 องศาเซลเซียส ย่อยต่ออีก 60 นาที จนได้สารละลายใส
6. ปล่อยทิ้งให้เย็น
7. นำมาถ่ายลงในขวดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร และให้น้ำกลั่นล้างหลอดย่อยให้หมดสารละลายตัวอย่าง แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร เก็บไว้กลั่นต่อไป

ขั้นตอนการกลั่นและไตเตรต

1. จัดอุปกรณ์กลั่น แล้วเปิดสวิทซ์ให้ความร้อน และเปิดน้ำหล่อเย็นเครื่องควบแน่นด้วย
2. นำขวดรูปชมพู่ ขนาด 125 มิลลิลิตร ซึ่งบรรจุกรดบอริก (เข้มข้นร้อยละ 4) ปริมาณ มิลลิลิตร และน้ำกลั่นปริมาณ 5 มิลลิลิตร ซึ่งเติมอินดิเคเตอร์เรียบร้อยแล้วรองรับของเหลวที่กลั่นได้โดยให้ส่วนปลายของอุปกรณ์ควบแน่นจุ่มลงในสารละลายกรดนี้
3. ดูดสารละลายตัวอย่างด้วยปิเปตแบบกระเปาะขนาดความจุ 10 มิลลิลิตร ใส่ลงในช่องใส่ตัวอย่างแล้วเติมสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงไป 20 มิลลิลิตร
4. กลั่นประมาณ 10 นาที ล้างปลายอุปกรณ์ควบแน่นด้วยน้ำกลั่นลงในขวดรองรับ
5. ไตเตรตสารละลายที่กลั่นได้ด้วยกรดเกลือที่มีความเข้มข้น 0.02 นอร์มอล สีของสารละลายจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วง
6. คำนวณหาปริมาตรโปรตีนจากสูตร

ปริมาณโปรตีนคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก $= \frac{(A - B) \times N \times 1.4007 \times F}{W}$

A = ปริมาณกรดที่ใช้ไตเตรตกับตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B = ปริมาณกรดที่ใช้ไตเตรตกับ blank (มิลลิลิตร)

N = ความเข้มข้นของกรด (นอร์มอล)

F = แฟกเตอร์

W = น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)

การวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

1. อุปกรณ์ชุดสกัดไขมัน (soxhlet apparatus) ประกอบด้วย ขวดกลม (สำหรับใส่สารตัวทำละลาย) ซอคเลต (soxhlet) อุปกรณ์ควบแน่น (condenser) และเตาให้ความร้อน (heating mantle)
2. หลอดใส่ตัวอย่าง (etraction thimble)
3. สำลี
4. ตู้อบไฟฟ้า
5. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
6. โถดูดความชื้น
7. ปิโตรเลียม อีเทอร์ เฮกเซน (petroleum ether หรือ hexane)

วิธีวิเคราะห์ (ดัดแปลงมาจาก A.O.A.C., 1990)

1. อบขวดกลมสำหรับหาปริมาณไขมัน ซึ่งขนาดความจุ 250 มิลลิลิตร ในตู้อบไฟฟ้า ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น และชั่งน้ำหนักที่แน่นอน
2. ชั่งตัวอย่างบนกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนัก ถ้าตัวอย่างเป็นอาหารชนิดที่มีไขมันมาก
3. ให้ชั่ง 1-2 กรัม ถ้าเป็นชนิดที่มีไขมันน้อยให้ชั่ง 3-5 กรัม ห่อให้มิดชิดตามวิธีการห่อ แล้วใส่ในหลอดสำหรับใส่ตัวอย่าง คลุมด้วยด้วยใยแก้วหรือสำลีเพื่อให้สารทำละลายมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ
4. นำหลอดตัวอย่างใส่ลงในซอคเลค
5. เติมสารตัวทำละลายปิโตรเลียม อีเทอร์ ลงในขวดหาไขมันประมาณ 150 มิลลิลิตร แล้วนำไปวางบนเตา
6. ประกอบอุปกรณ์ชุดสกัดไขมัน พร้อมทั้งเปิดน้ำหล่ออุปกรณ์ควบแน่นและเปิดสวิทซ์ให้ความร้อน

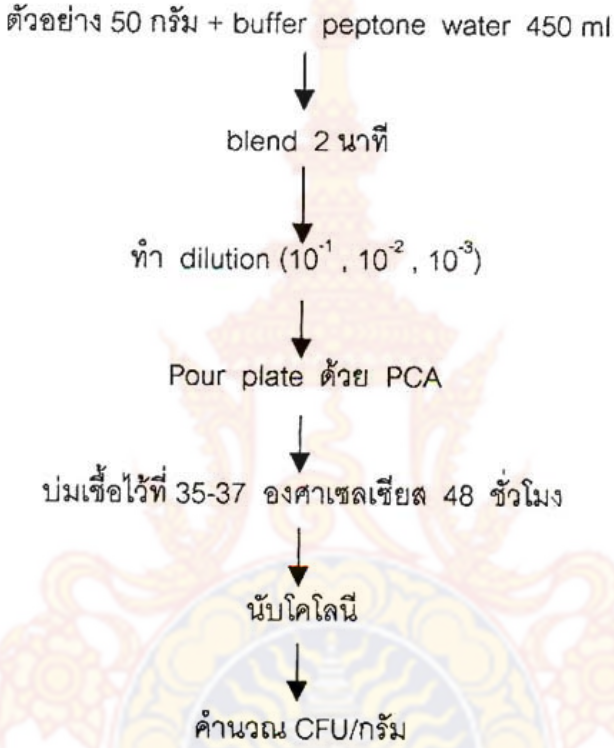
7. ใช้เวลาในการสกัดไขมันนาน 14 ชั่วโมง โดยปรับความร้อนให้หยดของสารทำละลายกลั่นตัวจากอุปกรณ์ควบแน่นด้วยอัตรา 150 หยดต่อนาที
8. เมื่อครบ 14 ชั่วโมงแล้ว นำหลอดมาตัวอย่างออกจากซอคเลต ทิ้งให้ตัวทำละลายไหลจากซอคเลตลงในขวดกลมจนหมด
9. ระเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยแบบสุญญากาศ
10. นำขวดหาไขมันอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส จนแห้งใช้เวลาประมาณ 30 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น
11. ชั่งน้ำหนัก แล้วอบซ้ำนานครั้งละ 30 นาที จนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม
12. คำนวณหาปริมาณไขมันจากสูตร

$$\text{ปริมาณไขมันคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก} = 100 \times \frac{\text{น้ำหนักไขมันหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

ภาคผนวก ข.

การวิเคราะห์ทางด้านจุลินทรีย์

การหาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count หรือ aerobic plate count) (A.O.A.C., 1990)



ภาคผนวก ค.

ใบรายงานผลการทดสอบความชอบ (Hedonic Scale)

ผลิตภัณฑ์.....ชุดที่.....

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....เวลา.....

คำแนะนำ กรุณาชิมตัวอย่างจากซ้ายไปขวาและให้คะแนนความชอบตัวอย่างในแต่ละปัจจัยให้ใกล้เคียงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด

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

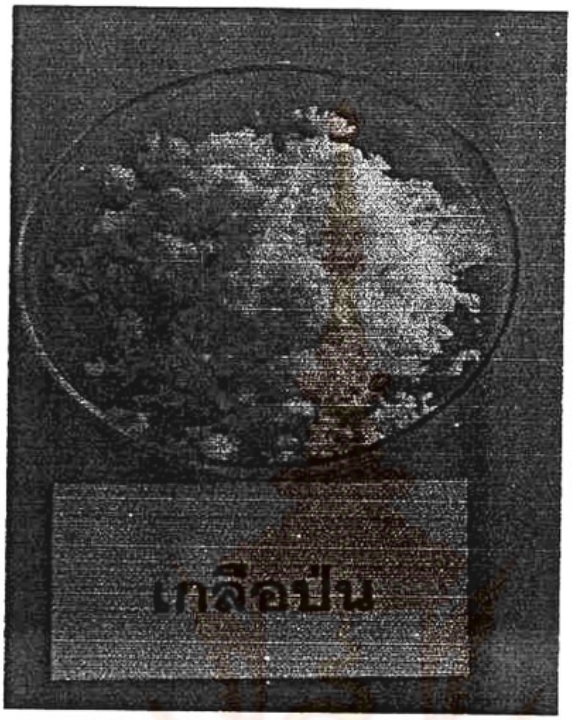
ปัจจัย	คะแนนความชอบตัวอย่าง			
	_____	_____	_____	_____
สี				
ความเหนียว				
ความแน่นเนื้อ				
กลิ่น				
ลักษณะปรากฏ				
ความชอบรวม				

ข้อเสนอแนะ.....

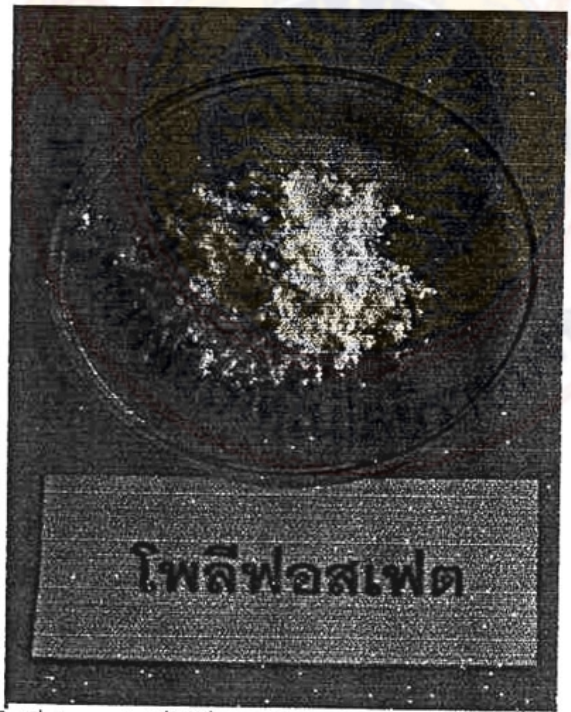
.....

.....ขอบคุณ

ภาคผนวก ง

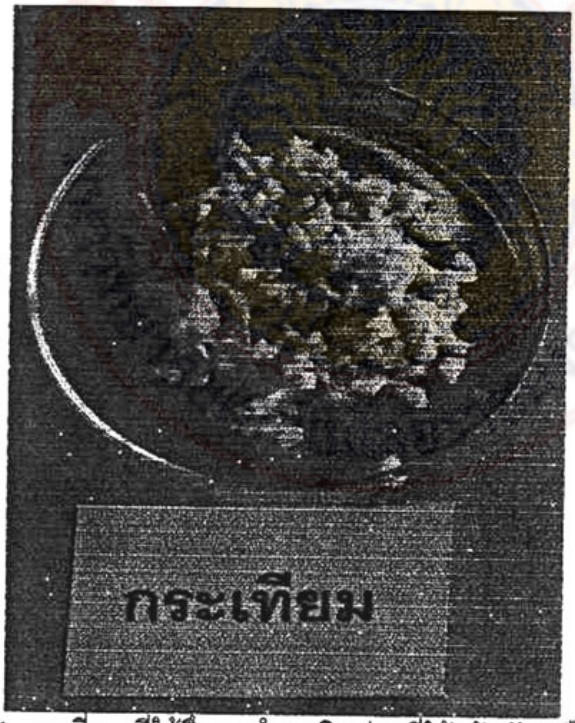


รูปผนวกที่ 1 เกลือปน ที่ใช้ศึกษาทำลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลา



รูปผนวกที่ 2 โพลีฟอสเฟต ที่ใช้ศึกษาทำลูกชินปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลา

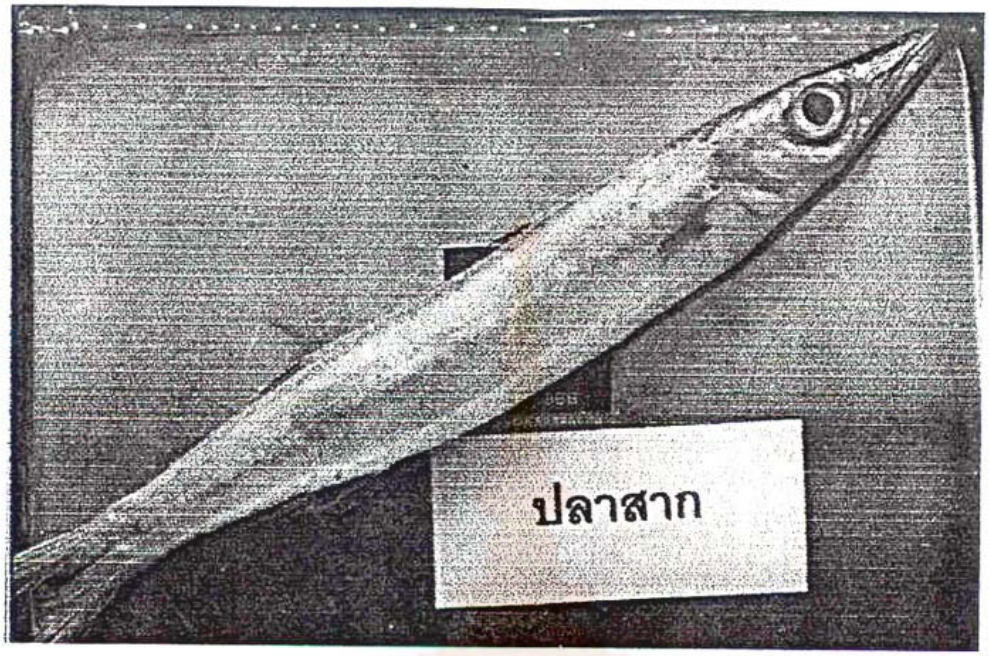
รูปผนวกที่ 3 พริกไทยป่น ที่ใช้ศึกษาทำลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลา



รูปผนวกที่ 4 กระเทียม ที่ใช้ศึกษาทำลูกชินปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลา

รูปผนวกที่ 5 น้ำแข็ง ที่ใช้ศึกษาทำลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลา

รูปผนวกที่ 6 แป้งถั่วเหลือง ที่ใช้ศึกษาทำลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลา



รูปผนวกที่ 7 ปลาสาก ที่ใช้ศึกษาทำลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลา

รูปผนวกที่ 8 ผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาที่ใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลา