abst.

ข้อมูลข่าวสารของ ...วิทยาศาสตร์บริการ
ตาม พ.ร.บ. ข้อมูลข่...ของราชการ พ.ศ. 2540

วศ
กช
อว43

เอกสารผลงานที่เสนอให้ประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง

นักวิทยาศาสตร์ 8 ว

การศึกษาอายุการเก็บของปลาป่นและผลิตภัณฑ์

นางสุมาลี ทั่งพิทยกุล

นักวิทยาศาสตร์ 7 ว

นายธวัช นุสนธรา

นักวิทยาศาสตร์ 4

กลุ่มงานเทคโนโลยีอาหาร 2

กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ กรมวิทยาศาสตร์บริการ

กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

ข้อมูลข่าวสารของราชการ
ตาม พ.ร.บ. ข้อมูลข่าวสารของราชการ พ.ศ. 2540

เอกสารผลงานที่เสนอให้ประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง

นักวิทยาศาสตร์ 8 ว

วพ
เลขหมู่ ๓๙
๑๐๐43
เลขทะเบียน 10502
วันที่ 5 ก.พ. 45

การศึกษาอายุการเก็บของปลาป่นและผลิตภัณฑ์

นางสุมาลี ทั่งพิทยกุล

นักวิทยาศาสตร์ 7 ว

นายธวัช นุสนธรา

นักวิทยาศาสตร์ 4

กลุ่มงานเทคโนโลยีอาหาร 2

กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ กรมวิทยาศาสตร์บริการ

กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

บทคัดย่อ

กิจกรรมนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยของรัฐบาลไทยร่วมกับรัฐบาลนอร์เวย์ในการพัฒนากระบวนการผลิตปลาป่นสำหรับบริโภค โดยได้ศึกษาสภาวะการเก็บของปลาป่นพันธุ์นอร์เวย์เจียน สปริง สปอนนิง เฮอร์ริง (Norwegian spring spawning herring)โดยเก็บตัวอย่างปลาป่นบรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนตด้วยพลาสติกเป็นเวลา 1 ปีซึ่งจะมีการแปรอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และบรรยากาศที่บรรจุ เป็น 4 สภาวะ สภาวะที่ 1 .1 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ 30±5 ^{0}ซ ความชื้นสัมพัทธ์60±5% เก็บในบรรยากาศของแก๊สไนโตรเจน สภาวะที่ 1.2 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ 30±5 ^{0}ซ ความชื้นสัมพัทธ์60±5% เก็บในบรรยากาศปกติ สภาวะที่ 2.1 ตู้เย็นที่อุณหภูมิ 1-5 ^{0}ซ เก็บในบรรยากาศของแก๊สไนโตรเจน สภาวะที่ 2.2 ตู้เย็นที่อุณหภูมิ 1-5^{0}ซ เก็บในบรรยากาศปกติ จากนั้นได้นำตัวอย่างปลาป่นมาวิเคราะห์สมบัติต่าง ๆทั้งทางกายภาพ เคมีและจุลินทรีย์เพื่อความปลอดภัยของการบริโภค ผลการศึกษาพบว่าสามารถเก็บปลาป่นได้ในทุกสภาวะเป็นเวลา 1 ปี โดยสีและลักษณะของปลาป่นไม่มีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด แสดงว่าถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนตด้วยพลาสติกเหมาะสมกับการเก็บปลาป่นและสามารถเก็บปลาป่นได้ทั้งที่อุณหภูมิในตู้เย็นและที่อุณหภูมิ 30±5 ^{0}ซ ทั้งในบรรยากาศปกติ หรือการบรรจุในบรรยากาศของแก๊สไนโตรเจน นอกจากนั้นได้ศึกษาสภาวะการเก็บผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวจากปลาป่น 2 ชนิดได้แก่ ทองพับและสแน็ก ทองพับบรรจุถุงพลาสติกโพลิโพรพิลีน (พีพี) และกล่องโพลิไวนิลคลอไรด์ (พีวีซี) สแน็กบรรจุถุงโอเรียนเทดโพลิโพรพิลีนลามิเนตด้วยโพลิโพรพิลีน (โอพีพี/พีพี) และถุงโอเรียนเทดโพลิโพรพิลีนลามิเนตด้วยโพลิเอทิลีน และเมทาไลซ์โพลิเอสเทอร์ (โอพีพี/พีอี/เอ็มพีเอส) เก็บในตู้เย็นอุณหภูมิ 1-5^{0}ซ โดยวิเคราะห์สมบัติต่าง ๆ และการยอมรับของผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีประเมินทางประสาทสัมผัส (sensory evaluation) ผลการศึกษาพบว่าทองพับเก็บได้ เป็นเวลา 3 เดือนและสแน็ก เก็บได้ เป็นเวลา 6 เดือน การยอมรับของทองพับ และสแน็ก อยู่ในเกณฑ์พอใช้ ผลสำเร็จของกิจกรรมนี้จะทำให้โครงการบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับสภาวะการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหารอื่นๆได้อีกด้วย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	i
สารบัญ	ii
สารบัญตาราง	iv
สารบัญรูป	v
1. บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	4
1.3 ขอบเขต	4
1.4 ระยะเวลาดำเนินการ	4
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ	4
2. วารสารปริทัศน์	5
2.1 กรรมวิธีการผลิตปลาป่นในประเทศไทย	5
2.2 กรรมวิธีการผลิตปลาป่นในต่างประเทศ	9
2.3 องค์ประกอบทางเคมีของปลาป่น	10
2.4 ผลิตภัณฑ์ปลาป่นที่ผลิตในประเทศไทย	16
2.5 ผลิตภัณฑ์จากปลาป่นในต่างประเทศ	17
2.6 ความสัมพันธ์ของภาชนะบรรจุกับการถนอมอาหาร	17
2.7 ปัจจัยที่ทำให้อาหารเกิดการเสื่อมสภาพ	18
2.8 การศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหาร	20
2.9 น้ำกับอายุการเก็บของอาหาร	21
2.10 ภาชนะบรรจุที่ยืดหยุ่นได้กับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์	22
2.11 ภาชนะบรรจุที่ยืดหยุ่นและมีรูพรุนจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์	23
3. วัสดุ เครื่องมือ อุปกรณ์ และวิธีการ	24
3.1 ตัวอย่างที่นำมาทำการศึกษาทดลอง	24
3.2 เครื่องมือ อุปกรณ์	24
3.3 สารละลายและวิธีเตรียม	24
3.4 วิธีวิเคราะห์สมบัติของปลาป่นและอาหารขบเคี้ยวจากปลาป่น	25
3.5 วิธีดำเนินการศึกษาทดลอง	26

สารบัญ

	หน้า
4. ผลการศึกษาทดลอง	28
4.1 ผลของการศึกษาหาสภาวะการเก็บของวัตถุดิบปลาป่นบรรจุในถุงพลาสติกลามิเนตด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ 4 สภาวะ	28
4.2 ผลของการศึกษาหาสภาวะการเก็บของอาหารขบเคี้ยวจากปลาป่น	28
5. วิจารณ์ผล	30
5.1 ผลของการศึกษาสภาวะการเก็บของวัตถุดิบปลาป่นบรรจุในถุงพลาสติกลามิเนตด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ 4 สภาวะ	30
5.2 ผลของการศึกษาหาสภาวะการเก็บของอาหารขบเคี้ยวจากปลาป่น	31
6. สรุป	33
7. กิตติกรรมประกาศ	34
เอกสารอ้างอิง	35

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงการใช้ปลาป่นเพื่อเลี้ยงสัตว์ต่าง ๆ	1
2	แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลของราคาปลาป่น ปริมาณการผลิต ปริมาณการนำเข้า และปริมาณการส่งออก	3
3	ชนิดของปลาป่นที่ผลิตโดยประเทศที่ส่งออกปลาป่นเพื่อจำหน่าย	9
4	คุณภาพของปลาป่นในประเทศไทย	11
5	ปริมาณสารอาหารในปลาป่นที่ได้จากแหล่งผลิตปลาป่นต่าง ๆ ที่ใช้วัตถุดิบต่าง ๆ กัน	14
6	สมบัติของปลาป่นจากนอร์เวย์พันธุ์นอร์เวย์เจียน สปริง สปอนนิง เฮอร์ริง	15
7	กรดไขมันที่มีอยู่ในปลาป่น	15
8	การซึมผ่านแก๊สออกซิเจนของฟิล์มพลาสติกต่าง ๆ	23
9	สมบัติต่าง ๆ ของปลาป่นที่เก็บไว้เดือนที่ 0,3,6,9 และ 12 ตามลำดับ	37
10	ปริมาณจุลินทรีย์ในปลาป่นที่เก็บไว้ทั้ง 4 สภาวะที่เดือน 0,3,6,9,12 ตามลำดับ	38
11	สมบัติของทองพับบรรจุถุงโพลิโพรพิลีนและบรรจุกล่องโพไวนิลคลอไรด์เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 3 เดือน	40
12	แสดงปริมาณจุลินทรีย์ในทองพับบรรจุถุงโพลิโพรพิลีนและบรรจุกล่องโพไวนิลคลอไรด์เก็บไว้เป็นเวลา 3 เดือน	40
13	สมบัติของสแน็กบรรจุถุงโอเรียนเทดโพลิโพรพิลีนลามิเนตด้วยโพลิโพรพิลีนและถุงโอ-เรียนเทดโพลิโพรพิลีนลามิเนตด้วยโพลิเอทิลีนและเมทาไลซ์โพลิเอสเทอร์ เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 6 เดือน	41
14	แสดงปริมาณจุลินทรีย์ในสแน็กบรรจุถุงโอเรียนเทดโพลิโพรพิลีนลามิเนตด้วยโพลิ-โพรพิลีนและถุงโอเรียนเทดโพลิโพรพิลีนลามิเนตด้วยโพลิเอทิลีนและเมทาไลซ์โพลิเอส-เทอร์ เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 6 เดือน	41
15	แสดงคะแนนเฉลี่ยของการทดสอบ การยอมรับของทองพับบรรจุในถุงโพลิโพรพิลีนและบรรจุกล่องโพลีไวนิลคลอไรด์กับระยะเวลาที่เก็บ	42
16	แสดงคะแนนเฉลี่ยของการทดสอบ การยอมรับของสแน็กบรรจุในถุงโอเรียนเทดโพลิ-โพรพิลีนลามิเนตด้วยโพรพิลีนและบรรจุในถุงโอเรียนเทดโพลิโพรพิลีนลามิเนตด้วยโพลิ-เอทิลีนและเมทาไลซ์โพลิเอสเทอร์ กับระยะเวลาที่เก็บ	42
17	แสดงค่า white munsell value กับค่า Y – value	46

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1	ผังภูมิแสดงขั้นตอนการผลิตปลาป่นในประเทศไทย	8
2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างภาชนะบรรจุอาหาร อาหาร ภาวะแวดล้อม และปัจจัยภายนอก	20
3	ปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ของอาหารและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์กับค่าวอเตอร์แอกติวิตี	22
4	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสี (white munsell value) กับระยะเวลาที่เก็บปลาป่น	43
5	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับระยะเวลาที่เก็บปลาป่น	43
6	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเพอร์ออกไซด์และค่า A_wที่สภาวะต่าง ๆ	44
7	ปลาป่นพร้อมส่วนผสมทำอาหารว่าง	45
8	ทองพับทำจากปลาป่นส่วนผสมต่าง ๆ	45
9	สแน็กทำจากปลาป่นส่วนผสมต่าง ๆ	45

1. บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

ประเทศไทยสามารถผลิตปลาป่นประมาณ 5 แสนตันต่อปีจากปลาเป็ด ซึ่งนับว่าเป็นโชคดีอย่างมหาศาลของประเทศเราที่มีวัตถุดิบสำคัญที่ทำให้การผลิตอาหารสำหรับสัตว์ได้คุณภาพดีและต้นทุนต่ำแข่งขันได้กับนานาประเทศ และยังเป็นแหล่งอาหารโปรตีนสำหรับพลเมืองในประเทศได้เป็นอย่างดี ซึ่งส่งผลถึงสุขภาพและพลานามัยของประชาชนทั่วไปให้อยู่ในเกณฑ์ดี เนื่องมาจากการได้รับสารอาหารที่ดีมีคุณค่าทางโปรตีนสูง เช่น เนื้อไก่ เนื้อสุกร และเนื้อปลา เป็นต้น ประเทศเราได้พัฒนาอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์จนก้าวหน้าเพียงพอต่อการบริโภคภายในประเทศ และยังสามารถส่งออกขายทำเงินตราเข้าประเทศ จากการนี้จึงกล่าวได้อย่างเต็มภาคภูมิว่าปลาป่นเป็นปัจจัยที่สำคัญตัวหนึ่งที่ทำให้อุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์ก้าวหน้ามาจนถึงปัจจุบันได้ (ตามตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 แสดงการใช้ปลาป่นเพื่อเลี้ยงสัตว์ต่าง ๆ (10)

	ประชากรสัตว์ (ล้านตัว)	ปริมาณอาหารสัตว์ที่ใช้ (ตัน)	%การใช้ปลาป่นในอาหารสัตว์	ปลาป่น (ตัน)	%การใช้กากถั่วในอาหารสัตว์	กากถั่วเหลือง (ตัน)
ไก่เนื้อ	570	1,824,000	10%	182,400	15%	273,600
ไก่พ่อแม่พันธุ์	6	270,000	5%	13,500	15%	40,500
ไก่ไข่เล็กรุ่น	10	75,000	7%	5,250	10%	7,500
ไก่ไข่ให้ไข่	24	960,000	7%	67,200	10%	96,000
สุกร	12.5	1,875,000	5%	93,750	8%	150,000
เป็ดเนื้อ	9	75,600	8%	6,050	15%	11,340
เป็ดไข่	6	390,000	6%	23,400	1.5%	5,850
กุ้ง	-	320,000	35%	112,000	10%	32,000
โคนม	0.15	164,250	0.9%	1,480	5%	8,212
ปลา	-	90,000	20%	18,000	20%	18,000
รวม		6,043,850		523,140		643,002

จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่า ปลาป่นเป็นวัตถุดิบที่สำคัญและจำเป็นที่ต้องใช้ในอาหารสัตว์ทุกชนิด มากบ้างน้อยบ้าง ตามสัดส่วน อุตสาหกรรมปลาป่นนับว่าเป็นอุตสาหกรรมต่อเนื่องและควบคู่กับอาชีพประมง โดยการนำเอาวัตถุดิบประเภทปลาเป็ด หรือปลาเบญจพรรณขนาดเล็กที่คนไม่นิยมบริโภค และเศษปลาต่าง ๆ ที่เหลือจากอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารทะเลประเภทอื่น ๆ เช่น อุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่-แข็ง อุตสาหกรรมอาหารทะเลกระป๋อง ในปัจจุบันนี้ปลาป่นที่ผลิตได้ส่วนใหญ่นำมาทำเป็นส่วนประกอบ

สำคัญของอาหารสัตว์ จากข้อมูลของสมาคมปลาป่น ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2533 ถึง พ.ศ. 2543 (ตารางที่ 2) ประเทศไทยมีปริมาณการผลิตปลาป่นจากปลาเป็ดปีละประมาณ 5 แสนตัน ปริมาณการผลิตส่วนใหญ่เพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ภายในประเทศ และเพื่อส่งออกปีละประมาณ 2.5 หมื่นตัน แต่ในปัจจุบันราคาปลาป่นในประเทศจะสูงกว่าราคาในตลาดโลกส่งผลให้การส่งออกปลาป่นของไทยในช่วงที่ผ่านมามีแนวโน้มลดลง ทำให้ผู้ประกอบการต้องขายปลาป่นให้กับจีนในราคาขาดทุนกิโลกรัมละ 3 บาท เพื่อดึงราคาปลาป่นในประเทศให้เพิ่มขึ้นจากกิโลกรัมละ 12.7 บาท เป็น 17 บาท

ในขณะนี้ไม่มีการวิจัยเพื่อนำปลาป่นมาผลิตเพื่อการบริโภคในประเทศไทยเลย มีแต่การวิจัยในต่างประเทศ เช่น ประเทศนอร์เวย์ ฝรั่งเศส และเนเธอร์แลนด์ เป็นต้น ถ้าได้มีการพัฒนาปลาป่นสำหรับการบริโภคจะเป็นประโยชน์ต่อประชาชนเพราะปลาขนาดใหญ่ซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนตามธรรมชาติมีจำนวนจำกัดและเริ่มขาดแคลน ดังนั้นจึงได้มีการดำเนินโครงการวิจัยร่วมกันระหว่างรัฐบาลไทยกับรัฐบาลนอร์เวย์โดยกรมประมง และ Norwegian Herring Oil and Meal Industry Research Industry Institute กับสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล ซึ่งเป็นโครงการ 5 ปีเริ่มตั้งแต่ พ.ศ. 2539 โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

- เพื่อพัฒนาการผลิตปลาป่นที่มีคุณภาพ กลิ่น และรส ดี เมื่อเทียบกับปลาป่นที่ผลิตโดยวิธีดั้งเดิม
- เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์จากปลาป่นให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะคล้ายปลาเค็ม/ปลารมควันแห้ง (salted/smoke dried fish)
- นำปลาป่นจากประเทศนอร์เวย์มาทำเป็นอาหารพื้นเมืองต่างๆ หรือใช้เป็นส่วนผสมของอาหารไทย
- ศึกษาคุณภาพและอายุการเก็บของปลาป่นและผลิตภัณฑ์จากปลาป่น
- ศึกษาคุณค่าอาหารและปัจจัยที่มีผลต่อสุขภาพของปลาป่นสำหรับหญิงมีครรภ์ หญิงให้นมบุตรและเด็กเล็ก
- นำปลาป่นจากนอร์เวย์มาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อผสมในผลิตภัณฑ์อาหาร หรืออาหารที่ใช้บริโภคประจำวัน
- วิจัยและพัฒนาเพื่อผลิตปลาป่นพร้อมทั้งนำไปเผยแพร่ให้นำไปบริโภคเพื่อปรับปรุงภาวะโภชนาการของพลเมืองไทยซึ่งเป็นโครงการต่อเนื่องในระยะยาว

กิจกรรมในสองข้อแรกดำเนินการโดยประเทศนอร์เวย์ นอกนั้นดำเนินการโดยประเทศไทย และเนื่องจากกลุ่มงานเทคโนโลยีอาหาร 2 กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพมีความชำนาญเกี่ยวกับสมบัติของภาชนะบรรจุอาหาร และได้มีการบริการวิเคราะห์/งานวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับภาชนะบรรจุเป็นเวลา ประมาณ 20 ปี จึงเห็นว่าจะมีประโยชน์อย่างยิ่งในการร่วมศึกษาในโครงการดังกล่าวของกิจกรรมในเรื่องศึกษาคุณภาพและอายุการเก็บของปลาป่นและผลิตภัณฑ์จากปลาป่นอันจะทำให้โครงการนี้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อประเทศชาติในอนาคต

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลของราคาปลาป่น ปริมาณการผลิต ปริมาณการนำเข้า และปริมาณการส่งออก (10)

ปี	ราคาปลาป่นเฉลี่ย (บาท/กก)	ราคาปลาเป็ดเฉลี่ย (บาท/กก)	ปริมาณการผลิต (หน่วย/ตัน)	ปริมาณการนำเข้า (หน่วย/ตัน)	ปริมาณการส่งออก (หน่วย/ตัน)	ปริมาณการใช้ (หน่วย/ตัน)
2533	13.97	2.39	410,612.00	15,900.00	13,051.00	444,470.00
2534	14.20	2.58	460,000.00	39,505.36	6,906.43	490,162.00
2535	14.36	2.50	485,000.00	52,476.78	467.42	523,190.50
2536	15.26	2.67	512,000.00	127,568.99	579.20	554,231.50
2537	13.76	2.45	581,000.00	200,866.99	310.71	773,532.50
2538	14.46	2.65	586,500.00	177,129.65	-	804,341.90
2539	15.88	3.16	575,250.00	164,583.64	-	861,862.90
2540	17.22	3.42	603,115.00	68,686.64	-	561,264.00
2541	20.71	3.89	640,473.00	11,220.85	19,985.63	500,230.90
2542	16.16	3.42	501,027.00	76,737.98	3,150.91	444,702.20
2543	14.16	2.59	500,000.00	10,991.28	3,824.48	467,277.90

หมายเหตุ

ปริมาณการผลิต - ที่มา / จากการประมาณการของสมาคมผู้ผลิตปลาป่นไทยปี พ.ศ. 2543

ปริมาณการนำเข้า - ปี พ.ศ. 2543 (มค.-มิย.)
ที่มา / กองสินค้าทั่วไป 1 – กรมการค้าต่างประเทศ

ปริมาณการใช้ - ที่มา / สมาคมผู้ผลิตอาหารสัตว์ไทย

ปริมาณการส่งออก - ปี พ.ศ. 2543 (มค.-มิย.)
ที่มา / กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์

ราคาปลาป่น - ปี พ.ศ. 2543 (มค.-มิย.)
ที่มา / บริษัทกรุงเทพโปร์ดิวส์ จำกัด (มหาชน)

ราคาปลาเป็ด - ปี พ.ศ. 2543 (มค.-มิย.)
ที่มา / สอบถามจากสมาชิกสมาคมผู้ผลิตปลาป่นไทย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาหาสภาวะการเก็บของปลาป่นจากประเทศนอร์เวย์ ซึ่งนำมาใช้ทำเป็นผลิตภัณฑ์อาหารโดยศึกษาตัวแปรต่าง ๆ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และ บรรยากาศที่บรรจุ

1.2.2 เพื่อศึกษาคุณภาพของวัตถุดิบปลาป่นและผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวจากปลาป่น ทั้งทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ เพื่อความปลอดภัยในการบริโภค

1.3 ขอบเขต

การวิจัยครั้งนี้จะดำเนินการวิจัยโดยใช้วัตถุดิบปลาป่นพันธุ์ นอร์เวย์เจียน สปริง สปอนนิง เฮอร์ริง ผลิตโดย Norwegian Herring Oil and Meal Industry Research Institute ประเทศนอร์เวย์เท่านั้น

1.4 ระยะเวลาดำเนินการ

โครงการศึกษาสภาวะการเก็บของปลาป่นและผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวจากปลาป่นใช้เวลาดำเนินการ 2 ปี ตั้งแต่ ตุลาคม พ.ศ. 2540 – ตุลาคม พ.ศ. 2542

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.5.1 นำผลการศึกษาสภาวะที่เก็บวัตถุดิบปลาป่นและผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวจากปลาป่นจากประเทศนอร์เวย์มาประยุกต์ใช้กับปลาป่นที่ผลิตในประเทศไทย

1.5.2 นำข้อมูลที่ได้มาพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากปลาป่นตามความต้องการของผู้บริโภคพร้อมทั้งศึกษาสภาวะที่เก็บและการยอมรับของผู้บริโภค

1.5.3 นำข้อมูลจากการศึกษาทดลองไปเผยแพร่เพื่อสนับสนุนให้ประชาชนได้บริโภคอาหารที่มีโปรตีนสูง และเป็นแนวทางแก้ไขภาวะราคาปลาป่นตกต่ำ

2. วารสารปริทัศน์

เนื่องจากทางภาคใต้และภาคตะวันออกของประเทศไทย ติดกับชายฝั่งมหาสมุทรอินเดียและมหาสมุทรแปซิฟิค ดังนั้น อาชีพประมงจึงเป็นอาชีพหลักอย่างหนึ่งของคนไทยทางภาคใต้ ปัจจุบันมีเรือประมงของไทยเป็นจำนวนมาก พร้อมด้วยอุปกรณ์อันทันสมัยออกทำการจับปลาในทะเลเป็นเวลาหลายวัน จึงกลับเข้าฝั่ง เพื่อนำปลาสดขึ้นสู่ตลาด ปริมาณปลาสดที่นำมาจำหน่ายในแต่ละวัน จึงมีปริมาณมากเกินกว่าความต้องการสำหรับการบริโภคภายในประเทศ ดังนั้นจึงมีการคัดเลือกปลาขนาดใหญ่ที่เหมาะสำหรับใช้บริโภค แล้วแช่เย็นส่งไปจำหน่ายยังท้องถิ่นที่อยู่ห่างไกลหรือต่างประเทศ ส่วนปลาขนาดเล็กซึ่งไม่เหมาะที่จะใช้บริโภค จะจำหน่ายเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ต่าง ๆ เช่น เป็ด ไก่ หมู ปลาดุก อย่างไรก็ตามปริมาณปลาขนาดเล็กใช้เป็นอาหารสัตว์นี้ยังมีมากเกินความต้องการของท้องถิ่นใกล้เคียง การแช่เย็นและขนส่งไปยังที่ที่ห่างไกลย่อมไม่คุ้มค่า ด้วยเหตุนี้จึงได้เกิดอุตสาหกรรมผลิตปลาป่นขึ้นซึ่งเป็นการแปรรูปวัตถุดิบเหลือใช้ให้เป็นอาหารโปรตีนที่ทรงคุณค่า และสามารถเก็บไว้ได้นาน

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมปลาป่นเป็นอุตสาหกรรมอีกประเภทหนึ่งที่มีบทบาทต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย สามารถส่งออกปลาป่นไปจำหน่ายยังต่างประเทศเป็นมูลค่านับร้อยล้านบาทในแต่ละปี อุตสาหกรรมปลาป่นยังช่วยอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องด้วย เช่น อุตสาหกรรมอาหารสัตว์ อุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์ ปลาป่นเป็นผลิตผลจากการประมงที่มีการส่งออกเมื่อ 20 กว่าปีมานี้มีความสำคัญในการส่งออกเป็นสำคัญติดต่อกันมาหลายปี ประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกปลาป่นที่สำคัญรายหนึ่งของโลก (9)

อุตสาหกรรมผลิตปลาป่นขยายตัวอย่างรวดเร็ว ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2517 เนื่องจากความต้องการของตลาดทั้งภายในและภายนอกประเทศสูง ปัจจุบันจากข้อมูลของสมาคมผู้ผลิตปลาป่นไทย ประเทศไทยมีโรงงานผลิตปลาป่น 77 โรงงาน นอกจากนี้ยังมีการผลิตปลาป่นแบบอุตสาหกรรมในครอบครัวซึ่งไม่มีสถิติการผลิตที่แน่นอนโรงงานส่วนมากอยู่ตามชายฝั่งทะเลทั้งด้านตะวันตก และตะวันออก ได้แก่จังหวัดระนอง สงขลา ชุมพร ประจวบคีรีขันธ์ ภูเก็ต ตรัง จันทบุรี ตราด สมุทรสงคราม สมุทรสาคร มีกำลังการผลิตปลาป่น 80-160 ตันต่อวัน เนื่องจากกรรมวิธีการผลิตปลาป่นเป็นแบบง่าย ๆ การควบคุมระบบไม่จำเป็นต้องอาศัยวิศวกร โรงงานส่วนมากจึงก่อสร้างโดยขาดหลักวิชาการไม่มีการบำรุงรักษาเครื่องจักร ไม่มีการควบคุมคุณภาพ ทำให้ประสิทธิภาพของโรงงานลดลง

2.1 กรรมวิธีการผลิตปลาป่นในประเทศไทย

ครั้งแรกการทำปลาป่นส่วนใหญ่เป็นการทำอุตสาหกรรมแบบภายในครอบครัว เครื่องมือเครื่องใช้เป็นไปอย่างชนิดธรรมดา คือ มีเตา กระทะ สำหรับต้มปลาให้สุก และแผงสำหรับตากปลาที่ต้มสุกแล้ว เมื่อปลาที่ตากแดดแห้งแล้วก็จะนำมาบดจนละเอียดเป็นปลาป่น ปลาที่ผลิตได้ใช้เป็นส่วนผสมของอาหารไก่แต่อย่างเดียวในสมัยนั้น ต่อมาในสมัยหลัง ๆ การทำปลาป่นได้วิวัฒนาการเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ จากการผลิตภายในครอบครัวมาเป็นการผลิตในโรงงาน เครื่องไม้ เครื่องมือที่ผลิตเป็นเครื่องจักรล้วน ทำการ

ผลิตปลาป่นได้กว้างขวางและมากขึ้น รวดเร็วขึ้น มีคุณภาพดีขึ้นด้วย ปลาป่นเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำปลาเป็ดและปลาหลังเขียวมาผ่านกระบวนการแปรรูปโดยมีกรรมวิธีแปรรูป 2 ลักษณะ (4) คือ

2.1.1 **การผลิตแบบบีบน้ำ** โดยการนำปลาสดมาต้มให้สุกแล้วบีบน้ำออกและอบให้แห้ง จากนั้นจึงนำไปป่น ซึ่งปัจจุบันวิธีการผลิตแบบนี้ไม่เป็นที่นิยม เพราะมีกรรมวิธีการผลิตที่ยุ่งยากและมีปัญหาเรื่องของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตและต้องปล่อยทิ้งออกมา โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำเสียจะมีกลิ่นเหม็นมาก กระทบกระเทือนต่อผู้อยู่อาศัยข้างเคียงโรงงาน นอกจากนี้ปลาป่นที่ผลิตได้ยังมีระดับโปรตีนต่ำอีกด้วย

2.1.2 **การผลิตแบบอบแห้ง** โดยการนำปลาสดมาสับให้ละเอียด จากนั้นจึงนำไปต้มในหม้อต้ม แล้วจึงนำเข้าหม้อกวนเพื่อตีปลาให้ละเอียด เมื่อกวนเสร็จแล้วจึงนำเข้าหม้ออบเมื่ออบเรียบร้อยก็จะส่งเข้าเครื่องโม่ ผลที่ได้ก็จะเป็นปลาป่น ปัจจุบันการผลิตแบบนี้เป็นที่นิยมเพราะสะดวกและได้ผลผลิตที่มีคุณค่าทางโปรตีนสูง ประมาณร้อยละ58-65 ให้ไขมันไม่มากกว่าร้อยละ 12 (7)

การผลิตปลาป่นในประเทศไทยและประเทศใกล้เคียงซึ่งอยู่ในเขตร้อน ปลาที่ใช้เป็นวัตถุดิบมีปริมาณไขมันต่ำจึงนิยมใช้เครื่องจักรระบบระเหยจนแห้ง ผิดกับการผลิตในประเทศอื่น ๆ ในเขตหนาว เช่น ญี่ปุ่น ยุโรป และอเมริกา ซึ่งมีกรรมวิธีการผลิตที่ยุ่งยากซับซ้อนมากกว่าประเทศไทยมาก การให้ความร้อนในการระเหยน้ำจากปลาสดในการผลิตปลาป่นนั้นมีการใช้สารต่าง ๆ ในการนำความร้อนจากเตาผลิตความร้อนไปยังเครื่องจักรต่าง ๆ ของระบบการผลิตที่ใช้กันอยู่ทั่วไปมี 3 ชนิดคือ (5)

- ไอน้ำ
- ลมร้อน
- น้ำมันร้อน

สารนำความร้อนทั้ง 3 ชนิด มีคุณลักษณะแตกต่างกัน การนำมาใช้จึงขึ้นอยู่ที่ความประสงค์ของผู้ออกแบบและของผู้ใช้ร่วมกัน ผู้ใช้ย่อมมีทางเลือกที่จะใช้สารอะไรก็ได้ในการนำความร้อนเพื่อความสะดวก ปลอดภัย ค่าใช้จ่ายต่ำ และต้องไม่ทำให้เครื่องจักรต้องสึกหรอและชำรุดเร็วเกินไป

โดยหลักการในการผลิตปลาป่นเราจะต้องรักษาสมบัติเดิมของปลาสดมีแต่น้ำเท่านั้นที่ต้องระเหยออก กรรมวิธีผลิตปลาป่นของเราเป็นวิธีที่ไม่ต้องแยกเอาน้ำมันในตัวปลาออก กรรมวิธีผลิตจึงเป็นวิธีที่ง่ายไม่ยุ่งยากอย่างปลาประเภทที่มีน้ำมันในประเทศที่อยู่ในเขตหนาว รายละเอียดการผลิตปลาป่นมีดังนี้ ปลาสดที่ซื้อมาจะนำมาเทรวมกันในบ่อปลาสด ซึ่งทำเป็นลานซีเมนต์มีคนงานคอยตักปลาสดใส่สายพานเกลียวตัวหนอน ปลาสดจะถูกลำเลียงขึ้นหม้ออบใบที่ 1 ซึ่งมีลักษณะเป็นถังทรงกระบอกวางตามแนวนอน ตรงกลางมีเกลียวตัวหนอนหมุนอยู่ตลอดเวลา ทำหน้าที่ส่งปลาให้เคลื่อนที่จากด้านหนึ่งของถังไปยังอีกด้านหนึ่ง ขณะเดียวกัน ภายในเกลียวตัวหนอนจะมีไอน้ำเป็นตัวให้ความร้อน ซึ่งความร้อนจะไปอบปลาให้แห้งลง เมื่อปลาเคลื่อนที่จนสุดหม้ออบก็จะตกลงบนสายพานนำปลาไปเข้าหม้ออบใบที่ 2 ต่อไป ทำเช่นนี้เรื่อย ๆ จนกระทั่งปลาแห้งสนิท (ความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 ของน้ำหนักแห้ง) ซึ่งโดยปกติจะใช้หม้ออบ

5 ใบ ต่อเรียงกันเป็นอนุกรม จากนั้นนำปลาแห้งเข้าเครื่องโม่เพื่อบดให้ละเอียดแล้วบรรจุใส่ถุงเพื่อส่งจำหน่ายต่อไป (ตามแผนภูมิ) (รูปที่1)

สำหรับปลาเป็ดและปลาหลังเขียวที่เป็นวัตถุดิบในการผลิตนั้น ในแต่ละปีสามารถจับได้ประมาณ 1,200,000 ตัน ตามปกติปลาป่น 1 กิโลกรัมจะใช้ปลาสดเป็นวัตถุดิบประมาณ 3.5 – 4.0 กิโลกรัม ดังนั้นในแต่ละปีโรงงานกว่า 70 แห่ง จะสามารถผลิตปลาป่นได้ประมาณ 400,000 – 600,000 ตัน และคาดว่าในปี พ.ศ. 2543 จะสามารถผลิตปลาป่นได้ประมาณ 500,000 ตัน (4,10)

ผลิตภัณฑ์ปลาป่นพอจะจำแนกออกได้เป็น 2 ชนิด คือ ปลาป่นจืดสกัดน้ำมันที่มีโปรตีนสูง คือ มีโปรตีนในสัดส่วนร้อยละ 50-60 และปลาป่นจืดธรรมดาที่มีโปรตีนต่ำกว่าร้อยละ 50-60 ผลผลิตที่แตกต่างกันนี้มีสาเหตุสำคัญมาจากคุณภาพของวัตถุดิบ รวมถึงเวลาที่ใช้ในการอบที่แตกต่างกันคือ ปลาป่นจืดสกัดน้ำมันจะใช้เวลาในการอบนานกว่าปลาป่นจืดธรรมดาเพื่อให้น้ำมันที่มีอยู่ในปลาป่นระเหยออกไป นอกจากมีโปรตีนสูงแล้วข้อดีอีกประการหนึ่งของปลาป่นจืดสกัดน้ำมันก็คือ สามารถเก็บไว้ได้นานโดยไม่มีกลิ่นเหม็นหืน (6)

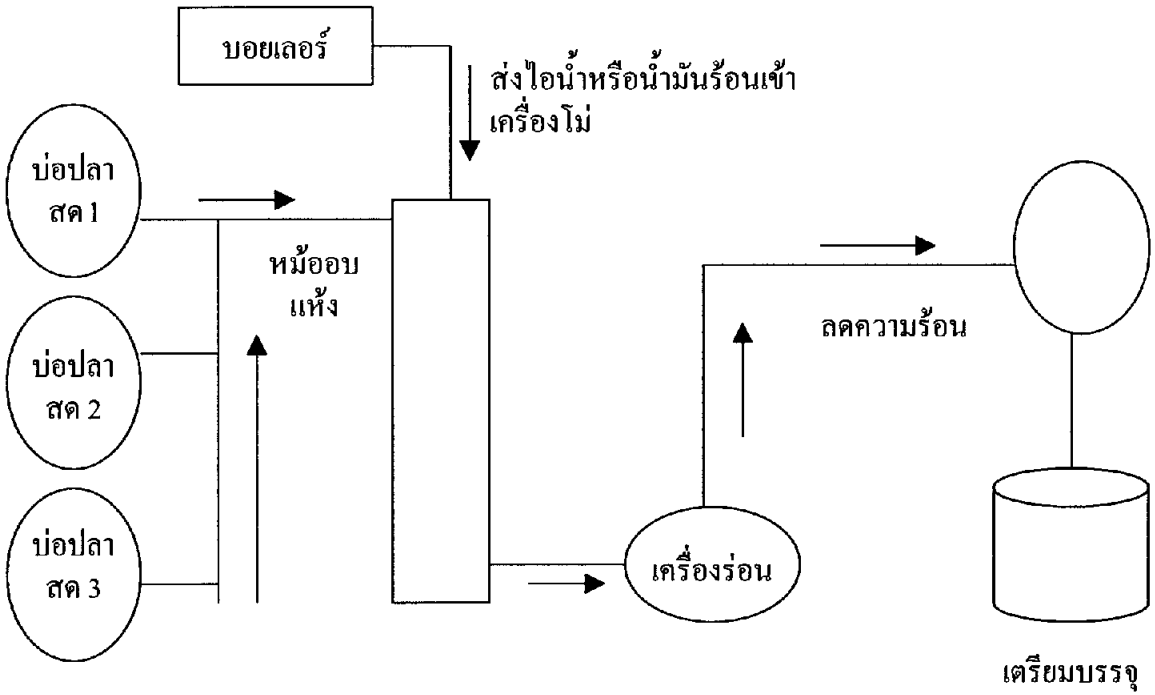
เมื่อ 5-6 ปีก่อนตลาดปลาป่นไม่ได้ให้ความสนใจกับปลาป่นคุณภาพสูงมากนัก เพราะโรงงานอาหารสัตว์ผลิตแต่อาหารของไก่และสุกรเป็นส่วนใหญ่ ปลาป่นที่ใช้ส่วนใหญ่มีโปรตีนระหว่าง ร้อยละ 55-60 แต่เมื่อการเลี้ยงกุ้งขยายตัวขึ้นอาหารกุ้งต้องมีอัตราโปรตีนสูงปลาป่นคุณภาพสูงมีโปรตีนสูงกว่าร้อยละ 63 จึงเข้ามามีบทบาทในวงการอาหารสัตว์ ตามความเป็นจริงแล้วประเทศไทยสามารถผลิตปลาป่นคุณภาพสูงได้ถึงร้อยละ 30 ของปริมาณปลาป่นที่ผลิตได้นั่นคือ จะมีปลาป่นคุณภาพสูงที่มีโปรตีนเกินร้อยละ 60 ไม่น้อยกว่า 1 แสนตันต่อปี

สำหรับการผลิตปลาป่นในประเทศไทยส่วนมากผลิตได้ปลาป่นที่มีระดับโปรตีน ค่อนข้างต่ำ เพราะใช้ปลาสดที่ได้จากอวนลากซึ่งเป็นปลาหน้าดินที่มีขนาดเล็กและมีสิ่งเจือปนมาก เช่น เศษปู เศษหอย ดิน โคลน ทราย และอื่น ๆ นอกจากนี้ปลาสดที่ชาวประมงนำส่งเข้าโรงงานยังมีคุณภาพต่ำ เนื่องจากวิธีการเก็บรักษาไม่ดีเท่าที่ควรเช่น ใช้น้ำแข็งในการเก็บรักษาน้อยเกินไปทำให้ปลาเน่าเสีย เมื่อนำเข้าป่นและอบ ผลผลิตที่ได้จึงมีคุณภาพไม่ได้มาตรฐานแล้ว ถ้ามีการร่วมมือกันอย่างจริงจังระหว่างชาวประมง โรงงานปลาป่น และนักวิชาการที่จะช่วยกันทำให้คุณภาพของวัตถุดิบ และปลาป่นมีคุณภาพดีขึ้นกว่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบันนี้

รูปที่ 1 ผังภูมิแสดงขั้นตอนการผลิตปลาป่นในประเทศไทย

1. วัตถุดิบจากการประมง
   - อวนลาก
   - โรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำ

2. เข้าสู่กระบวนการผลิตปลาป่น



3. นำไปผลิตต่อในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์สำเร็จรูป หรือใช้เป็นอาหารสัตว์ในฟาร์มสุกร ไก่ ปลา

2.2 กรรมวิธีการผลิตปลาป่นในต่างประเทศ

ประเทศที่ผลิตปลาป่นรายใหญ่ของโลก ได้แก่ เปรู ชิลี นอร์เวย์ สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น ไอซ์-แลนด์ เดนมาร์ก อาฟริกาใต้ ประเทศไทย รัสเซีย สำหรับผู้ส่งออกปลาป่นรายใหญ่ของโลกในปัจจุบันนี้ ได้แก่ ประเทศเปรู ชิลี รัสเซีย ผลผลิตปลาป่นปี พ.ศ.2536 เท่ากับ 6.2 ล้านตัน และปริมาณส่งออกเป็น 3.6 ล้านตัน มีการผลิตปลาป่นเพื่อบริโภคและทำเป็นอาหารสัตว์ทางการค้าในหลายประเทศ ได้แก่ ประเทศนอร์เวย์ เนเธอร์แลนด์ สหรัฐอเมริกา เยอรมัน รัสเซีย ญี่ปุ่น เปรู และชิลี เป็นต้น ปลาที่ใช้ผลิตปลาป่นในประเทศยุโรป ได้แก่ เฮอร์ริง แคเพลิน แอนโชวี พิลชาร์ด ตามตารางที่ 3 (17)

ตารางที่ 3 ชนิดของปลาป่นที่ผลิตโดยประเทศที่ส่งออกปลาป่นเพื่อจำหน่าย

ประเทศ	ชนิดของปลาป่น
สหรัฐอเมริกา	เมนเฮเดน และ พอลล็อก
แคนาดา	เฮอร์ริง
เปรู	แอนโชวี
ชิลี	แอนโชวี
อาฟริกาใต้	พิลชาร์ด
นอร์เวย์,ไอซ์แลนด์	เฮอร์ริง และ แคเพลิน
ญี่ปุ่น	ซาร์ดีน

คุณภาพของปลาป่นขึ้นกับปริมาณโปรตีนซึ่งเดิมมีความแตกต่างกันมากของประเทศส่งออก แต่ปัจจุบันประเทศเหล่านี้ได้พยายามปรับปรุงคุณภาพของปลาป่นโดยเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตและเครื่องจักรที่ใช้ เช่น ประเทศนอร์เวย์มีการผลิตปลาป่นจากปลาขนาดใหญ่ที่มีไขมันสูง เช่น เฮอร์ริง แซลมอน เทราต์ แมกเคเรล เป็นต้น โดยใช้สารนำความร้อนต่าง ๆ กัน ระบบไอน้ำสามารถผลิตปลาป่นมีโปรตีนโดยเฉลี่ย สูงถึงร้อยละ 70 หรือใช้เครื่องจักรในการผลิตต่าง ๆ เช่น เครื่องให้ความร้อนแบบลูกกลิ้ง (rotary dryer) เครื่องพ่นฝอย (spray-drying) ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน เพื่อศึกษาวิธีการผลิตปลาป่นให้ได้คุณค่าทางโภชนาการสูง หรือโดยใช้ ฮีท เอ็กซ์เชนเจอร์ (heat exchanger)แบบต่อเนื่อง 3 ขั้นตอนผลิตโดยบริษัทอัลฟา-ลาวาล ประเทศสวีเดน โดยที่หม้อต้มเป็นหม้อทรงสูงทำให้เนื้อปลาร้อนจาก 5-95 ^{0}ซ ภายในเวลา 30 วินาที การใช้เวลาอันสั้นทำให้คุณค่าทางอาหารสูญเสียไปน้อย และยังมีการใช้เครื่อง อัลฟา-ลาวาล ผลิตปลาป่นสำหรับบริโภคในประเทศอื่น ๆ ในยุโรป นอกจากนั้นในประเทศนอร์เวย์ยังมีการผลิตปลาป่นโดยกระบวน-การต่าง ๆ กันเช่น การนำเนื้อปลาที่สุกมาบีบแล้วแยกน้ำออก หลังจากนั้นนำน้ำไปปั่นให้ได้ความเข้มข้นที่

เหมาะสมแล้วนำไปผสมกับเนื้อปลาขณะตากแห้ง บดเนื้อปลาแล้วนึ่งด้วยไอน้ำแล้วนำไปตากแห้งด้วยตู้อบลมร้อนจะได้ปลาป่นที่มีโปรตีนที่ย่อยง่ายและสีดี หรือมีการผลิตปลาป่นและน้ำมันปลาจากปลาเฮอร์ริง และปลาแมกเคเรล (19)

ประเทศเนเธอร์แลนด์มีการผลิตปลาป่นสำหรับบริโภค (food–grade fish meals) เข้าเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ จะได้โปรตีนลักษณะเป็นเส้นใยเหมาะแก่การบริโภค ประเทศเยอรมันมีการผลิตปลาป่นโดยการทำเนื้อปลาให้แห้งด้วยลูกกลิ้งร้อน (drum drier) และกระบวนการตากแห้งแบบหลายขั้นตอน (multi-stage drying) เพื่อให้ได้ความชื้นที่สม่ำเสมอตามต้องการ(19)

ในประเทศรัสเซียมีการผลิตปลาป่นจากปลาเล็กเช่น แอนโชวี และปลาซาร์ดีนโดยการนำปลามาบดและต้มในน้ำหรือไอน้ำที่อุณหภูมิ 100-105 ^{0}ซ ล้างด้วยน้ำ เอาเครื่องใน หนังและเกล็ดออกบีบน้ำออก ใช้เครื่องหมุนเหวี่ยงตากแห้งแล้วเอาไปร่อน ในประเทศชิลีมีการผลิตปลาป่น โดยใช้ลูกกลิ้งหมุน(rotary dryer) เพื่อให้เนื้อปลาสัมผัสกับความร้อนโดยตรง ที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน จะได้ปลาป่นความชื้นร้อยละ 21.2, 38.8, 0.07 ขึ้นกับอุณหภูมิของอากาศที่ใช้ นอกจากนั้นในประเทศชิลีมีการผลิตน้ำมันปลาและปลาป่นจากปลาแซลมอน และปลาเทร้าต์เพื่อส่งออกไปจำหน่ายที่ญี่ปุ่น และอเมริกาเหนือ(19)

ในประเทศญี่ปุ่นมีการผลิตปลาป่นชนิดโปรตีนสูง โดยใช้เนื้อปลาทำปฏิกิริยากับเอ็นไซม์ - โพรทีเอส ร้อยละ 0.001-1.0 ที่อุณหภูมิ 45-75 ^{0}ซ เป็นเวลา 40-50 นาที สารละลายที่ได้จะแยกออกเป็นของเหลวและของแข็งเพื่อทำปลาป่นและน้ำมันปลา นอกจากนี้ยังมีการผลิตปลาป่นในประเทศอาฟริกาใต้ อาร์-เจนติน่า เดนมาร์ก เปรู ไอซ์แลนด์ โปแลนด์ อินเดีย (18)

2.3 องค์ประกอบทางเคมีของปลาป่น

ปลาป่นนิยมผลิตเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์เป็นส่วนใหญ่ เพราะมีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายอยู่พร้อมมูล โดยเฉพาะกรดอะมิโนไลซีน ซึ่งอาหารสัตว์ที่ผลิตจากพืชไม่มี แต่โปรตีนในปลาป่นอาจเสื่อมคุณภาพได้ถ้ามีความชื้นมากกว่าร้อยละ 12 หรือเกิดการเหม็นหืนถ้ามีไขมันมากกว่าร้อยละ 15 อย่างไรก็ตามการเสื่อมคุณภาพก็อาจจะเกิดขึ้นได้ถ้าเก็บปลาป่นไว้ในที่ชื้นหรือใกล้ความร้อนอันจะส่งผลในการเร่งปฏิกิริยาทางเคมีของไขมันให้เร็วขึ้น ทำให้เกิดการเหม็นหืนเร็ว (10)

การใช้ปลาป่นมาทำอาหารผสมสำเร็จรูปในงานเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำนิยมทำกันมานานแล้วในต่างประเทศ เพราะขนส่งสะดวก เก็บรักษาง่ายในระยะยาว และปลอดภัยต่อแหล่งน้ำ สำหรับประเทศไทยกำลังเพิ่มความนิยมขึ้นเรื่อย ๆ กอร์ปกับประเทศไทยมีโรงงานปลาป่นอยู่ถึง 77 โรงงาน ผลิตปลาป่นเป็นสินค้าออกที่ทำรายได้ให้ประเทศไม่น้อย แต่มีปัญหาเรื่องคุณภาพของปลาป่นไทยยังด้อยกว่าประเทศส่งออกประเทศอื่น ส่วนประกอบของปลาป่นแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 คุณภาพของปลาป่นในประเทศไทย (10)

ส่วนประกอบหลัก	**ปริมาณ (ร้อยละ)**
โปรตีน	50-68
ไขมัน	5-12
ความชื้น	8-10
เถ้า	15-27
เกลือ + ทราย	3-5
ส่วนประกอบย่อย	**ปริมาณ**
กรดอะมิโน	กรัม / กิโลกรัม (น้ำหนักแห้ง)
ไลซีน	54.02
เมไทโอนีน	18.54
อาร์จินีน	48.62
ฮิสติดีน	18.11
ซีสตีน	8.51
ทริปโตเฟน	7.89
ฟีนิลอะลานีน	25.64
ลิวซีน	54.26
ทรีโอนีน	30.46
วาลีน	36.55
ไอโซ-ลิวซีน	31.39
ไทโรซีน	30.75

ตารางที่ 4 คุณภาพของปลาป่นในประเทศไทย (10) ต่อ

แร่ธาตุ	กรัม / กิโลกรัม (น้ำหนักแห้ง)
แคลเซียม	55
ฟอสฟอรัส	23
แมกนีเซียม	2
โซเดียม	7.1
โพแทสเซียม	12
เหล็ก	300
แมงกานีส	12
ทองแดง	5
สังกะสี	102
ซีลีเนียม	2.3
วิตามิน	**มิลลิกรัม/กิโลกรัม (น้ำหนักแห้ง)**
วิตามิน อี	2
วิตามิน บี1	1
วิตามิน บี2	4.5
วิตามิน บี6	1.5
ไนอาซีน	24
ไบโอดิน	3
วิตามิน บี12	0.04
โคลีน	500

กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ กรมวิทยาศาสตร์บริการ (1) ได้ทำการศึกษาหาปริมาณของโลหะหนักบางตัว คือ ตะกั่ว แคดเมียม ปรอท และสารหนู ในผลิตภัณฑ์อาหารปลาป่นอบแห้งและปลาป่นอบแห้งปรุงรส ซึ่งมีจำหน่ายตามตลาดและห้างสรรพสินค้าทั่วไป เนื่องจากอาหารจำพวกปลาป่นอบแห้งและปลาป่นอบแห้งปรุงรสเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางอาหารหลายประการ กล่าวคือ มีปริมาณโปรตีนค่อนข้างสูง มีแร่ธาตุหลายชนิดที่จำเป็นต่อร่างกาย เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส ไอโอดีน โพแทสเซียม โซเดียม แมกนีเซียม เป็นต้น มีกรดอะมิโนที่ร่างกายต้องการ เช่น ทริปโตเฟน เมไทโอนีน ไลซีน เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีวิตะมิน เช่น บี 2 บี 12 โคลีน ไนอาซีน เป็นต้น

สำหรับปริมาณโลหะหนักมีการหาปริมาณโดยวิธีต่าง ๆ ทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ เช่น ประเทศเยอรมัน นอร์เวย์ โปแลนด์ โดยหาแคดเมียม สารหนู ตะกั่ว ปรอท โครเมียม โคบอลต์ นิเกิล แมงกานีส (18) และได้มีการศึกษาหาคุณค่าทางโภชนาการในปลาป่น 5 ชนิดที่เตรียมจากห้องปฏิบัติการได้แก่ ปริมาณโปรตีน กรดอะมิโน แร่ธาตุ และวิตามินต่างๆ

ประเทศเดนมาร์กพบว่ามีการใช้โปรตีนจากปลามาเป็นแหล่งของโปรตีนมากกว่าร้อยละ 50 ของโปรตีนทั้งหมดที่ได้จากสัตว์ และมีการพบว่าปลาป่นเป็นแหล่งของกรดไขมันที่มีโอเมกา-3 ในประเทศที่กำลังพัฒนาและมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นทุกปี เนื่องจากปลาจากมหาสมุทรเป็นแหล่งโปรตีนที่มีราคาถูกนิยมบริโภคกันมากในประเทศญี่ปุ่นมีการทำปลาป่นและมาผลิตเป็นรูปของผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ รวมทั้งปลาป่น (18)

อำนวย โชติญาณวงษ์ (12) ได้ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของปลาป่นไทยขึ้นเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการกำหนดมาตรฐานปลาป่นที่ผลิตขึ้นใช้ในประเทศ และส่งขายต่างประเทศ และใช้ในการสร้างสูตรอาหารสำเร็จรูปเพื่อเลี้ยงสัตว์ต่าง ๆ เช่น หมู เป็ด ไก่ ปลา ฯลฯ โดยสุ่มเก็บตัวอย่างปลาป่นจากโรงงาน 64 โรงงาน ใน 15 จังหวัด คือ ตราด ระยอง สมุทรปราการ สมุทรสาคร สมุทรสงคราม ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช ระนอง ภูเก็ต ตรัง สงขลา ปัตตานี และสตูล โรงงานละประมาณ 0.5-1 กิโลกรัม นำไปวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนด้วยวิธีเคจ์ดาห์ล ความชื้นด้วยวิธีอบด้วยความร้อน เถ้าด้วยวิธีของ AOAC (1970) และคาร์โบไฮเดรตได้จากผลต่างระหว่าง 100 กับผลรวมของโปรตีน ไขมัน ความชื้นและเถ้า เริ่มทำการศึกษาตั้งแต่วันที่ 23 ตุลาคม พ.ศ. 2524 ถึงวันที่ 15 เมษายน พ.ศ. 2526 ผลการวิเคราะห์พบว่าปริมาณที่พบมากที่สุดของโปรตีน ไขมัน ความชื้น เถ้า และคาร์โบไฮเดรตของปลาป่นไทยมีร้อยละ 56,45,7.05,8.15,23.75 และ 0.50 ตามลำดับ และจากตัวอย่างที่สุ่มมานี้นำไปวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าองค์ประกอบทางเคมีของปลาป่นไทยมีดังนี้คือ โปรตีนร้อยละ 56.25-58.11 ไขมันร้อยละ 7.11-8.33 ความชื้นร้อยละ 7.10-9.10 เถ้าร้อยละ 24.53-26.53 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 0.9-2.10 ข้อมูลนี้พบว่ามาตรฐานของปลาป่นไทยเปรียบเทียบกับมาตรฐานของต่างประเทศ เช่น อินเดีย จีน ไต้หวัน พบว่าปลาป่นไทยยังจัดเป็นปลาป่นขั้นที่ 2 ซึ่งการจะปรับปรุงคุณภาพของปลาป่นไทยให้ดีขึ้นเพื่อผลประโยชน์ในการส่งออกต่างประเทศอาจทำได้โดยการทำความสะอาดวัตถุดิบก่อนที่จะนำลงเก็บใต้ท้องเรือ และทำความสะอาดก่อนป้อนเข้าหม้อนึ่งของโรงงาน ทั้งนี้โดยอาศัยความร่วมมือกันของชาวประมงและเจ้าของโรงงาน

อังคณา และคณะฯ (11) ได้วิเคราะห์ศึกษาคุณภาพปลาป่น พบว่าคุณภาพปลาป่นขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่นำมาใช้และกรรมวิธีในการผลิต จากการศึกษาพบว่าปริมาณสารอาหารในปลาป่นขึ้นกับแหล่งผลิตและวัตถุดิบดังแสดงไว้ในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ปริมาณสารอาหารในปลาป่นที่ได้จากแหล่งผลิตปลาป่นต่าง ๆ ที่ใช้วัตถุดิบต่าง ๆ กัน

ชนิดของปลา	ส่วนประกอบของสารอาหาร						
	โปรตีน	ไขมัน	ใยอาหาร	เถ้า	แคลเซียม	ฟอสฟอรัส	เกลือ
ปลาอวนดำ	66.5	9.2	0.9	15.1	4.9	1.9	1.1
ปลาอวนลาก	60.1	7.0	1.6	23.0	5.9	2.7	1.7
ปลาอวนลากกุ้ง	44.9	3.1	2.0	33.6	10.0	1.9	-
ปลาป่นที่เหลือจากการทำปลากระป๋อง	58.0	8.7	1.57	20.7	5.9	3.1	-
ปลาป่นที่เหลือจากการทำปลาเค็ม	42.1	1.2	0.4	39.9	2.1	0.9	33.2
หัวและซากของปลาที่เหลือ	48.7	7.8	0.4	30.4	7.9	2.3	6.8
ปลาป่นที่เหลือจากการทำน้ำปลา	25.9	7.7	0.9	49.0	10.2	5.3	16.5

ได้มีการศึกษาถึงคุณภาพของปลาป่นในหลายประเทศ เช่น เนเธอร์แลนด์ อินเดีย ฮังการี สเปน ไอซ์แลนด์ สหรัฐอเมริกา รัสเซีย โดยการหาคุณค่าทางโภชนาการของปลาป่นที่ผลิตจากปลาในทะเลลึกที่มีไขมันสูง ปริมาณไขมันในเนื้อปลาดังกล่าวมีอยู่ร้อยละ 18.6-44 ปลาป่นมีสีน้ำตาลเข้มและมัน ปริมาณกรดอะมิโนที่สำคัญต่อร่างกายอยู่ในช่วง 35.4-45.1 กรัม/100 กรัม ลิวซีน ซีสตีน เมไทโอนีน ทรีโอนีน วาลีน เป็นกรดอะมิโนที่จำกัด (limit amino acid) ของปลาป่น

ปลาป่นจากประเทศนอร์เวย์ ซึ่งผลิตโดย Meal Industry Research Institute (SSF) ซึ่งเป็นปลาป่นที่ได้จากปลา นอร์เวย์เจียน สปริง สปอนนิง เฮอร์ริง นำเข้ามาในประเทศไทย เดือนมกราคม – เมษายน พ.ศ. 2540 จำนวน 340 กิโลกรัม เพื่อใช้ในโครงการวิจัยร่วมกันระหว่างประเทศไทยและประเทศนอร์เวย์และในโครงการวิจัยนี้ได้นำมาวิเคราะห์สารอาหารและส่วนประกอบต่าง ๆ โดย Johannes Opstvedt และ ผ่องศรี จิตตานนท์ (19) แสดงไว้ในตารางที่ 6 และ 7 ตามลำดับ

ตารางที่ 6 สมบัติของปลาป่นจากนอร์เวย์ พันธุ์ นอร์เวย์เจียน สปริง สปอนนิง เฮอร์ริง

ส่วนประกอบอาหารที่สำคัญ	ปริมาณ
โปรตีน	74.0 กรัม /100 กรัม
โปรตีนที่ละลายน้ำได้	19.53 กรัม /100 กรัม
ไขมัน	9.3 กรัม /100 กรัม
เถ้า	9.3 กรัม /100 กรัม
น้ำ	7.7 กรัม /100 กรัม
ปริมาณจุลินทรีย์ (Total viable count)	9,375 โคโลนี /กรัม

ตารางที่ 7 กรดไขมันที่มีอยู่ในปลาป่น (17)

ชนิดของกรดไขมัน	ปริมาณคาร์บอน	ปริมาณกรัม/100 กรัม ของตัวอย่าง
กรดคาโปรอิก (caproic acid)	C 6 : 0	0
กรดคาปรีลิก (caprylic acid)	C 8 : 0	0
กรดคาปริก (capric acid)	C 10 : 0	0.04
กรดลอริก (lauric acid)	C 12 : 0	0.01
กรดไมริสติก (myristic acid)	C 14 : 0	0.69
กรดปาล์มมิติก (palmitic acid)	C 16 : 0	1.77
กรดปาล์มมิโตลีอิก(palmitoleic acid)	C 16 : 1	0.48
กรดสเตียริก (stearic acid)	C 18 : 0	0.25
กรดโอลีอิก (oleic acid)	C 18 : 1	1.79
กรดไลโนลีอิก (linoleic acid)	C 18 : 2	0.27
กรดไลโนลีนิก (linolenic acid)	C 18 : 3	0.08
กรดออกทะเดคาเททระอีโนอิก (Octadecatetraenoic acid)	C 18 : 4	0.08
กรดอราชิดิก (arachidic acid)	C 20 : 0	0
กรดกาโดลีอิก (gadoleic acid)	C 20 : 1	1.29
กรดไอโคซะเพนตะอีโนอิก (eicosapentaenoic acid)	C 20 : 5	0.78

ตารางที่ 7 กรดไขมันที่มีอยู่ในปลาป่น (17) ต่อ

ชนิดของกรดไขมัน	ปริมาณคาร์บอน	ปริมาณกรัม/100 กรัม ของตัวอย่าง
กรดเบเฮนิก (behenic acid)	C 22 : 0	0
กรดซีโตเลอิก (cetoleic acid)	C 22 : 1	1.88
กรดโดโคซะเฮกซะอีโนอิก (docosahexaenoic acid)	C 22 : 6	1.08

2.4 ผลิตภัณฑ์จากปลาป่นที่ผลิตในประเทศไทย

ได้มีการทดลองทำปลาป่นอนามัยโดยสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยบุหลัน พิทักษ์ผล (2) ปลาป่นอนามัย เป็นปลาป่นที่ได้ผ่านกรรมวิธีการผลิตที่ปลอดภัยในการบริโภคและมีคุณค่าทางอาหารสูงสามารถเก็บไว้ได้นานใช้ปรุงอาหารแทนเนื้อปลาสดได้ทันที เป็นการช่วยประหยัดเวลาในการเตรียมอาหารและจะให้ความสะดวกกับแม่บ้านเป็นอย่างมาก

ปลาป่นอนามัยนี้อาจทำจากปลาชนิดใดก็ได้ แต่จะต้องมีความสดและมีคุณภาพเหมาะสมในการที่จะทำเป็นอาหารต่อไป

กรรมวิธีผลิต ในการศึกษาทดลองนี้มี 2 วิธีคือ การทำให้แห้งโดยใช้เครื่องทำให้แห้งแบบลูกกลิ้ง ซึ่งจะต้องใช้ปลาที่ไม่มีก้าง (เนื้อปลาบด) และการทำให้แห้งโดยใช้ตู้อบ โดยใช้ปลาทั้งตัว

ปลาป่นอนามัยชนิดที่ 1 ผลิตโดยการทำให้แห้งโดยใช้เครื่องทำให้แห้งแบบลูกกลิ้งสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร โดยความร่วมมือของกองพัฒนาผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ กรมประมง ผู้ทำการผลิตเนื้อปลาบดให้กับสถาบันต่าง ๆ เพื่อทำการผลิตปลาป่นอนามัยต่อไป

ในการทดลองผลิตปลาป่นอนามัย พบว่าปลาที่ใช้ควรจะเป็นปลาที่มีไขมันไม่เกินร้อยละ 1 ทั้งนี้เพราะถ้ามีไขมันมากจะเกิดรอยไหม้ของปลาติดอยู่ที่ลูกกลิ้ง ทำให้ได้ปลาป่นที่มีคุณภาพไม่ดีเท่าที่ควร และถ้าเนื้อปลาบดมีปริมาณไขมันสูงกว่าร้อยละ 2 จะทำให้เกิดหยดน้ำมันปนลงไปในผลิตภัณฑ์ จากการทดลองพบว่าเนื้อปลาบดที่ได้จากปลาเป็ดหรือปลาเบญจพรรณไม่มีปัญหาในการทำให้แห้งโดยวิธีนี้ แต่เนื่องจากปลาชนิดนี้ต้องใช้เวลาและเสียค่าใช้จ่ายในการคัดเลือก ดังนั้นคณะผู้ทำการวิจัยจึงได้ใช้ปลาที่ได้คัดเลือกและแยกประเภทโดยชาวประมงแล้วมาทำการผลิต คือ ปลาทรายแดง และปลาซาร์ดีน ซึ่งเนื้อปลาบดจากปลาทั้งสองชนิดนี้มีปริมาณไขมันประมาณร้อยละ 2 ดังนั้นในการผลิตจึงจำเป็นต้องศึกษาหาตัวช่วยในกรรมวิธีผลิต (processing aid) จากการทดลองพบว่าการใช้แป้งมันสำปะหลังผสมในเนื้อปลาบดในปริมาณร้อยละ 2.5 จะเป็นตัวช่วยในการผลิตที่เหมาะสมกว่าการใช้แป้งจำนวนมากและผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีคุณภาพดี

ปลาป่นอนามัยชนิดที่2 ผลิตโดยการทำให้แห้งโดยใช้เครื่องอบ ปลาป่นอนามัยชนิดนี้ทำจากปลาทั้งตัวโดยมีขั้นตอนการผลิตคือ ตัดเป็นชิ้นเล็กๆนึ่งให้สุกอบให้แห้งที่อุณหภูมิประมาณ 50-60 ^{0}ซ เวลาประมาณ 12-15 ชั่วโมง เมื่ออบแห้งแล้วนำมาบดให้ละเอียดแร่งผ่านตะแกรงขนาด 40 เมช(mesh) ปลาที่นำมาทำให้แห้งโดยวิธีดังกล่าวนี้จะต้องเป็นปลาที่มีไขมันต่ำเช่นกันมิฉะนั้นจะทำให้ติดตะแกรงขณะแร่ง

ก่อนบรรจุถุงพลาสติกต้องอบอีกครั้งหนึ่งที่อุณหภูมิ 100 ^{0}ซ เวลาประมาณ 45 นาที เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่อาจปนเปื้อนในระหว่างการบดและ การแร่ง

สมบัติเกี่ยวกับปริมาณจุลินทรีย์ ผลิตภัณฑ์ปลาป่นอนามัยชนิดที่1 จากการตรวจหาเชื้อจุลินทรีย์ พบว่าปลอดภัยต่อการบริโภคส่วนผลิตภัณฑ์ปลาป่นอนามัยชนิดที่ 2 พบว่ามีปริมาณโคลิฟอร์ม ค่อนข้างสูง ดังนั้นในการปรุงอาหารโดยใช้ปลาป่นอนามัยชนิดที่ 1 เช่น "น้ำพริกปลาป่น" สามารถคลุกข้าวได้ทันทีแต่อาหารที่ปรุงจากปลาป่นอนามัยชนิดที่ 2 ควรจะเป็นอาหารที่จะต้องผ่านการต้มหรืออาจทำให้ร้อนก่อนรับประทานเพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค ซึ่งต่อไปในอนาคตอาจปรับปรุงกรรมวิธีการผลิตให้เป็นไปอย่างต่อเนื่องเพื่อลดขั้นตอนต่าง ๆ ที่อาจจะทำให้เกิดการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์ได้

2.5 ผลิตภัณฑ์จากปลาป่นในต่างประเทศ (18)

มีการผลิตปลาป่นสำหรับคนบริโภคผลิตภัณฑ์ในประเทศต่างๆ เช่นนอร์เวย์ เนเธอร์แลนด์ ญี่ปุ่น อาฟริกาใต้ รัสเซีย มาเลเซีย มีการทำอาหารว่าง (fish crackers) จากปลาซาโก หรือ แป้งมัน เกลือ ผงชูรส น้ำ และน้ำตาล ผสมแล้วทำให้เป็นรูปร่างตามต้องการนึ่งทำให้สุก แช่เย็น หั่นเป็นชิ้นบาง ๆ ตากแดดหรือทอดในน้ำมันก่อนบรรจุด้วยวิธีเอ็กซ์ทรูเดอร์ และวิธีดั้งเดิมพบว่าวิธีสมัยใหม่จะให้อาหารว่างที่มีการพองตัวและกรอบดีกว่าแบบดั้งเดิมแต่รสชาติเหมือนกัน ประเทศการ์น่ามีการทำอาหารว่าง จากปลาที่ไม่มีไขมัน เช่นเดียวกันประเทศปากีสถานใช้ปลาป่นทาขนมปัง สถาบันเคปทาวน์ ประเทศอาฟริกาใต้มีการนำปลาป่นจากปลาเฮกผสมกับแป้งข้าวโพดเพื่อทำโจ๊กมีสีและรสชาติดี ประเทศฝรั่งเศสมีการศึกษาเพื่อนำปลาป่นเป็นแหล่งอาหารโปรตีนในประเทศที่มีภาวะทุพโภชนาการ (malnutrition)

2.6 ความสัมพันธ์ของภาชนะบรรจุกับการถนอมอาหาร (13)

ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์อาหารใช้ภาชนะบรรจุถึงร้อยละ 50 ของส่วนแบ่งตลาดในสมัยโบราณภาชนะบรรจุอาหารเป็นเพียงการใช้กระดาษ ใบตอง แก้ว กล่อง เพื่อห่อผักและผลไม้

เมื่อ 50 ปีที่ผ่านมามีการเปลี่ยนแปลงลักษณะการบริโภคของคน การผลิต การขนส่งอาหารทำให้อุตสาหกรรมเกี่ยวกับการใช้ภาชนะบรรจุมีการผลิตมาก มีบรรจุภัณฑ์ใหม่ ๆ เกิดขึ้นมากมาย ภาชนะบรรจุอาหารมีความสำคัญต่อการถนอมอาหารดังนี้

- ใช้บรรจุอาหารเพื่อเป็นสิ่งขวางกั้น (barrier) อาหารจากภาวะแวดล้อมในการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนและไอน้ำ และป้องกันผลิตภัณฑ์ซึ่งไวต่อการเสื่อมสภาพเมื่อทำปฏิกิริยากับแก๊สออกซิเจน ความเสี่ยงจากการเจริญเติบโตของรา aerobic bacteria การเกิดออกซิเดชั่นหรือ rancidity การเปลี่ยนสภาพของลักษณะเนื้อไม่กรอบซึ่งเกิดจากการเพิ่มขึ้นของวอเตอร์แอกติวิตี (A_w) เพื่อให้อาหารนั้นคงลักษณะอยู่ได้ทั้งในแง่ของคุณค่าทางโภชนาการ คุณภาพ ปริมาณ และน้ำหนัก
- ทำหน้าที่ป้องกันการซึมผ่านของสารที่ระเหยได้ง่ายที่มีอยู่ในบรรยากาศ เช่น สารไฮโดรคาร์บอน ควัน กลิ่นหอมจากน้ำหอม ซึ่งจะมีผลต่อรสชาติของอาหาร
- ความปลอดภัย ภาชนะบรรจุนอกจากจะช่วยป้องกันอาหารจากสิ่งแวดล้อมภายนอกและการปนเปื้อนต่าง ๆ แล้ว การใช้ภาชนะบรรจุยังต้องคำนึงถึงการผ่านเข้าไปของจุลินทรีย์ทางรูพรุนของวัสดุที่ใช้ทำภาชนะบรรจุ

2.7 ปัจจัยที่ทำให้อาหารเกิดการเสื่อมสภาพ (13)

การถนอมอาหารประกอบด้วยการคงไว้ซึ่งสภาพของอาหารตั้งแต่เริ่มต้นตลอดจนป้องกันไม่ให้อาหารเสื่อมสภาพตลอดกระบวนการแปรรูปทั้งหมด ซึ่งการเสื่อมสภาพของอาหารขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ทั้งภายนอกและภายในที่จะทำให้อาหารเสื่อมคุณภาพ สาเหตุที่ทำให้อาหารเสื่อมคุณภาพมีดังนี้

2.7.1 ส่วนประกอบของอาหาร โครงสร้าง สมบัติทางกายภาพและเคมีของอาหาร

2.7.2 สภาวะแวดล้อมที่ช่วยเร่งให้เกิดการเสื่อมสภาพ

2.7.1 ส่วนประกอบของอาหาร โครงสร้าง สมบัติทางกายภาพและเคมีของอาหาร ทำให้อาหารเสื่อมสภาพได้ดังนี้

2.7.1.1 ปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ได้แก่ Maillard reactions (nonenzymatic browning)

2.7.1.2 การเสื่อมสภาพของโปรตีน และกรดนิวคลีอิก

2.7.1.3 การเปลี่ยนแปลงทางเคมีเชิงฟิสิกส์ (physicochemical) ของแป้ง การหักของเมล็ดธัญพืช ทำให้ลักษณะเนื้อของอาหารเสียไป

2.7.1.4 ปฏิกิริยา nonenzymatic oxidation โดยการทำปฏิกิริยาออกซิเดชั่นกับอากาศซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้อาหารประเภทไขมันเหม็นหืน

2.7.1.5 การเสื่อมสภาพจากปฏิกิริยาของเอนไซม์จากปฏิกิริยาชีวเคมีซึ่งปฏิกิริยาถูกเร่งที่อุณหภูมิ 15-50 ^{o}ซ อาจเกิดจากเอนไซม์ที่มีอยู่ในอาหารหรือเอนไซม์ที่มาจากการปนเปื้อนของจุลินทรีย์

2.7.1.6 ปฏิกิริยาชีวเคมีซึ่งเกิดจากกระบวนการเมทาโบลิซึม

2.7.2. สภาวะแวดล้อมที่ช่วยเร่งให้เกิดการเสื่อมสภาพ

สาเหตุสำคัญที่สภาวะแวดล้อมต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของอาหารในกระบวนการถนอมอาหารมีดังนี้

2.7.2.1 ความร้อนและอุณหภูมิเป็นสิ่งสำคัญที่สุดในการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหาร เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะทำให้ปฏิกิริยาเปลี่ยนแปลงเนื่องจากโมเลกุลเกิดการเคลื่อนที่เพราะมีการให้พลังงานเพียงพอที่จะทำให้โครงสร้างของโมเลกุลเปลี่ยนแปลง ในกระบวนการถนอมอาหาร ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้ปฏิกิริยาการเสื่อมสภาพทั้งทางเคมี ชีวภาพ และจุลชีววิทยาเกิดเร็วขึ้นหรืออาจกล่าวได้ว่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาโดยเฉลี่ยอุณหภูมิสูงขึ้น 5 °ซ จะลดเวลาเก็บลงเหลือครึ่งหนึ่ง อุณหภูมิเป็นปัจจัยพื้นฐานที่ทำให้เกิดสภาวะสมดุลทางกายภาพ เช่น อิมัลชันเจล ของเหลวหรือของแข็งผลึก หรือสัณฐาน ค่าความเป็นกรด-ด่าง วอเตอร์แอกติวิตี และอื่น ๆ

2.7.2.2 Hydration ปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้อาหารเสื่อมสภาพคือการรวมตัวกับน้ำเนื่อง จากไฮโดรเจนบอนด์ระหว่างโมเลกุลของน้ำและสารที่เป็นโพลาร์โมเลกุลใหญ่ เช่น โปรตีน

2.7.2.3 ปริมาณแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นส่วนประกอบของอากาศ ที่สมดุลกับอาหารในภาชนะบรรจุ จะมีผลต่อกระบวนการเมตาโบลิซึมของจุลินทรีย์ทั้งที่ต้องการอากาศและไม่ต้องการอากาศ สิ่งมีชีวิตอื่น ๆ รวมทั้งปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ

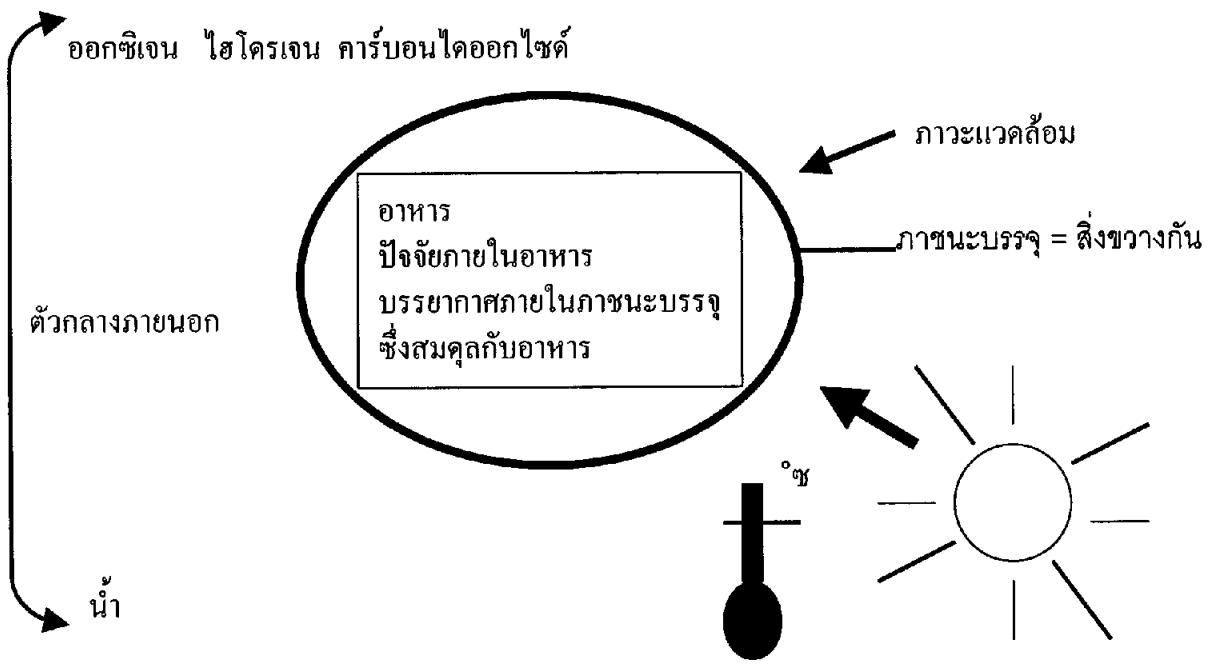
2.7.2.4 ค่าความเป็นกรด-ด่าง จะมีผลต่อปฏิกิริยาของเอ็นไซม์ และการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

2.7.2.5 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ซึ่งเกิดจาก mechanical constaints ได้แก่แรงกระแทก (impact) แรงเค้น (stress) ทำให้ผลิตภัณฑ์เปลี่ยนรูปร่าง แตกละเอียด หัก ทำให้เป็นที่ไม่ยอมรับ

เวลา หรืออัตราเร็วในการเกิดปฏิกิริยาเป็นปัจจัยที่ต้องกำหนดขึ้นเพื่อหาอัตราการเปลี่ยนแปลงสูงสุดในระยะเวลาเก็บที่กำหนด ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็ว เวลา ความเข้มข้น เป็นตัวกำหนดอายุของผลิตภัณฑ์ซึ่งต้องแสดงไว้ในภาชนะบรรจุ

2.8 การศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหาร

ในการศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหารจำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ และปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นทั้งหมด จากการพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ เช่น สิ่งแวดล้อม และผลที่ทำให้อาหารเสื่อมสภาพ จะเห็นได้ว่าภาชนะบรรจุเป็นสิ่งขวางกั้นระหว่างตัวกลางภายใน (internal medium) กับตัวกลางภายนอก (external medium) ตามรูปที่ 2 จะเห็นว่าภาชนะบรรจุช่วยในการเก็บรักษาอาหารโดยป้องกันไม่ให้เกิดการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนและไอน้ำ ไม่มีภาชนะบรรจุใดจะสามารถป้องกันการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนและไอน้ำได้ร้อยเปอร์เซ็นต์นอกจากกระป๋องหรือขวดแก้วที่มีการปิดผนึกภาวะใต้สุญญากาศหรือที่เรียกว่า hermetically seal ถ้าเป็นภาชนะบรรจุที่ทำด้วยฟิล์มพลาสติกทั่วไป กระดาษ อลูมิเนียมฟอยล์ จะยอมให้แก๊สออกซิเจนและไอน้ำซึมผ่านในปริมาณต่าง ๆ กัน (3,13)



รูปที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างภาชนะบรรจุอาหาร อาหาร ภาวะแวดล้อม และปัจจัยภายนอก

การป้องกันการซึมผ่านของแก๊สต่าง ๆ ขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ชนิดของผลิตภัณฑ์ วิธีการเก็บรักษา ภาวะแวดล้อมของการเก็บ อุณหภูมิของการเก็บ ความเสี่ยงของมลพิษ และระยะเวลาเก็บ

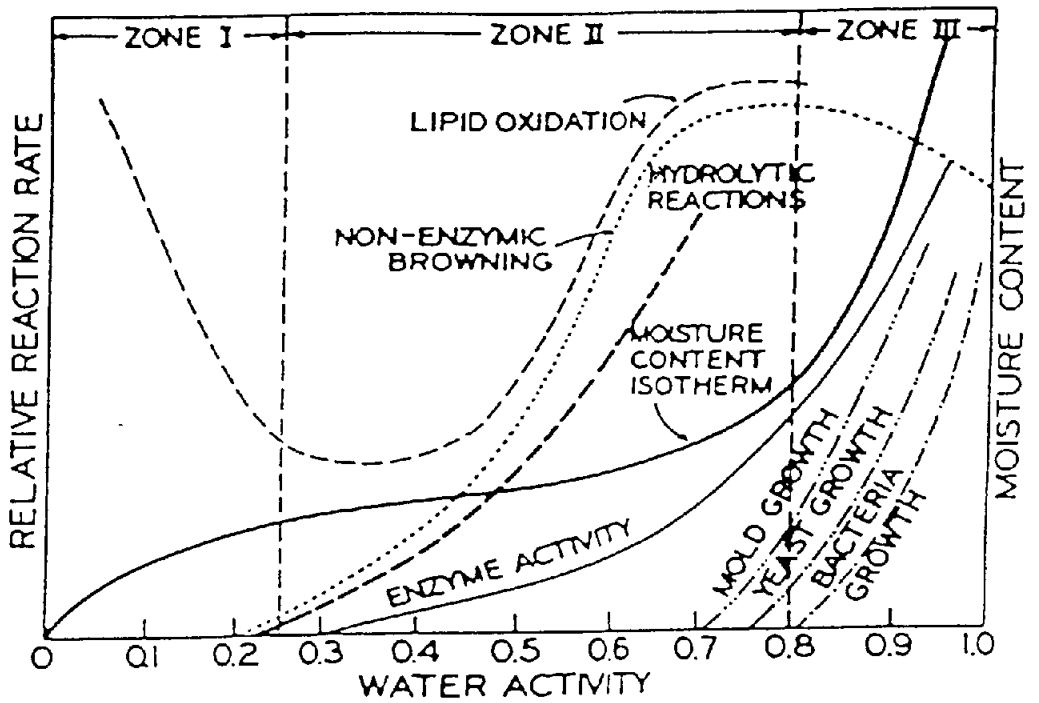
สมบัติของการซึมผ่านของแก๊สโดยเฉพาะแก๊สออกซิเจนมีความสำคัญมากต่อผลิตภัณฑ์ 2 ชนิดคือผลิตภัณฑ์ที่ไวต่อการเกิดออกซิเดชั่น และผลิตภัณฑ์ที่ภาวะการเก็บเอื้ออำนวยให้มีการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ได้แก่ ส่วนประกอบของอาหาร ปริมาณการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนขึ้นกับอุณหภูมิที่เก็บ และ ความชื้นสัมพัทธ์

สมบัติของการซึมผ่านของไอน้ำมีความสัมพันธ์กับลักษณะเนื้อของความกรอบของผลิตภัณฑ์ เช่น สแน็ก บิสกิต มันฝรั่งทอด การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

2.9 น้ำกับอายุการเก็บของอาหาร (22)

น้ำเป็นส่วนประกอบสำคัญในอาหารส่วนใหญ่ ซึ่งน้ำที่ประกอบในอาหารแต่ละชนิดมีสมบัติเฉพาะตัวที่ไม่เหมือนกัน น้ำมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตในการเป็นตัวพาสารอาหารของเสีย เป็นตัวกลางให้เกิดปฏิกิริยาเป็นตัวทำให้สารคงตัว น้ำเป็นสิ่งสำคัญในกระบวนการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นที่มีผลกับคุณภาพของอาหาร น้ำมีผลกับลักษณะเนื้อของอาหาร และเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของอาหารทั้งทางกายภาพ เคมี ชีวเคมี ที่เกิดในกระบวนการแปรรูปอาหาร เช่นทำให้ร้อน ทำให้แห้ง น้ำมีผลต่อปฏิกิริยาต่าง ๆ และการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ขณะเก็บอาหารที่สภาวะต่าง ๆ ซึ่งมีผลต่อคุณภาพต่าง ๆ เช่น รสชาติ คุณค่าโภชนาการ สุขอนามัย (hygienic) ในภาวะการเก็บใด ๆ ก็ตามน้ำในอาหารเป็นปัจจัยที่สำคัญโดยพิจารณาที่การเคลื่อนที่ของน้ำทางกายภาพและ thermodynamic properties สิ่งที่สำคัญที่สุดที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารคือ วอเตอร์แอกติวิตี

Dr. R.B.Duckworth แห่งมหาวิทยาลัยสก็อตแลนด์ (22) เป็นผู้เริ่มจัดการประชุมทางวิชาการเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของน้ำกับคุณภาพของอาหารในปี พ.ศ. 2517โดย International Union of Food Science and Technology ซึ่งใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับนักวิทยาศาสตร์อาหารและเทคโนโลยีอาหารเพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพของน้ำกับอาหาร และบทบาทของน้ำในปฏิกิริยาต่าง ๆ นักจุลชีววิทยาพบว่า วอเตอร์แอคติวิตี้ เป็นตัวชี้วัดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ได้มีการพิสูจน์แล้วว่าที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ที่ทำให้เกิดปฏิกิริยา (thresholds) หรือ วอเตอร์แอกติวิตีที่จุดซึ่งถ้าต่ำหรือสูงกว่านี้ที่อุณหภูมิที่กำหนด การเสื่อมสภาพจะถูกยับยั้งจะไม่มีการเกิดปฏิกิริยาทางชีวภาพจากจุลินทรีย์ ปฏิกิริยาทางชีวเคมีจากเอ็นไซม์ ที่วอเตอร์แอกติวิตี = 0.7 ตามรูปที่ 3



รูปที่ 3 ปฏิกิริยาทางเคมีต่าง ๆ ของอาหาร และการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ กับค่าวอเตอร์แอกติวิตี (15)

2.10 ภาชนะบรรจุที่ยืดหยุ่นได้กับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

(Microbiological Aspects of Flexible Foodstuff Packaging)

การที่จะศึกษาคุณภาพของจุลินทรีย์ที่สัมผัสกับอาหารต้องมีความเข้าใจถึงผลของวัสดุที่ทำภาชนะบรรจุและผลิตภัณฑ์ วิเคราะห์สาเหตุของการปนเปื้อน เพื่อจะหาวิธีที่ดีที่สุดที่จะลดการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์

- การปนเปื้อน ระดับการปนเปื้อนของจุลินทรีย์โดยภาชนะบรรจุต้องคำนึงด้วยว่าผลิตภัณฑ์อาหารต้องไม่มีจุลินทรีย์ ในกรณีนี้จำเป็นต้องใช้ภาชนะบรรจุที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว หรือทำความสะอาดด้วยวิธีพิเศษ (aseptic or ultraclean) การลดการปนเปื้อนจากภาชนะบรรจุเป็นสิ่งจำเป็น ซึ่งอาจทำได้โดยเอาฝุ่นออกจากภาชนะบรรจุ หรือฆ่าเชื้อด้วยความร้อนหรือสารเคมี ผลิตฟิล์มพลาสติกในบรรยากาศที่สะอาด (clean atmospheric conditions dust-free dry air) ไม่ให้สัมผัสด้วยมือต้องพยายามไม่ให้พื้นที่ที่ใช้ผลิตมีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อน

- เตรียมฟิล์มหรือภาชนะบรรจุที่อยู่ในสภาวะที่สะอาดเพื่อเฝ้าระวังปริมาณของจุลินทรีย์
- ลดการปนเปื้อนด้วยการแตกตัวเป็นไอออน(ionization)ที่ 10-15 กิโลเกรย์ (Kgy) เพื่อให้ได้ภาชนะบรรจุที่ปราศจากการปนเปื้อน

2.11 ภาชนะบรรจุที่ยืดหยุ่นและมีรูพรุนจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

ปัญหาที่เกิดจากการเสื่อมสภาพของภาชนะบรรจุจะมาจากการรั่วขนาดเล็กมาก (leak or microleaks) ซึ่งมาจากรูพรุน หรือสมบัติของการยอมให้จุลินทรีย์ซึมผ่านของพลาสติกได้มีการศึกษาอัตราการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนของฟิล์มพลาสติกต่าง ๆ ตามรายละเอียดในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 การซึมผ่านแก๊สออกซิเจนของฟิล์มพลาสติกต่าง ๆ (13)

ชนิดของพลาสติก	อัตราการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนที่ 23°ซ ความชื้นสัมพัทธ์ 0% $ม^3/ม^2/วัน$ ที่ความดันบรรยากาศ
โพลิไวนิลแอลกอฮอล์	0.04
ไนลอน 6	3.90
โพลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต	28.00
โพลิไวนิลคลอไรด์	31.50
โพลิโพรพิลีน	590.00
โพลิสไตรีน	1,653.00
โพลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (HDPE)	433.00
โพลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE)	1,890.00

Cervi (1987)(13) ได้ศึกษาถึงสมบัติของฟิล์มพลาสติกต่อการซึมผ่านของแบคทีเรียพบว่าถ้าฟิล์มพลาสติกยิ่งมีความหนาแน่นต่ำจะทำให้แบคทีเรียผ่านเข้าไปในถุงได้มากแต่ Katan (1998)(13) กล่าวว่าความสัมพันธ์ของการซึมผ่านของแบคทีเรียกับอัตราการซึมผ่านของแก๊สและไอน้ำไม่มีความสัมพันธ์กันมากนัก เนื่องจากแบคทีเรียไม่ได้ซึมผ่านทางรูหรือรอยรั่วของภาชนะบรรจุเสมอไป ฟิล์มที่บางมากจะมีความเสี่ยงต่อการที่มีรูเล็ก ๆ มากแต่การรวมของฟิล์มบางสองชนิดจะทำให้สามารถปิดบังรูเล็กๆ ซึ่งกันและกันได้ ดังนั้นเมื่อฟิล์มบางสองชนิด โพลิไวนิลิดีนคลอไรด์ (พีวีดีซี) และ โพลิเอทิลีน(พีอี) มารวมกันจะมีสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของแบคทีเรียได้ดี

3. วัสดุ เครื่องมือ อุปกรณ์และวิธีการ

งานศึกษาทดลองครั้งนี้มีวัสดุ อุปกรณ์และวิธีการดังนี้

3.1 ตัวอย่างที่นำมาทำการศึกษาทดลอง

เป็นตัวอย่างปลาป่นจากประเทศนอร์เวย์พันธุ์ นอร์เวย์เจียน สปริง สปอนนิง เฮอร์ริง ผลิตโดยสถาบัน Norwegian Herring Oil and Meal Industry Research Institute (SSF) นำเข้ามาในประเทศไทย เดือนมกราคม – เมษายน พ.ศ. 2540 จำนวน 340 กิโลกรัม เพื่อใช้ในโครงการวิจัยร่วมกันระหว่างประเทศไทยและประเทศนอร์เวย์ วัตถุดิบปลาป่นจะแบ่งเป็น 20 ถุงๆ ละ 250 กรัม บรรจุในถุงพลาสติกลามิเนตด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ เป็นเวลา 1 ปี

3.2 เครื่องมือ อุปกรณ์

3.2.1 ตู้ ไคลมาติกคาร์บิเนต (Climatic Carbinet , Termaks Norway)

3.2.2 ตู้เย็น (Hot point ,USA)

3.2.3 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (Binder FED-53)

3.2.4 หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (Hirayama HA-240MN)

3.2.5 เครื่องวัดปริมาณแก๊สในช่องว่างเหนืออาหารในภาชนะบรรจุปิดสนิท (Head Spacc Gas Analyzer, 6600)

3.2.6 เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (Orion, 420A)

3.2.7 เครื่องวัดสี (Macbeth Munsell Disk Colorimeter)

3.2.8 เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer ,Gretag SPM 50 lightsource tungsten 2860)

3.2.9 เครื่องวัดวอเตอร์แอกติวิตี (Novasana –A_w Center)

3.2.10 เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Atomic Absorption Spectrophotometer ,Perkin Elmer AA 5100)

3.2.11 เครื่องชั่ง อ่านได้ละเอียดถึง 0.0001 กรัม (Sartorious 250s)

3.2.12 เครื่องอังไอน้ำ (Memmert)

3.2.13 เครื่องอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (Infrared Spectroscopy, Biorad FTS 7)

3. 3 สารละลายและวิธีเตรียม

3.3.1 น้ำกลั่น หมายถึง น้ำ ที่ขจัดไอออนแล้ว (deionized weter)

3.3.2 อะซิโตน (GR grade)

3.3.3 สารละลายมาตรฐานดีบุกความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม/ลิตร

3.3.4 สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัม/ลิตร ละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ 1.91 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร

3.3.5 กรดไนตริกเข้มข้น

3.3.6 เอทานอล ความบริสุทธิ์ 99.95%

3.3.7 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 นอร์แมล ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 4.00 กรัมในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร

3.3.8 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.25 นอร์แมล ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10.00 กรัมในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร

3.3.9 ฟีนอล์ฟทาลีน

3.4 วิธีวิเคราะห์สมบัติของปลาป่นและอาหารขบเคี้ยวจากปลาป่น

3.4.1 วิธีวิเคราะห์สมบัติของปลาป่น

3.4.1.1 ปริมาณแก๊สออกซิเจนในช่องว่างเหนือผลิตภัณฑ์ โดยเครื่องวัดแก๊สในช่องว่างเหนืออาหารในภาชนะบรรจุปิดสนิท

3.4.1.2 สีของผลิตภัณฑ์ โดยเครื่องวัดสี ทำการวัดสีปลาป่นโดยนำผลิตภัณฑ์มาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 40 เมช (mesh) นำตัวอย่างที่ร่อนแล้วใส่ภาชนะบรรจุตัวอย่างจนเต็มแล้วใช้ สแปทูลา (spatula) ปาดผิวหน้าตัวอย่างให้เรียบเท่ากับขอบของภาชนะบรรจุ ทำการวัดสีปลาป่นโดยเทียบกับชุดวัดสี (munsell disk notation) ให้ได้สีเหมือนกับตัวอย่าง จากชุดวัดสีนำมาหาค่า Tristimulus (Y value) โดยเครื่อง แล้วหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Y value กับค่า white munsell value จากตาราง 18

3.4.1.3 วอเตอร์แอกติวิตีที่ 25 ^{0}ซ โดยเครื่องวัดวอเตอร์แอกติวิตี Novasina A_w-Center

3.4.1.4 ความชื้นโดยวิธี AOAC (1995) 925.45B

3.4.1.5 กรดไขมันอิสระ (คิดเป็นกรดโอลิอิก) โดยวิธี AOAC (1995) 940.28 : 41.1.21 Fatty Acids (Free) in Crude and Refined Oils

3.4.1.6 ค่าเพอร์ออกไซด์ โดยวิธี AOAC (1995) 965.33 : 41.1.16 Peroxide Value of Oils and Fats

3.4.1.7 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Viable Count) ยีสต์และรา *อี. โคไล (Escherichia coli) ซาลโมเนลลา (Salmonella) สแตไฟโลคอกคัส ออเรียส (Staphylococcus aureus) บาซิลลัส ซีเรียส (Bacillus cereus) คลอสตรีเดียมเพอร์ฟริงเจนส์ (Clostridium perfringens) วิบริโอ พาราเฮโมไลติคัส (Bibrio parahaemolyticus)* โดยวิธี AOAC (1995)

3.4.2 วิธีวิเคราะห์สมบัติของอาหารขบเคี้ยวจากปลาป่น

3.4.2.1 ชนิดของถุงพลาสติกที่ใช้บรรจุอาหารขบเคี้ยวโดยวิธีอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี

3.4.2.2 สมบัติของอาหารขบเคี้ยวต่างๆ ได้แก่ สี ปริมาณแก๊สออกซิเจน ความชื้น กรดไขมันอิสระ(คิดเป็นกรดโอลิอิก) ค่าเพอร์ออกไซด์ วอเตอร์แอกติวิตีที่ 25^{0}ซ ใช้วิธีเช่นเดียวกับข้อ 3.4.1

3.4.2.3 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด *รา อี. โคไล สแตไฟโลคอกคัส ออเรียส บาซิลลัส ซีเรียส คลอสตรีเดียม เพอร์ฟริงเจนส์* โดยวิธี AOAC (1995)

3.4.2.4 การยอมรับของผลิตภัณฑ์โดยการประเมินทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รส ลักษณะเนื้อ (sensory evaluation) โดยใช้ผู้ตรวจสอบ (taste panal) 5 คน

- ให้คะแนนอาหารขบเคี้ยวจากปลาป่น ได้แก่ ทองพับ และสแน็ก ดังนี้

ดีมาก	(5 คะแนน)	=	กรอบ รสชาติดีมาก มีกลิ่นหอมของปลาป่น
ดี	(4 คะแนน)	=	กรอบ รสชาติดี มีกลิ่นของปลาป่น
ดีพอใช้	(3 คะแนน)	=	กรอบ รสชาติดีพอใช้ มีกลิ่นของปลาป่น
พอใช้	(2 คะแนน)	=	ไม่ค่อยกรอบ รสชาติพอใช้ มีกลิ่นของปลาป่น
ไม่ดี	(1 คะแนน)	=	ไม่ค่อยกรอบ รสชาติไม่ดี มีกลิ่นของปลาป่น

3.5 วิธีดำเนินการศึกษาทดลอง

3.5.1 ศึกษาสภาวะการเก็บของวัตถุดิบปลาป่น

3.5.1.1 ศึกษาสภาวะการเก็บของวัตถุดิบปลาป่นที่ 4 สภาวะ ๆ ละ 5 ถุง โดยเก็บวัตถุดิบปลาป่นในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนตด้วยพลาสติกโดยมีตัวแปรดังนี้

บรรยากาศที่บรรจุ	สภาวะที่เก็บ
สภาวะที่ 1.1 บรรจุในบรรยากาศของแก๊สไนโตรเจน สภาวะที่ 1.2 บรรจุในบรรยากาศปกติ	ในตู้ไคลมาติก คาร์บิเนต ที่อุณหภูมิ 30±5 ^{0}ซ และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 60±5%
สภาวะที่ 2.1 บรรจุในบรรยากาศของแก๊สไนโตรเจน สภาวะที่ 2.2 บรรจุในบรรยากาศปกติ	ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 1-5 ^{0}ซ

นำปลาป่นที่เก็บไว้ไปวิเคราะห์สมบัติต่าง ๆ ตามข้อ 3.5.2 เดือนที่ 0,3,6,9 และ 12 ตามลำดับ

3.5.1.2 นำปลาป่นที่เก็บทั้ง 4 สภาวะนำมาวิเคราะห์สมบัติต่างๆ ทุก 3 เดือน ได้แก่ ปริมาณแก๊สออกซิเจน สี วอเตอร์แอกติวิตีที่ 25^{0}ซ ความชื้น กรดไขมันอิสระ(คิดเป็นกรดโอลิอิก) ค่าเพอร์ออกไซด์ ปริมาณจุลินทรีย์ต่าง ๆ ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด , ยีสต์และรา *อี. โคไล ซาลโมเนลลา สแตไฟโลคอกคัส ออเรียส บาซิลลัส ซีเรียส คลอสตรีเดียม เพอร์ฟริงเจนส์ วิ-บริโอ พาราเฮโมไลติคัส*

3.5.2 ศึกษาสภาวะการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวจากปลาป่น 2 ชนิด ได้แก่ ทองพับ และสแน็กโดยใช้ส่วนผสมของปลาป่นร้อยละ 10 และใช้ภาชนะพลาสติกต่าง ๆในการบรรจุ

3.5.2.1 ศึกษาชนิดของภาชนะพลาสติกต่าง ๆ ที่เหมาะสมบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว ดังนี้

ชนิดของอาหารขบเคี้ยว	ประเภทของภาชนะพลาสติกที่ใช้บรรจุ
ทองพับ	- ถุงโพลิโพรพิลีน (พีพี) - กล่องโพลิไวนิลคลอไรด์ (พีวีซี) นำไปวิเคราะห์สมบัติต่าง ๆ ตามข้อ 3.5.5 เดือนที่ 0,1.5 และ 3 ตามลำดับ
สแน็ก	- ถุงพลาสติกลามิเนตโอเรียนเทดโพลิโพร-พิลีนลามินเนตด้วยโพลิโพรพิลีน (โอพีพี/พีพี) - ถุงพลาสติกลามิเนตโอเรียนเทดโพลิ-โพรพิลินลามินเนตด้วยโพลิเอทิลิน และเมทาไลซ์ โพลิ เอสเทอร์(**โอพีพี/พีอี/อ็มพีอีที**)

โดยอาหารขบเคี้ยวทั้งหมดจะเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 1-5 ^{0}ซ และนำไปวิเคราะห์สมบัติต่าง ๆ ตามข้อ 3.5.5 เดือนที่ 0,3 และ 6 ตามลำดับ

3.5.2.2 นำทองพับและสแน็กมาวิเคราะห์สมบัติต่าง ๆ ได้แก่ ปริมาณแก๊สออกซิเจน สี วอ-เตอร์แอกติวิตีที่ 25^{0}ซ ความชื้น กรดไขมันอิสระ(คิดเป็นกรดโอลิอิก) ค่าเพอร์ออกไซด์ ปริมาณจุลินทรีย์ต่าง ๆ ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด รา *อี. โคไล สแตไฟโลคอกคัส ออเรียส บาซิลลัส ซีเรียส คลอสตรีเดียม เพอร์ฟริงเจนส์*

3.5.2.3 ประเมินการยอมรับของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวจากปลาป่น 2 ชนิด ได้แก่ ทองพับ และ สแน็กโดยการประเมินทางประสาทสัมผัส

4. ผลการศึกษาทดลอง

4.1 ผลของการศึกษาหาสภาวะการเก็บของวัตถุดิบปลาป่นบรรจุในถุงพลาสติกลามิเนตด้วยอะลูมิเนียม-ฟอยล์ 4 สภาวะ โดยศึกษาตัวแปรต่างๆ ดังนี้

4.1.1 บรรยากาศที่บรรจุ เก็บที่ 2 บรรยากาศโดยบรรจุปลาป่นในบรรยากาศของแก๊สไนโตรเจนและบรรยกาศปกติ ดังนี้

- สภาวะที่ 1.1 บรรจุในบรรยากาศของแก๊สไนโตรเจนที่อุณหภูมิ 30±5 °ซ
- สภาวะที่ 1.2 บรรจุในบรรยากาศปกติที่อุณหภูมิ 30±5 °ซ
- สภาวะที่ 2.1 บรรจุในบรรยากาศของแก๊สไนโตรเจนที่อุณหภูมิ 1-5°ซ
- สภาวะที่ 2.2 บรรจุในบรรยากาศปกติ ที่อุณหภูมิ 1-5°ซ

เก็บที่อุณหภูมิ 30±5 °ซ ความชื้นสัมพัทธ์ ที่ 60±5 %(สภาวะที่ 1.1 และสภาวะที่ 1.2) เก็บที่อุณหภูมิ 1-5°ซ (สภาวะที่ 2.1 และสภาวะที่ 2.2) แล้วนำมาศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณแก๊สออกซิเจนในช่องว่างเหนือภาชนะบรรจุ สี วอเตอร์แอกติวิตีที่ 25°ซ ความชื้น กรดไขมันอิสระ ค่าเพอร์ออกไซด์ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา อี. *โคไล ซาลโมเนลลา สแตไฟโลคอกคัส ออเรียส บาซิลลัส ซีเรียส คลอสตรีเดียม เพอร์ฟริงเจนส์ วิบริโอ พาราเฮโมไลติคัส* โดยวิเคราะห์ทุก 3 เดือน ตั้งแต่เดือนที่ 0,3,6, 9 และ 12 ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์แสดงไว้ในตารางที่ 9 และตารางที่ 10 พร้อมทั้งแสดงความสัมพันธ์ของสมบัติของปลาป่นที่เปลี่ยนไปตามระยะเวลาที่เก็บ ในกราฟรูปที่ 4 และรูปที่ 5

4.1.2 อุณหภูมิที่เก็บ

เก็บที่ 2 อุณหภูมิคือที่อุณหภูมิ 30±5 °ซ ความชื้นสัมพัทธ์ 60±5°ซ (ซึ่งใกล้เคียงกับสภาวะของห้อง) และที่อุณหภูมิ 1-5°ซ

- สภาวะที่ 1.1 บรรจุในบรรยากาศของแก๊สไนโตรเจนที่อุณหภูมิ 30±5 °ซ
- สภาวะที่ 1.2 บรรจุในบรรยากาศปกติที่อุณหภูมิ 30±5 °ซ
- สภาวะที่ 2.1 บรรจุในบรรยากาศของแก๊สไนโตรเจนที่อุณหภูมิ 1-5°ซ
- สภาวะที่ 2.2 บรรจุในบรรยากาศปกติ ที่อุณหภูมิ 1-5°ซ

สมบัติของปลาป่นแสดงไว้ในตารางที่ 9 และตารางที่ 10 กราฟรูปที่ 4 และรูปที่ 5

สำหรับกราฟรูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ของค่าเพอร์ออกไซด์กับ วอเตอร์แอกติวิตีของการเก็บปลาป่นทั้ง 4 สภาวะ

4.2 ผลของการศึกษาหาสภาวะการเก็บของอาหารขบเคี้ยวจากปลาป่น

ได้ทดลองนำปลาป่นมาเป็นส่วนผสมในการทำ ผลิตภัณฑ์อาหารว่าง 2 ชนิดโดยวิธี ดั้งเดิม คือ ทองพับและวิธีสมัยใหม่โดยใช้เครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ คือ สแน็ก สามารถผสมปลาป่นในส่วนผสมได้ร้อยละ10 โดยผลิตภัณฑ์ยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค รูปที่ 7 เป็นรูปปลาป่นพร้อมส่วนผสมที่จะนำมาทำอาหารว่าง รูปที่ 8 และรูปที่ 9 เป็นภาพแสดงผลิตภัณฑ์อาหารว่างที่ทำขึ้น

4.2.1 ผลการวิเคราะห์สมบัติต่าง ๆ ของทองพับบรรจุถุงพลาสติก พีพี และกล่องพลาสติก พีวีซี ได้แก่ ปริมาณแก๊สออกซิเจนในช่องว่างเหนือภาชนะบรรจุ สี วอเตอร์แอกติวิตี ความชื้น กรดไขมันอิสระ ค่าเพอร์ออกไซด์ และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด รา *อี. โคไล สแตไฟโลคอกคัส ออเรียส บาซิลลัส ซีเรียส คลอสตรีเดียม เพอร์ฟริงเจนส์* โดยวิเคราะห์ ตั้งแต่เดือนที่ 0,1.5 และ 3 ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 11 และ 12 ตามลำดับ

4.2.2 ผลการวิเคราะห์สมบัติต่าง ๆ ของ สแน็กบรรจุถุงโอพีพี/พีพี และถุงโอพีพี/พีอี/เอ็มพีอีที

ได้แก่ ปริมาณแก๊สออกซิเจนในช่องว่างเหนือภาชนะบรรจุ สี วอเตอร์แอกติวิตี ความชื้น กรดไขมันอิสระ ค่าเพอร์ออกไซด์ และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด รา *อี. โคไล สแตไฟโลคอกคัส ออเรียส บาซิลลัส ซีเรียส คลอสตรีเดียม เพอร์ฟริงเจนส์* โดยวิเคราะห์ ตั้งแต่เดือนที่ 0, 3และ 6 ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 13 และ 14 ตามลำดับ

4.2.3 ผลของการยอมรับของอาหารว่างทั้ง 2 ชนิดโดยการประเมินผลทางประสาทสัมผัสในด้าน สี กลิ่น รส ลักษณะเนื้อ

ประเมินผลโดยผู้วิเคราะห์ 5 คน ด้วยโดยการประเมินผลทางประสาทสัมผัสผลการยอมรับของทองพับเก็บไว้ในถุงพีพีและกล่องพีวีซีเป็นเวลา 3 เดือน ทดสอบเดือนที่ 0,1.5 และ 3 แสดงไว้ในตารางที่ 15 และ ผลการยอมรับของสแน็กเก็บไว้ในถุงโอพีพี/พีพีและถุง โอพีพี/พีอี/เอ็มพีอีที เป็นเวลา 6 เดือนนำมาทดสอบเดือนที่ 0,3 และ 6 แสดงไว้ในตารางที่ 16

5. วิจารณ์ผล

5.1 ผลของการศึกษาหาสภาวะการเก็บของวัตถุดิบปลาป่นบรรจุในถุงพลาสติกลามิเนตด้วยะลูมิเนียมฟอยล์ 4 สภาวะ

โดยศึกษาตัวแปรต่างๆ คือ บรรยากาศของการบรรจุและอุณหภูมิที่เก็บ บรรยากาศของการบรรจุมี 2 แบบ คือ แบบมีแก๊สไนโตรเจน และแบบบรรยากาศปกติ อุณหภูมิที่เก็บ 2 อุณหภูมิ คือ ที่อุณหภูมิ 30±5 °ซ และที่อุณหภูมิ 1-5°ซ จากการศึกษาสมบัติของปลาป่นทั้ง 4 สภาวะเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 1 ปี พบว่าสีของปลาป่นจะเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย มีสีน้ำตาลเข้มขึ้น (ตารางที่ 9) โดยค่า white munsell value จะลดลงจาก 6.00 เป็น 5.52 ,5.33 ,5.49 และ 5.53 ตามลำดับ ค่า white munsell value หรือค่า Y value เป็นค่าที่ได้จากการวัดสีโดยเครื่อง Macbeth Munsell Disk Colorimeter ถ้าค่าwhite munsell value หรือ ค่า Y value สูง แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีสีอ่อนค่อนข้างขาว ถ้าค่า white munsell value ลดลงแสดงว่าผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้น

เมื่อเก็บปลาป่นทั้ง 4 สภาวะเป็นเวลา 1 ปี พบว่าผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลอ่อนและเข้มขึ้นเล็กน้อย แต่ไม่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตามรูปที่4) ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงของสีของปลาป่นเป็นปฏิกิริยา non-enzymatic browning เกิดจากการทำปฏิกิริยาของกลุ่มอะมิโน(amino groups) และกลุ่มคาร์บอนิล (carbonyl group) (21) และเนื่องจากถุงอะลูมิเนียมมีสมบัติป้องกันการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนไอน้ำ และแสงได้ดี (3) ดังจะเห็นได้จากปริมาณออกซิเจนเพิ่มขึ้นน้อยมากจากร้อยละ 0.01 เป็น 0.79 ในสภาวะที่ 1.1 และร้อยละ 0.01 เป็น 0.71 ในสภาวะที่ 2.1 ตามลำดับ และความชื้นจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากร้อยละ 4.58 และเพิ่มขึ้นสูงสุดเป็นร้อยละ 6.74 (ตามรูปที่ 5) นอกจากนั้นค่าวอเตอร์แอกติวิตีของปลาป่นที่เก็บทั้ง 4 สภาวะมีค่าใกล้เคียงกันมาก และค่อนข้างต่ำโดยมีค่า วอเตอร์แอกติวิตี เริ่มต้นก่อนเก็บในเดือนที่ 0 = 0.11 และค่อย ๆ เพิ่มสูงสุดเป็น 0.40 เมื่อเก็บที่สภาวะ 1.2 ในเดือนที่ 12 โดยปกติอาหารส่วนใหญ่มีอัตราการเกิดปฏิกิริยา browning ต่ำมากที่ค่าวอเตอร์แอกติวิตีต่ำคือไม่เกิน 0.6 ตามรูปที่ 3 (15) ค่า วอเตอร์แอกติวิตีเป็นค่าที่มีความสัมพันธ์กับการเสื่อมสภาพของการเก็บถนอมอาหาร การเสื่อมสภาพของอาหารจากปฏิกิริยาเคมีและเชื้อจุลินทรีย์สามารถบอกได้โดยค่าวอเตอร์แอกติวิตีของอาหารที่เก็บ Labuza,T.P. (1970)(15) พบว่าที่ค่า วอ-เตอร์แอกติวิตีสูงกว่า 0.5 อัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นจะเพิ่มขึ้น

ค่ากรดไขมันอิสระ ที่เก็บทั้ง 4 สภาวะ (สภาวะที่ 1.1,สภาวะที่ 1.2,สภาวะที่ 2.1 และ สภาวะที่ 2.2) เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เก็บเนื่องมาจากปริมาณออกซิเจนและไอน้ำที่ซึมผ่านภาชนะบรรจุ และค่าวอ-เตอร์แอกติวิตีที่เพิ่มขึ้น สำหรับค่าเพอร์ออกไซด์ขณะเก็บทั้ง 4 สภาวะจะลดลงโดยสภาวะที่ 1.1 ค่าเพอร์-ออกไซด์จะลดลงจาก 62.3 เป็น 19.6 สภาวะที่ 1.2 ค่าเพอร์ออกไซด์จะลดลงจาก 62.3 เป็น 15.1 สภาวะที่ 2.1 ค่าเพอร์ออกไซด์จะลดลงจาก 62.3 เป็น 20.8 และสภาวะที่ 2.2 ค่าเพอร์ออกไซด์จะลดลงจาก 62.3 เป็น 36.2 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากน้ำเป็นตัวยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชั่น ที่ค่าวอเตอร์แอกติวิตีเท่ากับ 0.5 เมื่อค่าวอเตอร์แอคติวิตีมากกว่า 0.5 อัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมันจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ตามรูปที่ 3 ผลการทดลองของการเก็บปลาป่นทั้ง 4 สภาวะค่าเพอร์ออกไซด์จะลดลงตามะยะเวลาที่เก็บ

กราฟรูปที่ 6 เป็นความสัมพันธ์ระหว่างค่าเพอร์ออกไซด์กับค่าวอเตอร์แอกติวิตี ในการทดลองครั้งนี้ปลาป่นที่เก็บทั้ง 4 สภาวะให้ค่าวอเตอร์แอกติวิตีไม่เกิน 0.5 ดังนั้นอัตราการเกิดออกซิเดชั่น ของไขมันจะลดลง

ปริมาณจุลินทรีย์ต่างๆ ของปลาป่นที่เก็บไว้ทั้ง 4 สภาวะแสดงไว้ในตารางที่ 10 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด เป็น $1.5x\ 10^2 - 4.0 \times 10^3$ โคโลนี/กรัม ยีสต์และราไม่พบ *อี.โค.ไล* < 3 เอ็ม พี เอ็น ต่ออาหาร 1 กรัม จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคได้แก่ *ซาลโมเนลลา สแตไฟโล คอกคัสออเรียส คลอสตรีเดียม เพอร์ฟริงเจนส์* และ *วิบริโอ พาราเฮโมไลติคัส* ไม่พบ *บาซิลลัส ซีเรียส* พบในปริมาณ $1.0 \times 10 - 8.3 \times 10$ ซึ่งไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนดในประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 144 พ.ศ. 2535 ข้อ 3(2) อาหารในภาชนะบรรจุชนิดลามิเนตซึ่งสามารถป้องกันมิให้ความชื้นหรืออากาศผ่านซึมเข้า ภายในภาชนะบรรจุได้ในภาวะปกติและสามารถเก็บรักษาไว้ได้ในอุณหภูมิปกติต้องมีจุลินทรีย์ที่เจริญ เติบโตได้ที่อุณหภูมิ 37 °ซ ไม่เกิน 10^4 โคโลนีต่ออาหาร 1 กรัม ยีสต์และราไม่เกิน 100 โคโลนีต่ออาหาร 1 กรัม ตรวจไม่พบบักเตรีชนิดโคลิฟอร์มหรือตรวจพบบักเตรีชนิดโคลิฟอร์มน้อยกว่า 3 เอ็ม พี เอ็นต่ออาหาร 1 กรัม ในกรณีที่ตรวจโดยวิธี เอ็ม พี เอ็น (8) ทั้งนี้เนื่องจากค่าวอเตอร์แอกติวิตีของปลาป่นที่เก็บทั้ง 4 สภาวะไม่เกิน 0.7 ซึ่งเป็นระดับที่จุลินทรีย์ต่าง ๆ จะเจริญเติบโตในรูปที่ 3

5.2 ผลของการศึกษาหาสภาวะการเก็บของอาหารขบเคี้ยวจากปลาป่น

5.2.1 ศึกษาอายุการเก็บของทองพับบรรจุในถุงพลาสติกพีพีและกล่องพลาสติกพีวีซีเป็นเวลา 3 เดือน

5.2.1.1 สมบัติทางกายภาพและเคมี

จากการศึกษาพบว่าสีของทองพับที่บรรจุในถุงและกล่องมีความเปลี่ยนแปลงน้อยมากโดยให้ค่า white munsell value เท่ากับ 5.2 และเปลี่ยนไปเล็กน้อยมากเป็น 5.3 ปริมาณแก๊สออกซิเจนจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเท่าบรรยากาศเมื่อเก็บไว้เพียง 1.5 เดือน เนื่องจากถุงพีพีมีสมบัติยอมให้แก๊สออกซิเจนซึมผ่านได้โดยมีค่าอัตราการซึมผ่านของแก๊สเป็น $590 ม^3/ม^2/วัน$ ที่ความดันบรรยากาศและพลาสติกพีวีซีมีค่าอัตราการซึมผ่านของแก๊สเป็น $31.5 ม^3/ม^2$ /วันที่ความดันบรรยากาศ (13) นอกจากนั้นกล่องพลาสติกพีวีซีที่ใช้บรรจุยังปิดไม่สนิทอีกด้วยเป็นผลให้แก๊สและความชื้นซึมผ่านเข้าไปในกล่องอย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นผลให้ความชื้นและค่าวอเตอร์แอกติวิตีของทองพับในถุงและกล่องเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเช่นเดียวกัน ความชื้นจากร้อยละ 3.65 เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 6.73 และร้อยละ 6.63 ตามลำดับ ค่าวอเตอร์แอกติวิตีเพิ่มขึ้นจาก 0.29 เป็น 0.48 สำหรับกรดไขมันอิสระจะมีค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยจาก 1.66 เป็น 0.87 และ 0.88 ค่าเพอร์ออกไซด์ของทองพับที่บรรจุในถุงและกล่องจะลดลงตามระยะเวลาที่เก็บจาก 14.4 เป็น 9.23 และ 7.28 ตามลำดับ (ผลการทดลองแสดงไว้ใน ตารางที่ 11) ซึ่งสอดคล้องกับ

ค่าเพอร์ออกไซด์ของการเก็บปลาป่นในตารางที่ 9 ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีของ Labuza,T.P. 1970 (15)

5.2.1.2 ปริมาณจุลินทรีย์ของทองพับ

แสดงไว้ในตารางที่ 12 พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่พบอยู่ในช่วง ไม่พบถึง 4.0x10 โคโลนีต่อกรัม ราไม่พบ *อี.โคไล* < 3 เอ็ม พี เอ็น ต่ออาหาร 1 กรัม ตรวจโดยวิธี เอ็ม พี เอ็น จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค *สแตไฟโลคอกคัส ออเรียส คลอสตรีเดียม เพอร์ฟริงเจนส์* ไม่พบ แต่พบ*บาซิลลัส ซีเรียส* 1.0 x 10 โคโลนีต่อกรัม ในเดือนที่ 1.5 ซึ่ง*บาซิลลัส ซีเรียส* จะเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค เมื่อพบในปริมาณไม่เกิน 10^7 โคโลนีต่อกรัม หรือมิลลิลิตร(14)

5.2.2 ศึกษาสภาวะการเก็บของสแน็กบรรจุถุงโอพีพี/พีพีและถุง โอพีพี/พีอี/เอ็มพีอีทีเป็นเวลา 6 เดือน

5.2.2.1 สมบัติทางกายภาพและเคมี

จากการศึกษาพบว่าสมบัติต่าง ๆ ของสแน็ก บรรจุในถุงพลาสติกลามิเนต 2 ชนิดคือ โอพีพี/พีพี และโอพีพี/พีอี/เอ็มพีอีที เปลี่ยนแปลงไปคล้ายกับทองพับ แต่เนื่องจากสแน็กบรรจุในถุงลามิเนตจะมีอายุการเก็บนานกว่าทองพับสามารถเก็บผลิตภัณฑ์ได้นาน 6 เดือน ทั้งนี้เนื่องจากฟิล์มพลาสติกโพลิโพรพิลีนเพียงชั้นเดียวมีค่าอัตราการซึมผ่านของแก๊สสูง ไม่สามารถป้องกันแก๊สให้ซึมผ่านเข้าไปในภาชนะได้ แต่ถ้านำไปเคลือบด้วยอะลูมิเนียมด้วยขบวนการเมทาไลซ์หรือลามิเนตจะมีค่าอัตราการซึมผ่านของแก๊สเพียง $0.5 ม^3/ม^2$ /วันที่ความดันบรรยากาศ ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 13

5.2.2.2 ปริมาณจุลินทรีย์ของสแน็ก

ผลวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ของสแน็กแสดงไว้ในตารางที่14 พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่พบอยู่ในช่วง 2.0 x 10 ถึง $1.5x10^2$ โคโลนีต่อกรัม ราไม่พบ ถึง 8.0x10 โคโลนี/กรัม *อี.โคไล* < 3 เอ็ม พี เอ็น ต่ออาหาร 1 กรัม ตรวจโดยวิธี เอ็ม พี เอ็น จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค *สแตไฟโลคอกคัส ออเรียส บาซิลลัส ซีเรียส คลอสตรีเดียม เพอร์ฟริงเจนส์* ไม่พบ

5.2.3 การยอมรับของทองพับและสแน็กโดยการประเมินผลทางประสาทสัมผัส

ผลการทดสอบการยอมรับของทองพับ และสแน็กโดยผู้ทดสอบ 5 คนอยู่ในเกณฑ์ยอมรับแต่ต้องบรรจุในภาชนะพลาสติกที่เหมาะสม จะเห็นว่าทองพับสามารถเก็บไว้ได้เพียง 3 เดือนเมื่อเทียบกับสแน็กที่เก็บไว้นานถึง 6 เดือนเนื่องจากใช้ถุงพลาสติกลามิเนตและเมทาไลซ์ด้วยอะลูมิเนียมจึงสามารถเก็บผลิตภัณฑ์ได้นานกว่า ผลการทดสอบแสดงไว้ในตารางที่ 15 และ 16

6. สรุป

การศึกษาสภาวะอายุการเก็บของปลาป่นโดยใช้ตัวแปรต่าง ๆ คือ แบบของการบรรจุและอุณหภูมิที่กำหนดเป็น 4 สภาวะได้แก่

- สภาวะที่ 1.1 บรรจุในบรรยากาศของแก๊สไนโตรเจนที่อุณหภูมิ 30±5 °ซ
- สภาวะที่ 1.2 บรรจุในบรรยากาศปกติที่อุณหภูมิ 30±5 °ซ
- สภาวะที่ 2.1 บรรจุในบรรยากาศของแก๊สไนโตรเจนที่อุณหภูมิ 1-5°ซ
- สภาวะที่ 2.2 บรรจุในบรรยากาศปกติ ที่อุณหภูมิ 1-5°ซ

จากการศึกษาพบว่าสามารถเก็บวัตถุดิบปลาป่นในถุงพลาสติกลามิเนตด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ ได้เป็นเวลา 1 ปี โดยไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงบรรยากาศของการบรรจุและอุณหภูมิ สมบัติของปลาป่นทางกายภาพ เคมี และ จุลินทรีย์ ตลอดระยะเวลา 1 ปี มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากทั้ง สี กลิ่น รส และปริมาณจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์ปลอดภัยต่อการบริโภค ทั้งนี้เนื่องจากถุงพลาสติกลามิเนตด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ มีสมบัติที่สามารถป้องกันการซึมผ่านของแก๊ส และไอน้ำได้ดีโดยค่าวอเตอร์แอกติวิตีเพิ่มขึ้นจาก 0.11 เป็น 0.40 ซึ่งไม่เกิน 0.5 ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีของ Labuza,T.P. (1970) ตามรูปที่ 3 เมื่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีไม่เกิน 0.5 ปริมาณการเกิดออกซิเดชั่นของไขมันจะลดลงและจุลินทรีย์จะเจริญเติบโตที่มีค่าวอเตอร์แอกติวิตี 0.7 ขึ้นไป

สำหรับอาหารขบเคี้ยวจากปลาป่นสามารถผสมปลาป่นในส่วนประกอบที่จะทำอาหารว่างได้ร้อยละ 10 โดยทำเป็นทองพับและสแน็ก จากการศึกษาสภาวะที่เก็บพบว่าถ้าบรรจุผลิตภัณฑ์ในถุงพลาสติกลามิเนตจะสามารถเก็บได้นานกว่าบรรจุถุงพลาสติกธรรมดาเนื่องจากสมบัติของพลาสติกในการยอมให้แก๊สออกซิเจนและไอน้ำซึมผ่านแตกต่างกัน ทองพับสามารถเก็บไว้ได้เพียง 3 เดือน เนื่องจากบรรจุในถุงพลาสติกธรรมดาคือ พีพี และกล่องพีวีซี สำหรับสแน็กสามารถเก็บไว้เป็นเวลา 6 เดือนเนื่องจากบรรจุในถุงพลาสติกลามิเนตคือ โอพีพี/พีพี และ โอพีพี/พีอี/เอ็ม พี ที หลังจากนั้นคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้านสี กลิ่น รส ลักษณะเนื้อ จะเริ่มเสียไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ นอกจากกระบวนการผลิตที่เหมาะสมแล้วภาชนะบรรจุและสภาวะการเก็บเป็นปัจจัยสำคัญอันหนึ่งที่ต้องคำนึงถึง อันจะมีผลอย่างยิ่งต่อคุณภาพและสุขอนามัยของผลิตภัณฑ์

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ นางสุจินต์ ศรีคงศรี ผู้อำนวยการกอง กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพที่กรุณาให้การตรวจแก้ไขและเป็นกำลังใจในการทำรายงานฉบับนี้ ขอขอบคุณกลุ่มงานคุณค่าทางโภชนาการ กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ที่ให้ความร่วมมือในการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของปลาป่นและอาหารขบเคี้ยวจากปลาป่น นางสิริพร สธนเสาวภาคย์ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในปลาป่น และอาหารขบเคี้ยวจากปลาป่น และนางสาวสุนทรี เปรื่องการ ที่ช่วยกรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำที่มีประโยชน์ทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

เอกสารอ้างอิง

1. กรมวิทยาศาสตร์บริการ. โลหะหนักในผลิตภัณฑ์ปลาอบแห้งและปลาป่นอบแห้งปรุงรส. **รายงานกรมวิทยาศาสตร์บริการ**. กรุงเทพมหานคร: กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 2528. ฉบับที่ 43. หน้า 94-96.
2. บุหลัน พิทักษ์พล. ปลาป่นอนามัยอาหาร. **อาหาร**. เมษายน-มิถุนายน. 2538. ปีที่.2. ฉบับที่15. หน้า86-93.
3. ปุ่น คงเจริญเกียรติ และสมพร คงเจริญเกียรติ. **บรรจุภัณฑ์อาหาร**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์หยี่เฮง. 2541. หน้า 53-57.
4. ฝ่ายวิชาการธนาคารกสิกรไทย. การเกษตรและอุตสาหกรรม. **สรุปข่าวธุรกิจ**. สิงหาคม. 2531. ปีที่ 19. ฉบับที่ 15. หน้า 1-5.
5. ภาสกร คณานุรักษ์ และสุขุม อุตะเดช. ปลาป่น (Fish meal). **ข่าวสารเกษตรศาสตร์**. กรกฎาคม-ตุลาคม. 2516. ปีที่ 5. ฉบับที่ 18. หน้า 26-33.
6. ม.ร.ว. เริงวรรณ วรวรรณ. **แนวทางการผลิตปลาป่นโปรตีนสูง**. กรุงเทพมหานคร: 2529. หน้า 5-7.
7. ม.ร.ว. เริงวรรณ วรวรรณ. สารนำความร้อนในเครื่องจักรผลิตปลาป่น. **ปลาป่นสาร**. กรกฎาคม-กันยายน. 2529. ปีที่ 1. เล่มที่ 2. หน้า 5-10.
8. สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. **ประกาศกระทรวงสาธารณสุข.** ฉบับที่ 144. 2535. เรื่องอาหารในภาชนะบรรจุปิดสนิท. ออกตามพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2532. กรุงเทพมหานคร: กองควบคุมอาหาร.30 กรกฎาคม 2530.
9. สมชาย โอสุวรรณ. ข่าวอุตสาหกรรมภายในประเทศ. **วารสารเคมีวิศวกรรมเทคโนโลยีทางอาหารและเชื้อเพลิง.** กรุงเทพมหานคร: [ม.ป.ท.] กรกฎาคม. 2524. ปีที่ 3. ฉบับที่2. หน้า 135-137.
10. สมาคมผู้ผลิตปลาป่นไทย. **ประโยชน์ของปลาป่นต่ออุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทย.** กรุงเทพมหานคร: [ม.ป.ท., ม.ป.ป]
11. อังคณา หาญบรรจง. ดวงสมร สินเจิมสิริ และสุรัตน์ นราประเสริฐกุล. การศึกษาคุณภาพปลาป่น. **วิทยาสารเกษตรศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์**. มกราคม-มีนาคม. 2533. ปีที่ 24. ฉบับที่ 1. หน้า 45-50.
12. อำนวย โชติญาณวงษ์. องค์ประกอบทางเคมีของปลาป่นไทย. **รายงานผลการวิจัยประจำปี 2525**. กรุงเทพมหานคร: [ม.ป.ท.] มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
13. Bureau, G., and Multon, JL. **Foodpackaging technology.** Cambridge: VCH Publishers. 1995. vol.1. p. 11-12.
14. Elliot, RP.,et al. **Microoganisms in foods**. Toronto:University of Toronto press. 1998. p. 36-37.

15. Fennema,O. Water and ice. In Fennema,R.O. **Principle of food science.** New York:Marcel Dekker. 1976. p. 28-35.

16. Francis, F.J., and Clydesdale,F.M **Food colorimetry theory and application.** Connecticut:AVI Publishing. 1975. p. 309-310.

17. Hadry, W., and Masumoto, T. Specification for marine by products for aquaculture. **Alaska Sea Grant College Program.** [n p.] :1999. p. 99-101.

18. International Food Infromation Service(IFIS). **Food science and technology abstracts.** UK: IFIS Publishing. 1969-1998. vol 1-30.

19. Opstvedt,J., and Jittanoonta,P. The novel fish flour in Maneepun , S. and Jittanoonta, P. Final Report of phrase I joint project between Thailand and Norway on fish flour. Bangkok:1997. p. 5-6.

20. Judd, BD., and Wyszecki,G., Color in business, science, and industry. New York: Wiley 1967. p. 428-433.

21. Stonsaovapark, S., Japakaset, J., and Tangpitayakul, S. Shelf life and Quality Assurance of Fish Flour and Its Product in Maneepun , S. and Jittanoonta, P. **Final Report of Phrase I Joint Project Between Thailand and Norway on Fish Flour.** Bangkok:1997. p. 7-20.

22. Troller,J.A., and Christiaqn,JHB., **Water activity and food.** New York: Acedemic press. 1978. . p. 1-7.

ตารางที่ 9 สมบัติต่างๆ ของปลาป่นเก็บไว้เดือนที่ 0, 3 , 6 ,9 และ 12 ตามลำดับ

รายการวิเคราะห์	ระยะเวลาเก็บ (เดือน)	สภาวะในการเก็บ 1.1	1.2	2.1	2.2
ปริมาณ	0	0.01	-	0.01	-
ออกซิเจน	3	0.64	-	0.54	-
ในช่องว่าง ร้อย	6	0.54	-	0.54	-
ละ	9	0.64	-	0.64	-
	12	0.79	-	0.71	-
สี	0	6.00	6.00	6.00	6.00
(munsell value)	3	5.80	5.30	5.70	5.40
	6	5.60	5.40	5.60	5.40
	9	5.40	5.30	5.50	5.20
	12	5.52	5.33	5.49	5.53
วอเตอร์แอกติวิตี	0	0.11	0.11	0.11	0.11
ที่ 25 °ซ	3	0.31	0.33	0.2	0.23
	6	0.31	0.33	0.28	0.30
	9	0.35	0.38	0.37	0.32
	12	0.35	0.4	0.21	0.22
ความชื้นร้อยละ	0	4.58	4.58	4.58	4.58
	3	4.83	5.20	4.60	4.60
	6	5.33	5.58	4.66	4.98
	9	6.19	6.21	5.79	5.84
	12	6.16	6.74	4.59	5.11
กรดไขมันอิสระ	0	4.47	4.47	4.47	4.47
(คิดเป็นกรดโอ-	3	4.51	4.64	4.48	4.50
ลีอิกร้อยละ)	6	6.17	6.33	5.03	5.03
	9	6.85	6.51	5.05	5.12
	12	6.63	4.31	3.88	6.14
ค่าเพอร์ออกไซด์	0	62.30	62.30	62.30	62.30
	3	38.70	37.80	46.40	57.60
	6	28.90	37.10	39.40	48.70
	9	20.80	23.10	28.30	43.50
	12	19.60	15.10	20.80	36.20

สภาวะที่ 1.1 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ 30±5 °ซ ความชื้นสัมพัทธ์ 60 ±5% บรรจุในบรรยากาศของแก๊สไนโตรเจน

สภาวะที่ 1.2 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ 30±5 °ซ ความชื้นสัมพัทธ์ 60 ±5% บรรจุในบรรยากาศปกติ

สภาวะที่ 2.1 ตู้เย็นอุณหภูมิ 1-5 °ซ บรรจุในบรรยากาศของแก๊สไนโตรเจน

สภาวะที่ 2. 2 ตู้เย็นอุณหภูมิ 1-5 °ซ บรรจุในบรรยากาศปกติ

ตารางที่ 10 ปริมาณจุลินทรีย์ในปลาป่นที่เก็บไว้ทั้ง 4 สภาวะ ที่เดือน 0,3,6,9,12 ตามลำดับ

ชนิดของจุลินทรีย์	เดือนที่เก็บ	สภาวะการเก็บ			
		1.1	1.2	2.1	2.2
ปริมาณจุลิน-ทรีย์ทั้งหมด (โคโลนี/กรัม)	0	$6.1x10^2$	$6.1x10^2$	$6.1x10^2$	$6.1x10^2$
	3	$2.8x10^3$	$4.0x10^3$	$1.4x10^3$	$1.8x10^3$
	6	$1.5x10^2$	$8.0x10^2$	$2.4x10^2$	$4.2x10^2$
	9	$6.1x10^2$	$8.0x10^2$	$1.2x10^3$	$2.1x10^3$
	12	$5.7x10^2$	$1.1x10^3$	$3.8x10^2$	$7.2x10^2$
ยีสต์ และ รา (โคโลนี/กรัม)	0	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	3	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	6	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	9	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	12	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
อี.โคไล (เอ็มพีเอ็น/กรัม)	0	<3	<3	<3	<3
	3	<3	<3	<3	<3
	6	<3	<3	<3	<3
	9	<3	<3	<3	<3
	12	<3	<3	<3	<3
ซาลโมเนลลา ในตัวอย่าง 25 กรัม	0	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	3	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	6	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	9	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	12	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
สแตไฟโลคอกคัสออเรียส (โคโลนี/กรัม)	0	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	3	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	6	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	9	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	12	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

ตารางที่ 10 ปริมาณจุลินทรีย์ในปลาป่นที่เก็บไว้ทั้ง 4 สภาวะ ที่เดือน 0,3,6,9,12 ตามลำดับ (ต่อ)

ชนิดของจุลินทรีย์	เดือนที่เก็บ	สภาวะการเก็บ			
		1.1	1.2	2.1	2.2
บาซิลลัส	0	2.0x10	2.0x10	2.0x10	2.0x10
ซีเรียส	3	7.0x10	7.0x10	2.0x10	5.0x10
(โคโลนี/กรัม)	6	4.0x10	1.0x10	1.0x10	4.0x10
	9	4.0x10	3.0x10	3.0x10	6.0x10
	12	5.4x10	8.3x10	3.0x10	5.0x10
คลอสตรีเดียม	0	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
เพอร์ฟริงจนส์	3	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
(โคโลนี/กรัม)	6	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	9	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	12	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
วิบริโอ	0	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
พาราเฮโม	3	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
ไลติคัส	6	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
ในตัวอย่าง	9	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
25 กรัม	12	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

เอ็มพีเอ็น/กรัม = most probable number /gram

ข้อมูลปริมาณจุลินทรีย์ : สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์..

ตารางที่ 11 สมบัติของทองพับ บรรจุถุงโพลิโพรพิลีน และบรรจุกล่องโพลิไวนิลคลอไรด์ เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 3 เดือน

เดือนที่เก็บ	ชนิดของพลาสติก	แก๊สออกซิเจน ร้อยละ	สี (munsell-value)	วอเตอร์แอก-ติวิตี ที่ 25°ซ	ความชื้น ร้อยละ	กรดไขมันอิสระ	ค่าเพอร์ออกไซด์
0	พีพี	1.30	5.23	0.29	3.65	1.66	14.4
	พีวีซี	1.20	5.24	0.28	3.74	1.75	14.6
1.5	พีพี	19.10	5.39	0.34	4.57	1.17	9.2
	พีวีซี	19.40	5.32	0.31	4.18	1.03	7.3
3	พีพี	20.10	5.34	0.48	6.73	0.87	11.4
	พีวีซี	20.00	5.28	0.48	6.63	0.88	11.1

- กรดไขมันอิสระ = คิดเป็นกรดโอลิอิก (ร้อยละ)

ตารางที่ 12 แสดงปริมาณจุลินทรีย์ในทองพับ บรรจุถุงโพลิโพรพิลีน และกล่องโพลิไวนิลคลอไรด์ เก็บไว้เป็นเวลา 3 เดือน

เดือนที่เก็บ	ชนิดของพลาสติก	จุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนี/กรัม)	รา (โคโลนี/กรัม)	*อี. โคไล* (เอ็มพีเอ็ม/กรัม)	*สแตไฟโลคอกคัสออเรียส* (โคโลนี/กรัม)	*บาซิลลัสซีเรียส* (โคโลนี/กรัม)	*คลอสตรีเดียมเพอร์ฟริงเจนส์* (โคโลนี/กรัม)
0	พีพี	4.0x10	<10	<3	<10	<10	ไม่พบ
	พีวีซี	4.0x10	<10	<3	<10	<10	<10
1.5	พีพี	1.0x10	<10	<3	<10	1.0x10	<10
	พีวีซี	1.5x10	<10	<3	<10	1.0x10	<10
3	พีพี	ไม่พบ	<10	<3	<10	<10	<10
	พีวีซี	ไม่พบ	<10	<3	<10	<10	<10

ตารางที่ 13 สมบัติของสแน็กบรรจุถุงโอเรียนเทดโพลิโพรพิลีนลามิเนตด้วยโพลิโพรพิลีน และถุงโอเรียน-เทดโพลิโพรพิลีนลามิเนตด้วยโพลิเอทิลีน และเมทาไลซ์โพลิเอสเทอร์ เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 6 เดือน

เดือนที่เก็บ	ชนิดของพลาสติก	แก๊สออกซิเจน ร้อยละ	สี (Munsell Value)	วอเตอร์-แอกติวิตี ที่ 25°ซ	ความชื้น ร้อยละ	กรดไขมันอิสระ	ค่าเพอร์ออกไซด์
0	โอพีพี/พีพี	0.8	6.23	0.291	3.13	0.79	17.2
	โอพีพี/พีอี/เอ็ม-พีอีที	0.7	6.32	0.291	3.13	0.79	17.2
3	โอพีพี/พีพี	20.2	6.31	0.514	6.20	0.71	11.8
	โอพีพี/พีอี/เอ็ม-พีอีที	19.7	6.31	0.302	3.64	0.65	11.7
6	โอพีพี/พีพี	20.2	6.30	0.534	6.40	0.66	11.7
	โอพีพี/พีอี/เอ็ม-พีอีที	20.0	6.29	0.397	4.16	0.65	9.8

ตารางที่ 14 แสดงปริมาณจุลินทรีย์ในสแน็กบรรจุถุงโอเรียนเทดโพลิโพรพิลีนลามิเนตด้วยโพลิ-โพรพิลีน และถุงโอเรียนเทดโพลิโพรพิลีนลามิเนตด้วยโพลิเอทิลีนและเมทาไลซ์โพลิเอส-เทอร์ เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 6 เดือน

เดือนที่เก็บ	ชนิดของพลาสติก	จุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนี/กรัม)	รา (โคโลนี/กรัม)	*อี. โคไล* (เอ็มพีเอ็ม/กรัม)	*สแตไฟโลคอกคัสออเรียส* (โคโลนี/กรัม)	*บาซิลลัสซีเรียส* (โคโลนี/กรัม)	*คลอสตรีเดียมเพอร์ฟริงเจนส์* (โคโลนี/กรัม)
0	โอพีพี/พีพี	6.0x10	<10	<3	<10	<10	<10
	โอพีพี/พีอี/เอ็ม-พีอีที	6.0x10	<10	<3	<10	<10	<10
3	โอพีพี/พีพี	$1.1x10^2$	8.0x10	<3	<10	<10	<10
	โอพีพี/พีอี/เอ็ม-พีอีที	$1.5x10^2$	4.0x10	<3	<10	<10	<10
6	โอพีพี/พีพี	2.0x10	4.0x10	<3	<10	<10	<10
	โอพีพี/พีอี/เอ็ม-พีอีที	9.0x10	5.0x10	<3	<10	<10	<10

ตารางที่ 15 แสดงคะแนนเฉลี่ยของการทดสอบการยอมรับของ ทองพับ บรรจุในถุงโพลิโพรพิลีนและกล่องโพลิไวนิลคลอไรด์กับระยะเวลาที่เก็บ

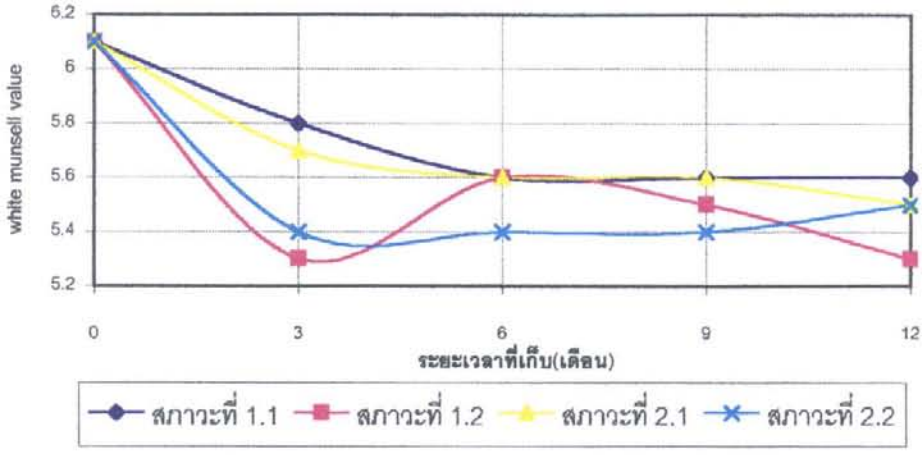
เดือนที่เก็บ	ชนิดของพลาสติก	รายการทดสอบ			
		สี	กลิ่น	รส	ลักษณะเนื้อ
0	พีพี	4.3	3.5	4.2	4.2
	พีวีซี	4.3	3.7	4.2	4.1
1.5	พีพี	4.2	3.4	4.1	4.1
	พีวีซี	4.2	3.6	4.1	4.2
3	พีพี	4.1	3.4	3.1	2.1
	พีวีซี	4.1	3.2	3.4	1.8

ตารางที่ 16 แสดงคะแนนเฉลี่ยของการทดสอบการยอมรับของ สแน็กบรรจุในถุงโอเรียนเทดโพลิโพรพิลีนลามิเนตด้วยโพลิโพรพิลีน และบรรจุในถุงโอเรียนเทดโพลิโพรพิลีนลามิเนตด้วยโพลิเอทิลีนและเมทาไลซ์โพลิเอสเทอร์กับระยะเวลาที่เก็บ

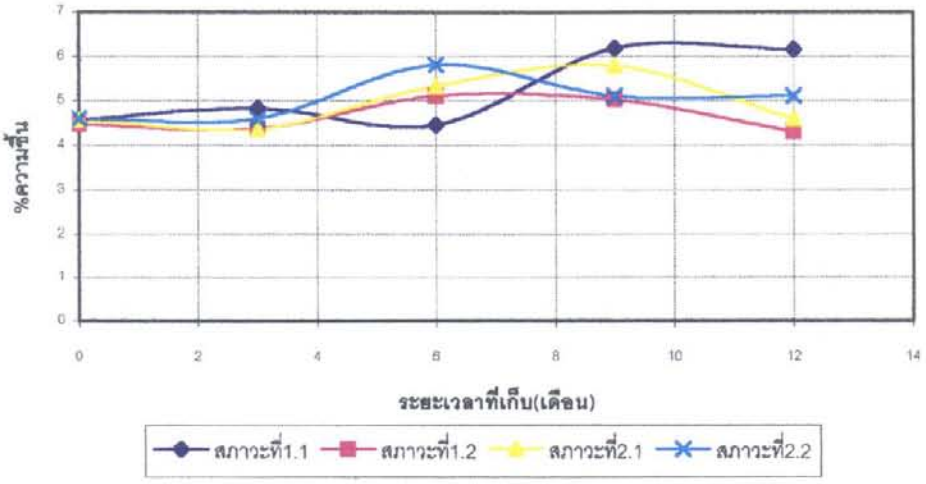
เดือนที่เก็บ	ชนิดของพลาสติก	รายการทดสอบ			
		สี	กลิ่น	รส	ลักษณะเนื้อ
0	โอพีพี/พีพี	4.3	3.7	4.3	4.3
	โอพีพี/พีอี/เอ็มพีอีที	4.1	3.8	4.2	4.0
3	โอพีพี/พีพี	4.0	2.8	3.2	2.4
	โอพีพี/พีอี/เอ็มพีอีที	4.0	3.6	3.8	2.6
6	โอพีพี/พีพี	3.6	2.2	2.8	2.2
	โอพีพี/พีอี/เอ็มพีอีที	3.6	2.2	2.8	2.2

หมายเหตุ : เกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

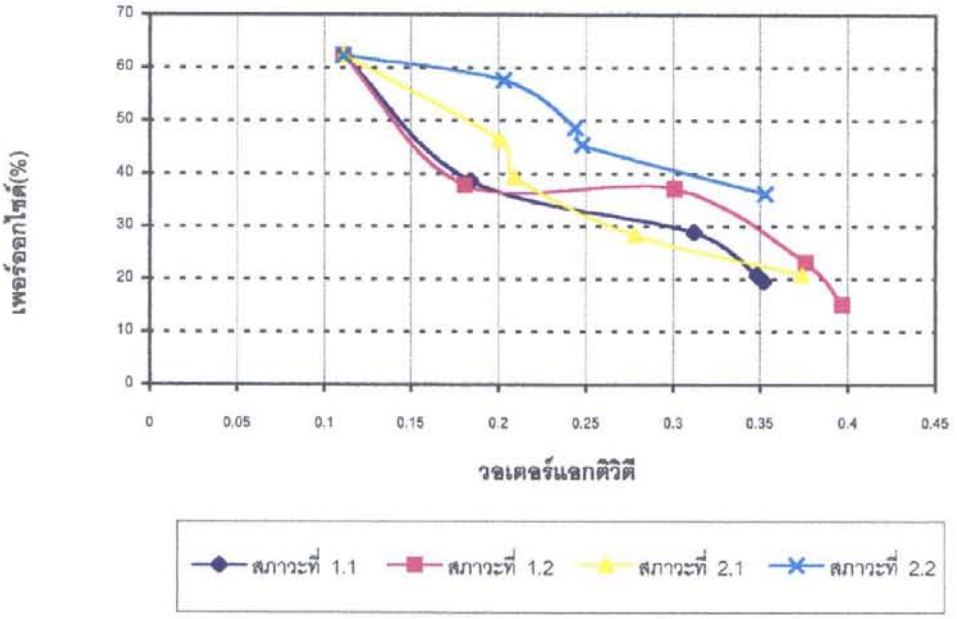
ดีมาก = 5 ดี =4 ดีพอใช้= 3 พอใช้= 2 ไม่ดี= 1



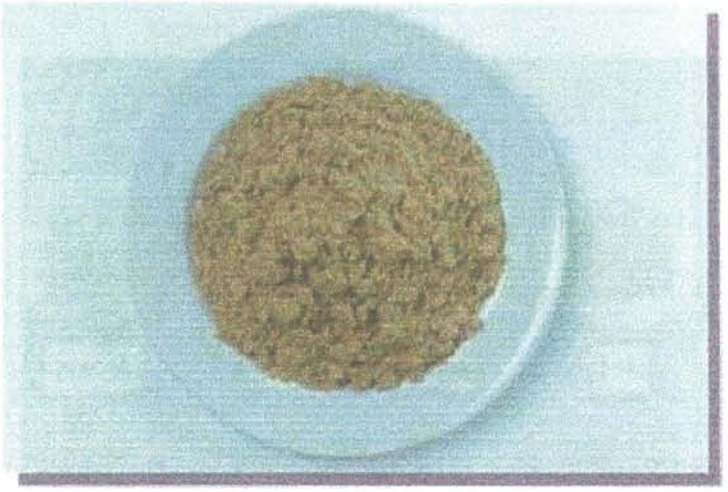
รูปที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสี(white munsell value) กับ ระยะเวลาที่เก็บปลาป่น



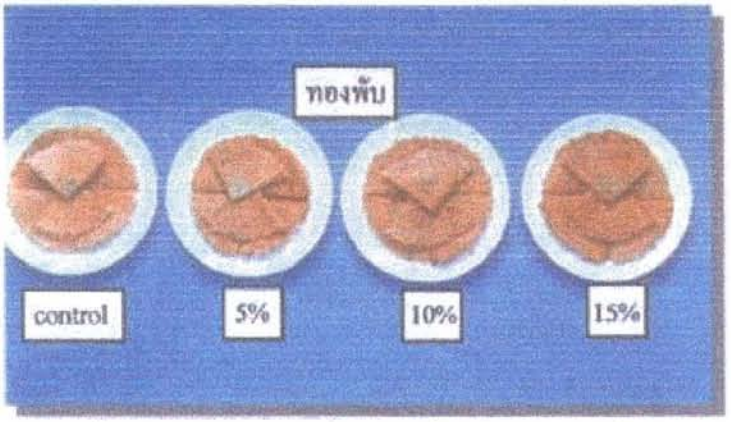
รูปที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับระยะเวลาที่เก็บปลาป่น



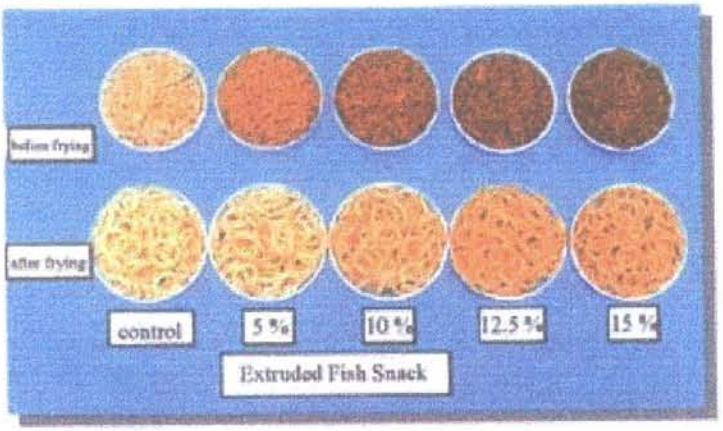
รูปที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเพอร์ออกไซด์และค่า Aw ที่สภาวะต่างๆ



รูปที่ 7 ปลาป่นพร้อมส่วนผสมทำอาหารว่าง



รูปที่ 8 ทองพับทำจากปลาป่นส่วนผสมต่างๆ



รูปที่ 9 สแน็กทำจากปลาป่นส่วนผสมต่างๆ

ตารางที่ 17 แสดงค่า white munsell value กับค่า Y-value

V_r	Y	V_r	Y	V_r	Y	V_r	Y	V_r	Y	V_r	Y	V_r	Y	V_r	Y	V_r	Y	V_r	Y
10.00	102.57																		
9.99	102.30	8.99	78.45	7.99	58.92	6.99	42.92	5.99	29.94	4.99	19.68	3.99	11.935	2.99	6.511	1.99	3.100	0.99	1.196
8	102.04	8	78.23	8	58.74	8	42.77	8	29.82	8	19.59	8	11.870	8	6.468	8	3.075	8	1.182
7	101.78	7	78.02	7	58.57	7	42.63	7	29.71	7	19.50	7	11.805	7	6.425	7	3.050	7	1.168
6	101.52	6	77.80	6	58.39	6	42.49	6	29.59	6	19.41	6	11.740	6	6.382	6	3.025	6	1.154
5	101.25	5	77.59	5	58.22	5	42.34	5	29.48	5	19.32	5	11.675	5	6.339	5	3.000	5	1.141
9.94	100.99	8.94	77.38	7.94	58.04	6.94	42.20	5.94	29.36	4.94	19.23	3.94	11.611	2.94	6.296	1.94	2.975	0.94	1.128
3	100.73	3	77.16	3	57.87	3	42.06	3	29.25	3	19.14	3	11.547	3	6.254	3	2.950	3	1.114
2	100.74	2	76.95	2	57.69	2	41.92	2	29.13	2	19.06	2	11.483	2	6.212	2	2.925	2	1.101
1	100.21	1	76.74	1	57.52	1	41.77	1	29.02	1	18.97	1	11.419	1	6.170	1	2.901	1	1.087
0	99.95	0	76.53	0	57.35	0	41.63	0	28.00	0	18.88	0	11.356	0	6.128	0	2.877	0	1.074
9.89	99.69	8.89	76.32	7.89	57.17	6.89	41.49	5.89	28.79	4.89	18.79	3.89	11.292	2.89	6.086	1.89	2.853	0.89	1.060
8	99.44	8	76.11	8	57.00	8	41.35	8	28.68	8	18.70	8	11.229	8	6.045	8	2.829	8	1.047
7	99.18	7	75.90	7	56.83	7	41.21	7	28.57	7	18.62	7	11.167	7	6.003	7	2.805	7	1.034
6	98.92	6	75.69	6	56.66	6	41.07	6	28.45	6	18.53	6	11.104	6	5.962	6	2.781	6	1.021
5	98.66	5	75.48	5	56.48	5	40.93	5	28.34	5	18.44	5	11.042	5	5.921	5	2.758	5	1.008
9.84	98.41	8.84	75.27	7.84	56.31	6.84	40.79	5.84	28.23	4.84	18.36	3.84	10.980	2.84	5.881	1.84	2.735	0.84	0.995
3	98.15	3	75.06	3	56.14	3	40.65	3	28.12	3	18.27	3	10.918	3	4.841	3	2.712	3	0.982
2	97.90	2	74.85	2	55.97	2	40.51	2	28.01	2	18.19	2	10.856	2	5.800	2	2.688	2	0.969
1	97.64	1	74.64	1	55.80	1	40.37	1	27.90	1	18.10	1	10.795	1	5.760	1	2.665	1	0.956
0	97.39	0	74.44	0	55.63	0	40.23	0	27.78	0	18.02	0	10.734	0	5.720	0	2.642	0	0.943
9.79	97.14	8.79	74.23	7.79	55.46	6.79	40.09	5.79	27.67	4.79	17.93	3.79	10.673	2.79	5.680	1.79	2.620	0.79	0.931
8	96.88	8	74.02	8	55.29	8	39.95	8	27.56	8	17.85	8	10.612	8	5.641	8	2.598	8	0.918
7	96.63	7	73.82	7	55.12	7	39.82	7	27.45	7	17.76	7	10.551	7	5.602	7	2.575	7	0.906
6	96.38	6	73.61	6	54.95	6	39.68	6	27.34	6	17.68	6	10.491	6	5.563	6	2.553	6	0.893
5	96.13	5	73.40	5	54.78	5	39.54	5	27.23	5	17.60	5	10.431	5	5.524	5	2.531	5	0.881
9.74	95.88	8.74	73.20	7.74	54.62	6.74	39.40	5.74	27.12	4.74	17.51	3.74	10.371	2.74	5.485	1.74	2.509	0.74	0.868
3	95.63	3	72.99	3	54.45	3	39.27	3	27.02	3	17.43	3	10.311	3	5.447	3	2.487	3	0.856
2	95.38	2	72.79	2	54.28	2	39.13	2	26.91	2	17.34	2	10.252	2	5.408	2	2.465	2	0.844
1	95.13	1	72.59	1	54.11	1	39.00	1	26.80	1	17.26	1	10.193	1	5.370	1	2.443	1	0.832
0	94.88	0	72.38	0	53.94	0	38.86	0	26.69	0	17.18	0	10.134	0	5.332	0	2.422	0	0.819
9.69	94.63	8.69	72.18	7.69	53.78	6.69	38.72	5.69	26.58	4.69	17.10	3.69	10.075	2.69	5.295	1.69	2.401	0.69	0.807
8	94.38	8	71.98	8	53.61	8	38.59	8	26.48	8	17.02	8	10.017	8	5.257	8	2.380	8	0.795
7	94.14	7	71.78	7	53.45	7	38.45	7	26.37	7	16.93	7	9.959	7	5.220	7	2.359	7	0.783
6	93.89	6	71.57	6	53.28	6	38.32	6	26.26	6	16.85	6	9.901	6	5.183	6	2.338	6	0.771
5	93.64	5	71.37	5	53.12	5	38.18	5	26.15	5	16.77	5	9.843	5	5.146	5	2.317	5	0.759
9.64	93.40	8.64	71.17	7.64	52.95	6.64	38.05	5.64	26.05	4.64	16.69	3.64	9.785	2.64	5.109	1.64	2.296	0.64	0.747
3	93.15	3	70.97	3	52.79	3	37.92	3	25.94	3	16.61	3	9.728	3	5.072	3	2.276	3	0.735
2	92.91	2	70.77	2	52.62	2	37.78	2	25.84	2	16.53	2	9.671	2	5.036	2	2.256	2	0.723
1	92.66	1	70.57	1	52.46	1	37.65	1	25.73	1	16.54	1	9.614	1	5.000	1	2.236	1	0.711
0	92.42	0	70.37	0	52.30	0	37.52	0	25.62	0	16.37	0	9.557	0	4.964	0	2.216	0	0.699