รายงานการวิจัย

การปรับปรุงคุณภาพปลาสีเสียดเค็มโดยใช้สารทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ และการใช้ฟิล์มเคลือบผิวที่บริโภคได้และการเพิ่มมูลค่าเป็นผลิตภัณฑ์พร้อมบริโภค

Improvement of Salted Snapper Queen Fish Quality by Sodium Chloride Salt Replacement and Edible Coating Film and Value Added, Ready to Eat (RTE) Product

สุแพรวพันธ์ โลหะลักษณาเดช Supraewpan Lohalaksnadech

ชุตินุช สุจริต Chutinut Sujarit

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

งบประมาณแผ่นดินประจำปี พ.ศ. 2558-2559

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัย ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง ที่ได้อนุมัติงบประมาณ เพื่อทำวิจัย เรื่อง การปรับปรุงคุณภาพปลาสีเสียดเค็มโดยใช้สารทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์และการใช้ฟิล์มเคลือบผิวที่บริโภคได้และการเพิ่มมูลค่าเป็นผลิตภัณฑ์พร้อมบริโภค ประจำปี งบประมาณ 2558-2559 รวมทั้งขอขอบคุณคณาจารย์และนักศึกษาสาขาอุตสาหกรรมอาหารและผลิตภัณฑ์ประมง ในการร่วมเป็นผู้ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

สุแพรวพันธ์ โลหะลักษณาเดช

ชุตินุช สุจริต

พฤศจิกายน 2559

การปรับปรุงคุณภาพปลาสีเสียดเค็มโดยใช้สารทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์และการใช้ฟิล์มเคลือบผิวที่บริโภคได้และการเพิ่มมูลค่าเป็นผลิตภัณฑ์พร้อมบริโภค

สุแพรวพันธ์ โลหะลักษณาเดช และชุตินุช สุจริต [1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกผลของการทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยเกลือโพแตสเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพของปลาเค็ม โดยใช้เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับต่าง ๆ ได้แก่ ทดแทนร้อยละ 0 30 35 40 45 และ 50 พบว่าที่ระดับร้อยละ 35 ได้รับคะแนนจากผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับที่ระดับร้อยละ 30 40 45 และ 50 ($P<0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่ใช้โซเดียมคลอไรด์เพียงอย่างเดียว พบว่ามีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริกพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนค่าวอเตอร์แอกติวิตี ของตัวอย่างปลาเค็มที่ทดแทนด้วยเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ร้อยละ 35 พบว่ามีค่าสูงกว่าที่ระดับทดแทนร้อยละ 40 45 และ 50 ส่วนผลการใช้โพแทสเซียมแลกเตทร่วมกับโพแทสเซียมคลอไรด์และโซเดียมคลอไรด์ พบว่าปลาเค็มที่ใช้โพแตทเซียมแลกเตทที่ระดับร้อยละ 10 ร่วมกับโพแทสเซียมคลอไรด์ร้อยละ 35 และโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 65 ได้รับคะแนนความชอบทางด้านประสาทสัมผัสสูงกว่าตัวอย่างอื่น ส่วนปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริก ค่าความเป็นกรดด่าง และค่าวอเตอร์แอกติวิตี ให้ผลที่ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) การศึกษาการใช้สารเคลือบปลาเค็ม พบว่าการใช้สารละลายคาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลส ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 มีผลในการป้องกันการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของปลาเค็มได้ดีที่สุด โดยพิจารณาการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริก ค่าวอเตอร์แอกติวิตี ปริมาณความชื้น ($P<0.05$) ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด เมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองอื่น ๆ ส่วนการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพที่เก็บรักษาในสภาวะการบรรจุแบบต่าง ๆ พบว่า ตัวอย่างที่เก็บรักษาสภาวะการใช้สารดูดซับออกซิเจนมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้อยที่สุด โดยมีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับตัวอย่างอื่น ($P<0.05$)

คำสำคัญ : โพแทสเซียมคลอไรด์ โพแทสเซียมแลกเตท โซเดียมคลอไรด์ สารทดแทนเกลือ

[1]สาขาอุตสาหกรรมอาหารและผลิตภัณฑ์ประมง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง จังหวัดตรัง

E-mail : supraewpan@yahoo.com

Improvement of Salted Snapper Queen Fish Quality by Sodium Chloride Salt Replacement and Edible Coating Film and Value Added, Ready to Eat (RTE) Product

Supraewpan Lohalaksanadech and Chutinut Sujarit[1]

Abstract

The effect of sodium chloride (NaCl) substitution with potassium chloride (KCl) on chemical, microbiological and sensorial quality of salted fish was investigated. Salted fish was prepared with sodium chloride salt particularly replace by potassium chloride at 0%, 30%, 35, 40%, 45% and 50% (wt/wt), respectively and evaluated with regard to sensory attributes, TBA-N a_w salt content and total viable count as indicators of quality. Salting with KCl instead of NaCl changed quality of salted fish. The result found that, the highest score of the sensory evaluation was achieved using 35% KCl. It is no significance difference when compare with the control ($P>0.05$). TBA-N showed no significant difference between experimental salted fish at same storage period. a_w was higher compared with 30, 40, 45 and 50% ($P<0.05$) and only NaCl (control). The amount of total viable count increased during storage, with no significant difference between salt treatments. The resulted of added potassium lactate (K-lactate) into salted solution for improving sensorial of salted fish showed that 10% K-lactate at 65%NaCl and 35%KCl had the higher score than the others samples. Coating salted fish with 3%pectin, 0.2%CMC and 0.4%Carageenan indicated that 0.2% CMC showed the highest quality during storage when compared with control and others coated sample. The results showed that coating salted fish had significant effect on TBA-N pH moisture content, a_w of all samples ($p<0.05$). Shelf life storage of ready to eat salted fish packed in atmosphere, vaccum and oxygen absorber were investigated. The resulted showed that ready to eat salted fish packed with oxygen absorber had a slight quality change.

Key word : Potassium chloride, Potassium lactate, Sodium chloride, Salted fish

---

[1] Department of Food Industry and Fishery Product, Faculty of Science and Fishery Technology, Rajamangala University of Technology, Srivijaya, Trang Campus

E-mail : supraewpan@yahoo.com

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	i
บทคัดย่อ	ii
สารบัญ	iv
บทนำ	1
ระเบียบวิธีวิจัย	16
ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย	27
สรุปผลการวิจัย	53
เอกสารอ้างอิง	54
ภาคผนวก	57

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์และโพแทสเซียมคลอไรด์ในการผลิตปลาเค็ม	18
2	ปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ โพแทสเซียมแลกเตท และโพแทสเซียมคลอไรด์ในการทำปลาเค็ม	20
3	ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านเคมีและกายภาพของปลาเค็มที่ใช้โพแทสเซียมคลอไรด์ทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์	29
4	ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลินทรีย์ทั้งหมดของปลาสีเสียดเค็มที่ใช้โพแทสเซียมคลอไรด์ทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์	30
5	ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ปริมาณเกลือ ค่าความเป็นกรดด่าง ค่า วอเตอร์แอกติวิตี และปริมาณ กรดไทโอบาร์บิทูริก ของปลาเค็มที่มีการใช้เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ โพแทสเซียมแลกเตทแทนที่เกลือโซเดียมคลอไรด์	32
6	ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ของปลาเค็มที่มีการใช้เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ โพแทสเซียมแลกเตทแทนที่เกลือโซเดียมคลอไรด์	33
7	คุณค่าทางโภชนาการของปลาสีเสียดเค็มทอด	52

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ผลการประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของปลาสีเสียดเค็มที่ใช้โพแทสเซียมคลอไรด์ทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์	28
2	ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาสีเสียดเค็มที่ใช้โพแทสเซียมแลกเตทร่วมกับโพแทสเซียมคลอไรด์ในการทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์	31
3	ปริมาณกรดไทโฮบาร์บิทูริกแอซิด (Thiobabituric acid) ของปลาเค็มที่เคลือบด้วยสารละลาย ชนิดต่าง ๆ	35
4	ปริมาณเกลือของปลาเค็มที่เคลือบด้วยสารละลายชนิดต่าง	35
5	ปริมาณความชื้นของปลาเค็มที่เคลือบด้วยสารละลายชนิดต่าง ๆ	36
6	ค่าความเป็นกรดด่างของปลาเค็มที่เคลือบด้วยสารละลายชนิดต่าง ๆ	36
7	ค่าความชอบรวมของปลาเค็มที่เคลือบด้วยสารละลายชนิดต่าง ๆ	37
8	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของปลาเค็มที่เคลือบด้วยสารละลายชนิดต่าง ๆ	37
9	ค่าวอเตอร์แอกติวิตี ของปลาสีเสียดเค็มทอดที่เก็บรักษาในสภาวะการบรรจุต่าง ๆ เก็บที่อุณหภูมิตู้เย็น (5-7 องศาเซลเซียส)	38
10	ค่าวอเตอร์แอกติวิตี ของปลาสีเสียดเค็มทอดที่เก็บรักษาในสภาวะการบรรจุต่าง ๆ เก็บที่อุณหภูมิห้อง (25-28 องศาเซลเซียส)	39
11	ค่าความเป็นกรดด่างของปลาสีเสียดเค็มทอดที่เก็บรักษาในสภาวะการบรรจุต่าง ๆ เก็บที่อุณหภูมิตู้เย็น (5-7 องศาเซลเซียส)	40
12	ค่าความเป็นกรดด่างของปลาสีเสียดเค็มทอดที่เก็บรักษาในสภาวะการบรรจุต่าง ๆ เก็บที่อุณหภูมิห้อง (25-28 องศาเซลเซียส)	40
13	ปริมาณเกลือของปลาสีเสียดเค็มทอดที่เก็บรักษาในสภาวะการบรรจุต่าง ๆ เก็บที่อุณหภูมิตู้เย็น (5-7 องศาเซลเซียส)	41
14	ปริมาณเกลือของปลาสีเสียดเค็มทอดที่เก็บรักษาในสภาวะการบรรจุต่าง ๆ เก็บที่อุณหภูมิห้อง (25-28 องศาเซลเซียส)	41
15	ปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริกของปลาสีเสียดเค็มทอดที่เก็บรักษาในสภาวะการบรรจุต่าง ๆ เก็บที่อุณหภูมิตู้เย็น (5-7 องศาเซลเซียส)	43

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
16	ปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริกของปลาสีเสียดเค็มทอดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25-28 องศาเซลเซียส)	43
17	ปริมาณความชื้นของปลาสีเสียดเค็มทอดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25-28 องศาเซลเซียส)	44
18	ปริมาณความชื้นของปลาสีเสียดเค็มทอดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (5-7 องศาเซลเซียส)	44
19	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของปลาสีเสียดเค็มทอดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (5-7 องศาเซลเซียส)	45
20	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของปลาสีเสียดเค็มทอดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25-28 องศาเซลเซียส)	46
21	ปริมาณยีสต์และราของปลาสีเสียดเค็มทอดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (5-7 องศาเซลเซียส)	46
22	ปริมาณยีสต์และราของปลาสีเสียดเค็มทอดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25-28 องศาเซลเซียส)	47
23	คะแนนด้านประสาทสัมผัสของปลาสีเสียดเค็มทอดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (5-7 องศาเซลเซียส)	48
24	คะแนนด้านประสาทสัมผัสของปลาสีเสียดเค็มทอดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25-28 องศาเซลเซียส)	50

ภาพผนวกที่		หน้า
1	ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างสารละลายเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์และเกลือโซเดียมคลอไรด์และการเคลือบสารละลาย	57

บทนำ

ปลาสีเสียดหรือปลาสละเป็นปลาที่นิยมนำมาทำเค็ม เป็นปลาเค็มที่ราคาสูง โดยปกติจำหน่ายในกิโลกรัมละประมาณ 250-400 บาท การผลิตปลาสีเสียดเค็มนิยมทำเค็มทั้งตัว โดยการผ่าหลังให้ส่วนท้องติดกัน นำไปแช่เกลือนาน 1 คืน โดยส่วนใหญ่ใช้อัตราส่วนปลาต่อเกลือ เท่ากับ 3:1 การทดแทนเกลือ (Salt substitute) เหล่านี้มีคุณสมบัติในการให้รสชาติเหมือนเกลือแต่ไม่มีโซเดียม โดยมีการกำหนดปริมาณโซเดียมที่คนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไปควรได้รับต้องไม่เกิน 2,400 มิลลิกรัมต่อวัน นอกจากนั้นการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของปลาสีเสียดเค็มในระหว่างการอบแห้งและการเก็บรักษาหลังจากการอบแห้งนั้น มีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพ เคมีและจุลชีววิทยา แนวทางที่จะป้องกันการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ โดยการใช้การเคลือบด้วยฟิล์มที่บริโภคได้จะเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยป้องกันการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการทอดและการเก็บรักษา โดยสามารถป้องกันการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพ จุลินทรีย์ และทางเคมี

ปลาสีเสียดเค็มเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคต้องนำไปทอดก่อนการบริโภค ซึ่งทำให้ไม่เกิดความสะดวกแก่ผู้บริโภค โดยเฉพาะกลุ่มผู้บริโภคยุคใหม่ที่ต้องการผลิตภัณฑ์ที่สะดวก สามารถบริโภคได้ทันที การผลิตปลาสีเสียดทอดพร้อมบริโภคจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะตอบสนองต่อการดำเนินชีวิตของผู้คนในปัจจุบัน อย่างไรก็ตามการศึกษาถึงสภาวะในการทอดรวมทั้งรูปแบบการบรรจุและภาชนะเป็นสิ่งที่สำคัญ ซึ่งจะช่วยป้องกันการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษา ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้จึงได้ทำการศึกษาในประเด็นดังกล่าวข้างต้น

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. ศึกษาปริมาณโพแทสเซียมคลอไรด์ที่เหมาะสมในการทำเค็มปลาสีเสียด
2. ศึกษาผลของการใช้ฟิล์มเคลือบที่บริโภคได้ ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านประสาทสัมผัส เคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ ของปลาสีเสียดเค็ม
3. ศึกษาอายุการเก็บรักษาปลาสีเสียดเค็มทอดพร้อมบริโภค
4. วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของปลาสีเสียดเค็มทอดพร้อมบริโภค

ขอบเขตของโครงการวิจัย

ศึกษาการใช้สารทดแทนเกลือในการทำเค็มปลาสีเสียด การใช้ฟิลม์ที่บริโภคได้ในการเก็บรักษาปลาสีเสียดเค็ม และการบวนการผลิตปลาสีเสียดเค็มพร้อมบริโภค รวมทั้งรูปแบบการบรรจุที่

เหมาะสมโดยศึกษาภาชนะในรูปแบบต่าง ๆ และมีการใช้สารดูดซับออกซิเจน มีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษา

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

การทำเค็มหรือการใส่เกลือปลา

มนุษย์รู้จักการใช้เกลือในการถนอมอาหารและปรุงแต่งรสมาตั้งแต่สมัยก่อนประวัติศาสตร์ ในสมัยโบราณมีการใช้เกลือเป็นตัวถนอมอาหารการทำเค็ม จนเป็นที่แพร่หลายรู้จักกันใช้ชื่อว่า Ukas และยังใช้ในเกลือเป็นเครื่องปรุงหลักในการประกอบอาหารและใช้การถนอมอาหารหลากหลายชนิด (Luck, 1980) การถนอมอาหารโดยการใช้เกลือมีจุดสูงสุดในช่างศตวรรษที่ 18 และ 19 ในช่วงกลางศตวรรษที่ 19 มีการพัฒนาวิธีการอื่น ๆ ในการเก็บถนอมอาหารปลาเป็นเหตุให้ผลิตภัณฑ์ปลาเค็มลดลง (Sikorski, 1990) การเก็บรักษาสัตว์น้ำ โดยวิธีใดก็ตามมักมีการเติมเกลือลงไปเพื่อช่วยในการปรุงแต่งรสชาติ และเรียกว่าการทำเค็ม เกลือจะต้องเป็นหลักสำคัญในการป้องกันการเสื่อมเสียคุณภาพ นอกจากนี้ยังใช้เกลือในอาหารเนื้อสัตว์ต่าง ๆ สามารถลด รสขมได้มักเติมลงในเบียร์ที่มีแอลกอฮอล์สูง

ปลาเกลือ

ปลาเกลือ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปลาสดที่ตัดแต่งแล้วมาทำเค็มตัวปลาต้องสัมผัสกับน้ำเกลืออย่างทั่วถึงหลังจากนั้นคลุกเกลือกับปลาหรือแช่ปลาในน้ำเกลือที่ใช้ขึ้นอยู่กับปริมาณความเค็มที่ต้องการ สามารถแบ่งปลาเกลือได้ดังนี้

1. ปลาเค็มน้อย (Light cure) มีเกลือต่ำกว่าร้อยละ 10 ใช้เกลือร้อยละ 17
2. ปลาเค็มปานกลาง (Medium cure) มีเกลือร้อยละ 10-14
3. ปลาเค็มจัด (Heave cure) มีการใช้เกลือเกินกว่าร้อยละ 14 ใช้น้ำเกลือเกินร้อยละ 14 ใช้น้ำเกลือร้อยละ 22 ขึ้นไป

การทำเค็ม

การทำเค็ม แบ่งออกเป็น 3 วิธีคือ ใช้เกลือเม็ด ใช้น้ำเกลือ และใช้เกลือเม็ดกับน้ำเกลือ

1. ใช้เกลือเม็ด

กรรมวิธีที่ 1 (Kerch method) เคล้าปลากับเกลือให้ทั่วแล้วเรียงปลาเป็นชิ้นๆ ในภาชนะที่ใช้หมักโดยเกลือคั่นระหว่างชั้นเกลือจะดูดน้ำออกจากตัวปลาเพื่อละลายตัวเองเป็นน้ำเกลือและเกลือจะซึมสู่ตัวปลาอย่างรวดเร็วป้องกันไม่ให้ปลาเน่าเสียน้ำจากตัวปลาจะกลายเป็นน้ำเกลือซึ่งจะ

ปล่อยทิ้งไป เพื่อให้น้ำจากตัวปลาซึมออกมากที่สุด จึงควรใช้ของหนักวางทับหรือขัดเพื่อป้องกันไม่ให้ปลาลอย

กรรมวิธีที่ 2 (Butt method) เรียงปลาเป็นชั้นๆ ในภาชนะที่ใช้หมัก โดยโรยเกลือคั่นระหว่างชั้น เมื่อเกิดน้ำท่วมตัวปลาแล้วทิ้งไว้เช่นนั้นสักระยะหนึ่ง หรือจนปลามีความเค็มตามต้องการหากเห็นว่าเกลือที่ใช้ครั้งแรกไม่พอให้เติมเกลือลงไปอีก

2. ใช้น้ำเกลือใส่ปลาในภาชนะที่ใช้หมัก ใช้วัสดุที่เหมาะสมวางทับหรือขัดเพื่อป้องกันไม่ให้ปลาลอย เทน้ำเกลืออิ่มตัวหรือน้ำเกลือที่มีความเข้มข้นไม่น้อยกว่าร้อยละ 12 โดยน้ำหนักให้ท่วมตัวปลา โดยใช้อัตราส่วนของน้ำเกลือต่อปลา 1 ต่อ 1 โดยน้ำหนัก เพื่อให้ปลาเค็มที่ได้มีลักษณะและเนื้อสัมผัสเป็นที่ยอมรับ น้ำเกลือควรต้ม กรอง และปล่อยให้เย็นไว้ก่อนใช้ เพื่อป้องกันการเน่าเสียของปลาอันเกิดจาการเจริญของแบคทีเรียที่ชอบเกลือ

3. ใช้เกลือเม็ดกับน้ำเกลือปลากับเกลือให้ทั่ว และใส่ในช่องเหงือกด้วยเรียงปลาเป็นชั้น ๆ ในภาชนะที่ใช้หมักโดยโรยเกลือคั่นระหว่างชั้น แล้วโรยเกลือทับหนาประมาณ 7.5 เซนติเมตร อีกขั้นหนึ่งใช้วัสดุที่เหมาะสมวางทับหรือขัดไว้เพื่อป้องกันไม่ให้ปลาลอย แล้วเติมน้ำเกลืออิ่มตัวลงในภาชนะที่ใช้หมักจนน้ำท่วมตัวปลา หมักทิ้งไว้ 7-10 ชั่วโมง

โพแทสเซียมคลอไรด์

โพแทสเซียม (Potassium) จะทำงานร่วมกับโซเดียมในการควบคุมสมดุลของน้ำในร่างกาย และช่วยทำให้หัวใจเต้นเป็นปกติ โดยความเครียดทางด้านร่างกายและจิตใจอาจส่งผลให้ขาดโพแทสเซียมได้ หากโพแทสเซียมและโซเดียมในร่างกายเสียสมดุลจะทำให้การทำงานของเส้นประสาทและกล้ามเนื้อเสียไป โพแทสเซียม เป็นสารเกลือแร่ที่พบส่วนใหญ่ในของเหลวภายในเซลล์ โดยทำงานร่วมกับโซเดียมเพื่อช่วยควบคุมสมดุลของของเหลวในเซลล์ และมีความสำคัญในการควบคุมสมดุลนี้ให้เป็นปกติ อัลโดสเตอโรนซึ่งเป็นฮอร์โมนจากหมวกไตเป็นตัวคอยควบคุมการขับถ่ายโพแทสเซียม การใช้ยาบางชนิด เช่น ยาขับปัสสาวะ คอร์ดติโซน หรือ อัลโดสเตอโรนเป็นปัจจัยที่ทำให้เป็นปัจจัยที่ทำให้โพแทสเซียมในร่างกายลดลง เช่นเดียวกับภาวะท้องร่วงหรืออาเจียนอย่างรุนแรง เหงื่อออกมากเกินไป การผ่าตัดใหญ่หรือบาดแผลใหญ่ ความเครียด เกลือที่มากเกินไปในอาหาร สำหรับหน้าที่ภายในเซลล์ของโพแทสเซียมช่วยควบคุมของเหลวและสมดุลของอิเล็กโทรไลท์ภายในเซลล์ และยังจำเป็นสำหรับการหดตัวของกล้ามเนื้อ และการส่งสัญญาณกระแสประสาท ทั้งเป็นตัวสำคัญในการควบคุมการเต้นของหัวใจให้เป็นปกติ หากร่างกายขาดโพแทสเซียมนานๆ จะทำให้เกิดมีการสะสมโซเดียมในหัวใจ และเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ ทำให้การผลาญกลูโคสไม่ดีพอ เกิดภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำ กล้ามเนื้อไม่มีแรง เหนื่อยง่ายและนอนไม่หลับ การเต้นหัวใจไม่เป็นปกติ บวม ผนังลำไส้ทำงานผิดปกติ ทำให้อาหารไม่ย่อย และท้องผูกไตและปอด

ทำงานล้มเหลว ในทางตรงข้ามความสามารถของไตที่จะขับโพแทสเซียมอาจไม่ดีพอ เป็นผลให้เกิดภาวะโพแทสเซียมมากเกินไป ทำให้จังหวะการเต้นของหัวใจผิดปกติ เกิดอาการเจ็บหัวใจ กล้ามเนื้อไม่มีแรงและเกิดเป็นอัมพาต โพแทสเซียมเป็นอิออนบวกที่สำคัญที่สุดในของเหลวภายในเซลล์ โดยมีปริมาณเฉลี่ยในเม็ดเลือดแดง 105 มิลลิโมลต่อลิตร และในเซลล์เนื้อเยื่อ 150 มิลลิโมลต่อลิตร ส่วนในเซรุ่มจะมีประมาณ 3.5-5.5 มิลลิโมลต่อลิตร ร่างกายได้รับโพแทสเซียมจากอาหารโดยการดูดซึมจากทางเดินอาหารวันละประมาณ 80-200 มิลลิโมลต่อลิตร โดยถูกนำไปใช้ในเซลล์เพียงเล็กน้อย และส่วนใหญ่ถูกขับออกทางไตโดยผ่านทางปัสสาวะหากขับถ่ายช้าจะมีโพแทสเซียมในเซรุ่มสูง โพแทสเซียมเป็นเกลือแร่จำเป็นที่พบในเซลล์ ส่วนที่อยู่นอกเซลล์จะพบเป็นส่วนน้อย โดยจะพบเพียงร้อยละ 5 ของเกลือแร่ทั้งหมดในร่างกาย โพแทสเซียมมีคุณสมบัติเป็นด่าง ฮอร์โมนจากต่อมหมวกไตทำหน้าที่กระตุ้นการขับถ่ายโพแทสเซียมที่เกินความต้องการออกจากร่างกายซึ่งตามปกติจะขับโพแทสเซียมออกทางปัสสาวะ เหงื่อ และส่วนน้อยออกทางอุจจาระ การรับประทานอาหารโปรตีน แคลเซียม และเหล็กเพียงพอ ช่วยให้ร่างกายจะได้รับโพแทสเซียมตามไปด้วย

อาหารที่มีเกลือต่ำ

เกลือโซเดียมและโพแทสเซียมปกติร่างกายคนเราต้องการเกลือปริมาณเล็กน้อยเพื่อควบคุมความดัน และปริมาณน้ำในร่างกาย คนส่วนใหญ่จะรับอาหารที่มีเกลือสูง คนปกติไม่ควรรับเกลือเกิน 2300 มิลลิกรัมต่อวัน หากอายุมากกว่า 50 หรือมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด เช่น อ้วน หรือเป็นเบาหวานก็ไม่ควรที่จะบริโภคเกิน 1500 มิลลิกรัมต่อวัน การที่เรารับประทานอาหารที่มีเกลือต่ำจะมีประโยชน์ดังนี้

1) ลดความดันโลหิตสูง
2) ลดอาการบวมที่เท้า
3) สำหรับผู้ที่เป็นโรคไต การลดอาหารเค็มจะป้องกันน้ำท่วมปอด
4) ป้องกันโรคหัวใจวาย

สารที่ใช้เคลือบปลาเค็ม

ฟิล์มหรือสารเคลือบบริโภคได้ (Edible film and coating) หมายถึง วัสดุแผ่นบางที่รับประทานได้นำมาใช้กับอาหารด้วยวิธีต่างๆ เช่น การห่อหุ้ม การจุ่ม การแปรง หรือการพ่นฝอย เพื่อวัตถุประสงค์ในการกันไม่ให้สารต่างๆเข้าออกจากอาหารได้ (มณฑาทิพย์, 2535) ในการผลิตฟิล์มหรือสารเคลือบบริโภคได้ สามารถใช้วัตถุดิบหลายชนิดทั้งโพลีแซคาไรด์ โปรตีนลิพิด เช่น แป้งมันสำปะหลัง แป้งบุก แป้งข้าวเจ้า สตาร์ท วุ้น เจลาตินโปรตีนจากปลา โปรตีนจากนม ไข

พาราฟิน เป็นต้น ซึ่งสมบัติของฟิล์มหรือสารเคลือบที่ได้ก็จะแตกต่างกันตามวัตถุดิบที่ใช้ โดยทั่วไปสมบัติที่สำคัญของฟิล์มบริโภคได้ในแง่ของการใช้งาน ได้แก่ ความแข็งแรง การละลาย ความสามารถในการกันความชื้น ความสามารถในการกันออกซิเจน เป็นต้น การใช้ฟิล์มหรือสารเคลือบบริโภคได้นอกเหนือจากการกั้นสาร ดังที่กล่าวแล้วยังสามารถใช้เป็นตัวพา (Carriers) สารที่ใช้เป็นส่วนผสมและวัตถุเจือปนอาหาร เช่น สารให้กลิ่นรส สารให้สี รวมทั้งวัตถุกันเสีย สารต้านอนุมูลอิสระทั้งนี้เพื่อเป็นการเพิ่มหรือคงคุณภาพและเสถียรภาพของอาหารด้วย

เพกทิน เป็นพอลิเมอร์ชีวภาพ (Biopolymer) หรือพอลิเมอร์ธรรมชาติ (Natural polymer) ที่มีการใช้กันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มมาช้านานโดยใช้เป็นสารเพิ่มความข้นหนืด สารก่อเจล ในผลิตภัณฑ์แยม เยลลี่ และสารเพิ่มความคงตัวของระบบคอลลอยด์ในเครื่องดื่มน้ำผลไม้และผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเนื้อคล้ายเยลลี่ เพกตินจัดเป็นคาร์โบไฮเดรตประเภทไฟเบอร์หรือเส้นใยอาหารที่ไม่ถูกย่อยโดยเอนไซม์ในระบบการย่อยของร่างกายมนุษย์ ซึ่งได้รับความสนใจจากนักโภชนาการมากขึ้น เพราะจากการวิจัยให้ผลออกมาว่าอาหารที่มีไฟเบอร์สูงจะช่วยป้องกันการเกิดโรคต่าง ๆ คนที่บริโภคอาหารที่มีไฟเบอร์น้อย มีความเสี่ยงที่จะเกิดโรคต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น เพกทินเป็นโพลีแซคคาไรด์ที่เป็นโครงสร้างของผนังเซลล์ของพืชชั้นสูงเกือบทุกชนิด จัดเป็นสารประกอบคาร์โบไฮเดรตเช่นเดียวกับแป้งและเซลลูโลส เพกตินสามารถเกิดเป็นเจลในสภาวะที่มีน้ำตาลและความเป็นกรดที่เหมาะสมหรือสภาวะที่มีเกลือแคลเซียมร่วมอยู่ด้วย

การใช้เพกทินในอาหารมีวัตถุประสงค์เพื่อ

1) ทำให้เกิดเจล (Gelling agent) เพกทินมีสมบัติพิเศษคือ เมื่อรวมตัวกับน้ำตาลและกรดในปริมาณที่เหมาะสม เกิดเป็นเจลที่อ่อนนุ่ม ทำให้นำมาใช้ ในผลิตภัณฑ์ แยม เยลลี่

2) เป็นสารที่ทำให้ข้นหนืด (Thickening agent)

3) เป็นโครงป้องกันการตกตะกอน (Sedimentation) ของนมเปรี้ยว (Acidified milk) โดยป้องกันการตกตะกอนโปรตีนเคซีน (Casein)

4) เป็นอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) ทำให้อิมัลชัน (Emulsion) คงตัว โดยลดแรงตึงผิวระหว่างเฟสของน้ำมันและน้ำ

5) เป็น Prebiotic เป็นอาหารของแบคทีเรียกลุ่ม Probiotic ซึ่งเป็นประโยชน์แก่ร่างกายเป็นส่วนผสมของ Functional food

ชนิดของเพกทินที่ใช้ในอาหาร แบ่งตามระดับของเอสเทอริฟิเค ได้ 2 ระดับคือ

1) เพกทินที่มีเมทอกซิลสูง (High methoxylpectin, HM) เป็นเพกทินที่มีระดับของเมทิลเอสเทอริฟิเคชั่น (Degree of methyl esterification, %DM) มากกว่าร้อยละ 50 จะเกิดเจลได้เมื่อมีของแข็งที่

ละลายได้ในน้ำ (Total soluble solid) มากกว่าร้อยละ 55 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ใช้กับอาหารที่มี pH ต่ำกว่า 3.5 (ประมาณ 2-2)

2) เพกทินที่มีเมทอกซิลต่ำ (Low methoxyl pectin) เป็นเพกทินที่มีระดับของเมทิลเอสเทอริฟิเคชันน้อยกว่าร้อยละ50 จะเกิดเจลได้โดยไม่ต้องมีของแข็งที่ละลายได้ (Soluble solid) แต่ต้องมีแคลเซียมไอออน (Ca_2^+) อยู่ประมาณร้อยละ3 มีของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solid) ตั้งแต่ร้อยละ10-80 ที่ความเป็นกรดด่างช่วงกว้างตั้งแต่ 2.9-5.5 เจลที่ได้จะเป็นชนิด Thermo reversible gel เนื้อสัมผัสของเจลจะมีความอ่อนนุ่มและยืดหยุ่นมากกว่าเจลที่ได้จากเพกทินที่มีเมทอกซิลสูง

คาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลส เป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลสในรูปอีเทอร์ ผลิตได้จากปฏิกิริยาของโซเดียมมอโนคลอโรแอซีเทตกับแอลคาไลเซลลูโลส ได้เป็นโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ละลายได้ทั้งในน้ำร้อนและน้ำเย็น ใช้เป็นสารเพิ่มความคงตัว สารเพิ่มความหนืด และสารช่วยยึดจับ (binding agent) ในอาหาร เช่น ผสมลงในไอศกรีม และพุดดิง เป็นต้น คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสมีความคงตัวอยู่ในช่วงค่าความเป็นกรดด่าง 5.0-10.0 หากมีค่าความเป็นกรดด่าง ต่ำกว่า 5.0 จะทำให้ความหนืดและความคงตัวลดลง คาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลสได้จาการดัดแปลงโมเลกุลของเซลลูโลสโดยการควบคุมจำนวน sodium carboxymethyl group ($NaOOC-CH_2-$) เข้าไปในโมเลกุลของเซลลูโลส เกลือโซเดียมของคาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลสเป็นเกลอที่ผลิตขึ้นใช้ในทางการค้า โดยมีชื่อเรียกว่า CMC หรือ คาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลส คาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลสสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น ในอุตสาหกรรมอาหารได้มีการนำคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสมาใช้กันอย่างกว้างขวาง โดยใช้เป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์นม ผลิตภัณฑ์ขนมอบ ใช้ปรับปรุงเนื้อสัมผัสในอาหารแช่แข็ง

การเสื่อมเสียของการอาหารที่ผ่านการทำเค็ม

การเสื่อมเสียของอาหาร (Food spoilage) การเสื่อมเสียของอาหาร คือ การเสื่อม หรือ การลดลงโภชนาการ ทำให้อาหารไม่เป็นที่ต้องการไม่ปลอดภัย หรือไม่ยอมรับของผู้บริโภค การเสื่อมเสียของอาหารมีคุณภาพอาหาร ทางด้านกายภาพ เช่น สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัสสูญเสียคุณค่าทางสาเหตุได้ทั้งทางกายภาพ ทางเคมีจากปฏิกิริยาเคมี และจุลินทรีย์

การแบ่งประเภทของอาหารตามความยากง่ายของการเสื่อมเสีย

อาหารที่เสื่อมเสียง่าย (Perishable food) เป็นอาหารที่มีความชื้น (Moisture content) สูงมีวอเตอร์แอกติวิตี (Water activity) สูงกว่า 0.9 ได้แก่ อาหารสด เช่น น้ำนมเนื้อสัตว์ผัก ผลไม้ สัตว์น้ำ อาหารทะเล อาหารในกลุ่มนี้หากไม่ถูกเก็บรักษาอย่างเหมาะสมจะเสื่อมเสียอย่างรวดเร็ว ภายใน 1-

2 วัน หรือ ไม่เกิน 1 สัปดาห์ การเสื่อมเสียเกิด การเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย (Microbial spoilage) และจุลินทรีย์ให้เกิดโรค (Pathogens)

อาหารที่เสื่อมเสียเร็วปานกลาง อาหารที่มีความชื้นปานกลาง เช่น ไข่ ผลไม้ประเภทผลแห้ง เช่น มะขาม มะพร้าว พืชหัว เช่น หอมหัวใหญ่มันฝรั่ง มันเทศ ซึ่งมีเปลือกหุ้ม เพื่อปกป้อง จึงทำให้สามารถเก็บรักษาอาหารไว้ระยะหนึ่ง เกิดการเน่าเสียได้ภายใน 1-2 สัปดาห์

อาหารที่เน่าเสียได้ยาก คืออาหารที่มีความชื้นต่ำ ค่าวอเตอร์แอกติวิตีน้อยกว่า 0.6 (Low water activity food) จัดในกลุ่ม อาหารแห้ง เช่น แป้ง (Flour) สตาร์ท (Starch) ธัญพืช (Cereal grain) ถั่วเมล็ดแห้ง (Legume) น้ำตาล สามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน แต่ต้องระวังการดูดความชื้นกลับ โดยการใช้บรรจุภัณฑ์ (Packaging) ที่เหมาะสม ควบคุมสภาวะแวดล้อมให้มีความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) ต่ำ

สาเหตุของการเสื่อมเสียของอาหาร

1. การเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์

การเสื่อมเสียทางจุลินทรีย์ (Microbial spoilage) เป็นการเสื่อมเสียของอาหาร (Food spoilage) ที่มีสาเหตุหลักคือ จุลินทรีย์ ได้แก่ แบคทีเรีย (Bacteria) รา (Mold) หรือยีสต์ (Yeast) ซึ่งเกิดการปนเปื้อนและเพิ่มจำนวนขึ้นในอาหาร แล้วทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่ทำให้คุณภาพอาหารเปลี่ยนไปจนไม่เป็นที่ยอมรับ การเสื่อมเสียทางจุลินทรีย์อาจเป็นอันตรายต่อการบริโภคหากเป็นการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค (Pathogen) ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ (Food poisoning)

2. การเสื่อมเสียทางกายภาพของอาหาร

การใช้วัสดุป้องกันการสั่นกระแทกเพื่อป้องกันการเสื่อมเสียทางกายภาพระหว่างการขนส่งและการจัดจำหน่ายการเสื่อมเสียทางกายภาพเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียทางเคมีและจุลินทรีย์ต่อไปอีก เนื่องจากบาดแผลจากรอยแตกหักหรือรอยช้ำ ซึ่งอาจป้องกันได้ด้วยการใช้วัสดุป้องกันการสั่นกระแทก การเสื่อมเสียทางกายภาพยังเร่งให้สารอาหารทำปฏิกิริยากับเอนไซม์หรือทำปฏิกิริยากันเอง หรือกับสภาพแวดล้อม เช่น ออกซิเจน หรือความชื้นในบรรยากาศได้ง่ายอีกด้วยการเสื่อมเสียทางกายภาพอาจเนื่องมาจากการแปรรูป เช่น การแช่เยือกแข็ง (Freezing) ที่ทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ ทิ่มแทงเซลล์ให้ฉีกขาดเมื่อนำอาหารแช่เยือกแข็งมาหลอมละลายจะทำให้อาหารสูญเสียของเหลว (Drip loss) หรือสภาพการเก็บรักษาที่ไม่เหมาะสม เช่น การใช้บรรจุภัณฑ์ที่ป้องกันการผ่านเข้าออกของน้ำได้ไม่ดี ในอาหารสดหรืออาหารแช่เยือกแข็งทำให้ระเหยออกได้ส่งผลให้สูญเสียน้ำหนัก ผิวหน้าแห้ง หรือในกรณีอาหารแห้งน้ำจะซึมผ่านบรรจุภัณฑ์เข้าไปได้อาหารจะดูดน้ำกลับเข้าไป ทำให้มีความชื้นเพิ่มขึ้น สูญเสียความกรอบ หรือเกาะตัวกันเป็นก้อน และยังเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ได้อีก

3. การเสื่อมเสียทางเคมี

เป็นการเสื่อมเสียเนื่องจากปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างส่วนประกอบของอาหาร ระหว่างอาหารกับบรรจุภัณฑ์ หรือ ระหว่างอาหารกับสภาวะแวดล้อม การเสื่อมเสียทางเคมี

งานวิจัยการที่เกี่ยวข้องกับการใช้โพแทสเซียมคลอไรด์และเพกทิน

สุจินดา (2556) ศึกษาการทดแทนเกลือบริโภคด้วยเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ระดับแตกต่างกันจะส่งผลต่อคุณลักษณะทางเนื้อสัมผัสของปลาสีเสียดเค็มในด้านความแข็ง (Hardness) ค่าการยึดติด (Adhesiveness) การยืดหยุ่น (Springiness) การยึดเกาะ (Cohesiveness) ความเหนียวเป็นยาง (Gumminess) ความเหนียว (Chewiness) และค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) และคะแนนความชอบของผู้บริโภคในด้านความชอบโดยรวมและกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ โดยการใช้เกลือโพแทสเซียมที่ระดับร้อยละ 50 และ 25 ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนา พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะไม่แตกต่างกับไส้กรอกเวียนนาสูตรปกติ ($P \leq 0.05$)ในขณะที่ไส้กรอกเวียนนาที่ใช้เกลือโพแทสเซียมที่ระดับร้อยละ 75 และ 100 นั้นผู้บริโภคให้คะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะต่ำกว่าไส้กรอกเวียนนาสูตรปกติ จากการศึกษาพบว่าการใช้กรดอะมิโนแอลอาร์จินีนและ กรดอะมิโนไกลซีนสามารถที่จะบดบังรสขมที่เกิดขึ้นจากการทดแทนการใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ได้ที่ระดับร้อยละ 75ได้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาลดโซเดียมที่ผ่านการพัฒนาแล้วนี้มีปริมาณโซเดียม 281 มิลลิกรัมต่อร้อยกรัมตัวอย่างสามารถลดปริมาณโซเดียมลงได้ร้อยละ 50.66 จากสูตรเริ่มต้น โดยที่ลดการใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์ลงจากสูตรเริ่มต้น ได้ถึงร้อยละ 78.57 ของปริมาณเกลือที่ใช้ในส่วนผสมจึงสามารถกล่าวอ้างตามกฎหมายได้ว่าเป็นผลิตภัณฑ์ลดโซเดียม ผลิตภัณฑ์มีคุณลักษณะทางกายภาพ เคมีและจุลินทรีย์เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไส้กรอกเวียนนา มาตรฐานเลขที่ มอก. 2300-2549 ส่วนคุณภาพทางประสาทสัมผัสจากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคในด้านความชอบ ลักษณะปรากฏ กลิ่น รส และเนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์ดังกล่าวนี้มีระดับคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคซึ่งท่าการทดสอบด้วยวิธี 9 - point hedonic scale ในระดับชอบเล็กน้อยถึงปานกลางในทุกคุณลักษณะ

Tuliahan (2007) ศึกษาการใช้ฟิล์มบริโภคได้เป็นบรรจุภัณฑ์อาหารโดยตรง มีข้อจำกัดเนื่องจากฟิล์มที่ได้มักมีความไวต่อความชื้นและมีความสามารถในการกั้นไอน้ำและแก๊สต่ำ ดังนั้นการนำไปใช้ จึงควรใช้ร่วมกับบรรจุภัณฑ์ชั้นนอกที่สามารถกั้นไอน้ำและแก๊สได้ดี แล้วใช้ฟิล์มบริโภคได้ห่อหุ้มอาหารเพื่อแยกส่วน หรือทำหน้าที่เป็นตัวพาสารอื่นจะทำให้สามารถใช้ฟิล์มบริโภคได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

Adams (1986) การถนอมและการแปรรูปผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ จำเป็นต้องมีการใช้สารเคมีหลายชนิดเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะและรสชาติที่ต้องการ และสามารถเก็บรักษาไว้ได้เป็นระยะเวลานานพอควรโดยไม่เกิดการเหม็นหืนและการเน่าเสียก่อนนำไปบริโภค สารเคมีที่ใช้แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ ประเภทแรกเป็นสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบในการหมักเกลือ ซึ่งเป็นสารที่ช่วยให้เกิดรสชาติและคุณลักษณะที่ต้องการและบางชนิดก็ช่วยยืดอายุในการเก็บได้ด้วยสารเคมีอีกประเภทหนึ่งเป็นสารเคมีที่มีวัตถุประสงค์เพื่อถนอมรักษาเนื้อสัตว์เป็นหลัก ซึ่งได้แก่ กรดอินทรีย์และสารปฏิชีวนะเป็นต้นสารเคมีที่ใช้ในการหมัก (Curing chemicals) เกลือที่ใช้ในการแปรรูปเนื้อสัตว์อยู่ในรูปเกลือแกงหรือเกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ซึ่งแต่เดิมมนุษย์ใช้เกลือเพื่อเป็นตัวป้องกันการเน่าเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ของเนื้อสัตว์เมื่อหมักในสภาพห้องธรรมดา ดั้งนั้น การใช้เกลือในการหมักเนื้อจึงใช้ที่ความเข้มข้นสูง โดยปกติต้องใช้เกลือในผลิตภัณฑ์อย่างน้อยร้อยละ 6 ซึ่งเกลือมีผลต่อการลดน้ำในผลิตภัณฑ์และทำให้แรงดันออสโมติก (Osmotic pressure) ของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนไปค่าวอเตอร์แอกติวิตีลดลง จึงมีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และป้องกันการเน่าเสีย

โซเดียมอาจจะไม่ได้มีผลต่อการเพิ่มความดันโลหิตในทุกคน แต่คนที่ร่างกายมีความไวต่อเกลือก็จะมีโอกาสเกิดความดันสูงได้ง่ายกว่า มีงานวิจัยมากมายที่ชี้ให้เห็นว่าการลดปริมาณเกลือในอาหารไม่ได้ก่อให้เกิดผลเสีย แต่กลับดีต่อสุขภาพร่างกายควรได้รับโซเดียมอย่างน้อยวันละ 500 มิลลิกรัม สูงสุดไม่เกินวันละ 2,300 มิลลิกรัม แต่ถ้าลดปริมาณโซเดียมได้ถึงวัน 1,800 มิลลิกรัมก็จะลดความเสียงได้มากขึ้นพบว่าโรคที่เป็นมากที่สุดจากการทานเค็ม คือโรคความดันโลหิตสูงร้อยละ65.3 โรคอ้วนร้อยละ 35.1 โรคเบาหวานร้อยละ 6.5 นอกจากการทานเค็มจะทำให้เกิดโรคดังกล่าวแล้วยังส่งผลให้เกิดโรคแทรกซ้อนต่าง ๆ ตามมา เช่น โรคหัวใจขาดเลือด โรคไต โรคหลอดเลือดแดงตีบ รวมถึงโรคหลอดเลือดสมอง ซึ่งทำให้เกิดอัมพฤกษ์ อัมพาต เป็นต้น

ชาติชาย (2553) ทดแทนการใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ในไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ ซึ่งได้ให้เหตุผลในการเลือกใช้เกลือดังกล่าวว่าการใช้เกลือผสมระหว่างเกลือโซเดียมคลอไรด์และโพแทสเซียมคลอไรด์จะสามารถช่วยลดปริมาณโซเดียมที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์เนื้อแปรรูป และยังไม่ส่งผลต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกมากนัก นอกจากนั้นการเติมเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ยังมีบทบาทสำคัญในการลดอันตรายของผลกระทบจากโซเดียมในร่างกาย และสาเหตุที่นิยมใช้เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ เนื่องจากลักษณะทางด้านเคมีของเกลือทั้งสองชนิดที่มีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน ไม่มีสี และไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์ขุ่น นอกจากนั้นยังมีอนุภาคที่ใกล้เคียงกันแต่เกลือโพแทสซียมคลอไรด์นั้น หากใช้ในปริมาณที่มากจะทำให้เกิดรสขม หลังจากบริโภคโดยผู้บริโภคส่วนใหญ่จะรับรู้ได้ถึงรสขมเมื่อมีการใช้เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ ประมาณ 6 กรัมต่อผลิตภัณฑ์เนื้อประมาณ 1 กิโลกรัม

การใช้เกลือผสมระหว่างโซเดียมคลอไรด์ (Sodium chloride, NaCl) และเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ (Potassium chloride, KCl) จะสามารถช่วยลดปริมาณโซเดียมที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ลงได้แต่การเติมโพแตสเซียมคลอไรด์ในปริมาณที่มากจะทาให้มีรสขมมีกลิ่นรสของสารเคมีและโลหะ นอกจากนั้นยังทำให้เกิดความรู้สึกหลังชิมโดยส่วนใหญ่การลดปริมาณโซเดียมจะแทนที่ด้วยโพแตสเซียมคลอไรด์ที่ระดับร้อยละ 30 แต่อาจมีบางผลิตภัณฑ์ที่สามารถใช้ได้ถึงร้อยละ50 (Kilcast and Angus, 2007) ชาติชาย และสุจินดา (2553) ได้ศึกษาผลของการทดแทนโซเดียมคลอไรด์ด้วยโพแตสเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ พบว่าสามารถแทนที่โซเดียมคลอไรด์ได้ร้อยละ 25 โดยความเข้มทางด้านรสเค็มและรสขมไม่แตกต่างจากการใช้โซเดียมคลอไรด์ที่ระดับร้อยละ 100 ($p>0.05$) และ ชาติชาย และสุจินดา (2553) ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ลดเกลือโซเดียมโดยใช้โพแตสเซียมคลอไรด์ร่วมกับไกลซีนในการทดแทนโซเดียมคลอไรด์ พบว่าลดโซเดียมคลอไรด์ได้ร้อยละ 49.68 จากสูตรเริ่มต้นนอกจากนั้นการลดโซเดียมคลอไรด์ในผลิตภัณฑ์แฮมสามารถใช้โพแตสเซียมคลอไรด์ทดแทนโซเดียมคลอไรด์ได้ร้อยละ 50 โดยยังคงคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสและทางกายภาพที่ยอมรับได้ นอกจากนี้โพแตสเซียมแลคเตท (potassium lactate, K-lactate) ยังเป็นสารอีกชนิดหนึ่งที่ใช้เสริมรสเค็ม (Guardia *et al*., 2008; Gou *et at*., 1996) การศึกษาการทดแทนโซเดียมคลอไรด์ด้วยโพแตสเซียมคลอไรด์ร่วมกับ K-lactate ในไส้กรอกหมักพบว่าโพแทสเซียมคลอไรด์ทดแทนโซเดียมคลอไรด์ได้ถึงร้อยละ 50 จากสูตรเดิมและการเติม K-lactate สามารถเสริมรสเค็มได้มากกว่าการทดแทนโซเดียมคลอไรด์ด้วยโพแตส เซียมคลอไรด์เพียงอย่างเดียวโดยที่ผู้บริโภคไม่สามารถแยกความแตกต่างของไส้กรอกหมักได้ (Guardia *et al*., 2008)

ฟิล์มที่บริโภคได้ไม่มีจุดมุ่งหมายในการทดแทนบรรจุภัณฑ์สังเคราะห์ในท้องตลาดทั้งหมด แต่มีวัตถุประสงค์เพื่อลดการใช้งานบรรจุภัณฑ์สังเคราะห์พร้อมกับทำหน้าที่ในการควบคุมการเคลื่อนย้ายของความชื้นกลิ่นรสและน้ำมันระหว่างส่วนประกอบในอาหารกับบรรจุภัณฑ์ การนำฟิล์มที่บริโภคได้มักขึ้นกับชนิดของวัตถุดิบราคาหาง่ายหน้าที่สมบัติเชิงกล (ความแข็งแรงและความยืดหยุ่น) คุณภาพการมองเห็น (ใสและขุ่น) และการป้องกันการซึมผ่านไอน้ำ ออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งลักษณะที่ผู้บริโภคยอมรับเหล่านี้นอกจากเป็นผลมาจากชนิดของวัตถุดิบตามธรรมชาติแล้วยังขึ้นกับสภาวะของการผลิตฟิล์มเช่นความเข้มข้นของวัตถุดิบขั้นตอนการผลิตอุณหภูมิชนิดและความเข้มข้นของวัตถุเจือปน ได้แก่ พลาสติไซเซอร์สารป้องกันจุลินทรีย์สารป้องกันออกซิเดชัน เป็นต้น (Guilbert *et al.,* 1996) สามารถผลิตได้จากการปลูกข้าวเมื่อนำมาผลิตเป็นฟิล์มแล้วสามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติส่วนเพคตินเป็นส่วนประกอบหลักของผนังเซลล์พืชพบมากในผลไม้วงศ์ส้มประกอบด้วยโครงสร้างโมเลกุลของβ-1,4 D-galacturonic acid และα-1,4 D-galacturonic acid-α-1,2-rhamnose ถูกนำมาใช้เป็นสารทำให้เกิดเจลและสารให้ความคงตัว

ในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องสำอางและเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภค เช่น มีคลอเลสเตอรอลสูง ช่วยรักษาระดับน้ำตาลและลดการเกิดมะเร็ง เพคตินยังถูกนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์หลากหลาย เช่น ฟิล์มที่บริโภคและย่อยสลายได้สารให้ความเหนียวกระดาษโฟม และสารพลาสติกไซเซอร์

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหาร

อาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ทั้งในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวและการแปรรูปอาหาร ในระหว่างการเก็บรักษาก่อนนำมาบริโภค การเสื่อมเสียของอาหารมีสาเหตุ 3 ประการ คือ

1. การเสื่อมเสียของอาหารทางเคมี ในอาหารที่ทำสุกผ่านการปรับปรุงเสร็จแล้วเซลล์ต่างๆ จะตายลงแต่ยังมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่เกิดขึ้นได้

2. การเสื่อมเสียของอาหารทางกายภาพ อาหารประเภทเนื้อสัตว์ การเสื่อมเสียส่วนใหญ่จะเกิดจากการขนส่ง การถ่ายเทวัตถุดิบโดยไม่ถูกวิธี การดูแลและการเก็บรักษาไม่ถูกต้อง ก็ทำให้เกิดการเสียหายต่ออาหารได้

3. การเสื่อมเสียของอาหารทางจุลินทรีย์ อาหารที่นำทาบริโภคมีหลายประเภท เมื่ออาหารเกิดการเน่าเสียไม่ว่าจะเป็นอาหารสดหรืออาหารที่ผ่านการปรุงสุกจะมีจุลินทรีย์ในอาหารเป็นจำนวนมาก อาจถึงล้านเซลล์ขึ้นไป แต่จะพบจุลินทรีย์เพียง 1-2 ชนิด ที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสียในอาหาร จุลินทรีย์ทั้งแบคทีเรีย ยีสต์ และรา สามารถเจริญและเพิ่มจำนวนได้ในอาหารเกือบทุกชนิด บางชนิดสามารถย่อยพวกไขมัน คาร์โบไฮเดรต บางชนิดย่อยโปรตีนทำให้อาหารเกิดการเน่าเสีย

ปัจจัยที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร

อาหารมีโอกาสเสื่อมคุณภาพด้วยปฏิกิริยาทางกายภาพและเคมีที่เกิดจากสิ่งแวดล้อมรอบข้างอาหารปัจจัยที่มีส่วนทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารเสื่อมคุณภาพได้ ดังนี้ คือ

1. อากาศออกซิเจนในอากาศนับได้ว่าเป็นศัตรูหมายเลขหนึ่งของสินค้าอาหาร เนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันที่อาจเกิดกับไขมันและโปรตีนในอาหาร ทำให้เสียรสชาติและกลิ่นหืน แหล่งที่ปล่อยออกซิเจนออกมาทำปฏิกิริยาอาจมีอยู่ในตัวอาหารเองหรือมาจากสิ่งแวดล้อมภายนอก ดังนั้นในการบรรจุอาหารจึงพยายามลดปริมาณของอากาศในบรรจุภัณฑ์ให้น้อยลง เพื่อลดโอกาสที่ออกซิเจนจะทำปฏิกิริยากับอาหาร บรรจุภัณฑ์สุญญากาศ (Vacuum packaging) ใช้หลักการเดียวกันนี้ โดยดูดเอาอากาศภายในบรรจุภัณฑ์ออกเกือบหมด เพื่อลดโอกาสในการทำปฏิกิริยาออกซิเจนกับอาหาร นับเป็นวิธีการยืดอายุของผลิตภัณฑ์ด้วยเทคนิคทางบรรจุภัณฑ์

2. ความชื้น ความชื้นเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร มีผลต่อเนื้อสัมผัส เช่น ความนุ่ม ความเหนียว ความกรอบ เป็นต้น มีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ซึ่งทำให้อาหารเน่าเสียได้ มีผลต่อปฏิกิริยาเคมีและชีวเคมี เช่น ปฏิกิริยา

ไฮโดรไลซีสของไขมัน ปฏิกิริยาที่เกิดจากการกระทำของเอนไซม์ เป็นต้น ความชื้นที่มีปริมาณเหมาะสมจะเป็นองค์ประกอบในการช่วยถนอมรักษาคุณภาพอาหารด้วยการลดปฏิกิริยาชีวเคมีและเคมีของอาหาร ถ้าความชื้นมีน้อยเกินไปจะทำให้อาหารเปราะแตกง่าย ในการแปรรูปอาหารจึงจำเป็นที่จะต้องควบคุมปริมาณความชื้นให้อยู่ในระดับที่ยอมรับ เช่น การอบแห้ง ซึ่งเป็นการสกัดน้ำออกจากอาหาร ปริมาณของน้ำที่จะช่วยป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารอันเนื่องมาจากจุลินทรีย์ การอบแห้งจะดึงน้ำออกจากอาหารให้เหลือต่ำกว่าร้อยละ 10 ขึ้นกับชนิดอาหารต่ำลงอีกจนถึงปริมาณร้อยละ 5

3. กลิ่น กลิ่นหอมที่ชวนรับประทานของผลิตภัณฑ์อาหารเป็นส่วนผสมของสารเคมีหลายชนิดและกลิ่นหอมเป็นคุณสมบัติเด่นประจำอาหารแต่ละชนิด ส่วนผสมของสารเคมีอาจมากถึง 20 ชนิด ตัวอย่างเช่น ในน้ำส้มที่ให้กลิ่นส้มอันน่ารับประทาน โดยปกติกลิ่นเหล่านี้จะระเหยไปเมื่อถูกความร้อน ดังนั้นจึงเป็นหน้าที่ของบรรจุภัณฑ์ที่จะถนอมรักษากลิ่นเหล่านี้ไว้ในบรรจุภัณฑ์ไม่ให้หลุดหายมากเกินไปนักในระหว่างการผ่านกระบวนการผลิต

4. การแยกตัว การแยกตัวของสารจากบรรจุภัณฑ์เข้าสู่อาหารมักเกิดกับพลาสติก เนื่องจากพลาสติกโดยปกติประกอบด้วยโมเลกุลใหญ่ แต่มีส่วนผสมของสารโมเลกุลขาดเล็กที่มีโอกาสแยกตัวออกมา แล้วเข้าไปผสมกับอาหารที่บรรจุอยู่ภายใน ซึ่งหากมีการแยกตัวออกมากอาจจะไม่ปลอดภัยต่อการบริโภคเข้าสู่ร่างกาย โดยปกติการแยกตัวดังกล่าวเกิดขึ้นที่มีปริมาณน้อยจนอยู่ในระดับที่ยอมรับได้และไม่เป็นอันตรายเพราะวิวัฒนาการทางเทคโนโลยีของวัสดุศาสตร์และการแปรรูป นอกจากว่าการแยกตัวนี้จะมีผลทำให้เกิดกลิ่นผิดปกติขึ้นมากจนไม่เป็นที่ยอมรับ

5. แสง แสงที่ส่องผ่านบรรจุภัณฑ์มักจะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดการเสื่อมคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร ปรากฏการณ์ที่พบได้บ่อยมี 2 กรณี

5.1 แสงจะทำให้คุณค่าทางอาหารลดลงแม้ว่าจะไม่มีผลต่อรสชาติ ตัวอย่างที่เห็นชัดที่สุด คือ นม สารที่มีคุณค่าต่อสุขภาพในนมเรียกว่า Riboflavin จะเสื่อมคุณภาพเพราะแสง โดยเฉพาะแสงเหนือม่วง

5.2 มีการเปลี่ยนแปลงต่อรสชาติทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารไม่เป็นที่ยอมรับ

6. ความร้อนและความเย็น แม้ว่าในการถนอมอาหารบางชนิดจะใช้ความร้อนช่วยในการรักษาคุณภาพ แต่การใช้ความร้อนหรือความเย็นเกินขนาดกลับจะเป็นผลร้ายต่อคุณภาพอาหาร การได้รับความร้อนขนาดจะทำให้เสียคุณค่าทางอาหารที่เรียกว่า สุกมากเกินไป (Overcook) ในทางกลับกันการใช้ความเย็นมากเกินไปจะก่อให้เกิดปฏิกิริยาที่เรียกว่า ไหม้ด้วยความหนาว (Freeze burn) เหตุการณ์นี้สามารถผ่อนหนักเป็นเบาได้ด้วยการใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม ความร้อนที่มากเกินไปสามารถแก้ไขได้โดยการเลือกวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ทำหน้าที่เป็นฉนวนความร้อนได้ดี ส่วนการ

ถูกไหม้ด้วยความหนาวนั้นใช้ฟิล์มบรรจุภัณฑ์ห่อผลิตภัณฑ์ห่ออาหารให้แน่นด้วยวัสดุป้องกันความชื้น

7. อันตรายทางกายภาพ ในระหว่างการขนส่งผลิตภัณฑ์อาหารมีโอกาสเสียดสี กระแทก กดทับ เป็นต้น ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีผิวเปราะบางชนิด ผัก ผลไม้ ย่อมมีโอกาสช้ำและแตกหัก เปิดโอกาสให้จุลินทรีย์และสัตว์ตัวเล็ก ๆ เช่น มดเข้าไปทำลายอาหารได้ ความเสียหายต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นนี้ย่อมลดโอกาสการจำหน่ายสินค้า มิฉะนั้นต้องขายลดราคา

8. สัตว์ต่าง ๆ ตั้งแต่หนู ตัวแมลง ทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารหรือผลผลิตทางการเกษตรปนเปื้อน ลดคุณค่าทางอาหาร (ปุ่น และสมพร, 2543)

จุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุการเน่าเสีย

จุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุการเน่าเสียของอาหารมีอยู่ 3 ชนิด

1. แบคทีเรีย (Bacteria)

แบคทีเรียที่เกี่ยวกับการเสื่อมเสียของอาหารจัดแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 แบคทีเรียที่ทำให้อาหารเสื่อมเสียแต่ไม่ผลิตสารพิษ และไม่ทำให้เกิดโรค เช่น แลกติกแอซิดแบคทีเรีย (Lactic acid bacteria) กลุ่มที่ 2 แบคทีเรียที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย และทำให้เกิดโรค เช่น *Clostridium botulinum* และ *Escherichia coli* เป็นแบคทีเรียที่เจริญได้ทั้งที่มีอากาศและไม่มีอากาศ และสร้างสารพิษ Enterotoxin ที่ทำให้เกิดโรคท้องร่วง (Diarrhea) สามารถเจริญได้ในอุณหภูมิต่ำ (5 องศาเซลเซียส) แหล่งปนเปื้อนที่สำคัญ คือ ดิน อุจจาระ และสิ่งสกปรกต่างๆ จึงมักใช้การตรวจหาเชื้อ *Escherichia coli* เป็นดัชนีบ่งชี้ (Indicator) สุขอนามัยของอาหาร

2. รา (Mold) ราทำให้อาหารเสื่อมเสียได้โดยการสร้างสารจากตัวเองไปย่อยองค์ประกอบของอาหารให้สลายตัว มีผลให้อาหารมีคุณลักษณะเปลี่ยนไป ราส่วนใหญ่จะไม่สร้างสารพิษ นอกจากราบางชนิด เช่น แอสเพอจิลัส ซึ่งสามารถสร้างอัลฟาทอกซิน ซึ่งเป็นสารพิษ เป็นสาเหตุของโรคมะเร็งและเป็นสารที่ทนต่อความร้อนได้ดี พบในถั่วลิสงและพริกป่นที่มีความชื้น

3. ยีสต์ (Yeast) ยีสต์ทำให้อาหารเสื่อมเสียโดยการเปลี่ยนน้ำตาลในอาหารให้เป็นแอลกอฮอล์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้เกิดฝ้าสีขาวบนผิวของอาหาร และยีสต์ชนิดที่ทนต่อความเข้มข้นของน้ำตาล เป็นสาเหตุให้อาหารมีรสหวานจัด เช่น น้ำผึ้ง น้ำหวาน และน้ำผลไม้เข้มข้นเสื่อมเสียได้ด้วย แต่มนุษย์ก็ยังสามารถใช้ประโยชน์จากยีสต์ในการทำอาหารหมักดอง เช่น การทำเบียร์ ไวน์ เหล้า และขนมปัง เป็นต้น

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

1. ปริมาณความชื้นของอาหาร แบคทีเรียมีความต้องการปริมาณน้ำในการเจริญเติบโตมากที่สุด รองลงมา คือ ยีสต์และรา ดังนั้นอาหารที่มีลักษณะเปียก หรือมีน้ำหนักจะมีโอกาสเสื่อมเสียได้ง่ายกว่าอาหารแห้ง

2. ความเข้มข้นของอาหาร ความเข้มข้นของอาหารมีความเกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำในอาหารด้วย ถ้าเติมสารที่ช่วยเพิ่มความเข้มข้นในอาหาร เช่น เกลือ หรือน้ำตาล จะทำให้อาหารมีความปลอดภัยจากการเสื่อมเสียเพราะจุลินทรีย์ไม่อาจเจริญเติบโตได้เนื่องจากขาดน้ำ

3. สารเคมีในอาหาร สารเคมีสามารถยับยั้งการเสื่อมเสียของอาหารเนื่องจากจุลินทรีย์ได้ เช่น กรดซอร์บิก และเกลือโพรพิโอเนต ที่เติมลงไปในขนมปัง แต่ต้องควบคุมชนิดและปริมาณที่จะใช้ให้เป็นไปตามกฎหมายควบคุมมาตรฐานอาหารที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนด

4. ปริมาณของออกซิเจน จุลินทรีย์บางชนิดต้องการใช้ออกซิเจนเพื่อการเจริญเติบโตแต่บางชนิดอาจไม่ต้องการ

5. อุณหภูมิ จุลินทรีย์แต่ละชนิดมีอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโต แตกต่างกัน ดังนั้นการเตรียมอาหารที่ปลอดภัยจากจุลินทรีย์ จึงต้องทำอย่างระมัดระวังและรอบครอบ

6. สภาพความเป็นกรด–ด่างในอาหาร จุลินทรีย์กับสภาพความเป็นกรด–ด่างนั้นจุลินทรีย์จะเจริญเติบโตได้ดีในสภาพเป็นกลางหรือมีค่า pH เท่ากับ 7 (นวลจิตต์, 2542)

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของปลาสีเสียดเค็มในระหว่างการตากแห้งและการเก็บรักษาหลังจากการตากแห้ง พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพ เคมีและจุลชีววิทยา แนวทางที่จะป้องกันการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ทางหนึ่ง โดยการใช้สารเคลือบด้วยฟิล์มชนิดที่ บริโภคได้ที่ช่วยป้องกันการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ โดยฟิล์มที่เคลือบจะช่วยป้องการสัมผัสกับออกซิเจน ลดการเกิดกลิ่นหืน ป้องกันการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ ทำให้ปลาเค็มมีการเสื่อมเสียน้อยลงในระหว่างการเก็บรักษา โดยในการศึกษาครั้งนี้ได้ศึกษาผลของการใช้สารเคลือบ 3 ชนิด ได้แก่ เพคติน คาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลส และ คาราจีแนน ที่มีต่อคุณภาพของปลาเค็มในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น ฟิล์มที่บริโภคได้ถูกใช้เพื่อป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารโดยป้องกันการสูญเสียน้ำ เป็นตัวกั้นการซึมผ่านของความชื้น อากาศออกจากกผลิตภัณฑ์และจากผลิตภัณฑ์ออกสู่บรรยากาศภายนอก ซึ่งน้ำ และอากาศเป็นตัวที่ตัวให้เกิดปฏิกิริยาต่าง ๆ ภายในอาหาร (Lee *et al.,* 2003) คาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลส (Carboxyl methy cellualse, CMC) มีการใช้เป็นฟิล์มเคลือบในผลไม้หลายประเภท เช่น กระเทียม แอปเปิล กล้วย (Li *et al.,* 2010) คาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลสเป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลสประเภทหนึ่งที่เกิดจากการแปรหรือปรับคุณสมบัติของเซลลูโลสทำให้เกิดการแทนที่โครงสร้างเดิมด้วยหมู่เมทิลและหมู่คาร์บอกซิล เป็นของแข็งสีขาว

ละลายน้ำได้ดีมีคุณสมบัติเป็นสารเพิ่มความหนืด ช่วยในการยึดเกาะและเป็นสารคงสภาพ (มณฑาทิพย์, 2535) คาร์ราจีแนน (Carrageenan) เป็นโพลิแซคคาร์ไรด์ที่สำคัญชนิดหนึ่ง สกัดได้จากสาหร่ายสีแดง ถูกนำมาประยุกต์ใช้เป็นส่วนประกอบของอาหาร เครื่องสำอางค์ และผลิตภัณฑ์ยา (Hambleton *et al.,* 2009) κ-คาร์ราจีแนนมีโครงสร้างโมเลกุลประกอบด้วยหน่วยโมเลกุลไดแซคคาร์ไรด์ที่ซ้ำกันของ β-(1,3)-D-galactose-4-sufate และ α-(1,4)-3,6-anhydro-D-galactose ต่อเชื่อมกัน (Piculell, 1995) มีคุณสมบัติในการเกิดเจลที่ดี และให้ความคงตัวสูง (Lafargue *et al.,* 2007)

ระเบียบวิธีวิจัย

วัสดุและอุปกรณ์

1. วัตถุดิบ

1.1 ปลาสีเสียด

1.2 เกลือโซเดียมคลอไรด์

1.3 เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์

1.4 เพกทิน

2. สารเคมี

2.1 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางด้านเคมี

1) 1-butanol

2) 2-Thiobrbituric acid (AR grade)

3) กรดไตรคลอโรอะซิติก (Trichloroacetic acid, TCA)

4) ซิลเวอร์ไนเตรท (Siver nitrate)

5) โพแทสเซียมโครเมท (Potassium chromate)

2.2 สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อในการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

1) Buffer peptone water (BPW)

2) Plate count agar (PCA)

3) Potato dextrose agar (PDA)

4) Tartaric acid

3. อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.1 วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้สำหรับการแปรรูป

1) อุปกรณ์เครื่องครัว

2) ตู้อบลมร้อน

3) ตู้อบแสงอาทิตย์

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ทางเคมี

1) ปิเปต

2) บิวเรต

3) ขวดรูปชมพู่

4) ขวดปรับปริมาตร

5) กระดาษกรอง

6) ถ้วยอลูมิเนียม

7) เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง

8) เครื่องบดผสม (Homogenizer)

9) หลอดฝาเกลียว

10) บีกเกอร์

11) เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer)

3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

1) จานเพาะเชื้อ

2) ปิเปต

3) หลอดฝาเกลียว

4) ขวดใส่อาหารเลี้ยงเชื้อ

5) บิวเรต

6) ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)

7) หม้อนึ่งความดัน (Autoclave)

8) ตู้ปลอดเชื้อ (Laminar flow)

9) ตู้บ่มเชื้อ (Incubator)

10) เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง

11) เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง

12) เครื่องมือวิเคราะห์ค่า pH (pH meter)

13) เครื่องบดผสม (Homogenizer)

3.4 อุปกรณ์และเครื่องมือในการวิเคราะห์ทางกายภาพและประสาทสัมผัส

1) เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี (Water activity)

2) วัสดุและอุปกรณ์ในการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส

วิธีวิจัย

1. ศึกษาผลของการใช้โพแทสเซียมคลอไรด์ในกระบวนการผลิตสีเสียดเค็ม

1.1 การเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่างเป็นปลาสีเสียดขนาดน้ำหนักตัว 2–2.5 กิโลกรัม โดยซื้อจากตลาดในอำเภอสิเกา จังหวัดตรัง ขนส่งมายังห้องปฏิบัติการแปรรูปอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง โดยการแช่ในน้ำแข็ง ใช้เวลาขนส่งประมาณ 30 นาที นำมาล้างทำความสะอาด แล่ปลา เอาเครื่องในออก ตัดแต่งเนื้อปลาโดยเอาเฉพาะส่วนเนื้อ ตัดปลาเป็นชิ้นขนาดประมาณ 2 เซนติเมตร ล้างทำความสะอาด

1.2 การเตรียมการทดลอง

ทำเค็มปลาสีเสียดใช้วิธีการทำเค็มแบบแช่ในสารละลายน้ำเกลือ (Brine salting) โดยนำเนื้อปลาสีเสียดที่ผ่านการเตรียม แช่ในน้ำเกลือที่มีการทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ โดยทำเค็มปลาสีเสียดใช้ปริมาณเกลือทั้งหมดคิดเป็นร้อยละ 7 โดยในการทดลองแบ่งการทดลองเป็น 5 การทดลอง (ตารางที่ 1) โดยแช่เกลือนาน 4 ชั่วโมง นำปลามาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60-65 องศาเซลเซียส นาน 8 ชั่วโมง นำเนื้อปลาที่ได้ตรวจสอบคุณภาพ

ตารางที่ 1 ปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์และโพแทสเซียมคลอไรด์ในการผลิตปลาเค็ม

ปริมาณเกลือ (ร้อยละ)	การทดลองที่					
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
เกลือโซเดียมคลอไรด์ (ร้อยละ)	100	70	65	60	55	50
เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ (ร้อยละ)	0	30	35	40	45	50

1.3 การตรวจสอบคุณภาพ

คุณภาพทางด้านเคมี ได้แก่

1) ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) โดยชั่งตัวอย่างปลาเค็ม 2 กรัม เติมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากันดีวางทิ้งไว้ 10 นาที คนอีกครั้งจากนั้นวัดค่าความเป็นกรดด่างโดยใช้เครื่องวัดความเป็นกรดด่างยี่ห้อ Mettler Toledo ทำ 3 ซ้ำ (A.O.A.C., 2005)

2) ค่าความชื้นใช้วิธีของ A.O.A.C (2005) โดยชั่งตัวอย่างปลาเค็ม 2 กรัมใส่ในถ้วยอลูมิเนียมสำหรับหาความชื้นที่ผ่านการอบไล่ความชื้นแล้วอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมงจากนั้นเอาออกจากตู้ใส่ในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนจากนั้นอบ

ซ้ำจนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่ง 2 ครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม คำนวณค่าความชื้น (ร้อยละ) ในรูป (น้ำหนักน้ำที่หายไป/น้ำหนักปลาเริ่มต้น)X100 ทำ 3 ซ้ำ

3) ค่า Thiobarbituric acid (กรดไทโอบาร์บิทูริก) ใช้วิธีของ Buege and Aust (1978) โดยชั่งตัวอย่างที่บดละเอียดแล้ว 0.5 กรัมใส่ในหลอดทดลองเติมสารละลาย TBA (ประกอบด้วย TBA 0.375 กรัม กรดไตรคลอโรอะซิติก (Trichloroacetic acid, TCA) 15 กรัมและกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.875 มิลลิลิตร ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร) ลงไป 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันดีนำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาที จะเกิดสีชมพูหรือชมพูอมส้มขึ้นและมีความขุ่นวางไว้ให้เย็นจากนั้นเทเฉพาะส่วนใสไปเซนตริฟิวจ์ที่ความเร็ว 3000 รอบ/นาที นาน 15 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 532 นาโนเมตรหาปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริก โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของ malondialdehydebis (diethyl acetyl) (Merck,เยอรมนี)

คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

โดยวิธีวิเคราะห์แบบ 9-point hedonic scale ช่วงคะแนน 1 (ไม่ชอบมากที่สุด) -9 (ชอบมากที่สุด) ในปัจจัยคุณภาพด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบรวม การเตรียมตัวอย่างเพื่อการทดสอบด้านรสชาติปลาสีเสียดเป็นชิ้นขนาด 2 เซนติเมตร x 2 เซนติเมตร นำปลาสีเสียดทอดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที

1.4 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ทางสถิติ

การวางแผนการทดลองเป็นแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ความแปรปรวนและใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) เพื่อทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยโดยใช้การวิเคราะห์ทางสถิติ

2. ศึกษาผลของการใช้โพแทสเซียมคลอไรด์ร่วมกับโพแทสเซียมแลกเตทในกระบวนการผลิตสีเสียดเค็ม

2.1 การเตรียมตัวอย่าง

ปลาสีเสียดขนาดน้ำหนักตัว 2 –2.5 กิโลกรัม นำมาล้างทำความสะอาด แล่ปลาโดยการผ่าหลังปลา ตัดปลาเป็นชิ้นขนาดประมาณ 2 เซนติเมตร ล้างทำความสะอาด

2.2 การเตรียมการทดลอง

นำปลาสีเสียดที่ผ่านการเตรียมตามข้อ 2.1 แช่ในน้ำเกลือ โดยในการทำปลาเค็มปลาสีเสียดใช้ปริมาณเกลือทั้งหมดร้อยละ 8 โดยในการทดลองแบ่งการทดลองใช้เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ ดังนี้ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ โพแทสเซียมแลกเตท และโพแทสเซียมคลอไรด์ในการทำปลาเค็ม

ปริมาณ (ร้อยละ)	การทดลอง				
	1	2	3	4	5
โซเดียมคลอไรด์	65	65	65	65	65
โพแตสแลกเตท	0	5	10	15	20
โพแทสเซียมคลอไรด์	35	35	35	35	35

โดยแช่เกลือนาน 4 ชั่วโมง นำปลามาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60-65 องศาเซลเซียส นาน 8 ชั่วโมง นำเนื้อปลาที่ได้ตรวจสอบคุณภาพ

2.3 การตรวจสอบคุณภาพ

2.3.1 การตรวจสอบคุณภาพทางเคมี

1) ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) โดยชั่งตัวอย่างปลาเค็ม 2 กรัม เติมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากันดีวางทิ้งไว้ 10 นาที คนอีกครั้งจากนั้นวัดค่าความเป็นกรดด่างโดยใช้เครื่องวัดความเป็นกรดด่างยี่ห้อ Mettler Toledo ทำ 3 ซ้ำ (A.O.A.C., 2005)

2) ค่าความชื้นใช้วิธีของ A.O.A.C (2005) โดยชั่งตัวอย่างปลาเค็ม 2 กรัม ใส่ในถ้วยอลูมิเนียมสำหรับหาความชื้นที่ผ่านการอบไล่ความชื้นแล้วอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมงจากนั้นเอาออกจากตู้ใส่ในโถดูดความชื้นชั่งน้ำหนักที่แน่นอนจากนั้นอบซ้ำจนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่ง 2 ครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม คำนวณค่าความชื้น (ร้อยละ) ในรูป (น้ำหนักน้ำที่หายไป/น้ำหนักปลาเริ่มต้น)X100 ทำ 3 ซ้ำ

3) ค่ากรดไทโอบาร์บิทูริกแอซิด (Thiobarbituric acid, กรดไทโอบาร์บิทูริก) ใช้วิธีของ Buege and Aust (1978) โดยชั่งตัวอย่างที่บดละเอียดแล้ว 0.5 กรัมใส่ในหลอดทดลองเติมสารละลาย TBA (ประกอบด้วย กรดไทโอบาร์บิทูริก 0.375 กรัม กรดไตรคลอโรแอซิติก 15 กรัม และกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.875 มิลลิลิตร ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร) ลงไป 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันดีนำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาทีจะเกิดสีชมพูหรือชมพูอมส้มขึ้นและมีความขุ่นวางไว้ให้เย็นจากนั้นเทเฉพาะส่วนใสไปเซนตริฟิวจ์ที่ความเร็ว 3000 รอบ/นาที นาน 15 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 532 นาโนเมตร หาปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริก โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของ malondialdehydebis (diethyl acetyl) (Merck, เยอรมนี)

4) ปริมาณเกลือ โดยวิธีการ (FAO, 1981) โดย ชั่งน้ำหนักตัวอย่างอย่างละเอียดให้อยู่ระหว่าง 2 กรัม สกัดเกลือจากตัวอย่าง โดยใช้น้ำกลั่นเล็กน้อยในเครื่องบดผสมเป็นเวลา 2 นาที กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4 ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 250 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรของสารละลายที่สกัดได้เป็น 250 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น ดูดสารละลายที่สกัดได้มา 25 มิลลิลิตร ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 250 มิลลิลิตร เติมโพแทสเซียมโครเมต ความเข้มข้นร้อยละ 5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ลงไป 0.5 มิลลิลิตร แล้วไทเตรทกับสารละลายซิลเวอร์ไนเตรต 0.1 นอร์มอล จนได้ตะกอนสีแดงอิฐ โดยร้อยละของปริมาณเกลือสามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$\text{ปริมาณเกลือ (ร้อยละ)} = \frac{\text{ปริมาตรที่ใช้ไทไทรต} \times 5.8}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

2.3.2 คุณภาพทางกายภาพ

ค่าวอเตอร์แอคติวิตี โดยเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (Aqua lab) นำตัวอย่างปลาเค็มบดด้วยเครื่องบดอาหาร ให้ละเอียด นำตัวอย่างที่บดได้มาวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี ทำการวัดจำนวน 3 ซ้ำ

2.3.3 คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

โดยวิธีวิเคราะห์แบบ 9-point hedonic scale ช่วงคะแนน 1 (ไม่ชอบมากที่สุด) -9 (ชอบมากที่สุด) โดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน ในปัจจัยคุณภาพด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบรวม วางแผนการทดสอบตัวอย่างแบบ Randomized Completely Block Design และวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย Anova เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT (ไพโรจน์, 2536) การเตรียมตัวอย่างเพื่อการทดสอบด้านรสชาติปลาสีเสียดเป็นชิ้นขนาด 1 เซนติเมตร x 2 เซนติเมตร นำปลาสีเสียดทอดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที

2.3.4 คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์

1) ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (A.O.A.C., 2005)

2) ปริมาณยีสต์และรา (A.O.A.C., 2005)

2.4 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ทางสถิติ

การวางแผนการทดลองเป็นแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ความแปรปรวนและใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) เพื่อทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยโดยใช้การวิเคราะห์ทางสถิติ

3. ศึกษาผลการเคลือบปลาสีเสียดเค็มด้วยสารละลายชนิดต่าง ๆ และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษา

3.1 การเตรียมตัวอย่างปลาเค็ม

ปลาสีเสียด ขนาดน้ำหนัก 2-2.5 กิโลกรัม นำมาล้างทำความสะอาด แล่ปลาโดยการผ่าหลังปลา ตัดเป็นชิ้นขนาดประมาณ 2 เซนติเมตร ล้างทำความสะอาดนำปลาสีเสียด มาแช่น้ำเกลือผสมระหว่างโพแทสเซียมคลอไรด์และโซเดียมคลอไรด์ที่ได้รับการคัดเลือกจากข้อ 2

3.2 การเคลือบสารละลาย

การทดลองใช้สารละลายในการเคลือบปลาเค็ม 3 ชนิด

การทดลองที่ 1 กลุ่มควบคุม ไม่ใช้สารเคลือบ

การทดลองที่ 2 ใช้สาระลายเพคติกความเข้มข้นร้อยละ 3

การทดลองที่ 3 ใช้สารละลายคาร์บอกซิลเมทธิลเซลลูโลสความเข้มข้นร้อยละ 0.2

การทดลองที่ 4 ใช้สารละลายคาร์ราจีแนน ความเข้มข้นร้อยละ 0.4

- การเคลือบด้วยสารละลายเพคติน

เตรียมสารละลายเพคทิน โดยการนำเพคตินจำนวน 4 กรัม ละลายด้วยน้ำสะอาดปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร นำไปตั้งไฟ คนให้เพคตินละลาย ทิ้งไว้ให้เย็น นำปลาเค็มที่เตรียมไว้จุ่มในสารละลายเพคติน จนสารละลายเคลือบที่ผิวของปลาเค็มอย่างสม่ำเสมอ หลังจากนั้นวางเรียงบนตะแกรง นำไปตากแดดหรืออบแห้งที่อุณหภูมิ 60-65 องศาเซลเซียส จนกระทั่งสารเคลือบติดแน่น นำไปศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษา โดยบรรจุในถุงพลาสติกปลอดเชื้อ เก็บที่อุณหภูมิตู้เย็นสุ่มตัวอย่างวิเคราะห์ทุก ๆ 7 วัน

- การเคลือบด้วยสารละลายคาร์บอกซิลเมทธิลเซลลูโลส

เตรียมสารละลายคาร์บอกซิลเมทธิลเซลลูโลสเข้มข้น ร้อยละ 0.2 โดยการนำคาร์บอกซิลเมทธิลเซลลูโลสเข้มข้น จำนวน 0.2 กรัม ละลายด้วยน้ำสะอาด ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร คนให้ ละลาย นำปลาเค็มที่เตรียมไว้จุ่มในสารละลายโดยต้องให้ชิ้นปลาจมอยู่ใต้สารละลาย เพื่อให้เคลือบได้อย่างสม่ำเสมอ หลังจากนั้นวางเรียงบนตะแกรง นำไปตากแดดหรืออบแห้งที่อุณหภูมิ 60-65 องศาเซลเซียส จนกระทั้งสารเคลือบติดแน่น นำไปศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษา โดยบรรจุในถุงพลาสติกปลอดเชื้อ เก็บที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิตู้เย็นสุ่มตัวอย่างวิเคราะห์ทุก ๆ 3 วันที่อุณหภูมิห้องและทุก ๆ 7 วันที่อุณหภูมิตู้เย็น

- การเคลือบด้วยสารละลายคาร์ราจีแนน

เตรียมสารละลายคาร์ราจีแนน เข้มข้นร้อยละ 0.4 โดยการนำคาร์ราจีแนนจำนวน 0.4 กรัม ละลายด้วยน้ำสะอาด ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร คนให้ละลาย นำปลาเค็ม

ที่เตรียมไว้จุ่มในสารละลายโดยต้องให้ชิ้นปลาจมอยู่ใต้สารละลาย เพื่อให้เคลือบได้อย่างสม่ำเสมอ หลังจากนั้นวางเรียงบนตะแกรง นำไปตากแดดหรืออบแห้งที่อุณหภูมิ 60-65 องศาเซลเซียส จนกระทั่งสารเคลือบติดแน่น นำไปศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษา โดยบรรจุในถุงพลาสติกปลอดเชื้อ เก็บที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิตู้เย็นสุ่มตัวอย่างวิเคราะห์ทุก ๆ 3 วันที่อุณหภูมิห้องและทุก ๆ 6 วัน ที่อุณหภูมิตู้เย็น

3.3 การตรวจสอบคุณภาพ

3.3.1 การตรวจสอบคุณภาพทางเคมี

1) ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) โดยชั่งตัวอย่างปลาเค็ม 2 กรัม เติมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากันดีวางทิ้งไว้ 10 นาที คนอีกครั้งจากนั้นวัดค่าความเป็นกรดด่างโดยใช้เครื่องวัดความเป็นกรดด่างยี่ห้อ MettlerToledo ทำ 3 ซ้ำ (A.O.A.C., 2005)

2) ค่าความชื้นใช้วิธีของ A.O.A.C (2005) โดยชั่งตัวอย่างปลาเค็ม 2 กรัม ใส่ในถ้วยอลูมิเนียมสำหรับหาความชื้นที่ผ่านการอบไล่ความชื้นแล้วอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมงจากนั้นเอาออกจากตู้ใส่ในโถดูดความชื้นชั่งน้ำหนักที่แน่นอนจากนั้นอบซ้ำจนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่ง 2 ครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม คำนวณค่าความชื้น (ร้อยละ) ในรูป (น้ำหนักน้ำที่หายไป/น้ำหนักปลาเริ่มต้น X 100 ทำ 3 ซ้ำ

3) ค่ากรดไทโอบาร์บิทูริก (Thiobarbituric acid, กรดไทโอบาร์บิทูริก) ใช้วิธีของ Buege and Aust (1978) โดยชั่งตัวอย่างที่บดละเอียดแล้ว 0.5 กรัมใส่ในหลอดทดลองเติมสารละลาย TBA (ประกอบด้วย กรดไทโอบาร์บิทูริก 0.375 กรัม กรดไตรคลอโรแอซิติก 15 กรัม และกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.875 มิลลิลิตร ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร) ลงไป 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันดีนำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาทีจะเกิดสีชมพูหรือชมพูอมส้มขึ้นและมีความขุ่นวางไว้ให้เย็นจากนั้นเทเฉพาะส่วนใสไปเซนตริฟิวจ์ที่ความเร็ว 3000 รอบ/นาที นาน 15 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 532 นาโนเมตร หาปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริก โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของ malondialdehydebis (diethyl acetyl) (Merck, เยอรมนี)

4) ปริมาณเกลือ โดยวิธีการ FAO (1981) โดย ชั่งน้ำหนักตัวอย่างอย่างละเอียดให้อยู่ระหว่าง 2 กรัม สกัดเกลือจากตัวอย่าง โดยใช้น้ำกลั่นเล็กน้อยในเครื่องบดผสมเป็นเวลา 2 นาที กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4 ลงในขวดปรับปริมาตร ขนาด 250 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรของสารละลายที่สกัดได้เป็น 250 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น ดูดสารละลายที่สกัดได้มา 25 มิลลิลิตร ใส่ในขวดปรับปริมาตร ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมโพแทสเซียมโครเมต (potassium chromate) เข้มข้นร้อยละ 5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ลงไป 0.5 มิลลิลิตร แล้วไทเตรทกับสารละลายซิลเวอร์ไนเตรต 0.1 นอร์มอล จนได้ตะกอนสีแดงอิฐ โดยร้อยละของปริมาณเกลือสามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$\text{ปริมาณเกลือ (ร้อยละ)} = \frac{\text{ปริมาตรที่ใช้ไทไตรต} \times 5.8}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

3.3.2 คุณภาพทางกายภาพ

ค่าวอเตอร์แอคติวิตี (วอเตอร์แอกติวิตี) โดยเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (Aqua lab) นำตัวอย่างปลาเค็มบดด้วยเครื่องบดอาหาร ให้ละเอียด นำตัวอย่างที่บดได้มาวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี ทำการวัดจำนวน 3 ซ้ำ

3.3.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส โดยวิธีวิเคราะห์แบบ 9-point hedonic scale ช่วงคะแนน 1 (ไม่ชอบมากที่สุด) -9 (ชอบมากที่สุด) โดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน ในปัจจัยคุณภาพด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบรวม วางแผนการทดสอบตัวอย่างแบบ Randomized Completely Block Design และวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย Anova เปรียบเทียบค่าเลี่ยนด้วยวิธี DMRT การเตรียมตัวอย่างเพื่อการทดสอบด้านรสชาติปลาสีเสียดเป็นชิ้นขนาด 1 เซนติเมตร x 2 เซนติเมตร นำปลาสีเสียดทอดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที

3.3.4 คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์

1) ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (A.O.A.C., 2005)

2) ปริมาณยีสต์และรา (A.O.A.C., 2005)

3.4 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ทางสถิติ

การวางแผนการทดลองเป็นแบบ CRD จำนวน 3 ซ้ำ ข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ความแปรปรวนและใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) เพื่อทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยโดยใช้การวิเคราะห์ทางสถิติ

4. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของปลาสีเสียดเค็มทอดในระหว่างการเก็บรักษา

4.1 การเตรียมตัวอย่าง

นำปลาสีเสียดเค็มจากวิธีการที่เลือกแล้วในตอนที่ 2 มาทอดที่สภาวะบรรยากาศปกติแบบน้ำมันท่วมในน้ำมันปาล์ม โดยตัดเนื้อปลาเป็นชิ้นชนิด 2 ซม.x 3 ซม. ทอดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที) เมื่อทอดแล้วนำตัวอย่างขึ้นสะเด็ดน้ำมันทิ้งให้เย็น 10 นาที

4.2 สภาวะที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษารูปแบบการบรรจุที่เหมาะสม 3 รูปแบบ ชนิด คือ 1) สภาวะปกติ 2) บรรจุในสภาวะใช้สารดูดและ 3)บรรจุในสภาวะสุญญากาศ โดยเก็บที่อุณหภูมิในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25-28 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิตู้เย็น (5-7 องศาเซลเซียส)

4.3 การวิเคราะห์คุณภาพ

4.3.1 การตรวจสอบคุณภาพทางเคมี

1) ค่าความเป็นกรดด่าง โดยชั่งตัวอย่างปลาเค็ม 2 กรัม เติมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากันดีวางทิ้งไว้ 10 นาที คนอีกครั้งจากนั้นวัดค่าความเป็นกรดด่างโดยใช้เครื่องวัดความเป็นกรดด่างยี่ห้อ Mettler Toledo ทำ 3 ซ้ำ

2) ค่าความชื้นใช้วิธีของ A.O.A.C (2005) โดยชั่งตัวอย่างปลาเค็ม 2 กรัม ใส่ในถ้วยอลูมิเนียมสำหรับหาความชื้นที่ผ่านการอบไล่ความชื้นแล้วอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมงจากนั้นเอาออกจากตู้ใส่ในโถดูดความชื้นชั่งน้ำหนักที่แน่นอนจากนั้นอบซ้ำจนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่ง 2 ครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม คำนวณค่าความชื้น (ร้อยละ) ในรูป (น้ำหนักน้ำที่หายไป/น้ำหนักปลาเริ่มต้น) x 100 ทำ 3 ซ้ำ

3) ค่ากรดไทโอบาร์บิทูริก ใช้วิธีของ Buege and Aust (1978) โดยชั่งตัวอย่างที่บดละเอียดแล้ว 0.5 กรัมใส่ในหลอดทดลองเติมสารละลาย TBA (ประกอบด้วย กรดไทโอบาร์บิทูริก 0.375 กรัม กรดไตรคลอโรแอซิติก 15 กรัมและกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.875 มิลลิลิตร ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร) ลงไป 5 มิลลิลิตรเขย่าให้เข้ากันดีนำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาทีจะเกิดสีชมพูหรือชมพูอมส้มขึ้นและมีความขุ่นวางไว้ให้เย็นจากนั้นเทเฉพาะส่วนใสไปเซนตริฟิวจ์ที่ความเร็ว 3000 รอบ/นาที นาน 15 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 532 นาโนเมตร หาปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริก โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของ malondialdehydebis (diethyl acetyl) (Merck, เยอรมนี)

4) ปริมาณเกลือ โดยวิธีการ FAO (1981) โดย ชั่งน้ำหนักตัวอย่างอย่างละเอียดให้อยู่ระหว่าง 2 กรัม สกัดเกลือจากตัวอย่าง โดยใช้น้ำกลั่นเล็กน้อยในเครื่องบดผสมเป็นเวลา 2 นาที กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4 ลงในขวดปรับปริมาตร ขนาด 250 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรของสารละลายที่สกัดได้เป็น 250 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น ดูดสารละลายที่สกัดได้มา 25 มิลลิลิตร ใส่ใน ขวดปรับปริมาตร ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมโพแทสเซียมโครเมต เข้มข้นร้อยละ 5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ลงไป 0.5 มิลลิลิตร แล้วไทเตรทกับสารละลายซิลเวอร์ไนเตรต 0.1 นอร์มอล จนได้ตะกอนสีแดงอิฐ โดยร้อยละของปริมาณเกลือสามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$\text{ปริมาณเกลือ (ร้อยละ)} = \frac{\text{ปริมาตรที่ใช้ไทไตรต} \times 5.8}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

4.3.2 คุณภาพทางกายภาพ

1) ค่าวอเตอร์แอคติวิตี โดยเครื่อง Aqua lab นำตัวอย่างปลาเค็มบดด้วยเครื่องบดอาหาร ให้ละเอียด นำตัวอย่างที่บดได้มาวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี ทำการวัดจำนวน 3 ซ้ำ

4.3.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส โดยวิธีวิเคราะห์แบบ 9-point hedonic scale ช่วงคะแนน 1 (ไม่ชอบมากที่สุด) -9 (ชอบมากที่สุด) โดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน ในปัจจัยคุณภาพด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบรวม วางแผนการทดสอบตัวอย่างแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) และวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย Anova เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) การเตรียมตัวอย่างเพื่อการทดสอบด้านรสชาติปลาสีเสียดเป็นชิ้นขนาด 1 เซนติเมตร x 2 เซนติเมตร นำปลาสีเสียดทอดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที

4.3.4 คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์

1) ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (A.O.A.C., 2005)

2) ปริมาณยีสต์และรา (A.O.A.C., 2005)

4.4 การวางแผนการทองและการวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การวางแผนการทดลองเป็นแบบ CRD จำนวน 3 ซ้ำ ข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ความแปรปรวนและใช้ Duncan's new multiple range test (DMRT) เพื่อทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

1. การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของปลาสีเสียดเค็มทอด

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณในผลิตภัณฑ์ปลาสีเสียดเค็มทอด 100 กรัม คำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรตและปริมาณพลังงานทั้งหมดในผลิตภัณฑ์จากค่าที่ได้จากการวิเคราะห์เพื่อจัดทำฉลากผลิตภัณฑ์ปลาสีเสียดเค็ม

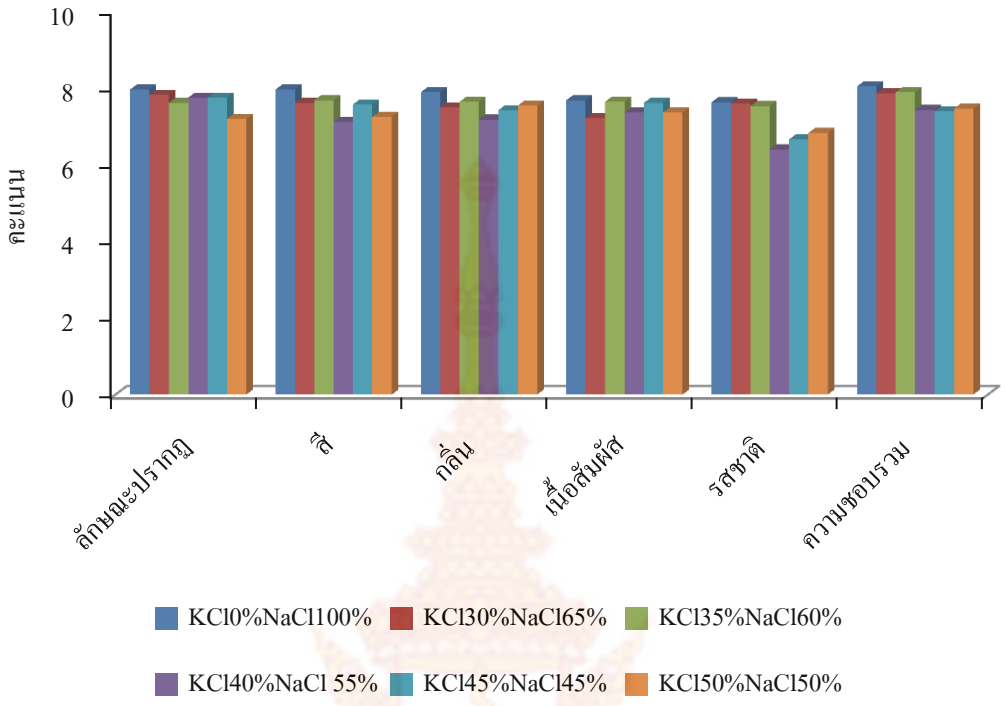
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ผลศึกษาการใช้โพแทสเซียมคลอไรด์ในกระบวนการผลิตสีเสียดเค็ม

จากการศึกการใช้โพแทสเซียมคลอไรด์ทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ในปริมาณร้อยละ 0 30 35 40 45 และ 50 โดยมีการวิเคราะห์หาค่าวอเตอร์แอคติวิตี ปริมาณเกลือ ปริมาณความชื้น ปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริก ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณเชื้อรา และคุณภาพด้านประสาทสัมผัส

1.1 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ปลาสีเสียดเค็มโดยทำการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสแบบ 9- Point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ประเมินคุณภาพทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบรวม โดยผู้ทดสอบให้คะแนนจาก 1-9 คะแนน (1 หมายถึงไม่ชอบมากที่สุด และ 9 หมายถึงชอบมากที่สุด) และกำหนดให้คะแนนต่ำกว่า 5 เป็นคะแนนที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับได้ผล (ภาพที่ 1) ผลการทดลองพบว่าคะแนนการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลาสีเสียดเค็มที่ใช้เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบรวม ส่วนลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่า มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) โดยคะแนนทางด้านรสชาติมีค่าน้อยลง เมื่อปริมาณโพแทสเซียมคลอไรด์เพิ่มขึ้น เนื่องจากการทดแทนด้วยเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ในปริมาณที่มากขึ้นส่งผลทำให้รสเค็ม (saltiness) ในผลิตภัณฑ์มีค่าลดลงและยังส่งผลให้เกิดรสขม (bitterness) ในผลิตภัณฑ์ (ชาติชาย และสุจินดา, 2553) แต่เมื่อทำการทดแทนด้วยเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ระดับร้อยละ 40 45 และ 50 รสชาติของผลิตภัณฑ์แตกต่างจากปลาเค็มที่ใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 100 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) Crehan *et al.* (2000) ศึกษาการลดปริมาณเกลือบริโภคในไส้กรอกแฟรงเฟอร์เตอร์ การลดปริมาณเกลือปริมาณเกลือบริโภคนั้นจะส่งผลต่อการรับรู้ด้านกลิ่นรสโดยรวมและรสเค็มของผลิตภัณฑ์ลดลง Campagnol *et. al,* (2011) รายงานว่าการใช้เกลือโพแทสเซียมร้อยละ 50 มีผลต่อคะแนนความชอบในด้านกลิ่นรสและเนื้อสัมผัสแตกต่างจากกลุ่มควบคุม ซึ่งผลมาจากรสขมของเกลือโพแทสเซียมที่ใช้ทดแทนจึงทำให้ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบในด้านรสชาติต่ำอยู่ในระดับไม่ชอบเล็กน้อยถึงเฉย ๆ



ภาพที่ 1 ผลการประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของปลาสีเสียดเค็มที่ใช้โพแทสเซียมคลอรด์ทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์

1.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีและกายภาพ

จากการศึกษาโพแทสเซียมคลอไรด์ทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ในปริมาณร้อยละ 0 30 35 40 45 และ 50 โดยวิเคราะห์หา ปริมาณความชื้น ปริมาณเกลือ และปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริก (ตารางที่ 3) พบว่า การทดแทนด้วยเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความชื้นแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ส่วนปริมาณเกลือและปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริก มีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยปริมาณเกลือของตัวอย่างที่มีการทดแทนเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ร้อยละ 30 35 40 45 และ 50 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) การใช้โพแทสเซียมคลอไรด์ในปริมาณที่สูงขึ้นจะตรวจพบปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ลดลง ส่วนปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริก พบว่าการทดแทนด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ระดับ 0 30 35 40 45 และ 50 มีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับการทดแทนที่ระดับร้อยละ 0 ($p<0.05$) Tanika (1985) กล่าวว่า ปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริก 0.1-0.31 มิลลิกรัมมาโลนาลดีไฮด์ ต่อกิโลกรัม ของตัวอย่างพบว่าไขมันเสื่อมคุณภาพเล็กน้อย ขณะที่ผู้ทดสอบจะรู้สึกมีกลิ่นแปลกปลอม ทางประสาทสัมผัสต่ออาหารได้เมื่อปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริก มากกว่า 3.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านเคมีและกายภาพของปลาเค็มที่ใช้โพแทสเซียมคลอไรด์ทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบ					
	KCl 0% NaCl100%	**KCl 30% NaCl 100%**	**KCl 35% NaCl 100%**	**KCl 40% NaCl 100%**	**KCl 45% NaCl 100%**	**KCl 50% NaCl100%**
ความชื้น (ร้อยละ)^{ns}	51.88±7.70	59.17±13.20	59.62±14.88	51.84±4.56	58.73±4.28	50.89±5.63
เกลือ (ร้อยละ)	6.17^{a}±0.08	4.48^{b}±0.03	4.13^{c}±0.16	4.05^{c}±0.04	3.81^{d}±0.01	3.33^{e}±0.05
กรดไทโอบาร์บิทูริก (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	0.04^{c}±0.01	0.07^{a}±0.00	0.06^{b}±0.00	0.07^{a}±0.01	0.06^{b}±0.00	0.06^{b}±0.00
วอเตอร์แอก-ติวิตี	0.86^{a}±0.002	0.82^{c}±0.006	0.79^{d}±0.014	0.81^{c}±0.001	0.86^{a}±0.001	0.85^{c}±0.001

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรที่แตกต่างในแต่ละแถวแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอกติวิตี ในผลิตภัณฑ์ปลาเค็มที่เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ พบว่าจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยการทดแทนด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ในระดับที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มเพิ่มค่าวอเตอร์แอกติวิตี พบว่าค่าวอเตอร์แอกติวิตี ของปลาเค็มที่ใช้โพแทสเซียมคลอไรด์ร้อยละ 45 มีค่ามากที่สุดและปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของโพแทสเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0 มีจำนวนที่สุด และทำให้ค่าวอเตอร์แอกติวิตีสูงขึ้น สุมณฑา (2545) กล่าวว่า อาหารที่มีค่าวอเตอร์แอกติวิตีเท่ากับ 0.60 จุลินทรีย์จะไม่เจริญแต่ไม่ได้หมายความว่าไม่มีจุลินทรีย์ในอาหารนั้นเลย เพราะจุลินทรีย์อาจปนเปื้อนในอาหารนั้นมาก่อนหรือปนเปื้อนในระหว่างการทำแห้งก็เป็นได้ ในอาหารแห้งจุลินทรีย์จะสามารถมีชีวิตอยู่ได้ระยะหนึ่งถ้าความชื้นไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

1.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์

จากการศึกษาโพแทสเซียมคลอไรด์ทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ในปริมาณร้อยละ 0 30 35 40 45 และ50 โดยทำการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และเชื้อรา (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลินทรีย์ทั้งหมดของปลาสีเสียดเค็มที่ใช้โพแทสเซียมคลอไรด์ทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์

ระดับโพแทสเซียมคลอไรด์ (ร้อยละ)	จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	ยีสต์รา (CFU/g)	*E.coli* (MPN/g)
0	$2.56x10^5$	ไม่พบ	ไม่พบ
30	$2.61x10^8$	ไม่พบ	ไม่พบ
35	$3.33x10^8$	ไม่พบ	ไม่พบ
40	$2.80x10^6$	ไม่พบ	ไม่พบ
45	$1.12x10^6$	ไม่พบ	ไม่พบ
50	$9.6x10^6$	ไม่พบ	ไม่พบ

ปลาสีเสียดเค็มที่การทดแทนด้วยเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและเชื้อราที่พบนั้นอยู่ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 298/2549 : ปลาแดดเดียว ซึ่งกำหนดไว้ว่าจำนวนเชื้อราต้องไม่เกิน 5×10^2 CFU/g

2. ผลศึกษาผลของการใช้โพแทสเซียมคลอไรด์ร่วมกับโพแทสเซียมแลกเตทในกระบวนการผลิตสีเสียดเค็ม

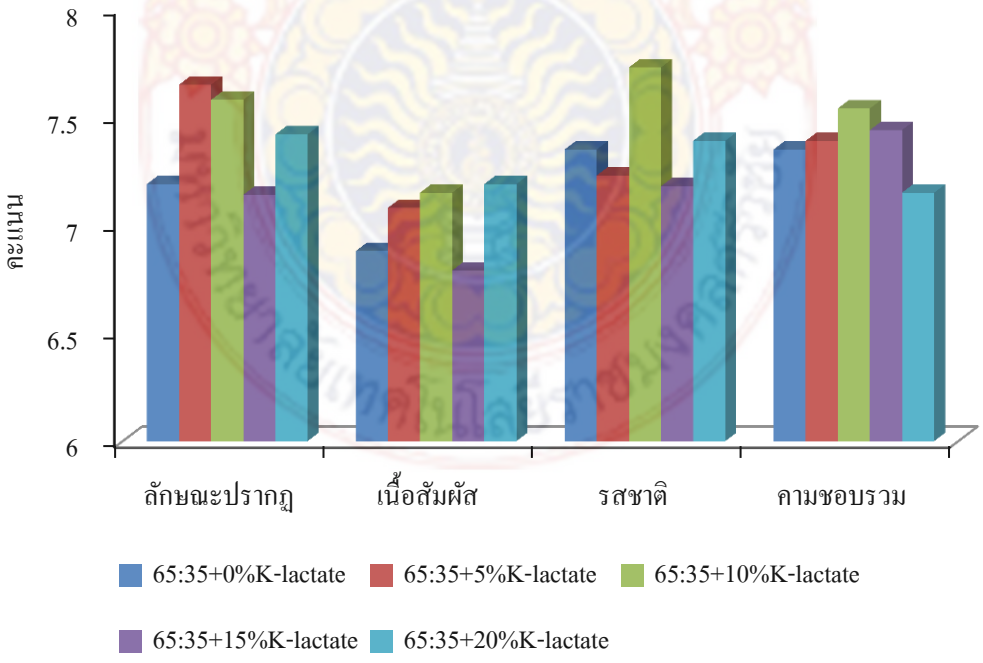
2.1 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผลการทดลองทางประสาทสัมผัส (ภาพที่ 2) แสดงให้เห็นว่าการทดลองที่มีการเกลือโซเดียมคลอไรด์เพียงชนิดเดียวได้รับคะแนนความชอบจากผู้ทดสอบสูงสุดโดยปริมาณเกลือจะมีความสัมพันธ์อย่างมากต่อการความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ปลาเค็ม ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับการทดลองของ Ritvanen *et al.* (2010) ซึ่งได้ทดลองการใช้สารทดแทนเกลือโซเดียมใน Havarti-type cheeses ซึ่งพบว่าตัวอย่างที่มีโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 55 โพแทสเซียมคลอไรด์ร้อยละ 40 และโพแทสเซียมแลกเตทร้อยละ 15 ได้รับคะแนนความชอบใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุมที่มีการใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์เพียงชนิดเดียว คะแนนความชอบทางด้านเนื้อสัมผัส กลิ่นรส และความชอบรวมจะมีความเกี่ยวข้องกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณโพแทสเซียมคลอไรด์ ซึ่งจะมีผลเกี่ยวกับรสชาติของตัวอย่าง

Gou *et al.* (1996) รายงานว่าไม่มีความแตกต่างของลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ใช้โพแทสเซียมคลอไรด์แทนที่โซเดียมคลอไรด์ แต่จะมีรสขมที่ตรวจสอบพบที่ระดับการทดแทนด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ร้อยละ 30 ปลาเค็มที่มีการทดแทนด้วยเกลือโพแทสเซียม

คลอไรด์ร้อยละ 50 ได้รับคะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัสสูงด้านกลิ่นรสที่ผิดปกติสูงกว่าที่ใช้โซเดียมคลอไรด์เพียงอย่าง

จากผลการทดลองพบว่าการใช้โพแทสเซียมแลกเตทมีผลต่อปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้าน สี กลิ่น รสชาติ และความชอบรวมอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยการใช้โพแทสเซียมแลกเตทที่ระดับร้อยละ 10 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดในปัจจัยด้านรสชาติ สี และกลิ่น โดยโพแตส เซียมแลกเตทจะปรับปรุงรสขมของโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ให้ผู้ทดสอบได้รับรสขมหรือรสผิดปกติของโพแทสเซียมคลอไรด์ลดน้อยลง การใช้กรดแลกติกในรูปของเกลือสำหรับป้องกันการบูดเน่า เช่น โซเดียม และโพแทสเซียม แลกเตท ทำให้มีรสเค็มเล็กน้อย นิยมใช้ในอาหารประเภทเนื้อต่าง ๆ อาทิ เนื้อไก่ เนื้อปลา อาหารทะเล เป็นต้น นอกจากนี้ โพแทสเซียมแลกเตท (potassium lactate, K-lactate) ยังเป็นสารอีกชนิดหนึ่งที่ใช้เสริมรสเค็ม (Guardia *et al*., 2008; Gou *et al*., 1996) การศึกษาการทดแทน NaCl ด้วย KCl ร่วมกับ K-lactate ในไส้กรอกหมัก พบว่า KCl ทดแทน NaCl ได้ถึงร้อยละ 50 จากสูตรเดิม และการเติม K-lactate สามารถเสริมรสเค็มได้มากกว่าการทดแทนโซเดียมคลอไรด์ด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์เพียงอย่างเดียว โดยที่ผู้บริโภคไม่สามารถแยกความแตกต่างของไส้กรอกหมักได้ (Guardia *et al*., 2008) ประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์ของกรดแลกติกได้รับรายงานมานานแล้ว (Maas *et al*. (1989) รายงานว่าเกลือแลกเตทไม่มีอิออนของโซเดียมซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการชะลอการสร้างสารพิษโบทูลินัม



ภาพที่ 2 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาสีเสียดเค็มที่ใช้โพแทสเซียมแลกเตทร่วมกับโพแทสเซียมคลอไรด์ในการทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์

2.2 คุณภาพทางเคมี

จากการศึกษาคุณภาพของปลาสีเสียดเค็มที่มีการใช้โพแทสเซียมแลกเตทร่วมกับการใช้เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์และโซเดียมคลอไรด์ พบว่าปริมาณเกลือ ค่าวอเตอร์แอกติวิตี และปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริก ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญระหว่างการใช้โพแทสเซียมแลกเตทที่ระดับร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 ($P>0.05$) ส่วนปริมาณความชื้นมีความแตกต่างระหว่างตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ปริมาณเกลือ ค่าความเป็นกรดด่าง ค่าวอเตอร์แอกติวิตี และปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริก ของปลาเค็มที่มีการใช้เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์โพแทสเซียมแลกเตทแทนที่เกลือโซเดียมคลอไรด์

NaCl:KCl+K-lactate	คุณภาพทางเคมีและกายภาพ			
	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ%)	ปริมาณเกลือ (ร้อยละ)	ค่าวอเตอร์-แอกติวิตี	ปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริก (mg/kg)
65:35+0%K-lactate	56.73^{a}±1.70	5.4±0.40	0.948^{a}±0.00	0.022^{b}±0.01
65:35+5%K-lactate	51.28^{b}±0.69	5.45±0.36	0.938^{a}±0.00	0.038^{ab}±0.00
65:35+10%K-lactate	51.21^{b}±3.60	5.41±0.33	0.943^{a}±0.00	0.022^{ab}±0.01
65:35+15%K-lactate	51.41^{b}±0.29	5.45±0.28	0.924^{a}±0.00	0.021^{b}±0.00
65:35+20%K-lactate	51.94^{b}±0.88	5.42±0.27	0.941^{a}±0.00	0.032^{ab}±0.00
Level of significant	**	NS	NS	NS

หมายเหตุ : จำนวนที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2.3 คุณภาพทางจุลินทรีย์

การใช้โซเดียมแลกเตทในระดับร้อยละ 5, 10, 15 และ 20 พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับร้อยละ 0 (ควบคุม) ทั้งนี้เนื่องจากโซเดียมแลกเตทมีคุณสมบัติในการช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ เนื่องจากความเป็นกรดด่างต่ำมีผลในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ของปลาเค็มที่มีการใช้เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์โพแทสเซียมแลกเตทแทนที่เกลือโซเดียมคลอไรด์

NaCl:KCl+%K-lactate	ปริมาณจุลินทรีย์ (CFU/g)	
	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด	ปริมาณยีสต์และรา
65:35+0%K-lactate	8.1×10^{2}	0
65:35+5%K-lactate	1.09×10^{2}	0
65:35+10%K-lactate	1.18×10^{2}	<10
65:35+15%K-lactate	1.19×10^{2}	<10
65:35+20%K-lactate	1.00×10	<10

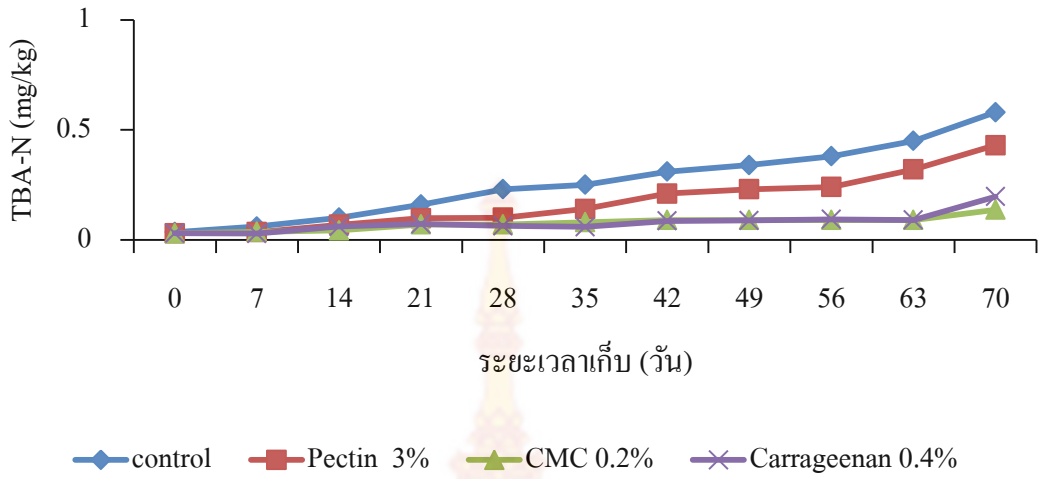
3. ผลศึกษาผลการเคลือบปลาสีเสียดเค็มด้วยสารละลายชนิดต่าง ๆ และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษา

3.1 คุณภาพทางเคมี

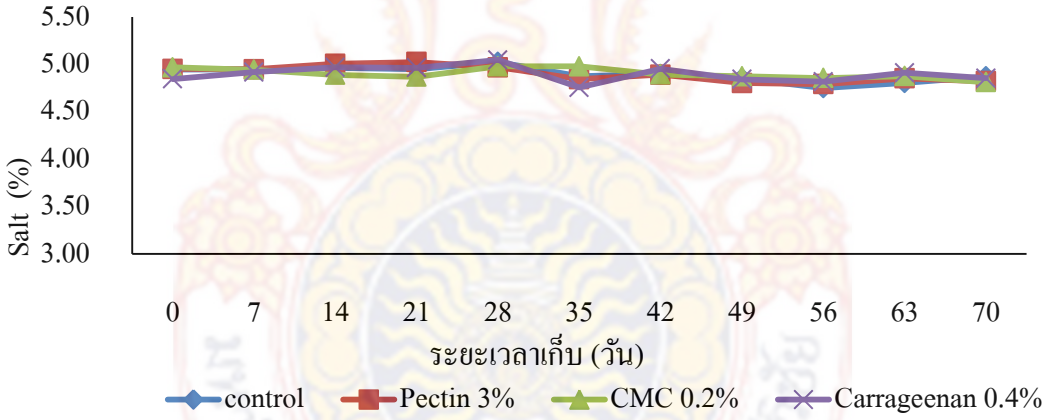
ปริมาณปริมาณกรดไทโฮบาร์บิทูริกแอซิด (Thiobarbituric acid, กรดไทโอบาร์บิทูริก) เป็นค่าที่แสดงความหืนที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ ผลของการวัดปริมาณ กรดไทโอบาร์บิทูริกของผลิตภัณฑ์ปลาเค็มที่เคลือบด้วยสาระลายต่าง ๆ พบว่าชนิดของสาระลายมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ กรดไทโอบาร์บิทูริก อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) (ภาพที่ 3) เมื่อเก็บรักษาเพิ่มขึ้นแนวโน้มของค่ากรดไทโอบาร์บิทูริก พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายคาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลสและคาร์ราจีแนนมีการเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่เคลือบด้วยเพคตินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากกว่า Tanika (1985) รายงานว่าผลิตภัณฑ์เนื้อนิยมใช้ปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริก เป็นดัชนีในการวัดการเสื่อมคุณภาพของไขมันในอาหาร โดยเมื่อปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริก เท่ากับ 0.1-0.3 มิลลิกรัมมาโลนาลดีไฮด์ ต่อกิโลกรัมพบว่าไขมันเสื่อมเสียเล็กน้อยแต่ถ้าปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริก มากกว่า 3 มิลลิกรัมมาโลนาลดีไฮด์ ต่อกิโลกรัมทำให้ผู้บริโภคสามารถรับรู้กลิ่นแปลกปลอมทางประสาทสัมผัสต่ออาหารได้และถ้าปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริกมากกว่า 7 มิลลิกรัมมาโลนาลดีไฮด์ ต่อกิโลกรัม ไขมันเสื่อมคุณภาพมากขึ้น มีกลิ่นรุนแรง การเกิดกลิ่นเหม็นหืนเกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาของเอมไซม์จากแบคทีเรียและปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัว เอนไซม์จากแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของการเกิดกลิ่นเหม็นหืน ได้แก่ เอนไซม์ไลเปส (Lipase) ได้ไฮโดรไลซีสโมเลกุลของไขมันให้แตกตัวเป็นกรดไขมันอิสระ และเอนไซม์ออกซิเดส (Oxidase) จะเข้าไปทำปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นกรดไขมันในองค์ประกอบที่เป็นไขมันในเนื้อสัตว์ทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติผิดไป (Sacharow and Griffin. 1980) Obanu *et al.* (1976) ได้อธิบายว่าการเปลี่ยนแปลง

ของปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริก ในระหว่างการเก็บรักษาเกิดขึ้นเนื่องจาก กลุ่มคาร์บอนิลได้แก่ มาโลนาลดีไฮด์ ซึ่งเป็นสารที่ได้จากการเกิดออกซิเดชันของไขมันซึ่งเข้าทำปฏิกิริยากับโปรตีนทำให้ไม่เป็นอิสระเพียงพอที่จะเข้าทำปฏิกิริยากับกรดไทโอบาร์บิทูริก เป็นเหตุให้ปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริก ที่วิเคราะห์ได้ระหว่างการเก็บรักษามีค่าลดลงและจะเพิ่มขึ้นเมื่อกลุ่มคาร์บอนิลเป็นอิสระจากปฏิกิริยาดังกล่าวและเข้าทำปฏิกิริยากับกรดไทโอบาร์บิทูริก ได้หรืออาจสืบเนื่องจากการใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมทำให้ลดการแพร่ผ่านของออกซิเจนได้ต่ำ ส่งผลให้การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันไม่เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณเกลือของปลาเค็มที่เคลือบด้วยสารละลายทั้งสามชนิดไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยพบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 4.8-5.0 (ภาพที่ 4) เมื่อพิจารณาปริมาณความชื้นพบว่าปลาเค็มที่เคลือบด้วยสารละลายที่แตกต่างกัน พบว่าการเคลือบสารละลายมีต่อปริมาณความชื้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสารเคลือบทั้งสามชนิดพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) โดยในระหว่างการเก็บรักษาพบว่าปริมาณความชื้นของปลาเค็มทุกการทดลองมีแนวโน้มลดลงในตามระยะเวลาการเก็บรักษา แต่ปริมาณความชื้นของปลาเค็มที่ผ่านการเคลือบมีแนวโน้มการลดลงขึ้นอย่างช้า ๆ ส่วนตัวอย่างควบคุมมีการลดลงอย่างรวดเร็ว (ภาพที่ 5) ทั้งนี้เนื่องจากปลาเค็มที่ใช้ในการทดลองมีการระเหยของความชื้นบริเวณผิวหน้าของชิ้นปลาเนื่องจากสัมผัสกับความเย็น โดยตัวอย่างที่มีการเคลือบด้วยสารละลายจะสามารถป้องกันการระเหยของความชื้นได้ดีกว่าตัวอย่างที่ไม่มีการเคลือบ Fabra *et al.,* (2008) รายงานว่าฟิล์มผสมอัลจีเนตและคาร์ราจีแนนส่งผลทำให้ค่าการซึมผ่านต่ำลงกว่าฟิล์มควบคุม เนื่องจากอิทธิพลของพันธะไฮโดรเจนภายในโมเลกุล และระหว่างโมเลกุลของพอลิเมอร์ของอัลจีเนต และ k-คาร์ราจีแนนทำให้ช่องว่างระหว่างโมเลกุลขนาดใหญ่ลดลง ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อการลดลงของการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์ม

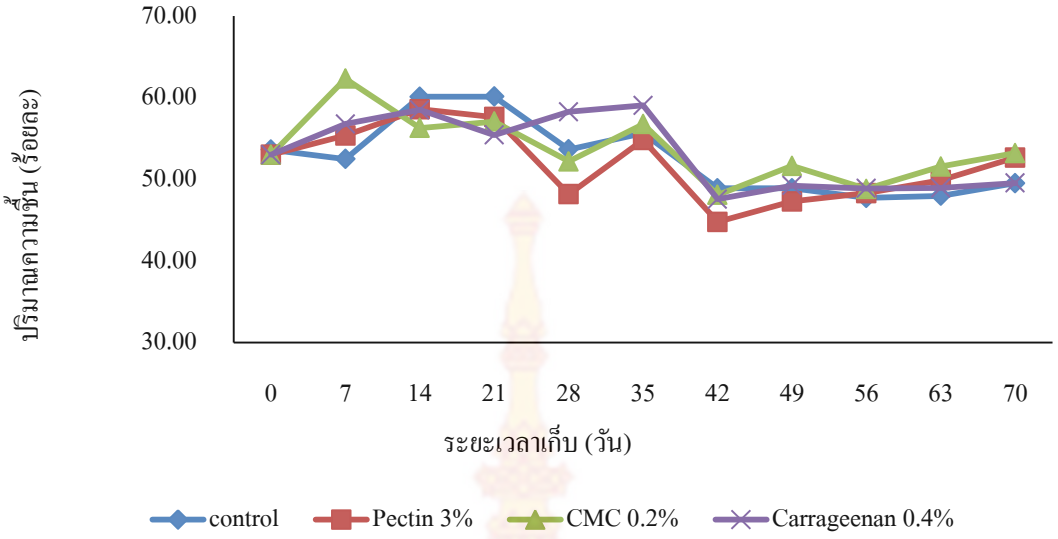
ผลการวิเคราะห์ความเป็นกรดด่างของปลาเค็มที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายที่แตกต่างกัน พบว่าค่าความเป็นกรดด่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) (ภาพที่ 6) โดยค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้นของปลาเค็มที่เคลือบด้วยสารละลายเพคติน คาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลส และคาราจีแนน มีค่าเท่ากับ 5.91, 5.96 และ 5.84 ส่วนตัวอย่างควบคุมมีค่าเท่ากับ 6.14 ตลอดการทดลองตัวอย่างที่เคลือบด้วยสารละลาย มีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก ค่อนข้างคงที่ ส่วนค่าวอเตอร์แอคติวิตี จากการศึกษาพบว่าค่าวอเตอร์แอกติวิตีของปลาเค็มอยู่ในช่วง 0.95-0.97 ซึ่งจัดเป็นอาหารที่มีความชื้นสูง เนื่องจากค่าวอเตอร์แอกติวิตี เป็นปัจจัยสำคัญในการคาดคะเนอายุการเก็บรักษาอาหาร และเป็นตัวบ่งชี้ถึงความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์โดยทำหน้าที่ควบคุมการอยู่รอดการเจริญและการสร้างสารพิษของจุลินทรีย์จากการทดลองนี้จะเห็นได้ว่าปลาเค็มบริโภคมีโอกาสเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ได้ง่าย โดยเฉพาะถ้าเก็บไว้ในสภาวะที่เหมาะสมกับการเจริญของจุลินทรีย์



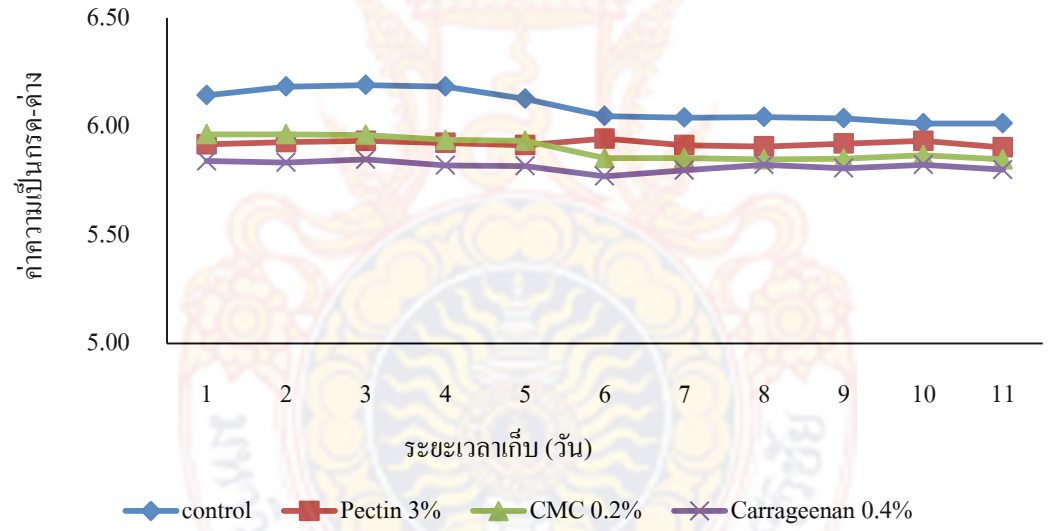
ภาพที่ 3 ปริมาณกรดไทโฮบาร์บิทูริกแอซิด (Thiobabituric acid, กรดไทโอบาร์บิทูริก) ของปลาเค็มที่เคลือบ ด้วยสารละลายชนิดต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น



ภาพที่ 4 ปริมาณเกลือของปลาเค็มที่เคลือบด้วยสารละลายชนิดต่าง ๆ



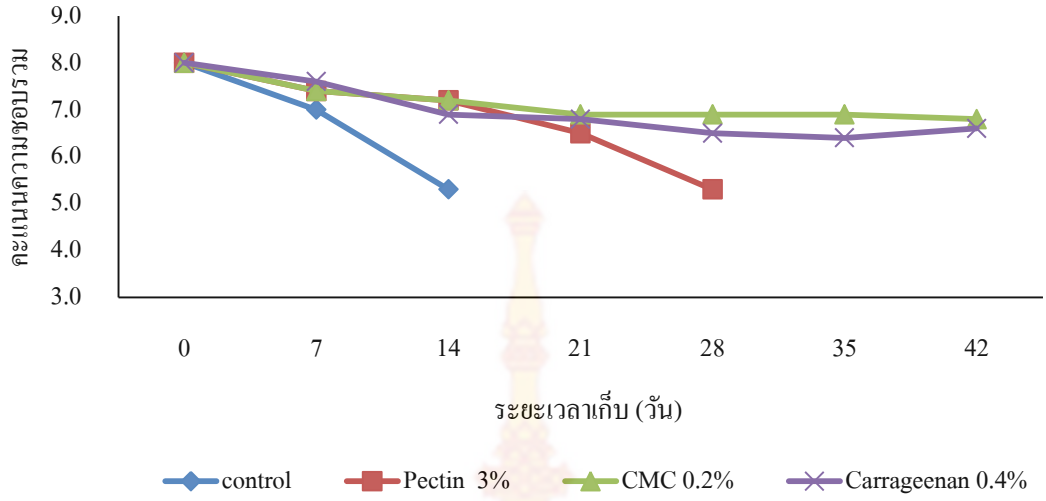
ภาพที่ 5 ปริมาณความชื้นของปลาเค็มที่เคลือบด้วยสารละลายชนิดต่าง ๆ



ภาพที่ 6 ค่าความเป็นกรดด่างของปลาเค็มที่เคลือบด้วยสารละลายชนิดต่าง ๆ

3.2 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

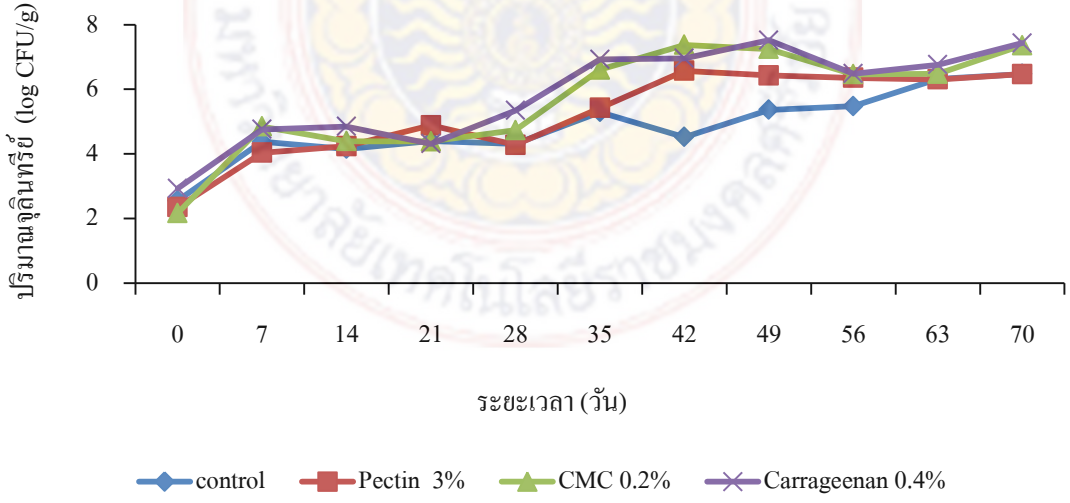
ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า คะแนนความชอบรวมของปลาเค็มที่มีการเคลือบด้วยสารละลายต่าง ๆ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับตัวอย่างที่มีการเคลือบ (ตัวอย่างควบคุม) โดยตัวอย่างควบคุมมีคะแนนความชอบต่ำกว่า 5 คะแนน ตั้งแต่วันที่ 14 ส่วนตัวอย่างที่เคลือบด้วยสารละลายเพกติน คาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลส และคาราจีแนน มีคะแนนความชอบต่ำกว่า 5 ในวันที่ 28 42 และ 42 ตามลำดับ (ภาพที่ 7)



ภาพที่ 7 ค่าความชอบรวมของปลาเค็มที่เคลือบด้วยสารละลายชนิดต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น

3.3 คุณภาพทางจุลินทรีย์

ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด พบว่าทุกตัวอย่างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยปริมาณจุลินทรีย์มของปลาเค็มที่เคลือบด้วยปลาสารละลายชนิดต่าง ๆ พบว่ามีปริมาณเพิ่มขึ้นต่ำกว่าชุดควบคุม ซึ่งสัมพันธ์กับค่า วอเตอร์แอกติวิตี ที่พบว่าปลาเค็มที่เคลือบด้วยสาระลายต่าง ๆ จะมีค่าต่ำกว่าชุดควบคุม ส่วนเชื้อยีสต์และราตรวจไม่พบในทุกตัวอย่างตลอดการเก็บรักษา (ภาพที่ 8)



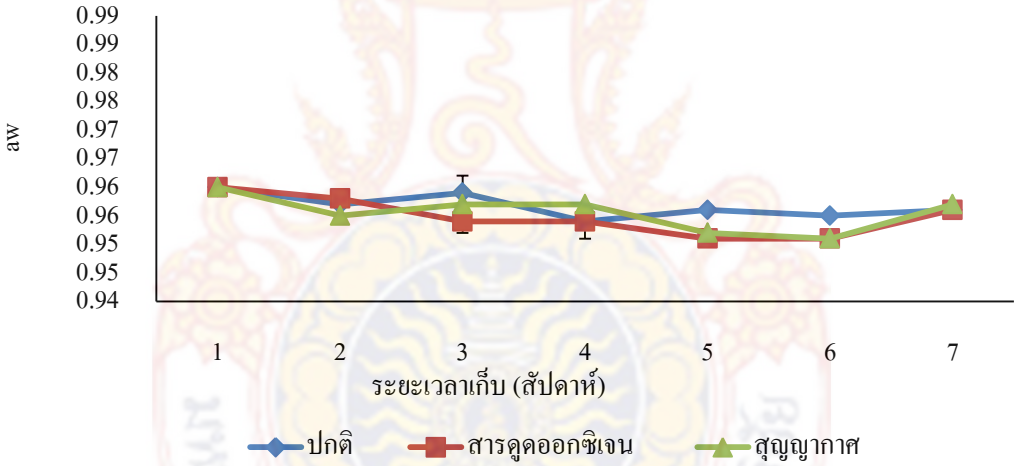
ภาพที่ 8 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของปลาเค็มที่เคลือบด้วยสารละลายชนิดต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น

4. ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของปลาสีเสียดเค็มทอดในระหว่างการเก็บรักษา

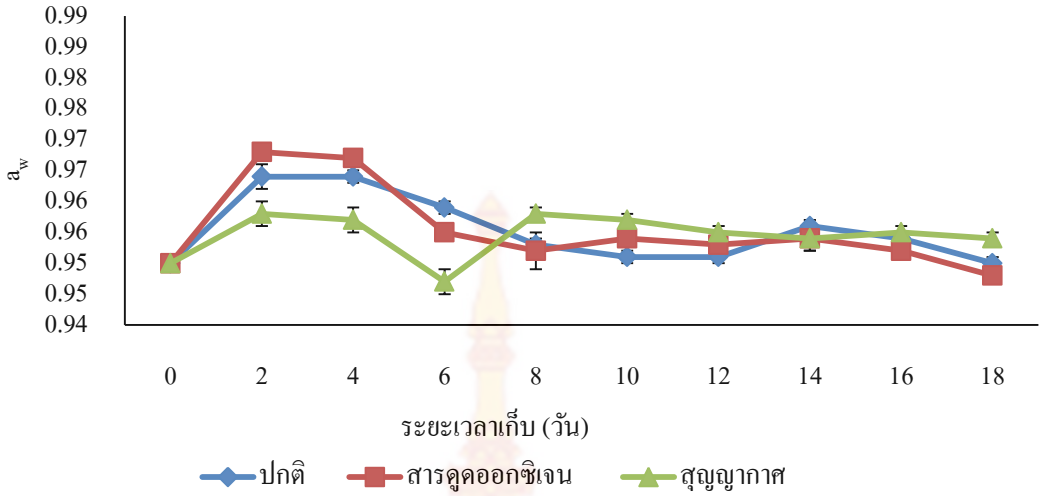
4.1 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านกายภาพ

1) ค่าวอเตอร์แอคติวิตี

จากการศึกษาพบว่าค่าวอเตอร์แอกติวิตีของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วง 0.95-0.97 (ภาพที่ 9 และภาพที่ 10) ซึ่งจัดเป็นอาหารที่มีความชื้นสูง เนื่องจากค่าวอเตอร์แอกติวิตี เป็นปัจจัยสำคัญในการคาดคะเนอายุการเก็บรักษาอาหารและเป็นตัวบ่งชี้ถึงความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์โดยทำหน้าที่ควบคุมการอยู่รอดการเจริญและการสร้างสารพิษของจุลินทรีย์จากการทดลองนี้จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ปลาสีเสียดทอดพร้อมบริโภคมีโอกาสเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ได้ง่าย ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเจริญของเชื้อรารวมถึงการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซิน ได้แก่ อุณหภูมิ และความชื้น โดยช่วงภาวะเหมาะสม คือ 27-43 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 70-90 ซึ่งเป็นสภาวะสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย



ภาพที่ 9 ค่าวอเตอร์แอกติวิตี ของปลาสีเสียดเค็มทอดที่เก็บรักษาในสภาวะการบรรจุต่าง ๆ เก็บที่อุณหภูมิตู้เย็น (5-7องศาเซลเซียส)

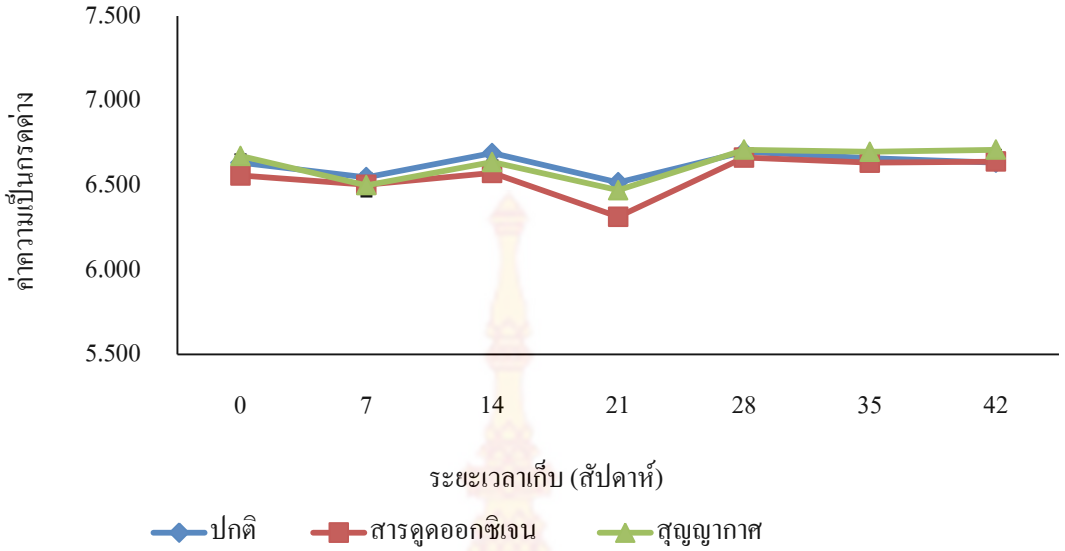


ภาพที่ 10 ค่าวอเตอร์แอกติวิตี ของปลาสีเสียดเค็มทอดที่เก็บรักษาในสภาวะการบรรจุต่าง ๆ เก็บที่อุณหภูมิห้อง (25-30)องศาเซลเซียส

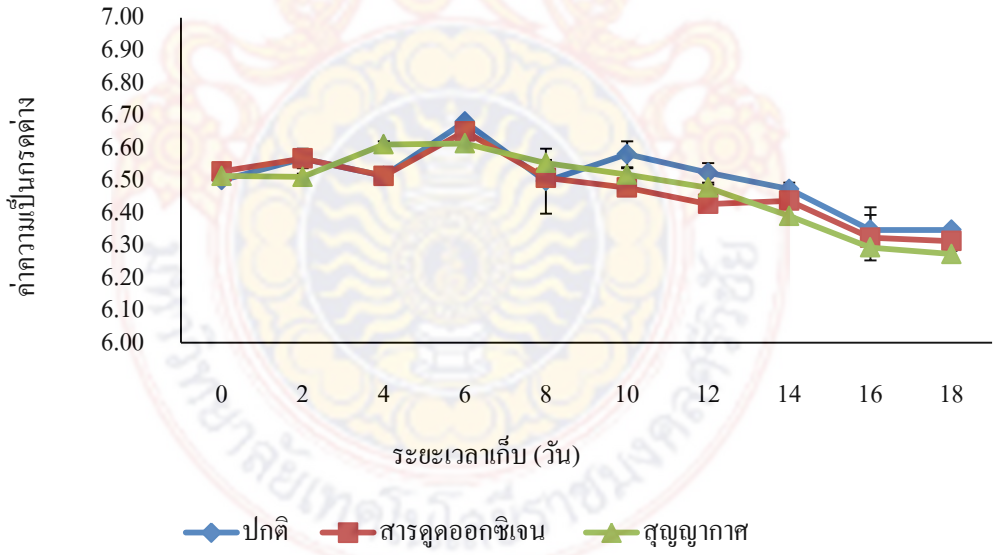
4.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านเคมี

1) ค่าความเป็นกรดด่าง

ผลการวิเคราะห์ความเป็นกรดด่างของผลิตภัณฑ์ปลาสีเสียดทอดพร้อมบริโภคที่บรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติ สภาวะสุญญากาศ และสภาวะใส่สารดูดออกซิเจน พบว่าสภาวะการบรรจุ ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อความเป็นกรดด่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) (ภาพที่ 11 และภาพที่ 12) ค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ปลาสีเสียดทอดพร้อมบริโภคเท่ากับ 6.42 เมื่อเก็บรักษานานขึ้นผลิตภัณฑ์ปลาสีเสียดทอดพร้อมบริโภคในทุกสภาวะการเก็บรักษามีค่าความเป็นกรดด่างมีแนวโน้มลดลงในสัปดาห์แรกของการเก็บรักษาและมีเพิ่มขึ้นเล็กน้อยหลังจากสัปดาห์แรก และมีแนวโน้มคงที่จนถึงระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ซึ่งหลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 สัปดาห์พบว่าค่าความเป็นกรดด่างของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติ สภาวะสุญญากาศ และสภาวะใส่สารดูดออกซิเจนมีค่าเท่ากับ 6.35, 6.31 และ 6.27 ตามลำดับ



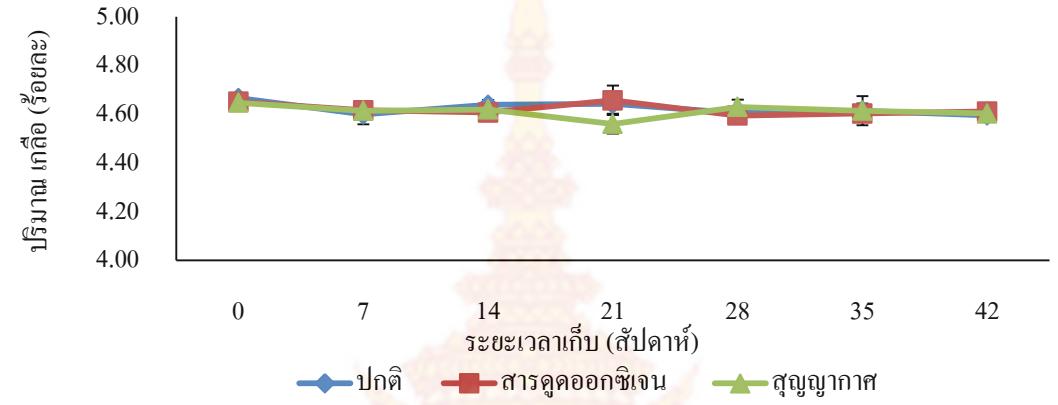
ภาพที่ 11 ค่าความเป็นกรดด่างของปลาสีเสียดเค็มทอดที่เก็บรักษาในสภาวะการบรรจุต่าง ๆ เก็บที่อุณหภูมิตู้เย็น (5-7 องศาเซลเซียส)



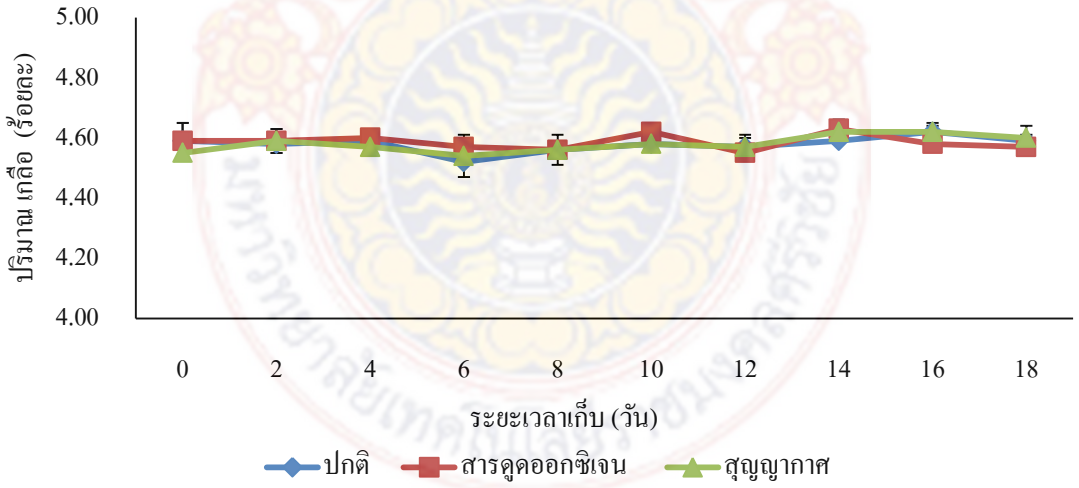
ภาพที่ 12 ค่าความเป็นกรดด่างของปลาสีเสียดเค็มทอดที่เก็บรักษาในสภาวะการบรรจุต่าง ๆ เก็บที่อุณหภูมิห้อง (25-28) องศาเซลเซียส

2) ปริมาณเกลือ

ปริมาณเกลือของปลาเค็มมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ การเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุทั้ง 3 รูปแบบ มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ภาพที่ 13 และภาพที่ 14)



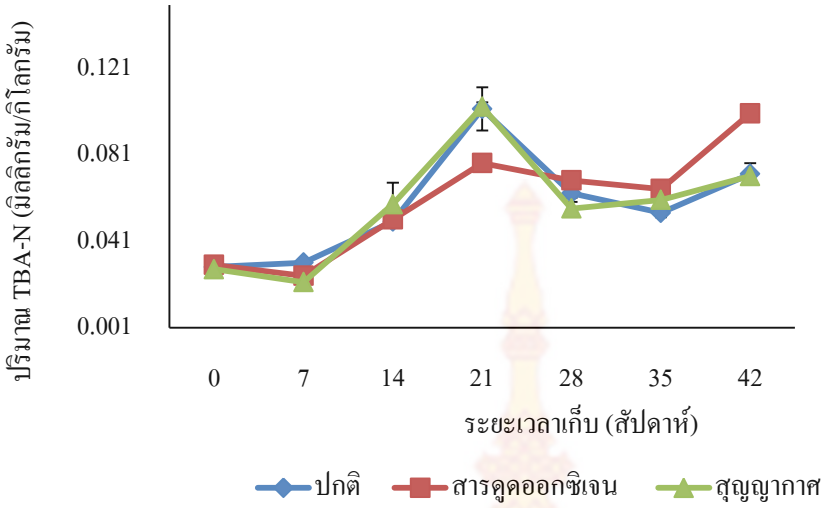
ภาพที่ 13 ปริมาณเกลือของปลาสีเสียดเค็มทอดที่เก็บรักษาในสภาวะการบรรจุต่าง ๆ เก็บที่อุณหภูมิตู้เย็น (5-7 องศาเซลเซียส)



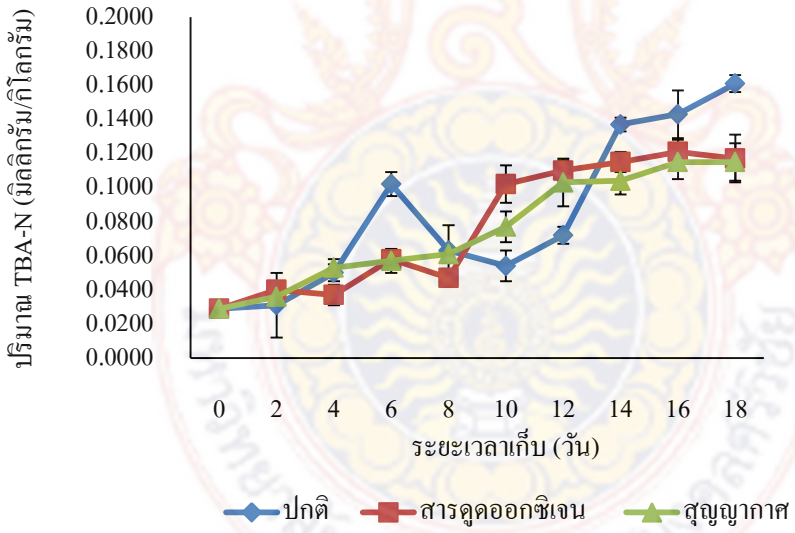
ภาพที่ 14 ปริมาณเกลือของปลาสีเสียดเค็มทอดที่เก็บรักษาในสภาวะการบรรจุต่าง ๆ เก็บที่อุณหภูมิห้อง (25-30) องศาเซลเซียส

3) ปริมาณกรดไทโฮบาร์บิทูริก

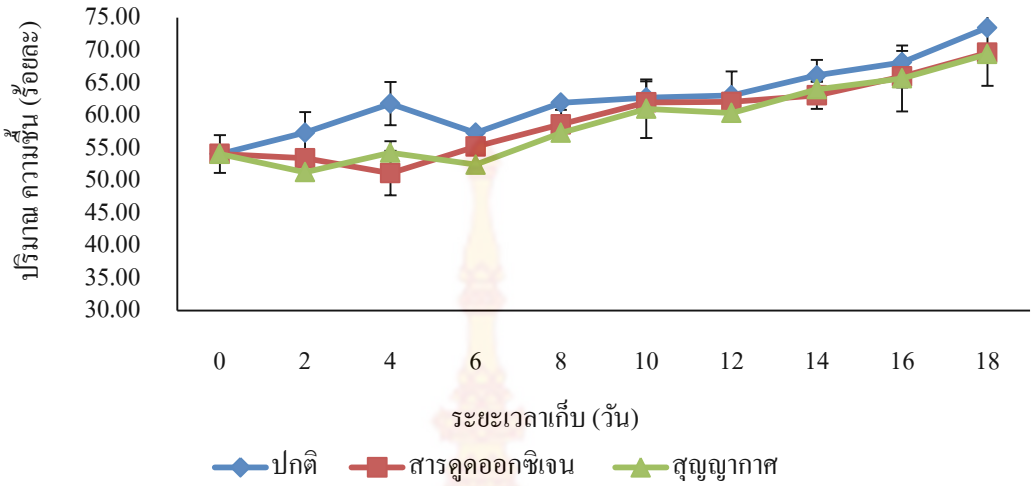
ปริมาณของกรดไทโฮบาร์บิทูริก เป็นค่าที่แสดงความหืนที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ ผลของการวัดค่ากรดไทโฮบาร์บิทูริกของผลิตภัณฑ์ปลาสีเสียดทอดพร้อมบริโภคที่บรรจุในสภาวะปกติ สภาวะสุญญากาศ และสภาวะใส่สารดูดออกซิเจน พบว่าสภาวะการบรรจุระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณกรดไทโฮบาร์บิทูริก อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) (ภาพที่ 15 และภาพที่ 16) เมื่อเก็บรักษาเพิ่มขึ้นแนวโน้มของปริมาณกรดไทโฮบาร์บิทูริก พบว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในสภาวะใช้สารดูดออกซิเจนและสภาวะสุญญากาศมีแนวโน้มลดลง (ภาพที่ 16 และภาพที่ 17) ผลิตภัณฑ์เนื้อนิยมใช้ปริมาณกรดไทโฮบาร์บิทูริก เป็นดัชนีในการวัดการเสื่อมคุณภาพของไขมันในอาหาร เมื่อปริมาณกรดไทโฮบาร์บิทูริก 0.1-0.3 มิลลิกรัมมาโลนาลดีไฮด์ ต่อกิโลกรัม พบว่าไขมันเสื่อมเสียเล็กน้อยแต่ถ้าปริมาณกรดไทโฮบาร์บิทูริก มากกว่า 3 มิลลิกรัมมาโลนาลดีไฮด์ ต่อกิโลกรัมทำให้ผู้บริโภคสามารถรับรู้กลิ่นแปลกปลอมทางประสาทสัมผัสต่ออาหารได้และถ้าปริมาณกรดไทโฮบาร์บิทูริก มากกว่า 7 มิลลิกรัมมาโลนาลดีไฮด์ ต่อกิโลกรัม ไขมันเสื่อมคุณภาพมากขึ้นมีกลิ่นรุนแรง (Tanika, 1985) การเกิดกลิ่นเหม็นหืนเกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาของเอนไซม์จากแบคทีเรียและปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเอนไซม์จากแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของการเกิดกลิ่นเหม็นหืนได้แก่เอนไซม์ไลเปส (Lipase) จะได้ไฮโดรไลซีสโมเลกุลของไขมันให้แตกตัวเป็นกรดไขมันอิสระและเอนไซม์ออกซิเดส (Oxidase) จะเข้าไปทำปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นกรดไขมันในองค์ประกอบที่เป็นไขมันในเนื้อสัตว์ทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติผิดไป (Sacharow and Griffin. 1980) Obanu *et al.* (1976) ได้อธิบายว่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดไทโฮบาร์บิทูริก ในระหว่างการเก็บรักษาเกิดขึ้นเนื่องจากกลุ่มคาร์บอนิล ได้แก่ มาโลนาลดีไฮด์ ซึ่งเป็นสารที่ได้จากการเกิดออกซิเดชันของไขมันซึ่งเข้าทำปฏิกิริยากับโปรตีนทำให้ไม่เป็นอิสระเพียงพอที่จะเข้าทำปฏิกิริยากับสารกรดไทโอบาร์บิทูริก เป็นเหตุให้ค่ากรดไทโอบาร์บิทูริกที่วิเคราะห์ได้ระหว่างการเก็บรักษามีค่าลดลงและจะเพิ่มขึ้นเมื่อกลุ่มคาร์บอนิลเป็นอิสระจากปฏิกิริยาดังกล่าวและเข้าทำปฏิกิริยากับสาร กรดไทโอบาร์บิทูริก ได้หรืออาจสืบเนื่องจากการใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมทำให้ลดการแพร่ผ่านของออกซิเจนได้ต่ำส่งผลให้การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันไม่เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น



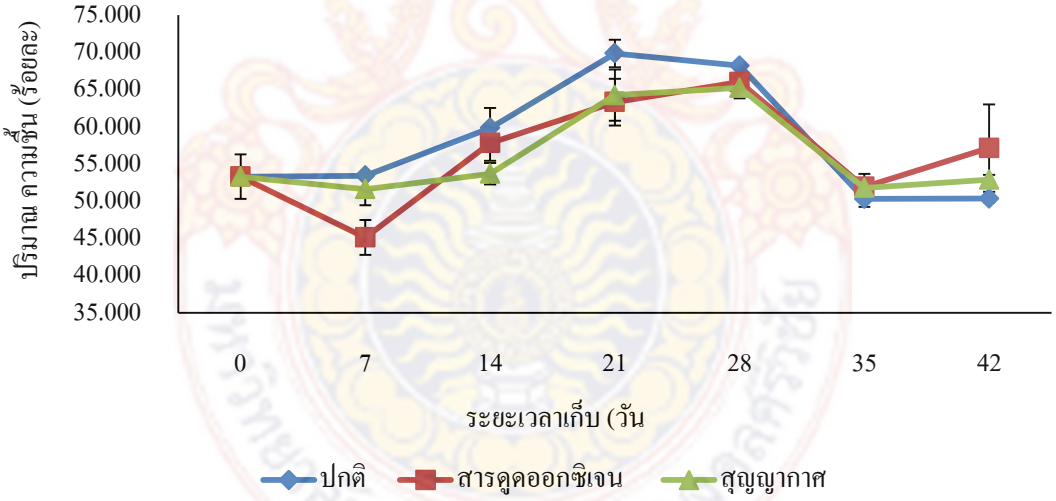
ภาพที่ 15 ปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริกของปลาสีเสียดเค็มทอดที่เก็บรักษาในสภาวะการบรรจุต่าง ๆ เก็บที่อุณหภูมิตู้เย็น (5-7 องศาเซลเซียส)



ภาพที่ 16 ปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริกของปลาสีเสียดเค็มทอดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25-28) องศาเซลเซียส



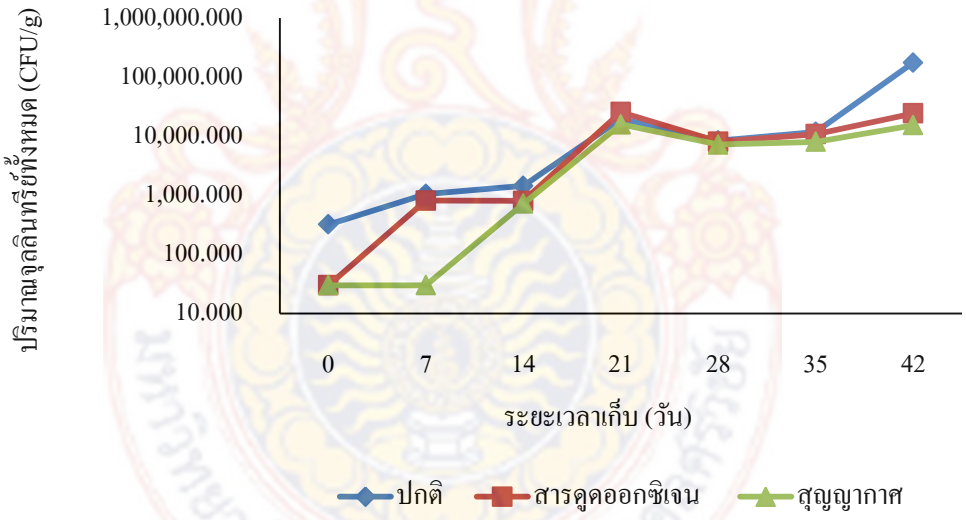
ภาพที่ 17 ปริมาณความชื้นของปลาสีเสียดเค็มทอดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25-28) องศาเซลเซียส



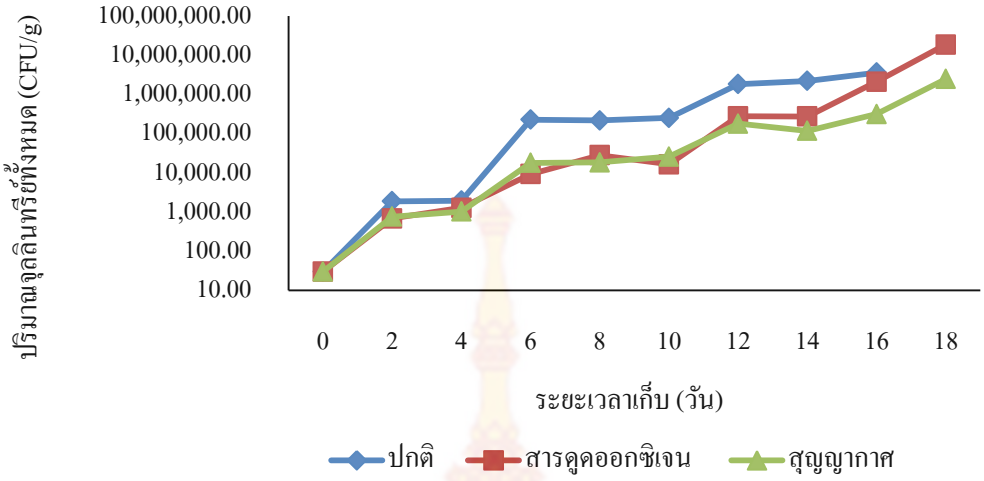
ภาพที่ 18 ปริมาณความชื้นของปลาสีเสียดเค็มทอดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (5-7 องศาเซลเซียส)

4.3 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์

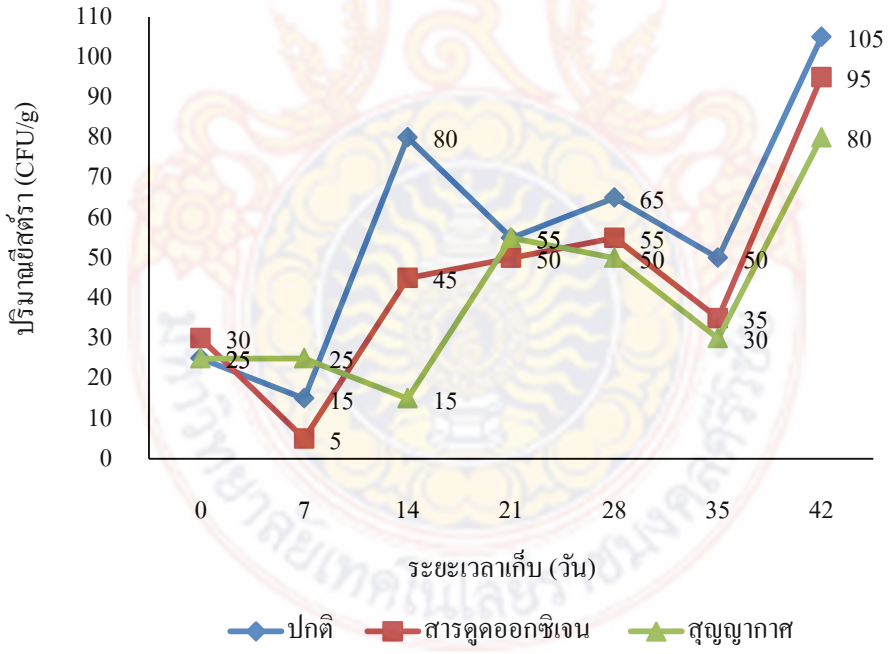
ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของปลาสีเสียดเค็มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องอุณหภูมิตู้เย็น มีการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษาโดยเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้น โดยจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของตัวอย่างที่เก็บที่อุณหภูมิห้องมีการเพิ่มขึ้นสูงกว่าที่อุณหภูมิตู้เย็น ทั้งนี้เนื่องจากจุลินทรีย์ที่ชอบทำให้อาหารเสื่อมเสียโดยส่วนใหญ่สามารถเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 25-37 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 19 และ 20) ส่วนจำนวนเชื้อยีสต์และรา จากการทดลองพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงในรูปแบบเดียวกันกับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (ภาพที่ 21 และ 22) แต่อย่างไรก็ตามเมื่อใช้เกณฑ์ทางจุลินทรีย์ของอาหารพร้อมบริโภคของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (2553) ที่กำหนดให้อาหารพร้อมบริโภคมีปริมาณเชื้อยีสต์และราได้ไม่เกิน 500 โคโลนีต่อกรัม พบว่าปลาเค็มที่เก็บรักษาโดยสภาวะสุญญากาศและสภาวะใช้สารสูดออกซิเจนมีอายุการเก็บรักษาได้นาน 35 วัน ที่อุณหภูมิห้อง ในขณะที่กลุ่มควบคุม (สภาวะบรรยากาศปกติ) สามารถเก็บได้ 14 วัน และ 4 วัน ที่อุณหภูมิห้องและตู้เย็นตามลำดับ



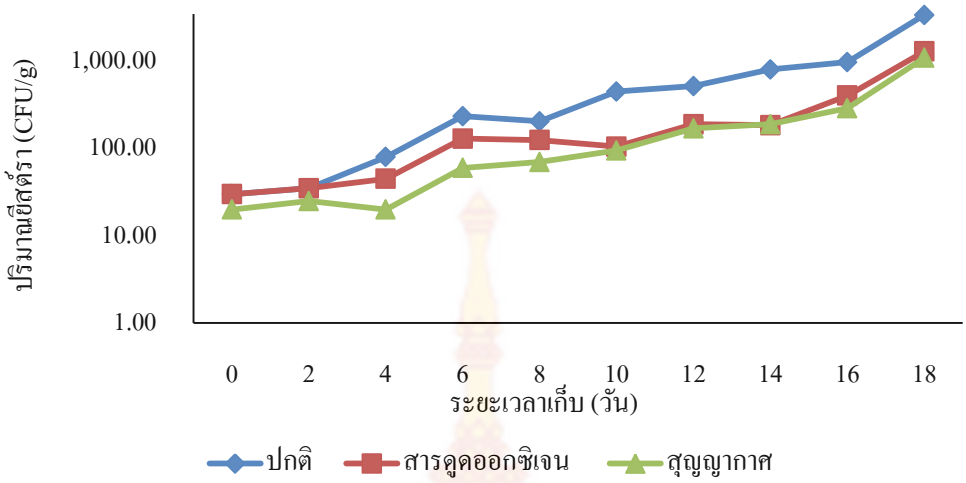
ภาพที่ 19 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของปลาสีเสียดเค็มทอดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (5-7 องศาเซลเซียส)



ภาพที่ 20 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของปลาสีเสียดเค็มทอดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25-28) องศาเซลเซียส



ภาพที่ 21 ปริมาณยีสต์และราของปลาสีเสียดเค็มทอดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (5-7 องศาเซลเซียส)

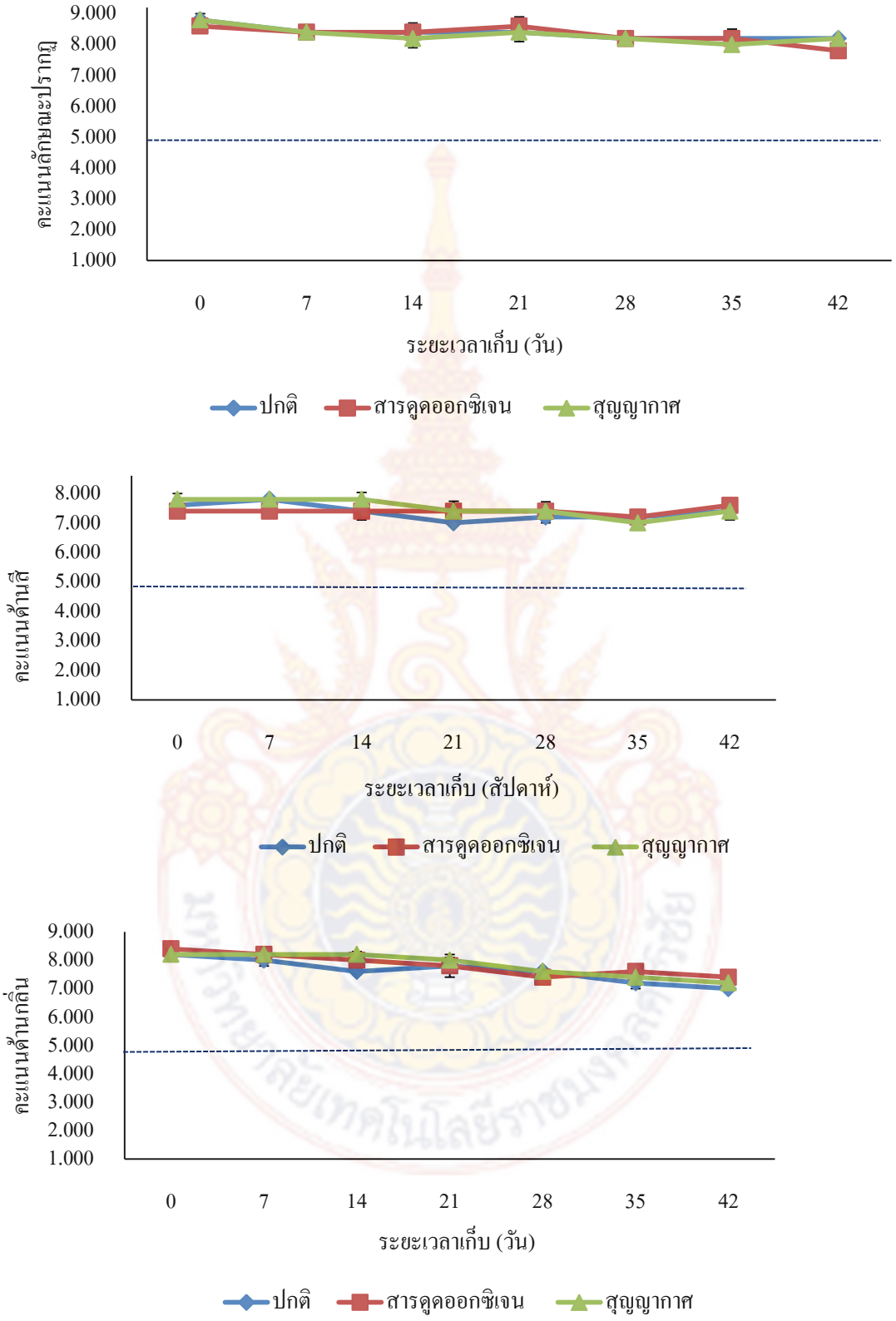


ภาพที่ 22 ปริมาณยีสต์และราของปลาสีเสียดเค็มทอดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25-28) องศาเซลเซียส

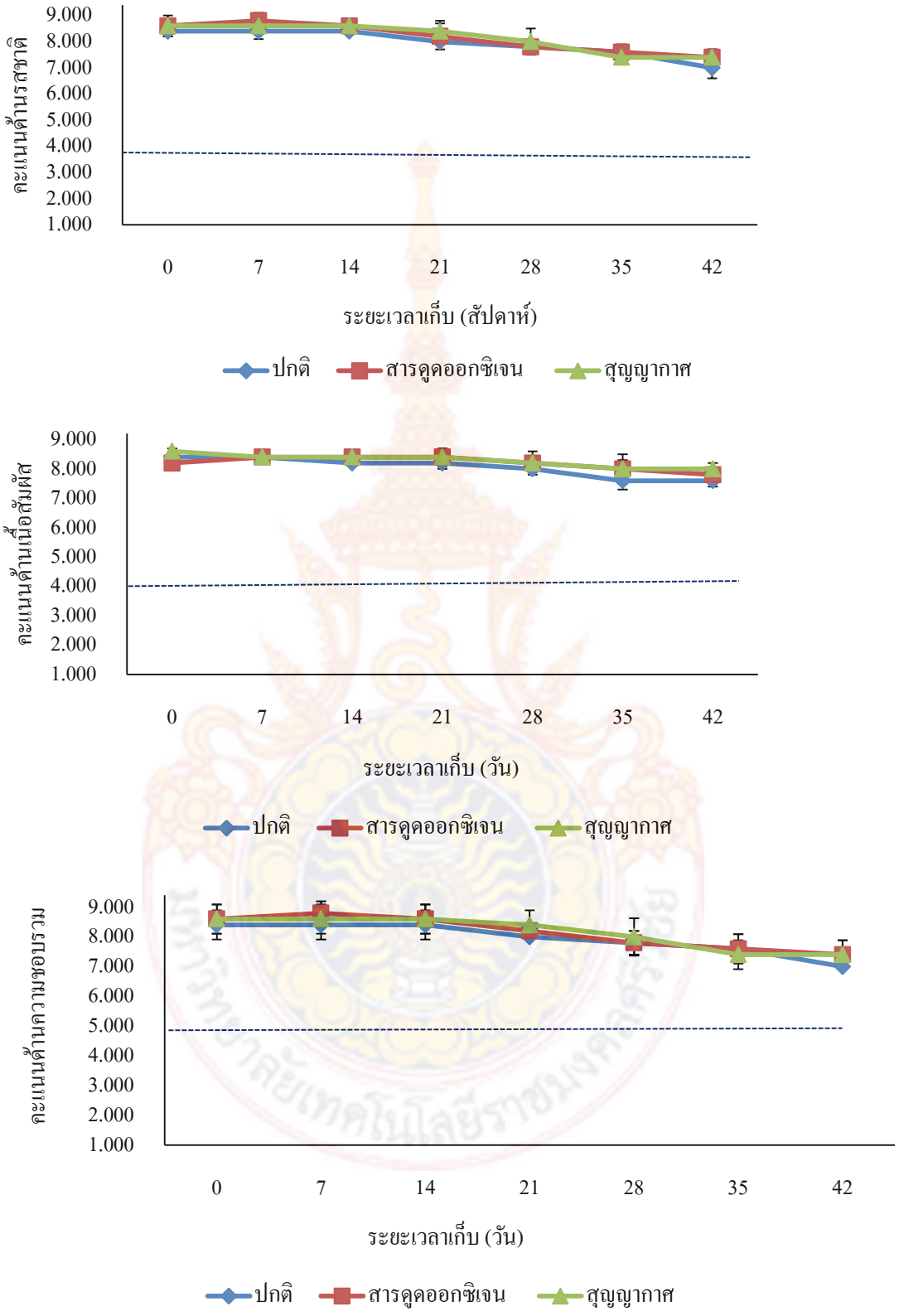
4.4 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

คะแนนด้านประสาทสัมผัสของปลาสีเสียดเค็มทอดที่เก็บในอุณหภูมิห้องพบว่าคะแนนด้านประสาทสัมผัสมีค่าลดลงหลังจากการระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น โดยคะแนนทุกด้านมีค่ามากกว่าระดับ 5 ตลอดอายุการเก็บรักษา 18 วัน โดยปลาสีเสียดเค็มทอดที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศและสภาวะใช้สารดูดออกซิเจนมีคะแนนไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) (ภาพที่ 23)

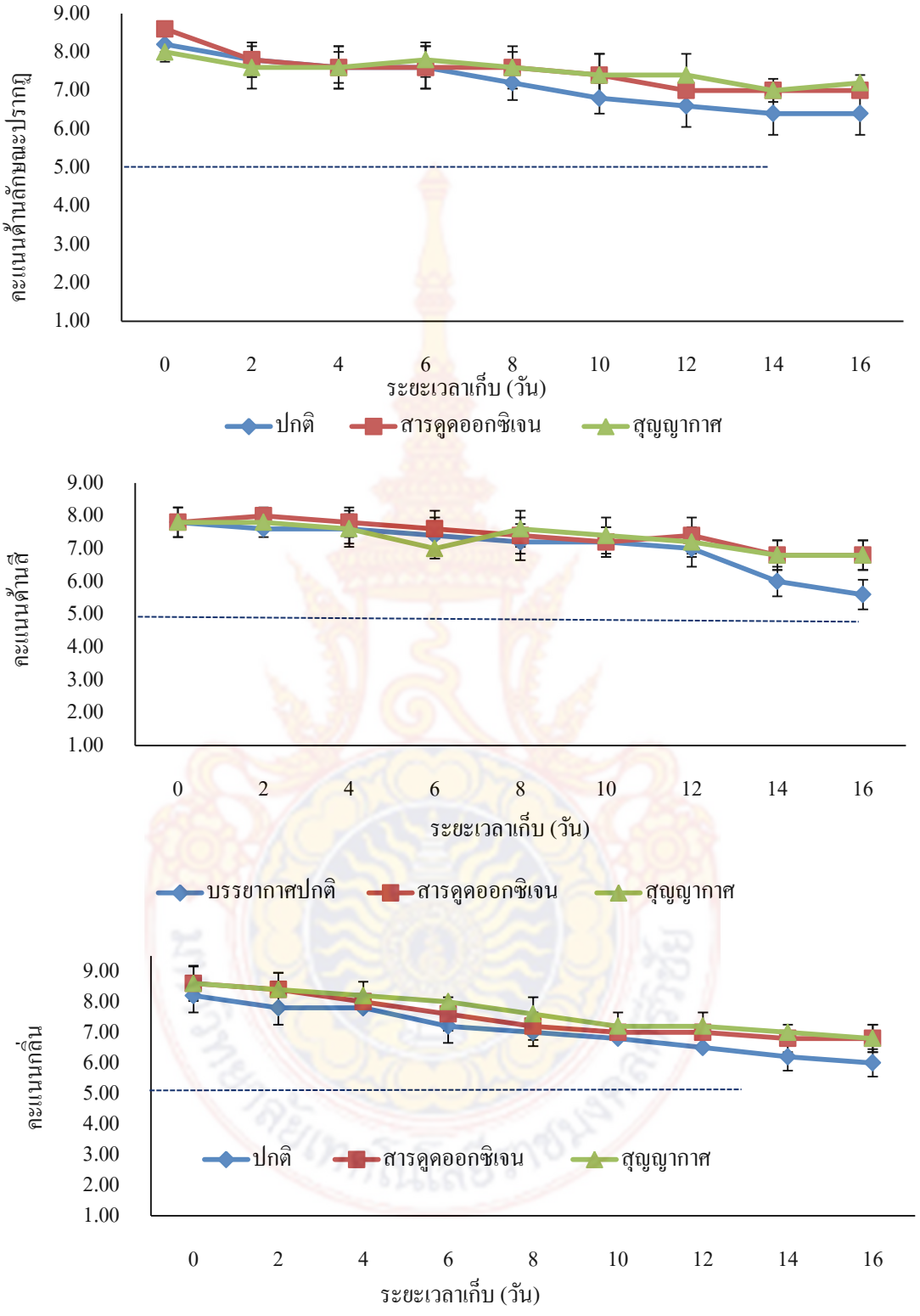
ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็นพบว่าสามารถเก็บรักษาได้นาน 42 วัน โดยมีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในทุกด้านมากกว่า 5 โดยตัวอย่างควบคุม ซึ่งบรรจุในสภาวะปกติเริ่มมีกลิ่นเหม็นหืน แต่อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสจะมีค่าสูงกว่าระดับ 5 ตลอดอายุการเก็บรักษา 42 วัน (ภาพที่ 24) แต่เมื่อพิจารณาจากปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดพบว่าตัวอย่างควบคุมมีอายุการเก็บ 35 วัน เท่านั้น โดยมีปริมาณจุลินทรีย์สูงกว่า 10^4 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งเป็นเกณฑ์มาตรฐานของอาหารพร้อมบริโภคของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (2553) ดังนั้นในการประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารต้องคำนึงถึงปัจจัยในทุก ๆ ด้านร่วมกัน



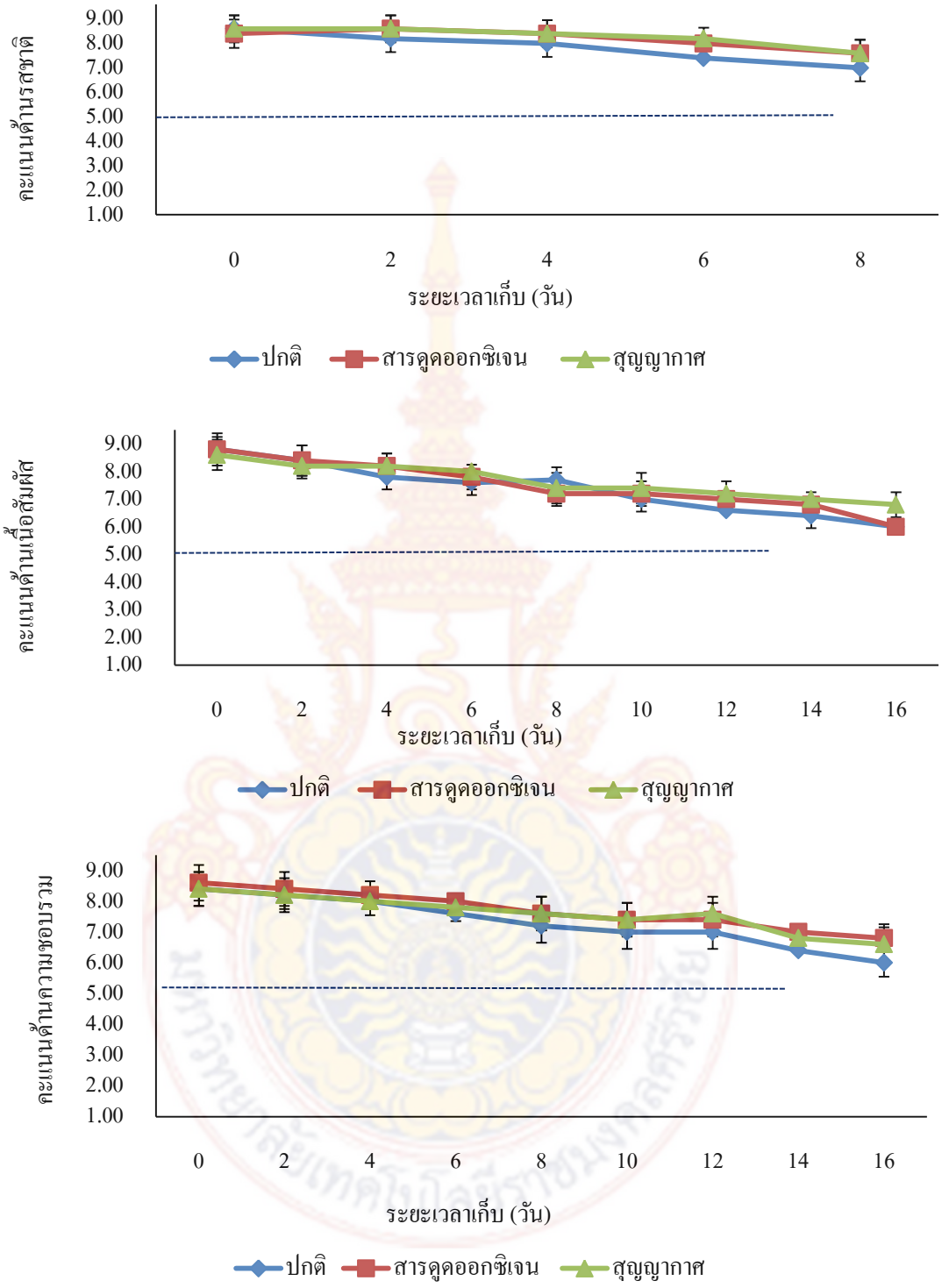
ภาพที่ 23 คะแนนด้านประสาทสัมผัสของปลาสีเสียดเค็มทอดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (5-7 องศาเซลเซียส)



ภาพที่ 23 คะแนนด้านประสาทสัมผัสของปลาสีเสียดเค็มทอดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (5-7 องศาเซลเซียส) (ต่อ)



ภาพที่ 24 คะแนนด้านประสาทสัมผัสของปลาสีเสียดเค็มทอดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25-28) องศาเซลเซียส



ภาพที่ 24 คะแนนด้านประสาทสัมผัสของปลาสีเสียดเค็มทอดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25-28) องศาเซลเซียส (ต่อ)

2. ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของปลาสีเสียดเค็มทอด

จากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของปลาสีเสียดเค็มทอดพบว่า มีค่า

ตารางที่ 7 คุณค่าทางโภชนาการของปลาสีเสียดเค็มทอด

สารอาหาร	หน่วย	ปริมาณต่อ 100 กรัม
พลังงาน (Energy)	K.cal	456
โปรตีน (Protein)	gm	22.32
ไขมัน (Fat)	gm	21.12
ไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acids)	gm	7.43
ไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acid)	gm	13.69
คาร์โบไฮเดรต (Total Carbohydrate)	gm	6.34
เถ้า (Ash)	gm	4.21
เยื่อใย (Fiber)	gm	0.23
แคลเซียม (Calcium)	mg.	430.32
ฟอสฟอรัส (Phosphorus)	mg.	68.95
โซเดียมคลอไรด์ (Sodium chloride)	gm	3.56
ความชื้น (Moisture)	gm	45.78

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาการใช้โพแทสเซียมคลอไรด์ในกระบวนการผลิตปลาสีเสียดเค็มจากการศึกษาพบว่าการใช้เกลือโพแตสเซียมคลอไรด์เพื่อทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่เหมาะสม คือ ทดแทนที่ระดับร้อยละ 35 โดยผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบสูงสุด

2. ผลการศึกษาปริมาณโพแทสแลกเตทและโพแตสเซียมคลอไรด์ที่เหมาะสมในการผลิตปลาสีเสียดเค็ม ผลการศึกษาชนิดสารเคลือบที่เหมาะสมและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษา

3. จากการศึกษาพบว่าสารเคลือบที่เหมาะสมที่สุดคือ สารคาร์บอกซิลเมทธิลเซลลูโลส โดยผลการตรวจสอบคุณภาพทางเคมี จุลินทรีย์ และกายภาพ รวมทั้งการประเมินทางประสาทสัมผัสคุณภาพของปลาเค็มที่เคลือบโดยสารคาร์บอกซิลเมทธิลเซลลูโลส มีการเสื่อมเสียช้ากว่าการใช้สารเพคติน และคาร์ราจีแนน

4. ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาปลาสีเสียดทอดพร้อมบริโภค พบว่าที่อุณหภูมิตู้เย็นสามารถเก็บรักษาได้ไม่น้อยกว่า 72 วัน ส่วนที่อุณหภูมิห้อง ไม่มากกว่า 12 วัน

5. ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการต่อ 100 กรัม พบว่า ปริมาณโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เถ้า ความชื้น และเยื่อใย เท่ากับ 22.32, 21.12, 6.34, 4.21 55.78 และ 0.23 กรัม ค่าพลังงาน เท่ากับ 45.6 กิโลแคลอรี ส่วนปริมาณแคลเซียม ฟอสฟอรัส เท่ากับ 430.32 และ 68.95 มิลลิกรัม กรัม ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ เท่ากับ 3.56 กรัม

เอกสารอ้างอิง

ชาติชาย วิลัยลักษณ์. 2553. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ลดเกลือโซเดียม.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ชาติชาย วิลัยลักษณ์ และสุจินดา วัฒนา . 2553. **ผลของการทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์.** *ใน* น 1-8. เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48: สาขาอุตสาหกรรมเกษตร.

นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์. 2542. **การถนอมอาหาร**. โรงพิมพ์รวมสาส์น. กรุงเทพฯ. 80 น.

ปุ่น คงเจริญเกียรติ. และ สมพร คงเจริญเกียรติ. 2543. **บรรจุภัณฑ์อาหาร**. โรงพิมพ์หงี่เฮง. กรุงเทพฯ. 358 หน้า.

ไพโรจน์ วิริยจารี. 2536. **การวางแผนและการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส.** ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์, คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 275 หน้า

มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด. 2535. **ฟิล์มและสารเคลือบที่รับประทานได้.** อาหาร. 22:1-6

สุมนฑา วัฒนาสินธุ. 2545. **จุลชีววิทยาทางอาหาร**. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, นนทบุรี. 470 หน้า.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน แกงไตปลาแห้ง (มผช 323/2547). 5 น.

A.O.A.C. 2005. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists,** 18th eds. Methods: 981.10, Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.

Buege, J. A. and Aust, S. D. 1978. Microsomal lipid peroxidation. *In* S. Fleischer, and L. Packer (Eds.), pp. 302–310. Methods in enzymology. New York: Academic Press

Campagnol, P. C. B., Santos, B. A., Wagner, R., Terra, N. N., and Pollonio, M. A. R. 2011. The effect of yeast extract addition on quality of fermented sausages at low NaCl content **Meat Science.** 87(3): 290-298.

Colmenero, F. J., Ayo, M.J. and Carballo. J. 2004. Physicochemical properties of low Sodium frankfurter with added walnut: effect of transglutaminase combined with caseinate, KClanddietaryfibre as salt replacers. **Meat Science**. 69: 781 -788.

Crehan, C. M., Hughes, E., Troy, D. J. and Buckley, D. J. 2000. Effects of fat level and maltodextrin on the functional properties of frankfurters formulated with 5%, 12% and 30% fat. **Meat Science**. 55(4), 463–469.

Debeaufort, F., Quezada-Gallo, J.A. and Voilley, A. 1998. Edible Films and Coatings: Tomorrow packaging: A Review, **Critical Reviews in Food Science**. 38(4): 299-313.

Fabra, M.J., Talens, P. and Chiralt, A. 2008. Effect of Alginate and λ-Carrageenan on Tensile Properties and Water Vapour Permeability of Sodium Caseinate-Lipid Based Films, **Carbohydrate Polymers**. 70: 419-426

Hambleton, A., Fabra, M.J., Debeaufort, F., Dury-Brun, C. and Voilly, A. 2009. Interface and Aroma Barrier Properties of Iota-carrageenan Emulsion-Based Films Used for Encapsulation of Active Food Compounds. **Journal of Food Engineering.** 93: 80-88.

Gou, P., L. Guerrero, J. Gelabert and J. Arnau. 1996. Potassium chloride, potassium lactate and lycine as sodium chloride substitutes in fermented sausages and in dry-cured pork loin. **Meat Science**. 42: 37-48.

Gou, P., Guerrero, L., Gelabert, J. and Arnau, J. 1996. Potassium chloride, potassium lactate and glycine as sodium chloride substitutes in fermented sausages and in dry-cured pork loin. **Meat Science**. 42: 531–541.

Guardia, M.D., Guerrero, L., Gelabert, J., Gou, P. and Arnau, J. 2008. Sensory characterization and consumer acceptability of small calibre fermented sausages with 50% substitution of NaCl by mixtures of KCl and potassium lactate. **Meat Science.** 80:1225-1230

Lafargue, D., Lourdin, D. and Doublier, J.L. 2007. Film-forming Properties of a Modified Starch/K-carrageenan Mixture in Relation to Its Rheological Behaviour, **Carbohydrate Polymers.** 70: 101-111.

Lee, J.Y., Park H. J., Lee C. Y. and W. Y. Choi. 2003. Extending shelf-life of minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents," LWT-**Food Science and Technology**. 36 (3): 323–329.

Li, Y., Wu A. J. and L. T. Song. 2010. Coating technology of fresh garlic by CMC/isolated soybean protein, Journal of Jilin. **Agricultural Sciences.** 34(6): 60–62.

Luck, W. A. P. 1980. A model of hydrogen-bonded liquids. Angew. **Chem. Int. Ed. Engl.** 19:28-41.

Garcia, M.A., Pinotti, A., Martino, M.N. and Zaritzky, N.E., 2004, Characterization of Composite Hydrocolloid Films. **Carbohydrate Polymers**. 56: 339-345.

Olivas, G. I., Mattinson D. S., and G. V. Barbosa-Cánovas. 2007. Alginate coatings for preservation of minimally processed "Gala" apples," **Postharvest Biology and Technology**. 45(1) : 89–96.

Obanu, Z.A., Ledward, D.A. and Lawrie, R.A. 1976. The protein of intermediate moisture meat stored at tropical temperature differences between muscles. **Food Technoly**.11:187- 196.

Piculell, L. 1995. Chapter 8: Gelling Carageenans, *In* Stephen, A.M. (Ed.), **Food Polysaccharides and Their Applications**, Marcel Dekker, Inc., New York, pp. 205-244

Ruusunen, M. and Puolanne, E. 2005. Reducing sodium intake from meat products. **Meat Science**. 70: 531–541.

Sacharow, S., and Griffin, R.C. 1980. **Principle of food packaging.** The Connecticut publishing Co. Ltd. London.

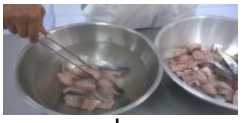
Sikorski, Z.E. 1990. **Seafood: Resources Nutritional Composition and Preservation**. CRC Press Inc, Florida.

Stone, H. and J.L. Sidel. 1993. **Sensory evaluation practices**. 2nd ed. Academic Press Inc., London.

Tanika, E. 1985. **Marine Products in Japan**. 2nd. Kaseisha-Kasukaku Co., Tokyo. 507 p.

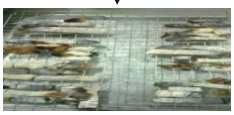
ภาคผนวก

นำเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์และเกลือโซเดียมคลอไรด์
มาละลายในน้ำที่ต้มแล้ว



นำเนื้อปลาที่ได้จากการเตรียมตัวอย่างเนื้อปลาแล้วนำเนื้อปลาสด
ไปแช่ในน้ำเกลือที่เตรียมไว้

แช่น้ำเกลือทิ้งไว้ประมาณ 4 ชั่วโมง



นำปลามาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60-65 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง

นำปลาสีเสียดเค็มที่ได้การคัดเลือกจากตอนที่ 1 มาเคลือบด้วย
สารละลาย

นำปลามาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60-65 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง

นำปลาสีเสียดเค็มที่ได้มาบรรจุในถุงพลาสติกและ
นำมาศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพในการเก็บรักษา

อุณหภูมิห้อง(25-28)องศาเซลเซียส

อุณหภูมิตู้เย็น (5-7) องศาเซลเซียส

ภาพผนวกที่ 1 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างสารละลายเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์และเกลือโซเดียม
คลอไรด์และการเคลือบสารละลาย