บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการยอมรับของผู้บริโภคต่อปลาสลิดเค็มแห้งกับองค์ประกอบทางเคมี

เนื่องจากยังไม่มีการกำหนดคุณภาพมาตรฐานสำหรับปลาสลิดเค็มแห้ง ดังนั้นจึงทำการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะของปลาสลิดเค็มแห้งซึ่งผู้บริโภคยอมรับกับองค์ประกอบทางเคมีบางประการของปลาสลิดเค็มแห้ง เพื่อนำมาเป็นเกณฑ์ในการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของขั้นตอนในกระบวนการผลิตปลาสลิดเค็มแห้ง โดยการสุ่มซื้อตัวอย่างปลาสลิดเค็มแห้ง จำนวน 14 ตัวอย่าง จากแหล่งผลิตในท้องที่จังหวัดสมุทรปราการและตลาดขายส่งท่าเตียน ปลาสลิดเค็มแห้งที่สุ่มซื้อมีขนาดความยาว (ตัดหัวแล้ว) 15 ± 2 ซ.ม. และจำนวนตัวปลาใน 1 กิโลกรัม-เท่ากับ 17 - 22 ตัว ซึ่งเป็นขนาดปลาสลิดเค็มแห้งที่จำหน่ายโดยทั่วไปในท้องตลาด เพื่อทำการวิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านคุณลักษณะปรากฏ, เนื้อสัมผัสและกลิ่นของปลาสลิดเค็มแห้งที่ไม่ได้ทอด และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาที่ทอดแล้วในด้านกลิ่นรสชาติและเนื้อสัมผัส และองค์ประกอบทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะของปลาสลิดเค็มแห้งก่อนทอด ซึ่งได้แก่ปริมาณความชื้น, ปริมาณโซเดียมคลอไรด์, ปริมาณไขมัน และค่า *TBA* (ตาราง-ที่ 1) พบว่าตัวอย่างปลาสลิดเค็มแห้งที่ทดสอบมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสและองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

เมื่อนำคะแนนประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและค่าวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างปลาสลิดเค็มแห้งเหล่านี้ มาวิเคราะห์ความแตกต่างโดยวิธี *Tukey's test* (ดังรายละเอียดที่แสดงในภาคผนวก ฉ) และจัดช่วงคะแนนประเมินคุณภาพและค่าวิเคราะห์องค์-ประกอบทางเคมีที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเป็นช่วง ๆ แล้วเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนประเมินคุณภาพกับองค์ประกอบทางเคมีของปลาสลิดเค็มแห้งที่มีคะแนนการประเมินคุณภาพในช่วงนั้น ๆ พบว่าคะแนนประเมินคุณภาพด้านลักษณะปรากฏและด้านเนื้อสัมผัสมีความสัมพันธ์กับความชื้นของปลาสลิดเค็มแห้ง แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณไขมัน

ตารางที่ 1 ค่าวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและคะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาสลิดเค็มแห้งจากตลาด

ตัวอย่าง	ราคาต่อกิโลกรัม บาท	ค่าวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (1)				คะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (5)					
						ปลาสลิดเค็มแห้ง (ดิบ)			ปลาสลิดเค็มแห้ง (ทอด)		
		ความชื้น** (2)	ปริมาณโซเดียมคลอไรด์** (3)	ไขมัน** (2)	ค่า TBA** (4)	ลักษณะปรากฏ**	เนื้อสัมผัส**	กลิ่น**	กลิ่น**	รสชาติ**	เนื้อสัมผัส**
1	80	28.79	9.54	10.60	75.61	3.30	2.66	4.48	4.38	3.80	2.16
2	70	40.14	8.68	17.35	70.74	3.96	4.22	3.00	4.44	3.80	2.02
3	60	36.79	8.39	14.81	44.36	3.13	2.62	2.54	3.48	3.50	3.07
4	60	39.93	8.76	12.88	53.78	4.50	2.52	4.04	4.22	3.60	2.44
5	55	38.97	13.53	14.27	70.86	3.92	3.92	3.90	3.56	4.58	4.08
6	75	46.35	7.54	9.39	67.00	2.67	3.42	3.70	3.90	2.42	3.38
7	65	42.15	13.27	6.42	69.55	3.82	4.06	4.22	4.14	4.28	3.76
8	60	40.64	13.52	7.24	71.59	3.98	4.32	3.26	3.64	4.20	3.48
9	55	38.44	12.78	3.31	57.99	3.80	4.02	2.42	2.96	3.98	3.28
10	50	50.07	13.77	10.46	5.46	2.71	2.66	3.42	3.68	4.62	2.14
11	60	44.22	9.66	9.48	10.17	2.98	3.32	3.14	4.08	3.50	3.46
12	55	47.43	23.08	8.45	6.76	2.42	2.50	3.64	3.56	1.00	3.48
13	50	55.93	11.32	8.71	5.56	2.00	2.22	3.32	3.90	3.88	1.24
14	60	48.08	10.93	4.92	7.20	2.98	2.32	3.36	3.90	3.72	3.06

(1) ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 2 ซ้ำ (2) ร้อยละโดยน้ำหนัก (3) ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง (4) *mg. malonaldehyde/kg. sample*

(5) คะแนนเฉลี่ยจากผู้ทดสอบ จำนวน 25 คน

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพเกี่ยวกับลักษณะปรากฏของปลาสลิดเค็มแห้งก่อนทอดกับองค์ประกอบทางเคมีที่เกี่ยวข้อง

ลักษณะปรากฏ		ค่าวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี			
		ความชื้น (1)		ไขมัน (1)	
ช่วงคะแนนจากการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ช่วงค่าวิเคราะห์	ค่าเฉลี่ย	ช่วงค่าวิเคราะห์	ค่าเฉลี่ย
4.50 - 3.80 ^{ns}	4.00 ± 0.26	42.15 - 38.44 ^{ns}	40.05 ± 1.30	17.35 - 6.42 *	11.10 ± 4.30
3.30 - 3.13 ^{ns}	3.22 ± 0.12	36.79 - 28.79 *	32.79 ± 5.66	14.81 - 10.60 *	12.70 ± 2.97
2.98 - 2.42 ^{ns}	2.75 ± 0.23	50.07 - 44.22 ^{ns}	47.23 ± 2.16	9.48 - 4.92 *	8.34 ± 1.96
2.00	2.00	55.93	55.93	8.72	8.72

(1) ร้อยละโดยน้ำหนัก

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95)

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพเกี่ยวกับเนื้อสัมผัสของปลาสลิดเค็มแห้งก่อนทอดกับองค์ประกอบทางเคมีที่เกี่ยวข้อง

เนื้อสัมผัส		ค่าวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี			
		ความชื้น (1)		ไขมัน (1)	
ช่วงคะแนนจากการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ช่วงค่าวิเคราะห์	ค่าเฉลี่ย	ช่วงค่าวิเคราะห์	ค่าเฉลี่ย
4.32 - 3.92 ^{ns}	4.10 ± 0.17	42.15 - 36.79 ^{ns}	39.40 ± 2.06	14.81 - 7.24 *	10.23 ± 3.99
3.42 - 3.32 ^{ns}	3.37 ± 0.07	46.35 - 44.22 ^{ns}	45.29 ± 1.51	9.48 - 9.39 *	9.44 ± 0.06
2.66 - 2.32 ^{ns}	2.50 ± 0.17	50.07 - 28.79 *	44.34 ± 8.85	17.35 - 4.92 *	10.50 ± 4.22
2.22	2.22	55.93	55.93	8.72	8.72

(1) ร้อยละโดยน้ำหนัก

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95)

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(ตารางที่ 2 และ 3) โดยความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 40.05 ± 1.30 จะได้คะแนนการทดสอบเป็นที่ยอมรับ ในด้านลักษณะปรากฏสูงสุดและความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 39.4 ± 2.06 จะได้คะแนนการทดสอบเป็นที่ยอมรับในด้านเนื้อสัมผัสสูงสุด และความชื้นในช่วงร้อยละ 50.07 - 44.22 หรือ 47.23 ± 2.16 โดยเฉลี่ย จะได้ปลาสลิดเค็มแห้งที่มีลักษณะปรากฏไม่เป็นที่ยอมรับ และความชื้นร้อยละ 55.93 จะทำให้คะแนนการยอมรับต่ำสุด ซึ่งตัวอย่างปลาสลิดเค็มแห้งที่มีความชื้นร้อยละ 55.93 นี้ได้รับคะแนนการยอมรับในด้านเนื้อสัมผัสต่ำที่สุดเช่นเดียวกัน โดยตัวอย่างปลาสลิดเค็มแห้งที่มีความชื้นร้อยละ 44.34 ± 8.85 หรือ ช่วงร้อยละ 50.07 - 28.79 จะทำให้เนื้อสัมผัสของปลาสลิดเค็มแห้งไม่เป็นที่ยอมรับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าความชื้นที่สูงเกินไปหรือต่ำเกินไปจะทำให้เนื้อสัมผัสของปลาสลิดเค็มแห้งชื้นมากไปและแห้งเกินไปจนผู้บริโภคไม่ยอมรับ สำหรับปริมาณไขมันจะเห็นได้ว่าปริมาณไขมันที่วิเคราะห์ได้ในแต่ละช่วงมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และไม่สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไขมันและคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัสได้ ทั้งนี้อาจเนื่องจากปริมาณไขมันที่วิเคราะห์ได้นั้น ไม่ได้มาจากตัวปลาสลิดเค็มแห้งเอง แต่มาจากการที่ผู้ผลิตและผู้จำหน่ายปลาสลิดเค็มแห้งมักจะใช้น้ำมันชุบเช็ดที่ตัวปลาเพื่อให้มีลักษณะปรากฏเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคและปริมาณไขมันในปลายังอาจแตกต่างกันไปตามสภาพการเพาะเลี้ยงและระยะการเติบโตของปลา เช่น ช่วงก่อนและหลังการวางไข่ เป็นต้น (8, 9, 12) จึงทำให้ปริมาณไขมันที่วิเคราะห์ได้มีความแปรปรวนสูง

สำหรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นนั้น พบว่าไม่สามารถหาความสัมพันธ์กับองค์ประกอบทางเคมีที่เกี่ยวข้อง ซึ่งได้แก่ความชื้น, ปริมาณโซเดียมคลอไรด์, ปริมาณไขมัน และค่า *TBA* (ตารางที่ 4) เนื่องจากสารประกอบที่เกิดจากการสลายตัวของไขมันในกระบวนการเติมออกซิเจนนั้นจะทำให้กลิ่นของผลิตภัณฑ์ไม่ชวนดม (12) และในการวัดการเติมออกซิเจนของไขมันในอาหารนิยมใช้ค่า *TBA* (20, 44) ซึ่งในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นและรสชาติของปลาเฮ็ค *(hake)* ทำเค็มตากแห้งนั้น พบว่าผู้ทดสอบจะสามารถรู้สึกถึงการเกิดการหืนเมื่อผลิตภัณฑ์มีค่า *TBA* เท่ากับ 1 - 5 (19) แต่ในการศึกษานี้พบว่าปลาสลิดเค็มแห้งที่เป็นตัวอย่างสำหรับประเมินคุณภาพมีค่า *TBA* สูง แต่ผู้ทดสอบยังคงยอมรับได้แสดงว่าการเกิดการหืนของปลาสลิดเค็มแห้งนั้นไม่เป็นปัญหาในการยอมรับคุณภาพด้านกลิ่น ทั้งนี้อาจเนื่องจากผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำทำเค็มตากแห้งเป็นผลิตภัณฑ์พื้นเมือง ซึ่งมักจะเกิดการหืนเพราะกระบวนการผลิตแบบดั้งเดิม

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพเกี่ยวกับกลิ่นของปลาสลิดเค็มแห้งก่อนทอดกับองค์ประกอบทางเคมีที่เกี่ยวข้อง

กลิ่น		ช่วงค่าวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)			
ช่วงคะแนนจากการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ความชื้น (1)	ปริมาณ *NaCl* (2)	ค่า *TBA* (3)	ไขมัน (1)
4.48 - 3.64 ^{ns}	4.00 ± 0.32	28.79 - 47.43 * (30.60 ± 6.70)	7.54 - 23.08 * (12.62 ± 5.67)	6.76 - 75.51 * (57.26 ± 25.81)	6.42 - 14.27 * (10.34 ± 2.89)
3.42 - 2.54 ^{ns}	3.15 ± 0.31	36.79 - 55.93 * (45.44 ± 6.32)	8.39 - 13.77 * (10.90 ± 2.16)	4.92 - 71.59 * (34.19 ± 34.54)	4.92 - 17.35 * (10.41 ± 4.31)
2.42	2.42	38.44	12.78	67.99	3.31

(1) ร้อยละโดยน้ำหนัก

(2) ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง

(3) *mg. malonaldehyde/kg. of sample*

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95)

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่ล่าช้าและไม่เหมาะสม ซึ่งผู้บริโภคมีความคุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์ที่มีกลิ่นหืนจนไม่รู้สึกถึงความแตกต่างที่เกิดเนื่องจากการหืน (8, 9, 12, 23, 14, 37) นอกจากนี้ในการศึกษาการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเกี่ยวกับกลิ่นและรส เนื่องจากการเกิดการหืน *(rancid flavor and odours)* ในปลาแช่แข็งนั้นพบว่าไม่มีความสัมพันธ์ *(correlation)* ที่ดีกับค่า *peroxide* และค่า *TBA* ที่วิเคราะห์ได้ (50)

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติกับองค์ประกอบทางเคมีที่เกี่ยวข้องได้แก่ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ (ตารางที่ 5) พบว่าคะแนนของรสชาติที่ผู้บริโภคยอมรับนั้นแบ่งได้เป็น 2 ช่วง คือ ช่วงคะแนน 4.62 - 3.88 และ 3.80 - 3.50 ซึ่งช่วงปริมาณโซเดียมคลอไรด์ในปลาสลิดเค็มแห้งจะเท่ากับร้อยละ (โดยน้ำหนักแห้ง) 13.77 - 11.32 และ 10.93 - 8.39 หรือเฉลี่ยเท่ากับ 13.03 ± 0.91 และ 9.33 ± 0.93 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณโซเดียมคลอไรด์ในช่วงดังกล่าวนั้นไม่พบว่ามีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่วนรสชาติที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับนั้นจะมีปริมาณโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 7.54 และ 23.08 ตามลำดับ ดังนั้นสรุปได้ว่ารสชาติปลาสลิดเค็มแห้งที่ผู้บริโภคยอมรับนั้นจะต้องไม่จืดหรือเค็มเกินไป โดยปริมาณโซเดียมคลอไรด์ของปลาสลิดเค็มแห้งที่มีรสชาติเป็นที่ยอมรับสูงสุด คือร้อยละ 13.03 ± 0.91 โดยเฉลี่ย

ส่วนคะแนนประเมินคุณภาพด้านกลิ่นและเนื้อสัมผัสของปลาสลิดเค็มแห้งเมื่อนำไปทอด (ตารางที่ 1) พบว่าคะแนนการประเมินคุณภาพด้านกลิ่นของตัวอย่างที่ทอดแล้วจะสูงกว่าปลาก่อนทอด แม้แต่ในตัวอย่างปลาก่อนทอดที่มีกลิ่นไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคแล้วก็ตาม แสดงว่าการทอดช่วยให้ปลาสลิดมีกลิ่นดีขึ้นโดยความร้อนและไอน้ำที่เกิดขึ้นในขณะการทอดจะทำให้ *volatile-nitrogen compound* และ *volatile fatty acid* ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายของโปรตีนและไขมันของผลิตภัณฑ์ ซึ่งทำให้เกิดกลิ่นที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับนั้น จะระเหยออกไป (51) ส่วนคะแนนประเมินคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของปลาสลิดเค็มแห้งที่ทอดแล้ว พบว่าคะแนนการทดสอบส่วนใหญ่จะใกล้เคียงและสอดคล้องกับคะแนนประเมินคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของปลาก่อนทอดคือ ปลาสลิดเค็มแห้งก่อนทอดที่มีคะแนนของเนื้อสัมผัสอยู่ในช่วงการยอมรับของผู้บริโภคจะมีคะแนนเนื้อสัมผัสของปลาที่ทอดแล้วอยู่ในช่วงการยอมรับเช่นกัน

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพเกี่ยวกับรสชาติของปลาสลิดเค็มแห้งหลังทอดกับองค์ประกอบทางเคมีที่เกี่ยวข้อง

รสชาติ		ค่าวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี	
		ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ (1)	
ช่วงคะแนนจากการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ช่วงค่าวิเคราะห์	ค่าเฉลี่ย
4.64 ± 3.88^{ns}	4.26 ± 0.30	$13.79 - 11.32^{ns}$	13.30 ± 0.91
3.80 ± 3.50^{ns}	3.65 ± 0.14	$10.93 - 8.39^{ns}$	9.33 ± 0.93
2.42	2.42	7.54	7.54
1	1	23.08	23.08

(1) ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสกับองค์ประกอบทางเคมีของปลาสลิดเค็มแห้งที่สุ่มมาศึกษาทั้ง 14 ตัวอย่าง อาจสรุปได้ว่า ปลาสลิดเค็มแห้งที่มีลักษณะปรากฏ, เนื้อสัมผัส, กลิ่น และรสชาติที่ผู้บริโภคยอมรับนั้น มีความชื้นระหว่างร้อยละ (โดยน้ำหนัก) 42.15 - 36.79 หรือ 39.4 ± 2.06 โดยเฉลี่ย และปริมาณโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ (โดยน้ำหนักแห้ง) 13.77 - 11.22 หรือ 13.03 ± 0.91 โดยเฉลี่ย ซึ่งจะใช้เป็นเกณฑ์ในการกำหนดเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการพัฒนากระบวนการผลิตต่อไป

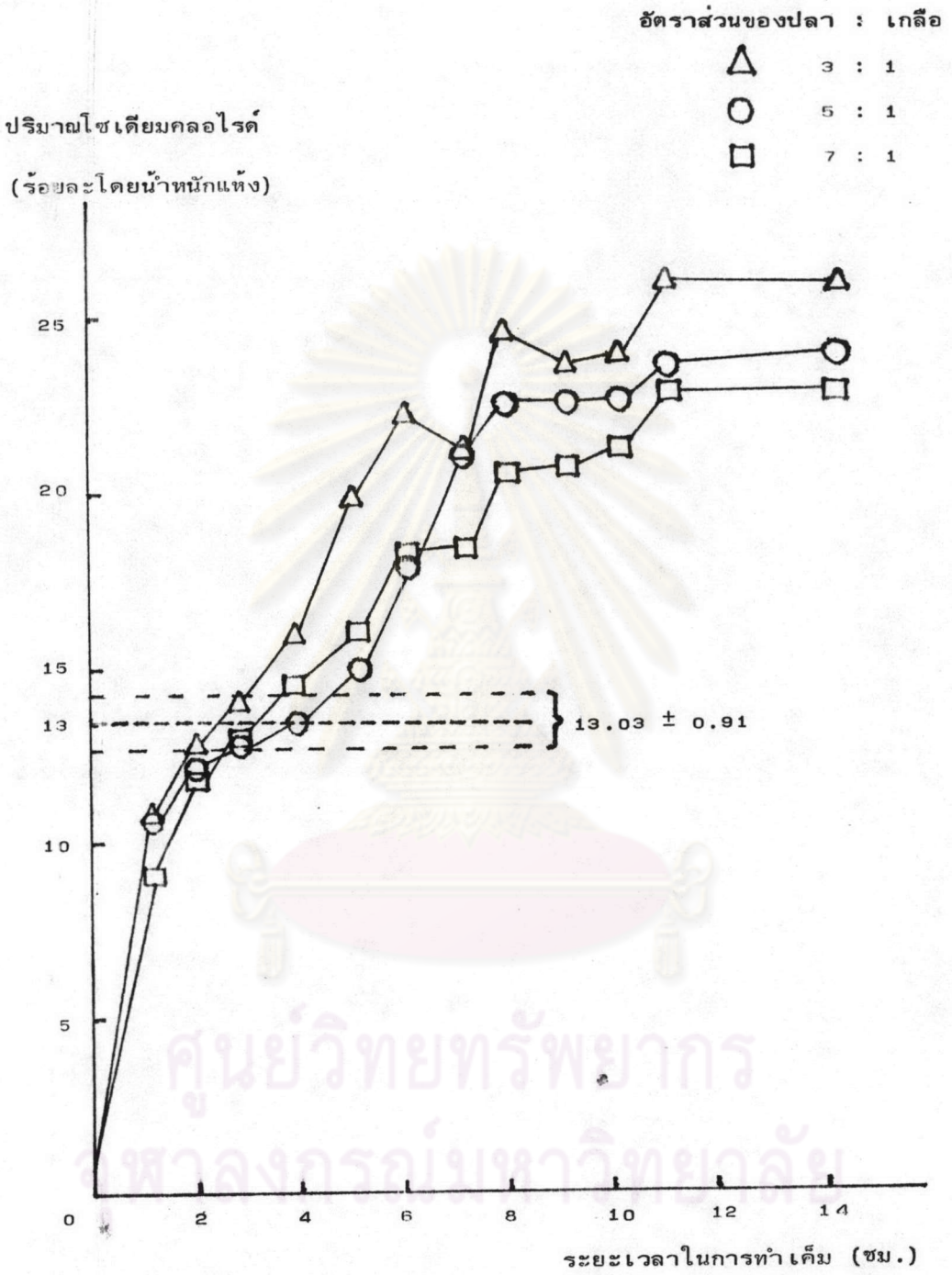
4.2 <u>การศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตปลาสลิดเค็มแห้ง</u>

4.2.1 สภาวะที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการทำเค็ม

ในการทดลองนี้ศึกษาวิธีการทำเค็ม 2 วิธี คือ การทำเค็มแบบใช้เกลือแห้งและแบบใช้น้ำเกลือโดยแปรปริมาณเกลือและความเข้มข้นของน้ำเกลือ เพื่อหาสภาวะการทำเค็มที่เหมาะสมให้ได้ปลาสลิดเค็มแห้งที่ผู้บริโภคยอมรับ ซึ่งจากการประเมินคุณภาพปลาสลิดเค็มแห้งในข้อ 4.1 พบว่าปลาสลิดเค็มแห้งที่ผู้บริโภคยอมรับที่สุดจะมีปริมาณโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ (โดยน้ำหนักแห้ง) 13.03 ± 0.91 ดังนั้นในการทดลองนี้จะใช้ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ดังกล่าวเป็นเกณฑ์ในการกำหนดระยะเวลาในการทำเค็มที่เหมาะสม

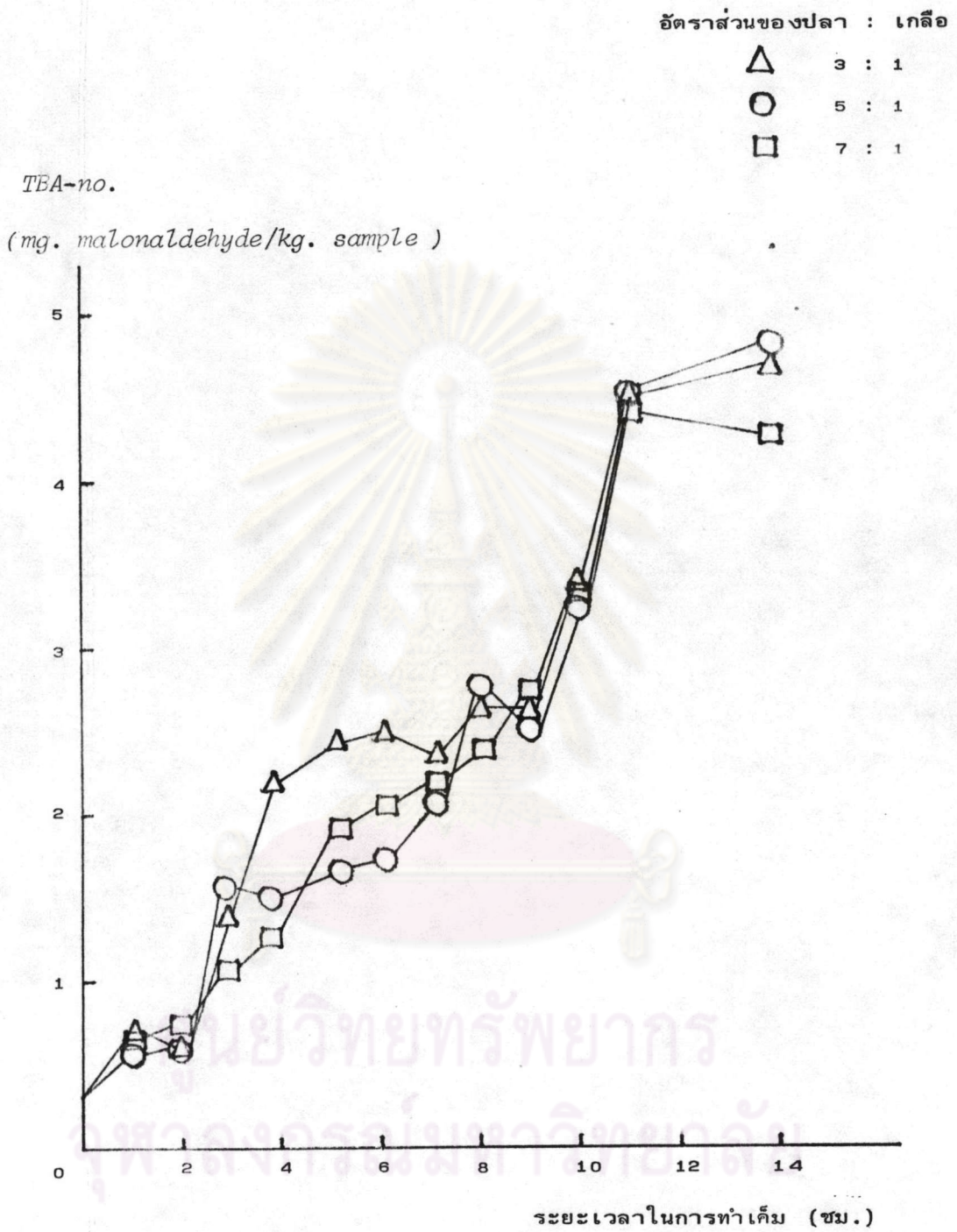
ในการทดลองทำเค็มปลาสลิดแบบใช้เกลือแห้ง ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่อัตราส่วนปลาต่อเกลือ (โดยน้ำหนัก) และเวลาในการดองเกลือ โดยแปรอัตราส่วนปลาต่อเกลือเป็น 3 : 1, 5 : 1 และ7 : 1 ทั้งนี้จากการศึกษาของ *Lupin* (19) พบว่าอัตราส่วนปลาต่อเกลือเท่ากับ 10 : 3 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำเค็มปลาเฮ็ค *(hake)* เพราะการซึมของเกลือเข้าสู่เนื้อปลาจะสม่ำเสมอ สำหรับอัตราส่วนปลาต่อเกลือเท่ากับ 5 : 1 นั้นเป็นอัตราส่วนที่นิยมใช้ในการทำผลิตภัณฑ์หมักฟื้นเมือง เช่น น้ำปลา, กะปิ, ปลาร้า, ปลาเค็ม เพราะจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีกลิ่นและรสชาติดี (18) *Nieto* (21) พบว่าในการทำกะปิจากเคย อัตราส่วนเคยต่อเกลือมากกว่า 8 : 1 จะทำให้กะปิเน่าเสียและพบจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

จากการทดลองทำเค็มปลาสลิดแบบใช้เกลือแห้งโดยอัตราส่วนปลาต่อเกลือ 3 : 1, 5 : 1 และ 7 : 1 เป็นเวลานาน 14 ชั่วโมง พบว่าปริมาณเกลือและค่า *TBA* ในเนื้อปลาจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (รูปที่ 4, 5) ส่วนความชื้น



รูปที่ 4 ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ในเนื้อปลาสลิด ระหว่างการทำเค็มแบบใช้เกลือแห้งในอัตราส่วน ปลาต่อเกลือ 3 : 1, 5 : 1, 7 : 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

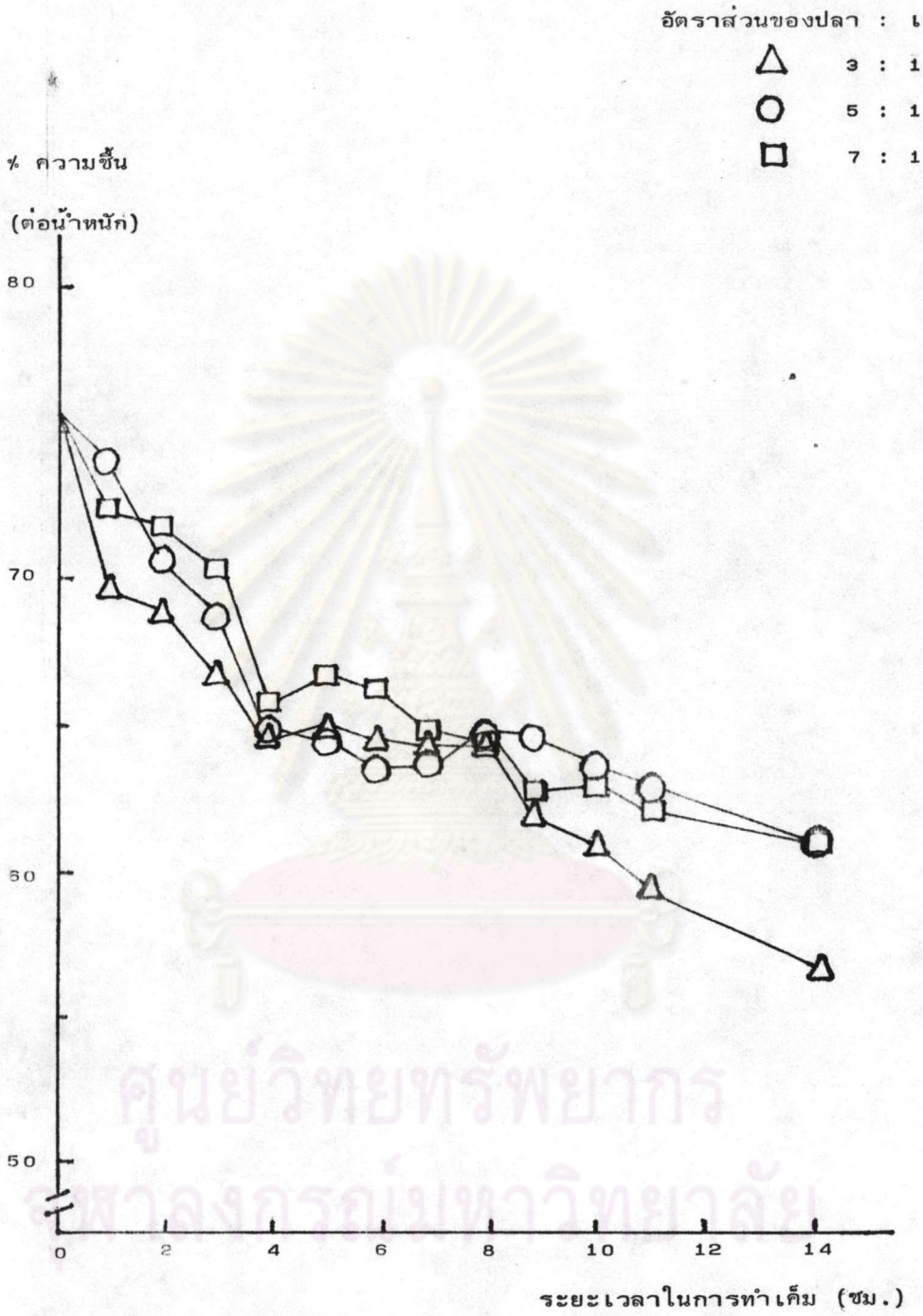


รูปที่ 5 ค่า *TBA* ในเนื้อปลาสลิด ระหว่างการทำเค็มแบบใช้เกลือแห้งในอัตราส่วนปลาต่อเกลือ 3 : 1, 5 : 1, 7 : 1

ในเนื้อปลาจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (รูปที่ 6) โดยอัตราส่วนของเกลือและระยะเวลาในการทำเค็มมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าต่าง ๆ ดังกล่าวคือ ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ในเนื้อปลาที่ทำเค็มโดยใช้อัตราส่วนปลาต่อเกลือเท่ากับ 3 : 1 นั้นจะเพิ่มรวดเร็วกว่าปลาที่ทำเค็มโดยอัตราส่วนปลาต่อเกลือ 5 : 1 และ 7 : 1 ตามลำดับ (รูปที่ 4) แต่การเพิ่มของปริมาณโซเดียมคลอไรด์ของเนื้อปลาในช่วง 4 ชั่วโมงแรกนั้นจะใกล้เคียงกัน โดยไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และจะเห็นว่าระยะเวลาในการทำเค็มเพื่อให้เนื้อปลามีปริมาณโซเดียมคลอไรด์เท่ากับร้อยละ 13.03 ± 0.91 (โดยน้ำหนักแห้ง) สำหรับปลาสลิดที่ทำเค็มโดยใช้อัตราส่วนปลาต่อเกลือเท่ากับ 3 : 1, 5 : 1 และ 7 : 1 นั้นจะใช้เวลาประมาณ 3 - 4 ชั่วโมง ทั้งนี้อาจอธิบายได้ว่าเนื่องจากในช่วงแรกของการทำเค็มแบบเกลือแห้งนั้น เกลือจะดูดน้ำจากปลามาละลายตัวเองเป็นน้ำเกลือแล้วซึมเข้าสู่เนื้อปลา ซึ่งความเข้มข้นของน้ำเกลือที่เกิดขึ้นจะเท่ากับน้ำเกลืออิ่มตัว (25) ดังนั้นการซึมของเกลือเข้าไปในเนื้อปลาจึงไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อเวลาผ่านไปน้ำจะซึมออกจากตัวปลามากขึ้นและเกลือที่ใช้ในการทำเค็มเหลือน้อยลง ทำให้ความเข้มข้นของน้ำเกลือที่เกิดในระหว่างการทำเค็มเจือจางลง โดยน้ำเกลือที่เกิดขึ้นในการทำเค็มที่ใช้อัตราส่วนเกลือต่ำ จะเจือจางเร็วกว่าน้ำเกลือที่เกิดในการทำเค็มที่ใช้อัตราส่วนเกลือสูง ดังนั้นการซึมของเกลือเข้าสู่เนื้อปลาจึงช้ากว่าปลาที่ทำเค็มด้วยเกลืออัตราส่วนสูง (8, 25)

ส่วนปริมาณความชื้นในเนื้อปลาระหว่างการทำเค็มแบบใช้เกลือแห้ง พบว่าปริมาณความชื้นในปลาที่ทำเค็มโดยใช้อัตราส่วนปลาต่อเกลือเท่ากับ 3 :1 นั้น จะลดลงรวดเร็วกว่าปลาที่ทำเค็มโดยอัตราส่วนปลาต่อเกลือ 5 : 1 และ 7 : 1 ตามลำดับ (รูปที่ 6) การลดของความชื้นของเนื้อปลาในช่วง 4 ชั่วโมงแรกนั้นจะลดลงอย่างรวดเร็วในอัตราใกล้เคียงกันโดยไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อเวลาผ่านไปปริมาณความชื้นในปลาที่ทำเค็มด้วยอัตราส่วนเกลือสูงจะลดลงมากกว่าในปลาที่ทำเค็มด้วยอัตราส่วนเกลือต่ำ ซึ่งอธิบายได้ในทำนองเดียวกับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณโซเดียมคลอไรด์ในเนื้อปลา เพราะปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในการทำเค็มเป็นการแลกเปลี่ยนระหว่างปริมาณโซเดียมคลอไรด์กับน้ำหรือความชื้นในเนื้อปลา (25)

ค่า *TBA* ในเนื้อปลาระหว่างที่ทำเค็มแบบใช้เกลือแห้งนั้น พบว่าค่า *TBA* ในปลาที่ทำเค็มโดยใช้อัตราส่วนปลาต่อเกลือเท่ากับ 3 : 1 นั้นจะเพิ่มขึ้นรวดเร็วกว่าปลาที่ทำเค็มโดยอัตราส่วนปลาต่อเกลือ 5 : 1 และ 7 : 1 ตามลำดับ (รูปที่ 5) ซึ่งสอดคล้องกับรายงาน

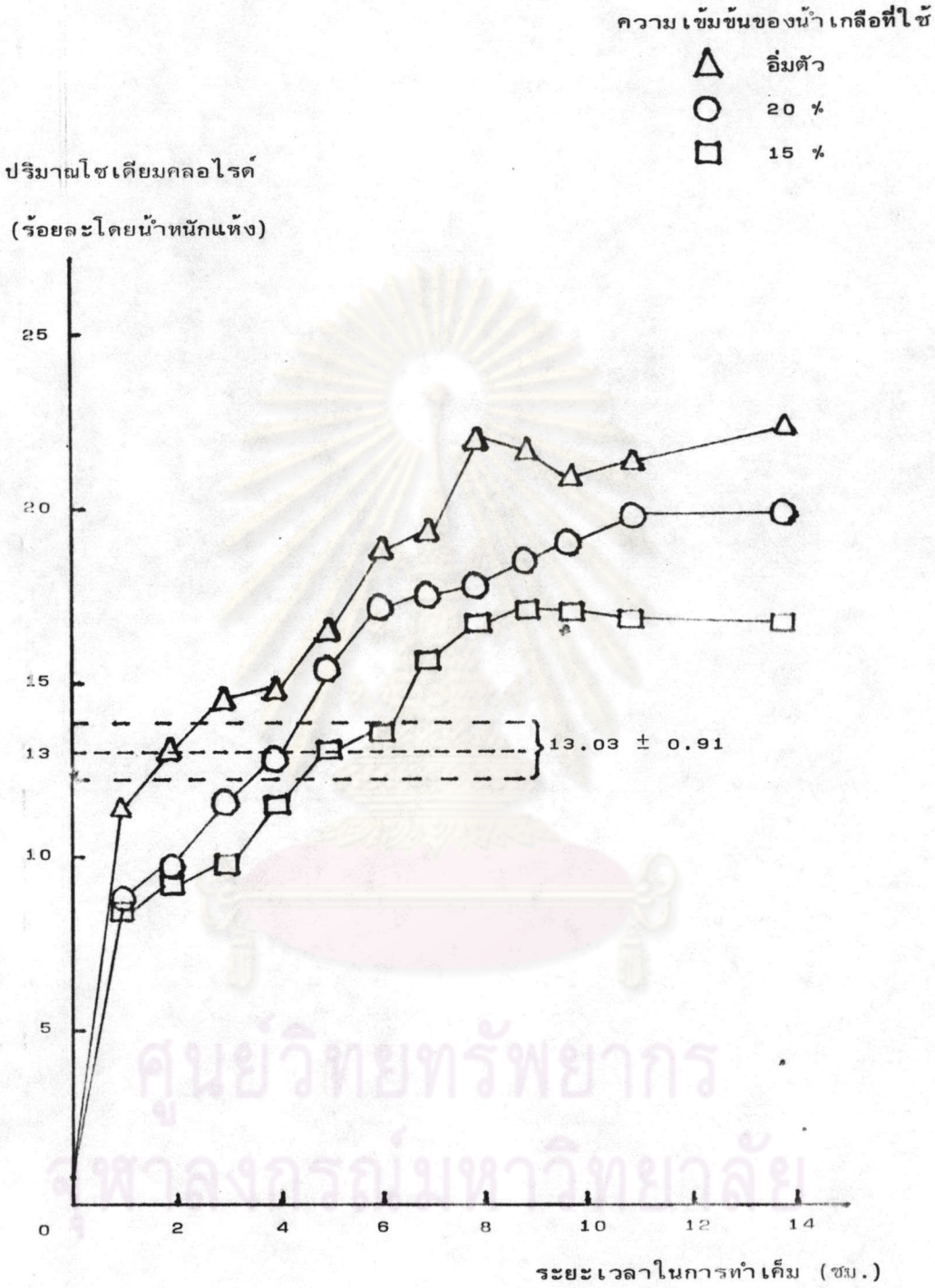


รูปที่ 6 ปริมาณความชื้นในเนื้อปลาสลิด ระหว่างการทำเค็มแบบใช้เกลือแห้ง ในอัตราส่วน ปลาต่อเกลือ 3 : 1, 5 : 1, 7 : 1

ของ *Olcott* (43) ว่าเกลือแกงทำหน้าที่เป็นตัวเร่งให้เกิดการเติมออกซิเจนแก่ไขมันที่มีอยู่ในอาหารจำพวกปลา เกลือแกงจะมีอิทธิพลมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นของอาหารนั้น โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ประมง ถ้าความชื้นยิ่งต่ำ อัตราการเหม็นหืนก็ยิ่งสูงด้วย (41)

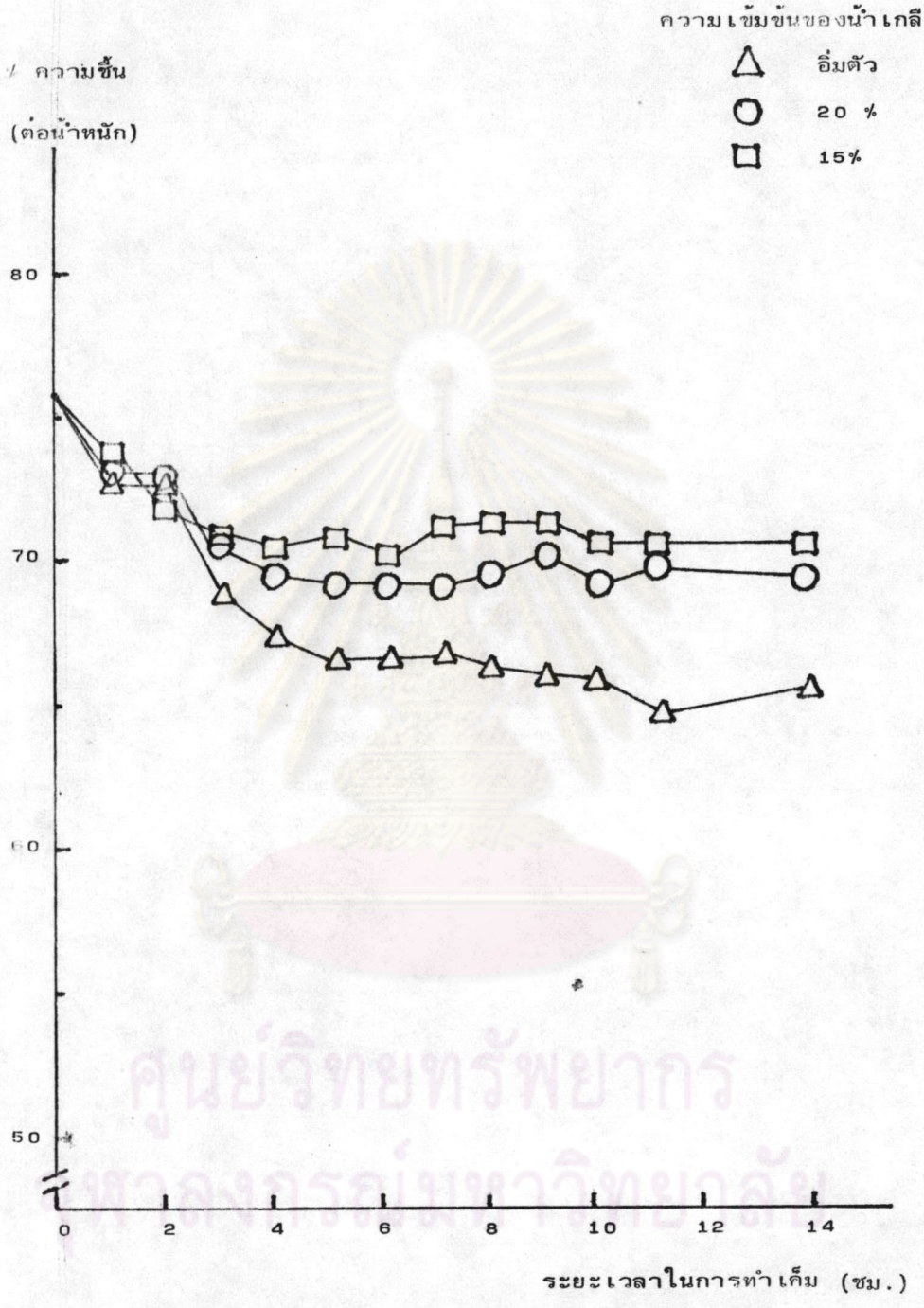
การทดลองทำเค็มแบบใช้น้ำเกลือโดยแปรความเข้มข้นของน้ำเกลือที่ใช้คือ น้ำเกลืออิ่มตัว ร้อยละ 20 และร้อยละ 15 การเลือกศึกษาความเข้มข้นของน้ำเกลือช่วงนี้ เนื่องจากน้ำเกลืออิ่มตัวจะทำให้เกิดการซึมของเกลือสู่เนื้อปลาได้รวดเร็ว และการเตรียมน้ำเกลืออิ่มตัวทำได้ง่าย นอกจากนี้จะช่วยแก้ปัญหาเรื่องปริมาณโซเดียมคลอไรด์ในเกลือที่ใช้ไม่สม่ำเสมอ (14, 17) ส่วนความเข้มข้นของน้ำเกลือร้อยละ 20 และ 15 นั้น เป็นปริมาณเกลือที่ใช้ใกล้เคียงกับปริมาณเกลือที่ใช้ในการทดลองทำเค็มแบบเกลือแห้งในอัตราส่วนปลาต่อเกลือ 5 : 1 และ 7 : 1 ตามลำดับ

จากการทดลองทำเค็มแบบใช้น้ำเกลือ พบว่าความเข้มข้นของน้ำเกลือและระยะเวลาจะมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณโซเดียมคลอไรด์, ความชื้นและค่า *TBA* ในเนื้อปลาทำนองเดียวกับการทดลองทำเค็มแบบใช้เกลือแห้ง (รูปที่ 7, 8, 9) คือปริมาณโซเดียมคลอไรด์ในเนื้อปลาที่ทำเค็มด้วยน้ำเกลือความเข้มข้นอิ่มตัวเพิ่มขึ้นรวดเร็วกว่าปลาที่ทำเค็มด้วยน้ำเกลือเข้มข้นร้อยละ 20 และร้อยละ 15 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยที่การเพิ่มปริมาณโซเดียมคลอไรด์ในเนื้อปลาในช่วงแรกจะเกิดอย่างรวดเร็วและค่อย ๆ ช้าลงเมื่อเวลาผ่านไป ซึ่งพบว่าปริมาณโซเดียมคลอไรด์ในเนื้อปลาจะค่อนข้างคงที่ที่ร้อยละ 22, 18 และ 16 โดยประมาณ สำหรับปลาที่ทำเค็มด้วยน้ำเกลืออิ่มตัว ร้อยละ 20 และ 15 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากน้ำที่ซึมออกจากตัวปลาจะทำให้น้ำเกลือที่ใช้ทำเค็มเจือจางลงจนเกิดสมดุลย์กับความเข้มข้นของของเหลวในตัวปลา (25) และระยะเวลาในการทำเค็มเพื่อให้ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ในเนื้อปลาเท่ากับร้อยละ 13.03 ± 0.91 (โดยน้ำหนักแห้ง) สำหรับปลาที่ทำเค็มแบบใช้น้ำเกลืออิ่มตัว, เข้มข้นร้อยละ 20 และ 15 นั้น จะใช้เวลา 2, 4 และ 5 ชั่วโมง ตามลำดับ ส่วนการเปลี่ยนแปลงของความชื้นและค่า *TBA* ของเนื้อปลาพบว่าความชื้นของปลาที่ทำเค็มด้วยน้ำเกลืออิ่มตัวจะลดลงรวดเร็วกว่าปลาที่ใช้น้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 20 และ 15 ตามลำดับ ค่า *TBA* ในปลาที่ทำเค็มในน้ำเกลือที่มีความเข้มข้นสูงจะเพิ่มขึ้นเร็วกว่าปลาที่ใช้น้ำเกลือความเข้มข้นต่ำเช่นเดียวกับที่พบในการทำเค็มแบบใช้เกลือแห้ง



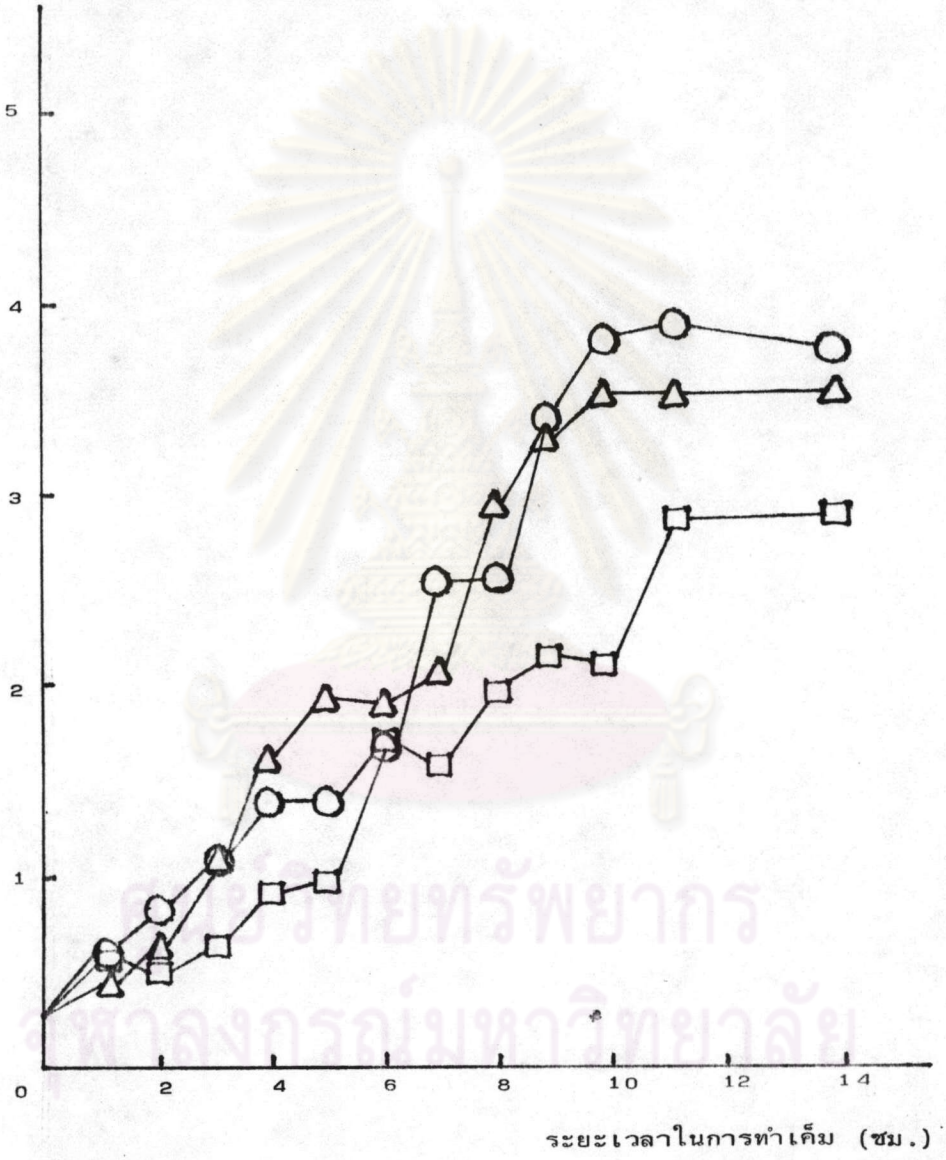
รูปที่ 7 ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ในเนื้อปลาสลิด ระหว่างการทำเค็มแบบใช้น้ำเกลือความเข้มข้น อิ่มตัว, 20%, 15%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 8 ปริมาณความชื้นในเนื้อปลาสลิด ระหว่างการทำเค็มแบบใช้น้ำเกลือความเข้มข้น อิ่มตัว, 20%, 15%

I16624097



รูปที่ 9 ค่า *TBA* ในเนื้อปลาสลิด ระหว่างการทำเค็มแบบใช้น้ำเกลือความเข้มข้น อิ่มตัว, 20%, 15%

เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความชื้นและค่า *TBA* ระหว่างวิธีการทำเค็มแบบใช้เกลือแห้งและน้ำเกลือจะเห็นว่า ความชื้นของปลาที่ทำเค็มแบบใช้น้ำเกลือจะลดลงน้อยกว่าปลาที่ทำเค็มแบบใช้เกลือแห้ง เพราะน้ำเกลือจะเจือจางลงมากกว่าและรวดเร็วกว่าการเกิดน้ำเกลือในการทำเค็มแบบใช้เกลือแห้ง การซึมของน้ำออกจากตัวปลาที่ทำเค็มแบบใช้น้ำเกลือจึงเกิดน้อยกว่าการใช้เกลือแห้ง (8, 52) ส่วน ค่า *TBA* นั้น พบว่าค่า *TBA* ของปลาที่ทำเค็มแบบใช้น้ำเกลือจะเพิ่มขึ้นช้ากว่าการทำเค็มแบบใช้เกลือแห้ง เพราะน้ำเกลือจะป้องกันมิให้ปลาสัมผัสกับอากาศซึ่งช่วยลดการเกิดการเติมออกซิเจนของไขมันในระหว่างกระบวนการทำเค็ม (14)

เมื่อนำปลาสลิดที่ทำเค็มที่สภาวะต่าง ๆ จนได้ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ในเนื้อปลาเท่ากับร้อยละ (โดยน้ำหนักแห้ง) 13.03 ± 0.91 ไปอบแห้งในเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนซึ่งตั้งอุณหภูมิการอบที่ 50 °ซ. ความเร็วลม 80 - 85 เมตรต่อนาที ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งจากการทดลองอบแห้งปลาในประเทศอินเดีย (30, 31) โดยอบจนปลาสลิดเค็มแห้งมีความชื้นร้อยละ 39.4 ± 2.06 และนำไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีในข้อ 3.1 จากการประเมินคุณภาพของปลาสลิดเค็มแห้งก่อนทอด (ตารางที่ 6) ผู้ทดสอบไม่พบความแตกต่างของเนื้อสัมผัสในทุกตัวอย่าง แต่พบความแตกต่างของลักษณะปรากฏและกลิ่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยตัวอย่างปลาสลิดเค็มแห้งที่มีสภาวะทำเค็มแบบใช้เกลือแห้งในอัตราส่วนปลาต่อเกลือ 7 : 1 และตัวอย่างปลาสลิดเค็มแห้งแบบใช้น้ำเกลือเข้มข้นร้อยละ 15 มีลักษณะปรากฏด้อยกว่าตัวอย่างอื่นแต่ยังคงอยู่ในระดับการยอมรับ ส่วนกลิ่นนั้นตัวอย่างที่ทำเค็มแบบใช้น้ำเกลือเข้มข้นร้อยละ 15 จะมีกลิ่นไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบทั้งนี้เพราะระยะเวลาในการทำเค็มนานและความเข้มข้นของน้ำเกลือที่ใช้ต่ำเกินไป ทำให้ปลาเกิดเสื่อมคุณภาพโดยเกิดการย่อยสลายของเนื้อปลาเนื่องจากจุลินทรีย์ จึงเกิดกลิ่นเหม็นเน่า ซึ่งพบว่าปริมาณบักเตรีทั้งหมดในตัวอย่างดังกล่าวสูงกว่าในตัวอย่างอื่น ๆ (ตารางที่ 7) ส่วนการประเมินคุณภาพของปลาสลิดเค็มแห้งที่ทอดแล้วนั้นผู้ทดสอบไม่พบความแตกต่างของรสชาติและเนื้อสัมผัสในตัวอย่างที่ทดสอบ แต่พบว่าตัวอย่างที่ทำเค็มแบบใช้น้ำเกลือเข้มข้นร้อยละ 15 จะมีคะแนนของกลิ่นต่ำกว่าตัวอย่างอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 อย่างไรก็ตามคะแนนของกลิ่นนั้นยังอยู่ในช่วงการยอมรับของผู้ทดสอบ และเมื่อให้ผู้ทดสอบจัดอันดับความชอบและวิเคราะห์ความแปรปรวนของการจัดอันดับ (ตารางที่ 6) พบว่าอันดับที่ 1 ถึง 4 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นั่นคือปลาสลิดเค็มแห้งที่สภาวะการทำเค็มแบบใช้น้ำเกลืออิ่มตัวและความเข้มข้นร้อยละ 20

ตารางที่ 6 คะแนนเฉลี่ยจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาสลิดเค็มแห้งที่ได้จากกระบวนการทำเค็มในสภาวะต่าง ๆ

สภาวะในการทำเค็ม	ปลาสลิดเค็มแห้งก่อนทอด			ปลาสลิดเค็มแห้งทอดแล้ว			จัดอันดับตามความชอบ
	ลักษณะปรากฏ *	เนื้อสัมผัส ns	กลิ่น *	กลิ่น *	รสชาติ ns	เนื้อสัมผัส ns	
แช่น้ำเกลือเข้มข้น, 2 ช.ม.	4.05 a	4.40	3.85 a	4.35 a	4.65	4.40	2 a
แช่น้ำเกลือ 20%, 4 ช.ม.	4.05 a	4.50	3.85 a	4.45 a	4.65	4.40	3 a
แช่น้ำเกลือ 15%, 5 ช.ม.	3.75 b	4.20	2.10 b	3.20 b	4.45	4.25	6 b
ดองเฉลืออัตราส่วน ปลา : เกลือ 3:: 1, 3 ช.ม.	4.05 a	4.30	3.75 a	4.40 a	4.45	4.50	4 a
ดองเกลืออัตราส่วน ปลา : เกลือ 5 : 1, 3 ช.ม.	4.45 a	4.45	4.20 a	4.65 a	4.60	4.35	1 a
ดองเกลืออัตราส่วน ปลา : เกลือ 7 : 1, 3 ช.ม.	4.00 a	4.40	3.70 a	4.10 a	4.30	4.40	5 b

- ใช้ผู้ทดสอบ จำนวน 10 คน

- *ns* ไม่มีความแตกต่างของคะแนนประเมินคุณภาพทางสถิติ

* ค่าเฉลี่ยตัวอักษรเดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7 คุณภาพทางองค์ประกอบทางเคมีและจุลชีวะของปลาสลิด ซึ่งผ่านสภาวะการทำเค็มในสภาวะต่าง ๆ ก่อนอบแห้งและภายหลังการอบแห้ง

สภาวะการทำเค็ม	ปลาสลิดก่อนนำไปอบแห้ง			ปลาสลิดอบแห้ง (50 °ซ.)				
	ปริมาณ[1] ความชื้น	ปริมาณ[2] *NaCl*	ค่า *TBA*[3]	ปริมาณ[1] ความชื้น	ปริมาณ[2] *NaCl*	ค่า *TBA*[3]	ปริมาณ บักเตรีทั้ง-หมดต่อกรัม	ยีสต์และรา ต่อกรัม
แช่ในน้ำเกลือเข้มข้น, 2 ช.ม.	72.32	13.02	0.52	41.59	13.11	2.31	2.36×10^5	4
แช่ในน้ำเกลือ 20%, 4 ช.ม.	71.86	12.82	1.35	40.22	13.08	2.78	2.5×10^5	7
แช่ในน้ำเกลือ 15%, 5 ช.ม.	72.53	13.47	1.00	41.99	13.34	1.93	1.57×10^6	3
ดองเกลืออัตราส่วน 3:1, 3 ช.ม.	67.52	13.33	1.49	41.35	13.72	3.07	2.56×10^5	8
ดองเกลืออัตราส่วน 5:1, 3 ช.ม.	69.57	12.82	1.02	40.12	13.07	2.89	3.09×10^5	10
ดองเกลืออัตราส่วน 7:1, 3 ช.ม.	70.55	12.64	1.50	41.56	12.85	2.95	4.03×10^5	1

1 ร้อยละโดยน้ำหนัก

2 ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง

3 *mg. malonaldehyde/kg. sample*

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จะได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบใกล้เคียงกับปลาสลิดเค็มแห้งที่ทำโดยวิธีทำเค็มแบบใช้เกลือแห้ง โดยอัตราส่วนปลาต่อเกลือ 3 : 1 และ 5 : 1 เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการทำเค็ม การทำเค็มแบบใช้น้ำเกลืออิ่มตัวจะใช้ระยะเวลาสั้นที่สุดคือ 2 ชั่วโมง และการทำเค็มแบบใช้น้ำเกลืออิ่มตัวจะมีข้อดี (14) คือ การซึมของเกลือสู่เนื้อปลาจะเกิดได้เร็วและการซึมจะเกิดในตัวปลาทุกตัวอย่างสม่ำเสมอดีกว่าการทำเค็มแบบใช้เกลือแห้ง ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีคุณภาพสม่ำเสมอในทุกครั้งที่ผลิต และน้ำเกลือจะช่วยป้องกันปลาจากการปนเปื้อนของแมลงจุลินทรีย์ และป้องกันการเติมออกซิเจนในไขมันระหว่างกระบวนการทำเค็ม ซึ่งจากการวิเคราะห์คุณภาพปลาสลิดสดที่นำมาทดลอง (ตาราง ค 1 ในภาคผนวก ค) พบว่าไขมันในปลาสลิดเท่ากับร้อยละ 5.87 ± 1.87 ซึ่งจัดเป็นปลาที่มีไขมันสูง (8, 9) ซึ่งไม่เหมาะสมกับการทำเค็มแบบใช้เกลือแห้ง เนื่องจากจะเกิดการเติมออกซิเจนในไขมันได้ง่ายในระหว่างกระบวนการทำเค็ม (8, 9, 13) จากตารางที่ 7 จะเห็นได้ว่าค่าของ *TBA* ในปลาสลิดเค็มแห้งที่มีสภาวะการทำเค็มแบบใช้เกลือแห้งในอัตราส่วนปลาต่อเกลือ 3 : 1, 5 : 1 และ 7 : 1 นั้นเท่ากับ 3.07, 2.89 และ 2.95 ตามลำดับนั้นจะสูงกว่าปลาที่มีสภาวะการทำเค็มแบบใช้น้ำเกลือที่ความเข้มข้นอิ่มตัว ร้อยละ 20 และ 15 ซึ่งมีค่า *TBA* เท่ากับ 2.31, 2.78 และ 1.93 ตามลำดับ

ดังนั้นในการวิจัยจึงสรุปว่าวิธีการทำเค็มแบบใช้น้ำเกลืออิ่มตัวเป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง เป็นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการทำเค็มปลาสลิดเค็มแห้ง เพื่อที่จะนำไปอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งต่อไป

4.2.2 สภาวะที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน

ในการวิจัยนี้จะทดลองการอบแห้งปลาสลิดโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบลมร้อน (*Torry Kiln, U.K.*) โดยใช้ปลาสลิดที่ผ่านสภาวะการทำเค็มที่เลือกจากผลการทดลองข้อ 4.2.1 คือ การทำเค็มแบบใช้น้ำเกลืออิ่มตัวเป็นเวลา 2 ชั่วโมง มาทำการอบแห้งซึ่งกำหนดความเร็วลมใช้การอบแห้งเท่ากับ 80 - 85 เมตรต่อนาที และแปรอุณหภูมิในการอบแห้งเป็น 40, 50 และ 60 °ซ. ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งปลาเพื่อไม่ให้เกิดการเสื่อมคุณภาพของโปรตีนซึ่งจะมีผลต่อเนื้อสัมผัสนั้นไม่ควรเกิน 35 °ซ. (13) แต่จากการทดลองอบแห้งปลาในประเทศอินเดีย อาจใช้อุณหภูมิในการอบแห้งได้สูงถึง 45 - 50 °ซ. โดยไม่ทำให้เกิดปัญหาการ-

เสื่อมคุณภาพโปรตีน (31)

จากการทดลองพบว่าในระหว่างการอบแห้งซึ่งตั้งอุณหภูมิของเครื่องอบแห้งที่ 40, 50 และ 60 °ซ. อุณหภูมิเฉลี่ยภายในเครื่องอบแห้งวัดได้ 35, 47 และ 57 °ซ. ตามลำดับ และมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 54, 44 และ 44 ตามลำดับ (ตารางที่ 8) โดยเวลาที่ต้องใช้ในการอบแห้งเพื่อให้ได้ปลาสลิดเค็มแห้งมีความชื้นร้อยละ 39.4 ± 2.06 เป็น 16, 12 และ 9 ชั่วโมงตามลำดับ (รูปที่ 10) ซึ่งจะเห็นได้ว่าเวลาที่ใช้ในการอบแห้งจะแปรเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิของการอบแห้งและจากการคำนวณค่าเฉลี่ยอัตราการระเหยน้ำจากตัวปลา (ตารางที่ 9) นั้นพบว่าจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยที่การอบแห้งที่ 60 °ซ. จะมีอัตราการระเหยน้ำจากตัวปลาสูงที่สุดคือ เท่ากับ 0.558 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และรองลงมาคือที่ 50 °ซ. และ 40 °ซ. โดยมีค่าอัตราการระเหยน้ำจากตัวปลา 0.423 และ 0.325 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ง) นอกจากนี้อุณหภูมิในการอบแห้งจะมีผลต่อค่า *TBA* ในเนื้อปลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยค่า *TBA* ในเนื้อปลาที่มีอุณหภูมิการอบแห้งสูงจะเพิ่มขึ้นเร็วกว่าที่อุณหภูมิการอบแห้งต่ำ (รูปที่ 11) ทั้งนี้อาจเนื่องจากปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนของไขมันนั้นจะถูกเร่งโดยการเพิ่มของอุณหภูมิ (15)

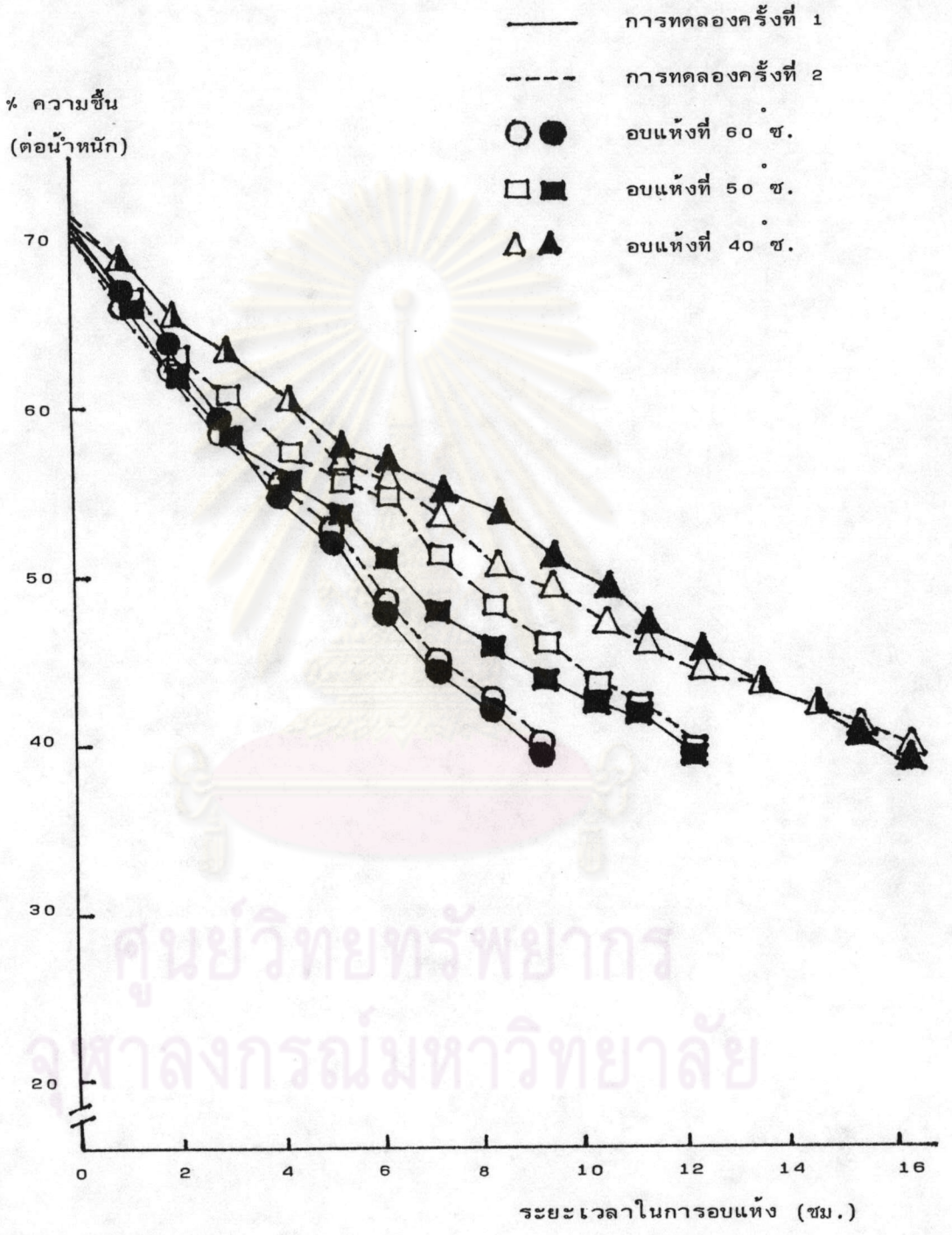
เมื่อนำปลาสลิดเค็มแห้งที่ได้จากการทดลองทั้งหมดไปตรวจวิเคราะห์ปริมาณความชื้นและปริมาณโซเดียมคลอไรด์และคุณภาพทางจุลชีวะ (ตารางที่ 10) พบว่าปริมาณโซเดียมคลอไรด์และความชื้นของผลิตภัณฑ์อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดจากข้อ 4.1 คือปริมาณโซเดียมคลอไรด์เท่ากับร้อยละ 13.03 ± 0.91 (โดยน้ำหนักแห้ง) และความชื้นร้อยละ 39.4 ± 2.06 (โดยน้ำหนัก) ส่วนการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีวะ พบว่าปลาสลิดเค็มแห้งที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 40 °ซ. จะมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด *(Total plate count)* และปริมาณเชื้อยีสต์และรา *(yeast and mold count)* สูงกว่าผลิตภัณฑ์อื่น ทั้งนี้อาจเนื่องจากการอบที่ 40 °ซ. มีอัตราการระเหยน้ำจากตัวปลาต่ำจึงต้องใช้เวลาในการอบแห้งนาน พวกจุลินทรีย์จึงสามารถเติบโตในระหว่างการอบแห้งได้ จากผลการตรวจคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โดยใช้วิธีเดียวกันกับข้อ 4.1 พบว่าปลาสลิดเค็มแห้งที่อบแห้งโดยอุณหภูมิต่างกันจะมีคุณภาพในด้านลักษณะปรากฏ, เนื้อสัมผัส, กลิ่น และรสชาติแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 11) โดยที่ปลาสลิดเค็มแห้งที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 50 และ 60 °ซ. จะได้รับคะแนนประเมินคุณภาพสูงแตกต่าง

ตารางที่ 8 สภาวะในการทดลองการอบแห้งปลาสลิดโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบลมร้อน *(Tommy kiln)* ที่อุณหภูมิ 60, 50, และ 40 °ซ. และความเร็วลม 80 - 85 เมตรต่อนาที

การทดลองครั้งที่	อุณหภูมิการอบแห้ง °ซ.	ค่าเฉลี่ยภายในเครื่องอบแห้ง		ค่าเฉลี่ยภายนอกเครื่องอบแห้ง		ระยะเวลาในการอบแห้ง (1) (ชม.)
		อุณหภูมิ °ซ.	ความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ	อุณหภูมิ °ซ.	ความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ	
1	60	57.7 ± 2.3	44 ± 1	31.3 ± 1.3	58 ± 3	9
2	60	57.9 ± 3.1	44 ± 1	31.8 ± 1.4	57 ± 5	9
1	50	47.2 ± 2.3	44 ± 1	31.5 ± 1.6	58 ± 5	12
2	50	47.2 ± 2.4	45 ± 1	30.6 ± 1.2	60 ± 5	12
1	40	35.3 ± 0.8	54 ± 2	30.1 ± 0.9	62 ± 6	16
2	40	35.4 ± 0.8	54 ± 2	30.3 ± 0.9	59 ± 6	16

(1) ระยะเวลาในการอบแห้งจนปลาสลิดเค็มแห้งมีความชื้นร้อยละ 39.4 ± 2.06

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 10 การเปลี่ยนแปลงความชื้นในเนื้อปลาสลิด ระหว่างการอบแห้งในเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน *(Torry kiln)* โดยใช้อุณหภูมิในการอบแห้งที่ 40 °ซ., 50 °ซ. และ 60 °ซ.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 9 ข้อมูลจากการทดลองเพื่อพิจารณาเลือกสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งปลาสลิดเค็มแห้ง ด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน *(Torry klin)*

ข้อมูลจากการทดลองการอบแห้ง (1)	อุณหภูมิในการอบแห้ง (°ซ.)		
	60	50	40
ค่าเฉลี่ยอัตราการระเหยน้ำจากเนื้อปลา,* กิโลกรัม/ชั่วโมง	0.558^{a}	0.423^{b}	0.325^{c}
ระยะเวลาในการอบแห้ง, ชั่วโมง	9	12	16
น้ำหนักปลาหลังจากการอบแห้ง (2),^{ns} กิโลกรัม	4.978	4.925	4.881
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการอบแห้ง, กิโลวัตต์-ชั่วโมง	50	63	67
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการอบแห้ง (3) บาท/กิโลกรัมปลาสลิดเค็มแห้ง	14.61	18.68	20.33

(1) ข้อมูลจากการทดลอง 2 ซ้ำ และปริมาณปลาที่อบแห้งต่อปริมาณของช่องอบแห้ง 7.2 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

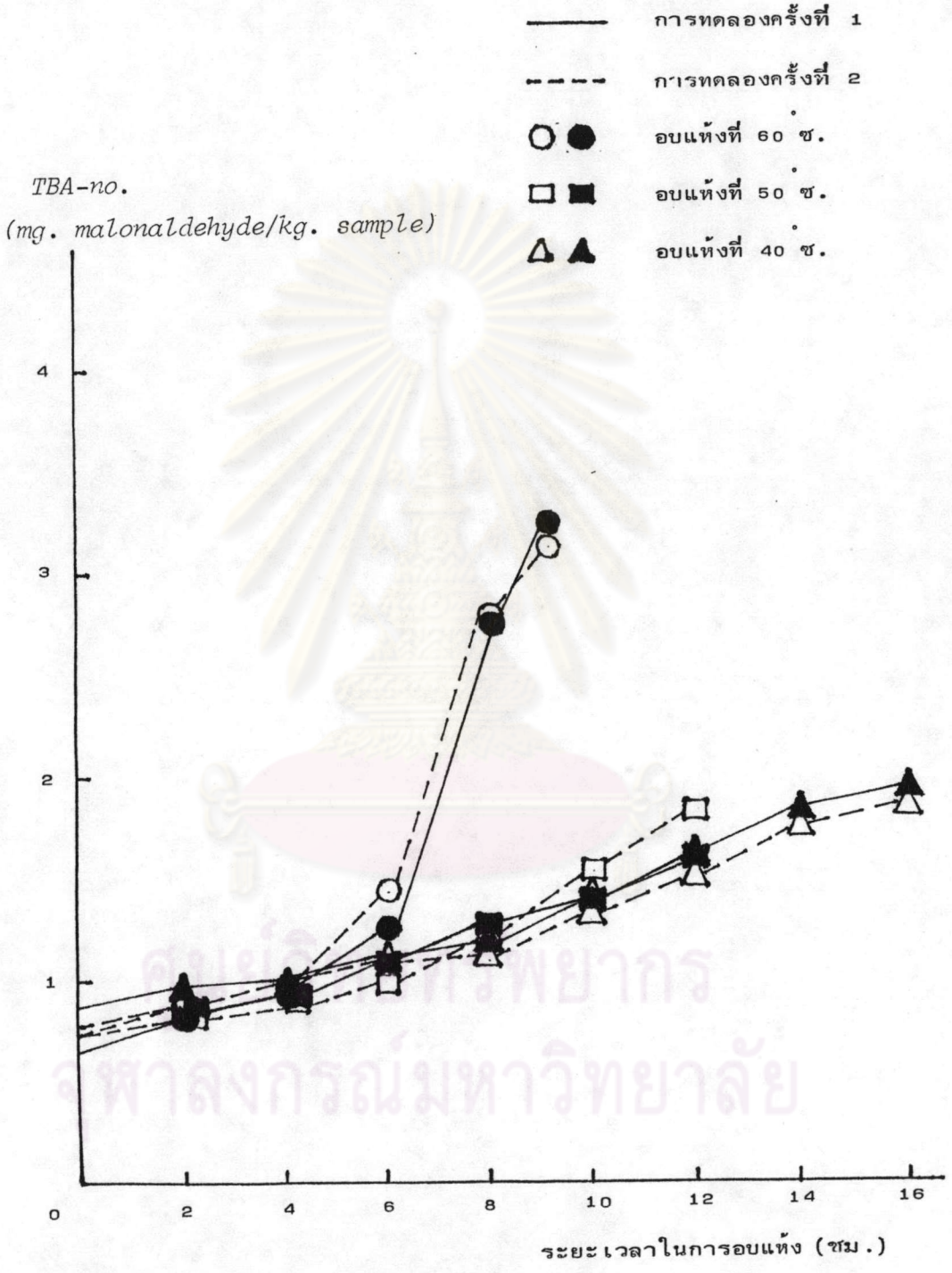
(2) จากน้ำหนักปลาสลิดที่ตัดหัวและทำเค็ม 10 กิโลกรัม

(3) ดูรายละเอียดการคำนวณในภาคผนวก ง

* ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 11 การเปลี่ยนแปลงค่า *TBA no.* ในเนื้อปลาสลิด ระหว่างการอบแห้งในเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน *(Torry kiln)* โดยใช้อุณหภูมิในการอบแห้งที่ 40 °ซ., 50 °ซ. และ 60 °ซ.

ตารางที่ 10 คุณภาพทางเคมีและจุลชีวะของปลาสลิดเค็มแห้งที่อบแห้งโดยเครื่องอบแห้ง *(Torry kiln)* ที่ 60, 50 และ 40 °ซ. ความเร็วลม 80 - 85 เมตรต่อนาที

คุณภาพทางเคมีและจุลชีวะ (1)	อุณหภูมิในการอบแห้ง (°ซ.)		
	60	50	40
ปริมาณความชื้น, ร้อยละโดยน้ำหนัก^{ns}	39.75	40.25	40.25
ปริมาณโซเดียมคลอไรด์,^{ns} ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง	13.10	13.08	13.13
ค่า *TBA*,* *mg. malonaldehyde/kg. sample*	3.31^{a}	1.74^{b}	1.93^{b}
ปริมาณบักเตรีทั้งหมด, ต่อกรัม	2.9×10^{5}	4.9×10^{5}	1.0×10^{7}
ปริมาณยีสต์และรา, ต่อกรัม	4	10	14

(1) ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 2 ซ้ำ

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันจะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 11 คะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาสลิดเค็มแห้งที่อบแห้งโดยเครื่องอบแห้ง *(Torry kiln)* ที่ 60, 50 และ 40 °ซ. ความเร็วลม 80 - 85 เมตรต่อนาที

สภาวะการอบแห้ง	คะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (1)					
	ปลาสลิดเค็มแห้งก่อนทอด			ปลาสลิดเค็มแห้งหลังทอด		
°ซ.	ลักษณะปรากฏ	เนื้อสัมผัส	กลิ่น	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส
60	4.00^{a}	4.13^{b}	4.30^{a}	4.58^{a}	4.63^{a}	3.18^{b}
50	4.63^{a}	4.68^{a}	4.63^{a}	4.73^{a}	4.58^{a}	4.60^{a}
40	3.20^{b}	4.08^{b}	2.43^{b}	3.65^{b}	4.00^{b}	3.15^{b}

(1) ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 2 ซ้ำ และใช้ผู้ทดสอบ จำนวน 10 คน

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันจะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากคะแนนปลาสลิดเค็มแห้งซึ่งอบแห้งที่ 40 °ซ. แต่ปลาสลิดเค็มแห้งที่อบแห้งที่ 60 °ซ. จะมีคะแนนการประเมินคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสทั้งก่อนและหลังทอดต่ำกว่าปลาที่อบที่ 50 °ซ. โดยพบว่าเนื้อสัมผัสจะแห้งและแข็งกว่าซึ่งอาจเป็นผลเนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งสูงเกินไป ทำให้โปรตีนเสื่อมคุณภาพและจับกันเป็นก้อนแข็ง (30, 31) อย่างไรก็ตามคะแนนการประเมินคุณภาพยังอยู่ในระดับยอมรับจากผู้ทดสอบ การที่ปลาสลิดเค็มแห้งที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 40 °ซ. ได้รับคะแนนประเมินคุณภาพต่ำกว่าตัวอื่น ๆ อาจเนื่องจากอัตราการระเหยน้ำจากตัวปลาต่ำ ทำให้การอบแห้งใช้เวลานาน ผลิตภัณฑ์จึงมีการเสื่อมคุณภาพในระหว่างการอบแห้ง อย่างไรก็ตามการประเมินคุณภาพส่วนใหญ่ยังอยู่ในช่วงการยอมรับ ยกเว้นเฉพาะเรื่องกลิ่นของปลาก่อนทอดซึ่งผู้ทดสอบไม่ยอมรับ

จากการเปรียบเทียบต้นทุนในการอบแห้งโดยพิจารณาเฉพาะค่าพลังงานที่ใช้ในการอบแห้ง (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ง) คือค่าไฟฟ้าสำหรับการอบแห้งปลาสลิดที่ 60, 50 และ 40 °ซ. จะเท่ากับ 14.16, 18.68 และ 20.33 บาทต่อกิโลกรัมปลาแห้ง (ปริมาณการอบแห้ง 7.2 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าถ้าระยะเวลาในการอบแห้งสั้นต้นทุนในการอบแห้งจะต่ำลง อย่างไรก็ตามจะต้องคำนึงถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ด้วย

ดังนั้นในการทดลองนี้อาจสรุปได้ว่าอุณหภูมิในการอบแห้งที่ 50 °ซ. ความเร็วลม 80 - 85 เมตรต่อนาที และระยะเวลาในการอบแห้ง 12 ชั่วโมงเป็นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งปลาสลิด เพื่อให้ได้ความชื้นร้อยละ 39.4 ± 2.06 (โดยน้ำหนัก) โดยที่ต้นทุนในการอบแห้งเท่ากับ 18.68 บาทต่อกิโลกรัมปลาแห้ง (ปริมาณการอบแห้ง 7.2 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) แต่อย่างไรก็ตามต้นทุนในการอบแห้งที่วิเคราะห์ได้นี้เป็นการอบแห้งในเครื่องอบแห้งขนาดเล็กซึ่งมีความจุในการอบแห้งปลาเพียงครั้งละ 60 กิโลกรัม และปลาที่ใช้ในการศึกษาการอบแห้งนี้มีปริมาณน้อย ดังนั้นเพื่อให้ได้ข้อมูลสำหรับกระบวนการผลิตในทางปฏิบัติจริงนั้น จะต้องทดลองเพิ่มเติมโดยใช้เครื่องอบแห้งขนาดอุตสาหกรรม และใช้ปริมาณปลาในการอบแห้งเต็มตามความจุของเครื่องอบแห้ง

4.3 การศึกษาอายุการเก็บรักษาปลาสลิดเค็มแห้ง

ปลาสลิดเค็มแห้งที่นำมาศึกษาอายุการเก็บรักษานี้ เป็นปลาสลิดเค็มแห้งที่ได้จากกระบวนการผลิตที่มีสภาวะการผลิตที่เลือกจากการทดลองในข้อ 4.2 คือ ปลาสลิดที่ทำเค็มแบบใช้น้ำเกลืออิ่มตัว 2 ชั่วโมง และอบแห้งโดยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่ตั้งอุณหภูมิ 50 °ซ. ความเร็วลม 80 - 85 เมตรต่อนาที เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

4.3.1 การเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ขนาดเล็ก *(consumer package)*

ในการทดลองเก็บรักษาปลาสลิดเค็มแห้งในบรรจุภัณฑ์ขนาดเล็กนี้ เลือกใช้ถุงไพลีเอทธิลีนชนิด *HDPE* ขนาด 8 นิ้ว x 12 นิ้ว หนา 125 ไมครอน ซึ่งถุงชนิดนี้มีคุณสมบัติป้องกันการซึมผ่านของความชื้นและออกซิเจนได้ดี (44) ราคาถูกและมีแพร่หลายในท้องตลาด โดยบรรจุปลา 300 กรัมต่อ 1 ถุง และศึกษาสภาวะการบรรจุแบบธรรมดาและสูญญากาศ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28 - 32 °ซ.) ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 57 - 86

จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของปลาสลิดเค็มแห้งที่บรรจุถุงปิดผนึกแบบธรรมดา พบว่าตัวอย่างปลาสลิดเค็มแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะนี้จะมีอายุการเก็บรักษาเพียง 5 วัน เนื่องจากเกิดราและเมือกสีเหลืองและส้มที่ผิวของปลา และมีกลิ่นอับของราและบักเตรี ซึ่งทำให้การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏและกลิ่นของตัวอย่างดังกล่าวมีคะแนนอยู่ในช่วงไม่ยอมรับ (คะแนนต่ำกว่า 3) (ตารางที่ 12) ซึ่งเมื่อวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีวะของตัวอย่างที่เก็บรักษา (รูปที่ 13) พบว่าปริมาณบักเตรีทั้งหมดและปริมาณยีสต์และราจะเพิ่มขึ้นรวดเร็วอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยเฉพาะในช่วงวันที่ 5 และ 7 ของการเก็บรักษา แต่การประเมินคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของตัวอย่างปลาสลิดเค็มแห้งนี้มีคะแนนอยู่ในช่วงการยอมรับของผู้ทดสอบโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เช่นเดียวกับผลการประเมินคุณภาพด้านกลิ่น รสชาติและเนื้อสัมผัสของตัวอย่างเมื่อนำไปทอดก่อนการทดสอบ (ตารางที่ 12) ส่วนคุณภาพทางเคมีของปลาสลิดเค็มแห้งระหว่างการเก็บรักษา (รูปที่ 12) พบว่าปริมาณความชื้น, โซเดียมคลอไรด์ และค่า *TBA* ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเช่นกัน

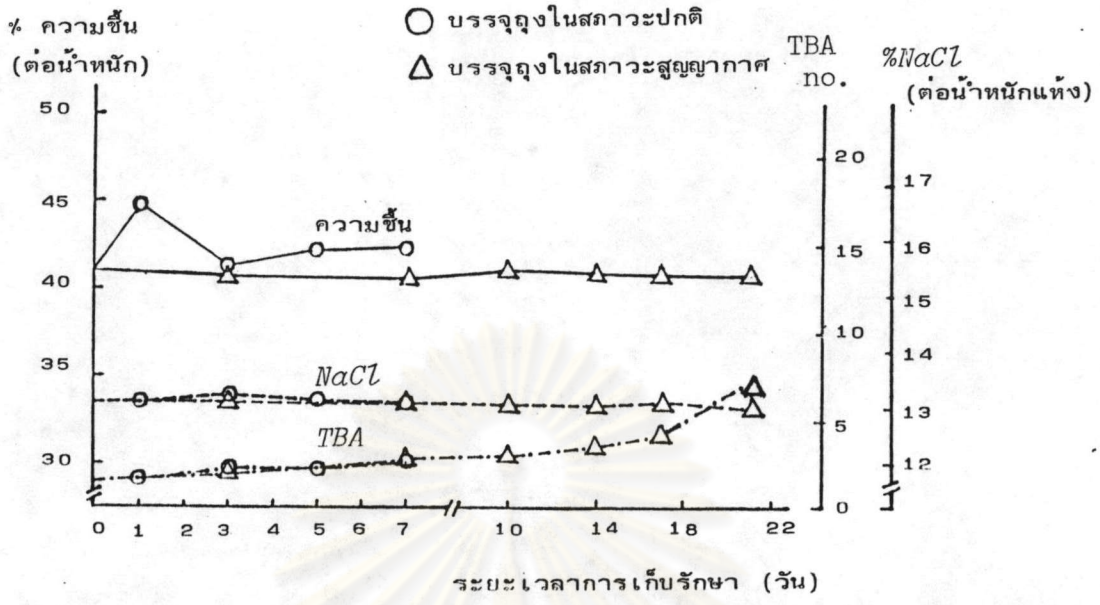
ส่วนการเก็บรักษาปลาสลิดเค็มแห้งที่บรรจุถุงซึ่งปิดผนึกแบบสูญญากาศพบว่าตัวอย่างที่เก็บรักษาในสภาวะนี้จะมีคุณภาพอยู่ในช่วงการยอมรับของผู้ทดสอบได้นานกว่าการเก็บรักษาใน

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาสลิดเค็มแห้งระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งบรรจุในถุงโพลีเอทธิลีน ขนาด 8 นิ้ว × 12 นิ้ว หนา-125 ไมครอน ปิดผนึกแบบธรรมดา น้ำหนักบรรจุ 300 กรัม เก็บที่อุณหภูมิ 28 - 32 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 57 - 86

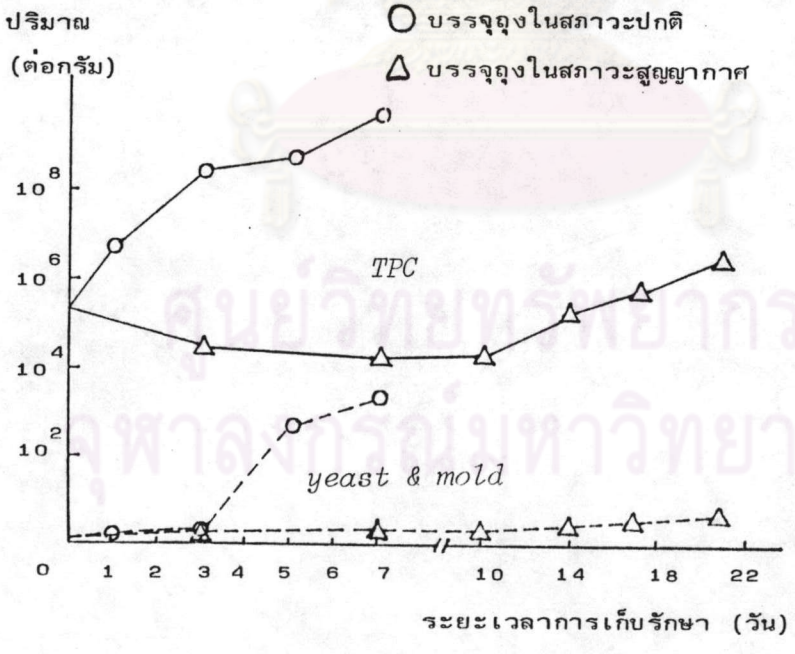
ระยะเวลา	ปลาสลิดเค็มแห้งก่อนทอด			ปลาสลิดเค็มแห้งหลังทอด		
(วัน)	ลักษณะปรากฏ	เนื้อสัมผัส ^{ns}	กลิ่น	กลิ่น ^{ns}	รสชาติ	เนื้อสัมผัส ^{ns}
0	4.60^{a}	4.53	4.00^{a}	4.63	4.43	4.13
1	3.57^{b}	4.18	4.20^{a}	4.63	4.40	4.10
3	3.03^{bc}	4.03	3.65^{b}	4.20	4.18	4.18
5	2.73^{c}	4.00	2.35^{c}	3.78	4.13	4.08
7	1.78^{d}	4.03	2.00^{c}	3.20	4.20	4.00

- คะแนนเฉลี่ยจากผู้ทดสอบ 10 คน
- ^{ns} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- คะแนนเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันจะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 12 การเปลี่ยนแปลงความชื้น, โซเดียมคลอไรด์ และ *TBA-no.* ในปลาสลิดเค็มแห้ง ระหว่างการเก็บรักษาในถุง *HDPE* ขนาด 8 นิ้ว × 12 นิ้ว หนา 125 ไมครอน (น้ำหนักบรรจุ 300 กรัม) ที่อุณหภูมิ 28 - 32 ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 57 - 86



รูปที่ 13 การเปลี่ยนแปลงปริมาณจักเตรีทั้งหมด และเชื้อ*yeast & mold* ในปลาสลิดเค็มแห้ง ระหว่างการเก็บรักษาในถุง *HDPE* ขนาด 8 นิ้ว × 12 นิ้ว หนา 125 ไมครอน (น้ำหนักบรรจุ 300 กรัม) ที่อุณหภูมิ 28 - 32 ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 57 - 86

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สภาวะธรรมดา โดยที่ปลาสลิดเค็มแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะสูญญากาศจะมีคุณภาพด้านลักษณะ-ปรากฏและกลิ่นไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบเมื่อเก็บรักษาได้ 21 วัน (ตารางที่ 13) เพราะเกิดการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัดหัวและส่วนท้องและมีกลิ่นหืน ซึ่งเป็นผลเนื่องจากการเติมออกซิเจนของไขมันซึ่งมีอยู่มากในบริเวณดังกล่าว และเมื่อวิเคราะห์ค่า *TBA* ในเนื้อปลาในระหว่างการเก็บรักษา (รูปที่ 12) พบว่าค่า *TBA* เพิ่มขึ้นรวดเร็วอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเก็บรักษานานกว่า 14 วัน ทั้งนี้เนื่องจากถุง *HDPE* ที่ใช้ในการทดลองนี้ยังมีคุณสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนไม่ดีเพียงพอที่จะป้องกันการเกิดเติมออกซิเจนของไขมันในระหว่างการเก็บรักษา ส่วนคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของตัวอย่างในการเก็บรักษานี้พบว่ามีคะแนนอยู่ในช่วงการยอมรับของผู้ทดสอบโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดการเก็บรักษา 21 วัน เช่นเดียวกับผลการประเมินคุณภาพด้านกลิ่น - รสชาติและเนื้อสัมผัสของตัวอย่างที่นำไปทอดก่อนการทดสอบ (ตารางที่ 13) สำหรับปริมาณความชื้นและโซเดียมคลอไรด์ (รูปที่ 12) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนปริมาณบักเตรีทั้งหมดพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 - (รูปที่ 13) โดยปริมาณบักเตรีทั้งหมดลดลงในช่วง 14 วันแรก ทั้งนี้เนื่องจากบักเตรีบางส่วนไม่สามารถทนต่อสภาวะที่เป็นสูญญากาศได้ จึงตายไปทำให้ปริมาณบักเตรีทั้งหมดลดลงแต่ในช่วงหลังจากการเก็บ 14 วัน พบว่าปริมาณบักเตรีทั้งหมดมีปริมาณเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจเนื่องจากบรรจุภัณฑ์ที่ใช้นี้ไม่สามารถป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนอย่างเพียงพอ จึงมีผลทำให้จำนวนบักเตรีเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ปลาสลิดเค็มแห้งจะมีส่วนแหลมคม เช่น ครีบหลัง และหาง ซึ่งอาจทำให้เกิดรูรั่วที่-บรรจุภัณฑ์ซึ่งไม่สามารถสังเกตพบเมื่อเริ่มทำการเก็บรักษา สำหรับปริมาณยีตส์และราเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่ปริมาณที่วิเคราะห์ได้สูงสุดเพียง 40 โคโลนีต่อกรัม และไม่พบเชื้อราที่ผิวของปลาตลอดระยะการเก็บรักษา 21 วัน ดังนั้นอาจสรุปได้ว่าการเก็บรักษาแบบสูญญากาศจะช่วยป้องกันการเสื่อมคุณภาพของปลาสลิดเค็มแห้งจากเชื้อราได้ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของเติมศักดิ์ (52) ที่ทดลองเก็บรักษาปลาสลิดเค็มแห้งซึ่งมีความชื้นร้อยละ - 30 และปริมาณโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 7.5 โดยบรรจุในถุง *flexible film (polyester-Eval-Eva-copolymer, 12-12-65 micron)* ในสภาวะสูญญากาศและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 °ซ.) สามารถเก็บได้ถึง 16 สัปดาห์โดยไม่พบการเสื่อมเสียจากเชื้อรา แต่จะพบการเสื่อมคุณภาพเนื่องจากการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของเนื้อปลาหลังการเก็บรักษา 8 สัปดาห์ อย่างไรก็ตามบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ดังกล่าวมีราคาแพงและไม่พบแพร่หลายในท้องตลาด (52)

ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาสลิดเค็มแห้งระหว่างเก็บรักษาซึ่งบรรจุในถุงโพลีเอทธิลีน ขนาด 8 นิ้ว × 12 นิ้ว หนา 125 ไมครอน ปิดผนึกแบบสูญญากาศ น้ำหนักบรรจุ 300 กรัม เก็บที่อุณหภูมิ 28 - 32 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 57 - 86

ระยะเวลา (วัน)	ปลาสลิดเค็มแห้งก่อนทอด			ปลาสลิดเค็มแห้งหลังทอด		
	ลักษณะปรากฏ	เนื้อสัมผัส ^{ns}	กลิ่น	กลิ่น	รสชาติ ^{ns}	เนื้อสัมผัส ^{ns}
0	4.60^{a}	4.53	4.00^{b}	4.63^{a}	4.43	4.13
3	4.43^{a}	4.43	4.25^{a}	4.63^{a}	4.38	4.13
7	4.40^{a}	4.35	4.25^{a}	4.25^{a}	4.43	4.05
10	4.15^{ab}	4.25	4.00^{b}	4.05^{a}	4.38	4.13
14	3.90^{b}	4.35	3.75^{c}	4.00^{a}	4.20	4.03
17	3.07^{c}	4.33	3.50^{d}	3.38^{b}	4.15	4.00
21	2.38^{d}	4.25	2.38^{c}	3.00^{b}	4.28	4.00

- คะแนนเฉลี่ยจากผู้ทดสอบ 10 คน
- ^{ns} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- คะแนนเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันจะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.2 การเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ขนาดใหญ่ *(bulk package)* ซึ่งใช้ถุงโพลีเอทธิลีน ชนิด *LDPE* ขนาด 14 นิ้ว x 22 นิ้ว หนา 125 ไมครอน บุภายในด้วยกระดาษคราฟท์ *(craft)* 1 ชั้น เพื่อป้องกันการฉีกขาดของถุงชั้นนอกโดยปิดผนึกถุงแบบธรรมดาและเก็บรักษาในตู้แช่แข็งอุณหภูมิ -18 ± 2 °ซ. การเลือกสภาวะการเก็บรักษาโดยใช้อุณหภูมิต่ำนั้น เนื่องจากการเก็บรักษาปลาสลิดเค็มแห้งที่อุณหภูมิห้อง พบว่าการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ขนาดใหญ่จะเกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากราได้รวดเร็วกว่าในบรรจุภัณฑ์ขนาดเล็ก (52) และจากผลการทดลอง 4.3.1 ปลาสลิดเค็มแห้งที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอทธิลีนขนาดเล็กที่อุณหภูมิห้องนั้นจะมีอายุการเก็บรักษาเพียง 5 วัน ดังนั้นอายุการเก็บรักษาปลาสลิดเค็มแห้งในบรรจุภัณฑ์ขนาดใหญ่ที่อุณหภูมิห้องจะน้อยกว่า 5 วัน ทำให้ผู้ผลิตไม่สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้มากในช่วงมีนาคมถึงเมษายน เพื่อจะได้นำออกจำหน่ายในช่วงที่มีปลาสลิดน้อย คือในช่วงเดือนมิถุนายนถึงกันยายน (6) ดังนั้นจึงเลือกทดลองการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 °ซ. ซึ่งเป็นอุณหภูมิเฉลี่ยในห้องเย็นที่เก็บรักษาผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำแช่แข็ง เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาปลาสลิดเค็มแห้งให้ออกไปให้เพียงพอกับระยะเวลาที่จะทำการจัดจำหน่าย

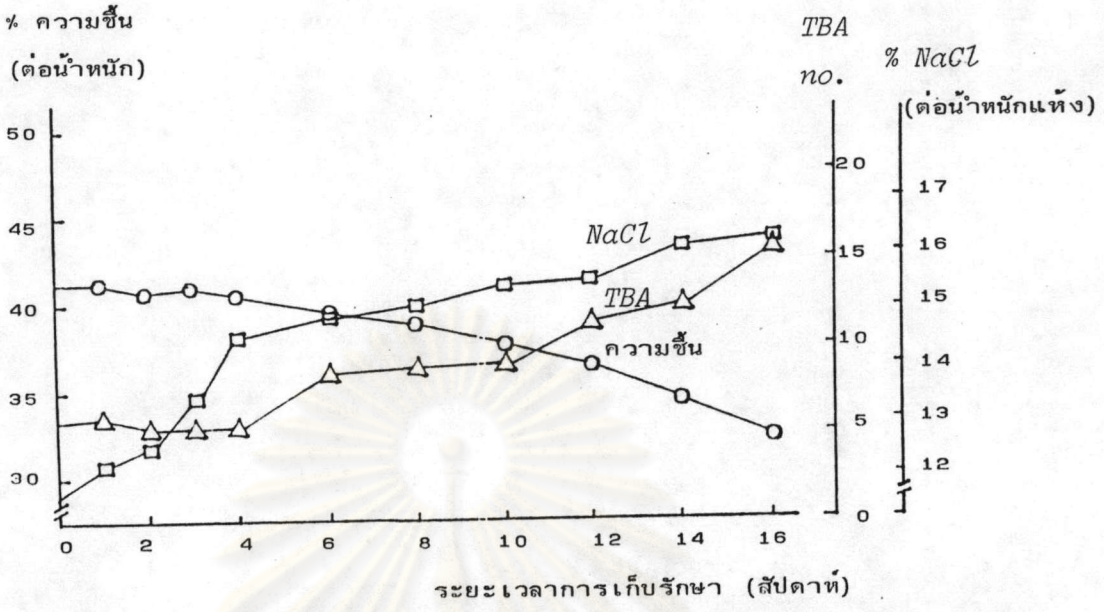
จากการทดลองพบว่าปลาสลิดเค็มแห้งจะมีคะแนนประเมินคุณภาพของปลาก่อนทอดเกี่ยวกับลักษณะปรากฏ, เนื้อสัมผัสและกลิ่นไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบเมื่อเก็บรักษานาน 14-สัปดาห์ (ตารางที่ 14) โดยพบว่าปลาสลิดเค็มแห้งจะมีลักษณะแห้งแข็งมีผลึกเกลือปรากฏที่ผิวและมีการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัดหัว และมีกลิ่นหืน ส่วนคะแนนประเมินคุณภาพของปลาหลังทอดในระหว่างการเก็บรักษา 14 สัปดาห์นี้ จะต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 อย่างไรก็ตามคะแนนดังกล่าวยังคงอยู่ในช่วงการยอมรับของผู้ทดสอบ จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีและจุลชีวะของปลาสลิดเค็มแห้งในระหว่างการเก็บรักษา พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของความชื้น, ไซเดียมคลอไรด์ และค่า *TBA* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 (รูปที่ 14) โดยที่ความชื้นจะลดลง ซึ่งอาจเนื่องจากการสูญเสียความชื้นในระหว่างการเก็บรักษา เพราะความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้แช่แข็งที่เก็บรักษาต่ำคือร้อยละ 28 - 30 เท่านั้น นอกจากนี้ความชื้นบางส่วนของตัวอย่างกลายเป็นน้ำแข็งขณะเก็บรักษา ซึ่งเมื่อนำตัวอย่างออกมาทำให้ละลาย *(thaw)* ที่อุณหภูมิห้อง น้ำแข็งละลายและซึมออกมา ทำให้ผิวดูเปียกชื้นซึ่งมีผลให้คะแนนลักษณะปรากฏต่ำลง และเมื่อทิ้งไว้ให้แห้งจะมีผลึกเกลือเกาะที่ผิวตรงรอยเปียกชื้นนั้น ส่วนปริมาณไซเดียมคลอไรด์จะเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษา

ตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาสลิดเค็มแห้งระหว่างเก็บรักษา ซึ่งบรรจุในถุงโพลีเอทธิลีน ขนาด 14 นิ้ว × 22 นิ้ว หนา-125 ไมครอน น้ำหนักบรรจุ 5.0 ก.ก. เก็บที่อุณหภูมิ -18 ± 2 ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 28 - 30

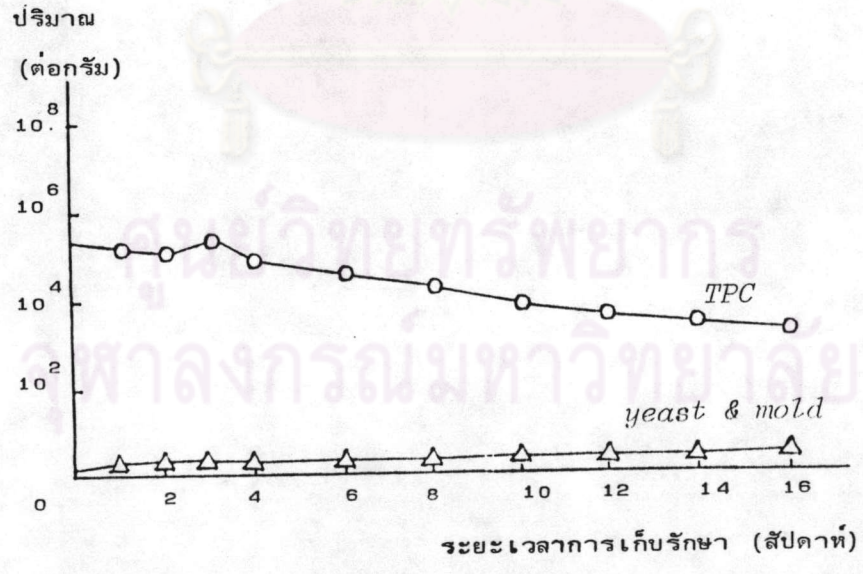
ระยะเวลา	ปลาสลิดเค็มแห้งก่อนทอด			ปลาสลิดเค็มแห้งหลังทอด		
สัปดาห์	ลักษณะปรากฏ	เนื้อสัมผัส ns	กลิ่น	กลิ่น	รสชาติ ns	เนื้อสัมผัส ns
0	4.60^{a}	4.52^{a}	4.00^{b}	4.63^{a}	4.43^{a}	4.13^{a}
1	4.50^{a}	4.37^{a}	4.12^{a}	4.55^{a}	4.25^{b}	4.00^{a}
2	4.30^{a}	4.15^{b}	4.05^{a}	4.50^{a}	4.20^{b}	4.00^{a}
3	4.12^{a}	4.17^{b}	4.05^{a}	4.25^{b}	4.27^{b}	4.00^{a}
4	3.95^{b}	4.00^{c}	3.77^{c}	4.00^{c}	4.13^{b}	3.90^{b}
6	3.75^{b}	4.02^{c}	3.50^{d}	3.95^{c}	3.88^{d}	3.83^{b}
8	3.60^{b}	3.80^{d}	3.51^{d}	3.85^{d}	3.73^{d}	3.35^{c}
10	3.20^{c}	3.50^{e}	3.27^{e}	3.65^{d}	3.40^{d}	3.13^{d}
12	3.05^{c}	3.00^{f}	3.00^{f}	3.65^{d}	3.25^{e}	3.00^{d}
14	2.70^{c}	2.50^{g}	3.00^{f}	3.00^{e}	3.00^{f}	2.93^{d}
16	2.50^{d}	2.22^{h}	2.60^{g}	3.00^{e}	3.00^{f}	2.43^{e}

- คะแนนเฉลี่ยจากผู้ทดสอบ 10 คน
- *ns* ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- คะแนนเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันจะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 14 การเปลี่ยนแปลงความชื้น, ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ และ *TBA-no.* ในปลาสลิดเค็มแห้ง ระหว่างเก็บรักษาในถุง *LDPE* ขนาด 14 นิ้ว × 22 นิ้ว หนา 125 ไมครอน (น้ำหนักบรรจุ 5.0 กิโลกรัม) ที่อุณหภูมิ -18 ± 2 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 28 - 30



รูปที่ 15 การเปลี่ยนแปลงปริมาณบักเตรีทั้งหมด *(TPC)* และเชื้อ *yeast & mold* ในปลาสลิดเค็มแห้ง ระหว่างเก็บรักษาในถุง *LDPE* ขนาด 14 นิ้ว × 22 นิ้ว หนา 125 ไมครอน (น้ำหนักบรรจุ 5.0 กิโลกรัม) ที่อุณหภูมิ -18 ± 2 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 28 - 30

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เนื่องจากการสูญเสียความชื้นของผลิตภัณฑ์และค่า *TBA* นั้น พบว่าเพิ่มขึ้นเช่นกัน แสดงว่าปฏิกิริยาเติมออกซิเจนนั้นยังคงมีอยู่ แม้ว่าการลดอุณหภูมิลงจะช่วยยับยั้งปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนของไขมันได้ (54) แต่ *Dawson* และ *Gartner* (53) ได้สรุปไว้ในการทดลองเก็บรักษาเนื้อไก่ที่ได้จากเครื่องแยกกระดูก *(mechanical deboned poultry)* ว่าการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิต่ำ เช่นในตู้เย็นหรือตู้แช่แข็งไม่สามารถยับยั้งปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนของไขมันได้อย่างสิ้นเชิง สำหรับปริมาณบักเตรีทั้งหมดในระหว่างการเก็บรักษาไม่พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (รูปที่ 15) ส่วนปริมาณยีสต์และรามีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากเชื้อรามีความต้านต่ออุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศต่ำ ๆ ได้ดี (10)

ดังนั้นในการเก็บรักษาปลาสลิดเค็มแห้งในบรรจุภัณฑ์ขนาดใหญ่ภายใต้อุณหภูมิการเก็บรักษา -18 ± 2 °ซ. โดยใช้โพลีเอทธิลีนจะสามารถเก็บรักษาปลาสลิดเค็มแห้งให้มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับได้นานประมาณ 12 สัปดาห์ หรือประมาณ 3 เดือน โดยไม่มีการเสื่อมเสียจากบักเตรีและเชื้อรา แต่จะเสื่อมคุณภาพเนื่องจากสูญเสียความชื้นและจากปฏิกิริยาเติมออกซิเจนของไขมัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย