บทที่ 4
ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1. การสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลา

จากหลักการทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาด้วยวิธี Ideal Ratio Profile Test แต่ละคุณลักษณะใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 10 คน โดยใช้ข้าวเกรียบปลาตรามโนห์ราเป็นผลิตภัณฑ์อ้างอิง ผลที่ได้จะนำไปหาค่าสัดส่วนเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากนั้นก็นำไปวิเคราะห์หาค่า t - test โดยเปรียบเทียบค่าสัดส่วนเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบชิมกับค่าสัดส่วนเฉลี่ยในอุดมคติ รายงานเป็นตัวเลขที่เรียกว่า numerical product profile ดังตาราง 4.1 และตัวอย่างการคำนวณในภาคผนวก ง หรือนำค่าสัดส่วนเฉลี่ยของแต่ละคุณลักษณะที่ได้จากการทดสอบชิมมาเปรียบเทียบกับค่าสัดส่วนเฉลี่ยในอุดมคติ แสดงรูปคล้ายใยแมงมุมซึ่งเรียกว่า graphical product profile ดังภาพ 4.1

คุณลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ที่ต้องพัฒนา ได้แก่

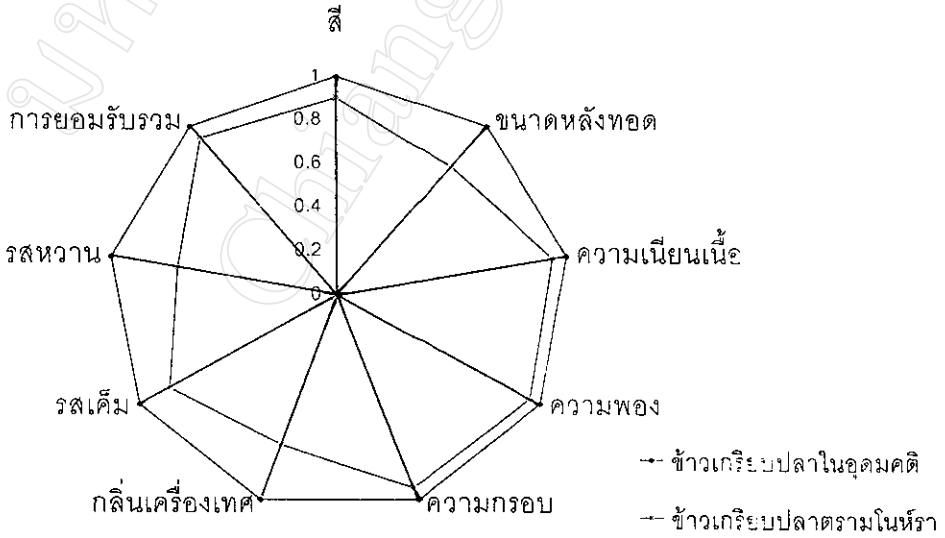
1. ลักษณะที่ปรากฏภายนอก	ผู้บริโภค 10 คน	บอกว่า สี
	ผู้บริโภค 8 คน	บอกว่า ความพอง
	ผู้บริโภค 6 คน	บอกว่า ขนาดหลังทอด
	ผู้บริโภค 5 คน	บอกว่า ความเนียนเนื้อ
2. ลักษณะเนื้อสัมผัส	ผู้บริโภค 7 คน	บอกว่า ความกรอบ
3. กลิ่นและรสชาติ	ผู้บริโภค 10 คน	บอกว่า กลิ่นเครื่องเทศ
	ผู้บริโภค 5 คน	บอกว่า รสเค็ม
	ผู้บริโภค 5 คน	บอกว่า รสหวาน
4. การยอมรับรวม	ผู้บริโภค 10 คน	บอกว่า การยอมรับรวม

ตาราง 4.1 ค่าสัดส่วนเฉลี่ยและค่า t_{cal} สำหรับคุณลักษณะที่สำคัญของข้าวเกรียบปลาตรามโนห์รา

คุณลักษณะที่สำคัญ	ค่าสัดส่วนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Ratio ± SD)	t_{cal}
สี	0.90** ± 0.10	3.16
ขนาดหลังทอด	0.76** ± 0.19	3.09
ความเนียนเนื้อ	0.94^{ns} ± 0.05	2.69
ความพอง	0.95^{ns} ± 0.09	1.57
ความกรอบ	0.94^{ns} ± 0.08	1.99
กลิ่นเครื่องเทศ	0.73** ± 0.17	5.02
รสเค็ม	0.85** ± 0.03	11.19
รสหวาน	0.71** ± 0.14	4.63
การยอมรับรวม	0.93** ± 0.05	4.43

<u>หมายเหตุ</u> ^{ns} หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพ 4.1 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ของข้าวเกรียบปลาตรามโนห์รา

จากข้อมูลในตาราง 4.1 พบว่าคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ในด้านสี ขนาดหลังทอด กลิ่นเครื่องเทศ รสเค็ม รสหวาน และการยอมรับรวมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ดังนั้นจำเป็นต้องปรับคุณลักษณะดังกล่าวให้มีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนในด้านความเนียนเนื้อ ความพอง ความกรอบไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ดังนั้นจึงไม่ใช่คุณลักษณะหลักที่จะต้องปรับคุณลักษณะดังกล่าว

4.2. ผลของการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวกล้อง และเนื้อปลา

จากการศึกษาผลของการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวกล้อง และเนื้อปลา ผลการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัสดังตาราง 4.2 อธิบายได้ว่าด้านสีพบว่าสูตรที่ 2 จะมีค่าสัดส่วนเฉลี่ยใกล้เคียงอุดมคติมากที่สุดคือมีค่าเท่ากับ 1.07 ด้านขนาดหลังทอดพบว่าสูตรที่ 1 และ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่สูตรที่ 1 จะมีค่าสัดส่วนเฉลี่ยใกล้เคียงอุดมคติมากที่สุดคือมีค่าเท่ากับ 0.99 ด้านความเนียนเนื้อทั้ง 4 สูตรไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) พบว่าสูตรที่ 1 จะมีค่าสัดส่วนเฉลี่ยใกล้เคียงอุดมคติมากที่สุดคือมีค่าเท่ากับ 0.87 ด้านความพอง พบว่าทั้งสูตรที่ 1 จะมีค่าสัดส่วนเฉลี่ยใกล้เคียงอุดมคติมากที่สุดคือมีค่าเท่ากับ 0.90 ด้านความกรอบ พบว่าสูตรที่ 1 จะมีค่าสัดส่วนเฉลี่ยใกล้เคียงอุดมคติมากที่สุดคือมีค่าเท่ากับ 0.88 ทางด้านกลิ่นเครื่องเทศ พบว่าสูตรที่ 2 จะมีค่าสัดส่วนเฉลี่ยใกล้เคียงอุดมคติมากที่สุดคือมีค่าเท่ากับ 0.77 ด้านรสเค็ม พบว่าสูตรที่ 3 จะมีค่าสัดส่วนเฉลี่ยใกล้เคียงอุดมคติมากที่สุดคือมีค่าเท่ากับ 1.05 ด้านรสหวาน พบว่าสูตรที่ 2 จะมีค่าสัดส่วนเฉลี่ยใกล้เคียงอุดมคติมากที่สุดคือมีค่าเท่ากับ 0.60 ด้านการยอมรับรวม พบว่าสูตรที่ 1 จะมีค่าสัดส่วนเฉลี่ยใกล้เคียงอุดมคติมากที่สุดคือมีค่าเท่ากับ 0.77

จากการศึกษาผลของการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวกล้อง และเนื้อปลา ผลการวิเคราะห์ทางด้านกายภาพและเคมีดังตารางที่ 4.3 อธิบายได้ว่าด้านค่าสี L (ความสว่าง) พบว่าสูตรที่ 1 จะมีค่ามากที่สุดคือมีค่าเท่ากับ 58.30 ด้านค่าสี a (สีแดง) พบว่าสูตรที่ 4 จะมีค่ามากที่สุดคือมีค่าเท่ากับ 9.63 ด้านค่าสี b (สีเหลือง) พบว่าสูตรที่ 3 จะมีค่ามากที่สุดคือมีค่าเท่ากับ 19.77 ด้านค่าแรงกดพบว่าสูตรที่ 4 จะมีค่ามากที่สุดคือมีค่าเท่ากับ 4.62 นิวตัน ปริมาณเส้นใยอาหาร พบว่าสูตรที่ 4 จะมีค่ามากที่สุดคือมีค่าเท่ากับ 1.06% สูตรที่ 1 จะมีค่าน้อยที่สุดคือมีค่าเท่ากับ 0.71% ปริมาณโปรตีนพบว่าสูตรที่ 4 จะมีค่ามากที่สุดคือมีค่าเท่ากับ 10.22% สูตรที่ 1 จะมีค่าน้อยที่สุดคือมีค่าเท่ากับ 5.65% เนื้อปลาที่ใส่ลงไปถ้าใช้ปริมาณมากปริมาณ

โปรตีนจะเพิ่มขึ้นแต่การขยายตัวของข้าวเกรียบจะลดลง ความพองลดลง ซึ่งเกิดจากโปรตีนไปจับตัวกับแป้งทำให้แป้งไม่ขยายตัว ไม่ใช่เป็นเพราะแป้งเกิดเจลาติไนเซชั่นได้ไม่เท่ากันเมื่อมีโปรตีนอยู่ด้วย (Yu et al., 1981) แป้งข้าวกล้อง ถ้าใช้ปริมาณมาก ๆ จะทำให้ปริมาณเส้นใยอาหาร ปริมาณโปรตีน ค่าสี a (สีแดง) ค่าแรงกด และความกรอบเพิ่มขึ้นแต่ค่าสี L (ความสว่าง) ความพอง และขนาดหลังทอดของข้าวเกรียบจะลดลง แป้งมันสำปะหลัง ถ้าใช้ปริมาณมาก ๆ จะทำให้ค่าสี L (ความสว่าง) การขยายตัว ความพองและขนาดของข้าวเกรียบเพิ่มขึ้น แต่ค่าแรงกดของข้าวเกรียบจะลดลง เนื่องจากเมื่อข้าวเกรียบขยายตัวเพิ่มขึ้น ความพองเพิ่มขึ้น ขนาดของข้าวเกรียบเพิ่มขึ้น ความหนาของแผ่นข้าวเกรียบลดลง จะทำให้แรงต้านการกดหรือการบดลดลงทำให้ค่าแรงกดลดลงด้วย

ตาราง 4.2 ค่าสัดส่วนเฉลี่ยทางด้านประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบปลาที่ได้จากการทดลองแบบ Mixture Design

สูตรที่	สี	ขนาดหลังทอด	ความเนียนเนื้อ	ความพอง	ความกรอบ
1	$0.88^{c}\pm0.20$	$0.99^{a}\pm0.14$	0.87 ± 0.15	$0.90^{a}\pm0.09$	$0.88^{c}\pm0.16$
2	$1.07^{b}\pm0.15$	$0.88^{a}\pm0.16$	0.83 ± 0.13	$0.62^{b}\pm0.17$	$1.22^{b}\pm0.15$
3	$1.29^{a}\pm0.09$	$0.73^{b}\pm0.17$	0.85 ± 0.12	$0.33^{c}\pm0.15$	$1.47^{a}\pm0.21$
4	$1.45^{a}\pm0.13$	$0.64^{b}\pm0.19$	0.81 ± 0.12	$0.38^{c}\pm0.21$	$1.38^{a}\pm0.18$

หมายเหตุ -ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าสัดส่วนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

-ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ LSD

ตาราง 4.2 (ต่อ) ค่าสัดส่วนเฉลี่ยทางด้านประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบปลาที่ได้จากการทดลองแบบ Mixture Design

สูตรที่	กลิ่นเครื่องเทศ	รสเค็ม	รสหวาน	การยอมรับรวม
1	$0.57^{b}\pm0.25$	$0.89^{b}\pm0.32$	$0.56^{ab}\pm0.19$	$0.77^{a}\pm0.09$
2	$0.77^{a}\pm0.21$	$1.19^{a}\pm0.31$	$0.60^{a}\pm0.17$	$0.66^{b}\pm0.08$
3	$0.73^{ab}\pm0.26$	$1.05^{ab}\pm0.32$	$0.53^{ab}\pm0.23$	$0.38^{c}\pm0.14$
4	$0.65^{ab}\pm0.18$	$1.06^{ab}\pm0.29$	$0.50^{b}\pm0.22$	$0.42^{c}\pm0.14$

หมายเหตุ -ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าสัดส่วนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
-ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ LSD

ตาราง 4.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพและเคมีของข้าวเกรียบปลาที่ได้จากการทดลองแบบ Mixture Design

สูตรที่	ค่าสี L	ค่าสี a	ค่าสี b
1	$58.30^{a}\pm0.09$	$5.28^{d}\pm0.12$	$19.47^{c}\pm0.03$
2	$57.49^{b}\pm0.03$	$7.36^{c}\pm0.09$	$19.54^{c}\pm0.14$
3	$54.80^{c}\pm0.01$	$9.08^{b}\pm0.01$	$19.77^{a}\pm0.01$
4	$49.52^{d}\pm0.06$	$9.63^{a}\pm0.17$	$16.39^{c}\pm0.07$

หมายเหตุ -ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าสัดส่วนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
-ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ LSD
-ค่าเฉลี่ยของค่าสี L, a, b ได้จากการวัด 2 ซ้ำแต่ละซ้ำวัด 5 ซ้ำ

ตาราง 4.3 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพและเคมีของข้าวเกรียบปลาที่ได้จากการทดลองแบบ Mixture Design

สูตรที่	แรงกด (นิวตัน)	เส้นใยอาหาร (%)	โปรตีน (%)
1	$2.43^{d}\pm0.03$	$0.71^{c}\pm0.01$	$5.65^{d}\pm0.04$
2	$2.83^{c}\pm0.01$	$1.02^{b}\pm0.01$	$7.82^{c}\pm0.04$
3	$3.90^{b}\pm0.04$	$1.02^{b}\pm0.01$	$9.20^{b}\pm0.18$
4	$4.62^{a}\pm0.16$	$1.06^{a}\pm0.02$	$10.22^{a}\pm0.04$

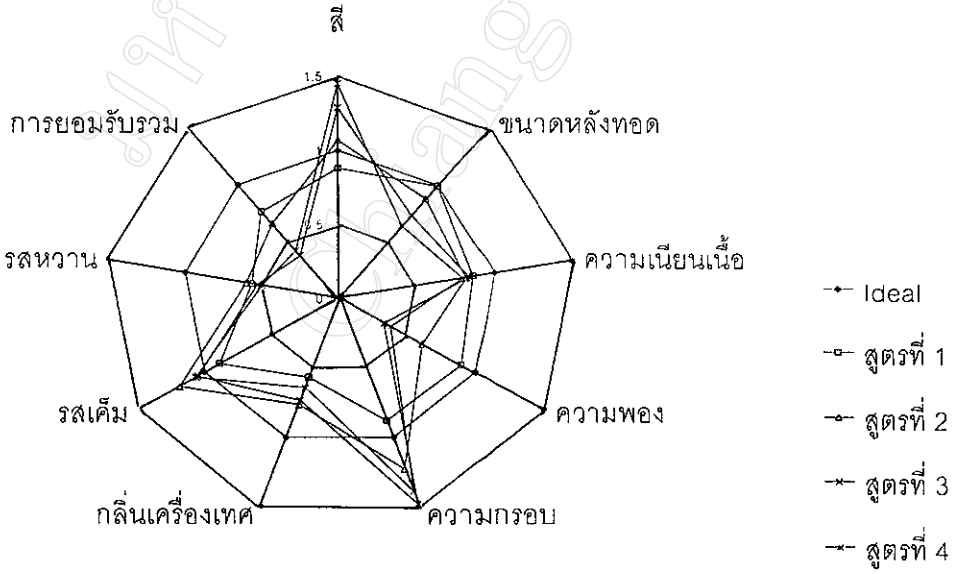
หมายเหตุ -ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าสัดส่วนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

-ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ LSD

-ค่าเฉลี่ยของค่าแรงกดได้จากการวัด 2 ซ้ำแต่ละซ้ำวัด 10 ซ้ำ

-ค่าเฉลี่ยของปริมาณเส้นใยอาหาร และปริมาณโปรตีน ได้จากการวัด 2 ซ้ำ

นำค่าสัดส่วนเฉลี่ยของแต่ละคุณลักษณะที่ได้จากการทดสอบชิมทั้ง 4 สูตรมาเปรียบเทียบกับค่าสัดส่วนเฉลี่ยในอุดมคติจะได้กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ของข้าวเกรียบปลาดังภาพ 4.2



ภาพ 4.2 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ของข้าวเกรียบปลาที่วางแผนการทดลองแบบ Mixture Design

การทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวกล้องและเนื้อปลา พบว่าสูตรที่ 1 ถึงแม้จะมีปริมาณเส้นใยอาหารและปริมาณโปรตีนต่ำที่สุด แต่มีค่าสัดส่วนเฉลี่ยทางด้านประสาทสัมผัสด้านขนาดหลังทอด ความเนียนเนื้อ ความพอง ความกรอบ และการยอมรับรวมใกล้เคียงอุดมคติมากที่สุด ซึ่งคุณลักษณะดังกล่าวถือว่าเป็นคุณลักษณะที่สำคัญของข้าวเกรียบปลา ส่วนคุณลักษณะด้านอื่นสามารถพัฒนาได้ง่ายกว่าในขั้นตอนต่อไป เพราะฉะนั้นอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งมันสำปะหลัง : แป้งข้าวกล้อง : เนื้อปลามีค่าเท่ากับ 60 : 15 : 25

4.3. ผลของการคัดเลือกปัจจัยที่มีความสำคัญในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลา โดยวางแผนการทดลองแบบ Plackett and Burman Design

จากการศึกษาผลของการคัดเลือกปัจจัยที่มีความสำคัญในการพัฒนาข้าวเกรียบปลา (ตาราง 4.4 – 4.5) พบว่าถ้าเพิ่มปริมาณแป้งผสมเนื้อปลาจะทำให้ค่าแรงกดลดลง ปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น แต่ถ้าลดปริมาณแป้งผสมเนื้อปลาจะให้ผลตรงกันข้าม สำหรับเนื้อปลาที่เติมลงไปเป็นการเพิ่มปริมาณโปรตีนในข้าวเกรียบ ส่วนแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวกล้องจะมีปริมาณอะไมโลเพคตินสูงจะเกิดเจลง่าย เมื่อนำมาทำเป็นข้าวเกรียบจะพองตัวได้มาก การขยายตัวดี ทำให้ค่าแรงกดลดลงด้วย

ถ้าเพิ่มปริมาณแครอทจะทำให้ปริมาณเส้นใยอาหาร ขนาดหลังทอด ความพองเพิ่มขึ้น กลิ่นเครื่องเทศลดลง แต่ถ้าลดปริมาณแครอทจะให้ผลตรงกันข้าม เนื่องจากว่าแครอทมีปริมาณเส้นใยอาหารสูงจะมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณเส้นใยอาหารในข้าวเกรียบ อีกทั้งการเพิ่มปริมาณแครอทยังเป็นการเพิ่มปริมาณแป้งในข้าวเกรียบด้วยทำให้การเกิดเจลดีขึ้น ทำให้ข้าวเกรียบขยายตัวและพองตัวมากขึ้น ถ้าเพิ่มปริมาณฟักทองจะทำให้รสหวานเพิ่มขึ้นถ้าลดปริมาณฟักทองจะให้ผลตรงกันข้าม ถ้าเพิ่มปริมาณน้ำจะทำให้ขนาดหลังทอด ความพองเพิ่มขึ้น ความกรอบและกลิ่นเครื่องเทศลดลง แต่ถ้าลดปริมาณน้ำจะให้ผลตรงกันข้าม เนื่องจากปริมาณน้ำมีผลต่อการแตกตัวของเม็ดแป้งมาก ถ้าใช้น้ำมากเกินไปเม็ดแป้งจะแตกตัวมากให้เจลที่เหนียว อีกทั้งน้ำจะไปเจือจางกลิ่นเครื่องเทศทำให้กลิ่นเครื่องเทศลดลง ในทางตรงกันข้ามถ้าใช้น้ำน้อยเกินไปแป้งจะพองตัวน้อยและไม่สุก เกิดเจลได้น้อย ได้ก้อนแป้งที่ร่วน และเมื่อนำมาทอดจะไม่พองตัว เมื่อใช้น้ำปริมาณที่เหมาะสมผลิตภัณฑ์จะพองตัวดี (สายใจ, 2543)

ถ้าเพิ่มปริมาณพริกไทย จะทำให้ความเนียนเนื้อลดลง กลิ่นเครื่องเทศเพิ่มขึ้น ถ้าลดปริมาณพริกไทย จะทำให้ความเนียนเนื้อเพิ่มขึ้น กลิ่นเครื่องเทศลดลง เนื่องจากพริกไทยเมื่อผสมกับส่วนผสมอื่น ๆ จะมีลักษณะไม่เป็นเนื้อเดียวกับส่วนผสมอื่น ๆ แต่จะมีลักษณะเป็นจุด ๆ

กระจายอยู่ทั่วไป ถ้าในช่วงผสมส่วนผสมเกิดความไม่สม่ำเสมอก็จะทำให้ความเนียนเนื้อของผลิตภัณฑ์ลดลง ถ้าเพิ่มปริมาณน้ำตาล จะทำให้รสหวานเพิ่มขึ้น แต่ถ้าลดปริมาณน้ำตาล จะทำให้รสหวานลดลง ถ้าเพิ่มปริมาณเกลือ จะทำให้ความพอง รสเค็ม และรสหวานเพิ่มขึ้น แต่ถ้าลดปริมาณเกลือ จะให้ผลตรงกันข้าม เนื่องจากเกลือไปสกัดไมโอซิน (myosin) ออกจากเนื้อปลา ซึ่งไมโอซินจะเป็นโครงสร้างที่ทำให้เกิดเจลของโปรตีน เจลที่ได้มีความสามารถอุ้มน้ำได้ดี ทำให้เนื้อสัมผัสเกิดความยืดหยุ่น เมื่อนวดจะเหนียวดี (สายใจ, 2543) การขยายตัวและความพองของข้าวเกรียบจะเพิ่มขึ้น กระเทียมไม่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.1$)

ตาราง 4.4 ผลกระทบของวัตถุดิบต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสและผลวิเคราะห์จากการคำนวณค่า t - test

สิ่งทดลอง	สี		ขนาดหลังทอด		ความเนียนเนื้อ	
	Effect	t_{cal}	Effect	t_{cal}	Effect	t_{cal}
แป้งผสมเนื้อปลา	-0.02	-0.17	-0.05	-0.74	-0.01	-0.40
แครอท	-0.21	-1.78	0.33	4.90[b]	0.04	1.60
ฟักทอง	-0.11	-0.95	0.07	1.00	0.03	1.32
น้ำ	0.04	0.33	0.24	3.56[b]	0.03	1.08
พริกไทย	0.11	0.88	-0.15	-2.13	-0.09	-3.48[b]
น้ำตาล	-0.05	-0.42	0.04	0.56	0.00	0.00
เกลือ	-0.23	-1.88	0.04	0.56	0.03	1.08
กระเทียม	-0.11	-0.95	-0.04	-0.56	-0.04	-1.47

หมายเหตุ -ถ้าไม่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับค่าของข้อมูลหมายถึงไม่มีความสำคัญอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 90% และ 95%

[a]หมายถึงมีความสำคัญอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 90%

[b]หมายถึงมีความสำคัญอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

-แป้งผสมเนื้อปลา หมายถึงอัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลัง : ข้าวกล้อง : เนื้อปลา เท่ากับ 60 : 15 : 25

ตาราง 4.4 (ต่อ) ผลกระทบของวัตถุดิบต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสและผลวิเคราะห์จากการคำนวณค่า t - test

สิ่งทดลอง	ความพอง		ความกรอบ		กลิ่นเครื่องเทศ	
	Effect	t_{cal}	Effect	t_{cal}	Effect	t_{cal}
แป้งผสมเนื้อปลา	-0.08	-1.40	0.02	0.22	0.03	1.50
แครอท	0.14	2.55[a]	-0.21	-2.30	-0.06	-2.86[a]
ฟักทอง	0.03	0.55	-0.12	-1.33	-0.01	-0.59
น้ำ	0.24	4.31[b]	-0.30	-3.37[b]	-0.06	-2.86[a]
พริกไทย	-0.07	-1.33	0.10	1.10	0.06	2.73[a]
น้ำตาล	0.12	2.18	0.04	0.55	0.04	1.68
เกลือ	0.15	2.67[a]	-0.03	-0.33	0.05	2.14
กระเทียม	-0.01	-0.13	0.03	0.04	0.05	2.27

หมายเหตุ -ถ้าไม่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับค่าของข้อมูลหมายถึงไม่มีความสำคัญอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 90% และ 95%

[a]หมายถึงมีความสำคัญอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 90%

[b]หมายถึงมีความสำคัญอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

-แป้งผสมเนื้อปลา หมายถึงอัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลัง : ข้าวกล้อง : เนื้อปลา เท่ากับ 60:15:25

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

ตาราง 4.4 (ต่อ) ผลกระทบของวัตถุดิบต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสและผลวิเคราะห์จากการคำนวณค่า t - test

สิ่งทดลอง	รสเค็ม		รสหวาน		การยอมรับรวม	
	Effect	t_{cal}	Effect	t_{cal}	Effect	t_{cal}
แป้งผสมเนื้อปลา	-0.07	-0.49	0.01	0.33	-0.02	-0.21
แครอท	-0.11	-0.76	0.01	0.80	0.06	0.64
ฟักทอง	0.07	0.46	0.04	2.80[a]	-0.01	-0.06
น้ำ	-0.20	-1.43	0.002	0.13	0.13	1.45
พริกไทย	0.18	1.28	0.02	1.46	-0.10	-1.14
น้ำตาล	0.02	0.16	0.08	5.46[b]	0.10	1.14
เกลือ	0.51	3.68[b]	0.04	2.53[a]	0.04	0.48
กระเทียม	0.17	1.21	-0.02	-1.20	-0.06	-0.72

หมายเหตุ -ถ้าไม่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับค่าของข้อมูลหมายถึงไม่มีความสำคัญอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 90% และ 95%

[a]หมายถึงมีความสำคัญอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 90%

[b]หมายถึงมีความสำคัญอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

-แป้งผสมเนื้อปลา หมายถึงอัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลัง : ข้าวกล้อง : เนื้อปลา เท่ากับ 60:15:25

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

ตาราง 4.5 ผลกระทบของวัตถุดิบต่อลักษณะทางกายภาพและเคมีและผลการวิเคราะห์จากการคำนวณค่า t - test

สิ่งทดลอง	ค่าสี L		ค่าสี a		ค่าสี b		แรงกด (นิวตัน)		เส้นใยอาหาร (%)		โปรตีน (%)	
	Effect	t_{cal}	Effect	t_{cal}	Effect	t_{cal}	Effect	t_{cal}	Effect	t_{cal}	Effect	t_{cal}
แป้งผสมเนื้อปลา	-2.32	-1.58	0.22	0.48	-0.81	-1.14	-1.90	-3.13[a]	0.06	1.20	0.56	6.51[b]
แครอท	1.81	1.23	0.40	0.88	1.06	1.50	0.33	0.54	0.18	3.64[b]	-0.05	-0.62
ฟักทอง	0.37	0.25	0.61	1.33	0.27	0.38	-0.72	-1.18	0.03	0.63	0.05	0.62
น้ำ	-1.44	-0.98	-0.21	-0.46	-0.52	-0.74	-0.54	-0.88	-0.09	-1.74	0.09	1.05
พริกไทย	0.11	0.07	-0.65	-1.41	-0.09	-0.12	0.45	0.74	-0.05	-1.00	-0.01	-0.08
น้ำตาล	1.01	0.69	0.62	1.35	0.74	1.04	-0.18	-0.29	-0.01	-0.29	0.03	0.35
เกลือ	3.21	2.19	0.04	0.09	1.50	2.12	-0.33	-0.54	0.06	1.23	-0.03	-0.35
กระเทียม	0.29	0.19	0.02	0.04	0.64	0.90	-0.82	-1.34	-0.004	-0.08	-0.02	-0.27

หมายเหตุ -ถ้าไม่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับค่าของข้อมูลหมายถึงไม่มีความสำคัญอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 90% และ 95%

[a]หมายถึงมีความสำคัญอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 90%

[b]หมายถึงมีความสำคัญอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

-แป้งผสมเนื้อปลา หมายถึงอัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลัง : ข้าวกล้อง : เนื้อปลา เท่ากับ 60 : 15 : 25

-ค่าเฉลี่ยของค่าสี L, a, b ได้จากการวัด 2 ซ้ำแต่ละซ้ำวัด 5 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยของค่าแรงกดได้จากการวัด 2 ซ้ำแต่ละซ้ำวัด 10 ซ้ำ

-ค่าเฉลี่ยของปริมาณเส้นใยอาหารและปริมาณโปรตีนได้จากการวัด 2 ซ้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ในการทดลองนี้จะทำการคัดเลือกปัจจัยหลัก โดยถ้าปัจจัยใดมีผลกระทบหรือมีความสำคัญต่อคุณภาพข้าวเกรียบปลามาก ๆ จะพิจารณาปัจจัยนั้นก่อนเป็นอันดับแรก ส่วนปัจจัยที่มีผลกระทบหรือมีความสำคัญต่อคุณภาพข้าวเกรียบปลาน้อยหรือไม่มีผลกระทบเลยจะไม่พิจารณาปัจจัยนั้นเป็นปัจจัยหลัก พบว่าปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณภาพข้าวเกรียบปลามาก ๆ ที่น่าสนใจทำการศึกษาต่อไปคือ น้ำมีผลกระทบต่อขนาดหลังทอด ความพอง ความกรอบ กลิ่นเครื่องเทศ ส่วนแครอทมีผลกระทบต่อขนาดหลังทอด ความพอง กลิ่นเครื่องเทศ ปริมาณเส้นใยอาหาร และเกลือมีผลกระทบต่อความพอง รสเค็ม รสหวาน เพราะฉะนั้นปัจจัยหลักที่ควรทำการศึกษาต่อไปมี 3 ปัจจัยได้แก่ เกลือ แครอท และน้ำ โดยปัจจัยรองที่ไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของข้าวเกรียบปลาได้แก่ แป้งผสมเนื้อปลา ฟักทอง พริกไทย น้ำตาล กระเทียม ซึ่งไม่จำเป็นที่ต้องการศึกษาต่อไป

4.4. ผลการศึกษาสูตรที่เหมาะสมของข้าวเกรียบปลาที่ได้จากการผันแปรปริมาณส่วนผสม

ในการทดลองที่ผ่านมาทำให้ทราบถึงปัจจัยหลักที่น่าจะทำการศึกษาต่อไปได้แก่ เกลือ แครอท และน้ำ จึงทำการศึกษาต่อโดยทำการผันแปรปริมาณของเกลือ แครอท และน้ำให้แคบลง ส่วนปัจจัยรองได้แก่ แป้งผสมเนื้อปลา ฟักทอง พริกไทย น้ำตาล กระเทียม จะกำหนดปริมาณการใช้ปัจจัยไว้ที่ระดับต่ำทั้งหมด จากนั้นนำไปผลิตเป็นข้าวเกรียบปลาตามแผนภูมิในภาพ 3.1 แล้วนำไปวิเคราะห์ผลทางด้านประสาทสัมผัส กายภาพ และเคมีซึ่งได้ผลการทดลองดังตาราง 4.6 – 4.7

ตาราง 4.6 ค่าสัดส่วนเฉลี่ยของลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบปลาที่ได้จากการผันแปรปริมาณส่วนผสม

สูตรที่	สี	ขนาดหลังทอด	ความเนียนเนื้อ	ความพอง	ความกรอบ	กลิ่นเครื่องเทศ	รสเค็ม	รสหวาน	การยอมรับรวม
1	1.23±0.10	0.86±0.08	0.98±0.02	0.82±0.10	1.03±0.05	0.94±0.08	1.04±0.07	0.93±0.06	0.80±0.05
2	1.12±0.12	0.96±0.06	0.98±0.03	0.98±0.11	1.06±0.06	0.95±0.06	1.16±0.15	0.91±0.07	0.80±0.07
3	1.06±0.09	0.84±0.07	0.99±0.02	0.94±0.05	1.02±0.03	1.00±0.07	1.01±0.08	0.95±0.08	0.86±0.06
4	1.03±0.06	0.97±0.09	0.99±0.01	0.99±0.05	0.99±0.05	1.03±0.09	1.12±0.11	0.91±0.08	0.81±0.05
5	1.07±0.08	0.88±0.07	0.97±0.03	0.84±0.08	1.03±0.05	0.93±0.07	1.04±0.07	0.95±0.06	0.84±0.08
6	0.99±0.09	0.94±0.06	0.99±0.03	0.95±0.06	1.03±0.07	0.99±0.06	1.16±0.12	0.91±0.09	0.81±0.09
7	1.00±0.06	0.98±0.08	0.98±0.03	0.97±0.06	0.99±0.02	0.96±0.08	1.01±0.08	0.98±0.05	0.85±0.07
8	1.01±0.04	0.84±0.05	0.99±0.02	0.96±0.07	1.00±0.02	0.99±0.05	1.13±0.10	0.94±0.06	0.84±0.08
9	1.07±0.10	0.88±0.09	0.96±0.04	0.86±0.05	1.02±0.03	0.95±0.09	0.99±0.06	0.97±0.05	0.83±0.10
10	0.99±0.09	0.94±0.10	1.00±0.05	0.99±0.08	1.03±0.04	0.98±0.10	1.16±0.18	0.87±0.12	0.75±0.09
11	1.01±0.06	0.91±0.10	0.97±0.04	0.87±0.07	1.06±0.05	0.95±0.10	1.12±0.13	0.90±0.09	0.76±0.05
12	0.94±0.06	0.91±0.08	0.96±0.04	0.99±0.05	0.98±0.09	0.95±0.08	1.04±0.09	0.94±0.08	0.84±0.08
13	0.94±0.16	0.90±0.08	0.99±0.06	0.93±0.05	1.05±0.06	0.97±0.08	1.10±0.12	0.88±0.10	0.80±0.07
14	1.02±0.08	0.92±0.09	0.96±0.05	0.93±0.10	1.03±0.06	0.97±0.09	1.07±0.13	0.91±0.09	0.77±0.08
15	1.01±0.03	0.91±0.10	0.97±0.06	0.91±0.12	1.04±0.04	0.96±0.10	1.10±0.18	0.92±0.10	0.77±0.07
16	1.04±0.14	0.92±0.07	0.98±0.06	0.93±0.08	1.04±0.07	0.98±0.07	1.09±0.12	0.93±0.09	0.79±0.10
17	1.01±0.11	0.91±0.10	0.97±0.06	0.93±0.07	1.01±0.07	0.97±0.10	1.11±0.13	0.91±0.09	0.77±0.08

หมายเหตุ -ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ตาราง 4.7 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพและเคมีของข้าวเกรียบปลาที่ได้จากการผันแปรปริมาณส่วนผสม

สูตรที่	สี L	สี a	สี b	แรงกด (นิวตัน)	เส้นใยอาหาร (%)	โปรตีน (%)
1	44.61±0.07	12.90±0.08	8.39±0.07	5.36±0.03	1.00±0.02	6.05±0.03
2	48.68±0.08	12.30±0.09	9.49±0.07	4.52±0.02	1.00±0.01	5.09±0.03
3	43.57±0.03	12.87±0.03	9.54±0.03	7.36±0.02	1.02±0.02	5.91±0.01
4	50.36±0.04	12.56±0.06	9.58±0.09	6.17±0.03	0.99±0.01	5.11±0.01
5	46.64±0.02	11.54±0.01	8.39±0.02	6.35±0.05	1.02±0.01	6.11±0.09
6	50.54±0.03	12.42±0.07	9.54±0.04	5.07±0.02	1.00±0.02	5.77±0.12
7	44.55±0.06	12.52±0.08	7.64±0.03	6.83±0.03	1.04±0.02	6.00±0.11
8	48.50±0.05	12.26±0.03	8.75±0.01	5.93±0.04	1.03±0.01	6.43±0.12
9	47.60±0.07	11.28±0.06	8.66±0.02	6.14±0.03	1.02±0.01	4.67±0.12
10	48.74±0.04	10.96±0.01	10.60±0.02	5.84±0.02	1.00±0.01	5.33±0.07
11	45.48±0.07	10.97±0.02	10.22±0.06	5.56±0.02	1.01±0.03	5.70±0.02
12	50.75±0.05	11.77±0.03	9.50±0.01	5.36±0.03	1.01±0.01	5.71±0.12
13	48.63±0.09	10.66±0.09	10.14±0.02	6.93±0.04	1.02±0.01	7.38±0.13
14	47.82±0.04	11.51±0.08	8.54±0.02	7.52±0.02	1.01±0.01	6.71±0.21
15	46.65±0.04	10.69±0.05	8.16±0.03	4.57±0.02	0.99±0.01	6.50±0.04
16	53.32±0.03	11.19±0.02	9.74±0.03	4.33±0.03	1.01±0.01	6.32±0.01
17	52.84±0.03	11.23±0.04	10.38±0.08	4.16±0.03	1.00±0.01	6.46±0.02

หมายเหตุ -ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

-ค่าเฉลี่ยของค่าสี L, a, b ได้จากการวัด 2 ซ้ำแต่ละซ้ำวัด 5 ซ้ำ

-ค่าเฉลี่ยของแรงกดได้จากการวัด 2 ซ้ำแต่ละซ้ำวัด 10 ซ้ำ

-ค่าเฉลี่ยของปริมาณเส้นใยอาหารและปริมาณโปรตีนได้จากการวัด 2 ซ้ำ

จากข้อมูลในตาราง 4.6 – 4.7 เมื่อนำไปวิเคราะห์ทางสถิติ (Multiple linear regression) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (เกลือ น้ำ และแครอท) และตัวแปรตาม (ค่าตอบสนอง Y) อธิบายในรูปสมการถดถอย (Multiple linear regression equations) พบว่าได้สมการที่มีนัยสำคัญ คือ มีค่า $R^2 > 0.90$ (Significant equations) ดังตาราง 4.8 ส่วนสมการที่ไม่มีนัยสำคัญ คือ มีค่า $R^2 < 0.90$ จะไม่นำมาวิเคราะห์ผลต่อ จากนั้นจะนำสมการที่มีนัยสำคัญมาทำการถอดรหัส ซึ่งจะได้สมการถอดรหัส (Decoding) ดังตาราง 4.9 สมการที่วิเคราะห์ได้ทั้งหมดสามารถทำนายค่าตอบสนองได้ในกรณีที่เกลือมีค่าอยู่ในช่วง 2 – 4% น้ำมีค่าอยู่ในช่วง 15 – 25% และแครอท มีค่าอยู่ในช่วง 8 – 10%

ตาราง 4.8 สมการที่ยังไม่ได้ถอดรหัสที่มีนัยสำคัญของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลา

สมการ (Coded)	ความสัมพันธ์กับตัวแปร	R^2
ความพอง	0.92882 - 0.01375CS +0.03871S-0.02875SW+0.03455W	0.9892
ขนาดหลังทอด	0.9100+0.0032C-0.03875CS-0.02875CSW+0.01837S -0.02125SW	0.9922
รสเค็ม	1.08529+0.05535S – 0.01937W	0.9580

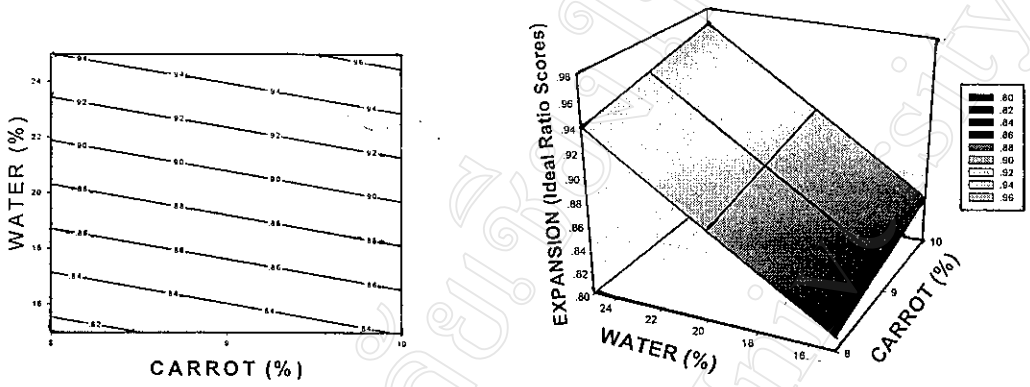
หมายเหตุ S แทนปริมาณเกลือ อยู่ในช่วง 2 – 4%
W แทนปริมาณน้ำ อยู่ในช่วง 15 – 25%
C แทนปริมาณแครอท อยู่ในช่วง 8 – 10%

ตาราง 4.9 สมการถอดรหัสของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลา

สมการ (Decoded)	ความสัมพันธ์กับตัวแปร	R
ความพอง	-0.04176-0.01375CS+0.04125C+0.27746S-0.00575SW +0.02416W	0.9892
ขนาดหลังทอด	3.568465-0.330175C+0.111125CS-0.895755S- 0.00575CSW+0.01725CW+0.04745SW-0.14235W	0.9922
รสเค็ม	0.99672+0.05535S – 0.003874W	0.9580

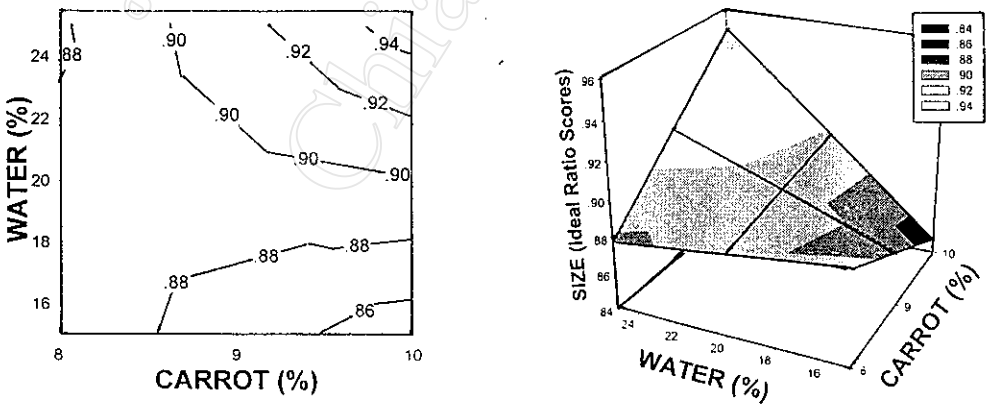
หมายเหตุ S แทนปริมาณเกลือ อยู่ในช่วง 2 – 4 %
W แทนปริมาณน้ำ อยู่ในช่วง 15 – 25 %
C แทนปริมาณแครอท อยู่ในช่วง 8 – 10 %

เมื่อนำสมการถอดรหัสของความพองไปแทนค่าปริมาณการใช้จริงของเกลือ น้ำ และแครอทที่ระดับต่าง ๆ เพื่อหาค่าสัดส่วนเฉลี่ยของความพอง จากนั้นนำไปหาพื้นผิวการตอบสนองของความพองโดยใช้โปรแกรม Sigmaplot 2000 กำหนดเกลือไว้ที่ระดับ 2% พบว่าถ้าใช้แครอทที่ระดับสูงคือ 10% น้ำระดับสูง 25% จะทำให้ค่าสัดส่วนเฉลี่ยของความพองมีค่าเข้าใกล้ 1.00 มากที่สุด ดังภาพ 4.3



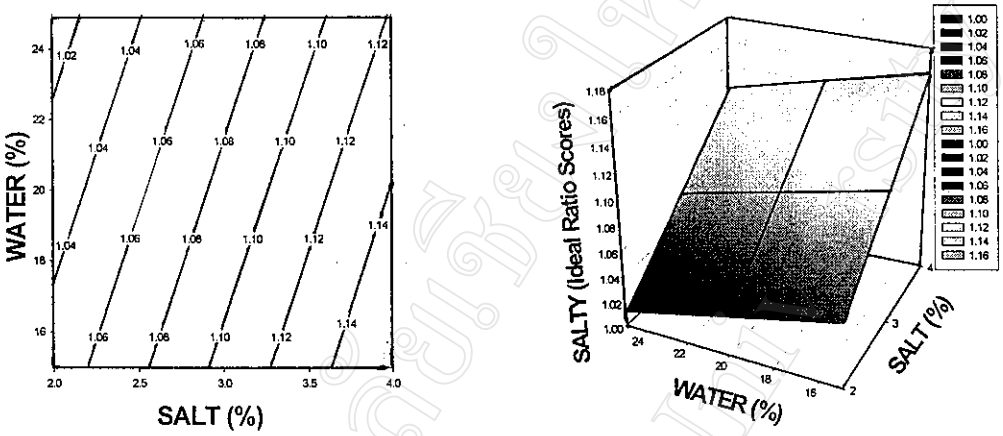
ภาพ 4.3 พื้นผิวการตอบสนองของความพองเมื่อใช้แครอทและน้ำในปริมาณต่าง ๆ กัน

เมื่อนำสมการถอดรหัสของขนาดหลังทอดไปแทนค่าปริมาณการใช้จริงของเกลือ น้ำ และแครอทที่ระดับต่าง ๆ เพื่อหาค่าสัดส่วนเฉลี่ยของขนาดหลังทอด จากนั้นนำไปหาพื้นผิวการตอบสนองของขนาดหลังทอดโดยใช้โปรแกรม Sigmaplot 2000 กำหนดเกลือไว้ที่ระดับ 2% พบว่าถ้าใช้แครอทที่ระดับสูงคือ 10% น้ำระดับสูง 25% จะทำให้ค่าสัดส่วนเฉลี่ยของขนาดหลังทอดมีค่าเข้าใกล้ 1.00 มากที่สุด ดังภาพ 4.4



ภาพ 4.4 พื้นผิวการตอบสนองของขนาดหลังทอดเมื่อใช้แครอทและน้ำในปริมาณต่างๆ กัน

เมื่อนำสมการถอดรหัสของรสเค็มไปแทนค่าปริมาณการใช้จริงของเกลือ และน้ำที่ระดับต่าง ๆ เพื่อหาค่าสัดส่วนเฉลี่ยของรสเค็ม จากนั้นนำไปหาพื้นผิวการตอบสนองของรสเค็มโดยใช้โปรแกรม Sigmaplot 2000 พบว่าถ้าใช้เกลือที่ระดับต่ำคือ 2% น้ำระดับสูง 25% จะทำให้ค่าสัดส่วนเฉลี่ยของรสเค็มมีค่าเข้าใกล้ 1.00 มากที่สุด ดังภาพ 4.5



ภาพ 4.5 พื้นผิวการตอบสนองของรสเค็มเมื่อใช้เกลือและน้ำในปริมาณต่างๆ กัน

จากการแทนค่าปริมาณเกลือ แครอท และน้ำลงในสมการถอดรหัสที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ได้แก่ สมการความพอง ขนาดหลังทอดและรสเค็ม แล้วดูค่าสัดส่วนเฉลี่ยที่คำนวณได้ ปริมาณเกลือ แครอทและน้ำที่เหมาะสมสำหรับแต่ละคุณลักษณะ คือปริมาณที่ทำให้ค่าสัดส่วนเฉลี่ยที่คำนวณได้มีค่าเข้าใกล้ 1.00 มากที่สุด ปริมาณของปัจจัยหลักที่เหมาะสมดังตาราง 4.10 สำหรับปริมาณน้ำที่ใช้ในส่วนผสมถ้าใช้มากเกินไปส่วนผสมจะเหลวเกินไป ก้อนแป้งไม่สามารถปั้นเป็นก้อนได้ เม็ดแป้งจะแตกตัวมากให้เจลที่เหนียว ในทางตรงกันข้ามถ้าใช้น้ำน้อยเกินไปแป้งจะพองตัวน้อยและไม่สุก เกิดเจลได้น้อย ได้ก้อนแป้งที่ร่วน และเมื่อนำมาทอดจะไม่พองตัว เมื่อใช้น้ำปริมาณที่เหมาะสมผลิตภัณฑ์จะพองตัวดี ส่วนปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบก่อนทอดก็มีความสำคัญต่อคุณภาพของข้าวเกรียบทอดมากเช่นกัน คือ ถ้าข้าวเกรียบมีความชื้นต่ำไปก่อนทอด เวลาทอดข้าวเกรียบอาจจะไหม้เร็วขึ้น และข้าวเกรียบทอดจะแข็งเกินไปด้วย ถ้าข้าวเกรียบก่อนทอดมีความชื้นมากเกินไป เมื่อทอดเสร็จจะมีลักษณะเนื้อสัมผัสเหนียว ไม่กรอบ

ตาราง 4.10 ปริมาณส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับลักษณะด้านประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบปลา

ส่วนผสม	ปริมาณ (%)
เกลือ	2.00
น้ำ	20.33
แครอท	10.00

จากการแทนค่าปริมาณเกลือ น้ำ และแครอทที่เหมาะสมลงไปในสมการถอดรหัสของความพอง ขนาดหลังทอด และรสเค็ม พบว่าความพอง ขนาดหลังทอด และรสเค็มมีค่าสัดส่วนเฉลี่ยเท่ากับ 0.908, 0.902 และ 1.029 ตามลำดับ ดังตาราง 4.11

ตาราง 4.11 ค่าสัดส่วนเฉลี่ยที่คำนวณได้เมื่อใช้ปริมาณส่วนผสมที่เหมาะสม

คุณลักษณะ	ค่าสัดส่วนเฉลี่ย
ความพอง	0.908
ขนาดหลังทอด	0.902
รสเค็ม	1.029

ผลการศึกษานี้ได้ปริมาณส่วนผสมที่เหมาะสมที่จะใช้ในการผลิตข้าวเกรียบปลา หรือสูตรการผลิตดังนี้คือ แป้งมันสำปะหลัง 42.00% ข้าวกล้อง 10.50% เนื้อปลาดุก 17.50% พริกไทย 3.00% น้ำตาล 4.00% กระเทียม 3.00% ฟักทอง 5.00% เกลือ 2.00% น้ำ 20.33% และแครอท 10.00% รวมปริมาณส่วนผสมทั้งสิ้นเท่ากับ 117.33% ซึ่งเวลานำไปใช้จริงจะเกิดความยุ่งยากในการคำนวณปริมาณส่วนผสม เพราะฉะนั้นจึงทำการปรับปริมาณส่วนผสมทั้งหมดให้เป็น 100% เพื่อให้ง่ายในการนำไปใช้ ซึ่งจะได้สูตรการผลิตหลังจากปรับปริมาณส่วนผสมทั้งหมดให้เป็น 100% ดังนี้คือ แป้งมันสำปะหลัง 35.80% ข้าวกล้อง 8.95% เนื้อปลาดุก 14.91% พริกไทย 2.56% น้ำตาล 3.41% กระเทียม 2.56% ฟักทอง 4.26% เกลือ 1.70% น้ำ 17.33% และแครอท 8.52% ดังตาราง 4.12

ตาราง 4.12 ปริมาณส่วนผสมที่เหมาะสมที่จะใช้ในการผลิตข้าวเกรียบปลา

ส่วนผสม	ปริมาณส่วนผสมที่ยังไม่ได้ปรับ	ปริมาณส่วนผสมที่ปรับแล้ว
แป้งมันสำปะหลัง	42.00%	35.80%
ข้าวกล้อง	10.50%	8.95%
เนื้อปลาดุก	17.50%	14.91%
พริกไทย	3.00%	2.56%
น้ำตาล	4.00%	3.41%
กระเทียม	3.00%	2.56%
ฟักทอง	5.00%	4.26%
เกลือ	2.00%	1.70%
น้ำ	20.33%	17.33%
แครอท	10.00%	8.52%
รวม	117.33%	100.00%

4.5. ศึกษาคุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์สุดท้าย

จากข้อมูลในตาราง 4.13 พบว่าคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ในด้านสี ความเนียนเนื้อ ความกรอบ ความพอง รสเค็ม รสหวาน และการยอมรับรวมไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ดังนั้นจึงไม่จำเป็นที่จะต้องปรับคุณลักษณะดังกล่าว ส่วนด้านขนาดหลังทอด กลิ่นเครื่องเทศ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่เนื่องจากว่าค่าสัดส่วนเฉลี่ยมีค่ามากกว่า 0.90 ซึ่งถือว่าเป็นที่ยอมรับได้ของผู้ทดสอบชิม เพราะฉะนั้นจึงอาจไม่จำเป็นที่จะต้องปรับคุณลักษณะดังกล่าว

ตาราง 4.13 ค่าสัดส่วนเฉลี่ยและค่า t_{cal} สำหรับคุณลักษณะที่สำคัญของข้าวเกรียบปลาผลิตภัณฑ์สุดท้าย

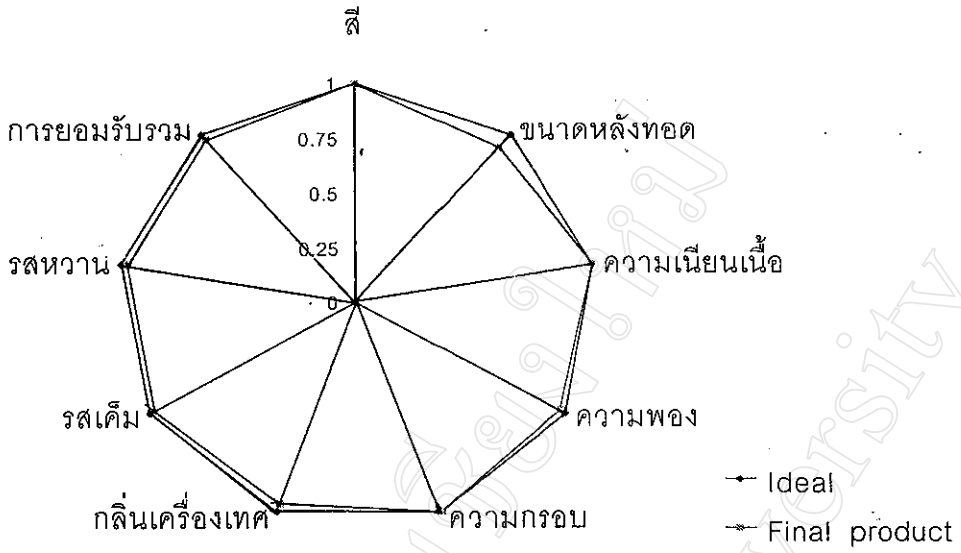
คุณลักษณะที่สำคัญ	ค่าสัดส่วนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Ratio ± SD)	t_{cal}
สี	1.00^{ns}±0.01	0.00
ขนาดหลังทอด	0.93**±0.06	3.70
ความเนียนเนื้อ	1.00^{ns}±0.02	0.00
ความพอง	0.97^{ns}±0.12	0.79
ความกรอบ	1.00^{ns}±0.04	0.00
กลิ่นเครื่องเทศ	0.96**±0.04	3.16
รสเค็ม	0.98^{ns}±0.06	1.05
รสหวาน	0.97^{ns}±0.05	1.90
การยอมรับรวม	0.97^{ns}±0.05	1.90

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

นำค่าสัดส่วนเฉลี่ยของแต่ละคุณลักษณะที่ได้จากการทดสอบชิมมาเปรียบเทียบกับค่าสัดส่วนเฉลี่ยในอุดมคติ ซึ่งจะได้กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์สุดท้ายดังภาพ 4.6

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University



ภาพ 4.6 กราฟเค้าโครงข้าวเกรียบปลาผลิตภัณฑ์สุดท้าย

นำข้าวเกรียบปลา (ผลิตภัณฑ์สุดท้าย) มาทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านกายภาพและเคมีเปรียบเทียบกับข้าวเกรียบปลาตรามโนห์รา ข้าวเกรียบกุ้งตราฮานามิ และข้าวเกรียบปลาทะเลจากจังหวัดภูเก็ต ดังตาราง 4.14 (ข้าวเกรียบกุ้งตราฮานามิผลิตโดยกระบวนการเอ้กซ์ทรูชั่น ซึ่งจะแตกต่างจากข้าวเกรียบชนิดอื่น) พบว่าปริมาณโปรตีนมีค่าอยู่ในช่วง 7.38 - 9.78% ซึ่งถือว่าไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนปริมาณเส้นใยอาหารพบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 0.01 - 1.02% ข้าวเกรียบปลาผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีปริมาณเส้นใยอาหารมากที่สุดคือมีค่าเท่ากับ 1.02% ปริมาณไขมันมีค่าอยู่ในช่วง 16.20 - 24.85 ปริมาณคาร์โบไฮเดรทมีค่าอยู่ในช่วง 59.63 - 72.07% ข้าวเกรียบปลาผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีปริมาณเบต้า – แคโรทีนเท่ากับ 72 ไมโครกรัม/100 กรัม ปริมาณวิตามินอีเท่ากับ 4.85 มิลลิกรัม./100 กรัม ซึ่งเบต้า - แคโรทีนเป็นสารที่ป้องกันกระบวนการออกซิเดชั่น ป้องกันอัตราเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งที่ปอดและหลอดลม

จากผลการทดลองจะเห็นว่าข้าวเกรียบปลาผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีปริมาณเส้นใยอาหารมากกว่าข้าวเกรียบปลาในท้องตลาดที่นำมาเปรียบเทียบ ถึงแม้จะมีปริมาณโปรตีนไม่แตกต่างกันมากนัก แต่ข้าวเกรียบปลาผลิตภัณฑ์สุดท้ายก็พบว่ามีเบต้า – แคโรทีนและวิตามินอี ซึ่งถือได้ว่าข้าวเกรียบปลาผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีคุณค่าทางโภชนาการสูงขึ้น

ตาราง 4.14 แสดงผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านกายภาพและเคมีของข้าวเกรียบปลาผลิตภัณฑ์สุดท้ายเปรียบเทียบกับข้าวเกรียบปลาในท้องตลาด

ลักษณะทางด้านเคมีและกายภาพ	ผลิตภัณฑ์สุดท้าย	ข้าวเกรียบปลาตรามโนห์รา	ข้าวเกรียบกุ้งตราฮานามิ	ข้าวเกรียบปลาทะเลจากจังหวัดภูเก็ต
ค่าสี L	47.86±0.04	59.26±0.09	52.85±0.03	38.56±0.04
ค่าสี a	6.68 ±0.03	3.33±0.05	6.26±0.02	12.03±0.08
ค่าสี b	13.68 ±0.14	15.29±0.08	13.78±0.06	11.48±0.09
แรงกด (นิวตัน)	4.08 ±0.01	4.54±0.09	7.57±0.21	8.13±0.05
ความชื้น	2.60 ±0.04	3.20±0.05	2.03±0.04	3.42±0.03
a_w	0.352 ±0.04	0.396±0.01	0.288±0.01	0.453±0.02
เถ้า	2.87 ±0.05	2.54±0.06	2.10±0.07	2.57±0.10
ไขมัน (%)	19.64 ±0.08	24.85±0.08	16.20±0.09	22.33±0.18
โปรตีน (%)	7.65 ±0.05	9.78±0.10	7.60±0.06	7.38±0.11
คาร์โบไฮเดรท (%)	67.24±0.01	59.63±0.09	72.07±0.02	64.30±0.09
เส้นใยอาหาร (%)	1.02± 0.01	0.03±0.01	0.01±0.01	0.02±0.01
เบต้า – แคโรทีน (ไมโครกรัม/100 กรัม)	72	*	*	*
วิตามินอี (มิลลิกรัม./100 กรัม)	4.85	*	*	*

หมายเหตุ -ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

-ค่าเฉลี่ยของค่าสี L, a, b ได้จากการวัด 2 ซ้ำแต่ละซ้ำวัด 5 ซ้ำ

-ค่าเฉลี่ยของแรงกดได้จากการวัด 2 ซ้ำแต่ละซ้ำวัด 10 ซ้ำ

-ค่าเฉลี่ยของปริมาณความชื้น เถ้า ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรท เส้นใยอาหาร เบต้า – แคโรทีน วิตามินอี และ a_w ได้จากการวัด 2 ซ้ำ

* ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ชนิดและปริมาณของกรดไขมันในข้าวเกรียบปลาผลิตภัณฑ์สุดท้าย ดังตาราง 4.15 พบว่าข้าวเกรียบปลาผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีปริมาณของโอเมก้า – 3 ที่มีชื่อว่า ลิโนเลนิค (Linolenic acid) เท่ากับ 0.04 กรัม/100 กรัม ซึ่งโดยปกติโอเมก้า – 3 มีมากในน้ำมันจากปลาทะเล (ประเสริฐ, 2533) พบว่าโอเมก้า - 3 สามารถลดคอเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์ และไขมันในเลือดที่เป็นสาเหตุของโรคหัวใจให้ต่ำลงได้ ป้องกันไม่ให้เลือดจับกันเป็นก้อน ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการเป็นโรคหัวใจอย่างเฉียบพลัน และช่วยให้เส้นเลือดแข็งตัวช้าลง นอกจากนั้นยังทำให้เกิดผลดีอื่น ๆ ต่อร่างกาย โดยช่วยลดความดันเลือด ช่วยลดการเป็นโรคผิวหนัง ช่วยลดการอักเสบของโรคไขข้อ และทำให้การเจริญเติบโตของมันสมองดีขึ้น จึงถือได้ว่าข้าวเกรียบปลาผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ถึงแม้จะมีปริมาณโอเมก้า – 3 ไม่สูงมากนัก

ตาราง 4.15 ชนิดและปริมาณของกรดไขมันในข้าวเกรียบปลา (ผลิตภัณฑ์สุดท้าย)

ชนิดของกรดไขมัน		%ของกรดไขมันทั้งหมด/100 กรัม	กรัม/100 กรัม
Caproic acid	$C_{6:0}$	0.0	0.00
Caprylic acid	$C_{8:0}$	0.0	0.00
Capric acid	$C_{10:0}$	0.0	0.00
Lauric acid	$C_{12:0}$	0.4	0.10
Myristic acid	$C_{14:0}$	1.2	0.36
Myristoleic acid	$C_{14:1}$	0.0	0.00
Palmitic acid	$C_{16:0}$	40.1	13.02
Palmitoleic acid	$C_{16:1}$	0.2	0.04
Stearic acid	$C_{18:0}$	4.0	1.28
Oleic acid	$C_{18:1}$	41.7	13.52
Linoleic acid	$C_{18:2}$	11.4	3.68
Gamma linolenic acid	$C_{18:3}$, n6	0.0	0.00
Linolenic acid	$C_{18:3}$,n3	0.2	0.04
Arachidic acid	$C_{20:0}$	0.3	0.07
Eicosenoic acid	$C_{20:1}$	0.1	0.02
Eicosasienoic acid	$C_{20:2}$	0.0	0.00
Eicosatrienoic acid	$C_{20:3}$	0.0	0.00
Arachidonic acid	$C_{20:4}$	0.0	0.00
Eicosapentaenoic acid	$C_{20:5}$	0.0	0.00
Behenic acid	$C_{22:0}$	0.0	0.00
Erucic acid	$C_{22:1}$	0.0	0.00
Docosahexaenoic acid	$C_{22:6}$	0.0	0.00
Lognoceric acid	$C_{24:0}$	0.1	0.02
Nervonic acid	$C_{24:1}$	0.0	0.00

<u>หมายเหตุ</u> โอเมก้า – 3 คือ Gamma linolenic acid, Linolenic acid, Eicosapentaenoic acid และ Docosahexaenoic acid

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านจุลินทรีย์ของข้าวเกรียบปลาผลิตภัณฑ์สุดท้าย พบว่าเป็นไปตามมาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ดังตาราง 4.16

ตาราง 4.16 แสดงผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์สุดท้าย

ชนิดของจุลินทรีย์ที่ทำการตรวจวิเคราะห์	ปริมาณที่ตรวจพบ
จุลินทรีย์ทั้งหมด	น้อยกว่า 10 CFU/g
Staphylococcus aureus	ไม่พบ
Salmonella sp	ไม่พบ
E. coli	ไม่พบ
ยีสต์และรา	น้อยกว่า 10 CFU/g

4.6 ศึกษาวิธีการเก็บรักษาข้าวเกรียบปลา

จากการวิเคราะห์ปริมาณของสารกันหืนที่เติมลงไปในน้ำมันปาล์มขณะทอดข้าวเกรียบปลาพบว่าเติมบิวทีเลทเตด ไฮดรอกซีโทลูอีน 0.02% และกรดซิตริก 0.028% เมื่อทอดเสร็จแล้วนำข้าวเกรียบมาตรวจสอบหาปริมาณของสารกันหืนที่เหลือในข้าวเกรียบปลา พบว่าไม่พบบิวทีเลทเตด ไฮดรอกซีโทลูอีนตกค้างในข้าวเกรียบปลา ส่วนกรดซิตริกพบ 0.015%

ในการทดลองครั้งนี้ ข้าวเกรียบปลาที่ทำการเก็บรักษา ถ้ามีค่า TBA เกิน 20 มิลลิกรัมของมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม ซึ่งสอดคล้องกับ Shamberger et al. (1977) จะถือว่าข้าวเกรียบปลานั้นเสื่อมเสียจะไม่ทำการเก็บรักษาต่อไป

จากภาพบทที่ 4.7, 4.8 และ 4.10 ค่าสีทางประสาทสัมผัส ค่าความกรอบ ค่าการยอมรับรวมของข้าวเกรียบปลาที่ทำการเก็บรักษาทั้ง 3 ระดับอุณหภูมิมีแนวโน้มลดลง เมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยในช่วงแรกค่าสีทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบปลาที่เก็บรักษาในถุงโพลิโพรพิลินและถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ใส่สารกันหืน คือ บิวทีเลทเตด ไฮดรอกซีโทลูอีน 0.02% และกรดซิตริก 0.028% รวมทั้งตัวอย่างที่บรรจุถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ ไม่เติมสารกันหืน แต่เติมก๊าซไนโตรเจน พบว่าในสัปดาห์แรกมีค่าสัดส่วนเฉลี่ยของค่าสีอยู่ในช่วง 1.03 - 1.09 ค่าสัดส่วนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสของค่าสีในสัปดาห์ที่เกิดการเสื่อมเสียมีค่าอยู่ในช่วง 0.82 - 0.94, 0.85-0.96 และ 0.86 - 0.96 ที่อุณหภูมิ 20°ซ อุณหภูมิห้อง และ 45°ซ ตามลำดับ ซึ่งจะสัมพันธ์กับค่าสี L (ความสว่าง), a (สีแดง), b (สีเหลือง) ที่มีค่าลดลง เมื่ออายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ส่วนความกรอบของข้าวเกรียบ

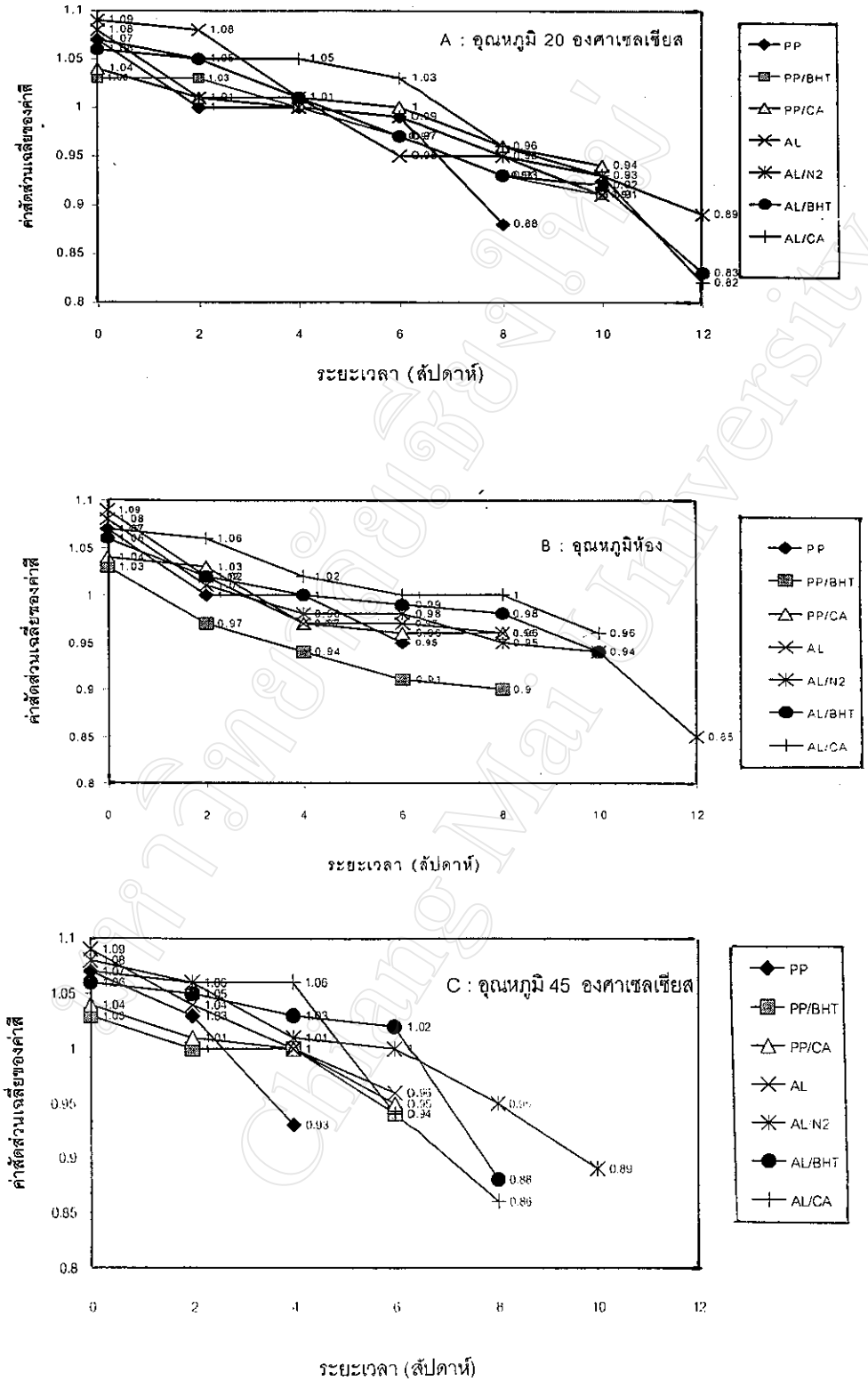
ปลาในสัปดาห์แรกจะมีค่าสัดส่วนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.03 - 1.08 แล้วจะลดลง ค่าสัดส่วนเฉลี่ยของค่าความกรอบในสัปดาห์ที่เกิดการเสื่อมเสียมีค่าอยู่ในช่วง 0.52 - 0.66, 0.54 - 0.59 และ 0.71 - 0.83 ที่อุณหภูมิ 20°ซ อุณหภูมิห้อง และ 45°ซ ตามลำดับ ส่วนการยอมรับรวมของข้าวเกรียบปลาในสัปดาห์แรกจะมีค่าสัดส่วนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.81 - 0.84 แล้วจะลดลง ค่าสัดส่วนเฉลี่ยของค่าความกรอบในสัปดาห์ที่เกิดการเสื่อมเสียมีค่าอยู่ในช่วง 0.50 - 0.69, 0.45 - 0.58 และ 0.48 - 0.55 ที่อุณหภูมิ 20°ซ อุณหภูมิห้อง และ 45°ซ ตามลำดับ

จากภาพที่ 4.9 ค่ากลิ่นหืนของข้าวเกรียบปลาที่ทำการเก็บรักษาทั้ง 3 ระดับอุณหภูมิ พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยในสัปดาห์แรกจะมีค่าสัดส่วนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสเท่ากับ 0 แล้วจะเพิ่มขึ้น ค่าสัดส่วนเฉลี่ยของค่ากลิ่นหืนในสัปดาห์ที่เกิดการเสื่อมเสียมีค่าอยู่ในช่วง 0.87 - 1.25, 0.98 - 1.28 และ 1.08 - 1.23 ที่อุณหภูมิ 20°ซ อุณหภูมิห้อง และ 45°ซ ตามลำดับ

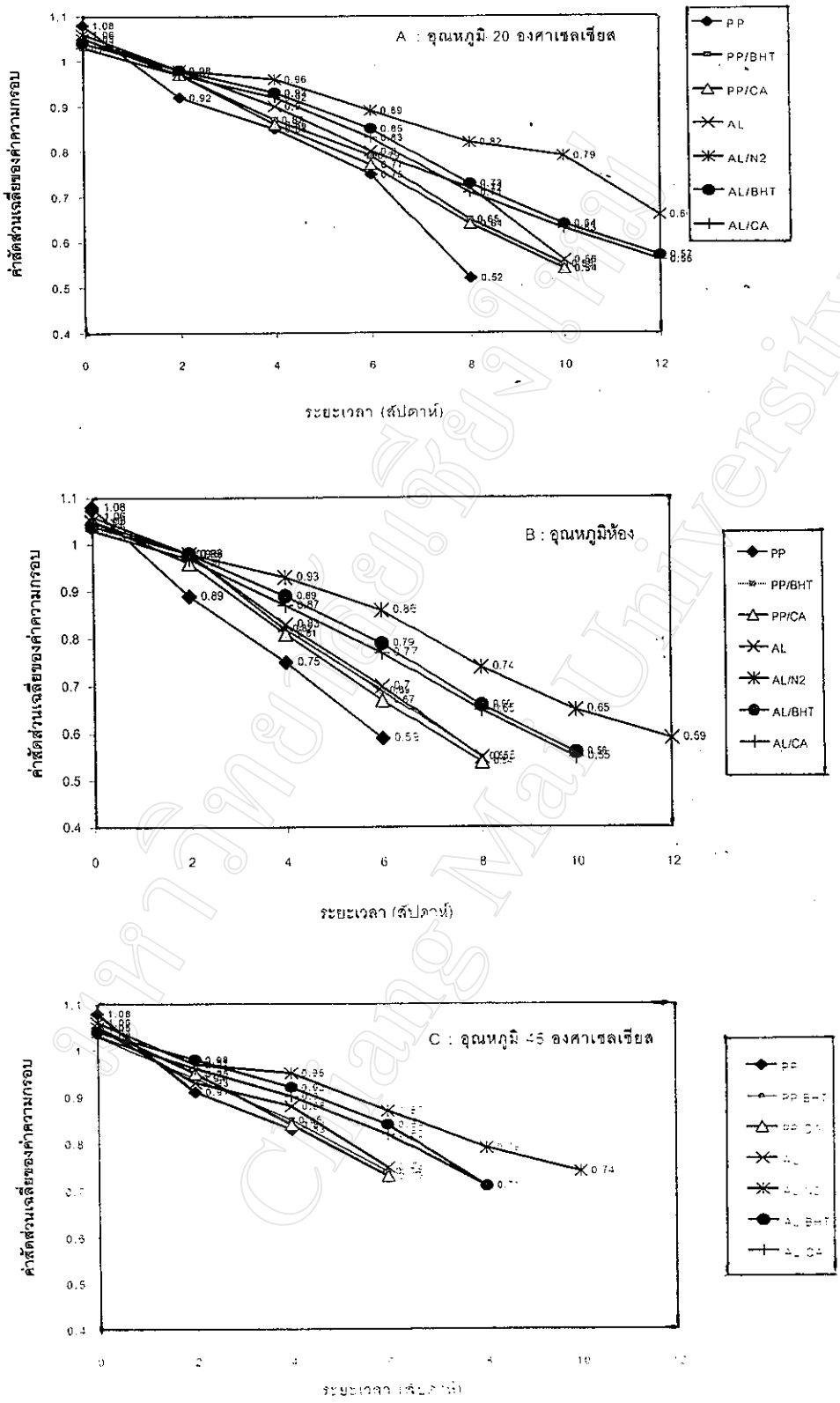
จากภาพ 4.11 - 4.14 ค่าสี L, a, b และค่าแรงกด (Compression force) ของข้าวเกรียบปลาที่ทำการเก็บรักษาทั้ง 3 อุณหภูมิพบว่ามีแนวโน้มลดลง เมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณความชื้นและค่า a_w ที่เพิ่มขึ้น อธิบายได้ว่าความชื้นสามารถแพร่ผ่านถุงที่บรรจุข้าวเกรียบทอดเข้าไป โดยพบว่าถุงโพลิโพรพิลีนจะมีอัตราการซึมผ่านของอากาศ อัตราการซึมผ่านของน้ำได้เร็วกว่าถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ ทำให้ความกรอบและค่าแรงกดของข้าวเกรียบทอดลดลงซึ่งสอดคล้องกับ Stanley and Griffin (1980) ส่วนค่าสี L (ความสว่าง) ในสัปดาห์แรกจะมีค่าอยู่ในช่วง 47.22 - 47.99 แล้วจะลดลง พบว่าค่าสี L (ความสว่าง) ในสัปดาห์ที่เกิดการเสื่อมเสียมีค่าอยู่ในช่วง 42.29 - 45.43, 42.21 - 44.52 และ 44.52 - 46.55 ที่อุณหภูมิ 20°ซ อุณหภูมิห้อง และ 45°ซ ตามลำดับ ส่วนค่าสี a (สีแดง) ในสัปดาห์แรกจะมีค่าอยู่ในช่วง 6.66 - 6.84 แล้วจะลดลง สำหรับค่าสี a (สีแดง) ในสัปดาห์ที่เกิดการเสื่อมเสียมีค่าอยู่ในช่วง 4.69 - 5.71, 5.03 - 6.20 และ 5.44 - 6.35 ที่อุณหภูมิ 20°ซ อุณหภูมิห้อง และ 45°ซ ตามลำดับ ส่วนค่าสี b (สีเหลือง) ในสัปดาห์แรกจะมีค่าอยู่ในช่วง 13.28 - 13.78 แล้วจะลดลง ค่าสี b (สีเหลือง) ในสัปดาห์ที่เกิดการเสื่อมเสียมีค่าอยู่ในช่วง 10.65 - 12.44, 10.40 - 12.50 และ 11.81 - 12.97 ที่อุณหภูมิ 20°ซ อุณหภูมิห้อง และ 45°ซ ตามลำดับ ส่วนค่าแรงกดในสัปดาห์แรกจะมีค่าอยู่ในช่วง 4.06 - 4.09 นิวตัน แล้วจะลดลง ค่าแรงกดในสัปดาห์ที่เกิดการเสื่อมเสียมีค่าอยู่ในช่วง 2.01 - 2.54, 2.07 - 2.11 และ 2.58 - 3.05 นิวตัน ที่อุณหภูมิ 20°ซ อุณหภูมิห้อง และ 45°ซ ตามลำดับ

จากภาพ 4.15 - 4.17 ค่า a_w ค่า TBA และปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบปลาที่ทำการเก็บรักษาทั้ง 3 อุณหภูมิมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่ออายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น โดยค่า a_w ในสัปดาห์แรกมีค่าอยู่ในช่วง 0.367 - 0.395 แล้วจะมีค่าเพิ่มขึ้น ในสัปดาห์ที่เกิดการเสื่อมเสียมีค่าอยู่ในช่วง 0.536 - 0.579, 0.536 - 0.605 และ 0.527 - 0.572 ที่อุณหภูมิ 20°ซ อุณหภูมิห้อง และ 45°ซ ตามลำดับ ส่วนค่า TBA ในสัปดาห์แรกมีค่าอยู่ในช่วง 4.25 - 4.46 มิลลิกรัมของมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม แล้วจะมีค่าเพิ่มขึ้น ในสัปดาห์ที่เกิดการเสื่อมเสียมีค่าอยู่ในช่วง 20.22 - 21.19, 20.52 - 23.33 และ 20.42 - 22.13 มิลลิกรัมของมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 20°ซ อุณหภูมิห้อง และ 45°ซ ตามลำดับ ค่า TBA ของข้าวเกรียบปลาที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 °ซ มีแนวโน้มสูงขึ้นเร็วกว่าเก็บรักษาที่อุณหภูมิอื่น ๆ (เมื่อทำการเก็บรักษาที่ภาชนะบรรจุและสารกันหืนชนิดเดียวกัน) สำหรับปริมาณความชื้นในสัปดาห์แรกมีค่าอยู่ในช่วง 2.20 - 2.30% แล้วจะมีค่าเพิ่มขึ้น ในสัปดาห์ที่เกิดการเสื่อมเสียซึ่งจะมีค่าอยู่ในช่วง 3.06 - 3.20, 3.11 - 3.29 และ 2.52 - 2.77% ที่อุณหภูมิ 20°ซ อุณหภูมิห้อง และ45°ซ ตามลำดับ

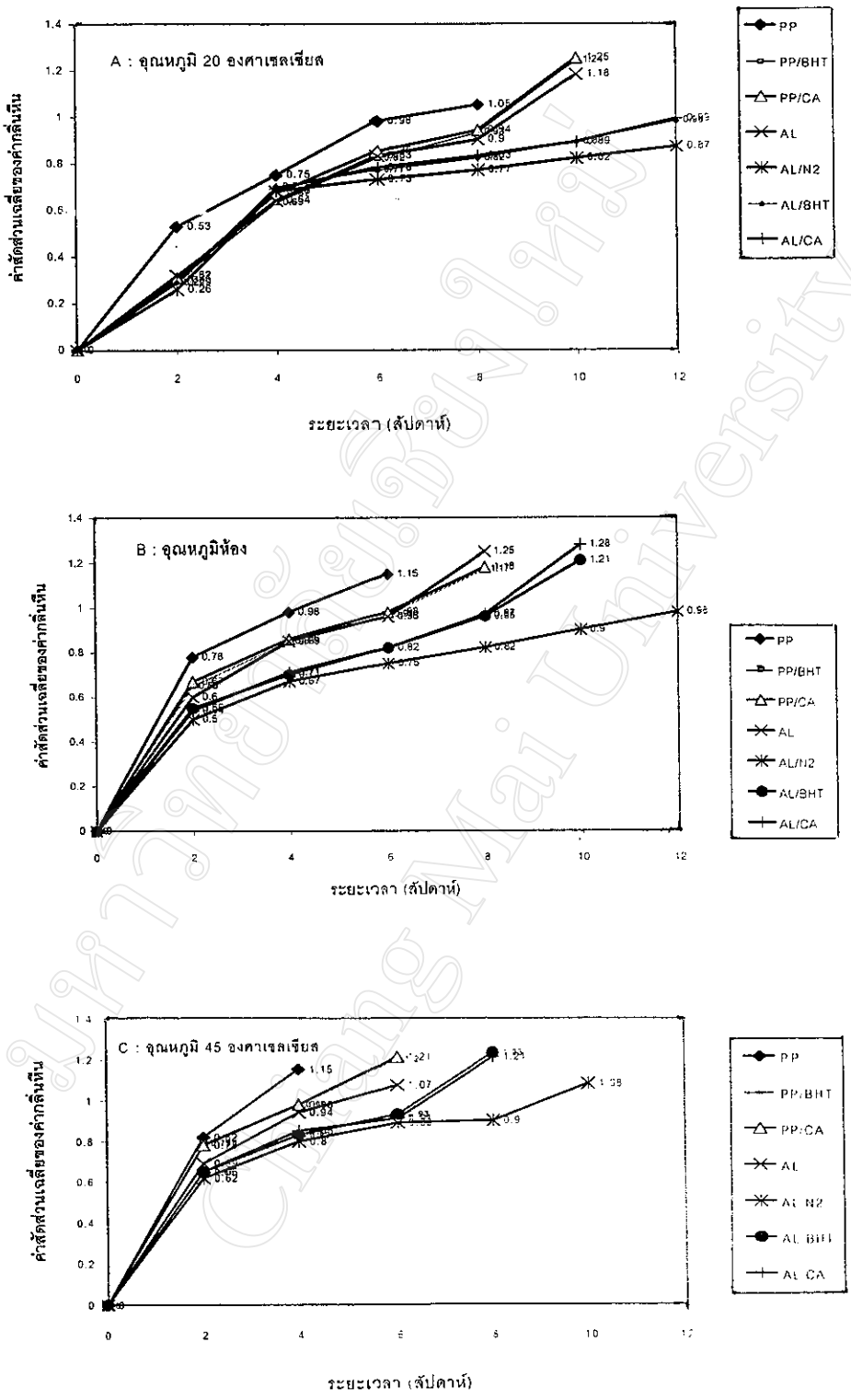
พบว่าค่า TBA และปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบปลาที่บรรจุถุงโพลิโพรพิลีนจะมีค่าเพิ่มขึ้นเร็วกว่าข้าวเกรียบปลาที่เก็บรักษาในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ที่สภาวะการเก็บรักษาเดียวกัน เมื่อทำการเปรียบเทียบค่า TBA ดังกล่าวแล้วไม่ควรเก็บข้าวเกรียบปลาไว้ที่อุณหภูมิ 45 °ซ เพราะอุณหภูมิสูงเป็นปัจจัยหนึ่งที่เร่งให้เกิดปฏิกิริยาออโตออกซิเดชั่นของกรดไขมัน และถ้าค่าความชื้นเพิ่มขึ้นมีค่าเกิน 3.5% คุณภาพของอาหารขบเคี้ยวจะเปลี่ยนไปคือ เหนียว ไม่กรอบ ซึ่งสอดคล้องกับ Stanley and Griffin (1980) ฉะนั้นในการเก็บรักษาข้าวเกรียบปลาเพื่อจำหน่ายไม่ควรเก็บนานจนข้าวเกรียบปลามีความชื้นเกิน 3.5%



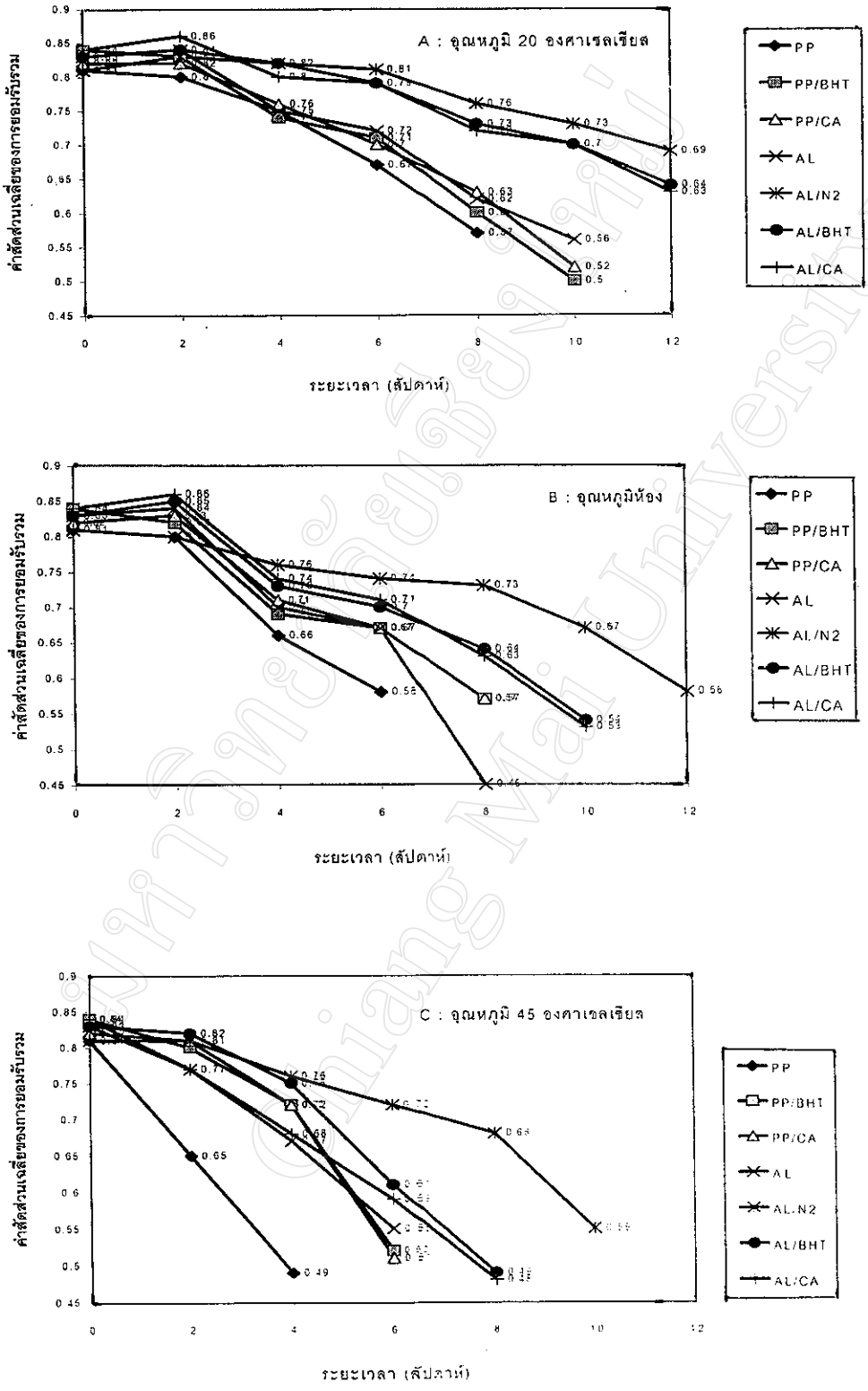
ภาพ 4.7 ค่าสีทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบปลาที่บรรจุถุงชนิดต่าง ๆ ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน



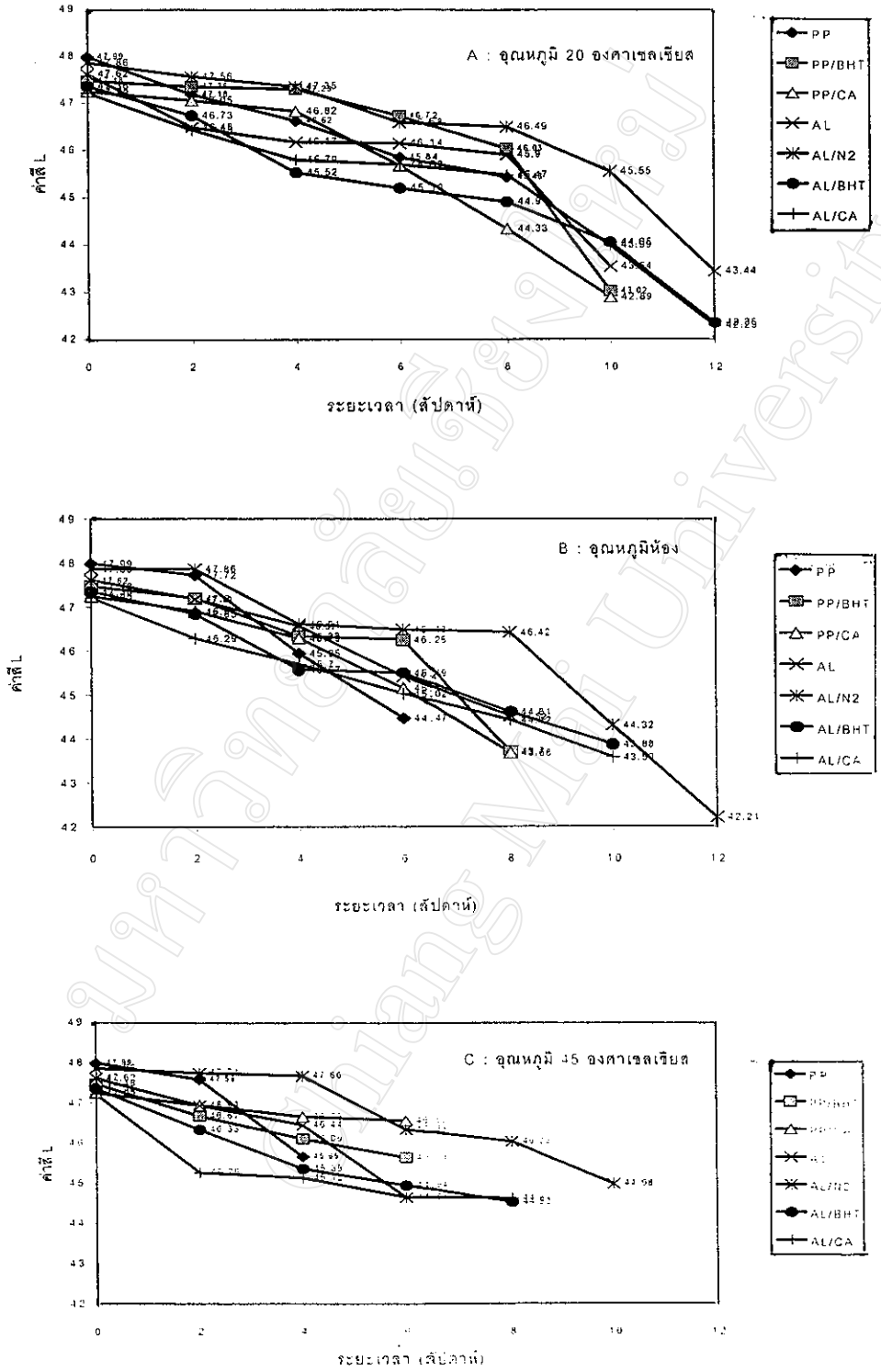
ภาพ 4.8 ค่าความกรอบของข้าวเกรียบปลาที่บรรจุถุงชนิดต่าง ๆ ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน



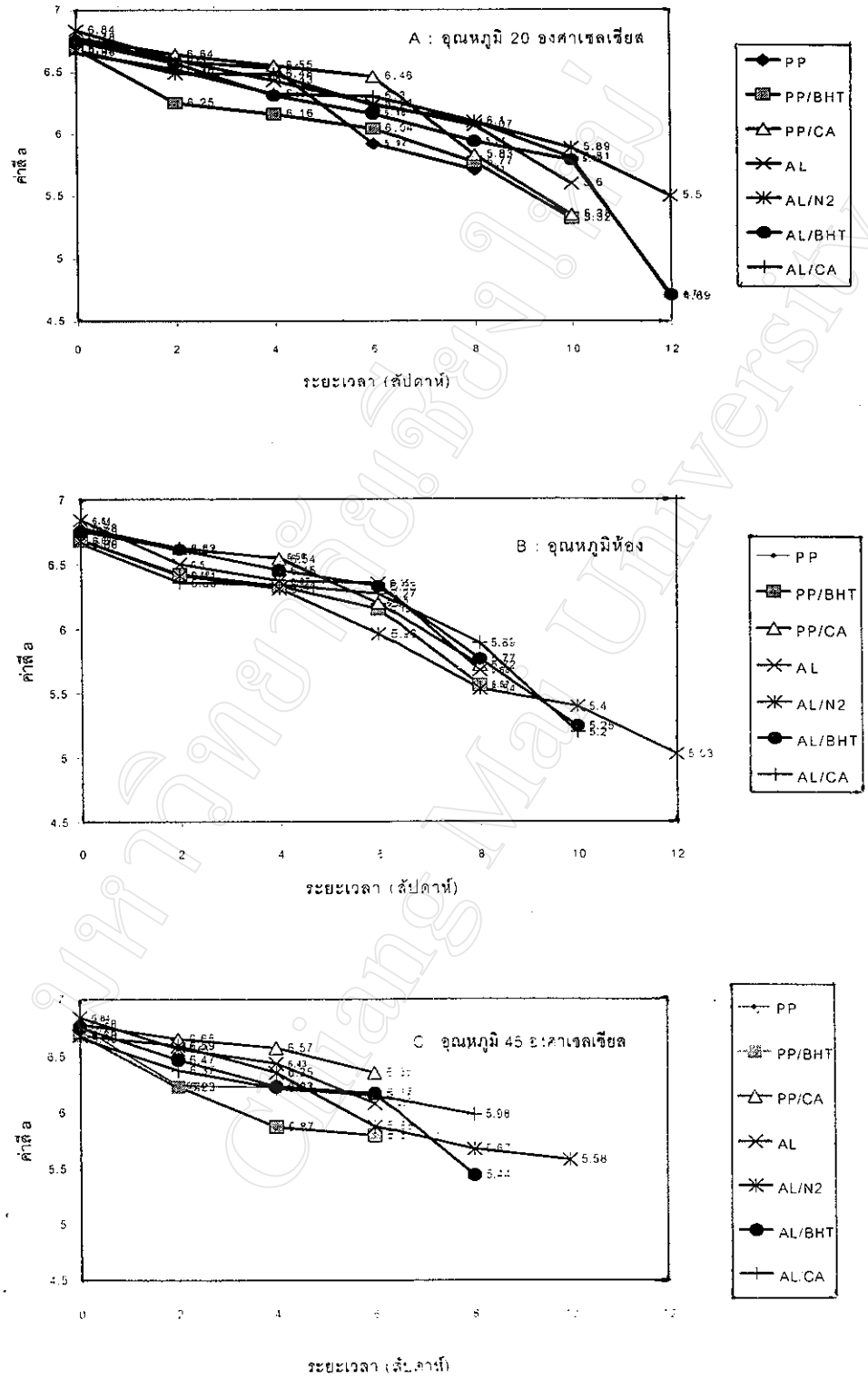
ภาพ 4.9 ค่ากลิ่นหืนของข้าวเกรียบปลาที่บรรจุถุงชนิดต่าง ๆ ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน



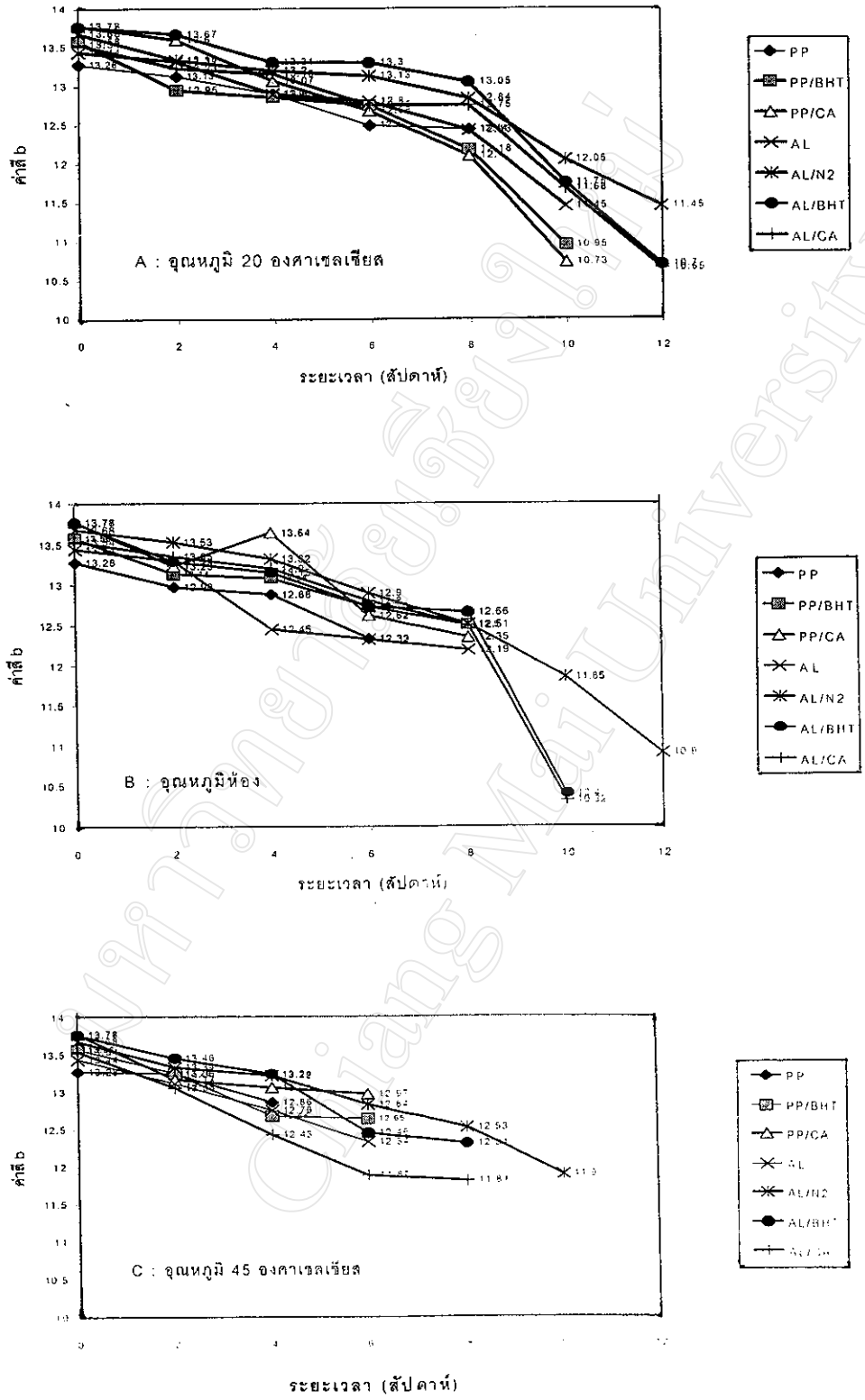
ภาพ 4.10 ค่าการยอมรับรวมของข้าวเกรียบปลาที่บรรจุถุงชนิดต่าง ๆ ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน



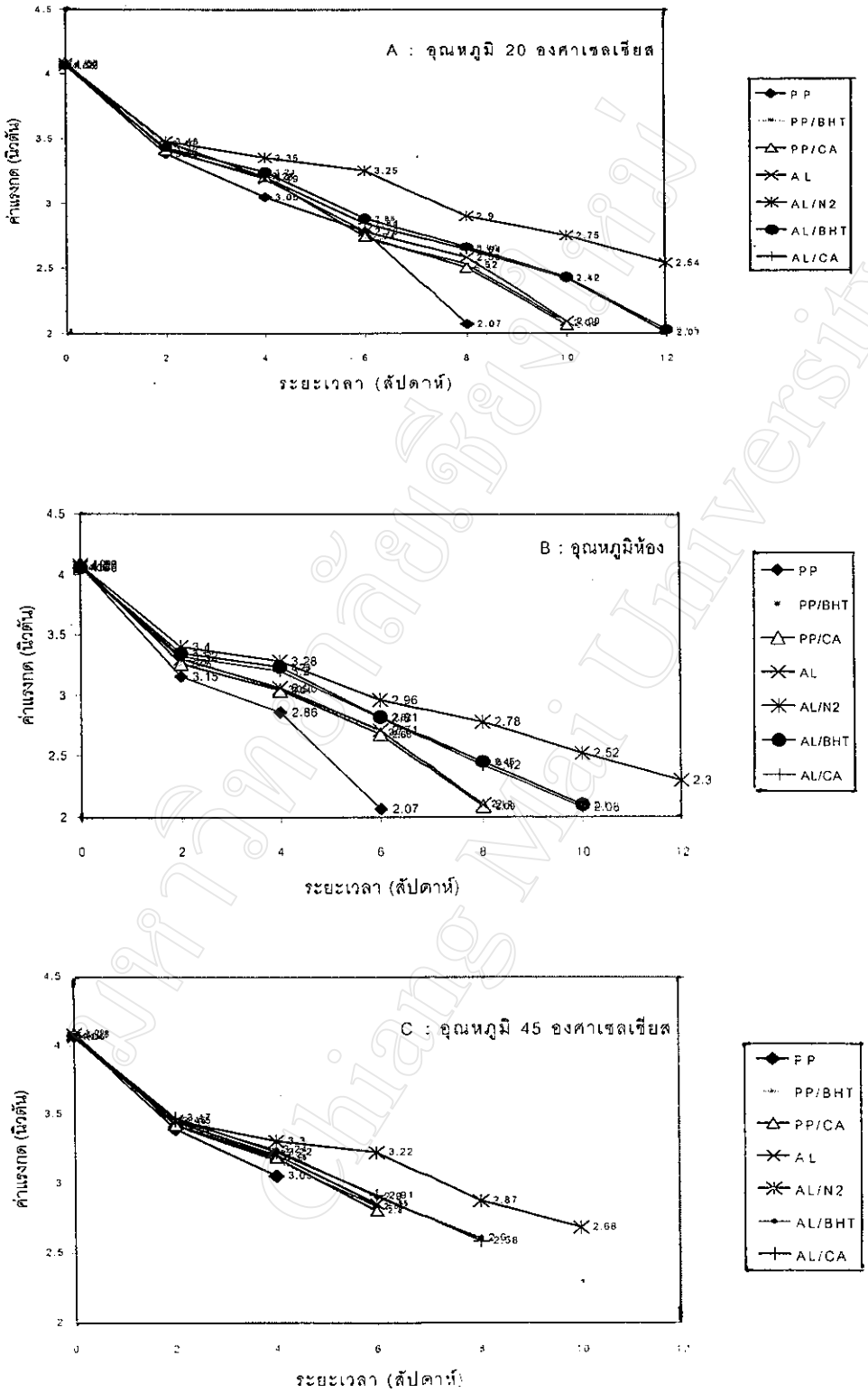
ภาพ 4.11 ค่าสี L ของข้าวเกรียบปลาที่บรรจุถุงชนิดต่าง ๆ ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน



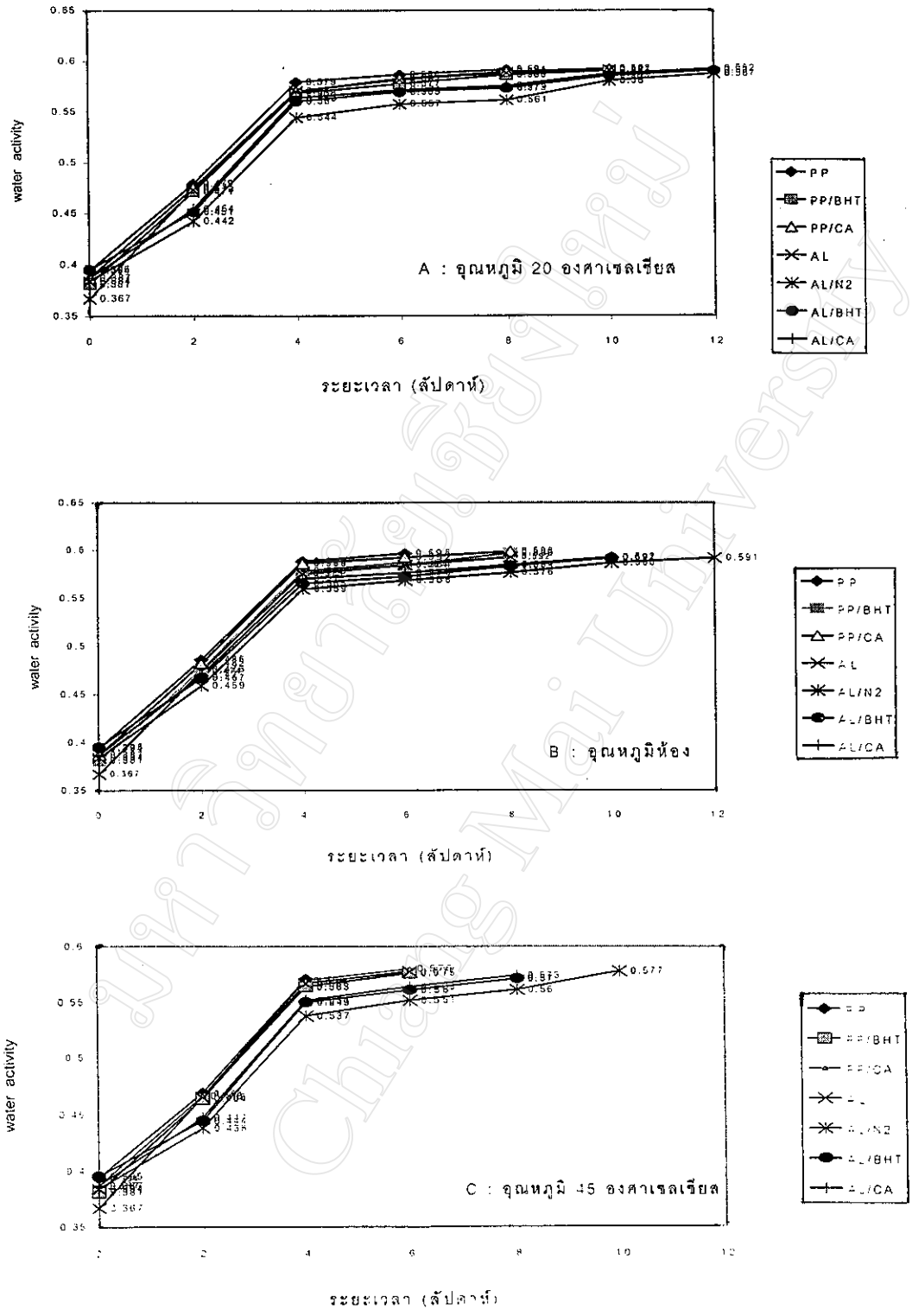
ภาพ 4.12 ค่าสี a ของข้าวเกรียบปลาที่บรรจุถุงชนิดต่าง ๆ ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน



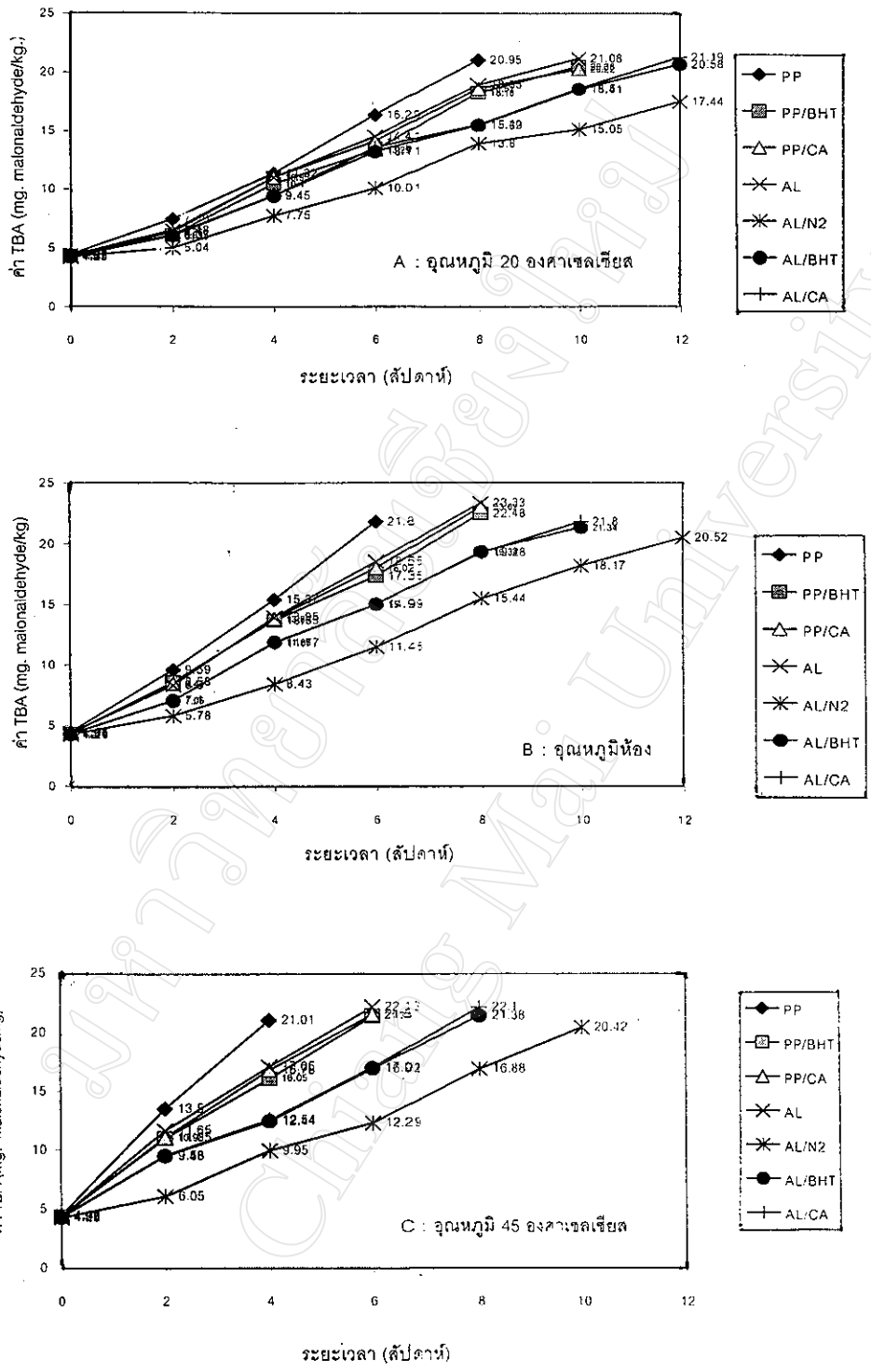
ภาพ 4.13 ค่าสี b ของข้าวเกรียบปลาที่บรรจุถุงชนิดต่าง ๆ ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน



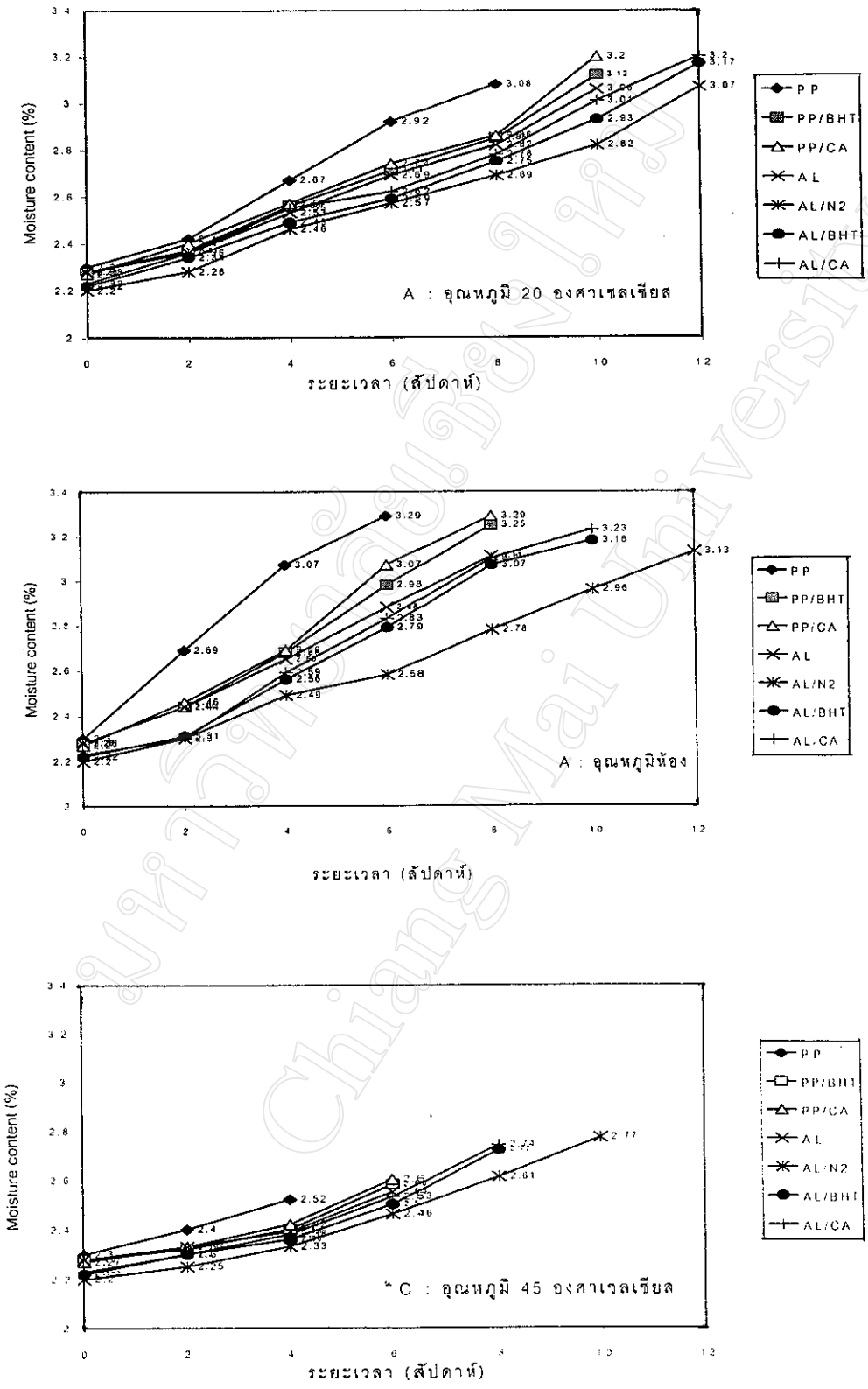
ภาพ 4.14 ค่าแรงกดของข้าวเกรียบปลาที่บรรจุถุงชนิดต่าง ๆ ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน (นิวตัน)



ภาพ 4.15 ค่า a_w ของข้าวเกรียบปลาที่บรรจุถุงชนิดต่าง ๆ ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน



ภาพ 4.16 ค่า TBA ของข้าวเกรียบปลาที่บรรจุถุงชนิดต่าง ๆ ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน (mg. malonaldehyde / kg.)



ภาพ 4.17 ปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบปลาที่บรรจุถุงชนิดต่าง ๆ ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน (%)

หมายเหตุ จากภาพ 4.7 - 4.17

-PP หมายถึงการทดลองที่ใส่ถุงโพลิโพรพิลีน ไม่ใส่สารกันหืน

-PP/BHT หมายถึงการทดลองที่ใส่ถุงโพลิโพรพิลีน ใส่สารกันหืนคือบิวทีเลทเตด ไฮดรอกซีโทลูอีน 0.02%

-PP/CA หมายถึงการทดลองที่ใส่ถุงโพลิโพรพิลีนใส่สารกันหืนคือ กรดซิตริก 0.028 %

-Al หมายถึง การทดลองที่ใส่ถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ ไม่ใส่สารกันหืน

-Al/N_2 หมายถึง การทดลองที่ใส่ถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ ไม่ใส่สารกันหืน เติมก๊าซไนโตรเจน

-Al/BHT หมายถึง การทดลองที่ใส่ถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ ใส่สารกันหืนคือ บิวทีเลทเตด ไฮดรอกซีโทลูอีน 0.02%

-Al/CA หมายถึง การทดลองที่ใส่ถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ใส่สารกันหืนคือกรดซิตริก 0.028%

จากผลการทดลองอายุการเก็บรักษาข้าวเกรียบปลาพบว่าข้าวเกรียบปลาที่บรรจุถุงโพลิโพรพิลีน ไม่ใส่สารกันหืน ที่อุณหภูมิ 20°ซ อุณหภูมิห้อง และ 45°ซ มีอายุการเก็บรักษาประมาณ 7.5, 4.5 และ 3.7 สัปดาห์ตามลำดับ

ข้าวเกรียบปลาที่บรรจุถุงโพลิโพรพิลีน ใส่สารกันหืนคือบิวทีเลทเตด ไฮดรอกซีโทลูอีน 0.02% ที่อุณหภูมิ 20°ซ อุณหภูมิห้อง และ 45°ซ มีอายุการเก็บรักษาประมาณ 9.5, 7.0 และ 5.5 สัปดาห์ตามลำดับ

ข้าวเกรียบปลาที่บรรจุถุงโพลิโพรพิลีน ใส่สารกันหืนคือคือกรดซิตริก 0.028% ที่อุณหภูมิ 20°ซ อุณหภูมิห้อง และ 45°ซ มีอายุการเก็บรักษาประมาณ 9.5, 6.8 และ 5.4 สัปดาห์ตามลำดับ

ข้าวเกรียบปลาที่บรรจุถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ ไม่ใส่สารกันหืน ที่อุณหภูมิ 20°ซ อุณหภูมิห้อง และ 45°ซ มีอายุการเก็บรักษาประมาณ 9.0, 6.6 และ 5.2 สัปดาห์ตามลำดับ

ข้าวเกรียบปลาที่บรรจุถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ ไม่ใส่สารกันหืน เติมก๊าซไนโตรเจน ที่อุณหภูมิ 20°ซ อุณหภูมิห้อง และ 45°ซ มีอายุการเก็บรักษาประมาณ 12.0, 11.5 และ 9.8 สัปดาห์ตามลำดับ

ข้าวเกรียบปลาที่บรรจุถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ ใส่สารกันหืนคือบิวทีเลทเตด ไฮดรอกซีโทลูอีน 0.02% ที่อุณหภูมิ 20°ซ อุณหภูมิห้อง และ 45°ซ มีอายุการเก็บรักษาประมาณ 11.5, 8.5 และ 7.5 สัปดาห์ตามลำดับ

ข้าวเกรียบปลาที่บรรจุถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ ใส่สารกันหืนคือกรดซิตริก 0.028% ที่อุณหภูมิ 20°ซ อุณหภูมิห้อง และ 45°ซ มีอายุการเก็บรักษาประมาณ 11.2, 8.5 และ 7.2 สัปดาห์ตามลำดับ

ถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ หนา 50 μm ที่ใช้ศึกษาการเก็บรักษาข้าวเกรียบปลา สามารถเก็บรักษาข้าวเกรียบปลาได้นานกว่าถุงโพลิโพรพิลีน ที่สภาวะการเก็บรักษาเดียวกัน

อุณหภูมิมีผลต่อระยะเวลาในการเก็บรักษาข้าวเกรียบปลา ที่อุณหภูมิ 20°ซ จะสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าอุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิห้องจะสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าอุณหภูมิ 45°ซ เมื่อใช้สารกันหืนและภาชนะบรรจุชนิดเดียวกัน

ข้าวเกรียบปลาที่บรรจุถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ ไม่ใส่สารกันหืน เติมก๊าซไนโตรเจนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20°ซ มีอายุการเก็บรักษานานที่สุด คือ 12 สัปดาห์ โดยผู้บริโภคยังยอมรับ

กรดซิตริกปกติจะไม่มีคุณสมบัติเป็นสารกันหืนเมื่ออยู่โดยลำพัง แต่จะช่วยให้วิตามินอีที่มีในน้ำมันปาล์มที่ใช้ทอดข้าวเกรียบมีประสิทธิภาพสูงขึ้น จึงทำให้อายุการเก็บรักษาข้าวเกรียบปลาที่เติมกรดซิตริกเพิ่มขึ้นกว่าข้าวเกรียบปลาที่มีแต่วิตามินอีเพียงอย่างเดียว (ข้าวเกรียบปลาที่ไม่ใส่สารกันหืน)