การปรับปรุงกระบวนการผลิตปลาหางควายแห้งปรุงรส

Process Improvement of Dried Seasoned Rough Flathead Fish

กอบพร ประทุมนพรัตน์

Kobporn Pratumnopharat

เลขหมู่ TX612.F5 ก๖๖ ๒๕๔๓ ก.๒
Order Key 28858
Bib Key 177705
๑๑ ก.ค. 2543

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ประมง

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Master of Science Thesis in Fishery Products Technology

Prince of Songkla University

2543

ชื่อวิทยานิพนธ์ การปรับปรุงกระบวนการผลิตปลาหางควายแห้งปรุงรส
ผู้เขียน นางสาวกอบพร ประทุมนพรัตน์
สาขาวิชา เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ประมง

คณะกรรมการที่ปรึกษา

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ไพรัตน์ โสภโณดร)

.....กรรมการ
(อาจารย์วรพงษ์ อัศวเกศมณี)

.....กรรมการ
(อาจารย์ปิยรัตน์ หนูสุก)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ไพรัตน์ โสภโณดร)

.....กรรมการ
(อาจารย์วรพงษ์ อัศวเกศมณี)

.....กรรมการ
(อาจารย์ปิยรัตน์ หนูสุก)

.....กรรมการ
(ดร.ก่องกาญจน์ กิจรุ่งโรจน์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เยาวลักษณ์ ดิสระ)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ประมง

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร. นพรัตน์ บำรุงรักษ์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์ การปรับปรุงกระบวนการผลิตปลาหางควายแห้งปรุงรส
ผู้เขียน นางสาวกอบพร ประทุมนพรัตน์
สาขาวิชา เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ประมง
ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการผลิตปลาหางควายแห้งปรุงรสทั้งแบบชิ้นและแบบบด ประกอบด้วย อุณหภูมิ ความเร็วลม ระยะเวลาในการหมักเครื่องปรุงรส และวิธีการทำแห้ง พบว่า อุณหภูมิและความเร็วลมในการทำแห้งโดยตู้อบลมร้อนที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้อัตราการอบแห้งเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) การอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 3 เมตรต่อวินาที ทำให้ผลิตภัณฑ์ทั้งแบบชิ้นและแบบบดได้คะแนนยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงสุด ส่วนระยะเวลาที่ใช้ในการทำแห้งมีผลต่อค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ และปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์สุดท้าย ผลของระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรสที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ความชื้นของผลิตภัณฑ์ และระยะเวลาในการทำแห้งลดลง ปลาหางควายปรุงรสแบบชิ้นที่ผ่านการหมักเครื่องปรุงรสเป็นเวลา 12 ชั่วโมง ได้รับคะแนนการยอมรับสูงสุด วิธีการทำแห้งที่แตกต่างกันแสดงผลที่แตกต่างกัน ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งแบบตากแดด แบบตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน และแบบตู้อบลมร้อน ใช้เวลาแตกต่างกันคือ 7 6 และ 4 ชั่วโมงตามลำดับ และผลิตภัณฑ์ที่ทำแห้งแบบตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อนได้รับการยอมรับสูงสุด

การคัดเลือกสมการเพื่อทำนายค่าซอร์ปชั่นไอโซเทอมแบบดูดและคายความชื้นของปลาหางควายแห้งปรุงรสทั้งแบบชิ้นและแบบบด พบว่าสมการของ GAB สามารถทำนายค่าได้ใกล้เคียงกับผลการทดลองมากที่สุด รองลงมาคือสมการของ Henderson Oswin และ Halsey ตามลำดับ

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาภายใต้สภาวะการบรรจุและอุณหภูมิที่แตกต่างกัน พบว่าเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งแตกต่างกันทั้ง 3 วิธีมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทำนองเดียวกัน โดยพบว่าการเก็บรักษาภายใต้สภาวะการบรรจุแบบธรรมดา ที่อุณหภูมิห้องมีการเปลี่ยนแปลงมากกว่าการบรรจุแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ความชื้น และค่าทีบีเอ เพิ่มขึ้น ($P<0.05$) ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าคะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี และความแข็งลดลง ในขณะที่กลิ่นหืนเพิ่มขึ้นจึงมีผลต่อคะแนนการยอมรับรวมลดลงเล็กน้อย

Thesis	Process Improvement of Dried Seasoned Rough Flathead Fish
Author	Miss Kobporn Pratumnopharat
Major Program	Fishery Product Technology
Academic Year	2000

ได้รับจาก
1 - 8 ก.ค. 2543

Abstract

Factors affecting the processing and quality of dried seasoned flathead fish in two different forms i.e. fillet and mince, including air temperature and velocity, seasoning time and drying methods were studied. The results showed that both air temperature and velocity of the tray dryer showed significantly effects on drying rate and quality of the products. As the temperature and air velocity increased the drying rates were increased. Drying at 50 ^{0}C and 3 m/s air velocity resulted in the highest score of overall acceptance for both fillet and mince forms. Whereas the drying time depended on the desired moisture content of the finished products. The longer seasoning time gave lower Aw and moisture content resulting in shorter drying time and higher sensory score. Different drying method showed differences in drying time and quality of the products. Both fillet and mince products could be dried within 7,6 and 4 h. using sun drying, sun drying with tray drying and tray drying, respectively. Product dried by sun drying with tray drying was the most acceptable product.

Studies on sorption isotherm, both adsorption and desorption of dried seasoned flathead fish fillet and mince were carried out. The most suitable equations for forecasting of the isotherm comparing to the experimental results was GAB equation, then Hendeson, Oswin and Halsey , equation respectively.

Changes in quality of the products during storage under different packing conditions and temperatures showed that as the storage time increased, the quality of the products produced by different drying methods were significantly changed in the similar trends. Products stored under normal air packaging and

room temperature gave more rapidly changes than vacuum packaging and 4 ^{0}C condition. It was also showed that Aw, moisture content and TBA as well as microorganism quality were slightly increased whereas the sensory attributes i.e. color, hardness and rancid flavor were increased resulting in decreases of overall acceptability.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ไพรัตน์ โสภโณดร ประธานกรรมการที่ปรึกษา อาจารย์วรพงษ์ อัศวเกศมณี และอาจารย์ปิยรัตน์ หนูสุก กรรมการที่ปรึกษา ที่กรุณาเสียสละเวลาให้คำแนะนำในการค้นคว้าและการเขียนวิทยานิพนธ์ ขอขอบพระคุณ ดร.ก่องกาญจน์ กิจรุ่งโรจน์ กรรมการผู้แทนคณะอุตสาหกรรมเกษตร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เยาวลักษณ์ ดิสระ กรรมการผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่กรุณาให้คำแนะนำและแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่สนับสนุนเงินในการวิจัย บริษัท เอสซี อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ปลาหางควาย ขอขอบคุณนักศึกษาปริญญาโททุกท่าน ที่มีส่วนช่วยเหลือในงานวิจัยและทดสอบชิมผลิตภัณฑ์

ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อคุณแม่ พี่ชายและน้องสาวที่ให้การสนับสนุนการศึกษาและเป็นกำลังใจในการศึกษาครั้งนี้สำเร็จไปด้วยดี

กอบพร ประทุมนพรัตน์

สารบาญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
Abstract	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(6)
สารบาญ	(7)
รายการตาราง	(8)
รายการตารางผนวก	(10)
รายการภาพ	(15)
บทที่	
1. บทนำ	1
บทนำต้นเรื่อง	1
ตรวจเอกสาร	3
วัตถุประสงค์	19
2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ	20
3. ผล และวิจารณ์	28
4. สรุป	128
เอกสารอ้างอิง	130
ภาคผนวก	135
ภาคผนวก ก. การวิเคราะห์ ทางเคมี และจุลินทรีย์	135
ภาคผนวก ข. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส	145
ภาคผนวก ค. สมการสำหรับวิเคราะห์ซอร์ปชั่นไอโซเทอม	147
ภาคผนวก ง. ผลวิเคราะห์ทางสถิติ	157
ประวัติผู้เขียน	198

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1.	สมการคณิตศาสตร์สำหรับค่าชอร์ปชั่นไอโซเทอมของอาหารชนิดต่าง ๆ	14
2.	ค่าเปอร์เซ็นต์ความเบี่ยงเบนเฉลี่ยของค่าที่คำนวณจากสมการกับค่าจากการทดลองของอาหารประเภทต่าง ๆ	15
3.	ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของสารละลายเกลืออิ่มตัวที่อุณหภูมิต่าง ๆ	24
4.	สมการคำนวณความชื้นสมดุล	24
5.	องค์ประกอบทางเคมีและจำนวนจุลินทรีย์ที่พบในปลาหางควายแช่เยือกแข็ง	28
6.	คุณภาพทางกายภาพของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้นที่ผ่านการทำแห้งอุณหภูมิและความเร็วลมต่างกัน	33
7.	คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้นที่ผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิและความเร็วลมต่างกัน	36
8.	คุณภาพทางกายภาพของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบดที่ผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิและความเร็วลมต่างกัน	42
9.	คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบดที่ผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิและความเร็วลมต่างกัน	45
10.	ผลของระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรสต่อ ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ และค่าความชื้นเริ่มต้นของปลาหางควายแบบชิ้น	48
11.	คุณภาพทางกายภาพของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้นที่ใช้ระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรสแตกต่างกัน	51
12.	คะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้นที่ระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรสแตกต่างกัน	53
13.	ค่าความชื้นสมดุลของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้นที่อุณหภูมิและค่าวอเตอร์แอคติวิตี้แตกต่างกัน	54
14	ค่าความชื้นสมดุลของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบดที่อุณหภูมิและค่าวอเตอร์แอคติวิตี้แตกต่างกัน	55

รายการตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
15. สมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่กับอุณหภูมิของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น	56
16. สมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่กับอุณหภูมิของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด	57
17. ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของสมการและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างสมการคณิตศาสตร์กับผลการทดลองของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้นที่เข้าสู่สมดุลแบบดูดความชื้น	58
18. ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของสมการและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างสมการคณิตศาสตร์กับผลการทดลองของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้นที่เข้าสู่สมดุลแบบคายความชื้น	58
19. ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของสมการและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างสมการคณิตศาสตร์กับผลการทดลองของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบดที่เข้าสู่สมดุลแบบดูดความชื้น	59
20. ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของสมการและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างสมการคณิตศาสตร์กับผลการทดลองของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบดที่เข้าสู่สมดุลแบบคายความชื้น	59
21. คุณภาพทางกายภาพของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้นที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน	71
22. คุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้นที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน	73
23. คุณภาพทางกายภาพของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบดที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน	77
24. คุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบดที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน	79

รายการตารางผนวก

ตารางผนวก	หน้า
ก. ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของสารละลายเกลืออิ่มตัวที่อุณหภูมิต่าง	144
ค1. ค่าคงที่ของสมการคณิตศาสตร์จากแบบจำลองต่าง ๆ ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส	153
ค2. ค่าคงที่ของสมการคณิตศาสตร์จากแบบจำลองต่าง ๆ ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส	153
ค3. ค่าคงที่ของสมการคณิตศาสตร์จากแบบจำลองต่าง ๆ ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส	154
ค4. ค่าคงที่ของสมการคณิตศาสตร์จากแบบจำลองต่าง ๆ ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส	154
ค5. ค่าคงที่ของสมการคณิตศาสตร์จากแบบจำลองต่าง ๆ ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส	155
ค6. ค่าคงที่ของสมการคณิตศาสตร์จากแบบจำลองต่าง ๆ ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส	155
ค7. ค่าคงที่ของสมการคณิตศาสตร์จากแบบจำลองต่าง ๆ ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส	156
ค8. ค่าคงที่ของสมการคณิตศาสตร์จากแบบจำลองต่าง ๆ ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส	156
ง1. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสีและค่าความแข็งของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ที่อุณหภูมิและความเร็วลมต่างกัน	157
ง2. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ที่อุณหภูมิและความเร็วลมต่างกัน	158
ง3. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการวัดค่าสีและค่าความแข็งของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด ที่อุณหภูมิและความเร็วลมต่างกัน	159

รายการตารางผนวก(ต่อ)

ตารางผนวก	หน้า
ง4. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด ที่อุณหภูมิและความเร็วลมต่างกัน	160
ง5. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการรวัดค่าสีและค่าความแข็งของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ที่ผ่านการหมักเครื่องปรุงรสเป็นเวลาต่างกัน	161
ง6. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัส ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ที่ผ่านการหมักเครื่องปรุงรสเป็นเวลาต่างกัน	162
ง7. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการวัดค่าสีและค่าความแข็งของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน	163
ง8. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน	164
ง9. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการรวัดค่าสีและค่าความแข็งของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด ที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน	165
ง10. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด ที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน	166
ง11. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการวัดค่าสีและค่าความแข็งของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ทำแห้งแบบตากแดด(ไม่ผ่านการทอด)ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	167
ง12. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการวัดค่าสีและค่าความแข็งของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้นทำแห้งแบบตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน(ไม่ผ่านการทอด)ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	168
ง13. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการวัดค่าสีและค่าความแข็งของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้นทำแห้งแบบตู้อบลมร้อน(ไม่ผ่านการทอด)ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	169

รายการตารางผนวก(ต่อ)

ตารางผนวก	หน้า
ง14. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการรวัดค่าสีและค่าความแข็งของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบดทำแห้งแบบตากแดด(ไม่ผ่านการทอด)ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	170
ง15. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการวัดค่าสีและค่าความแข็งของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบดทำแห้งแบบตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน(ไม่ผ่านการทอด)ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	171
ง16. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการวัดค่าสีและค่าความแข็งของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบดทำแห้งแบบตู้อบลมร้อน(ไม่ผ่านการทอด)ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	172
ง17. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความชื้นของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้นระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	173
ง18. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า วอเตอร์แอคติวิตี้ ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้นระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	174
ง19. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า ทีบีเอ ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้นระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	175
ง20. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความชื้น ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบดระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	176
ง21. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า วอเตอร์แอคติวิตี้ ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบดระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	177
ง.22. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าทีบีเอ ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบดระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	178
ง.23. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของปลาหางควายแห้งปรุงรส แบบชิ้นระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	179

รายการตารางผนวก(ต่อ)

ตารางผนวก	หน้า
ง24. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณยีสต์และรา ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้นระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	180
ง25. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบดระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	181
ง26. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณยีสต์และราของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด ะหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	182
ง27. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ทำแห้งโดยตากแดด(ไม่ผ่านการทอด)ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	183
ง28. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ทำแห้งโดยตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน (ไม่ผ่านการทอด)ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	185
ง29. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ทำแห้งโดยตู้อบลมร้อน(ไม่ผ่านการทอด)ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	187
ง30. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ทำแห้งโดยตากแดด(ผ่านการทอด)ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	189
ง.31 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ทำแห้งโดยตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน (ผ่านการทอด)ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	190
ง32. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ทำแห้งโดยตู้อบลมร้อน(ผ่านการทอด)ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	191

รายการตารางผนวก (ต่อ)

ตารางผนวก **หน้า**

ง33. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด ทำแห้งโดยการตากแดด(ไม่ผ่านการทอด)ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน 192

ง34. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด ทำแห้งโดยตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน(ไม่ผ่านการทอด)ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน 193

ง35. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด ทำแห้งโดยตู้อบลมร้อน(ไม่ผ่านการทอด)ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน 194

ง36. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด ทำแห้งโดยตากแดด(ผ่านการทอด)ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน 195

ง37. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด ทำแห้งโดยตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน(ผ่านการทอด)ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน 196

ง38. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด ทำแห้งโดยตู้อบลมร้อน(ผ่านการทอด)ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน 197

รายการภาพ

ภาพที่	หน้า
1. ปลาหางควาย	3
2. ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการทำแห้งของวัสดุและปริมาณความชื้นที่เวลาใดๆ ขณะอบแห้ง	8
3. กราฟแสดงซอร์ปชั่นไอโซเทอมที่อุณหภูมิคงที่	13
4. ซอร์ปชั่นไอโซเทอมแบบดูดและแบบคายความชื้นของไข่ปลากระบอกที่อุณหภูมิต่าง ๆ	17
5. ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการอบแห้งกับความชื้นของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น	30
6. ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการอบแห้งกับอัตราการอบแห้งของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น	31
7. ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีทางกายภาพกับค่าสีทางประสาทสัมผัสของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ที่อุณหภูมิและความเร็วลมต่างกัน	37
8. ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการอบแห้งกับความชื้นของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด	40
9. ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการอบแห้งกับอัตราการอบแห้งของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด	41
10. ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีทางกายภาพ กับค่าสีทางประสาทสัมผัส ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด ที่อุณหภูมิและความเร็วลมต่างกัน	46
11. ผลของระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรสต่อระยะเวลาการอบแห้งและอัตราการอบแห้งของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น	49
12. เปรียบเทียบเส้นซอร์ปชั่นไอโซเทอมแบบดูดความชื้นที่คำนวณได้จากสมการคณิตศาสตร์กับผลการทดลองของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น	60
13. เปรียบเทียบเส้นซอร์ปชั่นไอโซเทอมแบบคายความชื้นที่คำนวณได้จากสมการคณิตศาสตร์กับผลการทดลองของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น	61
14. เปรียบเทียบเส้นซอร์ปชั่นไอโซเทอมแบบดูดความชื้นที่คำนวณได้จากสมการคณิตศาสตร์กับผลการทดลองของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด	62
15 เปรียบเทียบเส้นซอร์ปชั่นไอโซเทอมแบบคายความชื้นที่คำนวณได้จากสมการคณิตศาสตร์กับผลการทดลองของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด	63

รายการภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
16. เส้นซอร์ปชั่นไอโซเทอมของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้นจากสมการของ GAB ที่อุณหภูมิ 30 - 60 องศาเซลเซียส	65
17. เส้นซอร์ปชั่นไอโซเทอมของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบดจากสมการ GAB ที่อุณหภูมิ 30 - 60 องศาเซลเซียส	66
18. เปรียบเทียบเส้นซอร์ปชั่นไอโซเทอมแบบดูดและแบบคายความชื้นจากสมการ GAB ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส	67
19. ผลของวิธีการทำแห้งของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้นต่อ ระยะเวลาการอบแห้ง(ก) และ อัตราการอบแห้ง(ข)	69
20. ผลของวิธีการอบแห้งของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบดต่อ ระยะเวลาการอบแห้ง(ก) และ อัตราการอบแห้ง(ข)	75
21. การเปลี่ยนแปลงค่า L (ก) a (ข) และ b (ค) ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ทำแห้งแบบตากแดด ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	82
22. การเปลี่ยนแปลงค่า L (ก) a (ข) และ b (ค) ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ทำแห้งแบบตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุ และอุณหภูมิต่างกัน	83
23. การเปลี่ยนแปลงค่า L (ก) a (ข) และ b (ค) ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ทำแห้งแบบตู้อบลมร้อน ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิ ต่างกัน	84
24. การเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ระหว่างการเก็บรักษา ในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	86
25. การเปลี่ยนแปลงค่า L (ก) a (ข) และ b (ค) ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด ทำแห้งแบบตากแดด ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	88
26. การเปลี่ยนแปลงค่า L (ก) a (ข) และ b (ค) ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด ทำแห้งแบบตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุ และอุณหภูมิต่างกัน	89

รายการภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
27. การเปลี่ยนแปลงค่า L (ก) a (ข) และ b (ค) ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด ทำแห้งแบบตู้อบลมร้อน ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	90
28. การเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	92
29. การเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	94
30. การเปลี่ยนแปลงค่า Aw ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	95
31. การเปลี่ยนแปลงค่าทีบีเอ ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	97
32. การเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	99
33. การเปลี่ยนแปลงค่า Aw ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	100
34. การเปลี่ยนแปลงค่าทีบีเอ ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	101
35. การเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	103
36. การเปลี่ยนแปลงปริมาณยีสต์และราของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	105
37. การเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	107
38. การเปลี่ยนแปลงปริมาณยีสต์และราของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	108

รายการภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
39. การเปลี่ยนแปลงคะแนนการทดสอบค่าสีของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น (ไม่ผ่านการทอด)ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	111
40. การเปลี่ยนแปลงคะแนนการทดสอบค่าความแข็งของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น (ไม่ผ่านการทอด)ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	112
41. การเปลี่ยนแปลงคะแนนการทดสอบค่ากลิ่นหืนของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น (ไม่ผ่านการทอด)ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	113
42. การเปลี่ยนแปลงคะแนนการทดสอบค่าการยอมรับรวมของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น (ไม่ผ่านการทอด)ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	114
43. การเปลี่ยนแปลงคะแนนการทดสอบค่ากลิ่นหืนของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น (ผ่านการทอด)ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	116
44. การเปลี่ยนแปลงคะแนนการทดสอบค่ารสชาติผิดปกติของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น (ผ่านการทอด)ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	117
45. การเปลี่ยนแปลงคะแนนการทดสอบค่าการยอมรับรวมของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น (ผ่านการทอด)ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	118
46. การเปลี่ยนแปลงคะแนนการทดสอบค่าสีของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด (ไม่ผ่านการทอด)ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	120
47. การเปลี่ยนแปลงคะแนนการทดสอบค่าความแข็งของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด (ไม่ผ่านการทอด)ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	121
48. การเปลี่ยนแปลงคะแนนการทดสอบค่ากลิ่นหืนของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด (ไม่ผ่านการทอด)ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	122
49. การเปลี่ยนแปลงคะแนนการทดสอบค่าการยอมรับรวมของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด (ไม่ผ่านการทอด)ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	123
50. การเปลี่ยนแปลงคะแนนการทดสอบค่ากลิ่นหืนของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด (ผ่านการทอด)ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	125

รายการภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
51. การเปลี่ยนแปลงคะแนนการทดสอบค่ารสชาติผิดปกติของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด (ผ่านการทอด)ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	126
52. การเปลี่ยนแปลงคะแนนการทดสอบค่าการยอมรับรวมของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด (ผ่านการทอด)ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน	127

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการผลิตและการส่งออกสินค้าเกษตรกรรมที่สำคัญประเทศหนึ่ง สามารถทำรายได้เข้าประเทศปีละกว่าแสนล้านบาท โดยเฉพาะสินค้าหมวดอาหารของไทยมีการขยายตัวสูงขึ้นเกือบทุกปีโดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 70 ของสินค้าหมวดอาหาร เป็นอาหารทะเลแปรรูป ได้แก่ อาหารทะเลแช่เยือกแข็ง อาหารทะเลตากแห้ง และอาหารทะเลแปรรูปอื่น ๆ ซึ่งเป็นกลุ่มสินค้าที่มีมูลค่าการส่งออกสูงสุดในปี 2539 ส่งออกได้มูลค่าทั้งสิ้น 102,336.7 ล้านบาท ปี 2540 ส่งออกได้มูลค่าสูงขึ้นร้อยละ 25.39 และปี 2541 ส่งออกได้มูลค่าเพิ่มขึ้นเป็น 163,608.80 ล้านบาท หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 27.50 นอกจากนี้ผู้ผลิตยังได้นำเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่ทันสมัย มาใช้ในกระบวนการผลิตเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีมาตรฐานตรงตามความต้องการผู้บริโภค และเพิ่มศักยภาพของการส่งออก (นิรนาม, 2541)

อาหารทะเลแปรรูปที่สำคัญอย่างหนึ่ง คือผลิตภัณฑ์ปลาแห้งซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้กรรมวิธีการทำแห้งในการถนอมอาหาร ทำให้สามารถเก็บรักษาสัตว์น้ำที่มีปริมาณมากในฤดูกาลหนึ่งไว้บริโภคนานขึ้น การทำแห้งได้มีการผลิตมานานแล้ว โดยใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์หรือจากตู้อบแห้ง ซึ่งวิธีการทั้งสองมีข้อดีและข้อเสียต่างกัน อย่างไรก็ตามวิธีการทำแห้งที่ไม่เหมาะสมอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะปลาที่ผ่านการทำแห้งมีลักษณะแข็งเกิดจากการเสียสภาพของโปรตีนเนื่องมาจากการทำแห้งแบบช้า และใช้เวลานานเกินไป (FAO, 1978) นอกจากนี้การใช้เวลานานเกินไปอาจทำให้เกิดการปนเปื้อนสูง จนอาจไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคซึ่งขึ้นอยู่กับกระบวนการทำแห้ง และสภาพภูมิอากาศ

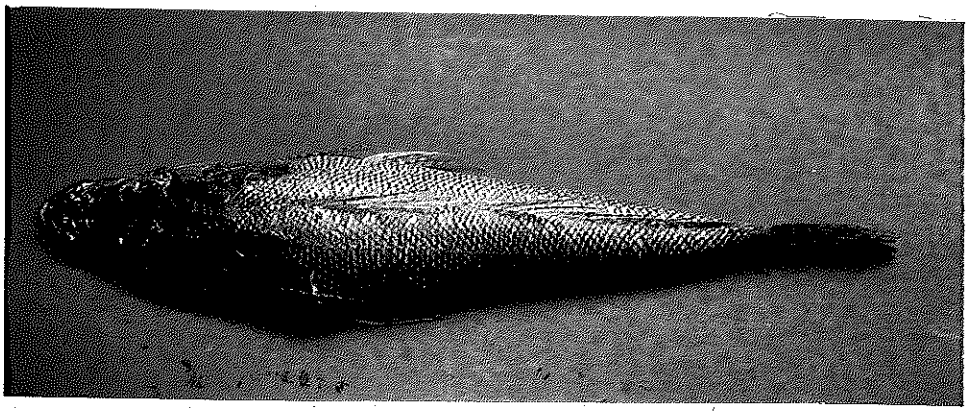
ดังนั้นหากมีความเข้าใจในกระบวนการอบแห้งที่ดี อาจช่วยให้กระบวนการอบแห้งเป็นกระบวนการที่นิยมนำมาใช้กับผลิตผลทางการเกษตร เพื่อใช้ลดการสูญเสีย ยืดระยะเวลาการเก็บรักษาและสะดวกในการขนส่ง เนื่องจากเป็นกระบวนการผลิตที่ไม่สลับซับซ้อน แต่ต้องมีการวางแผนการดำเนินการอบแห้ง ภายใต้สภาวะอากาศ และเงื่อนไขบางอย่างที่จำเป็น เช่น อุณหภูมิ ความเร็วของลมร้อน นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ พลังงาน และระยะเวลาในการอบแห้ง (มานิต สุขจินดา, 2536)

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีเป้าหมายเพื่อ ศึกษาปัจจัยการผลิตที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรส ซึ่งเป็นปลาเนื้อขาวที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภค ราคาถูก และหาซื้อได้ตลอดทั้งปี ได้แก่ อุณหภูมิและความเร็วลมในการทำแห้ง ระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรส กรรมวิธีที่เหมาะสมในการทำแห้ง การหาค่าซอร์ปชันไอโซเทอม เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตรงตามความต้องการของผู้บริโภค นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าแก่วัตถุดิบที่มีอยู่มากมายได้อย่างเต็มที่

ตรวจเอกสาร

1. ปลาหางควาย

ปลาหางควาย (Rough flathead fish) จัดอยู่ในวงศ์ Platycephalidee ชื่อวิทยาศาสตร์ *Grammoplites scaber* ลักษณะหัวใหญ่ ความยาวประมาณ 1 ใน 5 ของความยาวลำตัว บนหัวมีลักษณะเป็นสันมีหนาม ปากกว้างฟันเล็ก กระดูกหน้าแก้มมีหนามแหลม 2 อัน ตาเล็ก ครีบหูยื่นออกจากด้านข้างของลำตัว ส่วนท้องมีครีบติดกันเป็นแนวยาว ครีบหลังอันแรกเป็นก้านครีบแข็งต่อด้วยครีบอ่อนจนจรดโคนหาง หางเล็กตัดตรง เส้นข้างตัวมีหนามแหลมเล็ก ๆ สีด้านบนมีสีเขียวขี้ม้าอมน้ำตาล พื้นท้องด้านล่างมีสีขาว ขนาดใหญ่ที่สุดประมาณ 60 เซ็นติเมตร (ภาพที่ 1) อาศัยอยู่ตามท้องทะเลโคลนปนทราย ปริมาณการจับมากที่สุดในช่วงเดือนตุลาคม-ธันวาคมของทุกปี และพบมากในจังหวัดนครศรีธรรมราช สมุทรปราการ ชลบุรี ระนอง เนื่องจากเป็นปลาเนื้อขาวรสชาติดี ราคาถูกจึงนิยมนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์ลูกชิ้น และปลาแห้งปรุงรส (กรมประมง, 2530)



ภาพที่ 1 ปลาหางควาย

2. ผลิตภัณฑ์ปลาแห้งปรุงรส

ผลิตภัณฑ์ปลาแห้งปรุงรสอาจทำได้จากปลาหลายชนิด เช่น ปลาซาร์ดีน ปลาทูน่า ปลาทรายแดง ปลาเอนโชวี่ แฮริ่ง แมคเคอเรล เป็นต้น โดยใช้ปลาที่มีขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ถ้าเป็นปลาขนาดใหญ่ จะต้องนำมาแล่เป็นชิ้นเล็ก ๆ ก่อนนำไปแช่ในซอสปรุงรส ซึ่งประกอบด้วย ซอสถั่วเหลือง น้ำตาล เหล้าสาเก ผงชูรส เป็นเวลา 1 - 2 ชั่วโมง จากนั้นนำไปทำแห้งโดยใช้แสงแดด หรือตู้อบแห้ง (Nielsen and Bruun, 1990) ผลิตภัณฑ์ปลาแห้งปรุงรสในปัจจุบันมีการผลิตหลายรูปแบบ ดังนี้

2.1 ผลิตภัณฑ์ปลาเส้นแห้ง ปลาเส้นแห้งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการผลิตในประเทศจีน ญี่ปุ่น และประเทศอื่น ๆ ทางตอนใต้ของเอเชีย สามารถนำมารับประทานเป็นกับข้าว หรือ รับประทานกับขนมปังและขนมปังเนย ลักษณะของปลาเส้นจะนุ่มฟู และรสชาติดี (Nielsen and Bruun, 1990)

2.2 ผลิตภัณฑ์ปลาหวาน ปลาหวานเป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมบริโภค แต่บางคนอาจไม่คุ้นเคยกับปลาที่มีรสหวาน อาจนำไปรับประทานเป็นกับแกล้มหรืออาหารคาวก็ได้ วิธีการทำโดยการนำเนื้อปลามาแล่เป็นแผ่นบาง ล้างด้วยน้ำเกลือแล้วนำไปผึ่งให้เสด็ดน้ำ ก่อนนำมาคลุกเคล้ากับส่วนผสมของน้ำตาลทรายและเกลือ ทิ้งไว้ประมาณ 1 คืน จากนั้นก็นำไปตากแดดประมาณ 6 ชั่วโมง แล้วนำมาทอดก่อนรับประทาน ปลาที่ใช้ทำปลาหวานควรเป็นปลาสดเพราะจะได้เนื้อปลาที่ไม่เหลวเละ และสามารถแล่ได้เป็นชิ้นบาง ปลาที่นิยมนำมาทำเป็นปลาหวาน คือ ปลาริวกิว ปลาทู ปลาฉลาม และปลาลิ้นหมา (ทัศนีย์ ลิ้มสกุล, 2536)

2.3 ปลาขนาดเล็กแห้ง โดยนำปลาที่มีขนาดเล็กมาหมักกับเกลือร้อยละ 20 - 30 ทิ้งไว้ข้ามคืน หรือแช่ในน้ำเกลือ 15 บรูเม่ เป็นเวลา 6 - 8 ชั่วโมง หรือไม่มีการใส่เกลือ ก่อนนำไปทำแห้ง (Nielsen and Bruun, 1990)

2.4 ปลาขนาดใหญ่แห้ง ทำจากปลาที่ผ่านการตัดหัวควักไส้ และผ่ากลาง แช่ในน้ำเกลือเจือจางตากแดดเป็นเวลา 24 ชั่งโมง นำไปปิ้งก่อนรับประทาน (Nielsen and Bruun, 1990)

2.5 ปลาริ้วแห้ง เตรียมจากปลาตัวแบน โดยเฉพาะปลาฮาลีบัทซึ่งมีไขมันร้อยละ 2 ทำการกรีดตัวปลาเป็นริ้วยาวให้ติดกันที่กระดูกคอ แต่ละริ้วกว้างประมาณ 1 – 2 นิ้ว หลังจากนั้นหมักด้วยเกลือแล้วทำแห้ง (Nielsen and Bruun, 1990)

2.6 ปลาแผ่นปรุงรส ทำได้โดยการนำเนื้อปลามาบดผสมกับเครื่องปรุงรสก่อนรีดเป็นแผ่นบาง ๆ นำไปตากแห้ง (นงนุช รักสกุลไทย, 2538)

2.7 Mirinboshi (seasoned dried sarines) เป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมในประเทศญี่ปุ่นทำจากปลาขนาดเล็ก (5 - 10 เซ็นติเมตร) วิธีการทำจะแช่แข็งปลาที่มีความสดมากไว้ประมาณ 1 เดือน เป็นอย่าง

น้อย เพื่อที่เวลานำปลามาทำให้คืนตัว เนื้อจะมีลักษณะนิ่มและสามารถหักหัวออกจากตัวได้ ดึงอวัยวะภายในออกได้ง่าย หลังจากนั้นจะแล่ปลาเป็นแบบผีเสื้อ (butterfly - fillet) ล้างน้ำให้สะอาดก่อนนำไปปรุงรส 1 คืนโดยแช่ในห้องเย็น ส่วนประกอบของเครื่องปรุงรสโดยทั่วไปมี ซีอิ๊ว 5 ส่วน น้ำตาล 1 ส่วน เหล้าสาเกหวาน (mirin) 1 ส่วน เกลือ 0.1 ส่วน และผงชูรสประมาณร้อยละ 0.1 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด อาจเติมเจลาตินลงไปด้วยเล็กน้อย หลังจากนั้นนำไปตากแดดจนแห้งใช้เวลา 1-3 วัน แล้วใช้งาโรยบนตัวปลาเล็กน้อย ก่อนจะทาบนตัวปลาด้วย Arabian gum แล้วผึ่งให้แห้งอีกครั้งหนึ่ง ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้พบว่าเก็บได้ประมาณ 1-2 เดือน ก่อนรับประทานนำไปย่างก่อน (นงนุช รักสกุลไทย, 2538)

2.8 ปลาสะเต๊ก (Satay - Ikan) ผลิตจากเนื้อปลาบดที่ผ่านการล้างน้ำแล้ว ผสมกับเครื่องปรุงนวดให้เหนียว แล้วรีดบนแผ่นพิมพ์เพื่อทำให้เป็นรูปกลม สามเหลี่ยม หรือสี่เหลี่ยม ตามต้องการ นำไปตากแห้งจนความชื้นเหลือประมาณร้อยละ 40 ถึง 50 อาจเสียบไม้ก่อนนำไปทอดในน้ำมันซึ่งเติมน้ำตาลลงไปด้วย น้ำตาลจะเคลือบผิวของชิ้นปลาทำให้ดูเป็นเงา (นงนุช รักสกุลไทย, 2538)

3. วัตถุดิบในผลิตภัณฑ์ปลาแห้งปรุงรส

3.1 น้ำตาล

น้ำตาลซูโครสเป็นน้ำตาลสองชั้นประกอบด้วยน้ำตาลชั้นเดียว 2 ชนิด คือ น้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตส เป็นผลึกสีขาวมีรสหวาน น้ำตาลซูโครสเองไม่สามารถป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ได้ โดยเฉพาะในกรณีที่มีน้ำตาลซูโครสปริมาณเล็กน้อยจะกลายเป็นสารอาหารสำหรับการเจริญของจุลินทรีย์ แต่น้ำตาลซูโครสประมาณร้อยละ 60 สามารถป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ได้ (ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก, 2532) โดยปฏิกิริยาการต่อต้านจุลินทรีย์ของน้ำตาลซูโครสเกิดจาก น้ำตาลซูโครสไปลดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ในอาหาร เพราะน้ำตาลซูโครสมีกลุ่มไฮดรอกซิลจำนวนมากที่มีคุณสมบัติจับกับน้ำได้ดี จึงทำให้น้ำตาลซูโครสสามารถแตกตัวและกระจายตัวได้ดีในน้ำ (ณรงค์ นิยมวิทย์, 2538) ทำให้ค่า วอเตอร์แอคติวิตี้ของอาหารลดลง การถนอมอาหารด้วยน้ำตาลซูโครสอาจทำได้โดยการแช่ในสารละลายน้ำตาล หรือเติมน้ำตาลลงในอาหารโดยตรง

3.2 ซอร์บิทอล

ซอร์บิทอลเป็นน้ำตาลแอลกอฮอล์ชนิดหนึ่ง มีลักษณะเป็นผลึกสีขาว รสหวาน ละลายในน้ำได้ แต่ไม่ละลายในเอทธานอล สามารถสกัดได้จากผลไม้เช่น แพร์ แอปเบิ้ล พีช และเบอรี่ (ศิวาพร ศิวเวชช, 2529)

3.3 เกลือ

มีการใช้เกลือในอาหาร เช่น เนื้อสด ผลิตภัณฑ์ปลา เพื่อช่วยเพิ่มรสชาติให้แก่อาหาร เกลือแกงที่มีความเข้มข้นสูงสามารถป้องกันการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ได้ (Frazier, 1967) Lupin (1982 อ้างโดย นงนุช รักสกุลไทย, 2538) ได้กล่าวถึง บทบาทและหน้าที่ของเกลือมีดังต่อไปนี้

1. เกลือสามารถดึงน้ำออกจากตัวปลา เนื่องจากความเข้มข้นของเกลือกับเนื้อปลาต่างกันจึงทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของมวลทำให้น้ำในตัวปลาลดลงและความเข้มข้นของเกลือจะเพิ่มขึ้น

2. ประจุบวกของเกลือแกง สามารถรวมกับประจุลบของ protoplasm ในเซลล์ของจุลินทรีย์ทำให้เกิดสารที่เป็นพิษกับจุลินทรีย์เอง

3. เกลือแกงทำให้ระบบเอนไซม์ของจุลินทรีย์เปลี่ยนไปโดยเฉพาะเอนไซม์ที่ย่อยโปรตีน ทำให้ยับยั้งหรือทำลายปฏิกิริยาของเอนไซม์ได้

4. น้ำเกลือสามารถไปลดปริมาณออกซิเจนที่สัมผัสกับเนื้อปลาหรือจุลินทรีย์ทำให้มีผลกับจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศและลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมัน

5. เกลือแกงมีคุณสมบัติร่วมกับสารอื่นๆ เช่น เมื่อมีเกลืออาจทำให้จุลินทรีย์ถูกทำลายได้ง่ายขึ้นเนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์หรือจากกรด

4. การทำแห้งอาหาร

การทำแห้งอาหาร โดยทั่วไปหมายถึง การกำจัดความชื้นออกจากอาหารโดยมีวัตถุประสงค์ที่สำคัญคือ เพื่อเก็บรักษาอาหาร ถนอมผลิตภัณฑ์ และยืดอายุการเก็บรักษา เนื่องจากการลดความชื้นของผลิตภัณฑ์ จนถึงระดับที่สามารถป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์หรือปฏิกิริยาเคมีและเอนไซม์ได้ (รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต, 2535)

4.1 กลไกลการทำแห้ง

ขณะทำแห้งอาหารมีกระบวนการพื้นฐานเกิดขึ้นพร้อมกัน 2 กระบวนการ ได้แก่ (ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก, 2532)

1. การถ่ายเทความร้อน การถ่ายเทความร้อนจะเกิดขึ้นที่จุดความแตกต่างของอุณหภูมิ นั่นคือ อาหารกับตัวนำความร้อน การทำแห้งทางด้านการค้าอาจใช้การนำความร้อน การพาความร้อน การแผ่รังสีความร้อน หรือใช้วิธีร่วมกัน

2. การเคลื่อนย้ายของน้ำในอาหาร เมื่ออาหารได้รับความร้อนระหว่างการทำแห้ง น้ำที่อยู่ในอาหารจะเคลื่อนตัวออกจากอาหาร ลักษณะการเคลื่อนที่ของน้ำในอาหาร อาจเป็นลักษณะการเคลื่อนที่ของของเหลวหรือไอ โดยน้ำหรือไอภายในอาหารจะเคลื่อนที่มาที่ผิวหน้าของวัตถุและกลายเป็นไอระเหยออกไปสู่รอบบรรยากาศของตู้อบ พบว่าการไหลของของเหลวและสภาพภายนอก ได้แก่ อุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม มีส่วนเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนตัวของน้ำในระหว่างการทำแห้ง

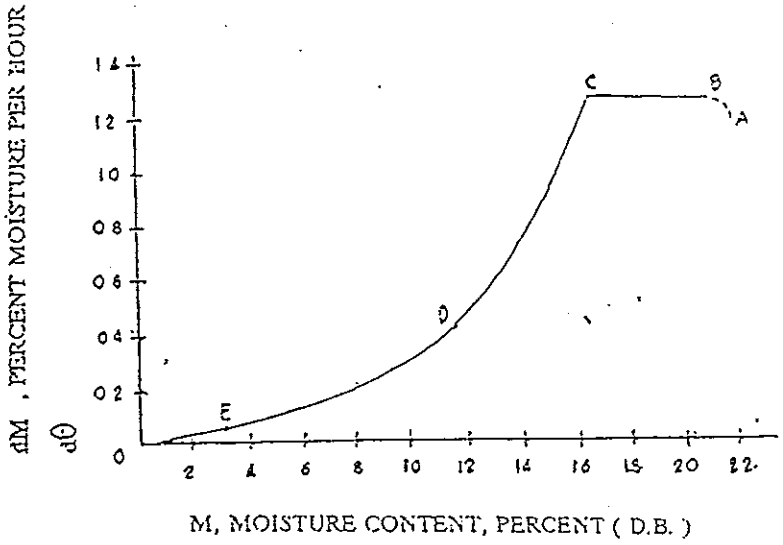
4.2 อัตราการทำแห้ง (Drying rate)

อัตราการทำแห้ง เป็นการวัดความเร็วหรือความสามารถในการระเหยของน้ำต่อเวลาหรือต่อพื้นที่โดยมีความสัมพันธ์ดังนี้ (Nonhebel and Moss, 1971 , อ้างโดย กิตติวัฒน์ วงศ์พิศาล, 2537)

$$\text{อัตราการทำแห้ง} = \frac{\text{ปริมาณน้ำที่ระเหยไป}}{\text{ระยะเวลา}}$$

Hall (1980) กล่าวว่า อัตราการทำแห้งโดยทั่วๆไปแบ่งออกเป็น 2 ช่วงหลัก คือช่วงอัตราทำแห้งคงที่ (constant rate period) และช่วงอัตราการทำแห้งลดลง (falling rate period) ดังแสดงในภาพที่ 2 ซึ่งเห็นว่า ช่วง AB เป็นช่วงที่วัสดุเริ่มได้รับความร้อนแล้วมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ช่วง BC เป็นช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ การเคลื่อนที่ของน้ำจากผิวหน้าวัสดุไปยังอากาศร้อนจะเท่ากับการเคลื่อนที่ของน้ำภายในวัสดุมายังผิวหน้า ดังนั้นอุณหภูมิที่ผิวหน้าของวัสดุจะเท่ากับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศ จุด C เป็นจุดที่เปลี่ยนจากอัตราการอบแห้งคงที่เป็นช่วงอัตราการอบแห้งลดลง (CE) ความชื้นจุดนี้เรียกว่าความชื้นวิกฤต (critical moisture content) ซึ่งขึ้นอยู่กับ ชนิดของวัสดุ และสภาวะการทำแห้ง ช่วงอัตราการอบแห้งลดลงแบ่งเป็นสองช่วงย่อยคือ ช่วงอัตราการอบแห้งลดลงช่วงที่หนึ่ง (first falling rate period, CD) และช่วงอัตราการทำแห้งลดลงช่วงที่สอง (second falling rate period, DE) ในช่วงอัตราการทำแห้งลดลง ปริมาณความชื้นของวัสดุต่ำกว่าปริมาณความชื้นวิกฤต อัตราการเคลื่อนที่ของน้ำจากภายในวัสดุมายังผิวหน้า ต่ำกว่าการระเหยของน้ำจากผิวหน้าวัสดุสู่อากาศร้อน และอัตราการทำแห้งจะเป็นศูนย์เมื่อวัสดุมีความชื้นเท่ากับปริมาณความชื้นสมดุล (equilibrium moisture content)

Kannan และ Bandyopadhyay (1995) ได้ศึกษาอัตราการอบแห้งปลาทรายแดงที่อุณหภูมิ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส และความเร็วลม 0.818 เมตรต่อวินาที โดยใช้ปลารูปทรงสี่เหลี่ยมผืนยาว 37.44 มิลลิเมตร กว้าง 21.11 มิลลิเมตร และหนา 7.21 มิลลิเมตร ผลการทดลองพบว่า ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ใช้เวลาประมาณ 1 ถึง 1.5 ชั่วโมง สำหรับช่วงการอบแห้งลดลงแสดงให้เห็นเป็น 2 ช่วง โดยช่วงแรกจะสิ้นสุดเมื่อความชื้นวิกฤตมีค่าระหว่างร้อยละ 1.0 ถึง 4.4 และช่วงที่สองเป็นช่วงที่มีความสำคัญต่อช่วงอัตราการอบแห้งลดลงซึ่งคิดเป็น ร้อยละ 67 ถึง 89 ของอัตราการทำแห้งช่วงลดลงทั้งหมด



ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการทำแห้งของวัสดุและปริมาณความชื้นที่เวลาใดๆ ขณะอบแห้ง

ที่มา : Hall (1980)

4.3 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการทำแห้งอาหาร

ในการทำแห้งอาหารทั่วๆไป มีปัจจัยหลายประการที่ทำให้การทำแห้งนั้นเกิดได้เร็วหรือช้า ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้ (สมบัติ ขอทวีวัฒนา, 2529 ; สุคนธ์ชื่น ศรีงาม, 2539)

4.3.1 ธรรมชาติของอาหาร

อาหารเนื้อโปร่งมีการเคลื่อนที่ของน้ำภายในอาหารแบบผ่านช่องแคบซึ่งเร็วกว่าการแพร่ในอาหารเนื้อแน่น ดังนั้นอาหารเนื้อโปร่งจึงแห้งได้เร็วกว่าอาหารเนื้อแน่น อาหารที่มีการลวก นวดคลึง ทำให้เซลล์แตกจึงแห้งเร็ว

4.3.2 ขนาดและรูปร่าง

ขนาดและรูปร่างของอาหารมีผลต่ออัตราการทำแห้ง อาหารรูปร่างเหมือนกันแต่มีขนาดเล็กมีพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักมากกว่าขนาดใหญ่จึงแห้งได้เร็วกว่า แต่ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงพื้นที่ผิวสัมผัสอากาศที่จะเกิดการเคลื่อนย้ายของน้ำออกไปได้ ถ้าชิ้นเล็กมากทับถมกันการระเหยเกิดขึ้นได้เฉพาะที่ผิวสัมผัสกับอากาศจึงเกิดได้ช้าทั้งๆที่พื้นที่ผิวต่อหน่วยน้ำหนักมาก

4.3.3 ตำแหน่งและลักษณะการวางอาหารในตู้

อาหารที่มีการสัมผัสกับลมร้อนได้ดีหรือสัมผัสกับลมร้อนที่มีความชื้นต่ำย่อมระเหยน้ำออกได้ดีกว่า

Achmad และ Bandol (1990) ได้ทำการศึกษาการวางปลาในตู้อบแห้ง 2 ลักษณะคือ วางตัวปลาตามทิศทางของลมร้อน และขวางทิศทางของลมร้อน โดยใช้อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 18 ความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที พบว่าการวางปลาในลักษณะตามทิศทางลมร้อน ปริมาณความชื้นของตัวปลาจะลดลงเร็วกว่าการวางปลาขวางทิศทางลมและใช้ระยะเวลาในการทำแห้งสั้นกว่า

4.3.4 อุณหภูมิ

ถ้าอากาศร้อนมีความชื้นคงที่ การเพิ่มอุณหภูมิเป็นการเพิ่มความสามารถในการรับไอน้ำจึงมีผลต่อการทำแห้งในช่วงอัตราการทำแห้งคงที่ และอุณหภูมิสูงขึ้นทำให้การแพร่กระจายของน้ำดีขึ้น จึงมีผลต่อการอบแห้งในช่วงของอัตราการอบแห้งลดลงด้วย เนื่องจากในช่วงของอัตราการอบแห้งลดลง วัสดุอบแห้งมีแนวโน้มจะแห้งเร็วขึ้น ถ้าอุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้น อัตราการแพร่ของความชื้นจากภายในไปยังผิวของวัสดุจะเร็วขึ้น

Magadi และ Koodanchery (1995) ได้ทำการทดลองอบแห้งปลาทรายแดงที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส พบว่าระยะแรกอัตราการทำแห้งทั้ง 3 อุณหภูมิจะคล้ายคลึงกันแต่เมื่อการทำ

แห้งผ่านไป 2 ชั่วโมง พบว่าที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ความชื้นลดลงได้เร็วกว่า และระยะเวลาการทำแห้งสั้นกว่าที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส

4.3.5 ความเร็วของลมร้อน

ลมร้อนทำหน้าที่ในการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกจากอาหาร เมื่อความเร็วลมร้อนเพิ่มขึ้นไอน้ำจะเคลื่อนย้ายได้ดี นอกจากนี้ความเร็วลมมีผลต่อการอบแห้งคือ มีผลต่อสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนมวลและสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อน โดยอากาศร้อนจะทำให้เกิดการปั่นป่วนของอากาศในเครื่องอบแห้งจึงทำให้อากาศร้อนสัมผัสกับอาหารได้ดียิ่งขึ้น จึงทำให้การเคลื่อนย้ายไอน้ำเกิดได้ดีขึ้น

กิตติวัฒน์ วงศ์พิศาล (2537) ได้ทำการทดลองผลของความเร็วลมร้อนต่อการอบแห้งเนื้อในเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ซึ่งมีปริมาณความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 13 อุณหภูมิของลมร้อน 70 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 0.8 1.5 และ 2.0 เมตรต่อวินาที พบว่าการอบแห้งที่ความเร็วลมร้อนสูง ทำให้ปริมาณน้ำที่ถูกดึงออกไปกับลมร้อนเร็วกว่าการอบแห้งที่ความเร็วลมร้อนต่ำ และระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งสั้นกว่า

4.3.6 ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ

เป็นสิ่งสำคัญมากต่อการระเหยน้ำ ปริมาณความชื้นสุดท้ายในผลิตภัณฑ์จะขึ้นอยู่กับค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ หากความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศต่ำมีผลทำให้การทำแห้งใช้ระยะเวลาสั้นลง

4..4 วิธีการทำแห้ง

การทำแห้งโดยการระเหยน้ำออกสามารถทำได้หลายวิธีดังนี้

4.4.1 การตากแดดธรรมชาติ การทำแห้งโดยวิธีทางธรรมชาติเป็นการทำแห้งโดยอาศัยความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ในการระเหยน้ำออกจากอาหาร วิธีนี้จะใช้เวลานานเนื่องจากอัตราการทำแห้งจะขึ้นอยู่กับแสงแดด และความเร็วลม ส่วนใหญ่ไม่สามารถควบคุมอัตราเร็วในการทำแห้งได้ ผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้โดยการตากแดดส่วนใหญ่มีคุณภาพต่ำ มีโอกาสปนเปื้อนจากสิ่งต่าง ๆ เช่นฝุ่น แมลง และจุลินทรีย์

ปัญหาที่พบบ่อยเมื่อใช้วิธีการทำแห้งโดยการตากแดด ได้แก่ การได้รับแสงในบางช่วง ในฤดูฝนจะทำให้มีแสงไม่พอแก่การทำแห้ง ทำให้เกิดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์สร้างสารพิษ หรือเชื้อราได้ นอกจากนี้ยังเกิดปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนทำให้เกิดกลิ่นรสผิดปกติ คือ กลิ่นหืน พบมากในปลากะตัก ปลาซาร์ดีน เพราะเป็นปลาที่มีไขมันสูงหากมีการเติมเกลือลงในปลาก่อนการทำแห้งจะช่วยลดปฏิกิริยาการเติมออกซิเจน และจะช่วยป้องกันจุลินทรีย์ได้บางชนิด (Vinh and Nair, 1993)

ปัญหาที่พบบ่อยเมื่อใช้วิธีการทำแห้งโดยการตากแดด ได้แก่ การได้รับแสงในบางช่วงในฤดูฝนจะทำให้มีแสงไม่พอแก่การทำแห้ง ทำให้เกิดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์สร้างสารพิษ หรือเชื้อราได้ นอกจากนี้ยังเกิดปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนทำให้เกิดกลิ่นรสผิดปกติ คือ กลิ่นหืน พบมากในปลากะตัก ปลาซาร์ดีน เพราะเป็นปลาที่มีไขมันสูงหากมีการเติมเกลือลงในปลาก่อนการทำแห้งจะช่วยลดปฏิกิริยาการเติมออกซิเจน และจะช่วยป้องกันจุลินทรีย์ได้บางชนิด (Vinh and Nair, 1993)

ชาวประมงในเขตร้อนมีการนำชิ้นปลาหรือปลาบด มาทำการตากบนตะแกรงตากปลาเพื่อทำแห้งแบบธรรมชาติ พบว่าส่วนของปลาที่สัมผัสกับตะแกรงตากปลามีการปนเปื้อนจากตะแกรง จึงควรมีการทำความสะอาดตะแกรงก่อนและหลังการใช้งาน (Curran and Trim, 1982) และควรวางตะแกรงในลักษณะเอียงเพื่อป้องกันฝุ่นและสิ่งสกปรกตกลงมาบนตะแกรงโดยตรง และดูแลไม่ให้แมลงวันหรือสัตว์เลี้ยงมาทำลายผลิตภัณฑ์โดยใช้แผ่นพลาสติกคลุม

แต่อย่างไรก็ตามการทำแห้งโดยการตากแดดยังมีข้อจำกัดอื่น ๆ อีกมากมาย เช่น การใช้ระยะเวลาในการทำแห้งนาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูฝนอัตราการทำแห้งจะต่ำและใช้พื้นที่มาก และยังมีการปนเปื้อนจากอากาศพัดผ่าน

4.4.2 การใช้เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์

Szulmayer (1971) ได้จำแนกเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ไว้ 3 แบบ ดังนี้

ก. เครื่องอบแห้งแบบดูดกลืนความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรง (Direct absorption dryer) หรือกล่องร้อน อาหารจะได้รับความร้อนโดยตรงจากแสงอาทิตย์ที่ผ่านทะลุเข้ามา

ข. เครื่องอบแห้งแบบดูดกลืนความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์โดยอ้อม (Indirect absorption dryer) หรือแบบพาความร้อน (Convection dryer) อาหารสัมผัสกับอากาศร้อนเช่นเดียวกับการอบแห้งแบบลมร้อนแต่อากาศจะถูกทำให้ร้อนด้วยเครื่องดูดกลืนความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์หรือเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งเรียกว่าแผงรับแสงอาทิตย์ (Solar collector) ซึ่งอาจทำด้วยแผ่นสังกะสีทาสีดำ และคลุมด้วยวัสดุใส ด้านหลังมีฉนวนหุ้ม

ค. เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสม (Combination dryer) เป็นการนำเอาหลักการของเครื่องอบแห้งทั้ง 2 ชนิดดังกล่าวมารวมกัน ซึ่งอาจได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยตรงและจากอากาศที่ถูกทำให้ร้อนโดยแสงอาทิตย์พร้อม ๆ กัน

Osei-Opare และ Kukah (1989) ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบคุณภาพของปลาแห้ง โดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์กับการตากแดดธรรมชาติ โดยใช้ระยะเวลาในการทดลอง 8 วัน ในประเทศอัฟริกา พบว่าการใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย

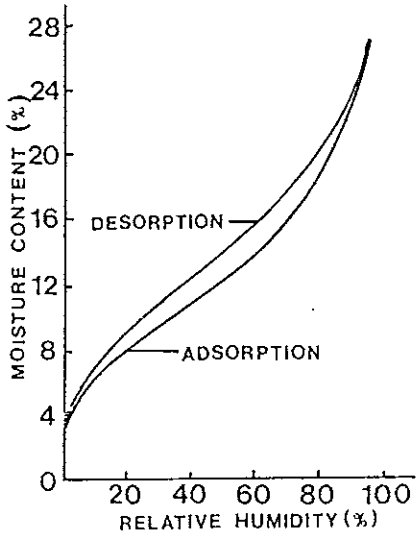
ความเร็วลม และความชื้นสัมพัทธ์อย่างอัตโนมัติ เพื่อให้การถ่ายเทมวลและความร้อนเป็นไปด้วยประสิทธิภาพสูง (รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต, 2535)

สายัณห์ โรยสุวรรณ (2535) ได้ศึกษากรรมวิธีการทำแห้งปลาทรายแดงโดยใช้เกลือร้อยละ 3 ของน้ำหนัก และใช้วิธีการทำแห้ง 2 วิธี คือ การทำแห้งแบบตากแดดธรรมชาติ และการทำแห้งแบบการใช้ตู้อบแห้งพลังงานไฟฟ้า พบว่าการทำแห้งแบบตู้อบแห้งพลังงานไฟฟ้าใช้เวลาในการทำแห้งน้อยกว่า และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ดีกว่าการทำแห้งแบบตากแดดธรรมชาติ

5. ความชื้นสมดุล

ความชื้นสมดุลของวัสดุมีความสำคัญต่อกระบวนการอบแห้ง เพราะเมื่อทำการอบแห้งวัสดุโดยใช้อากาศที่สภาวะคงที่ (อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์คงที่) ความชื้นของวัสดุจะลดลงถึงจุดๆ หนึ่งซึ่งไม่เปลี่ยนแปลง ในขณะนั้นความชื้นในวัสดุมีค่าความดันไอเท่ากับความดันไอของอากาศที่อยู่รอบ ๆ และอุณหภูมิของวัสดุก็เท่ากับอุณหภูมิของอากาศรอบๆ ด้วยเรียกความชื้นในขณะนั้นว่า ความชื้นสมดุล ค่าความชื้นสมดุลขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์อากาศ ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสมดุลและความชื้นสัมพัทธ์อากาศที่อุณหภูมิคงที่ค่าหนึ่ง เรียกว่าเส้นความชื้นสมดุลไอโซเทอม (equilibrium moisture isotherm) ซึ่งส่วนใหญ่มักมีรูปร่างคล้ายตัวอักษร S (Sigmoid shape) (สมชาติ โสภณรณฤทธิ์, 2531)

การเข้าสู่สภาวะสมดุลของวัสดุทำได้ 2 วิธีคือ การคายความชื้น (desorption) โดยการทำแห้งอาหารซึ่งจะมีการคายความชื้นสู่อากาศรอบๆ หรือโดยการดูดซับความชื้น (adsorption)โดยการนำอาหารที่แห้งมาดูดความชื้นกลับเข้าสู่อาหาร จากสภาวะอากาศเดียวกัน ความชื้นสมดุลในกรณีแรกจะมีค่าสูงกว่ากรณีหลังเล็กน้อย ปรากฏการณ์นี้เรียกว่าการเกิด ฮีทเทอรีซิส (hysteresis) ดังแสดงในภาพที่3 มีผู้พยามอธิบายกลไกหรือสาเหตุในการเกิดฮีทเทอรีซิส แต่ยังไม่มีคำอธิบายที่มีเหตุผลเพียงพอ (สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ ,2531)



ภาพที่ 3 กราฟแสดงซอร์ปชันไอโซเทอมที่อุณหภูมิคงที่

ที่มา : ณรงค์ นิยมวิทย์ (2538)

สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ (2531) กล่าวว่า ได้มีผู้สนใจนำทฤษฎีทางเทอร์โมไดนามิกส์มาอธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ และความชื้นสมดุลของวัสดุ ในรูปของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ต่างๆ (Mathematical models) และพบว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่วิเคราะห์ได้จากทางทฤษฎีไม่สามารถ อธิบายความสัมพันธ์เหล่านั้นได้อย่างถูกต้องตลอดทั้งช่วงของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ จึงได้มีการสร้างสมการกึ่งทฤษฎีและสมการเอมไพริเคิล จากผลการทดลอง ซึ่งให้ความถูกต้องมากกว่าสมการที่ได้จากทางทฤษฎี

การเลือกใช้สมการที่เหมาะสมในการทำนายค่าซอร์ปชันไอโซเทอมของอาหาร ได้รับความสนใจและนำมาใช้กับอาหารแห้ง โดยสามารถนำมาใช้ในการทำนายเวลาในการทำแห้งและทำนายอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาชนะบรรจุ หรือทำนายปริมาณความชื้นสมดุลของผลิตภัณฑ์ ซึ่งสมการต่าง ๆ เหล่านั้นอาจมาจากสมการทางทฤษฎี กึ่งทฤษฎี หรือเอมไพริเคิล โดยทั่วไปการเลือกใช้สมการทำนายซอร์ปชันไอโซเทอมของอาหาร พิจารณาจากค่าต่างๆ ดังนี้ (Iglesias and Chirife, 1978)

1. ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของอาหาร เนื่องจากสมการทำนายซอร์ปชันไอโซเทอมของอาหารแต่ละสมการสามารถทำนายค่าได้ถูกต้องที่ช่วงวอเตอร์แอคติวิตี้ต่างกัน ดังนั้นสมการที่จะนำมาใช้ทำนายซอร์ปชันไอโซเทอมของอาหารจึงแตกต่างกัน ตามช่วงของค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ เช่นสมการ Brunauer และ

คณะ (BET) ใช้ทำนายค่าซอร์ปชั่นไอโซเทอมของอาหารในช่วงค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ 0.05 - 0.45 ส่วนสมการของ Guggenhein - Anderson Boer (GAB) สามารถใช้ทำนายที่ช่วงค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ในช่วง 0.10 - 0.90 เป็นต้น

2. ชนิดของอาหาร เนื่องจากอาหารแต่ละชนิดมีองค์ประกอบที่แตกต่างกัน ได้แก่ โปรตีน แป้ง น้ำตาล และเซลลูโลส ซึ่งมีผลทำให้คุณสมบัติในการดูดซับน้ำของอาหารแตกต่างกัน ดังนั้น สมการที่ใช้ทำนายซอร์ปชั่นไอโซเทอมของอาหารแต่ละชนิดจึงแตกต่างกัน ดังเช่นสมการของ Iglesias และ Chirife และ สมการของ Halsey สามารถใช้ทำนายค่าซอร์ปชั่นไอโซเทอมของอาหาร ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ในช่วง 0.10 - 0.80 แต่ทั้งสองสมการจะใช้ได้ดีกับอาหารต่างชนิดกัน คือ สมการของ Iglesias และ Chirife ใช้ทำนายได้ดีในอาหารที่มีปริมาณน้ำตาลสูง เช่น กล้วย ลูกแพร สตรอเบอรี่ และผลไม้ที่มีรสหวานอื่น ๆ ส่วนสมการของ Halsey ใช้ทำนายได้ดีในอาหารประเภทผัก และถั่วต่าง ๆ

จากการศึกษาสมการ 8 สมการในการทำนายค่าซอร์ปชั่นไอโซเทอมของ อาหาร 39 ชนิด ที่มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้อยู่ในช่วง 0.1 ถึง 0.8 (ตารางที่ 1) โดยจัดแบ่งกลุ่มอาหารดังนี้ ผลไม้ เนื้อสัตว์ นม โปรตีน แป้ง และผัก แล้วคัดเลือกสมการทำนายที่เหมาะสมกับกลุ่มอาหารประเภทต่าง ๆ ข้างต้น โดยพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ความเบี่ยงเบนเฉลี่ยที่คำนวณจากสมการกับค่าจากการทดลอง หากสมการใดมีค่าเปอร์เซ็นต์ความเบี่ยงเบนเฉลี่ยน้อยที่สุดแสดงว่าสมการนั้นมีความเหมาะสมสำหรับทำนายซอร์ปชั่นไอโซเทอมของอาหารในกลุ่มนั้น ๆ (Iglesias and Chirife, 1978)

ตารางที่ 1 สมการคณิตศาสตร์ สำหรับค่าซอร์ปชั่นไอโซเทอมของอาหารชนิดต่าง ๆ

ลำดับที่	สมการ	รูปแบบสมการ
1	Bradley equation	$\ln \frac{1}{a_w} = K_2 K_1^{\,M}$
2	Caurie equation	$\ln M = \ln A - r.a_w$
3	Halsey equation	$aw = \exp(-a^*/M^{r})$
4	Iglesias & Chirife equation	$\ln) M + M_2 + M_{0.5}) = ba_W + p$
5	Kuhn equation	$M_{0.5} \quad \frac{a + b}{\ln a_w}$

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ลำดับที่	สมการ	รูปแบบสมการ
6	Henderson equation	$1 - a = \exp - (k - M^n)$
7	Oswin equation	$M = a \left[\frac{a_w}{1- a_w} \right]^n$
8	Mizrahi equation	$a_w = \left[\frac{a+M}{b+M} \right]$

a_w = Water activity

M = Equilibrium moisture content (% dry basis)

$M_{0.5}$ = Moisture content (% dry basis) at a_w = 0.5

a ,A ,b ,r ,k_1 ,k_2 , c, n, p = Constants

ที่มา : Iglesias และ Chirife (1978)

ตารางที่ 2 ค่าเปอร์เซ็นต์ความเบี่ยงเบนเฉลี่ยของค่าที่คำนวณจากสมการกับค่าจากการทดลองของอาหารประเภทต่างๆ

ชนิดของอาหาร	สมการ Bradley	สมการ Caurie	สมการ Halsey	สมการ Henderson	สมการ Iglesias และ Chirife	สมการ Kuhn	สมการ Mizrahi	สมการ Oswin
ผลไม้	51.9	18.6	31.4	5.4	4.0	13.6	19.5	11.3
เนื้อสัตว์	15.0	16.2	3.9	9.8	5.4	7.7	9.7	4.0
ผลิตภัณฑ์นม	26.5	23.0	2.9	15.0	10.5	4.1	6.2	7.9
โปรตีน	3.7	8.3	7.4	3.4	4.4	13.3	14.6	2.6
แป้ง	2.8	6.7	4.7	3.5	3.3	9.7	10.6	2.4
ผัก	15.2	18.0	4.1	11.3	6.7	6.6	7.9	5.7

ที่มา : Iglesias และ Chirife (1978)

จากตารางที่ 2 เมื่อพิจารณาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน พบว่าอาหารในกลุ่ม ผลไม้ เช่น กล้วย องุ่น สับปะรด สตรอเบอรี่ สามารถใช้สมการของ Iglesias และ Chirife ทำนายได้ดีที่สุด รองลงมาเป็นสมการของ Henderson อาหารกลุ่มเนื้อสัตว์ เช่น เนื้อวัว เนื้อไก่ เนื้อหมู ปลาคอด ปลาเซลมอล พบว่าสมการของ Halsey และ Oswin ใช้ทำนายได้ดีที่สุด รองลงมาเป็นสมการของ Iglesias และ Chirife และ สมการของ Kuhn ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์พวกเนยแข็ง และ โยเกิร์ต พบว่าใช้สมการของ Halsey ทำนายได้ดีที่สุด รองลงมาเป็นสมการของ Kuhn และ สมการของ Mizrahi สำหรับอาหารกลุ่มโปรตีน เช่น โปรตีนปลาเข้มข้น เจลาติน พบว่าสมการของ Oswin ใช้ทำนายได้ดีที่สุด รองลงมาคือสมการของ Henderson Bradley และสมการของ Iglesias และ Chirife อาหารในกลุ่มผัก เช่น ถั่ว ถั่วเขียว ขึ้นฉ่าย กระเทียม ถั่วแขก ผักขม สมการของ Halsey ใช้ทำนายได้ดีที่สุดรองลงมาคือ สมการของ Oswi สมการของ Kuhn และสมการของ Iglesias และ Chirife ส่วนอาหารกลุ่มแป้ง พบว่า สมการของ Oswin และ Bradley เป็นสมการที่เหมาะสมที่สุดรองลงมาคือสมการของ Iglesias และ Chirife Henderson และ Halsey ตามลำดับ (Iglesias and Chirife, 1978)

Wuttijumnong(1987)ได้ศึกษาหาซอร์ปชันไอโซเทอมแบบดูดและคายความชื้นของปลาข้างเหลืองและปลาซาร์ดีนที่ผ่านการแช่เกลือแล้วนำมาทำแห้งที่อุณหภูมิ 10 - 50 องศาเซลเซียส พบว่าค่าความชื้นของปลาทั้งสองชนิดที่ a_w เดียวกันมีค่าสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น นอกจากนี้มีการศึกษาสมการทำนายซอร์ปชันไอโซเทอมของปลาทั้งสองชนิด พบว่าสมการของ Hailwood และ Horobin หรือสมการ Guggenhein -Anderson Boer (GAB) สามารถทำนายผลการทดลองได้ดีที่สุดในช่วงค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ 0.3 - 0.75 ซึ่งแสดงสมการทำนายดังนี้

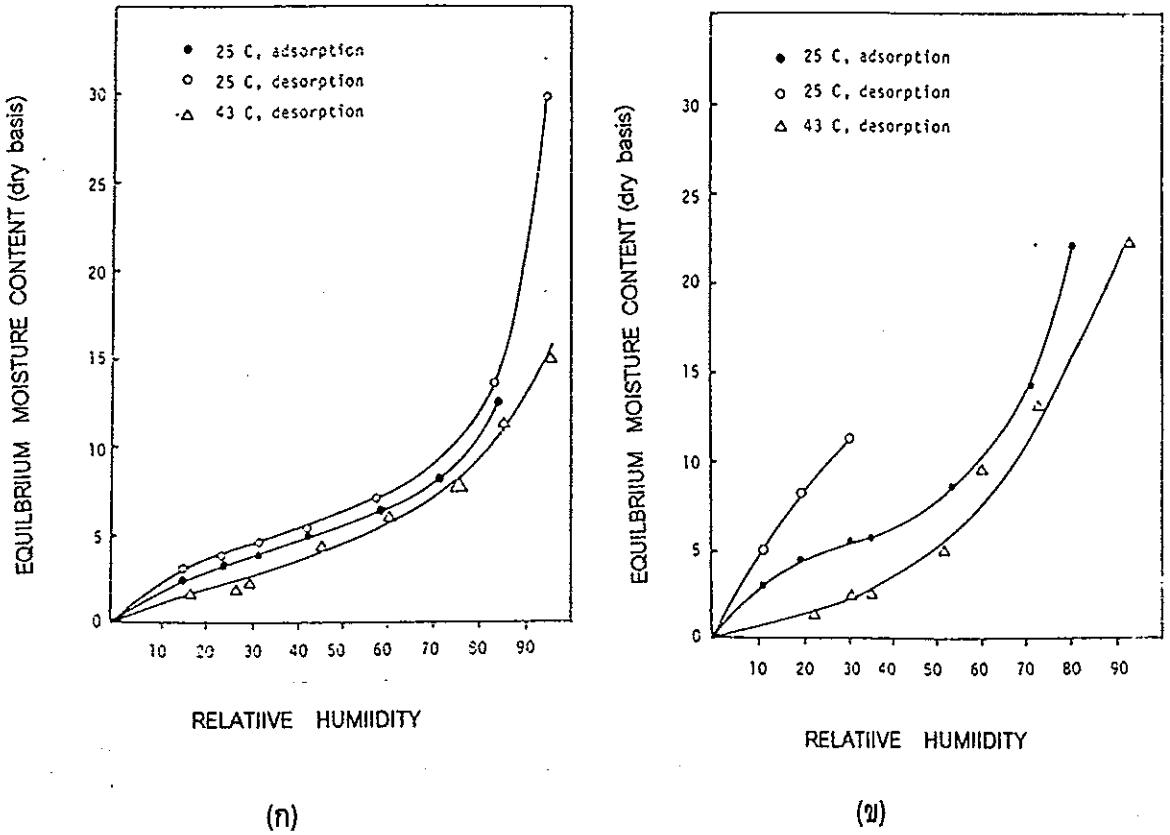
$$M = a_w / (a + ba_w + ca_w^2)$$

เมื่อ a,b,c = ค่าคงที่

M = ความชื้นสมดุล(%dry basis)

a_w = Water activity

Chau และคณะ (1982) ได้ทำการทดลองหาซอร์ปชันไอโซเทอมทั้งแบบคายความชื้นและดูดความชื้น ของเนื้อปลากระบอกและไข่ปลากระบอกแบบใส่เกลือและไม่ใส่เกลือ ที่อุณหภูมิ 25 และ 43 องศาเซลเซียส พบว่าที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อากาศเดียวกัน ไข่ปลากระบอกแบบไม่ใส่เกลือมีค่าความชื้นสมดุลต่ำกว่าไข่ปลากระบอกแบบใส่เกลือ ทั้งนี้เนื่องจากเกลือมีคุณสมบัติดูดซับความชื้นไว้ได้ดี จึงทำให้ไข่ปลากระบอกที่ใส่เกลือมีความชื้นสูงกว่า และจากการทดลองพบว่าที่ความชื้นสัมพัทธ์เดียวกัน เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นค่าความชื้นสมดุลมีค่าลดลง และพบว่าซอร์ปชันไอโซเทอมแบบคายความชื้นมีค่าสูงกว่าแบบดูดความชื้น (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 ซอร์ปชั่นไอโซเทอมแบบดูดและคายความชื้นของไข่ปลากระบอกที่อุณหภูมิต่าง ๆ
(ก) ไม่ใส่เกลือ (ข) ใส่เกลือ

ที่มา : Chau และคณะ (1982)

6. การเสื่อมเสียผลิตภัณฑ์ปลาแห้ง

6.1 การเสื่อมเสียทางกายภาพ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ปลาแห้งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะการอบ จึงทำให้เกิดการแตกหักได้ง่าย สามารถป้องกันได้โดยการใช้ภาชนะบรรจุที่ดี มีความทนทานป้องกันการแตกหัก การฉีกขาด (นงนุช รักสกุลไทย, 2538)

6.2 การเสื่อมเสียทางเคมี

6.2.1 การเสื่อมเสีย เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนของไขมัน (Lipid Oxidation)

เนื่องจากปลาประกอบไปด้วยกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวสูงจึงเกิดปฏิกริยาออกซิเดชั่นของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวได้ง่าย วิธีการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าว อาจทำได้โดยเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำหรือเติมวัตถุกันหืน เช่น BHA และ BHT (Karel, 1976)

6.2.2 การเกิดสีน้ำตาล ของเนื้อปลาเกิดจากปฏิกริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์กับกลุ่มอะมิโน จัดเป็นการเกิดสีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอนไซม์ ทำให้เกิดสีน้ำตาลขึ้น มีกลิ่นคล้ายกลิ่นไหม้ โปรตีนสูญเสียการละลายทำให้เกิดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ (ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก, 2532) นอกจากนี้การเติมออกซิเจนของไขมันสามารถทำปฏิกิริยากับโปรตีนให้สารประกอบเริ่มต้นมีสีจาง หลังจากนั้นจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ซึ่งการเกิดสีน้ำตาลดังกล่าวขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์นั้น เช่น สารตั้งต้นของการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard precursor) วิตามินซี พีเอช วอเตอร์แอคติวิตี้ ออกซิเจน (Khayat and Schwall, 1983)

6.3 การเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์

6.3.1 การเสื่อมเสียเนื่องจากแบคทีเรีย

Treller และ John (1978) รายงานว่า จุลินทรีย์ที่พบมากในปลาเค็ม ได้แก่ *Serratia, Micrococcus, Bacillus, Alcoligeness, Pseudomonas* ทำให้เกิดสีแดงขึ้นในผลิตภัณฑ์

6.3.2 การเสื่อมเสียเนื่องจากเชื้อรา

Treller และ John (1978) ได้ทำการทดลองนำปลาที่แล่เป็นชิ้นแล้วมาเรียงลงบล็อกทำแห้ง หลังจากนั้นเก็บรักษาไว้ 13 ถึง 14 วัน พบว่ามีเชื้อราพวก Penicillium และ Aspergillus เจริญบนผิวหน้าของผลิตภัณฑ์เป็นผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีเขียวและต่อมาจะมีสีน้ำตาลอ่อน นอกจากนี้ยังมีเชื้อราอีกหลายสายพันธุ์ที่สามารถเจริญได้ดี เช่น *Torula sp.,Oospora spp.* และ *Catenrlaria fuliginea*

6.4 การเสื่อมเสียเนื่องจากแมลง

การเสื่อมเสียของปลาแห้งเนื่องจากแมลงในระหว่างการผลิตและการเก็บรักษา เป็นปัญหาหลักที่สำคัญและมีมานานกว่า 20 ปี การเสื่อมเสียเนื่องจากแมลงมักพบในผลิตภัณฑ์ที่ทำแห้งโดยวิธีพื้นบ้าน และในช่วงฤดูฝนไม่มีแสงแดด แมลงที่ทำให้ปลาแห้งเกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งคุณภาพและปริมาณมี 2 ชนิด คือ แมลงวัน และแมลงปีกแข็ง แมลงวันที่พบบ่อย คือ *Chrysomyia* spp., *Luclia* sp. และ *Wohlfarta* spp. โดยตัวแก่จะวางไข่บนตัวปลาในขณะเริ่มทำแห้ง และจะลดลงเรื่อย ๆ เมื่อความชื้นลดลง สำหรับแมลงปีกแข็งจะทำลายปลาแห้งเมื่อผ่านการทำแห้งมาแล้วโดยเฉพาะในบริเวณผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ที่พบบ่อย คือ *Dermestes maculatus., D. frischii* และ *D.ater* (Taylor, 1985)

Taylor (1985) ได้ทำการทดลองเก็บรักษาชิ้นปลาแห้งไว้ในสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญของแมลงปีกแข็ง D. *maculatus* คืออุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 70 พบว่าการพัฒนาจากไข่เป็นตัวแก่ใช้เวลาประมาณ 30 วัน และหากทำการเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น การถูกทำลายของชิ้นปลาก็จะเพิ่มมากขึ้นอย่างชัดเจน และจากการทดลองใช้ชิ้นปลาแห้งที่มีน้ำหนัก 50 กรัมโดยใช้ตัวหนอน 50 ตัว และตัวเต็มวัยของแมลงปีกแข็ง *D.maculatus* 50 ตัว ทิ้งไว้เป็นเวลา 28 วัน และทำการชั่งน้ำหนักของชิ้นปลา พบว่าปลาสูญเสียน้ำหนักร้อยละ 50

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยศึกษาปัจจัยที่มีต่อการอบแห้งในตู้อบลมร้อน ได้แก่ อุณหภูมิ ความเร็วลม และเวลา

2. เปรียบเทียบคุณภาพผลิตภัณฑ์ของปลาหางควายแห้งปรุงรสที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธีต่างกันคือ การทำแห้งแบบตากแดด การทำแห้งแบบตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน และการใช้ตู้อบลมร้อน

3. ทำนายค่าซอร์ปชั่นไอโซเทอมของปลาหางควายแห้งปรุงรสในระหว่างการอบแห้ง

4. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษา

CENTRAL LIBRARY
PRINCE OF SONGKLA UNIVERSITY

บทที่ 2

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

วัสดุ

1. ปลาหางควาย (*Gramnoplites scaber*) ที่จับได้จากอ่าวไทยขนาดความยาว 15 - 20 เซ็นติเมตร/ตัว และน้ำหนัก 25 - 40 กรัม/ตัว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส
2. เครื่องปรุงรส ซอร์บิทอล เกลือ น้ำตาล ผงชูรส
3. บรรจุภัณฑ์ คือ ถุงโพลีโพรปิลีน

อุปกรณ์

1. บล็อกรูปวงรีขนาด 77 ตารางเซ็นติเมตร
2. ตู้อบลมร้อน (Tray dryer) ยี่ห้อ Dwyer รุ่น TDII
3. เครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer) ยี่ห้อ Air flow รุ่น TA5
4. เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้ง
5. เครื่องทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture analyser) ยี่ห้อ Stable Micro System รุ่น TA.XT2i
6. เครื่องวัดค่าสี ยี่ห้อ JUKI รุ่น JP 7100F
7. เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ยี่ห้อ Novasina รุ่น TH200
8. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ทางเคมี
9. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

วิธีการ

1. การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและจุลินทรีย์ของปลาหางควาย

นำปลาหางควายที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ –20 องศาเซลเซียส มาละลายน้ำแข็งที่อุณหภูมิห้อง ล้าง ตัดหัว ควักไส้ ลอกหนัง แล้วแล่เป็นชิ้นไม่มีกระดูก นำไปวิเคราะห์ค่าต่างๆ ดังนี้

1.1 ทางด้านเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า (A.O.A.C., 1990) ปริมาณด่างที่ระเหยได้ (Hasegawa, 1987)

1.2 ทางด้านจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์รวมทั้งหมด โดยวิธี pour plate (A.O.A.C., 1990)

2. การเตรียมวัตถุดิบสำหรับใช้ในกระบวนการผลิต ทำการเตรียมวัตถุดิบ 2 แบบ คือ

2.1 แบบชิ้น นำปลาหางควายที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส มาละลายน้ำแข็งที่อุณหภูมิห้อง ล้าง ตัดหัว ควักไส้ ลอกหนัง แล้วแล่เป็นชิ้นไม่ให้มีกระดูก

2.2 แบบบด นำปลาหางควายที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส มาละลายน้ำแข็งที่อุณหภูมิห้อง ล้าง ตัดหัว ควักไส้ แล้วแล่เป็นชิ้น นำมาเข้าเครื่องแยกกระดูก (Fish deboner) จะได้เนื้อปลาบด

นำวัตถุดิบทั้งสองแบบมาผสมเครื่องปรุงรสที่ประกอบด้วย น้ำตาลทราย 300 กรัม ซอร์บิทอล 150 กรัม เกลือ 3 กรัม ผงชูรส 0.1 กรัม ต่อเนื้อปลา 1 กิโลกรัม ทำการหมักเป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสสำหรับตัวอย่างแบบชิ้น ส่วนตัวอย่างแบบบดเมื่อผสมเครื่องปรุงรสแล้วนำไปขึ้นรูปได้ทันที

3. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้งในตู้อบลมร้อน

ปัจจัยที่ทำการศึกษาประกอบด้วย

- อุณหภูมิ ในตู้อบลมร้อน (40 50 และ 60 องศาเซลเซียส)
- ความเร็วลม (1 2 และ 3 เมตรต่อวินาที)

วางแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียลสามารถจัดชุดการทดลองได้ 9 ชุดการทดลอง นำปลาหางควายทั้ง 2 แบบ จากข้อ 2 มาเรียงลงบล็อกรูปวงรี โดยชั่งน้ำหนักของเนื้อปลาแบบชิ้น 30 กรัม

แบบบด 50 กรัมต่อ 1 บล็อก นำตัวอย่างวางบนถาดตะแกรงที่มีขนาดกว้าง 20 ซม.× ยาว 20 ซม. จำนวน 5 ชิ้นต่อถาด แล้วนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่สามารถบรรจุได้ 3 ถาด และใช้อุณหภูมิในการอบและความเร็วลมตามชุดการทดลอง ทำการสุ่มตัวอย่างทุก ๆ 1 ชั่วโมงจนกระทั่งผลิตภัณฑ์มีความชื้นร้อยละ 28 ถึง 30 โดยตรวจสอบความชื้นตามวิธี A.O.A.C. (1990) แล้วเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ของความชื้นตัวอย่างกับเวลาในการอบแห้ง และตรวจสอบลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความแข็งโดยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส ค่าสีโดยเครื่องวัดค่าสี ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้โดยเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ จากนั้นนำผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่มีความชื้นร้อยละ 28 ถึง 30 ที่ยังไม่ผ่านการทอดและที่ผ่านการทอดด้วยน้ำมันพืชที่อุณหภูมิ 160 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที มาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ความแข็ง และการยอมรับรวม โดยวิธีการประเมินคุณภาพแบบพรรณนาเชิงปริมาณ (Quantitative Descriptive Analysis : QDA) ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้วจำนวน 10 คน นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โดยใช้แผนการทดลองแฟกทอเรียลในบล็อก (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2535) เปรียบเทียบความแตกต่างของชุดการทดลองโดย DMRT (Duncan's Multiple Range Test)) (Duncan, 1955) ทำการคัดเลือกอุณหภูมิ และความเร็วลมที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากคุณภาพทางกายภาพ และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของชุดการทดลองที่ได้คะแนนการยอมรับรวมสูงสุด

4. การศึกษาผลของระยะเวลาในการหมักเครื่องปรุงรสต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์แบบชิ้น

นำปลาทางดวายแบบชิ้นมาหมักในเครื่องปรุงรสตามสัดส่วนที่ระบุในข้อ 2 ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาในการหมักต่างกัน คือ 6 9 และ 12 ชั่วโมง สุ่มตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ความชื้นและวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้เริ่มต้น จากนั้นนำมาเรียงลงบล็อกรูปวงรี โดยชั่งน้ำหนักของเนื้อปลา 30 กรัมต่อ 1 บล็อก นำตัวอย่างวางบนถาดตะแกรงตากปลาจำนวน 5 ชิ้นต่อถาด นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่สามารถบรรจุได้ 3 ถาด ที่อุณหภูมิและความเร็วลมที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 3 สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ความชื้นทุก ๆ 1 ชั่วโมงจนกระทั่งผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีความชื้นร้อยละ 28 ถึง 30 ทำการตรวจสอบและประเมินผลเช่นเดียวกับข้อ 3

5. การทำนายค่าซอร์ปชั่นไอโซเทอมของปลาหางควายแห้งปรุงรส

5.1 การเตรียมตัวอย่างเพื่อหาค่าซอร์ปชั่นไอโซเทอมแบบการคายความชื้น (Desorption sample)

5.1.1 นำปลาหางควายแบบชิ้นที่ผ่านการหมักเครื่องปรุงรสตามข้อ 2 ด้วยระยะเวลาที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 4 มาอบในตู้อบลมร้อนภายใต้อุณหภูมิและความเร็วลมที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 3 สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ความชื้นทุก ๆ 1 ชั่วโมง จนกระทั่งผลิตภัณฑ์มีความชื้นสุดท้ายร้อยละ 28 ถึง 30 แล้วหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ

5.1.2 นำปลาหางควายแบบบดที่ผ่านการผสมเครื่องปรุงรสตามข้อ 2 แล้วมาอบในตู้อบลมร้อนภายใต้อุณหภูมิและความเร็วลมที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 3 สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ความชื้นทุก ๆ 1 ชั่วโมง จนกระทั่งผลิตภัณฑ์มีความชื้นสุดท้ายร้อยละ 28 ถึง 30 แล้วหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ

5.2 การเตรียมตัวอย่างเพื่อหาค่าซอร์ปชั่นไอโซเทอมแบบดูดความชื้น (Adsorption sample)

5.2.1 นำปลาหางควายแบบชิ้นที่ผ่านการหมักเครื่องปรุงรสตามข้อ 2 ด้วยระยะเวลาที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 4 ตั้งให้สะเด็ดน้ำแล้วนำไปทำแห้งด้วยวิธีเยือกแข็ง

5.2.2 นำปลาหางควายแบบบดมาที่ผ่านการหมักปรุงรสตามข้อ 2 แล้วนำไปทำแห้งด้วยวิธีเยือกแข็ง

5.3 ชั่งตัวอย่างจากข้อ 5.1 และ 5.2 จำนวน 3 กรัม ใส่ภาชนะตะแกรงลวดแล้วนำไปแขวนไว้ในขวดที่บรรจุสารละลายเกลืออิ่มตัว 5 ชนิด คือ LiCl, $MgCl_2.6H_2O$, $Mg(NO_3)_2.6H_2O$, NaCl, KNO_3 ซึ่งสารละลายเกลืออิ่มตัวแต่ละชนิดจะมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้แตกต่างกันตามอุณหภูมิ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของสารละลายเกลืออิ่มตัวที่อุณหภูมิต่าง ๆ

สารละลายเกลืออิ่มตัว	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			
	30	40	50	60
LiCl	0.133	0.112	0.111	0.110
$MgCl_2.6H_2O$	0.324	0.318	0.312	0.306
$Mg(NO_3)_2.6H_2O$	0.514	0.485	0.456	0.427
NaCl	0.750	0.748	0.746	0.744
KNO_3	0.923	0.890	0.848	0.808

ที่มา : Dincer และ Esin (1996)

5.4 ชั่งน้ำหนักตัวอย่างปลาในแต่ละขวดจากข้อ 5.3 ทุกวันจนกระทั่งน้ำหนักปลาคงที่ จากนั้นนำตัวอย่างปลาแต่ละตัวอย่างไปวิเคราะห์ค่าความชื้นโดยวิธี A.O.A.C. (1990)

5.5 ทำการวิเคราะห์สมการถดถอย (Regression) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสมดุลของอากาศ กับอุณหภูมิของอากาศ และค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ในตู้อบลมร้อนโดยใช้รูปแบบสมการ 4 สมการดังตารางที่ 4 ทำการเปรียบเทียบสมการทั้ง 4 รูปแบบกับผลการทดลอง

ตารางที่ 4 สมการคำนวณความชื้นสมดุล

สมการ	รูปแบบสมการ	ที่มา
Guggenhein-Anderson Boer (GAB)	$\frac{A_w}{M} = A + BA_w + CA_w^2$	Aguilera และ Cortes (1986)
Henderson	$-A_w = e^{-cTM^n}$	Iglesias และ Chirife (1978)
Oswin	$M = a\left(\frac{A_w}{1-A_w}\right)^n$	Iglesias และ Chirife (1978)
Halsey	$A_w = e^{-\frac{a}{RT}M^r}$	Iglesias และ Chirife (1978)

6. การศึกษาผลของวิธีการทำแห้งต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

ศึกษาวิธีการทำแห้ง 3 แบบ คือ แบบตากแดด แบบตู้อบลมร้อน และแบบตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน ที่มีผลต่ออัตราการอบแห้งและระยะเวลาในการอบแห้ง รวมทั้งคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

6.1 การทำแห้งแบบตากแดด นำปลาหางควายทั้ง 2 แบบ คือ แบบชิ้นที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 4 และ แบบบดจากข้อ 2 เรียงลงบล็อกรูปวงรี นำตัวอย่างไปตากแดดกลางแจ้งบนตะแกรงตากปลาที่มีขนาด กว้าง 81 ซม. × ยาว 95 ซม. ในช่วงเวลาตั้งแต่ 8.00 - 16.00 น. (ทำการทดลองในระหว่างเดือนเมษายน ถึง พฤษภาคม พ.ศ. 2541) บันทึกอุณหภูมิกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้ง และความเร็วลมบริเวณตะแกรงตากปลาทุก ๆ 1 ชั่วโมง ขณะเดียวกันสุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ค่าความชื้นทุก ๆ 1 ชั่วโมง จนกระทั่งผลิตภัณฑ์มีความชื้นร้อยละ 28 ถึง 30 นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการอบแห้งกับเวลาในการอบแห้ง ความชื้นของตัวอย่างกับเวลา และอัตราการอบแห้งกับความชื้นของตัวอย่าง

6.2 การทำแห้งแบบตู้อบลมร้อน นำปลาหางควายทั้ง 2 แบบ คือ แบบชิ้นที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 4 และแบบบดจากข้อ 2 เรียงลงบล็อกรูปวงรี นำตัวอย่างวางบนถาดตะแกรงตากปลาแล้วนำไปอบแห้งในตู้อบลมร้อน โดยใช้อุณหภูมิและความเร็วลมจากการคัดเลือกในข้อ 3 ขณะเดียวกัน ทำการบันทึกอุณหภูมิกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้งของอากาศภายในตู้อบลมร้อนทุก ๆ 1 ชั่วโมง จนกระทั่งผลิตภัณฑ์มีความชื้นร้อยละ 28 ถึง 30 นำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการอบแห้งกับเวลา และอัตราการอบแห้งกับความชื้นของตัวอย่าง

6.3 การทำแห้งแบบตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน นำปลาหางควายทั้ง 2 แบบคือแบบชิ้นที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 4 และแบบบดจากข้อ 2 เรียงลงบล็อกรูปวงรีนำตัวอย่างวางบนถาดตะแกรงตากปลา จากนั้นนำมาทำแห้งโดยการตากแดดธรรมชาติเช่นเดียวกับข้อ 6.1 ทำการบันทึกอุณหภูมิกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้ง และความเร็วลมของอากาศรอบ ๆ ตะแกรงตากปลาทุก ๆ 1 ชั่วโมง สุ่มตัวอย่างมาวัดค่าความชื้นทุก ๆ 1 ชั่วโมงจนกระทั่งสิ้นสุดช่วงของการอบแห้งคงที่ (ข้อมูลจากการทดสอบเบื้องต้น) จากนั้นนำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน โดยใช้อุณหภูมิและความเร็วลม ที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 3 สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ความชื้นทุก ๆ 1 ชั่วโมงจนกระทั่งผลิตภัณฑ์มีความชื้นร้อยละ 28 ถึง 30 ขณะเดียวกัน ทำการวัดอุณหภูมิกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้งของอากาศภายในตู้อบลมร้อนทุก ๆ 1 ชั่วโมง นำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการอบแห้งกับเวลา ความชื้นของตัวอย่างกับเวลา และอัตราการอบแห้งกับความชื้นของตัวอย่าง

6.4 นำผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรสทั้งแบบชิ้นและแบบบดที่ผ่านการทำแห้งทั้ง 3 วิธี โดยนำตัวอย่างสุดท้ายไม่ผ่านการทอดและผ่านการทอดมาตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ ด้านสี ความแข็ง และคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านสี ความแข็ง และการยอมรับรวม โดยใช้วิธีการ เช่นเดียวกับข้อ 3

7. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาภายใต้สภาวะที่ต่างกัน

นำปลาหางควายแห้งปรุงรสทั้ง 2 แบบ ที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธีการต่างกันจากข้อ 6.1 6.2 และ 6 .3 มาบรรจุในถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีนที่มีขนาด กว้าง 15.24 ซม.× ยาว 32.02 ซม. จำนวน 5 ชิ้นต่อถุง จากนั้นปิดผนึกใน 2 ลักษณะ คือ แบบธรรมดา และแบบสุญญากาศแล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส รวมเป็นชุดการทดลอง 4 ชุดการทดลอง ดังนี้

- ชุดที่ 1 บรรจุแบบธรรมดา เก็บที่อุณหภูมิห้อง
- ชุดที่ 2 บรรจุแบบธรรมดา เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส
- ชุดที่ 3 บรรจุแบบสุญญากาศ เก็บที่อุณหภูมิห้อง
- ชุดที่ 4 บรรจุแบบสุญญากาศ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ทำการประเมินคุณภาพทุกๆ 15 วัน เป็นเวลา 120 วัน ดังนี้

7.1 คุณภาพทางกายภาพและเคมี

7.1.1 ค่าสีโดยใช้เครื่องวัดค่าสี

7.1.2 ค่าความแข็งโดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส

7.1.3 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ โดยใช้ เครื่องวัดวอเตอร์แอคติวิตี้

7.1.4 ปริมาณความชื้น (A.O.A.C., 1990)

7.1.5 ค่า TBA (Egan *et al.*, 1981)

7.2 คุณภาพทางจุลินทรีย์

7.2.1 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total viable count) (A.O.A.C., 1990)

6.2.2 ปริมาณยีสต์และรา (Marvin, 1976)

7.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

นำผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านการทอดและที่ผ่านการทอดในน้ำมันพืชที่อุณหภูมิ 160±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที

มาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้าน สี ความแข็ง กลิ่นทึน การยอมรับรวม(ตัวอย่างที่ไม่ผ่านการทอด) กลิ่นทึน รสผิดปกติ การยอมรับรวม (ตัวอย่างที่ผ่านการทอด) โดยวิธีประเมินคุณภาพแบบพรรณนาเชิงปริมาณ (Quantitative Descriptve Analysis : QDA) (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2535) โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้ว 10 คน นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โดยใช้แผนการทดลองแบบแฟกทอเรียลเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองโดยใช้ DMRT (Duncan's Multiple Range Test))(Duncan, 1955)

บทที่ 3

ผลและวิจารณ์

1. คุณภาพทางเคมีและจุลินทรีย์ของวัตถุดิบ

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของปลาหางควายแช่เยือกแข็งซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่ามีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า ร้อยละ 71.62 15.45 6.3 และ 2.09 ของน้ำหนักแห้งตามลำดับ (ตารางที่ 5) การตรวจสอบคุณภาพความสดของปลาหางควายแช่เยือกแข็ง พบว่าปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมดมีค่า 17.42 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ส่วนปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีค่า $(2.26 \pm 1.10) \times 10^3$ โคโลนีต่อกรัมตัวอย่าง ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ ปลาสดแช่เยือกแข็ง (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหรรม, 2529)

ตารางที่ 5 องค์ประกอบทางเคมีและจำนวนจุลินทรีย์ที่พบในปลาหางควายแช่เยือกแข็ง

องค์ประกอบ	ปริมาณ
ความชื้น (ร้อยละ)	71.62 ± 0.62 [1]
โปรตีน (ร้อยละ)[2]	15.45 ± 0.22
ไขมัน (ร้อยละ)[2]	6.3 ± 0.16
เถ้า (ร้อยละ)[2]	2.09 ± 0.55
ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (มิลลิกรัมไนโตรเจน/100 กรัม ตัวอย่าง)	17.42 ± 0.35
จำนวนจุลินทรีย์ (โคโลนีต่อกรัมตัวอย่าง)	$(2.26 \pm 1.10) \times 10^3$

หมายเหตุ *1* ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจาก 2 ชุดการทดลอง ๆ ละ 2 ซ้ำ

2 คำนวณจากน้ำหนักแห้งของตัวอย่าง

2. ปัจจัยที่มีผลต่อการทำแห้งปลาหางควายปรุงรสในตู้อบลมร้อน

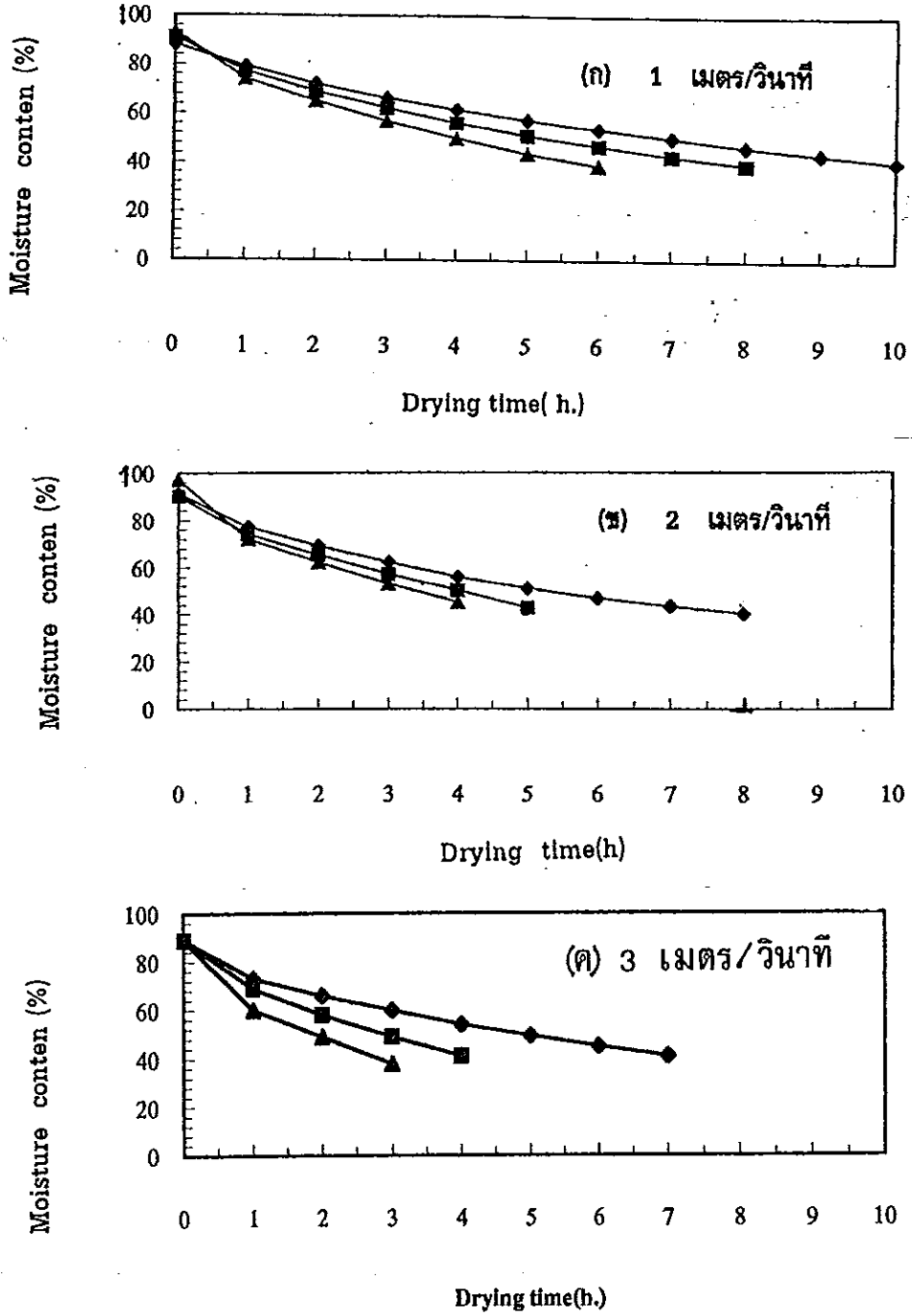
จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการทำแห้งปลาหางควายปรุงรสโดยใช้ตู้อบลมร้อนประกอบด้วยอุณหภูมิ (40 50 และ 60 องศาเซลเซียส) และความเร็วลมในตู้อบลมร้อน (1 2 และ 3 เมตรต่อวินาที) ได้ผลการทดลองดังนี้

2.1 ปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น

(1) อัตราการอบแห้งและระยะเวลาการอบแห้ง

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิและความเร็วลมที่มีต่ออัตราและระยะเวลาการอบแห้งของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้นจนกระทั่งผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีความชื้นร้อยละ 28 - 30 น้ำหนักเปียกหรือร้อยละ 46 - 49 น้ำหนักแห้ง พบว่าการอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส โดยใช้ความเร็วลม 1 2 และ 3 เมตรต่อวินาที ต้องใช้เวลาในการอบทั้งหมด 10 8 และ 7 ชั่วโมง ตามลำดับ ส่วนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบทั้งหมด 8 5 และ 4 ชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสใช้เวลาในการอบทั้งหมด 6 4 และ 3 ชั่วโมง ตามลำดับ (ภาพที่ 5) จากผลการทดลองดังกล่าวแสดงว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิและความเร็วลมสูง มีผลทำให้ความชื้นในเนื้อปลาหางควายแห้งปรุงรสลดลงได้เร็วกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิและความเร็วลมต่ำ สำหรับผลของอุณหภูมิที่มีต่ออัตราการอบแห้งซึ่งคำนวณได้จากปริมาณน้ำที่ระเหยไปต่อระยะเวลา พบว่าที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีค่าอัตราการอบแห้งสูงสุด (ภาพที่ 6) รองลงมาคือที่อุณหภูมิ 50 และ 40 องศาเซลเซียส ตามลำดับ สอดคล้องกับผลการทดลองของ Magagi และ Koodanchery (1995) ซึ่งได้รายงานว่าอัตราการอบแห้งปลาทรายแดงที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส ในระยะแรกมีลักษณะคล้ายคลึงกัน และเมื่อเวลาผ่านไป 2 ชั่วโมง การอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีอัตราการอบแห้งสูงกว่าที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส เนื่องจากอุณหภูมิในการอบแห้งที่เพิ่มขึ้น ทำให้ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิที่อ่านจากเทอร์โมมิเตอร์ชนิดกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้งของ ลมร้อนเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้ลมร้อนสามารถดึงน้ำออกจากวัสดุต่อหน่วยเวลาได้เพิ่มขึ้น (Borgstrom, 1980) ดังนั้นเนื้อปลาหางควายแห้งปรุงรสที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิของลมร้อนสูง จึงมีอัตราการอบแห้งที่สูงกว่าและใช้เวลาในการอบแห้งน้อยกว่าการอบแห้งด้วยอุณหภูมิของลมร้อนต่ำ

นอกจากนี้ เจริญขวัญ ไชยา (2536) ได้รายงานผลการศึกษาการอบแห้งเห็ดหอมที่อุณหภูมิ 40 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ด้วยความเร็วลม 1.4 เมตรต่อวินาที พบว่าการใช้อุณหภูมิสูงมีอัตราการอบแห้งสูงกว่าที่อุณหภูมิต่ำ เช่นเดียวกับการทดลองของ กิติวัฒน์ วงศ์พิศาล (2537) ที่ทำการอบแห้งเนื้อมะม่วงหิมมะพานต์ด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 0.8 1.5 และ 2.0 เมตรต่อวินาที พบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิและความเร็วลมสูง ทำให้ความชื้นของเนื้อมะม่วงหิมมะพานต์ลดลงเร็วกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิและความเร็วลมต่ำ

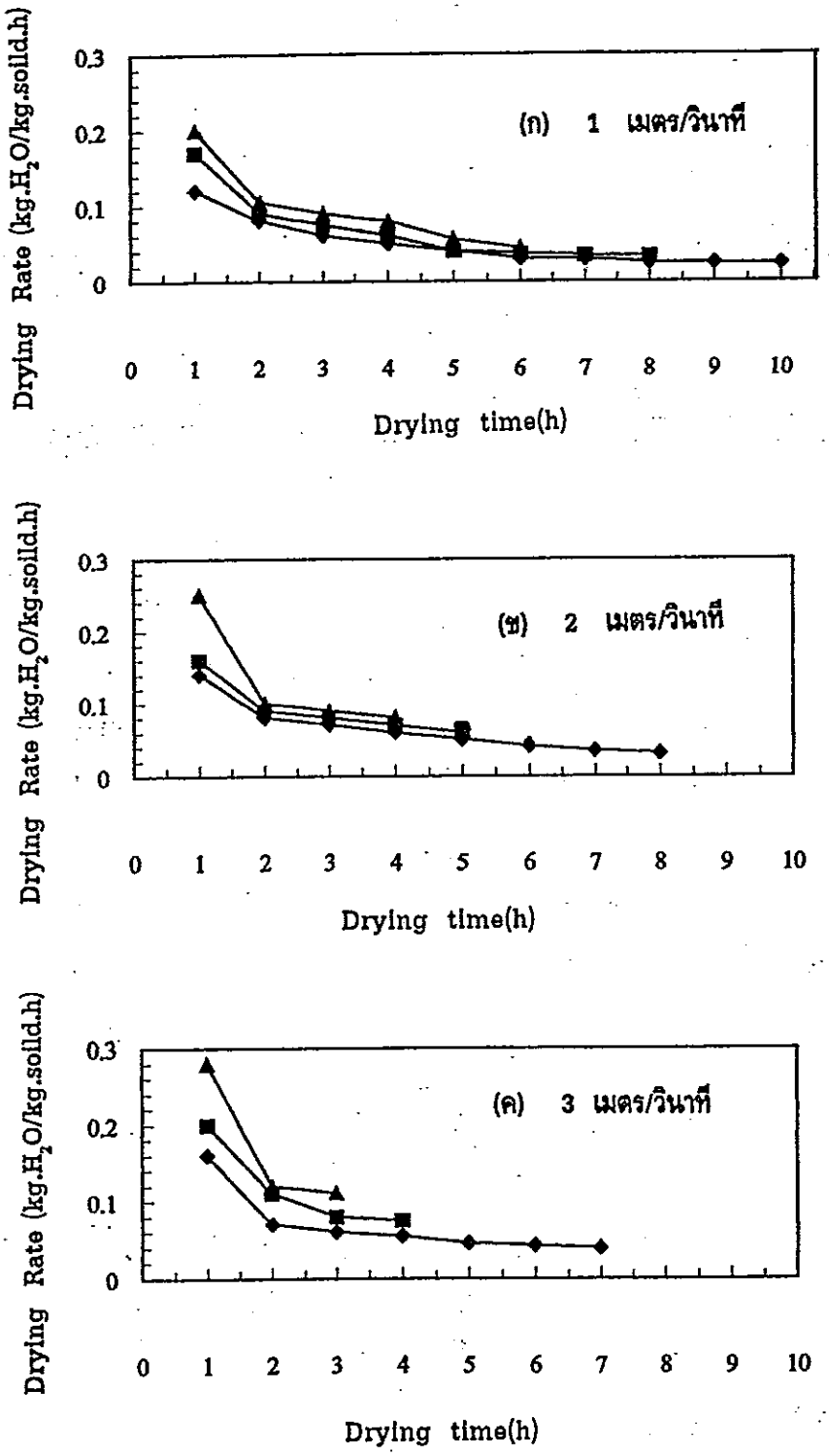


ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาอบแห้งกับความชื้นของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น

(◆) 40 องศาเซลเซียส (■) 50 องศาเซลเซียส (▲) 60 องศาเซลเซียส

(ก) ความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที (ข) ความเร็วลม 2 เมตรต่อวินาที

(ค) ความเร็วลม 3 เมตรต่อวินาที



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาอบแห้งกับอัตราการอบแห้งของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น

(◆) 40 องศาเซลเซียส (■) 50 องศาเซลเซียส (▲) 60 องศาเซลเซียส

(ก) ความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที (ข) ความเร็วลม 2 เมตรต่อวินาที

(ค) ความเร็วลม 3 เมตรต่อวินาที

(2) คุณภาพทางกายภาพ

ผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้นที่ผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1 2 และ 3 เมตรต่อวินาที จนกระทั่งผลิตภัณฑ์มีความชื้นสุดท้ายร้อยละ 28 - 30 น้ำหนักเปียก หรือ ร้อยละ 46 - 49 น้ำหนักแห้ง แบ่งตัวอย่างส่วนหนึ่งไปทอดในน้ำมันพืชที่อุณหภูมิ 160 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที แล้วนำตัวอย่างที่ทอดและไม่ทอดมาวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดค่าสี และค่าความแข็งด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัสได้ผลการทดลองดังนี้

ค่าสี พบว่าอุณหภูมิและความเร็วลมที่ต่างกันมีผลทำให้ค่าความสว่าง (ค่า L) มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 6) กล่าวคือเมื่ออุณหภูมิและความเร็วลมสูงขึ้น ค่าความสว่างลดลง ส่งผลให้สีของผลิตภัณฑ์คล้ำขึ้น และผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลเข้มมากขึ้น ค่าสีแดง – เขียว (ค่า a) ที่อุณหภูมิและความเร็วลมต่างกัน ไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) ซึ่งมีค่าเป็นบวกบ่งบอกว่าผลิตภัณฑ์มีสีค่อนไปทางสีแดง สำหรับค่าสีเหลือง - น้ำเงิน (ค่า b) เมื่ออุณหภูมิและความเร็วลมสูงขึ้นทำให้ค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่อน้ำตาลได้รับความร้อนจะเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Maillard reaction) เนื่องจากน้ำตาลรีดิวซ์ กับหมู่อะมิโน หรือกรดอะมิโน เกิดเป็นสารประกอบที่มีสีน้ำตาล (สุคนธ์ชื่น ศรีงาม, 2539) สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอด พบ ค่า L ค่า ค่า a และ ค่า b ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่6) แต่พบว่าค่าสีเพิ่มขึ้นทั้งนี้เนื่องจากในการทอดมีการใช้อุณหภูมิสูงมีผลทำให้น้ำตาลในอาหารเกิดการไหม้เพิ่มขึ้น (โชคชัย ธีระกุลเกียรติ , 2539)

ความแข็ง อุณหภูมิและความเร็วลมที่แตกต่างกันไม่ทำให้ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 6) เนื่องจากผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีความชื้นใกล้เคียงกันคืออยู่ในช่วงร้อยละ 28 - 30 น้ำหนักเปียก หรือร้อยละ 46 - 49 น้ำหนักแห้ง จึงทำให้ความแข็งไม่แตกต่างกัน การอบแห้งอาหารมีผลกระทบต่อโครงสร้างอาหาร ทั้งนี้เนื่องจากมีการสูญเสียน้ำเมื่อได้รับความร้อน ซึ่งจะสังเกตเห็นได้ชัดเจนจากการหดตัวของอาหาร โดยธรรมชาติเซลล์ในอาหารจะอยู่ในลักษณะที่เต่งตึงและยืดหยุ่นได้ดี เมื่อน้ำถูกระเหยออกไปจะทำให้เกิดช่องว่างขึ้นซึ่งผิวของอาหารจะพยายามเข้าไปแทนที่ช่องว่างอันนั้น จึงทำให้ลักษณะเซลล์ของอาหารเกิดการหดตัว (สมชาติ โสภณรณฤทธิ์, 2531) การหดตัวของอาหารจะเท่ากับปริมาณน้ำที่ระเหยไปและจะหดตัวมากขึ้นเมื่อน้ำระเหยมากขึ้น (นงนุช รักสกุลไทย, 2538)

ตารางที่ 6 คุณภาพทางกายภาพของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้นที่ผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิและความเร็วลมต่างกัน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความเร็วลม (เมตร/วินาที)	ค่า[1] L	ค่า[1] a	ค่า[1] b	ความแข็ง[1] (กรัม)
ไม่ผ่านการทอด					
40	1	24.57±0.11[a*]	0.66± 0.15[a]	0.67±0.10[c]	164±0.21[a]
	2	23.48±0.66[b]	0.66± 0.20[a]	0.86±0.96[c]	166±0.07[a]
	3	22.91±0.12[c]	0.64± 0.08[a]	0.79±0.01[c]	165±0.04[a]
50	1	24.36±0.21[a]	0.66± 0.04[a]	1.26±0.21[b]	165±0.11[a]
	2	23.19±0.46[b]	0.63± 0.62[a]	1.47±0.86[b]	164±0.24[a]
	3	22.17±0.22[c]	0.66± 0.01[a]	1.52±0.02[a]	165±0.08[a]
60	1	23.99±0.08[a]	0.65± 0.08[a]	1.41±0.12[b]	163±0.14[a]
	2	23.19±0.88[b]	0.66± 0.21[a]	1.66±0.86[b]	163±0.12[a]
	3	21.62±0.14[c]	0.64± 0.72[a]	1.80±0.01[a]	163±0.09[a]
ผ่านการทอด					
40	1	15.58±0.17[a]	0.91± 0.02[a]	2.41±0.09[a]	254±0.16[a]
	2	16.16±0.22[a]	0.87± 0.01[a]	2.38±0.94[a]	254±0.22[a]
	3	15.81±0.24[a]	0.92± 0.21[a]	2.42±0.45[a]	253±0.02[a]
50	1	16.39±0.12[a]	0.89± 0.26[a]	2.41±0.24[a]	255±0.24[a]
	2	15.81±0.21[a]	0.88± 0.24[a]	2.44±0.58[a]	255±0.30[a]
	3	16.29±0.26[a]	0.88± 0.18[a]	2.46±0.42[a]	252±0.52[a]
60	1	16.37±0.08[a]	0.84 ±0.71[a]	2.42±0.37[a]	254±0.53[a]
	2	16.41±0.15[a]	0.88±0.22[a]	2.40±0.32[a]	255±0.12[a]
	3	16.14±0.22[a]	0.85±0.18[a]	2.41±0.20[a]	253±0.42[a]

[1] ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

*ตัวอักษรที่เหมือนกันในอุณหภูมิเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

(3) คุณภาพทางประสาทสัมผัส

เมื่อนำผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้นที่ผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1 2 และ 3 เมตรต่อวินาที จนกระทั่งผลิตภัณฑ์มีความชื้นร้อยละ 28 - 30 น้ำหนักเปียก หรือ ร้อยละ 46 - 49 น้ำหนักแห้ง ทั้งแบบทอดและไม่ทอดมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ความแข็ง และการยอมรับรวม โดยวิธีประเมินคุณภาพแบบพรรณนาเชิงปริมาณ (Quantitative descriptive analysis : QDA) (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2535) โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกหัดจำนวน 10 คน กำหนดระดับคะแนนไว้ดังนี้คือ

- สี ระดับคะแนนตั้งแต่ 0 หมายถึง สีน้ำตาลอ่อนและสีเข้มขึ้น จนถึง 10 หมายถึง สีน้ำตาลเข้ม
- ความแข็ง ระดับคะแนนตั้งแต่ 0 หมายถึง แข็งน้อยและแข็งเพิ่มขึ้น จนถึง 10 หมายถึง แข็งมาก
- การยอมรับรวม ระดับคะแนนตั้งแต่ 0 หมายถึง ไม่ยอมรับ และการยอมรับเพิ่มขึ้นจนถึง 10 หมายถึง การยอมรับรวมมาก

ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 7 มีรายละเอียดดังนี้

ค่าสี อุณหภูมิและความเร็วลมที่แตกต่างกันทำให้ค่าสีมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ภายใต้ความเร็วลมทั้ง 3 ระดับ มีสีเหลืองอ่อนกว่าค่าอุดมคติ และในทางตรงกันข้ามเมื่อเพิ่มอุณหภูมิเป็น 60 องศาเซลเซียสของความเร็วลมทั้ง 3 ระดับ ผลิตภัณฑ์มีเหลืองเข้มเกินกว่าค่าอุดมคติ เนื่องจากการใช้อุณหภูมิที่สูงจนเกินไปทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลหรือปฏิกิริยาเมลลาร์ดเพิ่มมากขึ้น สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีเหลืองปานกลางคือไม่อ่อนและไม่เข้มจนเกินไป จึงมีค่าคะแนนเข้าใกล้อุดมคติมากที่สุด ซึ่งให้ผลการทดลองสอดคล้องกับการวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดค่าสี (ภาพที่ 7) ปัญหาที่มักเกิดขึ้นในกระบวนการอบแห้ง คือการเปลี่ยนแปลงสี ซึ่งมีการเรียกชื่อต่างกัน เช่น การเกิดสีน้ำตาล การเกิดสีไหม้ หรือความเสียหายที่เกิดจากความร้อน อัตราการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดถ้าอุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้น(ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก, 2532)ความเสียหาย ในลักษณะนี้มักเป็นปัจจัยร่วมระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้ง เมื่อนำผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรสมาทอดในน้ำมันพืชที่อุณหภูมิ 160 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที พบว่าผู้ทดสอบไม่สามารถบอกความแตกต่างด้านสีของตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งภายใต้อุณหภูมิและความเร็วลมต่างกันได้อย่างมีนัยสำคัญ

ความแข็ง จากการทดลองพบว่าการใช้อุณหภูมิและความเร็วลมที่แตกต่างกันมีผลทำให้คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความแข็งของผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 7) ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ทุกความเร็วลมมีความแข็งน้อยกว่าค่าอุดมคติ และที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสทุกความเร็วลมผลิตภัณฑ์มีความแข็งปานกลางมีคะแนนเข้าใกล้อุดมคติ และที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ของทุกความเร็วลมได้รับคะแนนมากเกินกว่าค่าอุดมคติ เมื่อนำผลิตภัณฑ์มาทอดในน้ำมันพืชที่อุณหภูมิ 160 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาทีแล้วทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าผู้ทดสอบไม่สามารถบอกความแตกต่างด้านความแข็งของตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งภายใต้อุณหภูมิ และความเร็วลมต่างกันได้อย่างมีนัยสำคัญ

การยอมรับรวม ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิและความเร็วลมที่ต่างกันส่งผลให้มีคะแนนการยอมรับรวมมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 7) คือผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ทุกความเร็วลมมีคะแนนน้อยกว่าค่าอุดมคติ เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองอ่อนเกินไป ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ทุกความเร็วลมมีคะแนนเกินค่าอุดมคติ เนื่องจากสีของผลิตภัณฑ์มีสีเข้มจนเกินไป และที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วลม 3 เมตรต่อวินาที มีคะแนนการยอมรับรวมเข้าใกล้อุดมคติมากที่สุดเนื่องจากได้รับคะแนนทางด้านสี ความแข็งเข้าใกล้คะแนนอุดมคติมากที่สุด เมื่อนำผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้นมาทอดในน้ำมันพืชที่อุณหภูมิ 160 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาทีแล้วทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับรวมที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งภายใต้อุณหภูมิและความเร็วลมต่างกัน

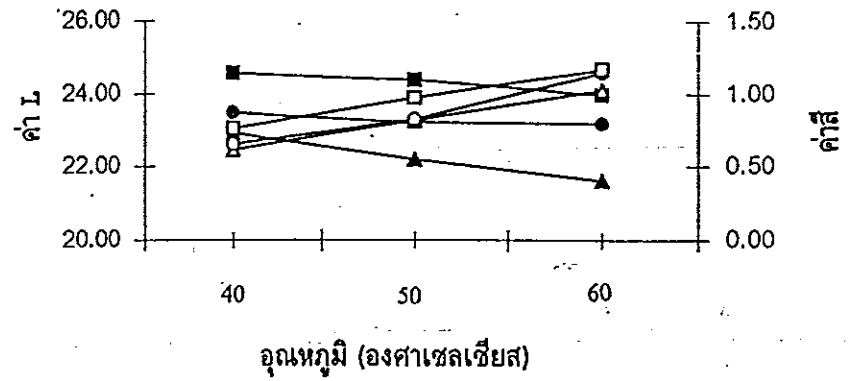
เมื่อพิจารณาผลร่วมของคุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น พบว่าสภาวะที่เหมาะสมต่อการทำแห้งโดยตู้อบลมร้อน คือ การใช้อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 3 เมตรต่อวินาที เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จึงได้คัดเลือกสภาวะดังกล่าวเพื่อทำการทดลองต่อไป

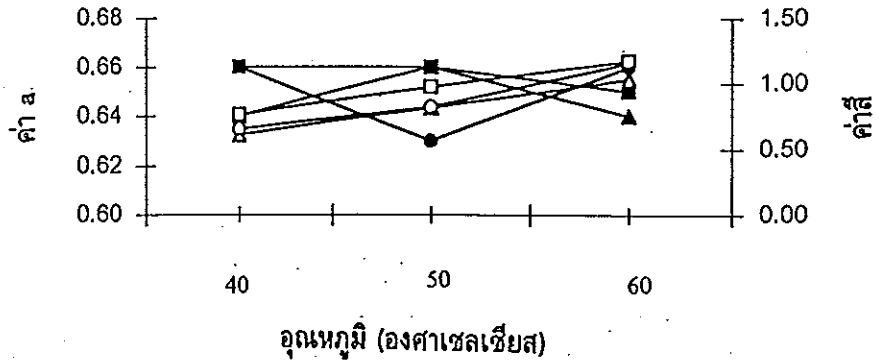
ตารางที่ 7 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ที่ผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิและความเร็วลมต่างกัน

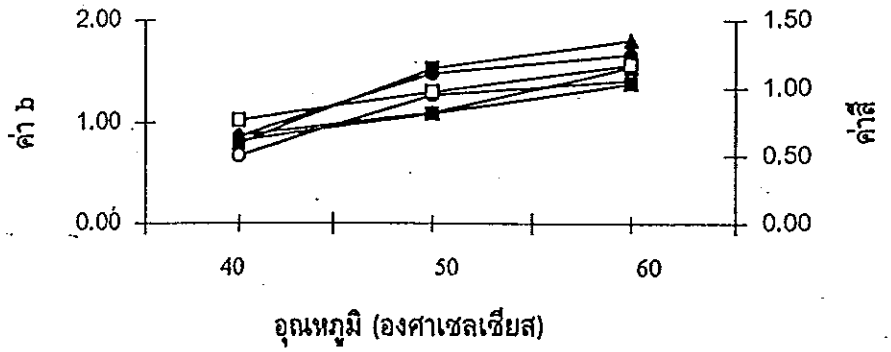
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความเร็วลม (เมตร/วินาที)	S/I Score [1] สี	ความแข็ง	การยอมรับรวม
ไม่ผ่านการทอด				
40	1	0.61±0.16 [b*]	0.65±0.08 [b]	0.45±0.06 [b]
	2	0.65±0.06 [b]	0.77±0.21 [a]	0.50±0.26 [b]
	3	0.76±0.15 [a]	0.78±0.14 [a]	0.54±0.14 [a]
50	1	0.81±0.04 [b]	0.79±0.24 [b]	0.64±0.02 [c]
	2	0.82±0.06 [b]	0.78±0.07 [b]	0.71±0.16 [b]
	3	0.97±0.12 [a]	0.97±0.20 [a]	0.98±0.22 [a]
60	1	1.03±0.07 [b]	1.11±0.26 [b]	0.80±0.31 [a]
	2	1.15±0.01 [a]	1.18±0.04 [a]	0.62±0.06 [b]
	3	1.17±0.02 [a]	1.17±0.21 [a]	0.62± 0.06 [b]
ผ่านการทอด				
40	1	0.84±0.07 [a]	0.80±0.12 [a]	0.93±0.14 [a]
	2	0.85±0.50 [a]	0.80±0.15 [a]	0.94± 0.50 [a]
	3	0.84±0.30 [a]	0.79±0.12 [a]	0.94±0.22 [a]
50	1	0.85±0.14 [a]	0.81±0.10 [a]	0.94±0.12 [a]
	2	0.84±0.12 [a]	0.82±0.20 [a]	0.93±0.14 [a]
	3	0.84±0.08 [a]	0.80±0.34 [a]	0.93±0.07 [a]
60	1	0.84±0.20 [a]	0.79±0.20 [a]	0.95±0.07 [a]
	2	0.83±0.26 [a]	0.76±0.22 [a]	0.95±0.07 [a]
	3	0.81±0.32 [a]	0.79±0.17 [a]	0.89±0.25 [a]

[1] ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนคะแนนตัวอย่างกับค่าในอุดมคติ (S/I) จากผู้ทดสอบ 10 คน

[*] ตัวอักษรที่เหมือนกันในอุณหภูมิเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)







ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีทางกายภาพกับค่าสีทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้นที่อุณหภูมิและความเร็วลมต่างกัน

(ผลการทดสอบทางด้านกายภาพ)
- ■ ความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที
- ● ความเร็วลม 2 เมตรต่อวินาที
- ▲ ความเร็วลม 3 เมตรต่อวินาที

(ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส)
- □ ความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที
- ○ ความเร็วลม 2 เมตรต่อวินาที
- △ ความเร็วลม 3 เมตรต่อวินาที

2.2 ปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด

(1) อัตราการอบแห้งและระยะเวลาการอบแห้ง

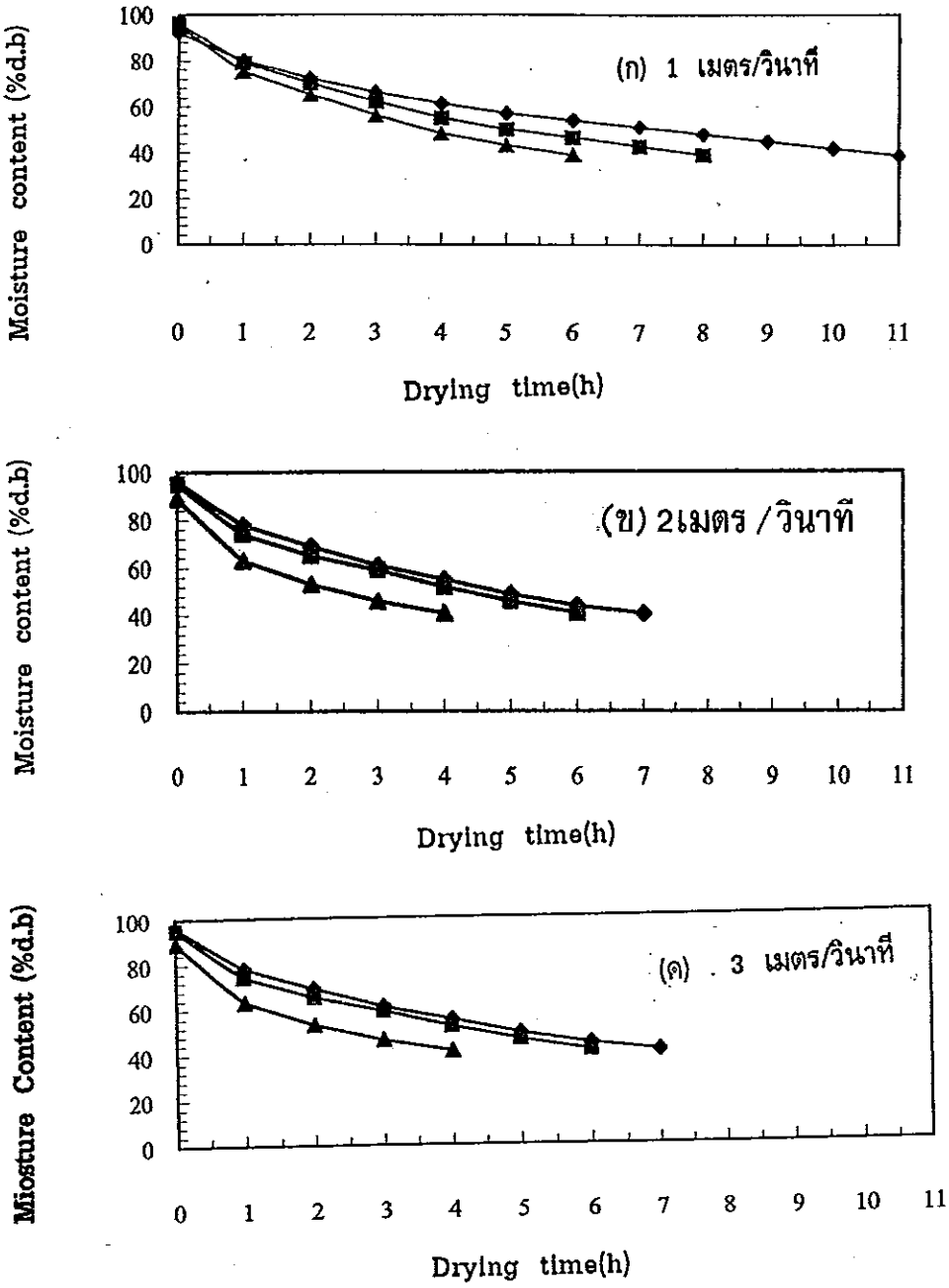
จากการศึกษาผลของอุณหภูมิและความเร็วลมที่มีต่ออัตราการอบแห้ง และระยะเวลาการอบแห้งของปลาหางควายปรุงรสแบบชิ้นจนกระทั่งผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีความชื้น ร้อยละ 28 - 30 น้ำหนักแห้ง หรือร้อยละ 46 - 49 น้ำหนักเปียก พบว่าการอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และความเร็วลม 1 2 และ 3 เมตรต่อวินาที ต้องใช้เวลาในการอบทั้งหมด 11 7 และ 6 ชั่วโมง ตามลำดับส่วนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบทั้งหมด 8 6 และ 4 ชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสใช้เวลาในการอบทั้งหมด 6 4 และ 3 ชั่วโมงตามลำดับ (ภาพที่ 8) จากผลการทดลองดังกล่าวแสดงว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิและความเร็วลมสูง มีผลทำให้ความชื้นในเนื้อปลาหางควายแห้งปรุงรสลดลงได้เร็วกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิและความเร็วลมต่ำ สำหรับผลของอุณหภูมิที่มีต่ออัตราการอบแห้งซึ่งคำนวณได้จากปริมาณน้ำที่ระเหยไปต่อระยะเวลา พบว่าที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีค่าอัตราการอบแห้งสูงสุด รองลงมาคือที่อุณหภูมิ 50 และ 40 องศาเซลเซียสตามลำดับ (ภาพที่ 9)

(2) คุณภาพทางกายภาพ

ผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้นที่ผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1 2 และ 3 เมตรต่อวินาที จนกระทั่งผลิตภัณฑ์มีความชื้นสุดท้าย ร้อยละ 28 - 30 น้ำหนักแห้ง หรือร้อยละ 46 - 49 น้ำหนักเปียก แบ่งตัวอย่างส่วนหนึ่งไปทอดในน้ำมันพืชที่อุณหภูมิ 160 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที แล้วนำตัวอย่างที่ทอดและไม่ทอดมาวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดค่าสี และค่าความแข็งด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัสได้ผลการทดลองดังนี้

ค่าสี พบว่าอุณหภูมิและความเร็วลมที่ต่างกันมีผลทำให้ค่าความสว่าง (ค่า L) มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 8) กล่าวคือเมื่ออุณหภูมิและความเร็วลมสูงขึ้น ค่าความสว่างลดลง ส่งผลให้สีของผลิตภัณฑ์คล้ำขึ้นและอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งสูงทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลเข้มมากขึ้น ค่าสีแดง - เขียว (ค่า a) ที่อุณหภูมิและความเร็วลมต่างกัน ไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งมีค่าเป็นบวกบ่งบอกว่าผลิตภัณฑ์มีสีค่อนไปทางสีแดง ($P>0.05$) สำหรับค่าสีเหลือง - น้ำเงิน (ค่า b) เมื่ออุณหภูมิและความเร็วลมสูงขึ้นทำให้ค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เนื่องจากเมื่อน้ำตาลได้รับความร้อนสูงจะเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Maillard reaction) เนื่องจากน้ำตาลรีดิวซ์ กับหมู่อะมิโนหรือกรดอะมิโน เกิดเป็นสารประกอบที่มีสีน้ำตาล (สุคนธ์ชื่น ศรีงาม, 2539) สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอด พบว่า ค่า L ค่า a และค่า b ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 8) แต่พบว่าค่าสีเพิ่มขึ้นทั้งนี้เนื่องจากในการทอดมีการใช้อุณหภูมิสูงมีผลทำให้น้ำตาลในอาหารเกิดการไหม้ของน้ำตาลเพิ่มขึ้น (โชคชัย ธีระกุลเกียรติ, 2539)

ความแข็ง อุณหภูมิและความเร็วลมที่แตกต่างกันไม่ทำให้ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 8) เนื่องจากผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีความชื้นใกล้เคียงกันคืออยู่ในช่วงร้อยละ 28 - 30 น้ำหนักเปียก จึงทำให้ค่าความแข็งไม่แตกต่างกัน

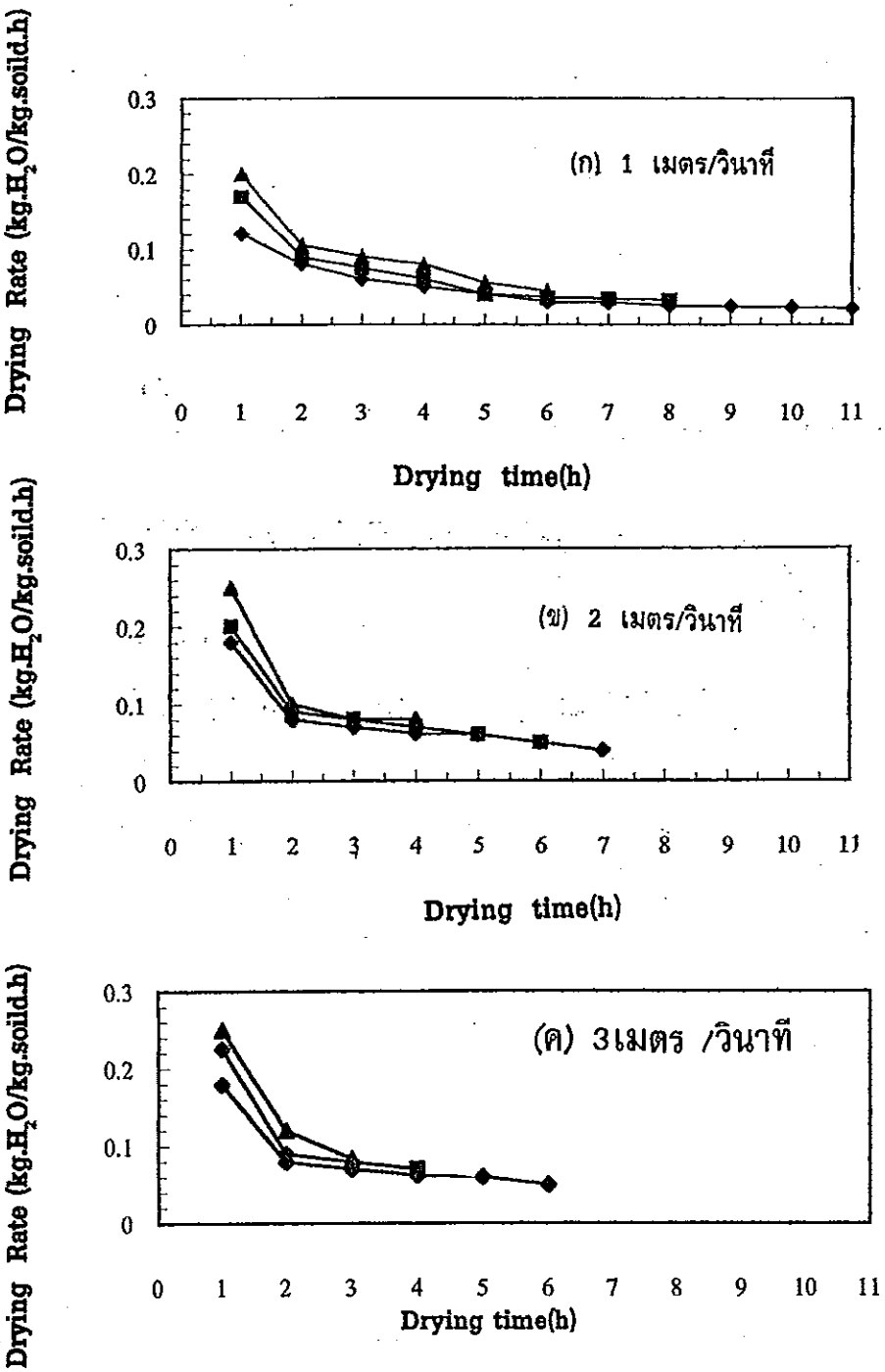


ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการอบแห้งกับความชื้นของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด

(◆) 40 องศาเซลเซียส (■) 50 องศาเซลเซียส (▲) 60 องศาเซลเซียส

(ก) ความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที (ข) ความเร็วลม 2 เมตรต่อวินาที

(ค) ความเร็วลม 3 เมตรต่อวินาที



ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาอบแห้งกับความชื้นของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด
(◆) 40 องศาเซลเซียส (■) 50 องศาเซลเซียส (▲) 60 องศาเซลเซียส
(ก) ความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที (ข) ความเร็วลม 2 เมตรต่อวินาที
(ง) ความเร็วลม 3 เมตรต่อวินาที

ตารางที่ 8 คุณภาพทางกายภาพของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบดที่ผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิและความเร็วลมต่างกัน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความเร็วลม (เมตร/วินาที)	ค่า[1]			ความแข็ง [1] (กรัม)
		L	a	b	
ไม่ผ่านการทอด					
40	1	24.52±0.01 [a']	0.65± 0.10 [a]	0.66± 0.11[c]	164±0.10 [a]
	2	23.46±0.86 [b]	0.63± 0.20 [a]	0.85±0.05 [b]	165±0.97 [a]
	3	22.90±0.12 [c]	0.62± 0.11 [a]	0.96±0.92 [a]	165±0.07 [a]
50	1	24.39±0.11 [a]	0.64± 0.88 [a]	1.25± 0.87 [a]	166±0.18 [a]
	2	23.17±0.88 [b]	0.65± 0.75 [a]	1.52± 0.21 [a]	165±0.02 [a]
	3	22.16±0.16 [c]	0.65± 0.01 [a]	1.53± 0.98 [a]	164±0.95 [a]
60	1	23.85±0.18 [b]	0.65± 0.84 [a]	1.41± 0.02 [a]	163±0.99 [a]
	2	23.16±0.89 [b]	0.64± 0.91[a]	1.65± 0.94 [a]	163±0.96 [a]
	3	21.59±0.52 [c]	0.65± 0.14 [a]	1.80± 0.80 [a]	164±0.96 [a]
ผ่านการทอด					
40	1	16.18±0.07 [a]	0.93±0.12 [a]	2.43±0.09 [a]	254±0.14 [a]
	2	16.39±0.12 [a]	0.89±0.41 [a]	2.42±0.91 [a]	254±0.21 [a]
	3	16.37±0.23 [a]	0.92±0.20 [a]	2.42±0.43 [a]	253±0.01 [a]
50	1	16.56±0.10 [a]	0.93±0.36 [a]	2.43±0.21 [a]	254±0.21 [a]
	2	16.21±0.41 [a]	0.89± 0.14 [a]	2.44± 0.56 [a]	254±0.31 [a]
	3	16.41±0.21 [a]	0.90± 0.08 [a]	2.46± 0.22 [a]	253±0.51 [a]
60	1	16.21±0.01 [a]	0.84± 0.71 [a]	2.44±0.27 [a]	255 ± 0.56 [a]
	2	16.49±0.17 [a]	0.86±0.21 [a]	2.42±0.31 [a]	254 ± 0.11[a]
	3	16.32+0.25 [a]	0.87+0.16 [a]	2.43+0.21 [a]	254 + 0.04 [a]

[1] ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

* ตัวอักษรที่เหมือนกันในอุณหภูมิเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ(P>0.05)

(3) คุณภาพทางประสาทสัมผัส

เมื่อนำผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบดที่ผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1 2 และ 3 เมตรต่อวินาที จนกระทั่งผลิตภัณฑ์มีความชื้นร้อยละ 28 – 30 น้ำหนักเปียก หรือ ร้อยละ 46 - 49 น้ำหนักแห้ง ทั้งแบบทอดและไม่ทอดมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ความแข็ง และการยอมรับรวม โดยวิธีประเมินคุณภาพแบบพรรณนาเชิงปริมาณ (Quantitative descriptive analysis : QDA) (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2535) โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกหัดจำนวน 10 คน

- สี ระดับคะแนนตั้งแต่ 0 หมายถึง สีน้ำตาลอ่อน และสีเข้มขึ้น จนถึง 10 หมายถึง สีน้ำตาลเข้ม
- ความแข็ง ระดับคะแนนตั้งแต่ 0 หมายถึง แข็งน้อยและแข็งเพิ่มขึ้น จนถึง 10 หมายถึง แข็งมาก
- การยอมรับรวม ระดับคะแนนตั้งแต่ 0 หมายถึง ไม่ยอมรับและการยอมรับเพิ่มขึ้นจนถึง 10 หมายถึง การยอมรับรวมมาก

ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 9 มีรายละเอียดดังนี้

ค่าสี อุณหภูมิและความเร็วลมที่แตกต่างกันมีผลทำให้ค่าสีมีความแตกต่างกัน ทางสถิติ ($P<0.05$) โดยการอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสทุกความเร็วลมผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีเหลืองอ่อนซึ่งน้อยกว่าค่าในอุดมคติ ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ทุกความเร็วลม ผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองปานกลางเข้าใกล้ค่าอุดมคติมากที่สุด ส่วนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ทุกความเร็วลมผลิตภัณฑ์ที่ได้สีเหลืองเข้มเกินค่าอุดมคติ เนื่องจากการใช้อุณหภูมิที่สูงเกินไปทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลเข้มเนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด ซึ่งให้ผลการทดลองสอดคล้องกับการวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดค่าสี (ภาพที่ 10) จากภาพจะเห็นได้ว่า ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ทุกความเร็วลม ค่า L มากที่สุด และค่า b น้อยที่สุดส่งผลให้มีคะแนนการยอมรับน้อยกว่าค่าอุดมคติ และในทางตรงกันข้าม ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสทุกอุณหภูมิ ค่า L น้อยที่สุด และ ค่า b มากที่สุดจึงส่งผลให้มีคะแนนการยอมรับเกินค่าอุดมคติ เมื่อนำผลิตภัณฑ์มาทอดในน้ำมันพืชที่อุณหภูมิ 160 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที พบว่าผู้ทดสอบไม่สามารถบอกความแตกต่างด้านสีของตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งภายใต้อุณหภูมิและความเร็วลมต่างกันได้อย่างมีนัยสำคัญ

ความแข็ง อุณหภูมิและความเร็วลมที่แตกต่างกันทำให้คะแนนการยอมรับด้านความแข็งของผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 9) โดยพบว่าที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ทุกความเร็วลมผลิตภัณฑ์ได้รับคะแนนความแข็งน้อยกว่าค่าอุดมคติ ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสความเร็วลม 3 เมตรต่อวินาที มีความแข็งปานกลางเข้าใกล้ค่าในอุดมคติมากที่สุด และที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ของทุกความเร็วลมได้รับคะแนนความแข็งมากเกินกว่าค่าอุดมคติ เมื่อนำผลิตภัณฑ์มาทอดในน้ำมันพืชที่อุณหภูมิ 160 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาทีแล้วทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส พบว่าผู้ทดสอบไม่สามารถบอกความแตกต่างด้านความแข็งของตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งภายใต้อุณหภูมิและความเร็วลมต่างกันได้อย่างมีนัยสำคัญ

การยอมรับรวม ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิและความเร็วลมที่ต่างกันส่งผลให้มีคะแนนการยอมรับรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) (ตารางที่ 9) คือผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ทุกความเร็วลมมีคะแนนน้อยกว่าค่าอุดมคติเนื่องจากผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองอ่อนเกินไป ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ทุกความเร็วลมมีคะแนนเกินค่าอุดมคติเนื่องจากสีของผลิตภัณฑ์มีสีเข้มจนเกินไป จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งทั้ง 2 อุณหภูมิมีคะแนนการยอมรับน้อย ส่วนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ได้รับคะแนนการยอมรับอยู่ในระดับปานกลาง ที่ความเร็วลม 3 เมตรต่อวินาที มีคะแนนการยอมรับเข้าใกล้อุดมคติมากที่สุดเนื่องได้รับคะแนนค่าสี ค่าความแข็งเข้าใกล้อุดมคติมากที่สุด เมื่อนำผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้นมาทอดใน น้ำมันพืชที่อุณหภูมิ 160 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาทีแล้วทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับรวมที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้ง ภายใต้อุณหภูมิและความเร็วลมต่างกัน

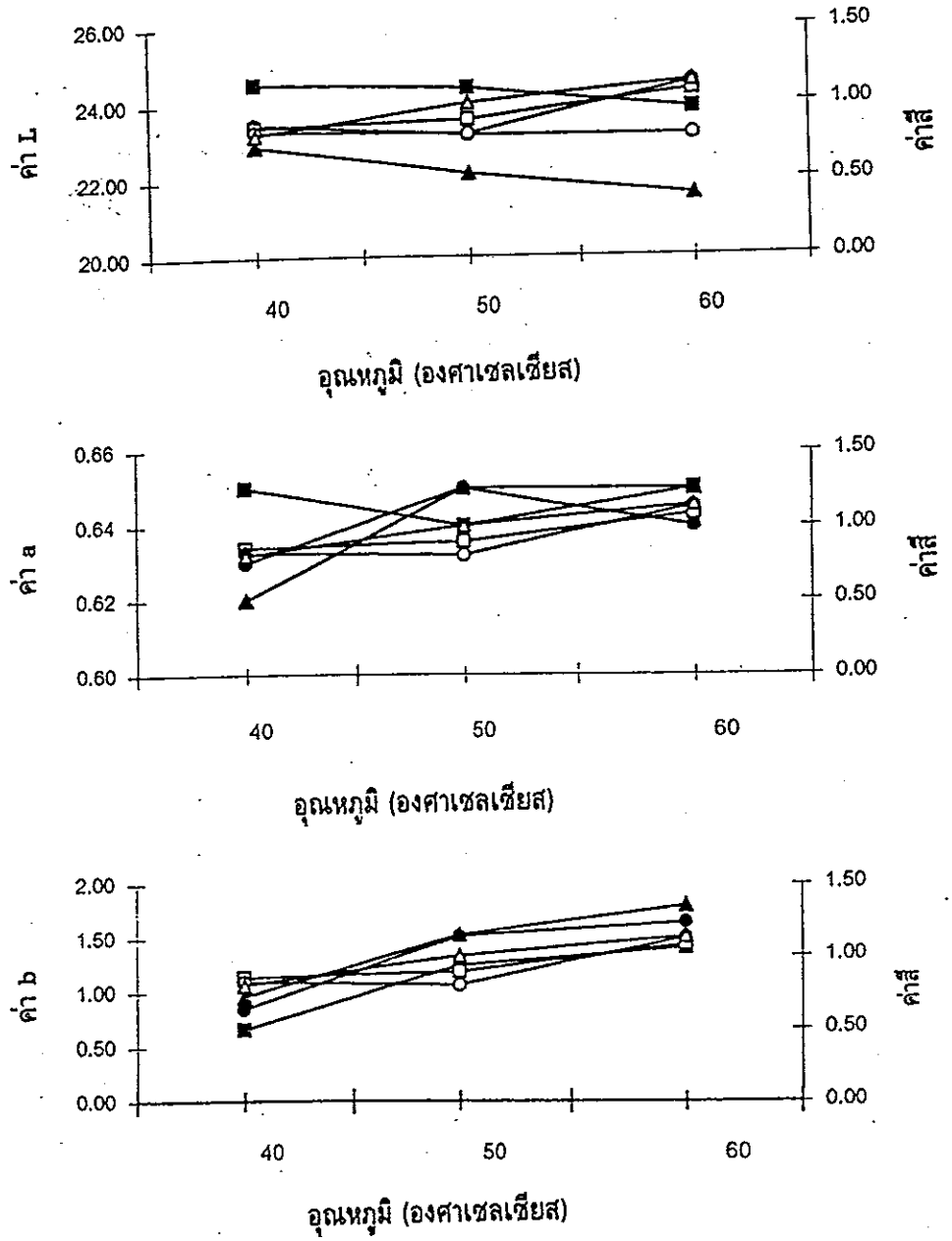
เมื่อพิจารณาผลร่วมของคุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด พบว่าสภาวะที่เหมาะสมต่อการทำแห้งโดยตู้อบลมร้อน คือการใช้อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 3 เมตรต่อวินาที เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จึงได้คัดเลือกสภาวะดังกล่าวเพื่อทำการทดลองต่อไป

ตารางที่ 9 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด ที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิและความเร็วลมต่างกัน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความเร็วลม (เมตร/วินาที))	S/I score [1] สี	ความแข็ง	การยอมรับรวม
ไม่ผ่านการทอด				
40	1	0.85±0.08 [a*]	0.77±0.09 [a]	0.44±0.20 [c]
	2	0.82±0.22 [a]	0.65±0.02 [b]	0.53±0.06 [d]
	3	0.80±0.21 [a]	0.71±0.07 [ab]	0.61±0.04 [c]
50	1	0.89±0.16 [b]	0.69±0.24 [c]	0.66±0.12 [c]
	2	0.80±0.22 [a]	0.80±0.06 [b]	0.76±0.08 [b]
	3	1.00±0.14 [a]	0.97±1.02 [a]	0.99±0.17 [a]
60	1	1.08±0.10 [a]	1.11±0.26 [b]	0.66±0.15 [c]
	2	1.13±0.07 [a]	1.12±0.47 [b]	0.62±0.21 [c]
	3	1.14±0.12 [a]	1.14±0.0 5[a]	0.52±0.47 [d]
ผ่านการทอด				
40	1	0.85±0.95[a]	0.66±0.12[a]	0.94±0.86[a]
	2	0.82±0.27[a]	0.66±0.05[a]	0.94±0.11[a]
	3	0.83±0.29[a]	0.62±0.14[a]	0.93±0.05[a]
50	1	0.85±0.17[a]	0.65±0.12[a]	0.93±0.19[a]
	2	0.84±0.07[a]	0.62±0.17[a]	0.93±0.10[a]
	3	0.85±0.52[a]	0.64±0.24[a]	0.94±0.45[a]
60	1	0.84±1.10[a]	0.65±1.14[a]	0.93±1.02[a]
	2	0.85±1.12[a]	0.66±1.18[a]	0.93±0.12[a]
	3	0.85±1.15[a]	0.66±1.03[a]	0.93±1.16[a]

[1] ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนคะแนนตัวอย่างกับค่าในอุดมคติ (S/I) จากผู้ทดสอบ 10 คน

*ตัวอักษรที่เหมือนกันในอุณหภูมิเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ(P>0.05)



ภาพที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีทางกายภาพ กับค่าสีทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลาหวายแห้งปรุงรสแบบบดที่ผ่านการทำแห้งที่ อุณหภูมิและความเร็วลมต่างกัน

(ผลการทดสอบทางกายภาพ)	(ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส)
■ ความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที	□ ความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที
● ความเร็วลม 2 เมตรต่อวินาที	O ความเร็วลม 2 เมตรต่อวินาที
▲ ความเร็วลม 3 เมตรต่อวินาที	△ ความเร็วลม 3 เมตรต่อวินาที

3. ผลของระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรสต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น

จากการศึกษาผลของระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรสที่ต่างกันคือ 6 9 และ 12 ชั่วโมงต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้นที่ผ่านการอบแห้งด้วยอุณหภูมิที่ผ่านการคัดเลือกมาแล้วคือ 50 องศาเซลเซียส และความเร็วลม 3 เมตรต่อวินาที จนกระทั่งผลิตภัณฑ์มีความชื้นสุดท้ายร้อยละ 28 - 30 น้ำหนักเปียก หรือร้อยละ 46 - 49 น้ำหนักแห้ง ได้ผลการทดลองดังนี้

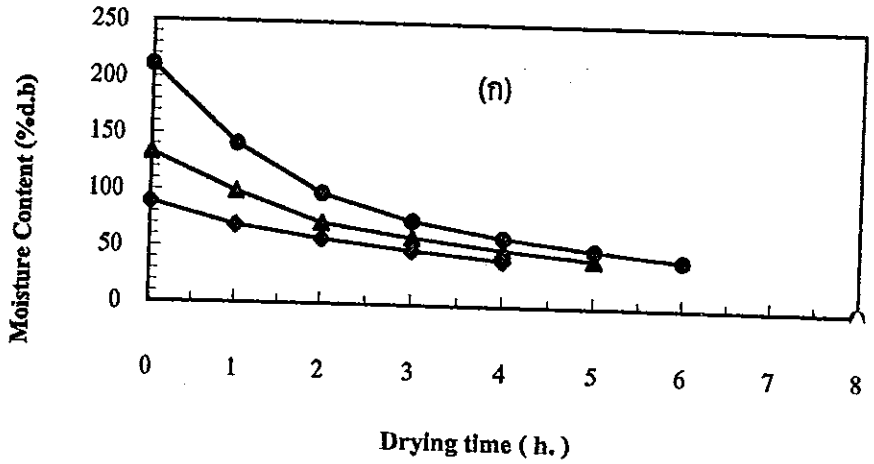
(1) ความชื้นและค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ เมื่อใช้ระยะเวลาการหมักแตกต่างกัน มีผลทำให้ค่าความชื้น และค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของตัวอย่างชิ้นปลาหางควายหลังการหมัก (ก่อนการอบแห้ง) แตกต่างกัน ($P<0.05$) โดยพบว่ามีค่าความชื้นร้อยละ 68 57 และ 48 และค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ 0.99 0.97 และ 0.92 เมื่อใช้ระยะเวลาการหมัก 6 9 และ 12 ชั่วโมง ตามลำดับ (ตารางที่ 10) เนื่องจากการใช้ระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรสที่เพิ่มขึ้นทำให้การแทรกซึมของสารปรุงรสในระหว่างการหมักมากขึ้น มีผลทำให้ความดันออสโมติกเปลี่ยนไป โดยน้ำจะถูกสกัดออกจากเนื้อเยื่อมากขึ้นทำให้ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้และปริมาณความชื้นลดลง

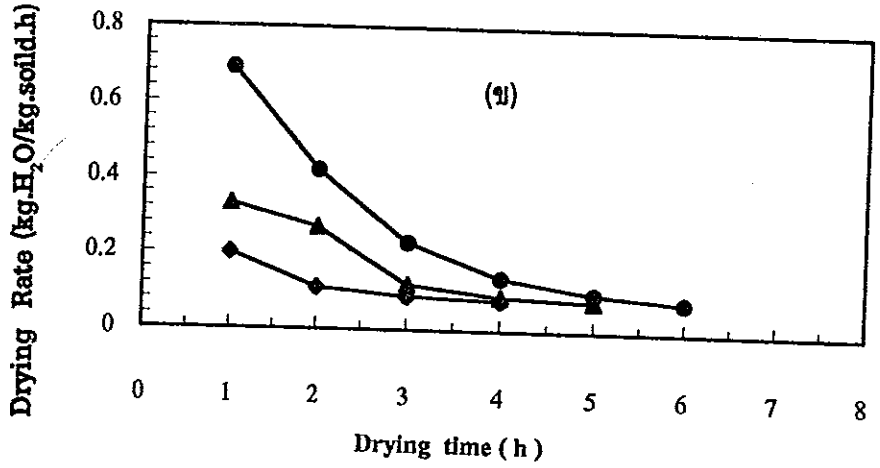
(2) อัตราการอบแห้งและระยะเวลาการอบแห้ง

จากการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้ระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรสเพิ่มขึ้นเป็น 6 9 และ 12 ชั่วโมง เมื่อนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และความเร็วลม 3 เมตรต่อวินาที ต้องใช้เวลาการอบแห้ง 6 5 และ 4 ชั่วโมงตามลำดับ (ภาพที่ 11ก) เนื่องจากเมื่อใช้เวลาการหมักเครื่องปรุงรสต่างกันทำให้ความชื้นเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ต่างกันคือผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นเริ่มต้นสูงต้องใช้เวลาในการระเหยน้ำออกจากผลิตภัณฑ์นานกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นเริ่มต้นต่ำเพื่อให้ได้ความชื้นสุดท้ายอยู่ในช่วงร้อยละ 20 - 30 น้ำหนักเปียก หรือร้อยละ 46 - 49 น้ำหนักแห้ง สำหรับผลต่ออัตราการอบแห้ง พบว่าอัตราการอบแห้งของผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นเริ่มต้นสูงมีค่าสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นเริ่มต้นต่ำ (ภาพที่ 11ข) เนื่องจากวัตถุดิบที่มีความชื้นเริ่มต้นสูงสูญเสียน้ำที่อยู่บริเวณชั้นนอกมากกว่า สามารถระเหยน้ำได้เร็วกว่า อีกทั้งระยะทางในการเคลื่อนที่มายังผิวหน้าสั้นกว่า จึงทำให้อัตราการอบแห้งมากกว่า และส่งผลให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่างกันคือผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นเริ่มต้นสูงมีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่า เนื่องจากต้องใช้พลังงานในการดึงน้ำออกจากวัตถุดิบมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นเริ่มต้นต่ำ ซึ่งจากการทดลองมีการใช้พลังงานไฟฟ้าคือ 7.4 6 และ 3.3 กิโลวัตต์ต่อ ชั่วโมงตามลำดับ

ตารางที่ 10 ผลของระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรสต่อ ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ และค่าความชื้นเริ่มต้นของปลาหางควายแบบชิ้น

ตัวอย่าง	ระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรส (ชั่วโมง)	ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้เริ่มต้น	ค่าความชื้นเริ่มต้น (ร้อยละ)
ปลาสด	-	0.99	71
เครื่องปรุงรส	-	0.49	-
ปลาปรุงรส	0	-	-
	6	0.99	68
	9	0.97	57
	12	0.92	48





ภาพที่ 11 ผลของระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรสต่อระยะเวลาการอบแห้ง(ก)และอัตราการอบแห้ง(ข) ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น

(●) 6 ชั่วโมง (▲) 9 ชั่วโมง (◆) 12 ชั่วโมง

(3) คุณภาพทางด้านกายภาพ

ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการหมักเครื่องปรุงรสที่ระยะเวลา 6 9 และ 12 ชั่วโมง และอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 3 เมตรต่อวินาที จนกระทั่งผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีความชื้นร้อยละ 28 - 30 น้ำหนักเปียก หรือร้อยละ 46 - 49 น้ำหนักแห้ง แบ่งตัวอย่างส่วนหนึ่งไปทอดในน้ำมันพืชที่อุณหภูมิ 160 ± 2 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 นาที แล้วนำตัวอย่างที่ทอดและไม่ทอดมาวัดสีด้วยเครื่องวัดค่าสี ค่าความแข็งด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส ได้ผลการทดลองดังนี้

ค่าสี ระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรสที่ต่างกันมีผลทำให้ค่าความสว่าง (ค่า L) มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) คือเมื่อระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรสเพิ่มขึ้นค่าความสว่างลดลง สำหรับค่าสีแดง – เขียว (ค่า a) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) และมีค่าเป็นบวกคือผลิตภัณฑ์มีสีค่อนไปทางสีแดง ค่าสีเหลือง – น้ำเงิน (ค่า b) พบว่าที่ระยะเวลาการหมักที่ 12 ชั่วโมง สีของผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองเข้มมากที่สุดรองลงมาคือที่ระยะเวลาการหมัก 9 ชั่วโมง และ 6 ชั่วโมง ตามลำดับ (ตารางที่ 11) เนื่องจากที่ระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรสเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการแพร่ของเครื่องปรุงรสเข้าไปยังเนื้อปลาเกิดการสะสมของสารปรุงรสมากขึ้นเมื่อนำไปอบแห้งผลิตภัณฑ์จึงมี สีเหลืองเข้มมากที่สุด เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอดพบว่า ค่า L ค่า a และ ค่า b ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่พบว่าค่าสีเพิ่มขึ้นทั้งนี้เนื่องจากใน การทอดมีการใช้อุณหภูมิสูงมีผลทำให้น้ำตาลในอาหารเกิดการไหม้ของน้ำตาลเพิ่มขึ้น (โชคชัย ธีระสกุลเกียรติ, 2539)

ความแข็ง ระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรสแตกต่างกันไม่ทำให้ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 11) เมื่อนำผลิตภัณฑ์มาทอดในน้ำมันพืชที่อุณหภูมิ 160 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที พบว่าผลิตภัณฑ์มีความแข็งไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 11 คุณภาพทางกายภาพของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้นที่ใช้ระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรสแตกต่างกัน

ระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรส (ชั่วโมง)	ค่า [1]			ความแข็ง [1] (กรัม)
	L	a	b	
ไม่ผ่านการทอด				
6	24.41±0.01 [c*]	0.64±0.04[a]	1.52±0.05[b]	165±0.04[a]
9	23.11±0.05[b]	0.64±0.02[a]	1.55±0.41[b]	165±0.06[a]
12	22.16±0.02[a]	0.61±0.01[a]	1.64±0.02[c]	164±0.05[a]
ผ่านการทอด				
6	16.40±0.06 [a]	0.90±0.05[a]	2.37±0.06[a]	250±0.06[a]
9	16.50±0.06[a]	0.89±0.06[a]	2.37±0.06[a]	261±0.05[a]
12	16.41±0.05[a]	0.95±0.05[a]	2.37±0.05[a]	258±0.05[a]

[1] ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

* ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์และกลุ่มเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

(4) คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการหมักเครื่องปรุงรส ที่ระยะเวลา 6 9 และ 12 ชั่วโมง และอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 3 เมตรต่อวินาที จนกระทั่งผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีความชื้นร้อยละ 28 - 30 น้ำหนักเปียก หรือร้อยละ 46 - 49 น้ำหนักแห้ง ทั้งแบบทอดและไม่ทอดมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ความแข็ง และการยอมรับรวมโดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 12 โดยมีรายละเอียดดังนี้

ค่าสี เมื่อระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรสต่างกันมีผลทำให้ค่าสีมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) พบว่าที่ระยะเวลาการหมัก 12 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์มีคะแนนเข้าใกล้อุดมคติมากที่สุด รองลงมาคือ 9 ชั่วโมง และ 6 ชั่วโมงตามลำดับ และจากการวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดค่าสี พบว่าที่ระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงที่ 12 ชั่วโมง มีสีเหลือง (ค่าb) เข้มมากที่สุด รองลงมาคือที่ระยะเวลาการหมัก 9 และ 6 ชั่วโมงตามลำดับ เมื่อนำผลิตภัณฑ์มาทอดในน้ำมันพืชที่อุณหภูมิ 160 ± 2 องศาเซลเซียสเป็น

เวลา 3 นาที พบว่าผู้ทดสอบไม่สามารถบอกความแตกต่างของตัวอย่างที่ผ่านการหมักเครื่องปรุงรสที่ระยะเวลาการหมักต่างกันได้อย่างมีนัยสำคัญ

ความแข็ง ระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรสต่างกันคะแนนการยอมรับด้านความแข็งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อนำผลิตภัณฑ์มาทอดในน้ำมันพืชที่อุณหภูมิ 160 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที พบว่าผู้ทดสอบไม่สามารถบอกความแตกต่างของตัวอย่างที่ผ่านการหมักเครื่องปรุงรสที่ระยะเวลาการหมักต่างกันได้อย่างมีนัยสำคัญ

รสชาติ ระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรสที่ต่างกันมีผลต่อรสชาติที่แตกต่างกัน ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) กล่าวคือผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการหมักเครื่องปรุงรสที่ 12 ชั่วโมงมากที่สุดเนื่องจากมีคะแนนเข้าใกล้ค่าอุดมคติมากที่สุด รองลงมาคือ 9 และ 6 ชั่วโมงตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อใช้ระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรสเพิ่มขึ้นมีผลทำให้การซึมผ่านของเครื่องปรุงรสเข้าสู่เนื้อปลาหางควายได้มากขึ้นจึงทำให้รสชาติเข้มขึ้น

การยอมรับรวม ระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรสต่างกันแสดงผลต่อคะแนน การยอมรับรวมที่แตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) คือผลิตภัณฑ์ที่ผ่านระยะเวลาการหมัก 12 ชั่วโมง มีคะแนนเข้าใกล้อุดมคติมากที่สุดเนื่องจากมีคะแนนค่าสี และรสชาติเข้าใกล้ค่าอุดมคติมากที่สุด รองลงมาคือที่ 9 และ 6 ชั่วโมง เมื่อนำผลิตภัณฑ์มาทอดในน้ำมันพืชที่อุณหภูมิ 160 ± 2 องศาเซลเซียส พบว่าผู้ทดสอบไม่สามารถบอกความแตกต่างด้านการยอมรับรวมของตัวอย่างที่ผ่านการหมักเครื่องปรุงรสที่ระยะเวลาการหมักต่างกันได้อย่างมีนัยสำคัญ

ดังนั้นจึงได้คัดเลือกระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรสที่ 12 ชั่วโมงเป็นระยะเวลาการหมักที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้นเพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

ตารางที่ 12 คะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ที่ระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงต่างกัน

ระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรส (ชั่วโมง)	S/I score [1]			
	สี	ความแข็ง	รสชาติ	การยอมรับรวม
ไม่ผ่านการทอด				
6	0.79±0.05 [a]	0.90±0.01[a]	*	0.76±0.06[a]
9	0.89±0.06[b]	0.90±0.05[a]	*	0.87±0.05[b]
12	0.95±0.06[c]	0.91±0.06[a]	*	0.91± 0.01[c]
ผ่านการทอด				
6	0.83±0.06 [c]	0.93±0.05[a]	0.75±0.05[c]	0.72±0.05[c]
9	0.83±0.05[b]	0.95±0.05[a]	0.81±0.05[b]	0.84±0.05[b]
12	0.85±0.05[a]	0.95±0.05[a]	0.97±0.05[a]	0.95±0.05[a]

[1] ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนคะแนนตัวอย่างกับค่าในอุดมคติ (S/I) จากผู้ทดสอบ 10 คน ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์และกลุ่มเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

* ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

4. การทำนายซอร์ปชั่นไอโซเทอมของปลาหางควายแห้งปรุงรส

4.1 การเลือกสมการที่เหมาะสมสำหรับทำนายซอร์ปชันไอโซเทอมของปลาหางควายแห้งปรุงรส

จากผลการทดลองหาความชื้นสมดุลโดยวิธีการดูดและการคายความชื้นของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้นและแบบบดที่ช่วงอุณหภูมิ 30 - 60 องศาเซลเซียสโดยใช้สารละลายเกลืออิ่มตัว (LiCl $MgCl_2.6H_2O$ $Mg(NO_3)_2.6H_2O$ NaCl และ KNO_3) ควบคุมค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ให้อยู่ในช่วง 0.1 - 0.9 และใช้ตู้อบลมร้อนในการควบคุมอุณหภูมิ ได้ผลการทดลองดังแสดงใน ตารางที่ 13 และ 14

ตารางที่ 13 ค่าความชื้นสมดุลของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้นที่อุณหภูมิและค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ต่าง ๆ

รูปแบบสมดุลความชื้น	อุณหภูมิ 30 (องศาเซลเซียส)		อุณหภูมิ 40 (องศาเซลเซียส)		อุณหภูมิ 50 (องศาเซลเซียส)		อุณหภูมิ 60 (องศาเซลเซียส)	
	Aw	M	Aw	M	Aw	M	Aw	M
แบบดูดความชื้น	0.133	9.131	0.112	8.250	0.111	7.071	0.110	6.819
	0.324	18.619	0.318	16.245	0.312	13.405	0.306	11.409
	0.514	24.396	0.485	20.745	0.456	17.787	0.427	13.860
	0.750	34.215	0.748	30.349	0.746	26.028	0.744	21.803
	0.923	44.901	0.890	38.049	0.848	31.193	0.808	24.034
แบบคายความชื้น	0.133	9.803	0.112	8.645	0.111	7.624	0.110	7.141
	0.324	21.018	0.318	18.822	0.312	16.513	0.306	14.677
	0.514	27.157	0.485	24.471	0.456	21.578	0.427	18.062
	0.750	37.213	0.748	34.047	0.746	30.381	0.744	26.528
	0.923	48.632	0.890	42.220	0.848	35.521	0.808	29.517

หมายเหตุ : Aw = วอเตอร์แอคติวิตี้

M = ความชื้นสมดุล(%db)

ตารางที่ 14 ค่าความชื้นสมดุลของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบดที่อุณหภูมิ และค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ต่าง ๆ

รูปแบบสมดุลความชื้น	อุณหภูมิ 30 (องศาเซลเซียส)		อุณหภูมิ 40 (องศาเซลเซียส)		อุณหภูมิ 50 (องศาเซลเซียส)		อุณหภูมิ 60 (องศาเซลเซียส)	
	Aw	M	Aw	M	Aw	M	Aw	M
แบบดูดความชื้น	0.133	9.100	0.112	8.047	0.111	7.058	0.110	6.884
	0.324	18.833	0.318	17.399	0.312	15.667	0.306	13.858
	0.514	25.593	0.485	22.626	0.456	20.496	0.427	18.371
	0.750	34.872	0.748	32.063	0.746	29.203	0.744	26.328
	0.923	44.348	0.890	38.822	0.848	33.593	0.808	29.222
แบบคายความชื้น	0.133	9.959	0.112	8.632	0.111	7.584	0.110	7.181
	0.324	19.031	0.318	18.045	0.312	16.513	0.306	15.386
	0.514	26.150	0.485	23.182	0.456	20.069	0.427	18.425
	0.750	36.080	0.748	31.606	0.746	29.235	0.744	26.807
	0.923	47.292	0.890	39.659	0.848	33.233	0.808	29.140

หมายเหตุ : Aw = วอเตอร์แอคติวิตี้

M = ความชื้นสมดุล (%db)

ผลการทดลองจากตารางที่ 13 และ 14 นำไปวิเคราะห์สมการถดถอย (Regression) โดยใช้วิธีกำลังสองน้อยสุดเพื่อหาสัมประสิทธิ์ต่าง ๆ ในสมการคณิตศาสตร์ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสมดุล อุณหภูมิ และค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ พบว่าสามารถหาค่าคงที่ของสมการที่อุณหภูมิต่าง ๆ ดังแสดงในภาคผนวก ค1 - ค8 ซึ่งเมื่อนำค่าคงที่ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของแต่ละสมการมาหาความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ ได้สมการความสัมพันธ์ดังแสดงในตารางที่ 15 และ 16

ตารางที่ 15 สมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่กับอุณหภูมิของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น

รูปแบบสมดุลความชื้น	รูปแบบสมการ	สมการความสัมพันธ์
แบบดูดความชื้น	GAB	$A(T) = 0.1123-7.129\times 10^{-3}\ T+1.613\times 10^{-4}T^2-1.190\times 10^{-6}T^3$
		$B(T) = -0.3580+2.634\times 10^{-2}\ T-5.872\times 10^{-4}T^2+4.489\times 10^{-6}T^3$
		$C(T) = 0.2730-1.970\times 10^{-2}\ T+4.360\times 10^{-4}T^2-3.326\times 10^{-6}T^3$
	Henderson	$C(T) = 1.258\text{x}10^{-4} - 8.614\text{x}14^{-6}\ T+2.012\text{x}10^{-7}T^2-1.513\text{x}10^{-9}T^3$
		$n(T) = 3.3520+0.3750T-8.709\text{x}10^{-3}\ T^2+6.662\text{x}10^{-5}T^3$
	Oswin	$a(T) = 15.4580+0.6150T-1.752\times 10^{-2}T^2+1.184\times 10^{-4}T^3$
		$n(T) = 1.0635-5.495\times 10^{-2}T+1.371\times 10^{-3}T^2-1.086\times 10^{-5}T^3$
	Halsey	$a(T) = 1.8277\text{x}10^{6}+1.977\text{x}10^{5}T-5242\text{x}10^{3}T^2+42.1523T^3$
		$r(T) = 1.9490-0.3017\ T+7.556\text{x}10^{-3}T^2-5.980\text{x}10^{-5}T^3$
แบบคายความชื้น	GAB	$A(T) = 0.0760-4.545\times 10^{-3}\ T+1.016\times 10^{-4}T^2-7.293\times 10^{-7}T^3$
		$B(T) = -0.2360+1.793\times 10^{-2}\ T-3.825\times 10^{-4}T^2+2.808\times 10^{-6}T^3$
		$C(T) = 0.1990-1.427\times 10^{-2}\ T+3.135\times 10^{-4}T^2-2.279\times 10^{-6}T^3$
	Henderson	$C(T) = 6.919\text{x}10^{-4} - 4.593\text{x}14^{-6}\ T+1.078\text{x}10^{-7}T^2-8.048\text{x}10^{-10}T^3$
		$n(T) = 0.7562+0.1858T-4.341\text{x}10^{-3}T^2+3.297\text{x}10^{-5}T^3$
	Oswin	$a(T)=19.1799+0.4603T-1.330\times 10^{-2}T^2+8.885\times 10^{-5}T^3$
		$n(T)=0.6097-2.232\times 10^{-2}T+6.088\times 10^{-4}T^2-4.976\times 10^{-6}T^3$
	Halsey	$a(T) = 1.349\text{x}10^{6}-2.056\text{x}10^{4}T-3.753\text{x}10^{2}T^2+6.6389T^3$
		$r(T) = 0.8889\ -9.727\text{x}10^{-2}T+2.847\text{x}10^{-3}T^2-2.391\text{x}10^{-5}T^3$

หมายเหตุ A, B, C, n, a, r = ค่าคงที่

T = อุณหภูมิ (^{0}C)

ตารางที่ 16 สมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่กับอุณหภูมิของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด

รูปแบบสมดุลความชื้น	รูปแบบสมการ	สมการความสัมพันธ์
แบบดูดความชื้น	GAB	$A(T) = 0.0996-6.278\times 10^{-3}\,T+1.436\times 10^{-4}T^2-1.054\times 10^{-6}T^3$
		$B(T) = -0.3442+2.581\times 10^{-2}\,T-5.859\times 10^{-4}T^2+4.366\times 10^{-6}T^3$
		$C(T) = 0.2975-2.205\times 10^{-2}\,T+5.050\times 10^{-4}T^2-3.777\times 10^{-6}T^3$
	Henderson	$C(T) = 1.013\text{x}10^{-4} - 6.880\ \text{x}10^{-4}\ \text{T} + 1.616\ \text{x}\ 10^{-7}\ \text{T}^2 - 1.207\text{x}10^{-9}\text{T}^2$
		$n(T) = 1.5822+0.2459\text{T} - 5.719\ \text{x}10^{-3}\text{T}^2+4.286\text{x}10^{-5}\text{T}^3$
	Oswin	$a(T) = 18.7199+0.3588T-1.125\times 10^{-2}T^2+8.357\times 10^{-5}T^3$
		$n(T) = 0.7665-3.363\times 10^{-2}T+8.665\times 10^{-4}T^2-6.808\times 10^{-6}T^3$
	Halsey	$a(T) = 4.732\text{x}10^{5}\text{x}3.070\text{x}10^{4}\ \text{T}-1.418\text{x}10^{3}\text{T}^2+13.70\text{T}^3$
		$r(T) = 0.0365-0.1640\ \text{T} + 4.379\ \text{x}\ 10^{-3}\ \text{T}^2-3.498\text{x}10^{-5}\text{T}^3$
แบบคายความชื้น	GAB	$A(T) = 0.0555-3.300\times 10^{-3}\,T+7.560\times 10^{-6}T^2-5.441\times 10^{-7}T^3$
		$B(T) = -0.0793\ \ +7.505\times 10^{-3}\,T-1.654\times 10^{-4}T^2+1.179\times 10^{-6}T^3$
		$C(T) = 0.0327-3.908\times 10^{-3}\,T+9.199\times 10^{-5}T^2-6.595\times 10^{-7}T^3$
	Henderson	$C(T) = 6.974\text{x}10^{-5} - 4.552\ \text{x}10^{-6}\ \text{T} + 1.037\ \text{x}\ 10^{-7}\ \text{T}^2 - 7.523\text{x}10^{-10}\text{T}^2$
		$n(T) = 1.2527+0.2163\text{T} - 4.801\ \text{x}10^{-3}\text{T}^2+3.454\text{x}10^{-5}\text{T}^3$
	Oswin	$a(T) = 18.7199+0.3588T-1.125\times 10^{-2}T^2+8.357\times 10^{-5}T^3$
		$n(T) = 0.7665-3.363\times 10^{-2}T+8.665\times 10^{-4}T^2-6.808\times 10^{-6}T^3$
	Halsey	$a(T) = 9.979\text{x}10^{5} - 1.444\text{x}10^{4}\ \text{T}-1.240\text{x}10^{3}\text{T}^2+12.98\text{T}^3$
		$r(T) = 0.6299-0.1152\ \text{T} + 3.089\ \text{x}\ 10^{-3}\ \text{T}^2-2.415\text{x}10^{-5}\text{T}^3$

หมายเหตุ A, B, C, n, a, r = ค่าคงที่

T = อุณหภูมิ (^{0}C)

จากการเปรียบเทียบเส้นซอร์ปชั่นไอโซเทอมแบบดูดและคายความชื้น ที่คำนวณได้จากสมการคณิตศาสตร์ทั้ง 4 สมการ กับค่าจากผลการทดลอง แสดงดังภาพที่ 12 - 15 และจากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (r^2) ของสมการคณิตศาสตร์และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ระหว่างค่าที่คำนวณได้จากสมการคณิตศาสตร์กับค่าจากผลการทดลองได้ผลดังแสดงในตารางที่ 17 - 20 พบว่าสมการของ GAB สามารถทำนายค่าได้ใกล้เคียงกับการทดลองมากที่สุด โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจสูงสุด และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำสุด รองลงมาคือสมการของ Henderson Oswin และ Helsey ตามลำดับ โดยค่าสอดคล้องกันทุกอุณหภูมิ

ตารางที่ 17 ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของสมการและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างสมการคณิตศาสตร์กับผลการทดลองของปลาหางควายแห้งปรุงรสรูปแบบชิ้นที่เข้าสู่สมดุลแบบดูดความชื้น

สมการ	อุณหภูมิ 30 (องศาเซลเซียส)		อุณหภูมิ 40 (องศาเซลเซียส)		อุณหภูมิ 50 (องศาเซลเซียส)		อุณหภูมิ 60 (องศาเซลเซียส)	
	r^2	*SD*	r^2	*SD*	r^2	*SD*	r^2	*SD*
GAB	0.999	0.316	0.999	0.090	0.999	0.100	0.999	0.024
Henderson	0.989	0.509	0.998	0.153	0.999	0.199	0.999	0.069
Halsey	0.872	2.478	0.917	1.495	0.935	0.963	0.968	0.416
Oswin	0.942	1.219	0.973	0.698	0.981	0.439	0.966	0.145

ตารางที่ 18 ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของสมการ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างสมการคณิตศาสตร์กับผลการทดลองของปลาหางควายแห้งปรุงรสรูปแบบชิ้นที่เข้าสู่สมดุลแบบคายความชื้น

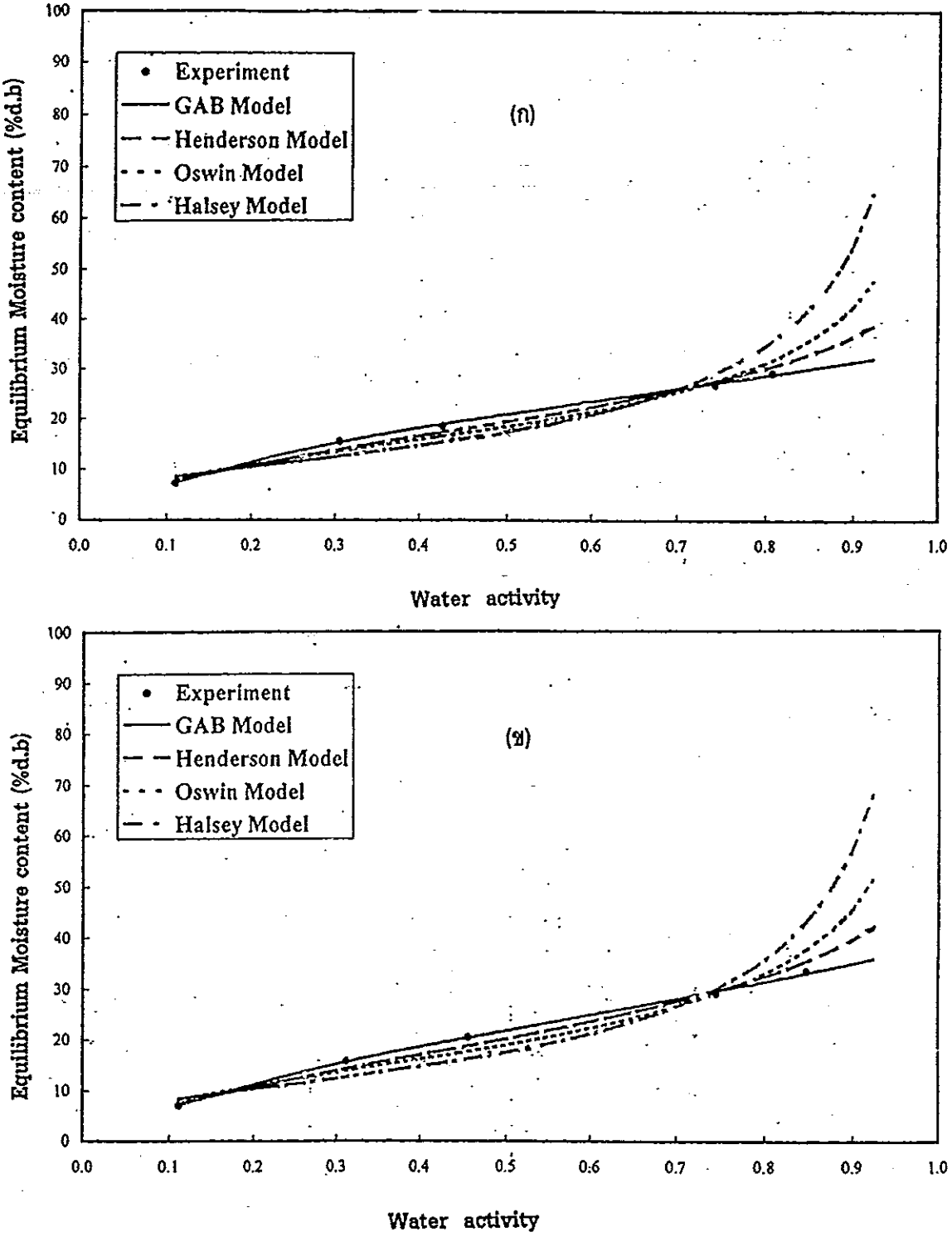
สมการ	อุณหภูมิ 30 (องศาเซลเซียส)		อุณหภูมิ 40 (องศาเซลเซียส)		อุณหภูมิ 50 (องศาเซลเซียส)		อุณหภูมิ 60 (องศาเซลเซียส)	
	r^2	*SD*	r^2	*SD*	r^2	*SD*	r^2	*SD*
GAB	0.998	0.488	0.999	0.208	0.999	0.148	0.999	0.105
Henderson	0.981	0.727	0.989	0.485	0.988	0.446	0.991	0.291
Halsey	0.853	2.947	0.879	2.184	0.890	1.594	0.991	1.010
Oswin	0.927	1.425	0.950	1.052	0.955	0.795	0.996	0.509

ตารางที่ 19 ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของสมการ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างสมการคณิตศาสตร์กับผลการทดลองของปลาหางควายแห้งปรุงรสรูปแบบบดที่เข้าสู่สมดุลแบบดูดความชื้น

สมการ	อุณหภูมิ 30 (องศาเซลเซียส)		อุณหภูมิ 40 (องศาเซลเซียส)		อุณหภูมิ 50 (องศาเซลเซียส)		อุณหภูมิ 60 (องศาเซลเซียส)	
	r^2	*SD*	r^2	*SD*	r^2	*SD*	r^2	*SD*
GAB	0.999	0.227	0.999	0.106	0.999	0.097	0.999	0.102
Henderson	0.983	0.721	0.989	0.472	0.986	0.474	0.990	0.338
Halsey	0.850	2.825	0.878	2.070	0.885	1.618	0.908	1.071
Oswin	0.926	1.407	0.949	1.018	0.951	0.815	0.964	0.559

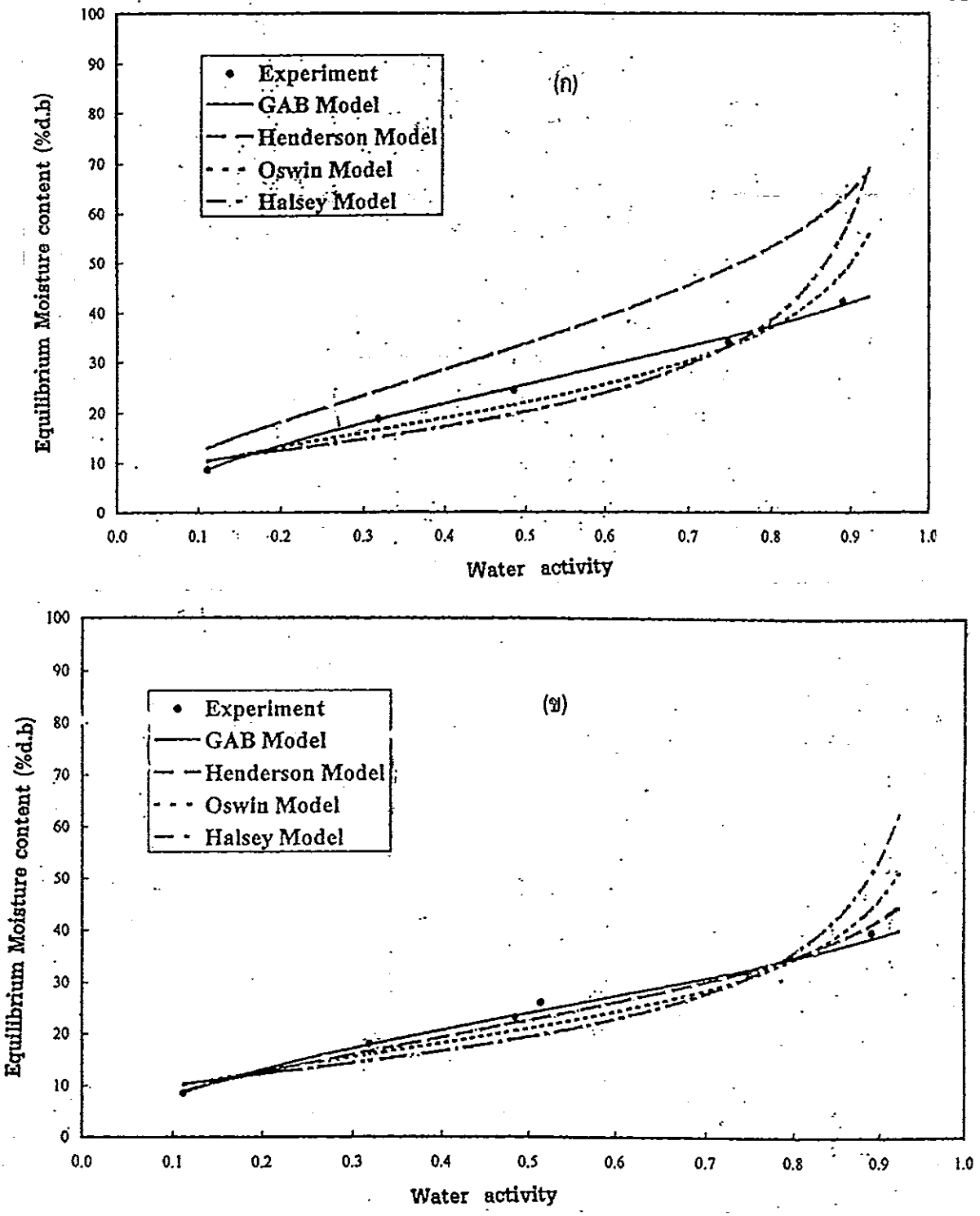
ตารางที่ 20 ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของสมการ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างสมการคณิตศาสตร์ กับผลการทดลองของปลาหางควายแห้งปรุงรสรูปแบบบดที่เข้าสู่สมดุลแบบคายความชื้น

สมการ	อุณหภูมิ 30 (องศาเซลเซียส)		อุณหภูมิ 40 (องศาเซลเซียส)		อุณหภูมิ 50 (องศาเซลเซียส)		อุณหภูมิ 60 (องศาเซลเซียส)	
	r^2	*SD*	r^2	*SD*	r^2	*SD*	r^2	*SD*
GAB	0.999	0.138	0.999	0.237	0.999	0.146	0.999	0.099
Henderson	0.993	0.450	0.991	0.387	0.986	0.418	0.983	0.400
Halsey	0.883	2.471	0.886	1.853	0.888	1.470	0.890	1.156
Oswin	0.949	1.241	0.954	0.883	0.953	0.736	0.952	0.600



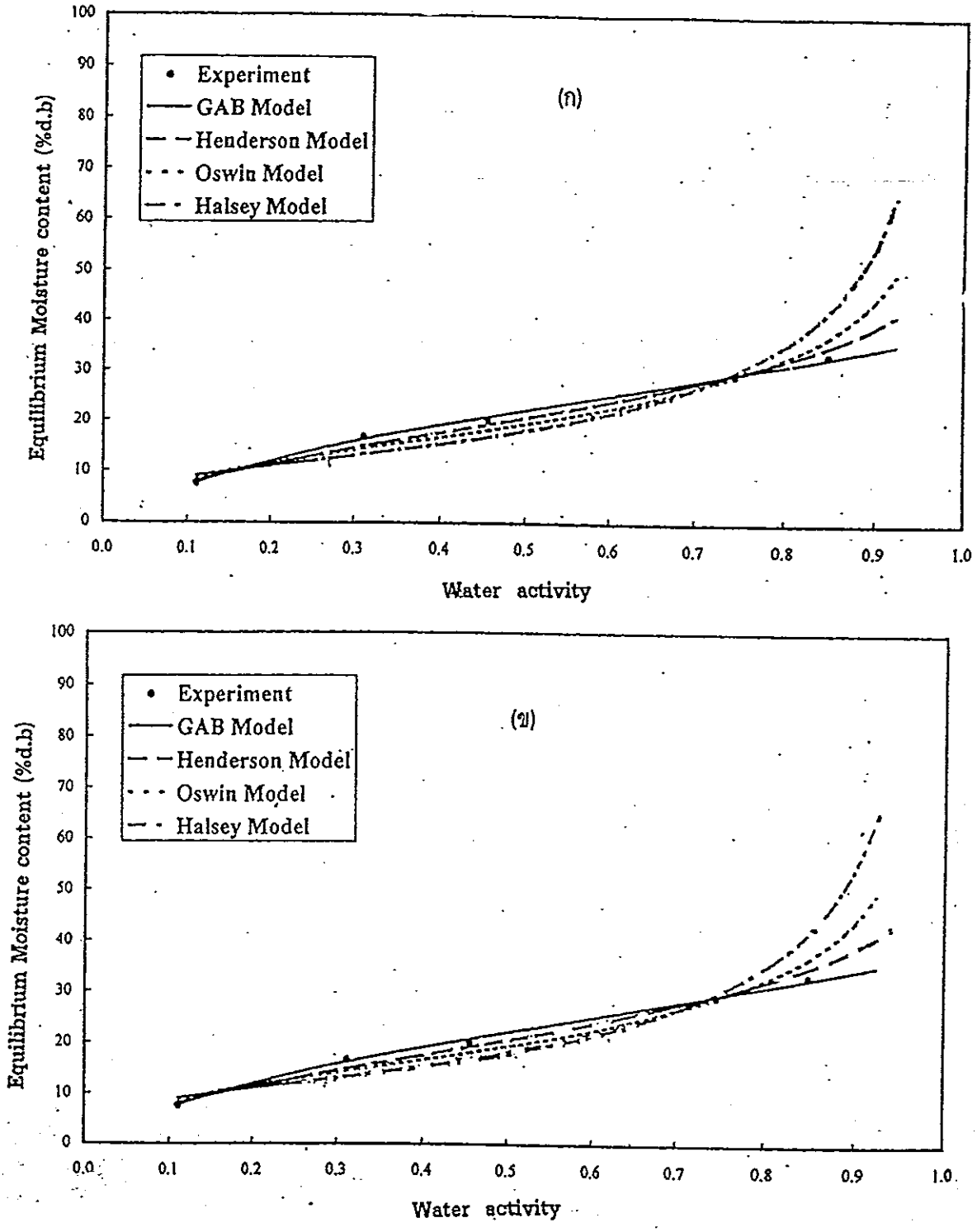
ภาพที่ 12 เปรียบเทียบเส้นซอร์ปชั่นไอโซเทอมแบบดูดความชื้นที่คำนวณได้จากสมการคณิตศาสตร์กับผลการทดลองของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น

(ก) 30 องศาเซลเซียส (ข) 50 องศาเซลเซียส



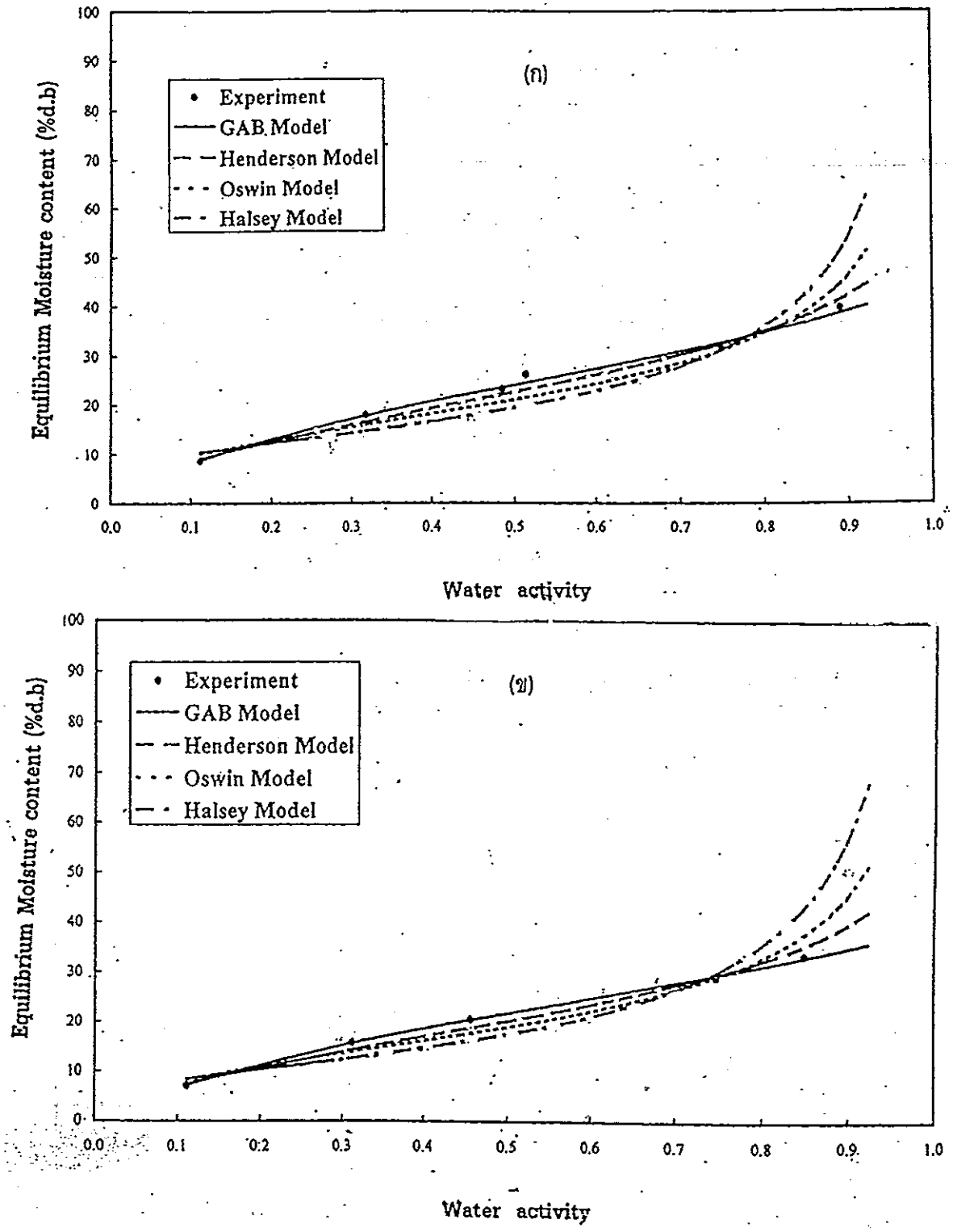
ภาพที่ 13 เปรียบเทียบเส้นซอร์ปชั่นไอโซเทอมแบบคายความชื้นที่คำนวณได้จากสมการคณิตศาสตร์กับผลการทดลองของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด

(ก) 30 องศาเซลเซียส (ข) 50 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 14 เปรียบเทียบเส้นซอร์ปชั่นไอโซเทอมแบบดูดความชื้นที่คำนวณได้จากสมการคณิตศาสตร์กับผลการทดลองของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด

(ก) 30 องศาเซลเซียส (ข) 50 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 15 เปรียบเทียบเส้นซอร์ปชั่นไอโซเทอมแบบคายความชื้นที่คำนวณได้จากสมการคณิตศาสตร์กับผลการทดลองของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด

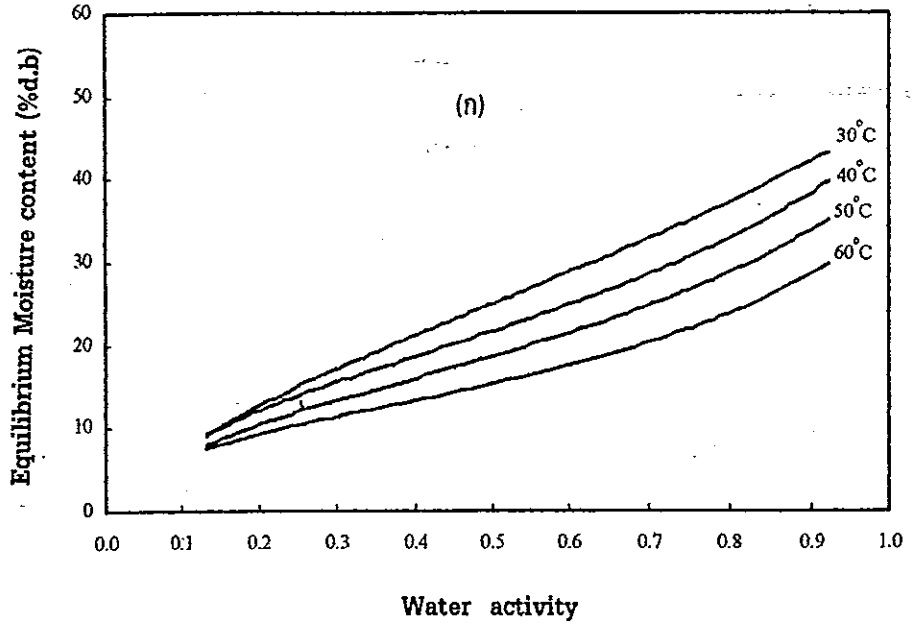
(ก) 30 องศาเซลเซียส (ข) 50 องศาเซลเซียส

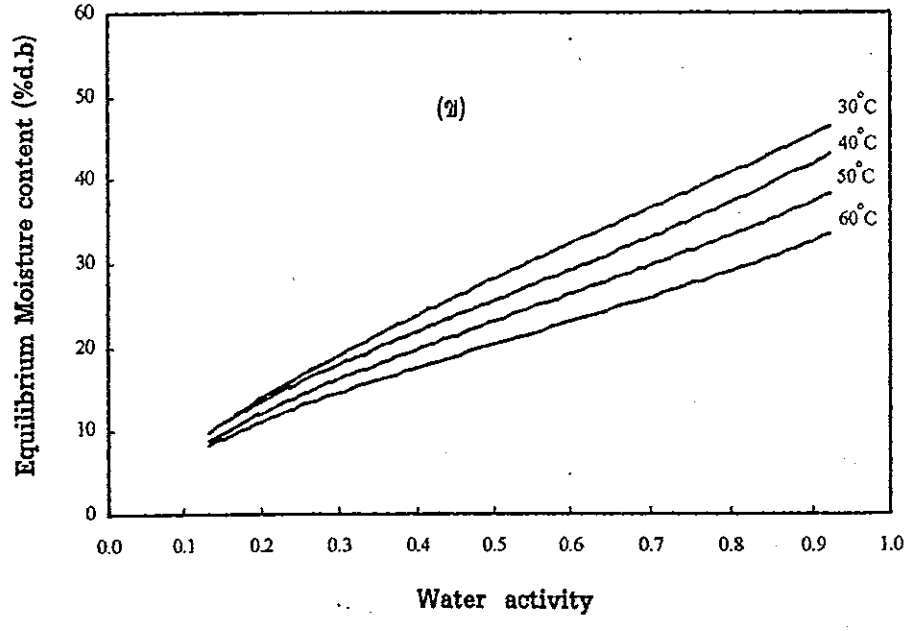
4.2 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อความชื้นสมดุลของปลาหางควายแห้งปรุงรส

จากการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิต่อความชื้นสมดุลของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชื้นและแบบบด โดยใช้สมการของ GAB ทำนายซอร์ปชั่นไอโซเทอมแบบดูดและคายความชื้นที่อุณหภูมิต่าง ๆ พบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นค่าความชื้นสมดุลของปลาหางควายแห้งปรุงรสมีค่าต่ำลงดัง ภาพที่ 16 และ 17 ซึ่งอธิบายได้ว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นค่าความดันไอของปลาหางควายแห้งปรุงรสมีค่าเพิ่มขึ้น ส่งผลให้น้ำสามารถระเหยออกจากผลิตภัณฑ์ได้มากขึ้น จึงทำให้ความชื้นสมดุลลดต่ำลง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Moschiar และ Fardrin (1986) ที่ทำการทดลองหาค่าซอร์ปชั่นไอโซเทอมแบบการดูดและแบบการคายความชื้นในเนื้อปลาเฮค (*Merlucius hubbsi*) ที่อุณหภูมิ 5 20 และ 30 องศาเซลเซียส พบว่าซอร์ปชั่นไอโซเทอมทั้งแบบดูดและแบบคายความชื้น ทั้ง 3 อุณหภูมิมีลักษณะของเส้นกราฟคล้ายตัวเอส และการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิทำให้ค่าความชื้นสมดุลลดต่ำลง

4.3 ผลของฮีสเทอริซีส (Hystersis) ต่อความชื้นสมดุลของปลาหางควายแห้งปรุงรส

จากการทดลอง พบว่าที่ระดับค่าวอเตอร์แอคติวิตี้เดียวกันการเข้าสู่สมดุลแบบคายความชื้นมีค่าความชื้นสมดุลสูงกว่าแบบดูดความชื้น ดังภาพที่ 18 ซึ่งอาจเนื่องมาจากการเข้าสู่สมดุลแบบดูดความชื้นต้องนำผลิตภัณฑ์ไปทำแห้งก่อน ซึ่งอาจทำให้โครงสร้างของอาหารเปลี่ยนแปลงไปและส่งผลให้ความสามารถในการดูดซับน้ำของอาหารลดลง จึงทำให้เส้นซอร์ปชั่นไอโซเทอมแบบดูดความชื้นมีค่าต่ำกว่าแบบคายความชื้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Aguilera และ Cortes (1986) ที่ทำการทดลองหาซอร์ปชั่นไอโซเทอมแบบคายและดูดความชื้นของปลาปัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าที่ระดับค่าวอเตอร์แอคติวิตี้เดียวกัน ค่าความชื้นสมดุลแบบคายความชื้นมีค่าสูงกว่าแบบดูดความชื้น ต่อมา Moschiar และ Fardrin (1986) ได้ทำการทดลองหาค่าซอร์ปชั่นไอโซเทอมแบบดูดและคายความชื้นในเนื้อปลาเฮค ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส พบว่าค่าความชื้นสมดุลแบบคายความชื้นสูงกว่าแบบดูดความชื้น เช่นเดียวกัน

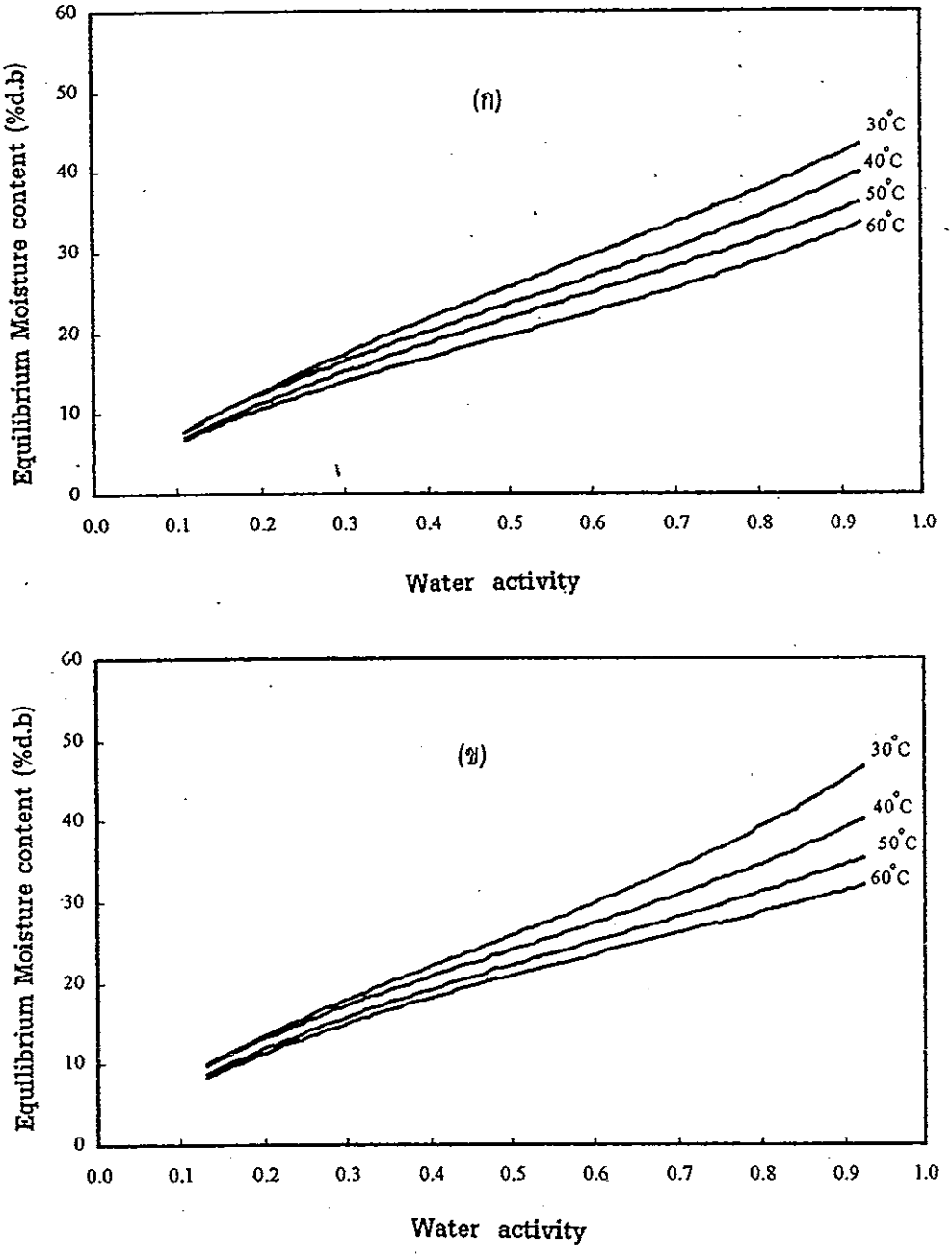




ภาพที่ 16 เส้นซอร์ปชั่นไอโซเทอมของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น จากสมการคณิตศาสตร์ของ GAB ในช่วงอุณหภูมิ 30 – 60 องศาเซลเซียส

(ก) การเข้าสู่สมดุลแบบดูดความชื้น

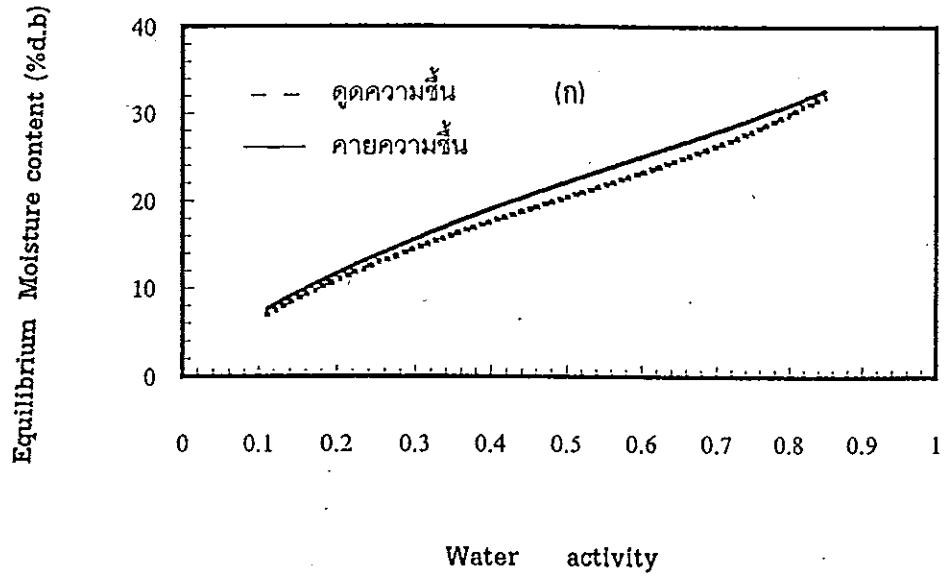
(ข) การเข้าสู่สมดุลแบบคายความชื้น

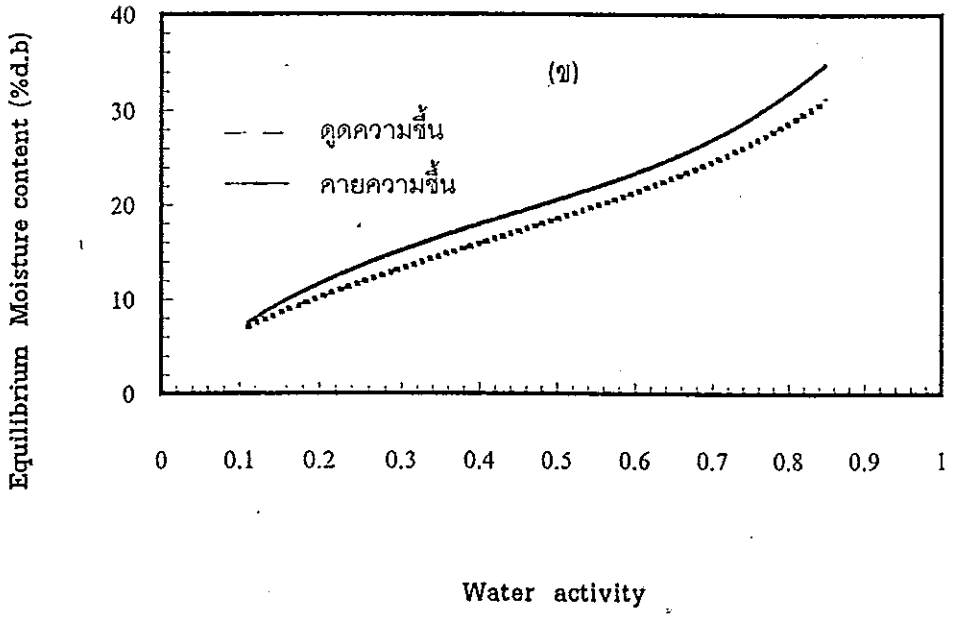


ภาพที่ 17 เส้นซอร์ปชั่นไอโซเทอมของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด จากสมการคณิตศาสตร์ของ GAB ในช่วงอุณหภูมิ 30 - 60 องศาเซลเซียส

(ก) การเข้าสู่สมดุลแบบดูดความชื้น

(ข) การเข้าสู่สมดุลแบบคายความชื้น





ภาพที่ 18 เปรียบเทียบเส้นซอร์ปชั่นไอโซเทอมแบบดูด และแบบคายความชื้นจากสมการของ GAB ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

(ก) ปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น

(ข) ปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด

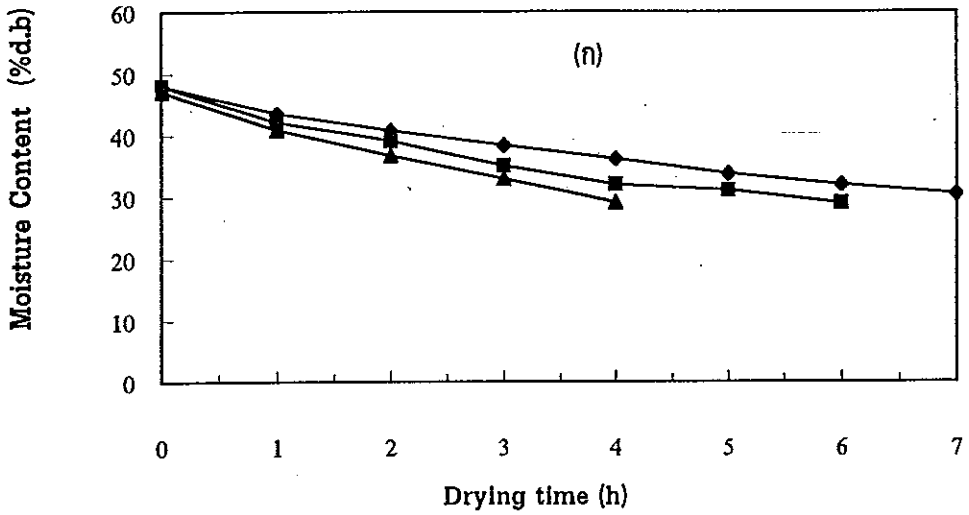
5. วิธีการทำแห้งที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรส

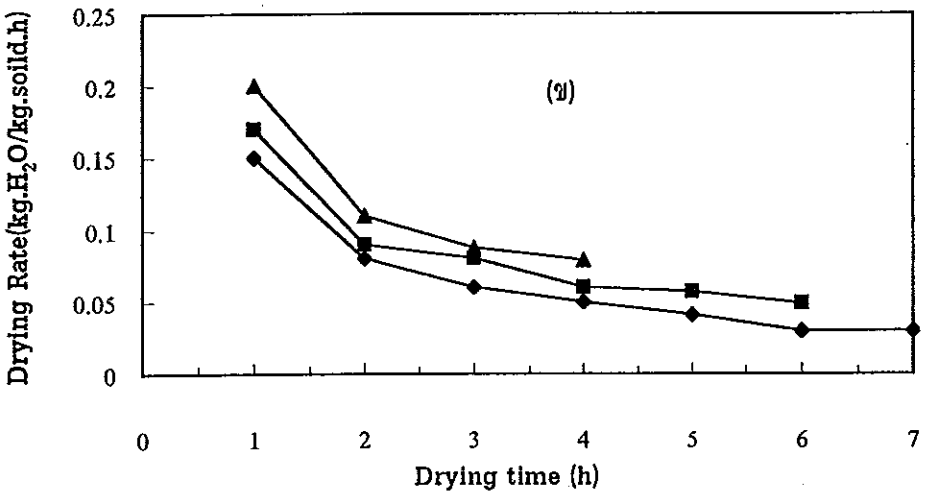
จากการศึกษาวิธีการทำแห้ง 3 วิธี คือ วิธีตากแดด วิธีตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน และวิธีตู้อบลมร้อน ที่มีผลต่อกระบวนการทำแห้ง และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรส โดยทำการอบแห้งจนกระทั่งผลิตภัณฑ์มีความชื้นสุดท้ายร้อยละ 28 - 30 น้ำหนักเปียก หรือ ร้อยละ 46 - 49 น้ำหนักแห้ง ได้ผลการทดลองดังนี้

5.1 ผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น

(1) อัตราการอบแห้งและเวลาการอบแห้ง

วิธีการทำแห้งต่างกันมีผลทำให้ระยะเวลา อัตราการทำแห้งและพลังงานไฟฟ้าต่างกัน วิธีการทำแห้งแบบตากแดดจะใช้เวลาในการทำแห้งมากที่สุดคือ 7 ชั่วโมง รองลงมาเป็นการตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน 6 ชั่วโมง และ แบบตู้อบลมร้อนใช้เวลาสั้นที่สุดคือ 4 ชั่วโมง (ภาพที่ 19ก) เนื่องจากการใช้วิธีการตากแดด มีอุณหภูมิ และความเร็วลมในช่วงเวลาของการทำแห้งต่ำอยู่ในช่วง 30 - 35 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1 - 2 เมตรต่อวินาที ในขณะที่การอบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนใช้อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 3 เมตรต่อวินาที จึงทำให้การทำแห้งโดยวิธีการตากแดด ใช้เวลาในการทำแห้งนานที่สุด นอกจากนี้วิธีการทำแห้งต่างกันยังมีผลต่ออัตราการทำแห้ง (ภาพที่ 19ข) คือ การอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนจะมีอัตราการทำแห้งสูงที่สุด รองลงมาคือการทำแห้งโดยการตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน และการตากแดดธรรมชาติตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนมีการใช้อุณหภูมิและความเร็วลมที่สูงกว่า ทำให้มีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้งของลมร้อนสูง จึงสามารถดึงน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่า (Borgstrom, 1980) สำหรับค่าพลังงานไฟฟ้าพบว่าวิธีการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อนมีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงที่สุดคือ 3.52 กิโลวัตต์ รองลงมาเป็นวิธีการตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อนมีค่าเท่ากับ 2.47 กิโลวัตต์ และวิธีการตากแดดไม่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเลย เนื่องจากการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในการดึงน้ำออกจากผลิตภัณฑ์มากกว่าจึงสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า ในการอบแห้งสูงกว่า ส่วนการทำแห้งโดยวิธีการตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อนผลิตภัณฑ์ ที่ได้ผ่านการตากแดดมาแล้วเป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมงจากนั้นนำมาอบด้วยตู้อบลมร้อนอีกเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ในขณะนั้นน้ำที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์มีน้อยจึงทำให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในการดึงน้ำที่เหลืออยู่น้อยกว่า





ภาพที่ 19 ผลของวิธีการอบแห้งต่อระยะเวลาการอบแห้ง(ก) และอัตราการอบแห้ง(ข) ของปลาหางควายแห้งปรุงรสรูปแบบชิ้น

(◆) ตากแดด

(■) ตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน

(▲) ตู้อบลมร้อน

(2) คุณภาพทางกายภาพ

เมื่อนำผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้นที่ผ่านการทำแห้งทั้ง 3 วิธี ทำการแบ่งตัวอย่างส่วนหนึ่งไปทอดในน้ำมันพืชที่อุณหภูมิ 160 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที แล้วนำตัวอย่าง ที่ทอดและไม่ทอดมาวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดค่าสี และค่าความแข็งด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัสได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 21 โดยมีรายละเอียดดังนี้

ค่าสี วิธีการทำแห้งต่างกันมีผลทำให้ค่าความสว่าง (ค่า L) มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) โดยวิธีการทำแห้งแบบตากแดดมี ค่า L มากที่สุด รองลงมาเป็นวิธีการทำแห้งแบบตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน และตู้อบลมร้อนตามลำดับ ค่าสีแดง - เขียว (ค่า a) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนค่าสีเหลือง - น้ำเงิน (ค่า b) วิธีการทำแห้งต่างกันมีผลทำให้ ค่าสีเหลืองมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) พบว่าวิธีการทำแห้งด้วยวิธีการตากแดด ผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองอ่อน ส่วนการทำแห้งโดยวิธีตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อนผลิตภัณฑ์ มีสีเหลืองปานกลาง และการอบแห้งโดยตู้อบลมร้อนผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีเหลืองเข้มที่สุด เมื่อนำผลิตภัณฑ์มาทอดในน้ำมันพืชที่อุณหภูมิ 160 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที พบว่าผู้ทดสอบไม่สามารถบอกความแตกต่างด้านสีของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งทั้ง 3 วิธีได้อย่างมีนัยสำคัญ เกิดสีเหลืองในผลิตภัณฑ์หลังจากการทำแห้งนั้นเนื่องจากเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ซึ่งเกิดจากน้ำตาลรีดิวซ์ กับหมู่อะมิโนหรือกรดอะมิโนเกิดเป็นสารประกอบที่มีสีน้ำตาล (สุคนธ์ชื่น ศรีงาม, 2539) และการเกิดสีน้ำตาลจะเพิ่มขึ้นเห็นได้ชัดเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้น (ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก, 2532)

ค่าความแข็ง วิธีการทำแห้งต่างกันไม่ทำให้ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เนื่องจากผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีความชื้นใกล้เคียงกันคืออยู่ในช่วง ร้อยละ 28 - 30 น้ำหนักเปียก หรือ ร้อยละ 46 - 49 น้ำหนักแห้ง จึงทำให้ความแข็งไม่มีความแตกต่างกัน สำหรับ ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอดที่อุณหภูมิ 160 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที พบว่าผู้ทดสอบไม่สามารถบอกความแตกต่างด้านสีของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งทั้ง 3 วิธีได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งค่าความแข็งเกิดขึ้นเนื่องจากเซลล์ของอาหารเกิดการหดตัวในขณะการทำแห้ง (สมชาติ โสภณรณฤทธิ์, 2531)

ตารางที่ 21 คุณภาพทางกายภาพของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้นผ่านการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน

วิธีการทำแห้ง	ค่าสี [1]			ค่าความแข็ง [1] (กรัม)
	L	a	b	
ไม่ผ่านการทอด				
ตากแดด	25.24 ± 0.05[a*]	0.60 ± 0.05[a]	1.21 ± 0.05[b]	165 ± 0.05[a]
ตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน	24.19 ± 0.05[b]	0.60 ± 0.05[a]	1.35 ± 0.05[a]	165 ± 0.05[a]
ตู้อบลมร้อน	22.17 ± 0.06[c]	0.60 ± 0.06[a]	1.57 ± 0.06[c]	165 ± 0.06[a]
ผ่านการทอด				
ตากแดด	16.47 ± 0.05[a]	0.94 ± 0.05[a]	0.40 ± 0.06[a]	252 ± 0.05[a]
ตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน	16.49 ± 0.05[a]	0.94 ± 0.06[a]	0.41 ± 0.05[a]	251 ± 0.05[a]
ตู้อบลมร้อน	16.45 ± 0.05[a]	0.94 ± 0.06[a]	0.41 ± 0.05[a]	252 ± 0.06[a]

[1] ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ ในแต่ละวิธีทำแห้งปลาหางควายแห้งปรุงรส

* ตัวอักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ในกลุ่มเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

(3) คุณภาพทางประสาทสัมผัส

เมื่อนำผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้นที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธีการตากแดด ตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน และทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน ทั้งแบบทอดและไม่ทอดมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ความแข็ง และการยอมรับรวม โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 22 โดยมีรายละเอียดดังนี้

ค่าสี วิธีการทำแห้งต่างกันทำให้ค่าสีมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) โดยพบว่าสีของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งโดยตู้อบลมร้อนผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองเข้มมากที่สุดจึงส่วผลให้ได้รับคะแนนน้อยกว่าค่าอุดมคติ ทั้งนี้เนื่องจากมีการใช้อุณหภูมิและความเร็วลมที่สูงจึงทำให้ผลิตภัณฑ์สีเหลืองเข้มมากที่สุด รองลงมาเป็นการทำแห้งแบบตากแดดเนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีเหลืองอ่อนเกินไป ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีตากแดดธร่วมกับตู้อบลมร้อนสีของผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองปานกลางมีคะแนนเข้าใกล้ค่าอุดมคติมากที่สุด เมื่อนำผลิตภัณฑ์มาทอดในน้ำมันพืชที่อุณหภูมิ 160 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที พบว่าผู้ทดสอบไม่สามารถบอกความแตกต่างด้านสีของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งทั้ง 3 วิธีได้อย่างมีนัยสำคัญ เกิดสีเหลืองในผลิตภัณฑ์หลังจากการทำแห้งนั้นเนื่องจากเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ซึ่งเกิดจากน้ำตาลรีดิวซ์กับหมู่อะมิโนหรือกรดอะมิโนเกิดเป็นสารประกอบที่มีสีน้ำตาล (สุคนธ์ชื่น ศรีงาม, 2539) และจะเพิ่มขึ้นเห็นได้ชัดเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้น (ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก, 2532)

ค่าความแข็ง วิธีการทำแห้งต่างกันไม่ทำให้ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เนื่องจากผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีความชื้นใกล้เคียงกันคือ อยู่ในช่วงร้อยละ 28 - 30 น้ำหนักเปียก หรือร้อยละ 46 - 49 น้ำหนักแห้ง จึงทำให้ความแข็งไม่แตกต่างกัน เมื่อนำผลิตภัณฑ์มาทอดในน้ำมันพืชที่อุณหภูมิ 160 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที พบว่าผู้ทดสอบ ไม่สามารถบอกความแตกต่างด้านความแข็งของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งทั้ง 3 วิธีได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งความแข็งของผลิตภัณฑ์เกิดขึ้นในขณะทำแห้งอาหารเมื่อน้ำถูกระเหยออกไปทำให้เซลล์ของอาหารหดตัว (สมชาติ โสภณรณฤทธิ์, 2531)

การยอมรับรวม วิธีการทำแห้งที่ต่างกันส่งผลให้คะแนนการยอมรับรวมแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) คือผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งแบบตู้อบลมร้อนมีคะแนนน้อยกว่าอุดมคติมากที่สุด รองลงมาคือการตากแดด และการทำแห้งโดยการตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อนมีคะแนนการยอมรับรวมเข้าใกล้อุดมคติมากที่สุด เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีไม่เข้มและอ่อนจนเกินไป เมื่อนำผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้นที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธีการทำแห้งทั้ง 3 วิธีมาทอดในน้ำมัน

พืชที่อุณหภูมิ 160 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที มาทดสอบทางด้านสี ความแข็ง และการยอมรับรวม พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับรวมที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 22 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาหางควายแห้งปรุงรสรูปแบบชิ้นที่ผ่านการทำแห้งโดยใช้วิธีต่างกัน

วิธีการทำแห้ง	S/I Score [1]		
	ค่าสี	ค่าความแข็ง	การยอมรับรวม
ไม่ผ่านการทอด			
ตากแดด	0.76 ± 0.05 [b*]	0.77 ± 0.06[a]	0.83 ± 0.05[b]
ตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน	0.87 ± 0.05[c]	0.77 ± 0.05[a]	0.91 ± 0.06[c]
ตู้อบลมร้อน	0.65 ± 0.06[c]	0.76 ± 0.06[a]	0.75 ± 0.05[a]
ผ่านการทอด			
ตากแดด	0.83 ± 0.06[a]	0.82 ± 0.05[a]	0.91 ± 0.06[a]
ตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน	0.83 ± 0.06[a]	0.82 ± 0.06[a]	0.91 ± 0.06[a]
ตู้อบลมร้อน	0.83 ± 0.05[a]	0.82 ± 0.05[a]	0.91 ± 0.06[a]

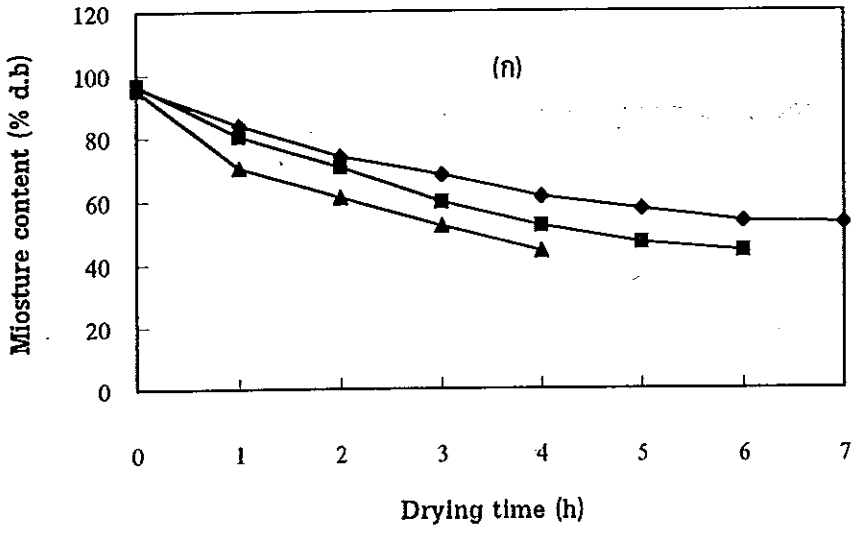
[1] ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนคะแนนตัวอย่างกับค่าอุดมคติ (S/I) จากผู้ทดสอบ 10 คน

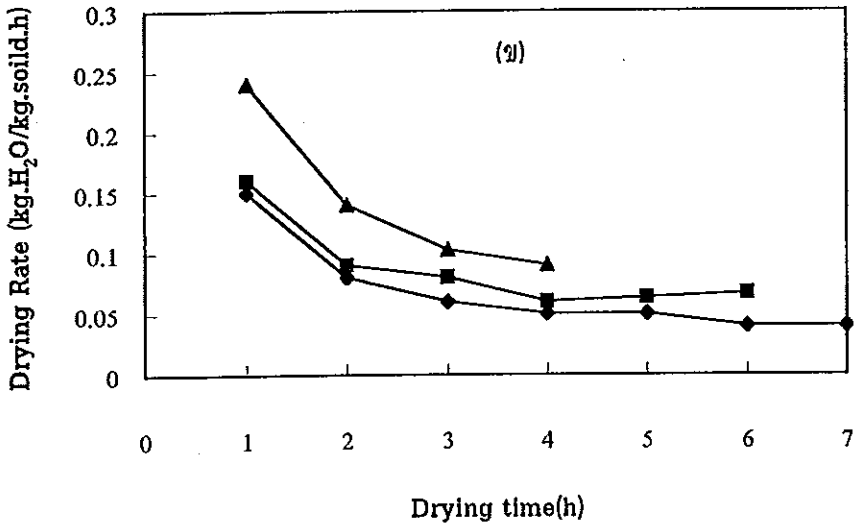
[*] ตัวอักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

5.2 ผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด

(1) อัตราการอบแห้งและระยะเวลาการอบแห้ง

จากการทดลองพบว่าวิธีการทำแห้งต่างกันมีผลทำให้ระยะเวลา อัตราการอบแห้ง และค่าพลังงานไฟฟ้าในการทำแห้งต่างกันคือ วิธีการทำแห้งแบบการตากแดดจะใช้เวลาในการทำแห้งมากที่สุด คือ 7 ชั่วโมง รองลงมาคือการตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน 6 ชั่วโมง และแบบตู้อบลมร้อนใช้เวลาสั้นที่สุดคือ 4 ชั่วโมง (ภาพที่ 20ก) เนื่องจากวิธีการตากแดด ใช้อุณหภูมิในการอบแห้งต่ำคืออยู่ในช่วง 30 - 35 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1 - 2 เมตรต่อวินาที แต่การอบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนใช้อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 3 เมตรต่อวินาที ซึ่งสามารถดึงน้ำออกจากหน่วยวัสดุได้เร็วกว่าจึงทำให้การใช้เวลาในการอบแห้งน้อยกว่า นอกจากนี้ยังมีผลต่ออัตราการอบแห้ง (ภาพที่ 20ข) พบว่าการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนมีอัตราการอบแห้งสูงสุด เนื่องจากในการอบแห้งมีการใช้อุณหภูมิและความเร็วลมสูงกว่าจึงสามารถดึงน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ได้ดี รองลงมาคือการตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน และวิธีการตากแดดตามลำดับ สำหรับค่าพลังงานไฟฟ้า พบว่าวิธีการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อนมีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงที่สุดคือ 3.34 กิโลวัตต์ รองลงมาเป็นวิธีการตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อนเท่ากับ 2.43 กิโลวัตต์ และวิธีการตากแดด ไม่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเลย เนื่องจากการทำแห้งโดยอบด้วยตู้อบลมร้อนต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในการดึงน้ำออกจากผลิตภัณฑ์มากกว่า สำหรับการทำแห้งโดยการตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อนซึ่งผลิตภัณฑ์มีผ่านการตากแดดมาแล้วเป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมงจากนั้น นำมาอบแห้งในตู้อบลมร้อนอีก 2 ชั่วโมง ดังนั้นจึงมีการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่า





ภาพที่ 20 ผลของวิธีการอบแห้งต่อระยะเวลาการอบแห้ง (ก) และอัตราการอบแห้ง(ข) ของปลาหางควายแห้งปรุงรสรูปแบบบด

(◆) ตากแดด

(■) ตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน

(▲) ตู้อบลมร้อน

(2) คุณภาพทางกายภาพ

นำผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบดที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีตากแดด ตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน และตู้อบลมร้อน มาทดสอบคุณภาพทางกายภาพโดยทำการแบ่งตัวอย่างส่วนหนึ่งไปทอดในน้ำมันพืชอุณหภูมิ 160 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที แล้วนำตัวอย่างที่ทอดและไม่ทอดมาวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดค่าสี ค่าความแข็งด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 23 มีรายละเอียดดังนี้

ค่าสี วิธีการทำแห้งต่างกันมีผลทำให้ค่าความสว่าง (ค่า L) มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) โดยวิธีการทำแห้งแบบตากแดด ค่า L มากที่สุด รองลงมาเป็นวิธีการทำแห้งแบบตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน และตู้อบลมร้อนตามลำดับ ค่าสีแดง - เขียว (ค่า a) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนค่าสีเหลือง - น้ำเงิน (ค่า b) วิธีการทำแห้ง ต่างกันมีผลทำให้ ค่าสีเหลืองมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) วิธีการทำแห้งด้วยวิธีการตากแดดผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองอ่อนที่สุด วิธีตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อนผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองปานกลาง และการอบแห้งโดยตู้อบลมร้อนผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีเหลืองเข้มที่สุด การเกิดสีเหลืองในผลิตภัณฑ์หลังจากการทำแห้งทั้ง 3 วิธี จะเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ซึ่งเกิดจากน้ำตาลรีดิวซ์กับหมู่อะมิโนหรือกรดอะมิโนเกิดเป็นสารประกอบที่มีสีน้ำตาล (สุคนธ์ชื่น ศรีงาม, 2539) เมื่อนำผลิตภัณฑ์มาผ่านการทอดในน้ำมันพืช ที่อุณหภูมิ 160 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที พบว่า ค่า L ค่า a และ ค่า b ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ค่าความแข็ง วิธีการทำแห้งต่างกันไม่ทำให้ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เนื่องจากผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีความชื้นใกล้เคียงกันคืออยู่ในช่วง ร้อยละ 28 - 30 น้ำหนักเปียก หรือร้อยละ 46 - 49 น้ำหนักแห้ง จึงทำให้ความแข็งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอด พบว่าผู้ทดสอบไม่สามารถบอกความแตกต่างด้านความแข็งของตัวอย่างที่ผ่านการทำแห้งทั้ง 3 วิธีได้อย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 23 คุณภาพทางกายภาพของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบดที่ผ่านการทำแห้ง โดยวิธีต่างกัน

วิธีการทำแห้ง	ค่าสี [1]			ค่าความแข็ง [1] (กรัม)
	L	a	b	
ไม่ผ่านการทอด				
ตากแดด	25.27 ± 0.06 [a*]	0.63 ± 0.06[a]	1.23 ± 0.05[b]	165 ± 0.06[a]
ตากแดด ร่วมกับตู้อบลมร้อน	24.20 ± 0.06[b]	0.63 ± 0.05[a]	1.37 ± 0.06[a]	166 ± 0.05[a]
ตู้อบลมร้อน	22.18 ± 0.05[c]	0.65 ± 0.05[a]	1.57 ± 0.05[c]	166 ± 0.05[a]
ผ่านการทอด				
ตากแดด	16.39 ± 0.06[a]	0.93 ± 0.05[a]	0.41 ± 0.06[a]	259 ± 0.05[a]
ตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน	16.39 ± 0.06[a]	0.92 ± 0.06[a]	0.41 ± 0.05[a]	256 ± 0.06[a]
ตู้อบลมร้อน	16.39 ± 0.05[a]	0.92 ± 0.05[a]	0.41 ± 0.05[a]	259 ± 0.05[a]

[1] ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำในแต่ละวิธีการทำแห้ง

*ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์และในกลุ่มเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

(3) คุณภาพทางประสาทสัมผัส

เมื่อนำผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้นที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธีการตากแดด ตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน และทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน ทำแห้งจนกระทั่งผลิตภัณฑ์มีความชื้นสุดท้ายร้อยละ 28 - 30 น้ำหนักเปียก หรือร้อยละ 46 - 49 น้ำหนักแห้ง ทั้งแบบทอดและไม่ทอดมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ความแข็ง และการยอมรับรวม โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน ได้ผลดังแสดงใน ตารางที่ 24 มีรายละเอียดดังนี้

ค่าสี วิธีการทำแห้งต่างกัน ทำให้ค่าสีมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) โดยพบว่าสีของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งโดยตู้อบลมร้อนผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองเข้มมากที่สุดได้รับคะแนนค่าสีน้อยกว่าค่าอุดมคติ ทั้งนี้เนื่องจากมีการใช้อุณหภูมิและความเร็วลมที่สูงจึงทำให้ผลิตภัณฑ์สีเหลืองเข้มมากที่สุด รองลงมาเป็นการทำแห้งแบบตากแดด เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีเหลืองอ่อนเกินไป ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อนมีสีเหลืองปานกลางจึงมีคะแนนค่าสีเข้าใกล้ค่าอุดมคติมากที่สุด สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอดที่อุณหภูมิ 160 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที พบว่าผู้ทดสอบไม่สามารถบอกความแตกต่างด้านสีของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งทั้ง 3 วิธีได้อย่างมีนัยสำคัญ

ค่าความแข็ง วิธีการทำแห้งต่างกันไม่ทำให้ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 24) สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอด พบว่าผู้ทดสอบไม่สามารถบอกความแตกต่างด้านความแข็งของตัวอย่างที่ผ่านการทำแห้งทั้ง 3 วิธีได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งความแข็งของผลิตภัณฑ์เกิดขึ้นในขณะทำแห้งอาหารเมื่อน้ำถูกระเหยออกไปทำให้เซลล์ของอาหารหดตัว (สมชาติ โสภณรณฤทธิ์, 2531)

การยอมรับรวม วิธีการทำแห้งที่ต่างกันส่งผลให้คะแนนการยอมรับรวมแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่24) คือผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งแบบตู้อบลมร้อนมีคะแนน น้อยกว่าอุดมคติมากที่สุด รองลงมาคือการตากแดด และการทำแห้งโดยการตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อนมีคะแนนเข้าใกล้อุดมคติมากที่สุด เมื่อนำผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้นที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธีการทำแห้งทั้ง 3 วิธีมาทอดในน้ำมันพืชที่อุณหภูมิ 160 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที มาทดสอบทางด้านสี ความแข็ง และการยอมรับรวม พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับรวมที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 24 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบดผ่านการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน

วิธีการทำแห้ง	S/I Score [1]		
	ค่าสี	ค่าความแข็ง	การยอมรับรวม
ไม่ผ่านการทอด			
ตากแดด	0.74 ± 0.06 [b*]	0.76 ± 0.05[a]	0.82 ± 0.06[b]
ตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน	0.83 ± 0.06[c]	0.77 ± 0.06[a]	0.91 ± 0.05[c]
ตู้อบลมร้อน	0.66 ± 0.05[a]	0.77 ± 0.05[a]	0.72 ± 0.05[a]
ผ่านการทอด			
ตากแดด	0.84 ± 0.05[a]	0.83 ± 0.05[a]	0.91 ± 0.05[a]
ตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน	0.84 ± 0.06[a]	0.84 ± 0.06[a]	0.91 ± 0.06[a]
ตู้อบลมร้อน	0.84 ± 0.05[a]	0.84 ± 0.05[a]	0.91 ± 0.05[a]

[1] ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนคะแนนตัวอย่างกับค่าอุดมคติ (S/I) จากผู้ทดสอบ 10 คนในแต่ละวิธีการทำแห้ง

*ตัวอักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์และในกลุ่มเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

6.การเปลี่ยนแปลงคุณภาพปลาหางควายแห้งปรุงรสระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน

การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้นและแบบบดที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธีต่าง ๆ จากข้อ 5.1 5.2 และ 5.3 บรรจุในถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีนที่มีขนาด 6 x 3 นิ้ว จำนวน 5 ชิ้นต่อถุงจากนั้นนำมาบรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศและแบบธรรมดา แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง ทำการประเมินคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสทุก ๆ 15 วันเป็นระยะเวลา 120 วันได้ผลการทดลองดังนี้

6.1 การเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพ

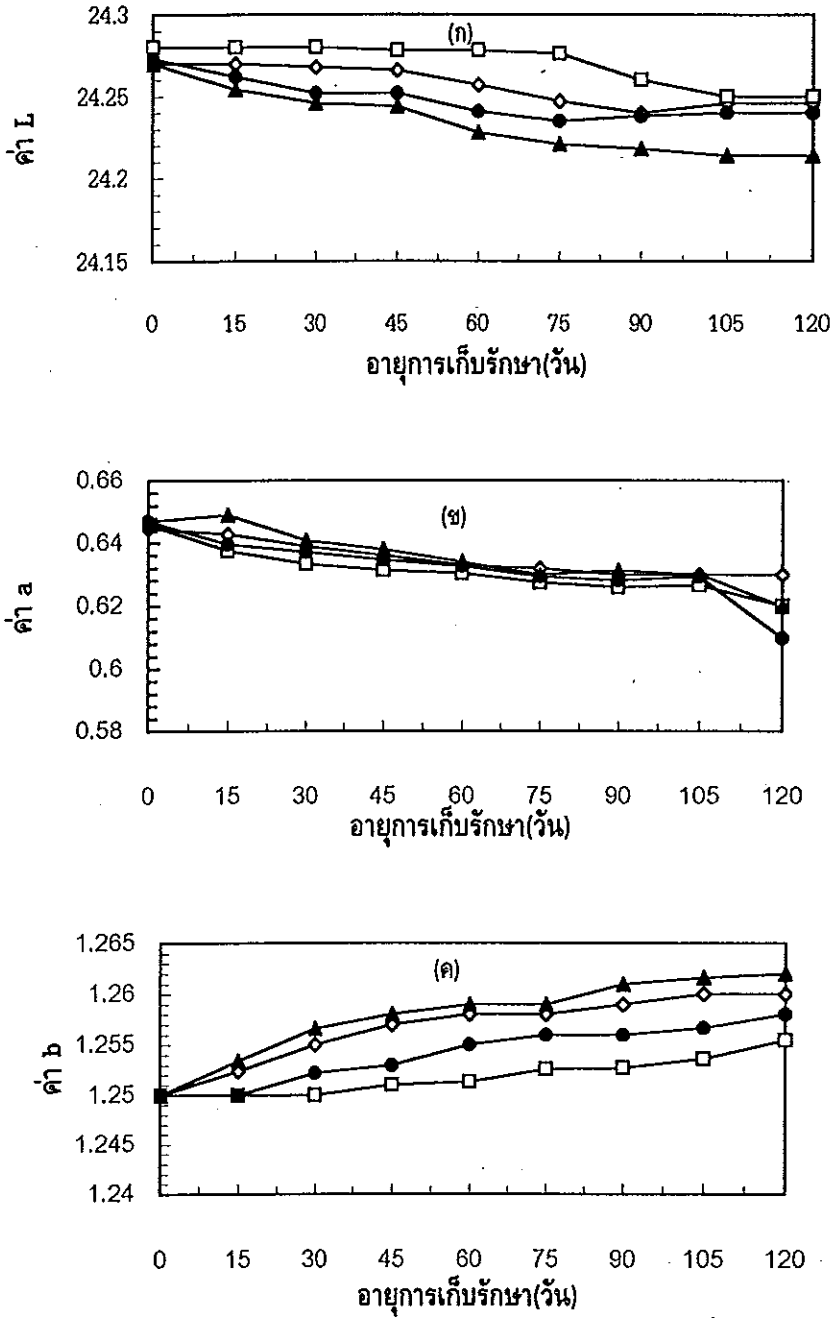
6.1.1 ผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแบบชิ้น

สี

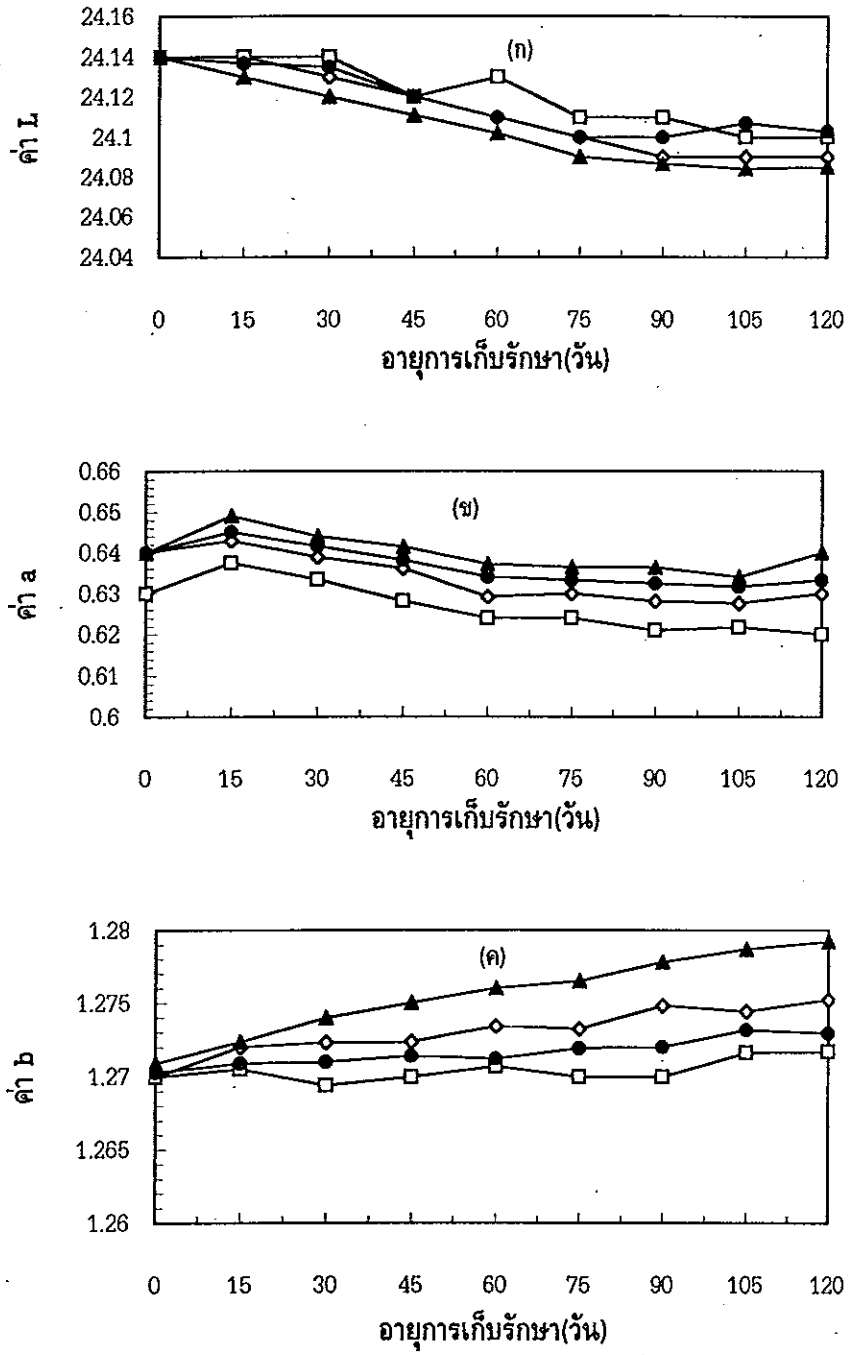
ที่อุณหภูมิและสภาวะการบรรจุต่างกัน เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าความสว่าง (ค่า L) ค่าสีแดง-เขียว (ค่า a) และ ค่าสีเหลือง - น้ำเงิน (ค่า b) มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) (ตารางผนวก ง11) คือเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นพบว่า ค่า) และ ค่า a จะลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา แต่ ค่า b จะเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 21 -23) โดยการบรรจุแบบธรรมดาและการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของ ค่า L ค่า a และ ค่า b มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุสภาวะสุญญากาศ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยลักษณะการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาเป็นไปในทิศทางเดียวกันทั้งผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีตากแดด การตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน และการใช้ตู้อบลมร้อน

Stansby (1963) รายงานว่ามักจะเกิดสีน้ำตาลขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาหรือการปรุงอาหารผลิตภัณฑ์ปลาแห้ง โดยสีน้ำตาลนี้เกิดจาก free amino group ของโปรตีนที่สามารถทำปฏิกิริยากับ reducing sugar หรือผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ผลสุดท้ายของปฏิกิริยาที่ซับซ้อนนี้จะสร้างสารสีน้ำตาล และเกิดการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรส สำหรับผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในสภาวะธรรมดาที่อุณหภูมิห้อง มีแนวโน้มการลดลงของค่าความสว่างการเพิ่มขึ้นของสีค่าสีเหลืองมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส Williams (1976) กล่าวไว้ว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นอัตราเร็วในการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล จะเพิ่มขึ้นโดยเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 10 องศาเซลเซียส อัตราการเปลี่ยนแปลงจะเพิ่มขึ้น 3 - 4 เท่า และการเปลี่ยนแปลงนี้ขึ้นอยู่กับค่า Aw ด้วย นอกจากอุณหภูมิและความชื้นแล้วพบว่าแสงยังมีผลต่อการเพิ่มของสีน้ำตาลใน ผลิตภัณฑ์ด้วย แม้ว่าแสงไม่ได้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยตรง แต่แสงจะเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมันทำให้เกิดสารพวกคาร์บอนิลที่สามารถทำปฏิกริยากับกรดอะมิโน เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้

ในการทดลองการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำอยู่ในสภาพที่มีแสงน้อยกว่าที่อุณหภูมิห้อง จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในห้องเย็นมีการเปลี่ยนแปลงของสีน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษา ที่อุณหภูมิห้องปกติ ส่วนการลดลงของค่าสีแดงอาจเนื่องจากขบวนการเกิดออกซิเดชั่นนี้นอกจากจะทำให้เกิดการเหม็นหืนกับเนื้อปลาแล้ว ยังทำให้สีของเนื้อปลาเปลี่ยนไปด้วย บางครั้งทำให้เนื้อปลาที่มีเนื้อสีแดงสีซีดไป บางครั้งทำให้เนื้อปลาที่มีสีขาวเปลี่ยนไปเป็นสีน้ำตาล (Huss, 1988)



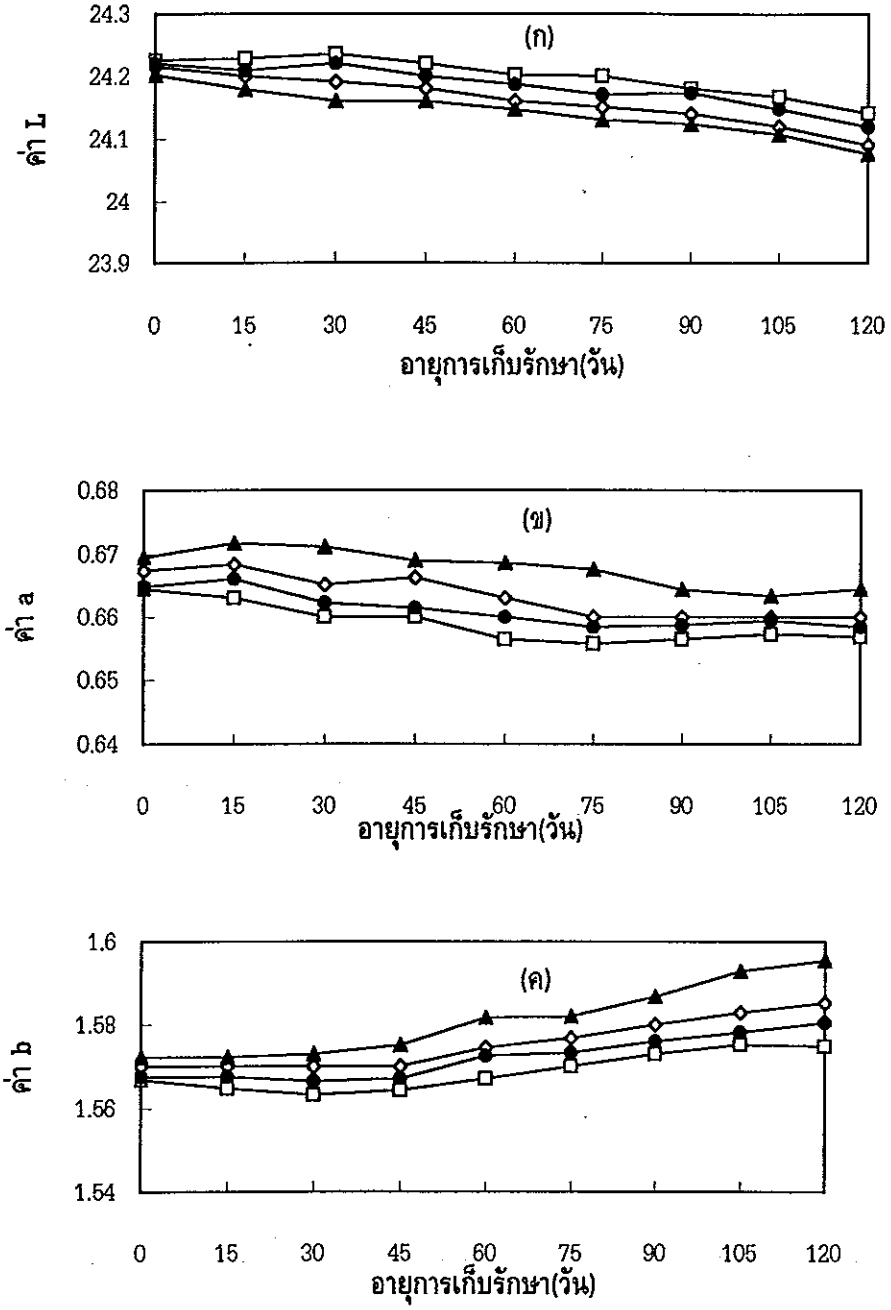
ภาพที่ 21 การเปลี่ยนแปลงค่า L (ก) ค่า a (ข) และค่า b (ค) ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ทำแห้งแบบตากแดดระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน (□) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (●) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิห้อง (◇) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (▲) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิห้อง



ภาพที่ 22 การเปลี่ยนแปลงค่า L (ก) ค่าa (ข) และค่า b (ค) ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ทำแห้งแบบตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อนระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน

(□) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (●) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิห้อง

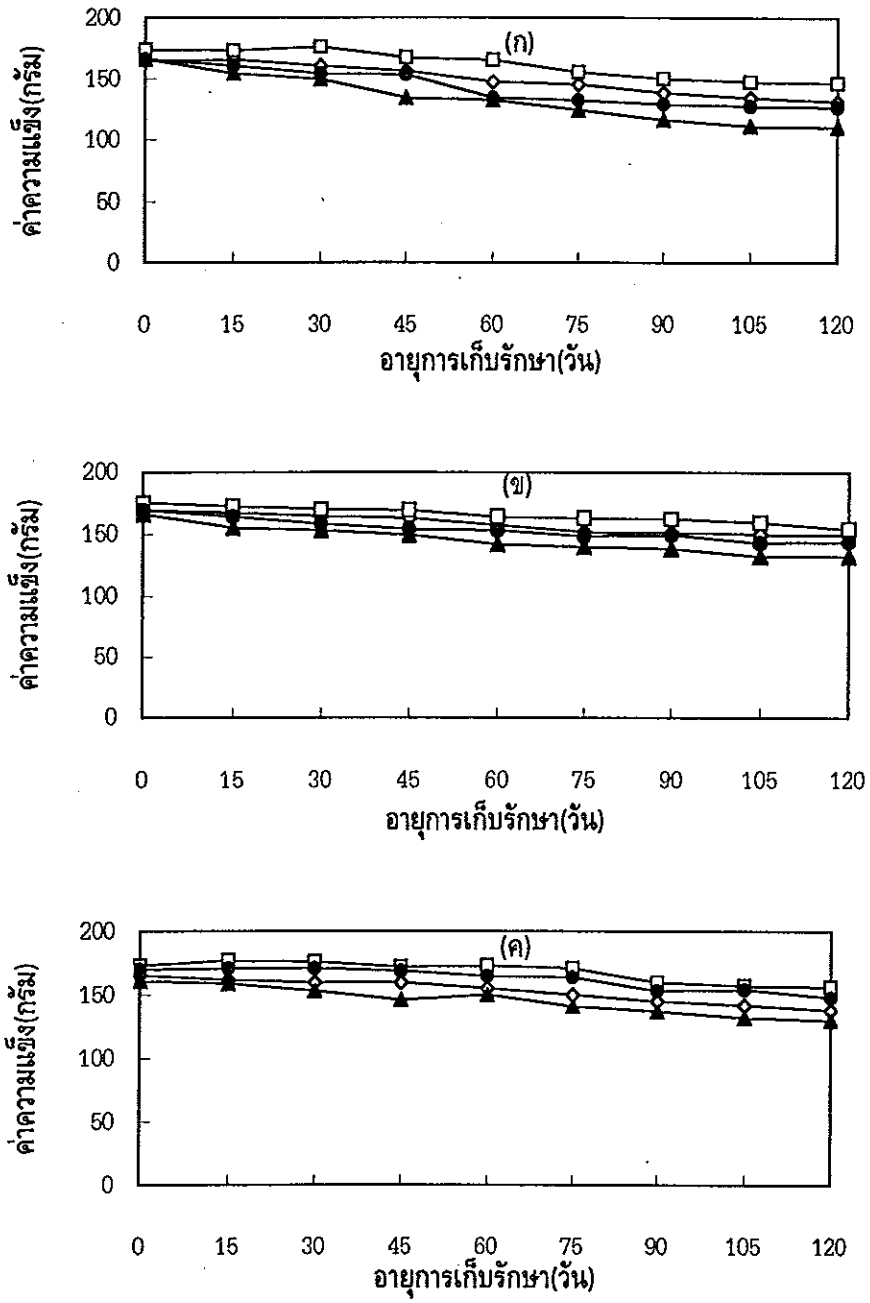
(◇) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (▲) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิห้อง



ภาพที่ 23 การเปลี่ยนแปลงค่า L (ก) ค่า a (ข) และ ค่า b (ค) ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ทำแห้งแบบตู้อบลมร้อนระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน (□) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (●) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิห้อง (◇) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (▲) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิห้อง

ความแข็ง ที่อุณหภูมิและสภาวะการบรรจุต่างกันเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่าความแข็ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) (ตารางผนวก ง11 - ง13) (ภาพที่ 24) คือเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่าความแข็งจะลดลงลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา การบรรจุสภาวะธรรมดา อุณหภูมิห้องมีแนวโน้มการลดลงของค่าความแข็งมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุสภาวะสุญญากาศ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

โดยลักษณะการเปลี่ยนแปลงความแข็งของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งทั้ง 3 วิธีในระหว่างการเก็บรักษาเป็นไปทิศทางเดียวกัน ซึ่งการการลดลงของค่าความแข็งในระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรส ทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรสเป็นผลิตภัณฑ์แห้งจึงทำให้มีการดูดความชื้นได้ดี ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ การเพิ่มขึ้นของความชื้นดังกล่าวอาจมาจากไอน้ำในสภาวะแวดล้อมและภายในภาชนะบรรจุ ซึ่งจากการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบธรรมดา มีการลดลงของค่าความแข็งมากว่าการบรรจุที่สภาวะสุญญากาศ เนื่องจากภายในถุงที่บรรจุแบบธรรมดา มีอากาศและความชื้นอยู่มากจึงทำให้ผลิตภัณฑ์ดูดความชื้นเข้าไปได้ดี และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องจะมีค่าความแข็งลดลงมากกว่าผลิตภัณฑ์เก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 24 การเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ปลาหางดวายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน

(ก) ตากแดด (ข) ตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน (ค) ตู้อบลมร้อน

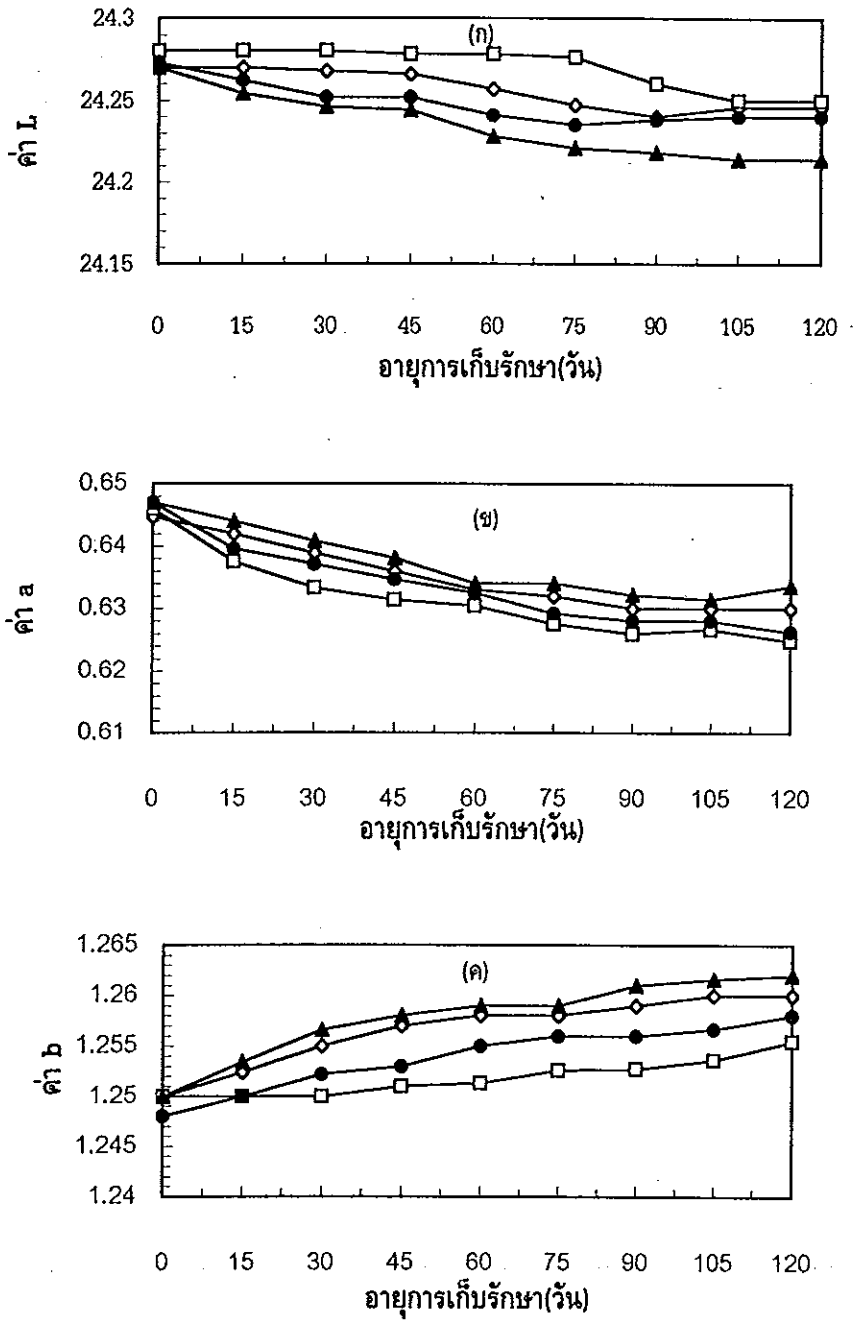
(□) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (●) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิห้อง

(◇) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (▲) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิห้อง

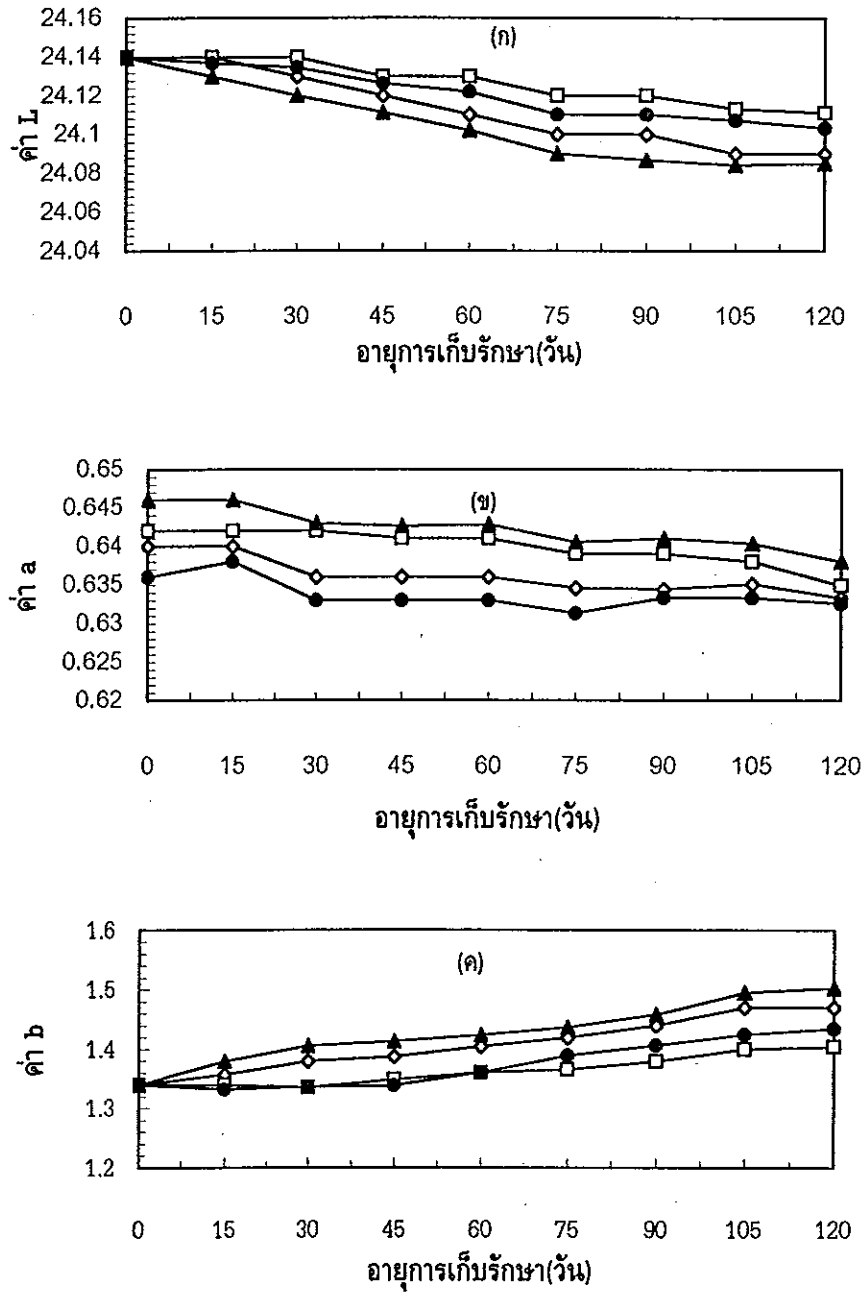
6.1.2 ผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด

สี

ที่อุณหภูมิและสภาวะการบรรจุต่างกัน เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าความสว่าง (ค่า L) ค่าสีแดง-เขียว (ค่า a) และ ค่าสีเหลือง - น้ำเงิน (ค่า b) มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) (ตารางผนวก ง14 - 16) คือเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น พบว่า ค่า L และ ค่า a จะลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา แต่ค่า b เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 25 -27) โดยการบรรจุแบบธรรมดาและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของ ค่า L ค่า a และ ค่า b มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุสภาวะสุญญากาศ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยลักษณะการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาเป็นไปในทิศทางเดียวกันทั้งผลิตภัณฑ์ ที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีตากแดด การตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน และการใช้ตู้อบลมร้อน



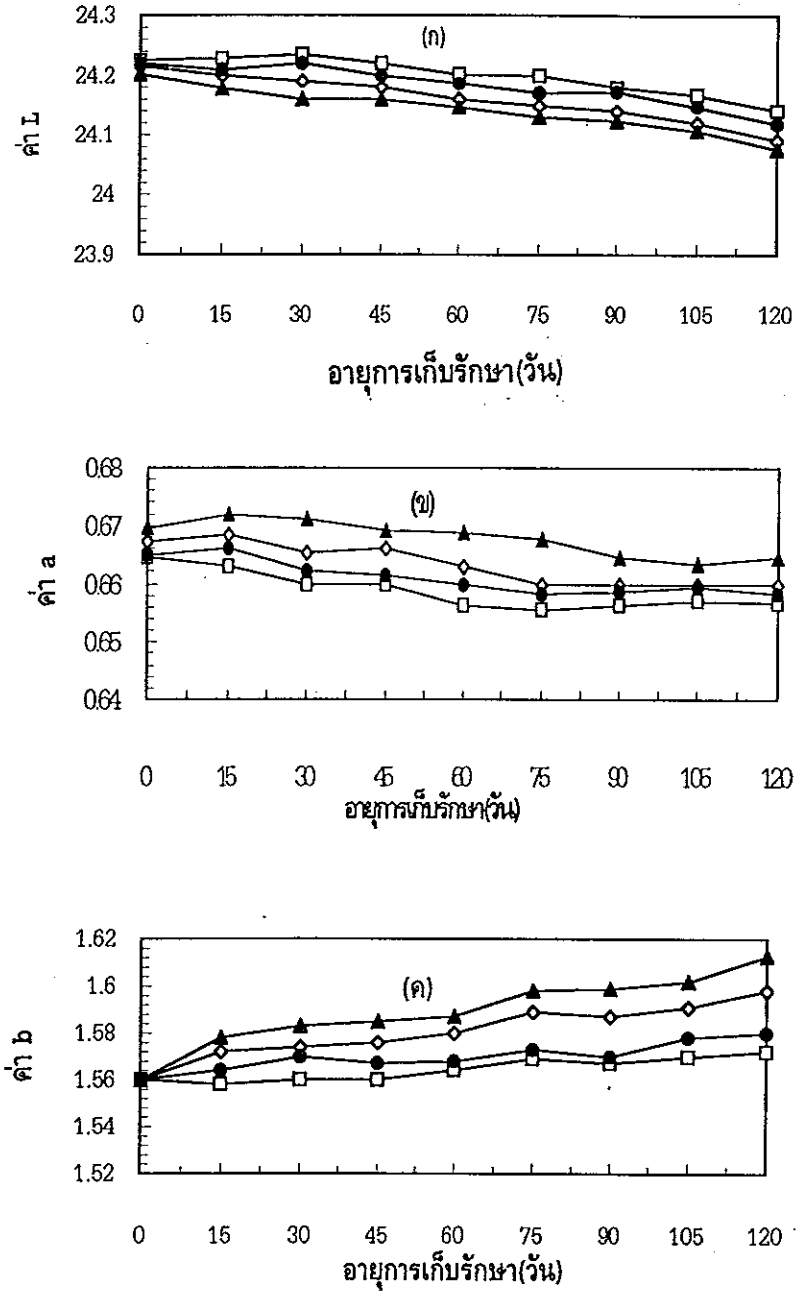
ภาพที่ 25 การเปลี่ยนแปลงค่า L (ก) ค่า a (ข) และค่า b (ค) ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด ทำแห้งแบบตากแดดระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน (□) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (●) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิห้อง (◇) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (▲) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิห้อง



ภาพที่ 26 การเปลี่ยนแปลงค่า L (ก) ค่า a (ข) และค่า b (ค) ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบดทำแห้งแบบตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อนระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน

(□) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (●) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิห้อง

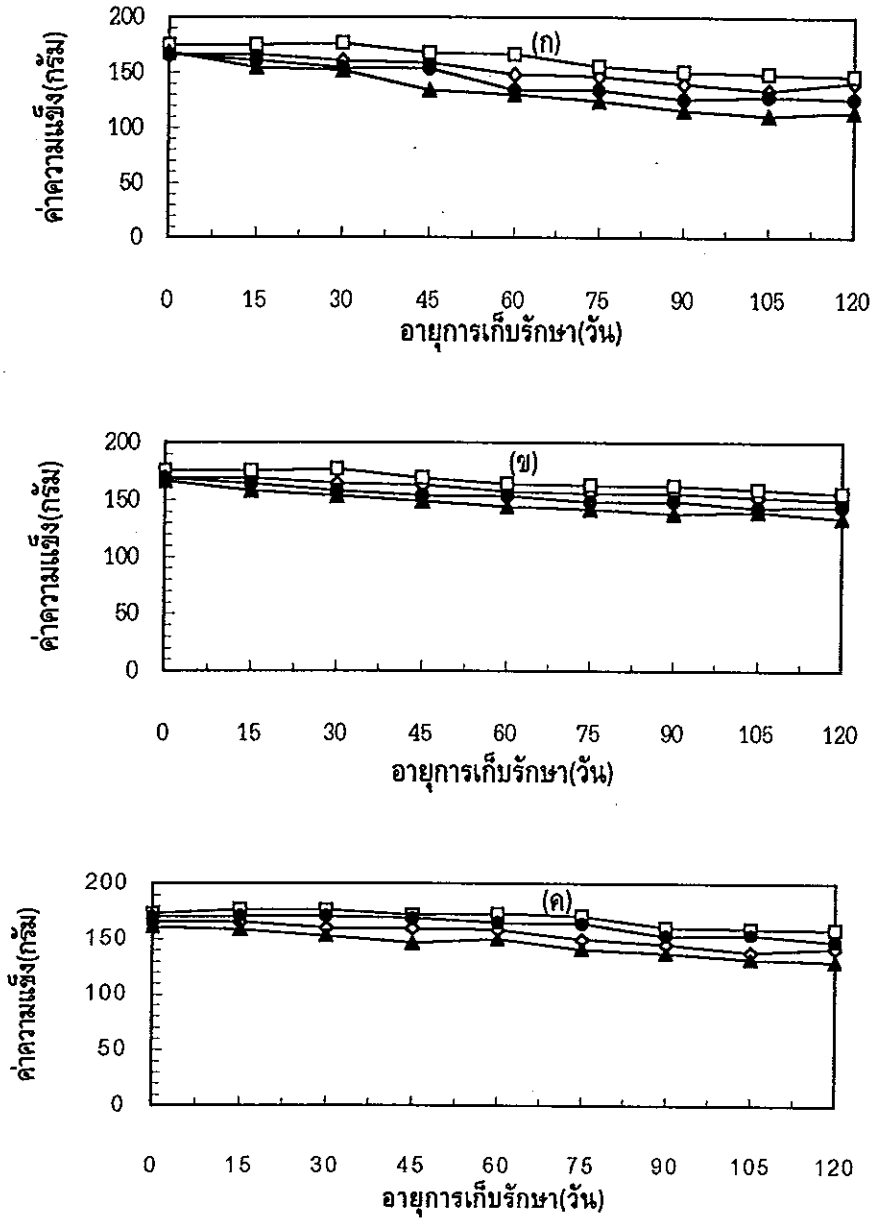
(◇) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (▲) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิห้อง



ภาพที่ 27 การเปลี่ยนแปลงค่า L (ก) ค่า a (ข) และค่า b (ค) ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด ทำแห้งแบบตู้อบลมร้อนระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน (□) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (●) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิห้อง (◇) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (▲) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิห้อง

ความแข็ง

การเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา ของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้ง ทั้ง 3 วิธีเป็นไปในทำนองเดียวกัน คือที่อุณหภูมิและสภาวะการบรรจุต่างกันเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่าความแข็งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) (ตารางผนวก ง14 - ง16) (ภาพที่ 28) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่าความแข็งลดลง ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบธรรมดา ที่อุณหภูมิห้องมีแนวโน้มการลดลงของค่าความแข็งมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 28 การเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน

(ก) ตากแดดธรรมชาติ (ข) ตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน (ค) ตู้อบลมร้อน

(□) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (●) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิห้อง

(◇) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (▲) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิห้อง

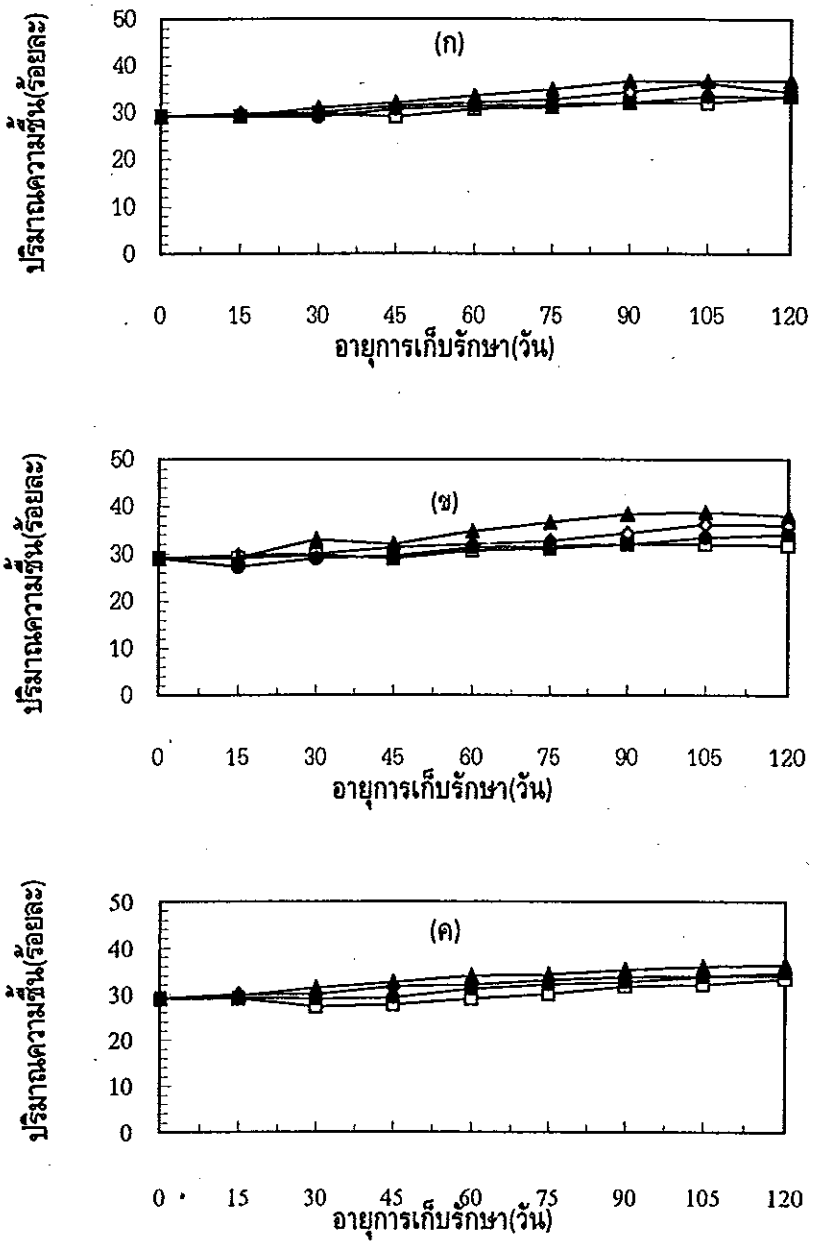
6.2 การเปลี่ยนแปลงทางเคมี

6.2.1 ปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น

ความชื้น การเปลี่ยนแปลงความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งทั้ง 3 วิธีในระหว่างการเก็บรักษาเป็นไปในทำนองเดียวกันคือ ที่อุณหภูมิและสภาวะการบรรจุที่แตกต่างกันเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น มีผลทำให้การเปลี่ยนแปลงของความชื้นมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางผนวก ง17) (ภาพที่ 29) โดยพบว่าความชื้นมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น สภาวะการบรรจุแบบธรรมดา อุณหภูมิห้องมีการเพิ่มขึ้นของค่าความชื้นมากกว่าสภาวะการบรรจุแบบสุญญากาศ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ซึ่งค่าความชื้นที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ลดลง

Quast และ Teixeira Neto (1976) ได้กล่าวถึงการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นที่เกิดขึ้นว่ามีผลเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของสภาวะแวดล้อมที่ใช้ในการเก็บรักษา นอกจากนี้สภาวะบรรจุก็มีความสำคัญในการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น โดยพบว่าการบรรจุในสภาวะสุญญากาศการเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้นน้อยกว่าการบรรจุในสภาวะธรรมดา เนื่องจากการบรรจุในสภาวะสุญญากาศภายในมีความชื้นและไอน้ำที่น้อยกว่า จึงมีการเปลี่ยนแปลงของความชื้นได้น้อย

สำหรับการเปลี่ยนแปลงค่า Aw ของผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรสที่ผ่านการทำแห้งทั้ง 3 วิธี ในระหว่างการเก็บรักษา พบว่าระยะเวลา อุณหภูมิ และสภาวะการบรรจุต่างกันมีผลทำให้ค่า Aw มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) (ตารางผนวก ง18) (ภาพที่ 30) โดยค่า Aw มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น และสภาวะการบรรจุแบบธรรมดาอุณหภูมิห้องมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของค่า Aw มากกว่าสภาวะการบรรจุแบบสุญญากาศ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เนื่องจากผลิตภัณฑ์เป็นอาหารแห้งสามารถดูดความชื้นจากอากาศได้ดีเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นค่าความชื้นก็จะเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่า Aw ในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น

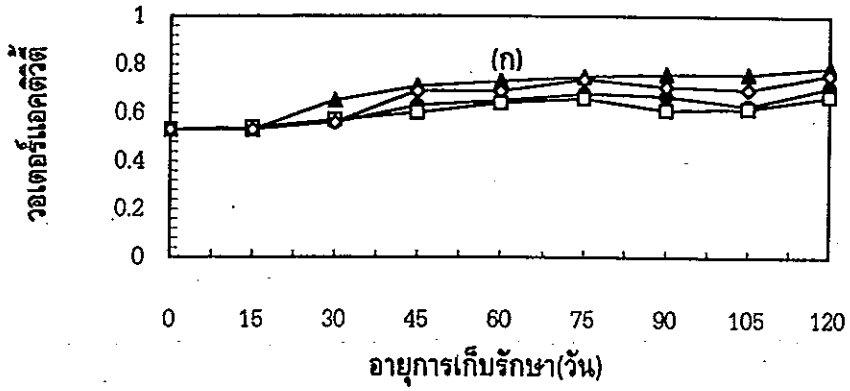


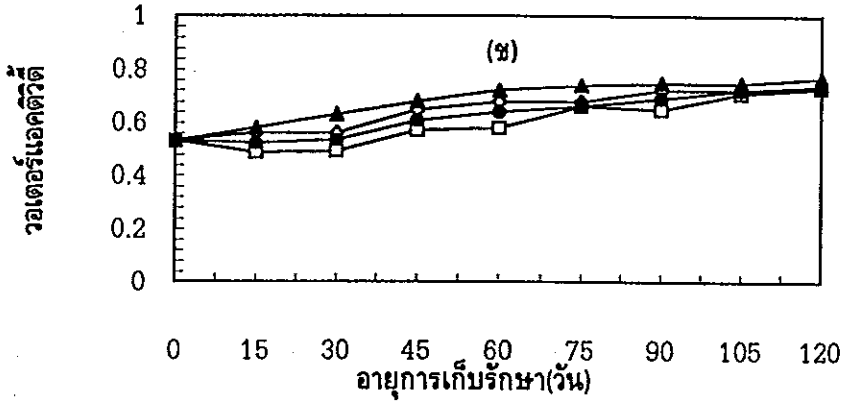
ภาพที่ 29 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้นระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน

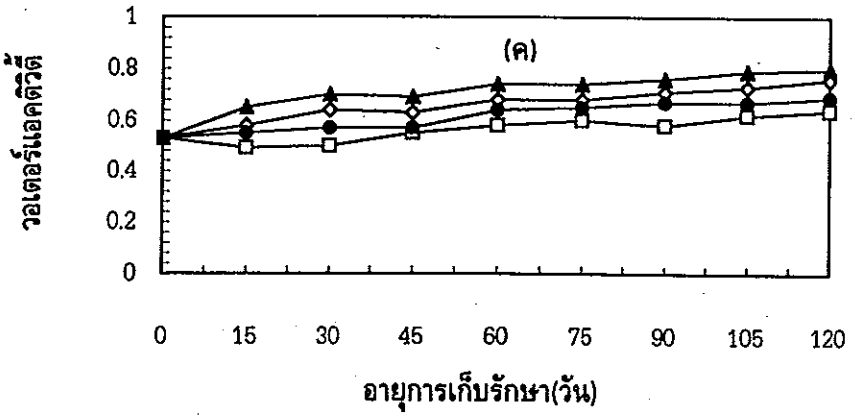
(ก) ตากแดด (ข) ตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน (ค) ตู้อบลมร้อน

(□) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (●) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิห้อง

(◇) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (▲) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิห้อง







ภาพที่ 30 การเปลี่ยนแปลงค่า Aw ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้นระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน

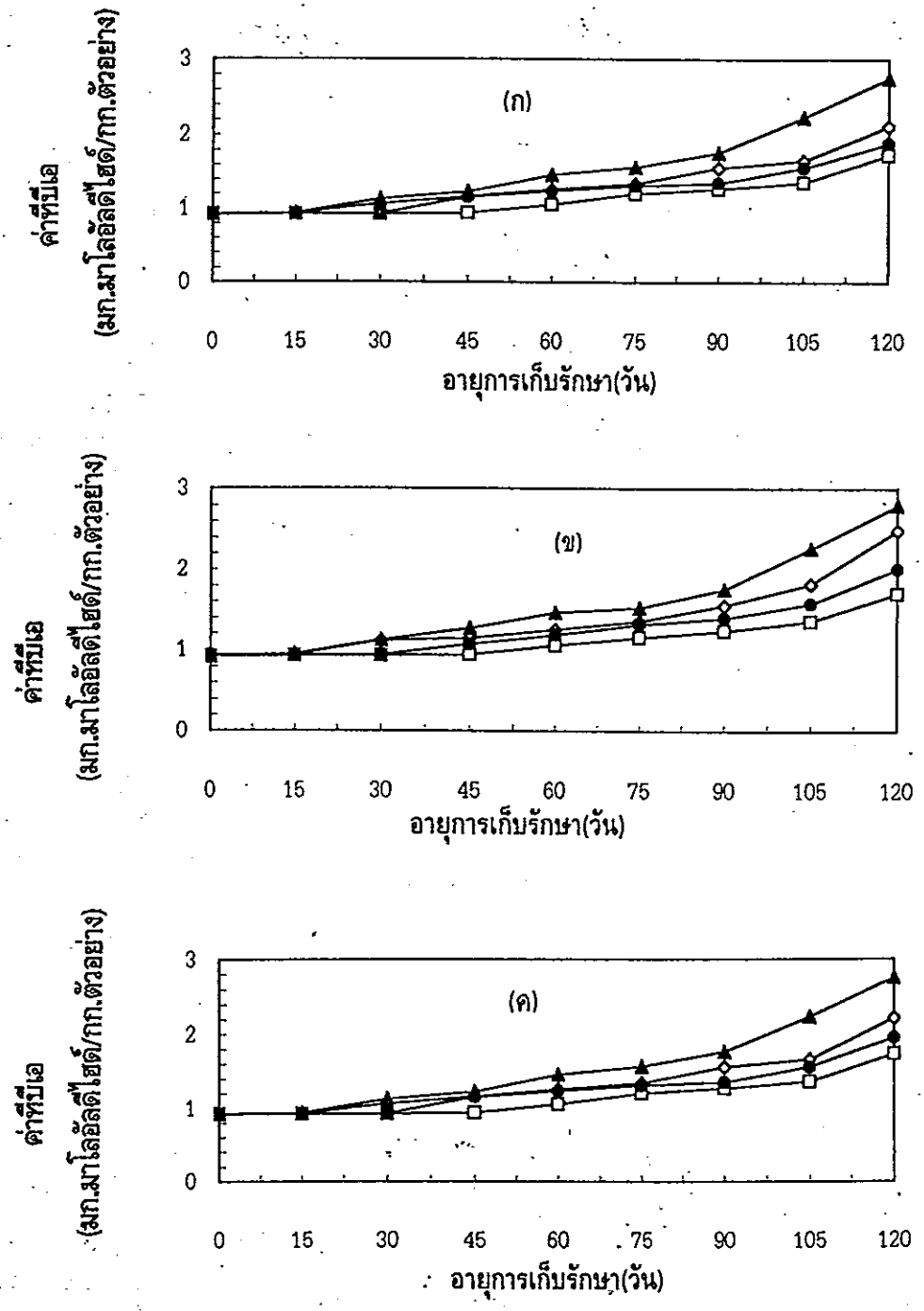
(ก) ตากแดด (ข) ตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน (ค) ตู้อบลมร้อน

(□) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (●) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิห้อง

(◇) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (▲) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิห้อง

การเปลี่ยนแปลงค่าทีบีเอของผลิตภัณฑ์ปลาทางควายแห้งปรุงรสที่ผ่านการทำแห้งทั้ง 3 วิธี ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นไปในทำนองเดียวกัน ดังภาพที่ 31 (ตารางผนวก ง19.) พบว่าที่อุณหภูมิและสภาวะการบรรจุที่ต่างกัน เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ค่าทีบีเอ มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ค่าทีบีเอของตัวอย่างเริ่มต้นมีค่า 0.90 - 0.93 มก.มาโลอัลดีไฮด์/กก.ตัวอย่าง และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เมื่อเก็บรักษาครบ 120 วัน พบว่าผลิตภัณฑ์บรรจุแบบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีค่าทีบีเอ 1.65 - 1.95 มก.มาโลอัลดีไฮด์/กก.ตัวอย่าง ส่วนผลิตภัณฑ์บรรจุแบบธรรมดา ที่อุณหภูมิห้อง มีค่าทีบีเอ 2.14 - 2.26 มก.มาโลอัลดีไฮด์/กก.ตัวอย่าง เมื่อนำผลิตภัณฑ์มาทดสอบทางด้านกลิ่นหืน พบว่าผู้ทดสอบชิมยังให้การยอมรับผลิตภัณฑ์

การเพิ่มขึ้นของค่าทีบีเอที่อุณหภูมิสูง มีแนวโน้มมากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงมีโอกาสที่ทำให้ไขมันเกิดการเปลี่ยนแปลงเกิดเป็นกรดไขมันอิสระได้ง่ายกว่าที่อุณหภูมิต่ำ (กนกอร อินทราพิเชฐ, 2523)



ภาพที่ 31 การเปลี่ยนแปลงค่าทีบีเอของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้นระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน

(ก) ตากแดด (ข) ตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน (ค) ตู้อบลมร้อน

(□) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (●) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิห้อง

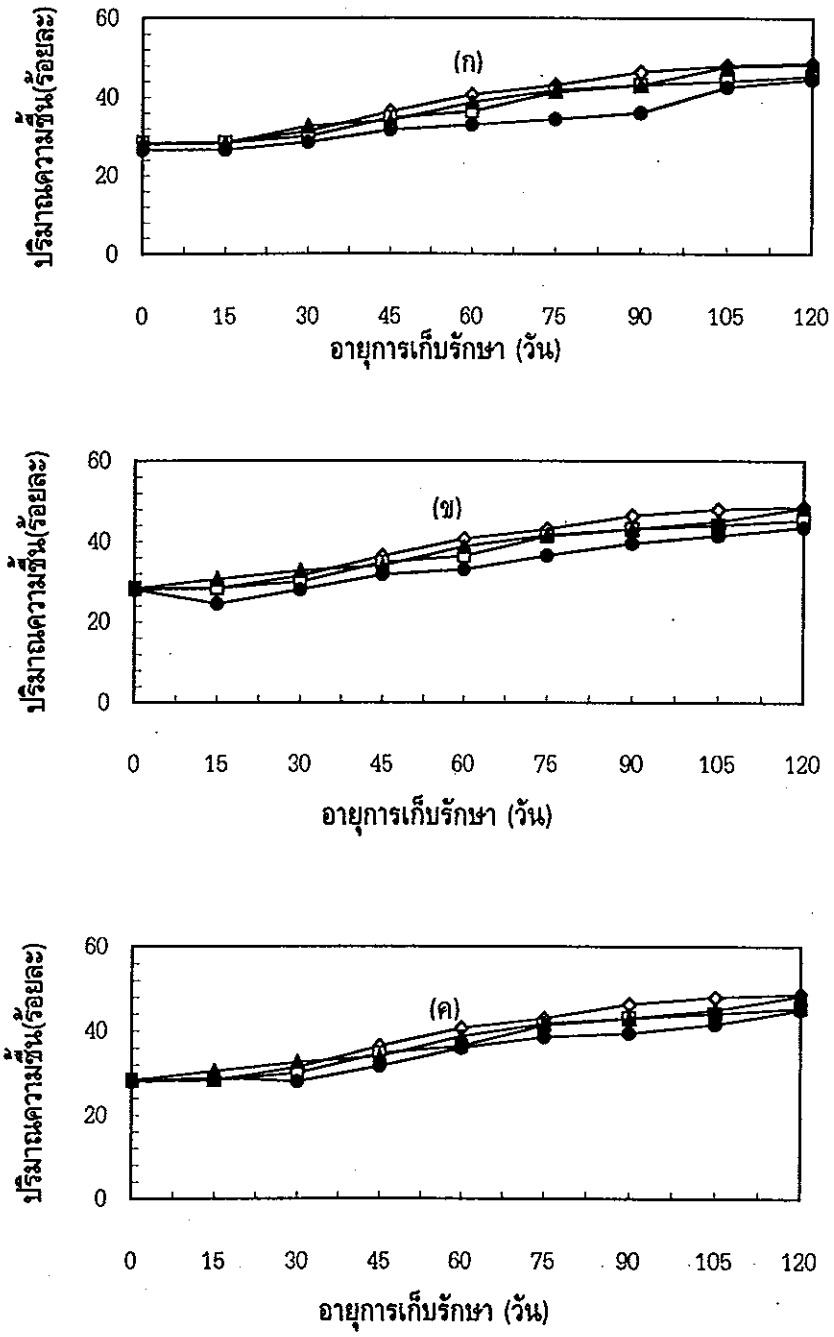
(◇) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (▲) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิห้อง

6.2.2 ปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด

ความชื้น การเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นในระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรส ที่ผ่านการทำแห้งทั้ง 3 วิธีมีการเปลี่ยนแปลงในทำนองเดียวกันคือ ที่อุณหภูมิและสภาวะการบรรจุต่างกัน เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ความชื้นแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ดังภาพที่ 32 (ตารางผนวก ง20) โดยพบว่าค่าความชื้นเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น สภาวะการบรรจุแบบธรรมดา อุณหภูมิห้องมีการเพิ่มขึ้นของค่าความชื้นมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาสภาวะการบรรจุแบบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ซึ่งการเพิ่มขึ้นของความชื้นในการทดลองเนื่องจากภาชนะบรรจุที่ใช้เป็นถุงโพลีโพรพิลีน (PP) จะสามารถป้องกันอากาศได้ แต่ไม่สามารถป้องกันได้อย่างสิ้นเชิง เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นความชื้นของผลิตภัณฑ์ก็จะมากขึ้นตามลำดับ และการเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิห้อง มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของความชื้นมากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ค่า Aw ของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งทั้ง 3 วิธี ในระหว่างการเก็บรักษา พบว่าที่อุณหภูมิและสภาวะการบรรจุต่างกันเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่า Aw มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ดังภาพที่ 33 (ตารางผนวก ง21) โดยจากการทดลองพบว่าการเพิ่มขึ้นของค่า Aw ในการบรรจุแบบธรรมดาอุณหภูมิห้อง มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของค่า Aw มากกว่าสภาวะการบรรจุแบบสุญญากาศ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ค่าทีบีเอ ของผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรสที่ผ่านการทำแห้งทั้ง 3 วิธี ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นไปในทำนองเดียวกัน ดังภาพที่ 34 (ตารางผนวก ง22) พบว่าที่อุณหภูมิและสภาวะการบรรจุต่างกัน เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ค่าทีบีเอ มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ค่าทีบีเอของตัวอย่างเริ่มต้นมีค่า 0.90 - 0.93 มก.มาโลอัลดีไฮด์/กก.ตัวอย่าง และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เมื่อเก็บรักษาครบ 120 วัน พบว่าผลิตภัณฑ์บรรจุแบบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีค่าทีบีเอ 1.78 - 1.98 มก.มาโลอัลดีไฮด์/กก.ตัวอย่าง และ ส่วนผลิตภัณฑ์บรรจุแบบธรรมดา ที่อุณหภูมิห้อง มีค่า 2.26 - 2.74 มก.มาโลอัลดีไฮด์/กก.ตัวอย่าง เมื่อนำผลิตภัณฑ์มาทดสอบทางด้านกลิ่นหืน พบว่าผู้ทดสอบชิมยังให้การยอมรับผลิตภัณฑ์

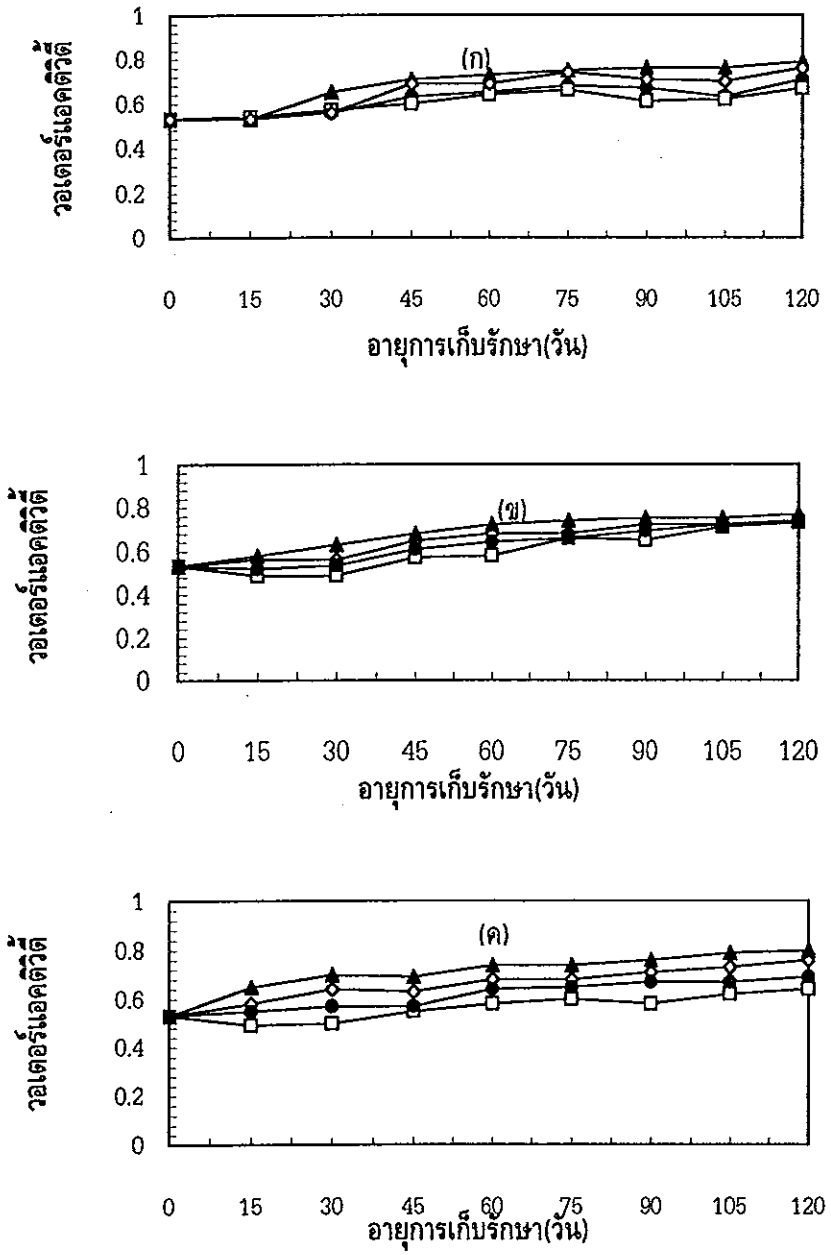


ภาพที่ 32 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบดระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน

(ก) ตากแดด (ข) ตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน (ค) ตู้อบลมร้อน

(□) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (●) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิห้อง

(◇) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (▲) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิห้อง

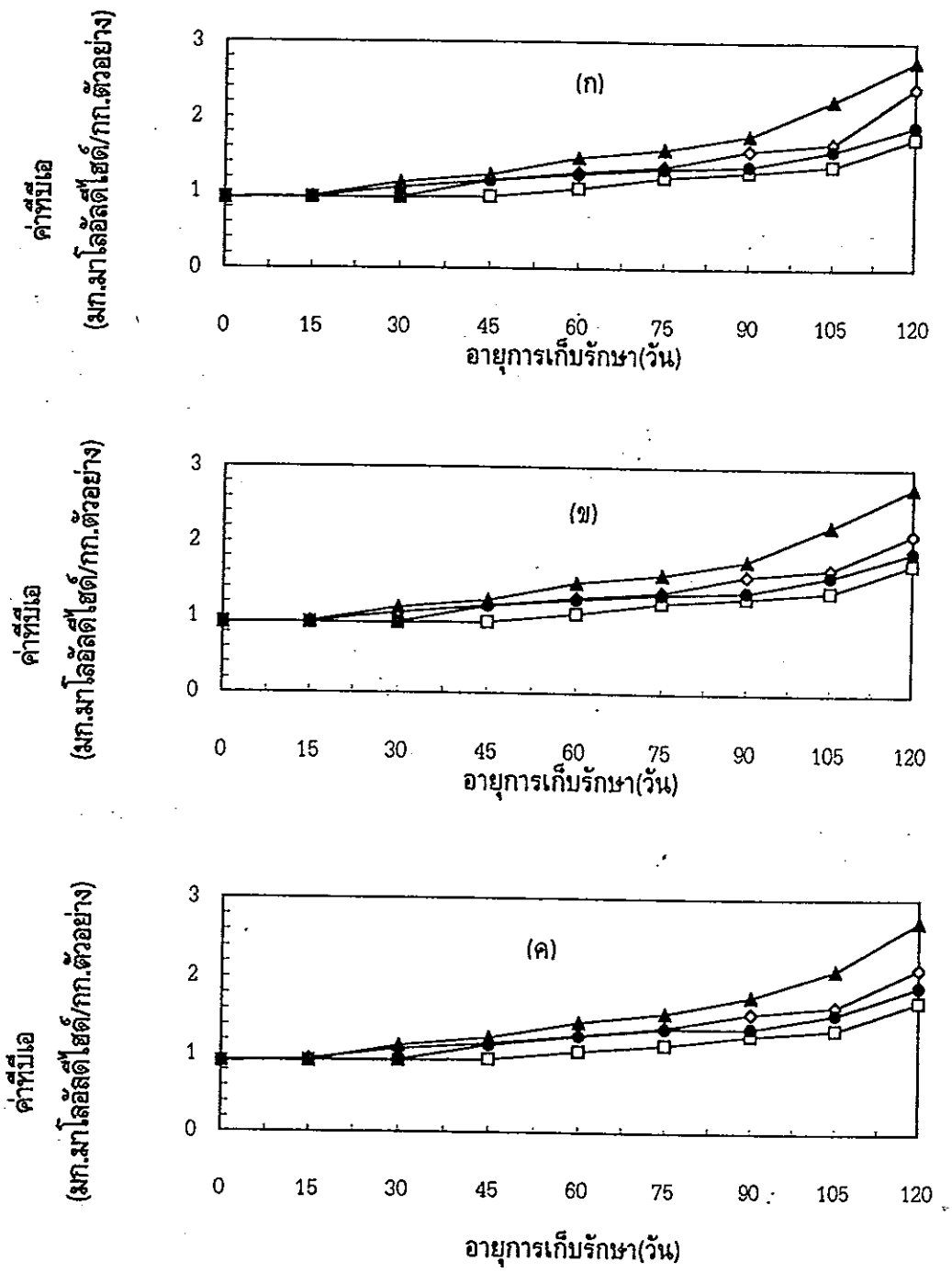


ภาพที่ 33 การเปลี่ยนแปลงค่า Aw ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบดระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน

(ก) ตากแดด (ข) ตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน (ค) ตู้อบลมร้อน

(□) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (●) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิห้อง

(◇) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (▲) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิห้อง



ภาพที่ 34 การเปลี่ยนแปลงค่าทีบีเอ ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน

(ก) ตากแดด (ข) ตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน (ค) ตู้อบลมร้อน

(□) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (●) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิห้อง

(◇) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (▲) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิห้อง

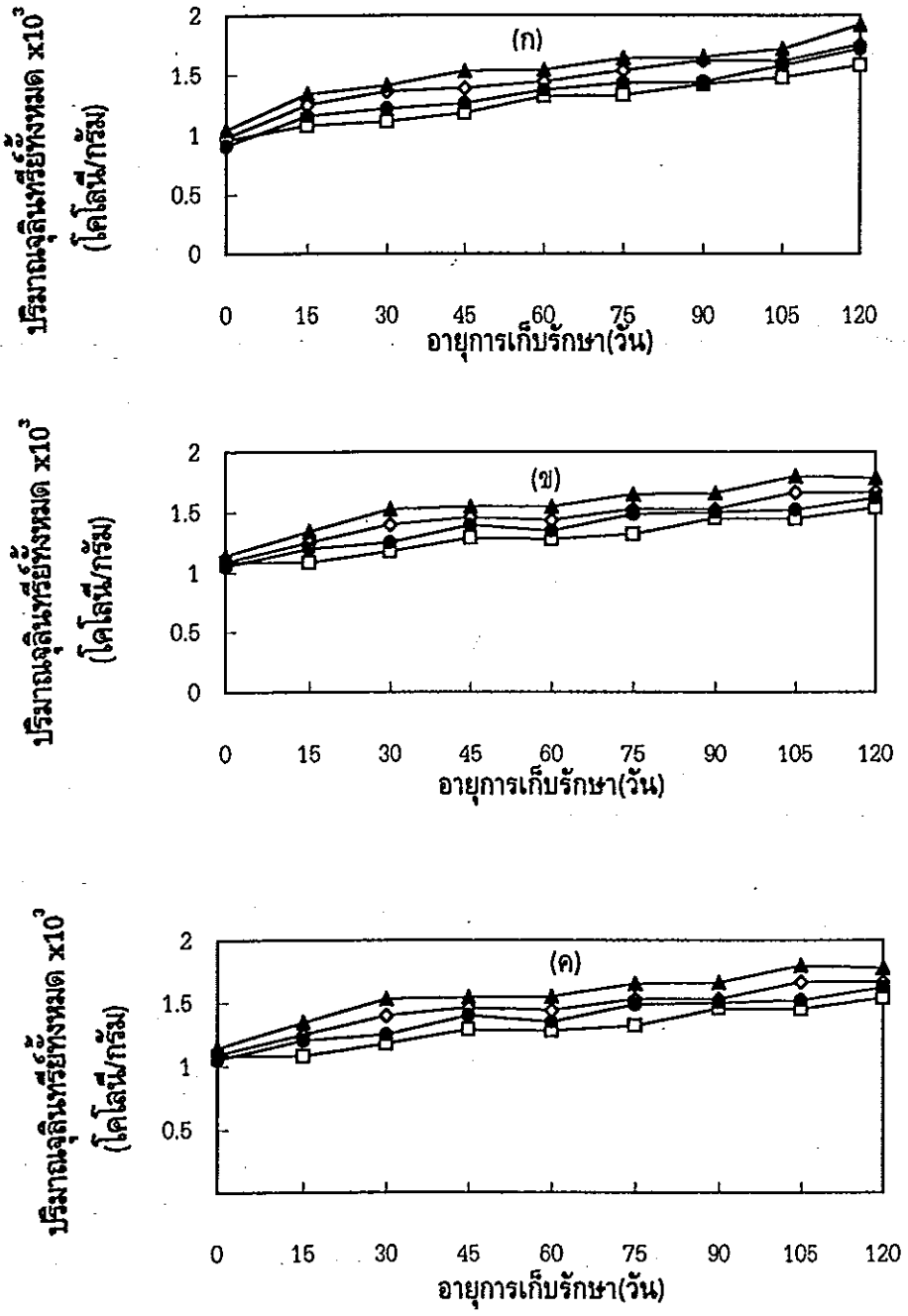
6.3 การเปลี่ยนแปลงทางด้านจุลินทรีย์ทั้งหมด

6.3.1 ผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรสรูปแบบชิ้น

การเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรสในระหว่างการเก็บรักษาที่ผ่านการทำแห้งทั้ง 3 วิธีพบว่าให้ผลการทดลองในทำนองเดียวกันคือ ที่อุณหภูมิและการบรรจุที่แตกต่างกันเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 35 (ตารางผนวก ง23) คือเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา และสภาวะการบรรจุแบบธรรรมดาอุณหภูมิห้องมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมากกว่าสภาวะการบรรจุแบบสุญญากาศอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

สำหรับการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์เนื่องจากจุลินทรีย์ นับว่าเป็นปัญหาสำคัญของผลิตภัณฑ์แห้ง และการเจริญของจุลินทรีย์จะมีความสัมพันธ์กับค่า Aw Leistner และ Rodel (1976) ได้รายงานว่า ถ้าอาหารมีค่า Aw น้อยกว่า 0.85 สามารถป้องกันการเจริญของพวก *S. aureus* ได้ สำหรับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรสยังไม่มีการกำหนดเป็นมาตรฐานอุตสาหกรรม ในการทดลองจึงใช้มาตรฐานของปลาหมึกแห้งปรุงรส ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะใกล้เคียงกันได้กำหนดปริมาณของจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 5×10^4 โคโลนีต่อกรัม (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรม, 2522) ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรสที่ได้มีความปลอดภัยต่อการบริโภค

จากผลการทดลองพบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์เริ่มต้นมีค่าประมาณ $(1.13 - 1.18) \times 10^3$ โคโลนีต่อกรัมและเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 120 วันในทุกสภาวะที่ทดลอง พบว่ามีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด $(1.68 - 1.75) \times 10^3$ โคโลนีต่อกรัม ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรสที่ได้มีความปลอดภัยต่อการบริโภค



ภาพที่ 35 การเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน

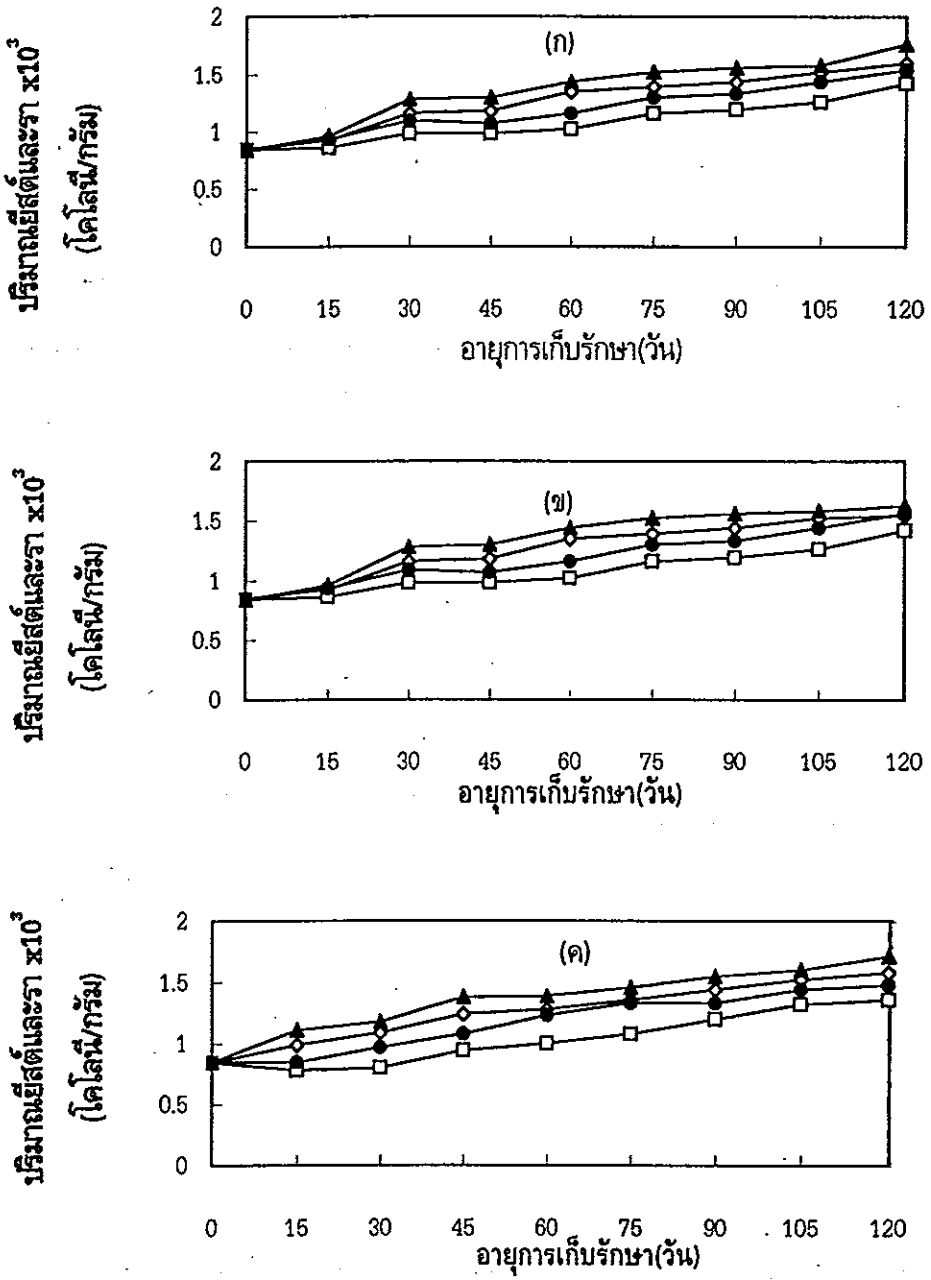
(ก) ตากแดด (ข) ตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน (ค) ตู้อบลมร้อน

(□) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (●) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิห้อง

(◇) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (▲) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิห้อง

การเปลี่ยนแปลงปริมาณยีสต์และรา ที่อุณหภูมิและสภาวะการบรรจุต่างกัน เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณยีสต์และรามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) โดยการเปลี่ยนแปลงปริมาณยีสต์และราของผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรสที่ผ่านการทำแห้งทั้ง 3 วิธีมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเดียวกัน ดังภาพที่ 36 (ตารางผนวก ง24) คือเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นปริมาณยีสต์และราจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น และสภาวะการบรรจุแบบธรรมดาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณยีสต์และรามากกว่าสภาวะการบรรจุแบบสุญญากาศอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

Mossel และ Ingram (1955) และ Frazier (1967) ได้กล่าวว่า ยีสต์และราบางชนิดอาจถูกยับยั้งได้ที่ Aw 0.88 และ 0.80 ตามลำดับ ในขณะที่เชื้อราและยีสต์ที่ทนสภาพความชื้นต่ำ (xerophilic mold และ osmophilic yeast) สามารถมีชีวิตอยู่รอดได้ที่ Aw 0.65 และ 0.60 ตามลำดับ ดังนั้นปัญหาของอาหารแห้งก็คือการเจริญของเชื้อรา ส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากสภาพธรรมชาติของเชื้อราต้องการอากาศในการเจริญ ดังนั้นการบรรจุผลิตภัณฑ์แบบสุญญากาศ ทำให้สามารถควบคุมการเจริญของเชื้อยีสต์และราได้ สำหรับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของปลาหมึกแห้งปรุงรสกำหนดไว้ว่าปริมาณเชื้อราไม่เกิน 10^3 โคโลนีต่อกรัม (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2522) จากผลการทดลองพบว่าปริมาณยีสต์และราทั้งหมดของผลิตภัณฑ์เริ่มต้นมีค่าประมาณ (0.95 - 0.98) x 10^3 โคโลนีต่อกรัมและเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 120 วัน ในทุกสภาวะที่ทดลอง พบว่ามีปริมาณยีสต์และราทั้งหมด (1.68 - 1.78) x 10^3 โคโลนีต่อกรัม ดังนั้นผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรสที่ได้จึงมีความปลอดภัยต่อการบริโภค



ภาพที่ 36 การเปลี่ยนแปลงปริมาณยีสต์และราของปลาหางควายแห้งปรุงแบบชิ้นระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน

(ก) ตากแดด (ข) ตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน (ค) ตู้อบลมร้อน

(□) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (●) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิห้อง

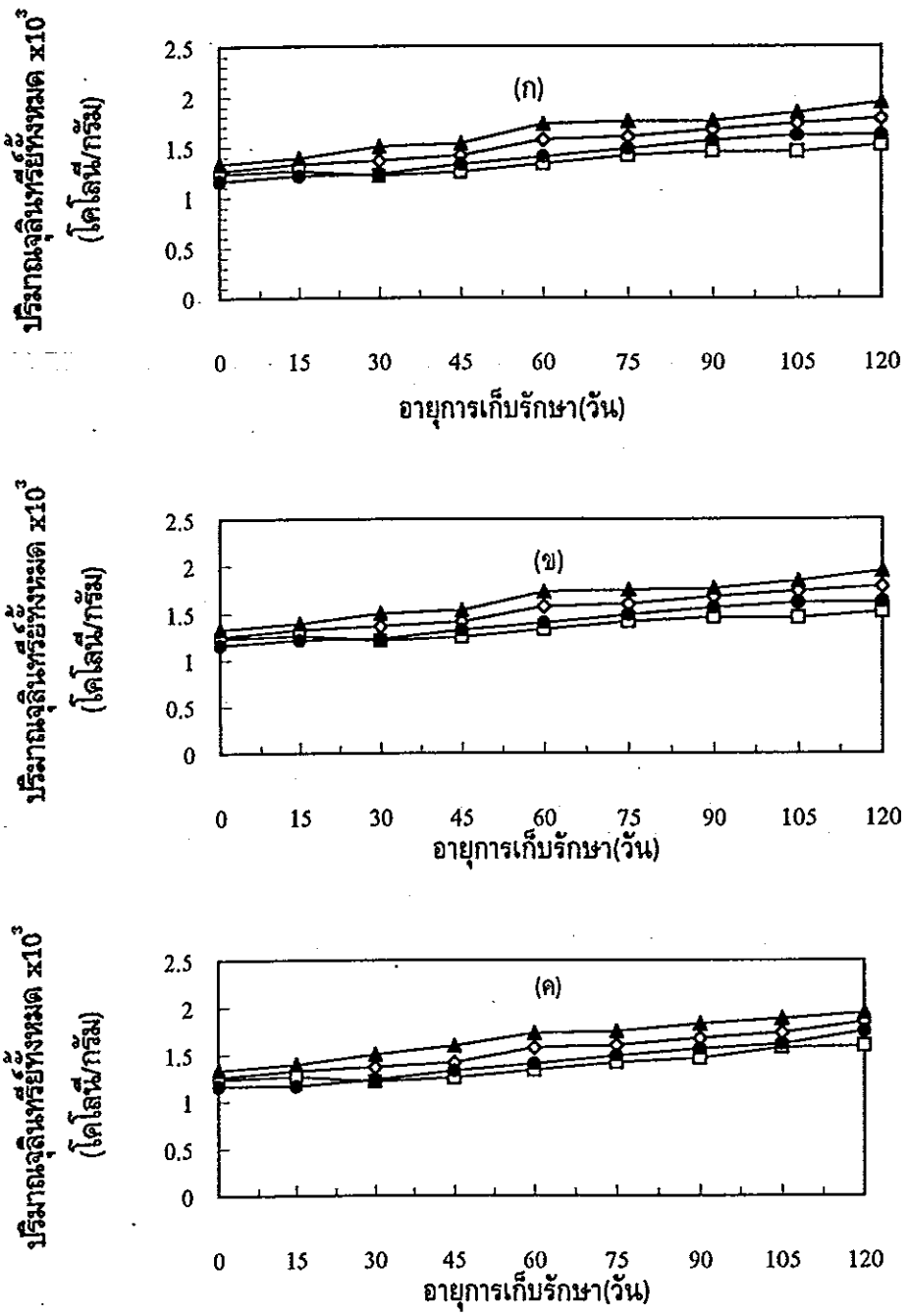
(◇) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (▲) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิห้อง

6.3.2 ผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด

ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรสในระหว่างการเก็บรักษาที่ผ่านการทำแห้งทั้ง 3 วิธี พบว่าที่อุณหภูมิและสภาวะการบรรจุต่างกัน เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) โดยการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรสที่ผ่านการทำแห้ง ทั้ง 3 วิธี มีลักษณะเดียวกัน ดังแสดงในภาพที่ 37 (ตารางผนวก ง25) คือเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น สภาวะการบรรจุแบบธรรมดาที่อุณหภูมิห้อง มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมากกว่าสภาวะการบรรจุแบบสุญญากาศ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

การเปลี่ยนแปลงปริมาณยีสต์และรา พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษา อุณหภูมิ และสภาวะการบรรจุ ที่ต่างกันมีผลทำให้ปริมาณยีสต์และราแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรสที่ผ่านการทำแห้งทั้ง 3 วิธี มีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเดียวกันดังภาพที่ 38 (ตารางผนวก จ26) คือเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นปริมาณยีสต์และราเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น สภาวะการบรรจุแบบธรรมดาที่อุณหภูมิห้อง การเพิ่มปริมาณยีสต์และราจะมากกว่าสภาวะการบรรจุแบบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

สำหรับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของปลาหมึกแห้งปรุงรสกำหนดไว้ว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 5×10^4 โคโลนีต่อกรัม และเชื้อราไม่เกิน 10^3 โคโลนีต่อกรัม (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2522) จากผลการทดลองพบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์เริ่มต้นมีค่าประมาณ $(1.15 - 1.18) \times 10^3$ โคโลนีต่อกรัมและเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา120 วัน ในทุกสภาวะที่ทดลอง พบว่ามีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด $(1.57 - 1.82) \times 10^3$ โคโลนีต่อกรัม ปริมาณยีสต์และราเริ่มต้นมีค่าประมาณ $(0.93 - 0.97) \times 10^3$ โคโลนีต่อกรัม และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 120 วันในทุกสภาวะที่ทดลอง พบว่ามีปริมาณยีสต์และราทั้งหมด $(1.64 - 1.88) \times 10^3$ โคโลนีต่อกรัม ดังนั้นผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรสที่ได้จึงมีความปลอดภัยต่อการบริโภค

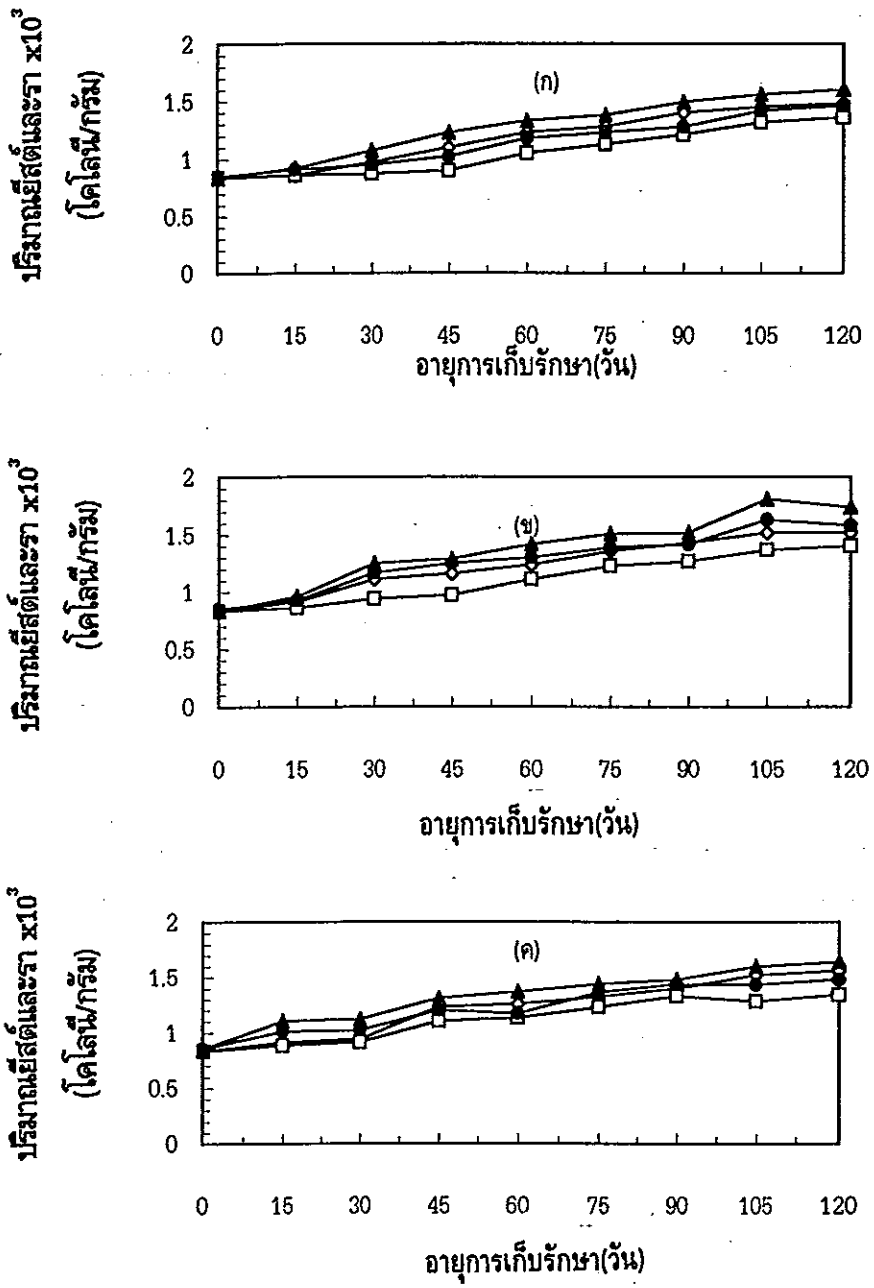


ภาพที่ 37 การเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน

(ก) ตากแดด (ข) ตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน (ค) ตู้อบลมร้อน

(□) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (●) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิห้อง

(◇) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (▲) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิห้อง



ภาพที่ 38 การเปลี่ยนแปลงปริมาณยีสต์และราของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน

(ก) ตากแดด (ข) ตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน (ค) ตู้อบลมร้อน

(□) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (●) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิห้อง

(◇) บรรจุธรรมดาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (▲) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิห้อง

6.4 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

เมื่อนำผลิตภัณฑ์จากการทำแห้งทั้ง 3 วิธีผ่านการเก็บรักษาที่ระยะเวลา สภาวะการบรรจุ และอุณหภูมิต่างกัน นำมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสทั้งแบบทอดและไม่ทอด ทุก ๆ 15 วัน เป็นระยะเวลา 120 วัน โดยผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านการทอดทอดมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ความแข็ง กลิ่นหืน และการยอมรับรวม สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอดทดสอบด้านกลิ่นหืน รสผิดปกติ และการยอมรับรวมโดยวิธี QDA จากผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนแล้วจำนวน 10 คน กำหนดระดับคะแนนของแต่ละปัจจัยคุณภาพ ดังนี้

ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านการทอด

- สี ระดับคะแนนตั้งแต่ 0 หมายถึง สีน้ำตาลอ่อนและสีน้ำตาลเข้มขึ้นจนถึง 10 หมายถึงน้ำตาลเข้ม
- ความแข็ง ระดับคะแนนตั้งแต่ 0 หมายถึง แข็งน้อย และความแข็งเพิ่มขึ้นจนถึง 10 หมายถึงแข็งมาก
- กลิ่นหืน ระดับคะแนนตั้งแต่ 0 หมายถึง กลิ่นหืนน้อย และกลิ่นหืนเพิ่มขึ้นจนถึง 10 หมายถึง กลิ่นหืนมาก
- การยอมรับรวม ระดับคะแนนตั้งแต่ 0 หมายถึง ไม่ยอมรับและการยอมรับรวมเพิ่มขึ้น จนถึง 10 หมายถึง การยอมรับรวมมาก

ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอด

- กลิ่นหืน ระดับคะแนนตั้งแต่ 0 หมายถึง กลิ่นหืนน้อย และกลิ่นหืนเพิ่มขึ้นจนถึง 10 หมายถึง กลิ่นหืนมาก
- รสชาติผิดปกติ ระดับคะแนนตั้งแต่ 0 หมายถึง รสชาติผิดปกติน้อย และรสชาติผิดปกติเพิ่มขึ้นจนถึง 10 หมายถึง รสชาติผิดปกติมาก
- การยอมรับรวม ระดับคะแนนตั้งแต่ 0 หมายถึง ไม่ยอมรับ และการยอมรับรวมเพิ่มขึ้น จนถึง 10 หมายถึง การยอมรับรวมมาก

6.4.1 ผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น

ผลิตภัณฑ์ไม่ผ่านการทอด

สี

ที่อุณหภูมิและสภาวะการบรรจุที่ต่างกันเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นมีผลทำให้การเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางผนวก ง27 - ง29) (ภาพที่ 39) โดยการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งทั้ง 3 วิธี มีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเดียวกันคือสภาวะการบรรจุแบบธรรมดาที่อุณหภูมิห้อง มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของค่าสีมากกว่าสภาวะการเก็บแบบสุญญากาศ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ความแข็ง

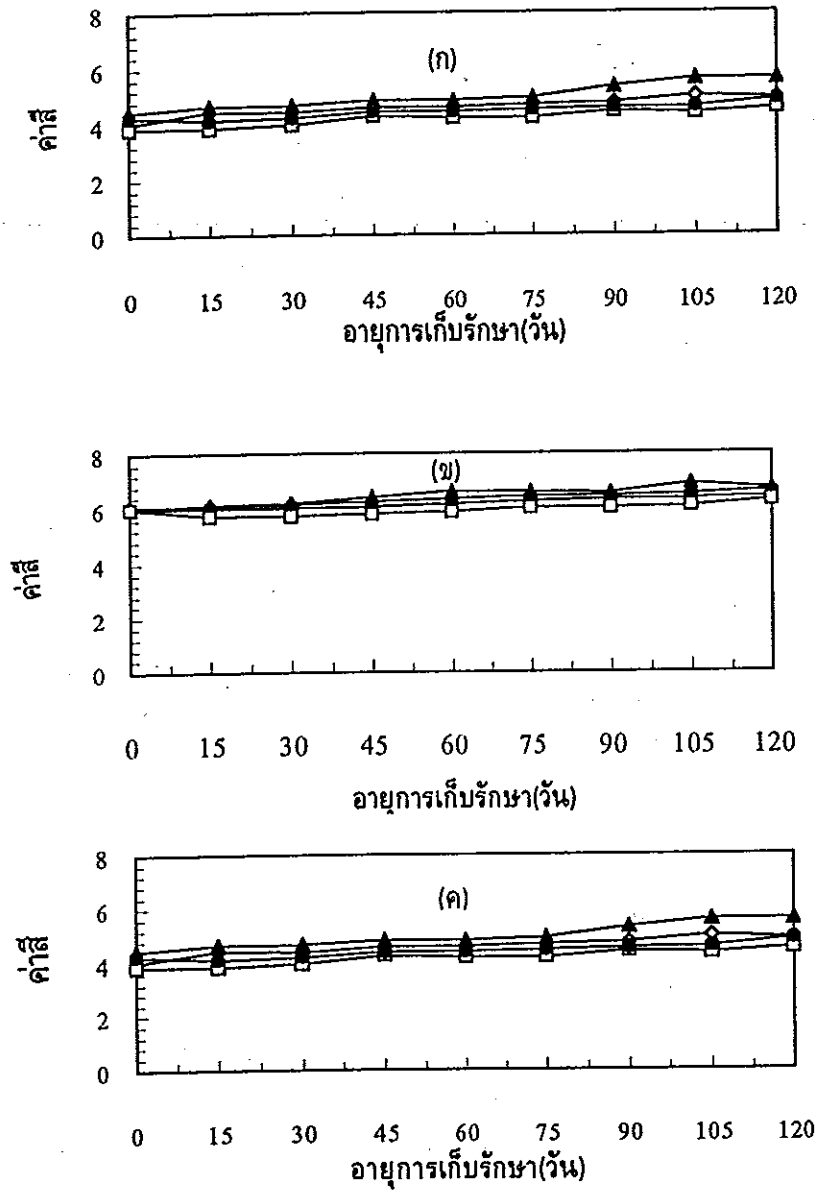
ที่อุณหภูมิและสภาวะการบรรจุต่างกันเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความแข็งอย่างมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P< 0.05$) (ตารางภาค ง27 - ง29) (ภาพที่ 40) โดยการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งทั้ง 3 วิธี มีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเดียวกัน คือเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความแข็งลดลง ส่วนสภาวะการบรรจุแบบธรรมดาที่อุณหภูมิห้อง มีแนวโน้มการลดลงของความแข็งมากกว่าสภาวะการเก็บรักษาแบบสุญญากาศ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

กลิ่นหืน

ที่อุณหภูมิและสภาวะการเก็บรักษาต่างกัน เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงกลิ่นหืนอย่างมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P< 0.05$) (ตารางผนวก ง27 - ง29) (ภาพที่ 41) โดยการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งทั้ง 3 วิธี มีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเดียวกัน คือเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นมีผลทำให้กลิ่นหืนเพิ่มขึ้น โดยสภาวะการบรรจุแบบธรรมดาที่อุณหภูมิห้อง มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของกลิ่นหืนมากกว่าสภาวะการเก็บรักษาแบบสุญญากาศ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

การยอมรับรวม

ที่อุณหภูมิและสภาวะการบรรจุที่ต่างกันเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น มีผลต่อการยอมรับรวมมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางผนวก ง27 - ง29) (ภาพที่ 42) โดยการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งทั้ง 3 วิธี มีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเดียวกัน คือการบรรจุแบบธรรมดาที่อุณหภูมิห้อง ได้คะแนนการยอมรับรวมน้อยกว่าการบรรจุแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

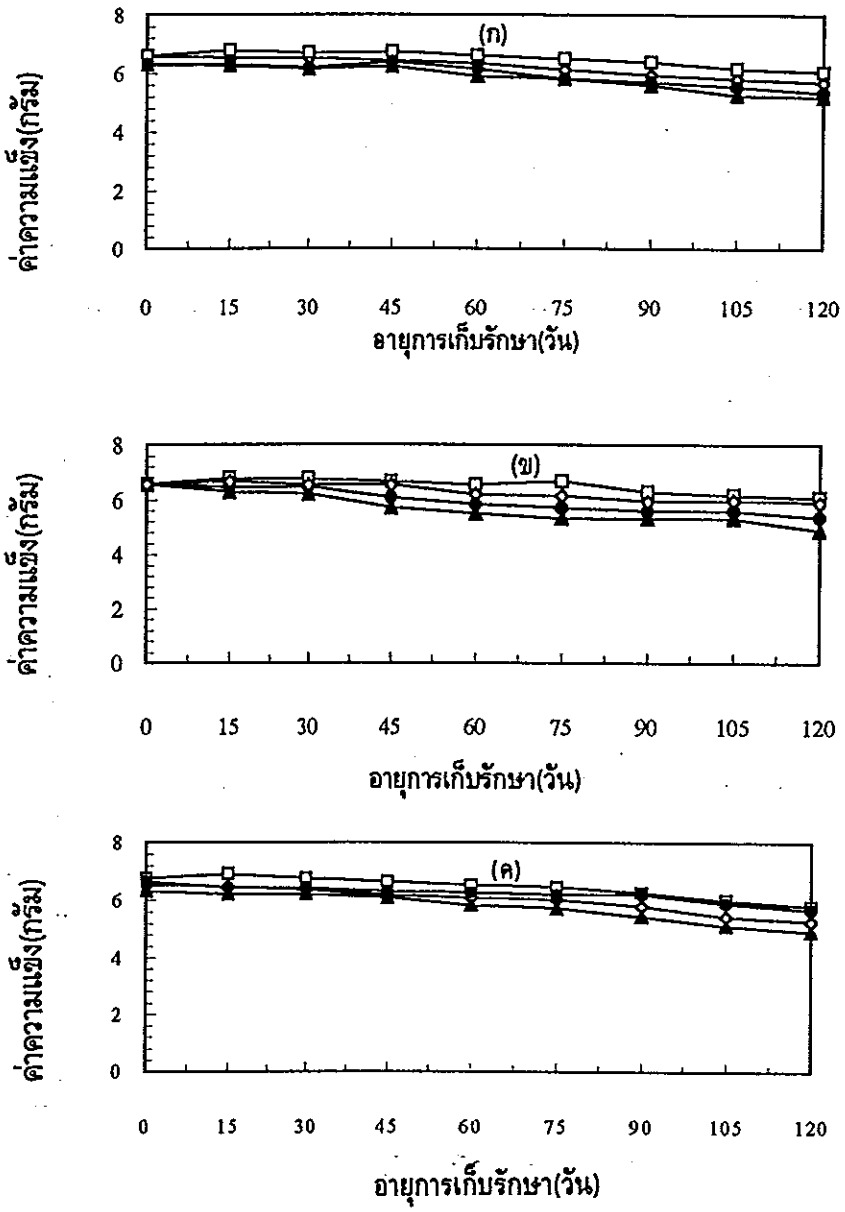


ภาพที่ 39 การเปลี่ยนแปลงคะแนนการทดสอบค่าสีของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น (ไม่ผ่านการทอด) ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน

(ก) ตากแดด (ข) ตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน (ค) ตู้อบลมร้อน

(□) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (●) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิห้อง

(◇) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (▲) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิห้อง

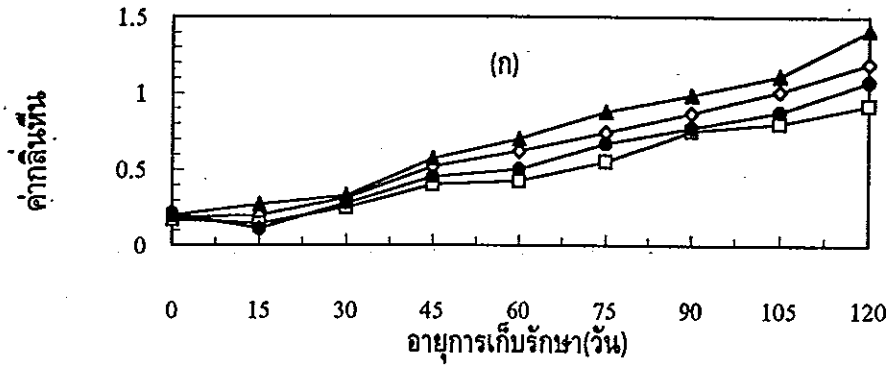


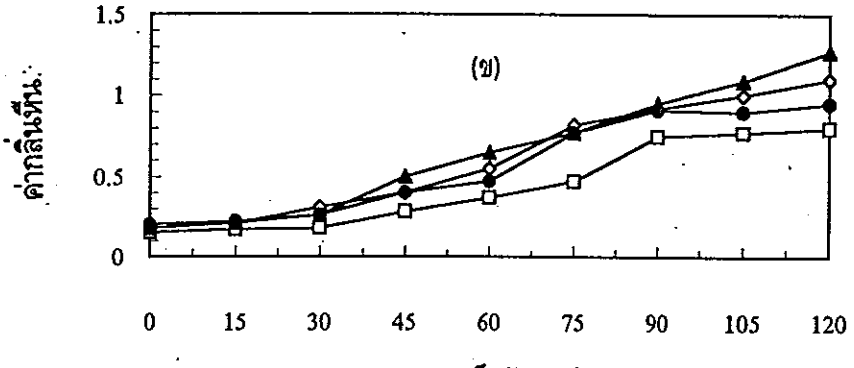
ภาพที่ 40 การเปลี่ยนแปลงคะแนนการทดสอบค่าความแข็งของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น (ไม่ผ่านการทอด) ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน

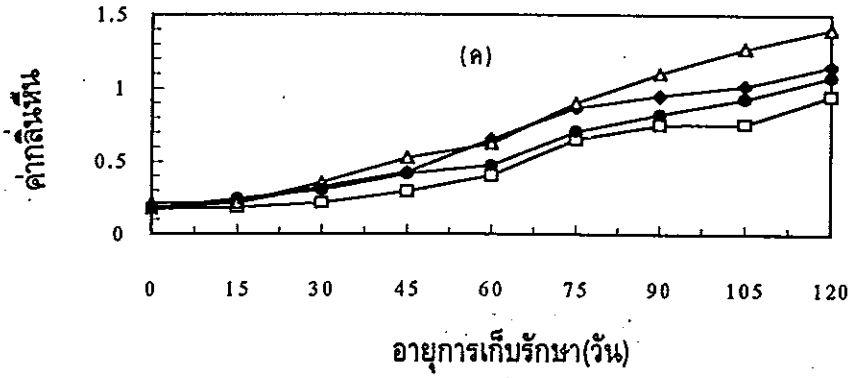
(ก) ตากแดด (ข) ตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน (ค) ตู้อบลมร้อน

(□) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (●) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิห้อง

(◇) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (▲) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิห้อง





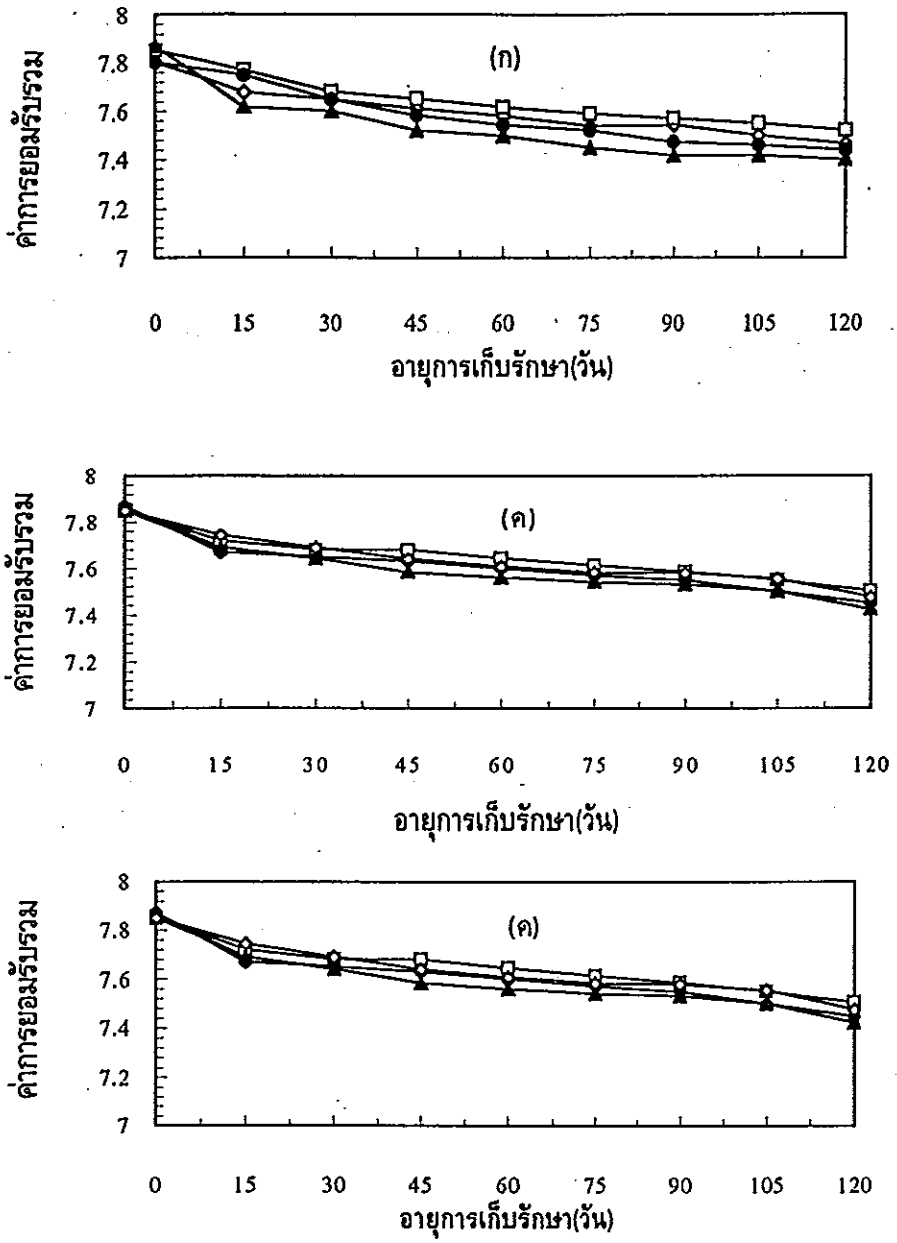


ภาพที่ 41 การเปลี่ยนแปลงคะแนนการทดสอบค่ากลิ่นหืนของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น (ไม่ผ่าการทอด) ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน

(ก) ตากแดด (ข) ตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน (ค) ตู้อบลมร้อน

(□) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (●) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิห้อง

(◇) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (▲) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิห้อง



ภาพที่ 42 การเปลี่ยนแปลงคะแนนการทดสอบค่าการยอมรับรวมของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น (ไม่ผ่านการทอด) ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน

(ก) ตากแดด (ข) ตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน (ค) ตู้อบลมร้อน

(□) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (●) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิห้อง

(◇) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (▲) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิห้อง

ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอด

กลิ่นหืน

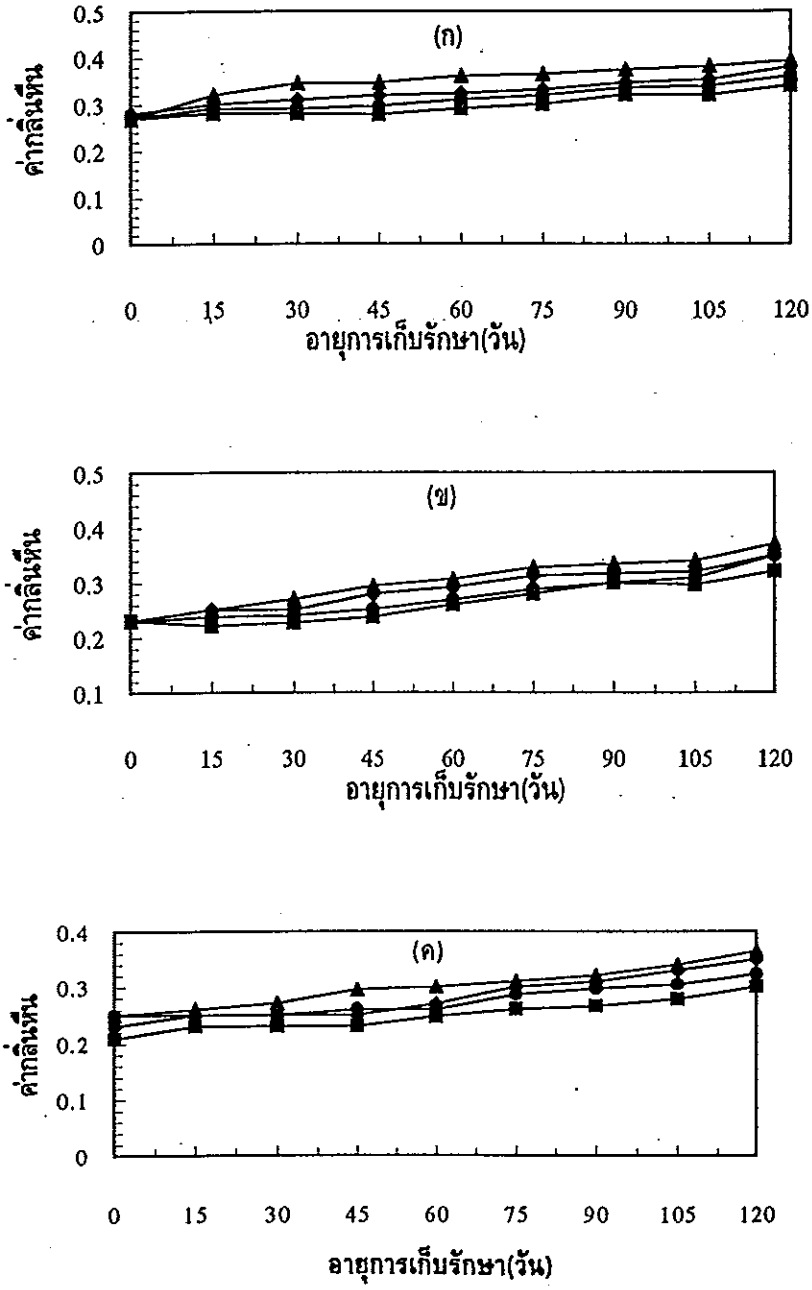
เมื่อนำผลิตภัณฑ์มาทอดในน้ำมันพืชที่อุณหภูมิ 160 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งทั้ง 3 วิธีให้ผลการทดลองในลักษณะเดียวกันคือ ที่อุณหภูมิและสภาวะการบรรจุที่ต่างกันเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นผู้ทดสอบไม่สามารถบอกความแตกต่างของกลิ่นหืนได้อย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) (ตารางผนวก ง30 – ง32) (ภาพที่ 43)

รสชาติผิดปกติ

ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งทั้ง 3 วิธีให้ผลการทดลองในลักษณะเดียวกันคือ ที่อุณหภูมิและสภาวะการบรรจุที่ต่างกันเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นผู้ทดสอบไม่สามารถบอกความแตกต่างของรสชาติผิดปกติได้อย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) (ตารางผนวก ง30 – ง32) (ภาพที่ 44)

การยอมรับรวม

ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งทั้ง 3 วิธีให้ผลการทดลองในลักษณะเดียวกันคือ ที่อุณหภูมิและสภาวะการบรรจุที่ต่างกันเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นผู้ทดสอบไม่สามารถบอกความแตกต่างของรสชาติผิดปกติได้อย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) (ตารางผนวก ง30 – ง32) (ภาพที่ 45)

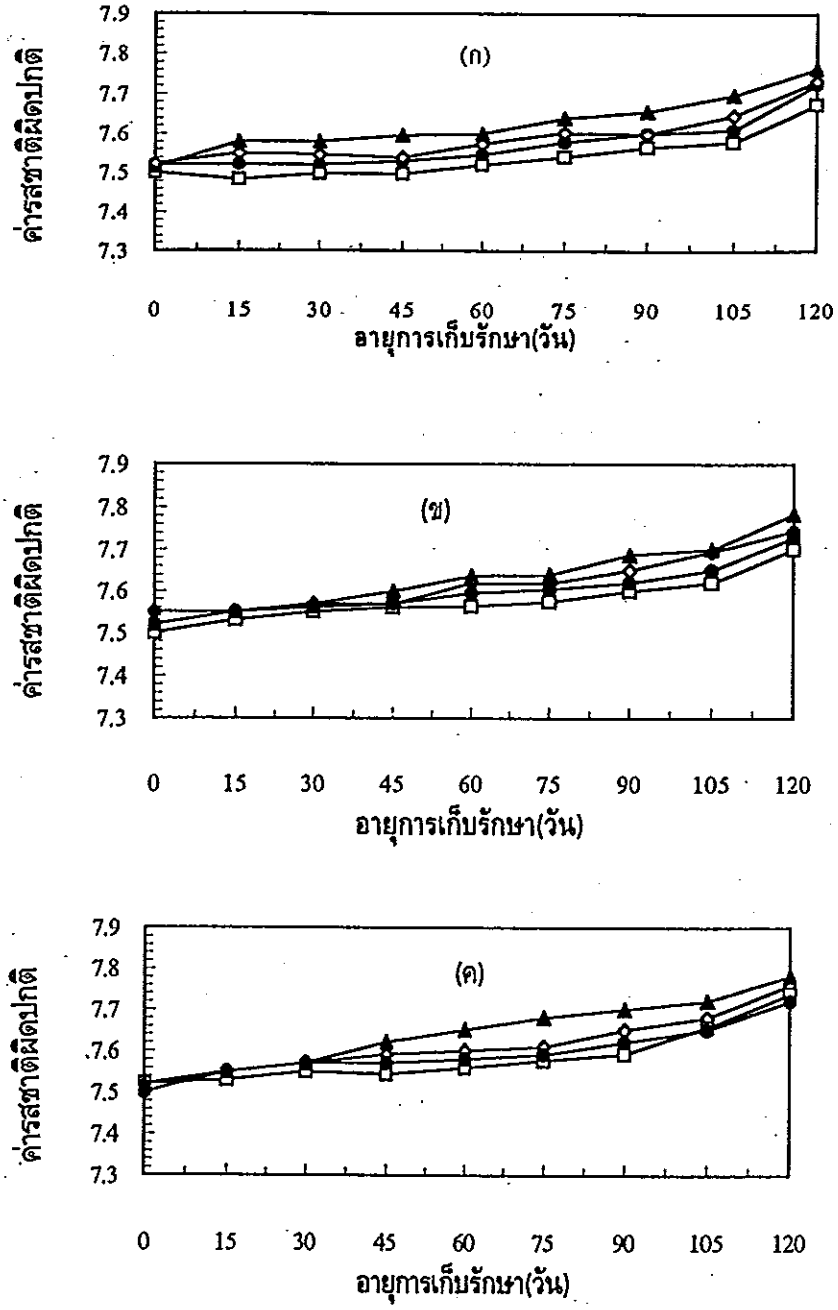


ภาพที่ 43 การเปลี่ยนแปลงคะแนนการทดสอบค่ากลิ่นหืนของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น (ผ่านการทอด) ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน

(ก) ตากแดด (ข) ตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน (ค) ตู้อบลมร้อน

(□) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (●) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิห้อง

(◇) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (▲) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิห้อง

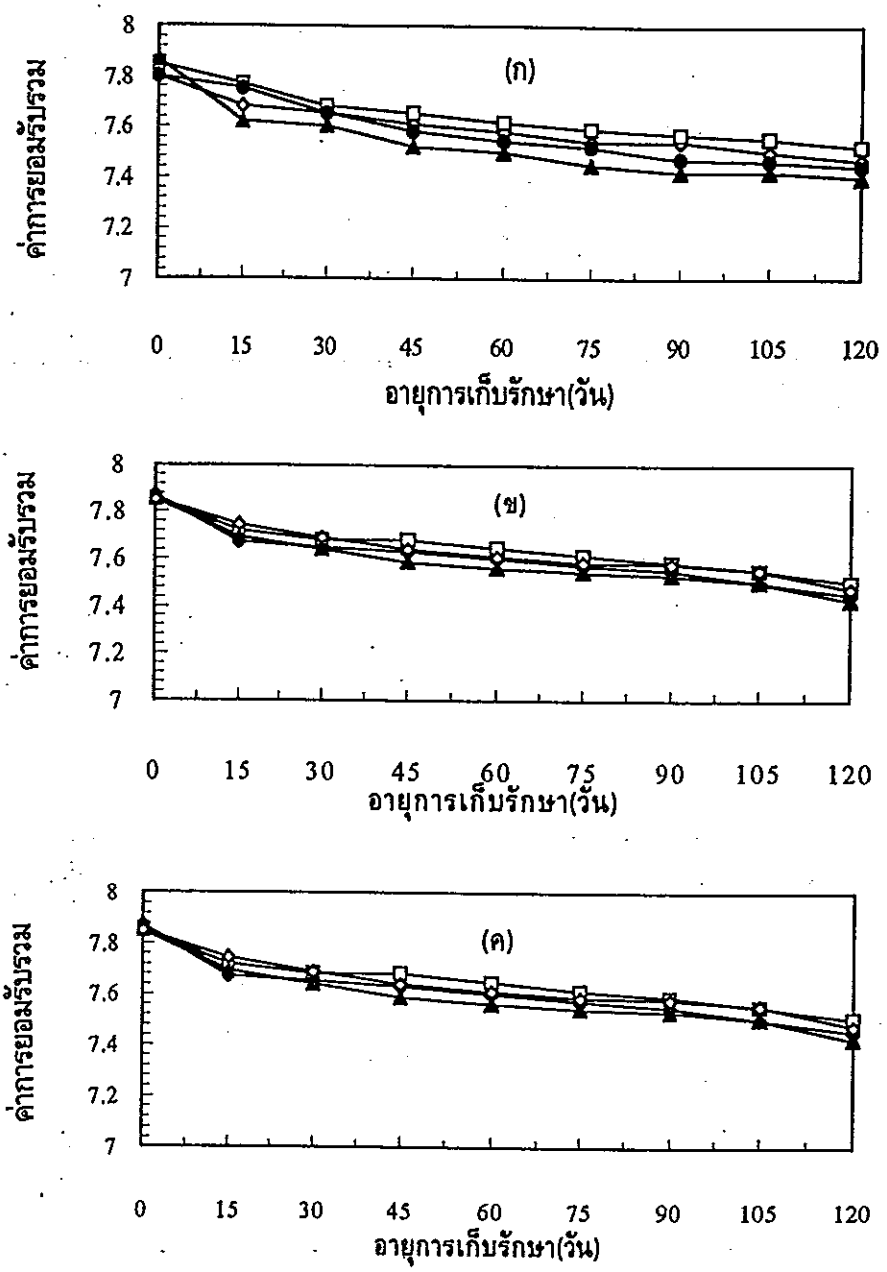


ภาพที่ 44 การเปลี่ยนแปลงคะแนนการทดสอบค่ารสชาติผิดปกติของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น (ผ่านการทอด) ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน

(ก) ตากแดดธรรมชาติ (ข) ตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน (ค) ตู้อบลมร้อน

(□) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (●) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิห้อง

(◇) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (▲) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิห้อง



ภาพที่ 45 การเปลี่ยนแปลงคะแนนการทดสอบค่าการยอมรับรวมของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น (ผ่านการทอด) ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน

(ก) ตากแดด (ข) ตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน (ค) ตู้อบลมร้อน

(□) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (●) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิห้อง

(◇) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (▲) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิห้อง

6.4.2 ผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด

ผลิตภัณฑ์ไม่ผ่านการทอด

สี

ที่อุณหภูมิและสภาวะการบรรจุที่ต่างกันเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นมีผลทำให้การเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางผนวก ง33 - ง35) โดยการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งทั้ง 3 วิธี มีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเดียวกัน คือเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าสีเพิ่มขึ้น โดยสภาวะการบรรจุแบบธรรมดาที่อุณหภูมิห้องมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของค่าสีมากกว่าสภาวะการเก็บแบบสุญญากาศ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 46)

ความแข็ง

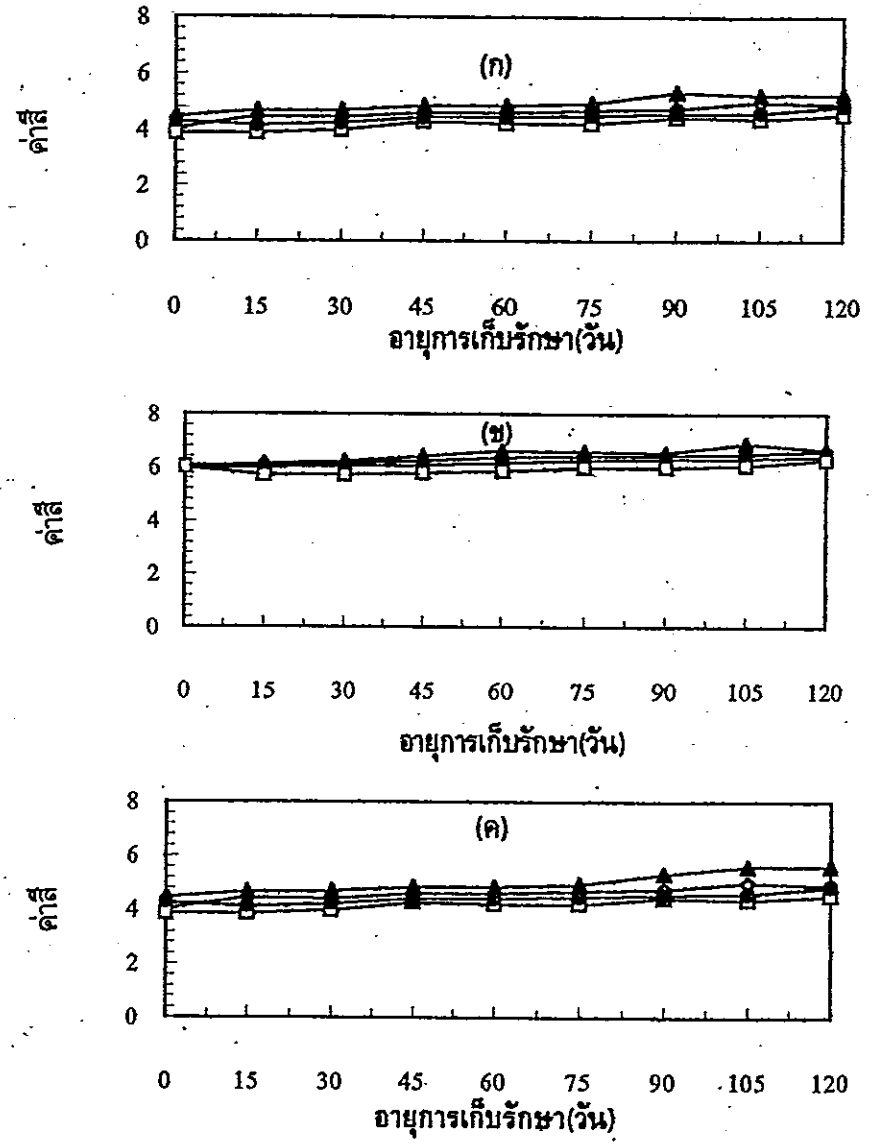
ที่อุณหภูมิและสภาวะการบรรจุเมื่อ ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความแข็งอย่างมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P< 0.05$) (ตารางผนวก ง33 - ง35) (ภาพที่ 47) โดยการเปลี่ยนแปลงความแข็งของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งทั้ง 3 วิธี มีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเดียวกัน คือเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความแข็งลดลง โดยสภาวะการบรรจุแบบธรรมดาที่อุณหภูมิห้องมีแนวโน้มการลดลงของความแข็งมากกว่าสภาวะการเก็บรักษาแบบสุญญากาศ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

กลิ่นหืน

ที่อุณหภูมิและสภาวะการเก็บรักษาต่างกัน เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงกลิ่นหืนอย่างมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P< 0.05$) (ตารางผนวก ง33 - ง35) (ภาพที่ 48) โดยการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งทั้ง 3 วิธี มีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเดียวกัน คือเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นมีผลทำให้กลิ่นหืนเพิ่มขึ้น โดยสภาวะการบรรจุแบบธรรมดาที่อุณหภูมิห้องมีแนวโน้มการลดลงของกลิ่นหืนมากกว่าสภาวะการเก็บรักษาแบบสุญญากาศ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

การยอมรับรวม

ที่อุณหภูมิและสภาวะการบรรจุที่ต่างกันเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น มีผลต่อการยอมรับรวมมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางผนวก ง33 - ง35) (ภาพที่ 49) โดยการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งทั้ง 3 วิธี มีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเดียวกัน คือการบรรจุสภาวะแบบธรรมดาที่อุณหภูมิห้องได้คะแนนการยอมรับรวมน้อยกว่าการบรรจุแบบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

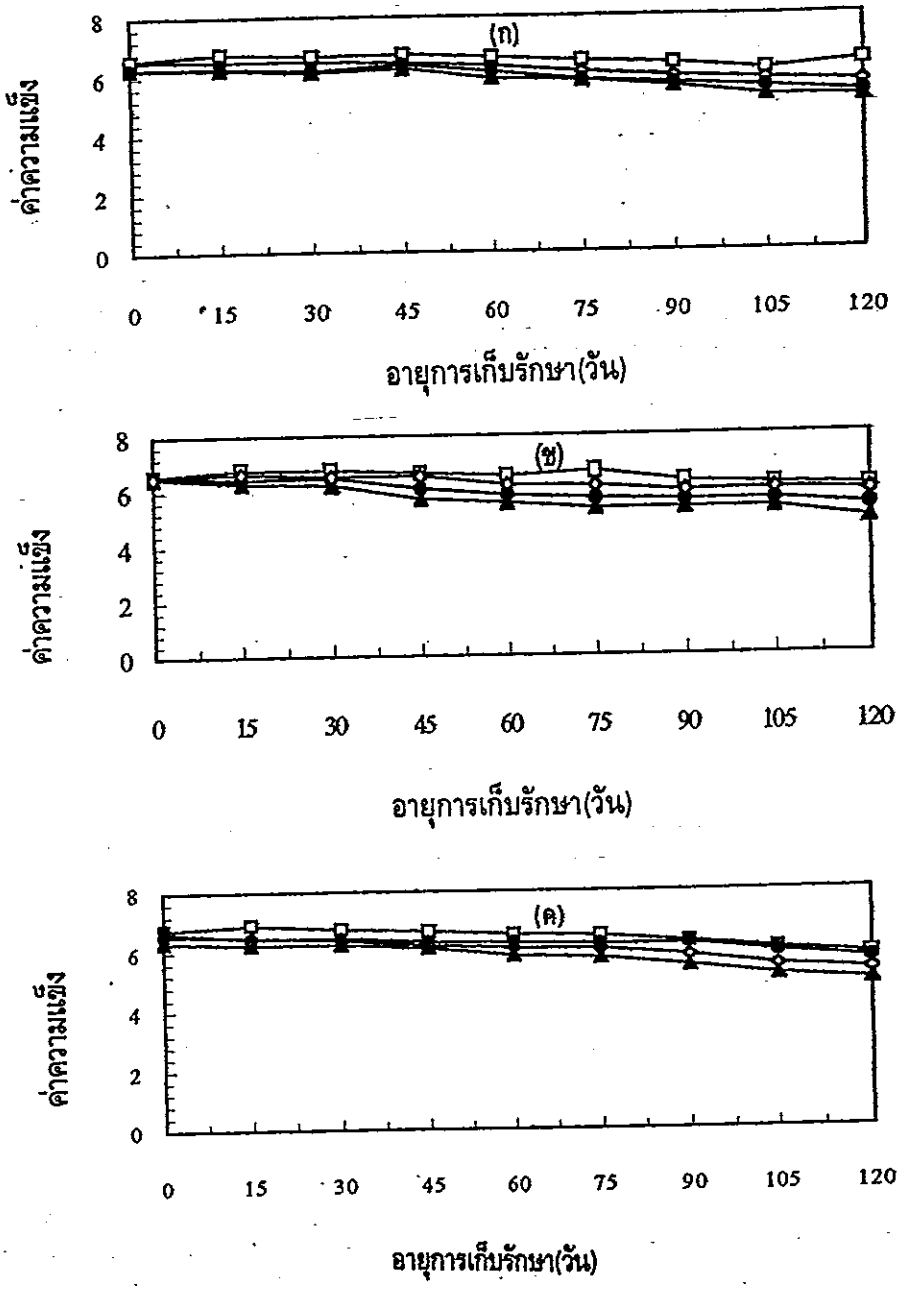


ภาพที่ 46 การเปลี่ยนแปลงคะแนนการทดสอบค่าสีของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด (ไม่ผ่านการทอด) ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน

(ก) ตากแดด (ข) ตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน (ค) ตู้อบลมร้อน

(□) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (●) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิห้อง

(◇) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (▲) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิห้อง

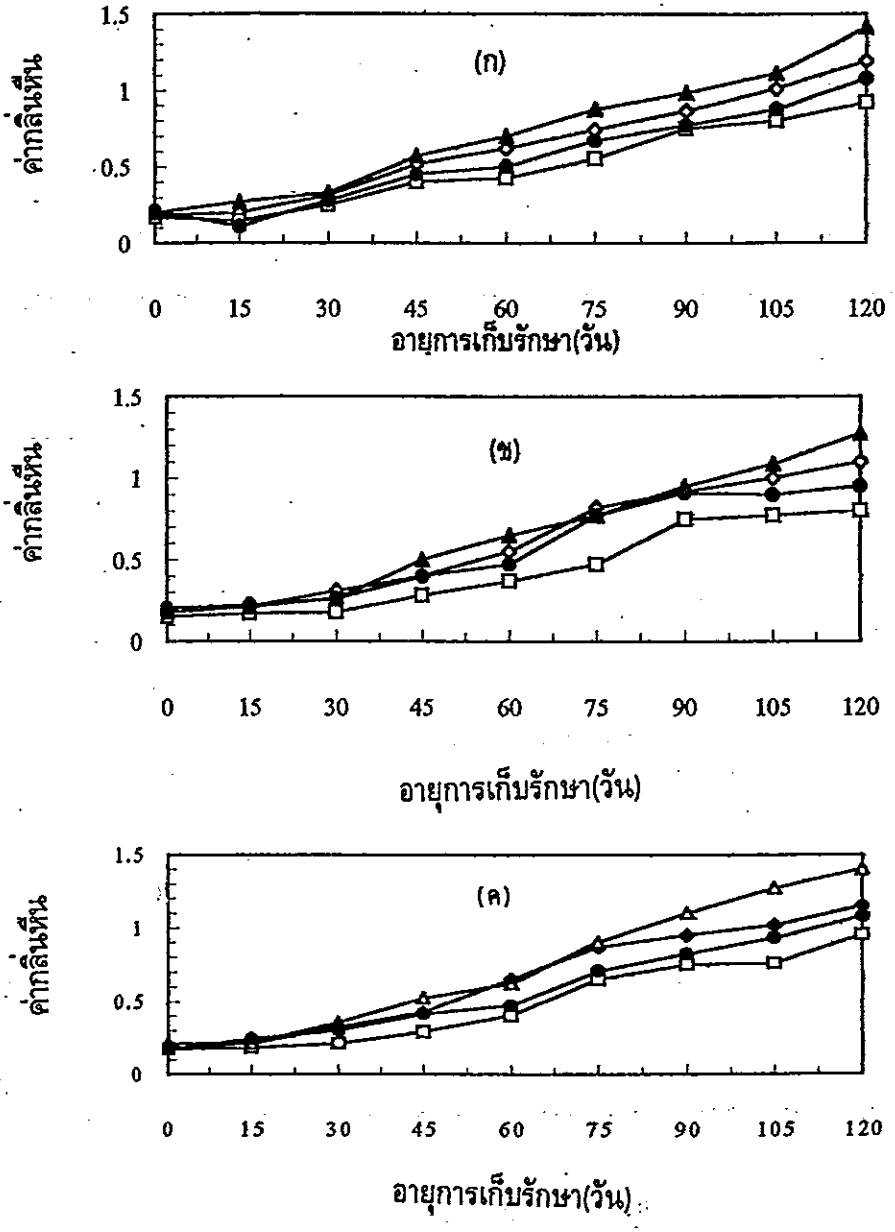


ภาพที่ 47 การเปลี่ยนแปลงคะแนนการทดสอบค่าความแข็งของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด (ไม่ผ่านการทอด) ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน

(ก) ตากแดด (ข) ตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน (ค) ตู้อบลมร้อน

(□) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (●) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิห้อง

(◇) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (▲) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิห้อง

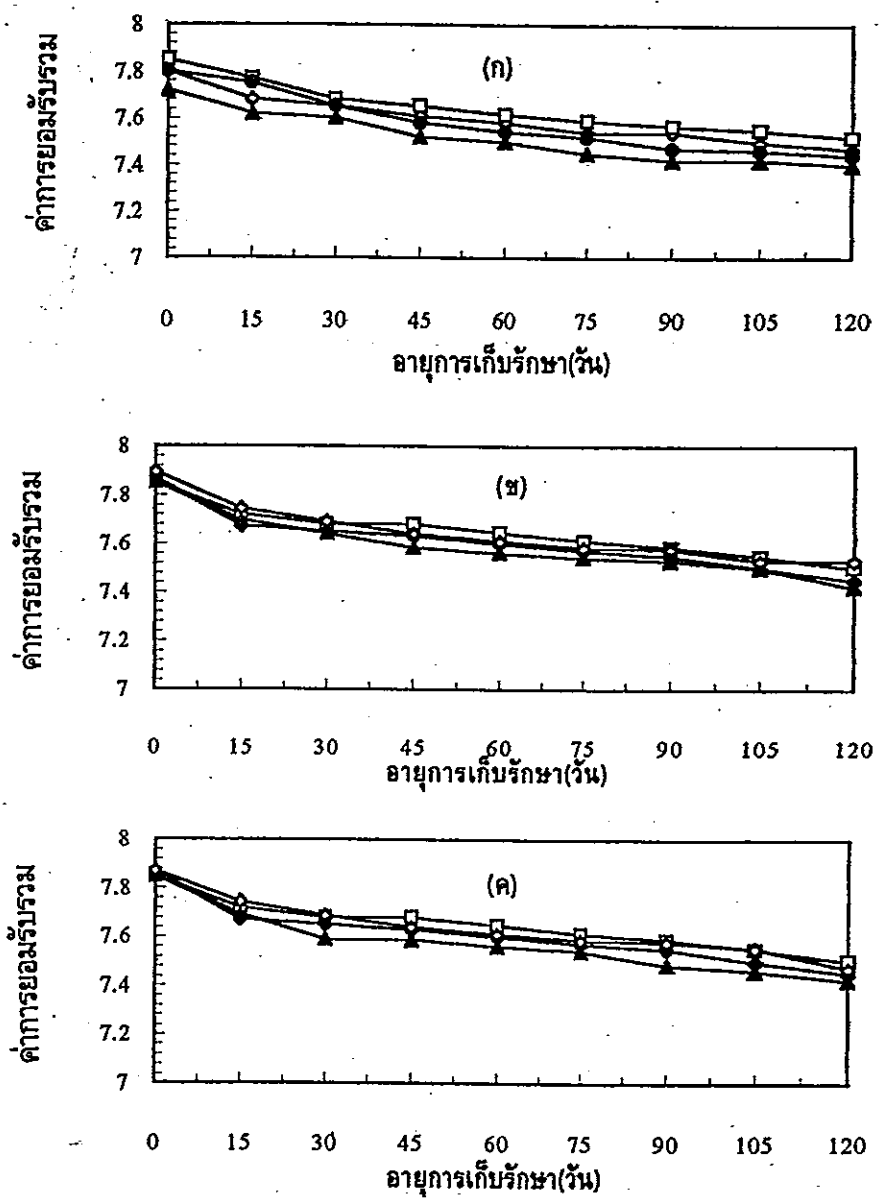


ภาพที่ 48 การเปลี่ยนแปลงคะแนนการทดสอบค่ากลิ่นหืนของปลาทางควายแห้งปรุงรสแบบบด (ไม่ผ่านการทอด) ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน

(ก) ตากแดด (ข) ตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน (ค) ตู้อบลมร้อน

(□) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (●) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิห้อง

(◇) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (▲) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิห้อง



ภาพที่ 49 การเปลี่ยนแปลงคะแนนการทดสอบค่าการยอมรับรวมของปลาหาดวายแห้งปรุงรสแบบบด (ไม่ผ่านการทอด) ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน

(ก) ตากแดด (ข) ตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน (ค) ตู้อบลมร้อน

(□) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (●) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิห้อง

(◇) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (▲) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิห้อง

ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอด

กลิ่นหืน

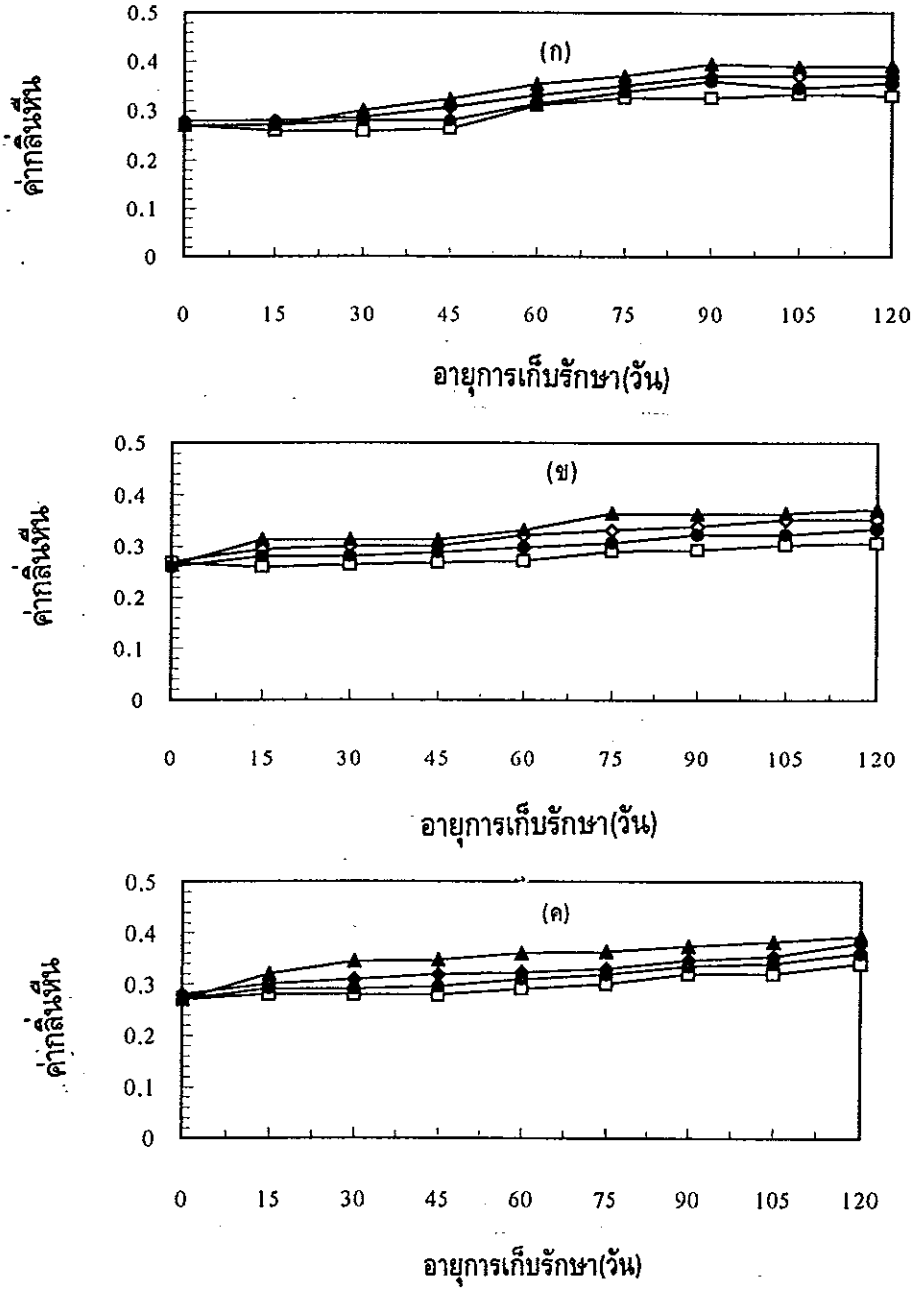
ที่อุณหภูมิและสภาวะการบรรจุเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นผู้ทดสอบไม่สามารถบอกความแตกต่างของกลิ่นหืน ได้อย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) (ตารางผนวก ง36 - ง38) (ภาพที่ 50)

รสชาติผิดปกติ

ที่อุณหภูมิและสภาวะการบรรจุเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นผู้ทดสอบไม่สามารถบอกความแตกต่างของรสชาติ ได้อย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) (ภาพที่51) (ตารางผนวก ง36 - ง38)

การยอมรับรวม

ที่อุณหภูมิและสภาวะการบรรจุเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นผู้ทดสอบไม่สามารถบอกความแตกต่างของการยอมรับรวม ได้อย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) (ตารางผนวก ง36 - ง38) (ภาพที่ 52)

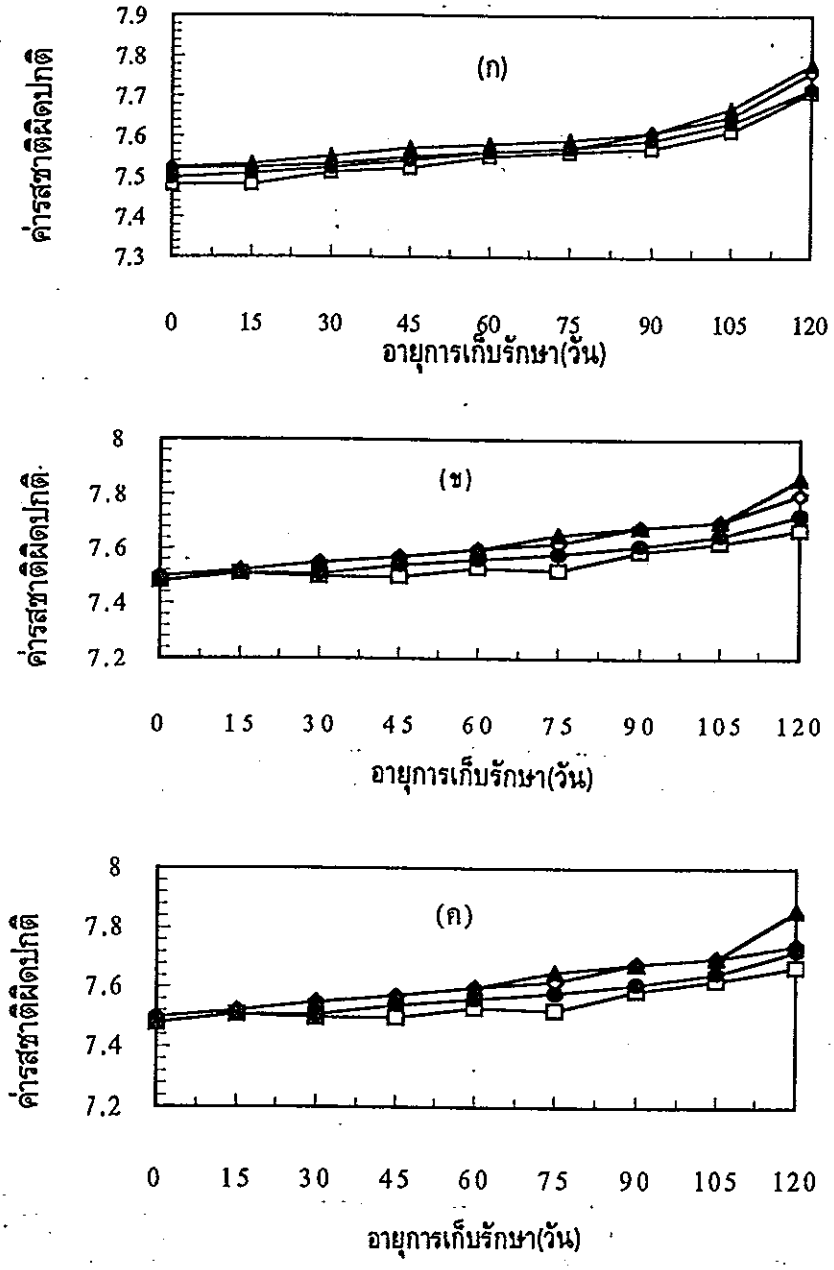


ภาพที่ 50 การเปลี่ยนแปลงคะแนนการทดสอบค่ากลิ่นหืนของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด (ผ่านการทอด) ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน

(ก) ตากแดด (ข) ตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน (ค) ตู้อบลมร้อน

(□) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (●) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิห้อง

(◇) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (▲) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิห้อง

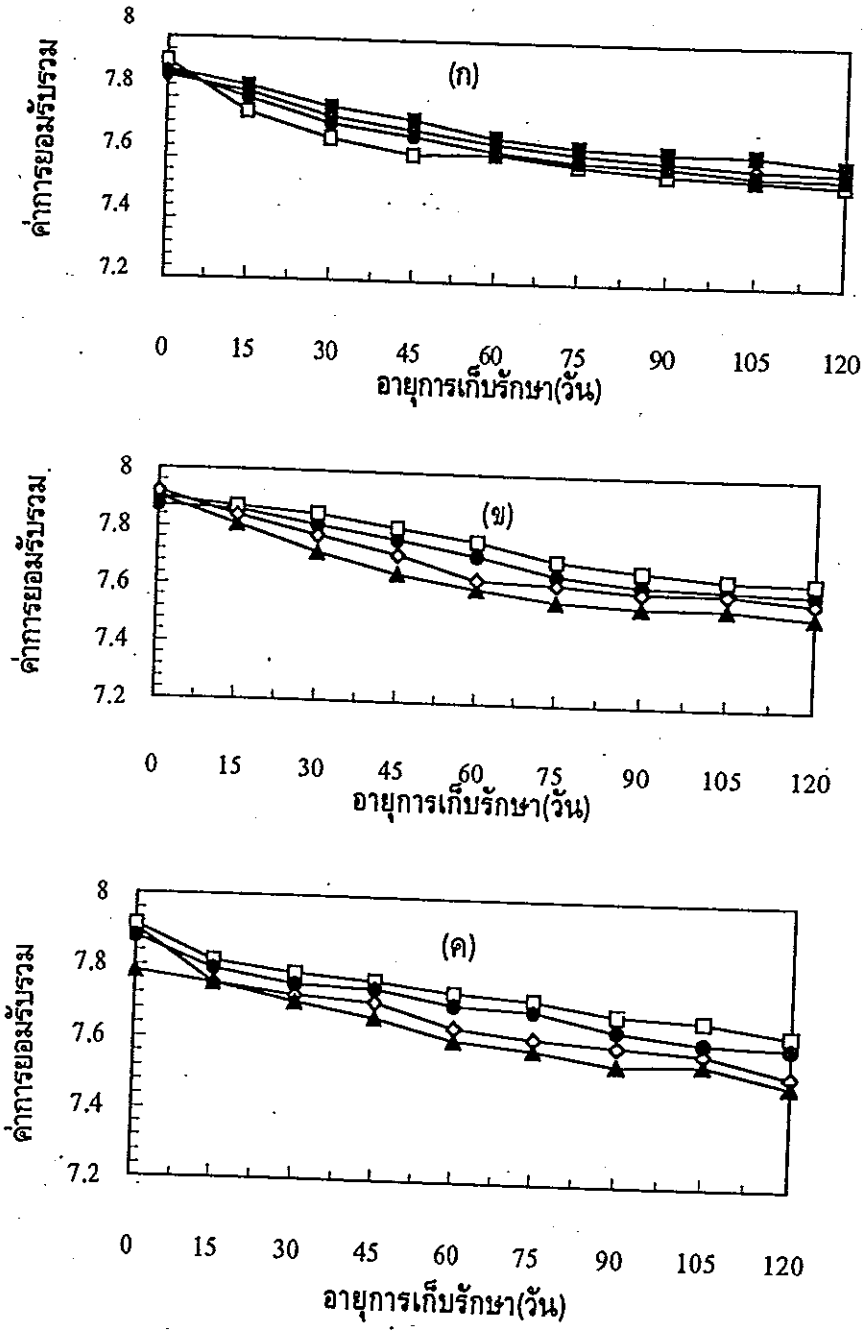


ภาพที่ 51 การเปลี่ยนแปลงคะแนนการทดสอบค่าสชาติผิดปกติของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด(ผ่านการทอด)ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน

(ก) ตากแดด (ข) ตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน (ค) ตู้อบลมร้อน

(□) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (●) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิห้อง

(◇) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (▲) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิห้อง



ภาพที่ 52 การเปลี่ยนแปลงคะแนนการทดสอบค่าการยอมรับรวมของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด (ผ่านการทอด) ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน

(ก) ตากแดด (ข) ตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน (ค) ตู้อบลมร้อน

(□) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (●) บรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิห้อง

(◇) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (▲) บรรจุธรรมดา อุณหภูมิห้อง

บทที่ 4

สรุป

จากการศึกษาการปรับปรุงกระบวนการผลิตปลาหางควายแห้งปรุงรสทั้งรูปแบบชิ้นและรูปแบบบด สามารถสรุปผลการทดลองดังนี้

1. คุณภาพทางเคมีและจุลินทรีย์ของปลาหางควายแช่เยือกแข็ง พบว่ามีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า ร้อยละ 71.62 15.45 6.3 และ 2.07 โดยน้ำหนัก และปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด เท่ากับ 17.42 มิลลิกรัมไนโตรเจน/100 กรัมตัวอย่าง และจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด $2.20x10^3$ โคโลนีต่อกรัมตัวอย่าง

2. ปัจจัยที่มีผลต่อการทำแห้งปลาหางควายแห้งปรุงรสในตู้อบลมร้อน พบว่าที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 3 เมตรต่อวินาที ระยะเวลา 4 ชั่วโมง เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งปลาหางควายแห้งปรุงรสทั้งรูปแบบชิ้นและรูปแบบบด

3. ผลของระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรสต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น พบว่าระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรสที่เหมาะสม คือ 12 ชั่วโมง

4. การทำนายซอร์ปชันไอโซเทอมของปลาหางควายแห้งปรุงรส พบว่าสมการที่เหมาะสมสำหรับทำนายค่าซอร์ปชันไอโซเทอมของปลาหางควายแห้งปรุงรสทั้งรูปแบบชิ้นและรูปแบบบด คือ สมการของ GAB สามารถทำนายผลการทดลองได้ดีที่สุด รองลงมาคือสมการ Henderson Oswin และ Halsey ตามลำดับ

5. ปลาหางควายแห้งปรุงรสทั้งรูปแบบชิ้นและแบบบด ที่ผ่านการทำแห้งโดยการตากแดด ตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน และการใช้ตู้อบลมร้อน ใช้ระยะเวลาการทำแห้งเป็น 7 6 และ 4 ชั่วโมงตามลำดับ โดยวิธีการทำแห้งแบบตากแดดธรรมชาติร่วมกับตู้อบลมร้อน มีความเหมาะสมต่อกระบวนการผลิตมากที่สุด

6. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้นและแบบบดที่ผ่านการทำแห้งต่างกันระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิต่างกัน ให้ผลการทดลองในลักษณะเดียวกันคือ

การเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพ พบว่าที่อุณหภูมิและสภาวะต่างกันเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง (L) มีค่าลดลง ค่าสีแดง - เขียว (a) มีค่าลดลง ส่วนค่าสีเหลือง - น้ำเงิน (b) มีค่าเพิ่มขึ้น แต่ค่าความแข็งลดลง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำ

แห้งทั้ง 3 วิธีมีการเปลี่ยนแปลงไปในแนวโน้มเดียวกันคือ การบรรจุแบบธรรมดาที่อุณหภูมิห้อง มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงมากกว่าการบรรจุแบบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

การเปลี่ยนแปลงทางด้านเคมี พบว่าที่อุณหภูมิและสภาวะต่างกันเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงค่าความชื้น วอเตอร์แอคติวิตี้ และ ทีบีเอ เพิ่มขึ้น โดยการบรรจุแบบธรรมดาที่อุณหภูมิห้อง มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงมากกว่าการบรรจุแบบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

การเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และรา พบว่าที่อุณหภูมิและสภาวะต่างกันเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และราเพิ่มขึ้น โดยการบรรจุแบบธรรมดาที่อุณหภูมิห้อง มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงมากกว่าการบรรจุแบบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

การเปลี่ยนแปลงทางด้านประสาทสัมผัส ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านการทอด ที่อุณหภูมิและสภาวะการบรรจุต่างกันเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงของสี กลิ่นหืน เพิ่มขึ้น แต่ความแข็งลดลง ส่งผลให้คะแนนการยอมรับน้อยลง และเมื่อนำผลิตภัณฑ์มาผ่านการทอดที่อุณหภูมิ 160 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส พบว่ารสชาติผิดปกติ กลิ่นหืน และคะแนนการยอมรับรวมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาการใช้ประโยชน์จากการหาค่าความชื้นสมดุลของปลาหางควายแห้งปรุงรสทั้งแบบชิ้นและแบบบดในการหาสมการเพื่อทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรส

2. ควรมีการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งทั้ง 3 วิธี เพื่อประเมินความเป็นไปได้เชิงเศรษฐศาสตร์ของการผลิตปลาหางควายแห้งปรุงรส

เอกสารอ้างอิง

กรมประมง. 2530. ภาพปลาและสัตว์น้ำของไทย. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กนกอร อินทราพิเชษฐ. 2523. เคมีอาหาร. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์สงขลา.

กิติวัฒน์ วงษ์พิศาล. 2537. การศึกษาการอบแห้งมะม่วงหิมพานต์. โดยใช้ตู้อบแห้งแบบถาด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เจริญขวัญ ไชยา. 2536. การศึกษาการอบแห้งเห็ดหอม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

โชคชัย ธีระกุลเกียรติ. 2539. เอกสารประกอบการสอนชุดวิชา การถนอมอาหารและการแปรรูปอาหารคณะคหกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

ณรงค์ นิยมวิทย์. 2538. องค์ประกอบและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางกายภาพของอาหาร. พิมพ์ ครั้งที่ 1. บริษัทฟอร์มแมทพริ้นติ้ง จำกัด. กรุงเทพฯ

ทัศนีย์ ลิ้มสกุล. 2536. การผลิตปลาหวานปรุงรส. วารสารการประมง. 24(3):16.18

นิรนาม. 2541. การเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม. ว.สรุปข่าวธุรกิจ. 17 : 3-5

นงนุช รักสกุลไทย. 2538. กรรมวิธีการแปรรูปสัตว์น้ำ. คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก. 2532. กรรมวิธีการแปรรูปอาหาร. พิมพ์ครั้งที่1. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ

ไพโรจน์ วิริยจารี. 2535. การทดสอบเชิงพรรณา. ใน การวางแผนและการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส. หน้า 225-242. เชียงใหม่ :ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

มานิตย์ สุขจินดา. 2536. การอบแห้ง. อุตสาหกรรมสาร. 20(1):4-5

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2535. วิศวกรรมแปรรูปอาหาร : การถนอมอาหาร ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพ ฯ

ศิวาพร ศิวเวชช. 2529. วัตถุเจือปนในอาหารเล่มที่ 2. พิมพ์ครั้งที่4. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2522. มาตรฐานอุตสาหกรรมปลาหมึกแห้งปรุงรส. (มอก.232-2522) กระทรวงอุตสาหกรรม กรุงเทพฯ

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2522. มาตรฐานอุตสาหกรรมปลาหมึกแห้งปรุงรส. (มอก.232-2522) กระทรวงอุตสาหกรรม กรุงเทพฯ

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2529. มาตรฐานอุตสาหกรรมปลาสดทั้งตัวเยือกแข็ง. (มอก 617-2529) กระทรวงอุตสาหกรรม กรุงเทพฯ

สุคนธ์ชื่น ศรีงาม. 2539. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร. คณะวิชาอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สายัณห์ โรยสุวรรณ. 2525. การศึกษากรรมวิธีการผลิตปลาเค็มแห้ง. ปัญหาพิเศษ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สมบัติ ขอทวีวัฒนา. 2529. กรรรมวิธีการอบแห้ง. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ

สมชาติ โสภณรณฤทธิ์. 2531. การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหาร. ภาควิชาพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

Achmad, P. and Bandol, B,S. 1990. Review of Studies on Salting and Drying of Sardines *In* FAO Fisheries Report Thailand 19-22 April 1988. pp.133-152

Aguilera, J.M. and Cortes.L.1986. Water Sorption Properties of Fish Meals and Fish Hydrolysates. *In* Seafood Science Technology (ed.Bligh, E.D.) Oxford : Fishing News. pp.288-292.

A.O.A.C. 1990. Official Methods of Analysis of the Official Analytical Chemiss 15 th ed. Verginia : the Association of Official Analytical Chemist, lnc.

Borgstrom , G.1980. Principle of Food. London : Collier Macmillan Limited.

Chau, K.V., Heinis, J.J. and Perez, M. 1982. Sorption isotherms and drying rates for mullet fillet and roe. J. Food Sci. & Technol. 47 : 1318-1322

Curran , C.A. and Trim, D.S. 1982. Comparative Study of Three Solar Fish Dryer. *In* Proceedings of the FAO Expert Consullation on Fish Technology in Africa. Morocco, 7-11 June 1982. pp.146-158

Daniel, C., Wood, F.S. and Gorman , J.W. 1986. Fitting Equation to Data . New York : John Wiley & Sons, Inc.

Dincer, T.D. and Esin, A. 1996. Sorption isotherm for macaroni. J.Food Engineering. 27:211-288.

Duncan, D.B. 1955. Multiple range and multiple F test. Biometrices. 11:1-42

Egan, H., R.S. and Sawyer, R. 1981. Pearson's Chemical Analysis of Food. London : Churchill Livingstone.

FAO. 1978. The Production of Dried Fish. FAO Fisheries Technical Paper. No.160.FAO, Rome.

Frazier, W.C. 1967. Food Microbiology. New Delhi. Tata McGraw-Hill Pub.

Hall, C.W. 1980. Drying and Storage of Agricultural Crops. U.S.A : The AVI Publishing Company, Inc.

Hasegawa, H. 1987. Laboratory Manual on Analytical Method and Procedures for Fish and Fish Products. Marine Fisheries Research Department. Singapore : SEAFDEC.

Huss, H.H. 1988. Fresh Fish Quality and Quality Changes. Technical laboratory, Ministry of Fisheries Technical University, Copenhagen, Denmark.

Iglesias, H.A. and Chirife, J. 1978. A basic concept of equilibrium moisture content . J. Food Sci. 41:984

Kannan, D. and Bandyopadyay, S. 1995. Drying charateristics of tropical marine fish slab. J.Food Sci. & Technol. 32:13-16.

Karel , M. 1976. Technology and Application of New Intermediate Moisture Food. *In* Intermediate Moisture Food.(ed. Davies, R. and Birch, G.G. and Parker, k.J.) . London : Applied Science Publishers Ltd. pp.4-31.

Khayat, A. and Schwall, D. 1983. Lipid oxidation in seafood. Food Technol. 37: 130-140

Ledward, D.A. 1981. Intermediate Moisture Meats. *In* Developments in Meat Science - 2. (ed. Lawrie, R.) London : Applied Science Publishers. pp. 159 - 194

Leistner, L. and Rodel, W. 1976. The Stability of Intermediate Moisture Food with Respect to Microorganisms. *In* Intermediate Moisture Food. (ed. Davies, R.) London : Applied Science Publishers. pp.120-137.

Lupin, H.M. 1982. Principles of Fish Salting. FAO-DANIDA Workshop on Fish Technology and Quality Control. Manila, Philippines. pp. 35

Magadi, R. and Koodanchery, D.1995. Biochemical and nutrition changes in fish proteins during drying J. Food Sci. & Food Agri.67:197-204

Marvin, L.S.1984. Compendium of Methods for Microbiological Examination of Food.2th ed. Washington, D.C. American Public Health Association.

Moschiar, S. and Fardin, J.P. 1986. Sorption properties of raw hake muscle. Food Technol. 21:95 - 101

Mossel, D.A. and Ingram, M. 1955. The physiology of the microbial spoilage of food. J. Appl. Bact. 18:322-327

Nielsen, J. and Bruun, A. 1990. Fish Snacks and Shellfish Snack *In* Snack Food. (ed. Booth, R.G.) New York : Van Nostrand. pp.183-204

Nonhebel, G. and Moss, A.A.H. 1971. Drying of Solid in the Chemical Industry. London: Butterworth Co.Ltd.

Osei-Opre, F. and Kukah, A. 1989. Improving the Quality of Dried Fish through Solar Drying. *In* Proceedings of the FAO Expert Consultation on Fish Technology in Africa, Abijian, 25-28 April 1989. pp.164-168.

Quast, D.G. and Teixeira Neto, R.O. 1976. Moisture problems of food in tropical climates. Food Technol. 5:98-105

Stansby, V.A. 1963. Industrial Fishery Technology; a Survey of Methods for Domestic Harvesting, Preservation. London :Reinhold Publishing Co. pp. 393.

Szulmayer, W. 1971. From sun-drying to solar dehydration: methods and equipment. Food Technol. 23:440-443.

Taylor, R. W.D. 1985. Insecticides for the Protection of Dried Fish. *In* Proceeding of the First ASEAN Workshop on Fish Waste Processing and Utilization. Jakarta, 22-24 October 1985. pp 22-24

Treller, P.K. and John, A. 1978. Storage Condition and Microbial Quality of Dry Herring in Guana . *In* Proceedings of the FAO Expert Consulation on Fish Technology in Africa. Morocco, 8-9 July 1978. pp.557-559.

Vinh, P.Q. and Nair, P.M. 1993. Storage properties of gamma-irradiated semi-dried fish varieties. Fish. Technol. 17 : 127-129.

Willams, J.C. 1976. Chemical and Non-Enzymatic Changes in Intermediate Moisture Food. *In* Intermediate Moisture Food. (ed. Davies, R. Birch, G.G. and Parker, K.J.) London : Applied Science Publishers Ltd. pp. 100-119

Wuttijumnong, P. 1987. Moisture Sorption Isotherms of Dried-Salted Fish. Ph.D. Thesis. the University of New South Wales. Australia. .

ภาคผนวก

ก. การวิเคราะห์ทางเคมีและจุลินทรีย์

1. การวิเคราะห์ความชื้น โดยวิธีอบในตู้อบไฟฟ้า (A.O.A.C., 1990)

อุปกรณ์

1. ภาชนะอลูมิเนียมสำหรับหาความชื้น
2. ตู้อบไฟฟ้า
3. โถดูดความชื้น
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด

วิธีการ

1. อบภาชนะสำหรับหาความชื้นในตูอบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 2 - 3 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น หลังจากนั้นชั่งหาน้ำหนัก

2. กระทำเช่นข้อ 1 จนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้ง 2 ครั้ง ติดต่อกันไม่เกิน 1 - 3 มิลลิกรัม

3. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนอย่างละเอียดประมาณ 1 - 2 กรัม ใส่ลงในภาชนะหาความชื้นซึ่งทราบน้ำหนักแล้ว

4. นำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 5 - 6 ชั่วโมง

5. นำออกจากตู้อบใส่ในโถดูดความชื้น หลังจากนั้นชั่งหาน้ำหนัก

6. อบซ้ำอีกครั้งประมาณ 30 นาที และกระทำเช่นเดิมจนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้ง 2 ครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1 - 3 มิลลิกรัม

7. คำนวณหาปริมาณความชื้นจากสูตร

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{\text{ผลต่างของน้ำหนักตัวอย่างก่อนอบและหลังอบ} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

2. การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า (A.O.A.C., 1990)

อุปกรณ์

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

วิธีการ

1. เผาถ้วยกระเบื้องเคลือบในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 3 ชั่วโมง ปิดสวิทช์เตาเผาแล้วรอประมาณ 30 - 45 นาที เพื่อให้อุณหภูมิภายในเตาเผาลดลงก่อน แล้วนำออกมาใส่ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนัก

2. เผาซ้ำอีกครั้งประมาณ 30 นาที และกระทำเช่นข้อ 1 จนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1 - 3 มิลลิกรัม

3. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 1 - 2 กรัมใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบซึ่งทราบน้ำหนักแล้ว นำไปเผาในตู้ควันจนหมดควัน แล้วจึงนำเข้าเตาเผา ตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 600 องศาเซลเซียส และทำเช่นเดียวกับข้อ 1 - 2

4. คำนวณหาปริมาณเถ้าจากสูตร

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

3. การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน ใช้วิธีเจลดาล (A.O.A.C., 1990)

อุปกรณ์

1.อุปกรณ์ย่อยโปรตีน ประกอบด้วยเตาย่อย (VELP DK 6) และเครื่องดักจับไอกรด (scrubber)

2. อุปกรณ์กลั่นโปรตีน

3.ขวดรูปชมพู่ (erlenmeyer flask) ขนาด 125 ml และขวดปรับปริมาตร (volumetric flask) ขนาด 100 ml

4. ปิเปต(แบบกระเปาะ) ขนาด 5 และ 10 ml

5. บิวเรตขนาด 25 ml

6. ลูกแก้ว

7. เครื่องชั่งไฟฟ้า ทศนิยม 4 ตำแหน่ง

8. เครื่องชั่งอย่างละเอียด

9. กระดาษกรอง

สารเคมี

1. สารผสมระหว่างคอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$)และโพแตสเซียมซัลเฟต(K_2SO_4)อัตรา ส่วน 1 : 10

2. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น

3. โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น ร้อยละ 60

4. กรดบอริกที่มีความเข้มข้น ร้อยละ 4

5. กรดเกลือที่มีความเข้มข้น 0.02 นอร์มาล

6. อินดิเคเตอร์(indicator) เป็นสารผสมระหว่าง เมทิลเรด เมทิลีนบลูและโบรโมครีซอลกรีน

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่าง (ของแข็ง) ให้ได้น้ำหนักประมาณ 0.5 - 1.0 กรัม (ตัวอย่างของเหลวใช้ปริมาตร 10 - 15 มิลลิลิตร) ใส่ลงในหลอดย่อยโปรตีนและทำแบลงค์ด้วย

2. ใส่สารผสม $CuSO_4$ และK_2SO_4 ปริมาณ 5 กรัม

3. เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ปริมาณ 20 มิลลิลิตร

4. วางหลอดย่อยในเตาย่อยแล้วประกอบสายยางระหว่างฝาครอบขวดด่าง และเครื่องดักจับไอกรดให้เรียบร้อย

5. เปิดสวิทช์เครื่องดักจับไอกรดและเตาย่อย แล้วตั้งอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เวลา30 นาที จากนั้นปรับเพิ่มอุณหภูมิเป็น 350 องศาเซลเซียส ย่อยต่ออีก 60 นาที จนได้สารละลายใส

6. ปล่อยทิ้งให้เย็น

7. นำมาถ่ายลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วใช้น้ำกลั่นล้างหลอดย่อยให้หมดสารละลายตัวอย่าง แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร เก็บไว้กลั่นต่อไป

ขั้นตอนการกลั่นและไตเตรต

1. จัดอุปกรณ์กลั่น แล้วเปิดสวิทช์ให้ความร้อน และเปิดน้ำหล่อเย็นเครื่องควบแน่นด้วย

2. นำขวดรูปชมพู่ ขนาด 125 มิลลิลิตรซึ่งบรรจุกรดบอริก (เข้มข้นร้อยละ 4) ปริมาณ 5 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร ซึ่งเติมอินดิเคเตอร์เรียบร้อยแล้วไปรองรับของเหลวที่กลั่นได้โดยใช้ส่วนปลายของอุปกรณ์ควบแน่นจุ่มลงในสารละลายกรดนี้

3. ดูดสารละลายตัวอย่างด้วยปิเปตแบบกระเปาะขนาดความจุ 10 มิลลิลิตร ใส่ลงในช่องใส่ตัวอย่าง แล้วเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงไป 20 มิลลิลิตร

4. กลั่นประมาณ 10 นาที ล้างปลายอุปกรณ์ควบแน่นด้วยน้ำกลั่นลงในขวดรองรับ

5. ไตรเตรทสารละลายที่กลั่นได้ด้วยกรดเกลือที่มีความเข้มข้น 0.02 นอร์มาล สีของสารละลายจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วง

6. คำนวณหาปริมาณโปรตีนจากสูตร

$$\text{ปริมาณโปรตีนคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก} = \frac{(A-B) \times N \times 14.007 \times F}{W}$$

A = ปริมาตรกรดที่ใช้ในการไตรเตรทกับตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B = ปริมาตรกรดที่ใช้ไตรเตรทกับแบลงค์ (มิลลิลิตร)

N = ความเข้มข้นของกรด (นอร์มาล)

F = แฟกเตอร์

W = น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)

4. การวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน โดยวิธีซอคเลต (A.O.A.C., 1990)

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ชุดสกัดไขมัน (soxhlet apparatus) ประกอบด้วยขวดกลม (สำหรับใส่สารตัวทำละลาย) ซอคเลต (soxhlet) อุปกรณ์ควบแน่น(condenser) และเตาให้ความร้อน (heating mantle)

2. หลอดใส่ตัวอย่าง (extraction thimble)

3. สำลี

4. ตู้อบไฟฟ้า

5. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง

6. โถดูดความชื้น

7. ปิโตรเลียมอีเทอร์ หรือ เฮกเซน (petrolium ether หรือ hexane)

วิธีการ

1. อบขวดกลมสำหรับหาปริมาณไขมัน ซึ่งมีขนาดความจุ 250 มิลลิลิตร ในตู้อบไฟฟ้า ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น และชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

2. ชั่งตัวอย่างบนกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนักถ้าตัวอย่างเป็นอาหารที่มีไขมันมากให้ชั่ง 1 - 2 กรัม ถ้าเป็นชนิดที่มีไขมันน้อยให้ชั่ง 3 - 5 กรัม ห่อให้มิดชิด แล้วใส่ลงในหลอดสำหรับใส่ตัวอย่าง คลุมด้วยใยแก้วหรือสำลีเพื่อให้สารตัวทำละลายมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ

3. นำหลอดตัวอย่างใส่ลงใน ซอคเลต

4. เติมสารตัวทำละลายปิโตรเลียม อีเทอร์ ลงในขวดหาไขมันประมาณ 150 มิลลิลิตร แล้ววางบนเตา ประกอบอุปกรณ์ชุดสกัดไขมัน พร้อมทั้งเปิดน้ำหล่ออุปกรณ์ควบแน่นและเปิดสวิทช์ให้ความร้อน ใช้เวลาในการสกัดไขมันนาน 14 ชั่วโมง โดยปรับความร้อนให้หยดของสารละลายกลั่นตัวจากอุปกรณ์ควบแน่นด้วยอัตรา 150 หยดต่อนาที

5. เมื่อครบ 14 ชั่วโมงแล้ว นำหลอดใส่ตัวอย่างออกจากซอคเลต ทิ้งให้ตัวทำละลายไหลจากซอคเลตลงในขวดกลมจนหมด

6. ระเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยแบบสุญญากาศ

7. นำขวดหาไขมันอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 80 - 90 องศาเซลเซียส จนแห้งใช้เวลาประมาณ 30 นาทีทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น

8. ชั่งน้ำหนัก แล้วอบซ้ำครั้งละ 30 นาทีจนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1 - 3 มิลลิกรัม

9. คำนวณหาปริมาณไขมันจากสูตร

$$\text{ปริมาณไขมันคิดเป็นร้อยละ} = \frac{\text{น้ำหนักไขมันหลังอบ x 100}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

5. การหาค่า Thiobarbituric Acid (TBA) (Egan *et al.*, 1981)

อุปกรณ์

1. ชุดกลั่น
2. ลูกแก้ว
3. เตาไฟฟ้า
4. ปิเปต
5. หลอดทดสอบชนิดมีจุก
6. เครื่องวัดการดูดกลืนแสง(Spectrophotometer)

สารเคมี

1. สารละลาย 4 N Hydrochloric acid
2. สารป้องกันการเกิดฟอง (antifoam liquid)
3. Thiobarbituric acid reagent - ละลาย 0.2883 กรัม ใน 100 มล. ของ 90% Glacial acetic acid

วิธีการ

1. ปั่นตัวอย่าง 10 กรัม กับน้ำกลั่น 50 มล. เป็นเวลา 2 นาที แล้วถ่ายลงในขวดกลั่นใช้น้ำ 47.5 มล.ล้างภาชนะที่ใส่ตัวอย่างแล้วเทลงขวด
2. เติม 2.5 มล. 4 N HCl (pH ควรจะเป็น 1.5) เติมลูกแก้วและ antifoam
3. กลั่นให้ได้ของเหลว 50 มล.ภายใน 10 นาที
4. ดูดสารที่กลั่นได้ 5 มล.ลงในหลอดทดสอบที่มีจุกปิด
5. เติม 5 มล. TBA reagent เขย่าและให้ความร้อนด้วยน้ำเดือดเป็นเวลา 35 นาที

6. ทำ blank โดยวิธีเดียวกัน โดยใช้ 5 มล.ของน้ำ ให้ความร้อน 35 นาที

7. ทำตัวอย่างและ blank ให้เย็นแล้ววัดค่า OD ที่ 532 nm

8. คำนวณ

TBA value (mg malonaldehyde/kg sample) = 7.8 x A

A = absorbance of sample ที่หักค่า blank แล้ว

หมายเหตุ ต้องปฏิบัติตามโดยเคร่งครัดจึงจะได้ค่า 7.8 เป็น factor ได้

6. การตรวจหาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Viable Count)โดยวิธี Pour plate (A.O.A.C., 1990)

อุปกรณ์

1. จานเพาะเชื้อ
2. ปิเปตขนาด 1 มล. ,10 มล.
3. Flask ขนาด 250 มล. 10 ขวด
4. Spreader
5. หม้อนึ่งความดัน
6. ตู้บ่มเชื้อ
7. Water bath

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Plate count agar (PCA)
2. 0.85% normal saline solution

<u>วิธีการ</u>

1. การเตรียมตัวอย่าง

1.1. ชั่งตัวอย่าง 10 ก.ลงในถ้วยบดตัวอย่างที่ปลอดเชื้อ

1.2 เติม 0.85% normal saline solution จำนวน 90 มล. แล้วปั่นด้วยความเร็วต่ำเป็นเวลา 1 นาที

1.3 ทำการเจือจางให้เป็น 1:100, 1:1,000 และ 1:10,000 ตามลำดับ

2. การตรวจนับจุลินทรีย์

2.1 ดูดตัวอย่างจากข้อ 1.3 อย่างละ 1 มล.(ทำ 2 ซ้ำ) ลงในจานเพาะเชื้อที่ฆ่าเชื้อแล้ว

2.2 เททับด้วยอาหาร PCA (Plate count agar) ประมาณ 15 มล.

2.3 หมุนจานเพาะเชื้อเบา ๆ แล้วตั้งทิ้งให้วุ้นแข็งตัวประมาณ 15 นาที

2.4 อบที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสในลักษณะคว่ำจานเพาะเชื้อ เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

2.5 ตรวจนับจำนวนโคโลนีจากจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนประมาณ 30 – 300 โคโลนี

รายงานผลเป็นจำนวนโคโลนีต่อกรัมตัวอย่าง (CFU/g)

CFU/g = Average no. of colonies x dilution factor

7. การตรวจหาปริมาณเชื้อราโดยวิธี Spread plate (Marvin, 1976)

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างอาหาร 10 กรัม ลงในถ้วยบดตัวอย่างที่ปลอดเชื้อ

2. เติมสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์(Phosphate buffer) จำนวน 90 มล. แล้วปั่นด้วยความเร็วต่ำเป็นเวลา 1 นาที นำไปทิ้งในตู้เย็น 30 นาที

3. ทำการเจือจางอาหารด้วยสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 9 มล. ให้มีระดับความเจือจางเป็น 1:100, 1:1000, 1:10000 ตามลำดับ

4. ปิเปตตัวอย่างอาหารจากระดับความเจือจาง 4 ระดับ ระดับละ 2 ซ้ำ ลงบนจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร PDA (Potato dextrose agar) (PDA) จานละ 0.1 มล.ใช้แท่งแก้วงอที่ฆ่าเชื้อแล้วเกลี่ยจนผิวหน้าของอาหารแห้ง

5. บ่มที่อุณหภูมิห้อง(30 ± 2 ซ.)เวลา 72 ชั่วโมง

8. การหาค่า TVB – N

วิธีการ

1. ทา grease หรือ Vasaline ที่ขอบฝาจาน conway

2. ดูดสารละลาย ตัวอย่าง 1 มล. ใส่ชั้นนอกของ conway unit

3. ดูด Inner ring solution 1 มล. ลงที่วงกลมชั้นในของจาน conway

4. เอียงจาน conway ในขณะที่มีฝาปิด

5. ดูด satureted K_2CO_3 1มล.ใส่ชั้นนอกแต่ให้อยู่คนละด้านกับสารละลายตัวอย่างในข้อ 2

6. ปิดฝา conway ให้สนิท

7. เอียงหรือหมุนจาน conway เบาๆ ให้ Potassium cabonate ผสมกับสารละลายตัวอย่าง ระวังอย่าให้เกิดการผสมกับ indicator ที่วงกลมชั้นในเป็นอันขาด

8.บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส 45 - 60 นาที หรือทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3 ชั่วโมง

9.เปิดฝา conway แล้วไตรเตรทวงกลมชั้นในด้วย 0.02 N HCl จนกระทั่งสีเขียวจางหายไปจนปริมาณการใช้ HCl ไว้คำนวณ

10. ทำ Blank โดยใช้ 4 % TCA จำนวน 1 มล. ดำเนินตามวิธีการตั้งแต่ข้อ 1 - 9

การคำนวณ TVB - N

$$\text{TVB - N (มก.ไนโตรเจน/100 กรัมตัวอย่าง)} = \frac{(N)(14)(A-B)(V)(100)}{100}$$

เมื่อ N คือ Nomality ของ HCl ที่ใช้ไตรเตรท

A คือ มล. HCl ที่ใช้ไตรเตรทตัวอย่าง

B คือ HCl ที่ใช้ไตรเตรท Blank

V คือ ปริมาตรรวมของตัวอย่างและ TCA ที่ใช้ ในการเตรียมตัวอย่าง

9. การหาความชื้นสมดุล (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2531)

อุปกรณ์

1. ขวดบรรจุสารละลาย
2. ตะแกรงลวด พร้อมขาวางตะแกรง
3. ตู้อบลมร้อน
4. โถดูดความชื้น
5. เครื่องชั่งไฟฟ้า

สารเคมี

1.สารละลายเกลืออิ่มตัว LiCl , $MgCl_2.6H_2O$, $Mg(NO_3).6H_2O$, NaCl , KNO_3

วิธีการ

1.การเตรียมตัวอย่างเพื่อหาค่าซอร์ปชั่นไอโซเทอมแบบการคายความชื้น (Desorption sample) นำตัวอย่างอบแห้งแล้วหั่นเป็นชิ้นเล็ก

2. การเตรียมตัวอย่างเพื่อหาค่าซอร์ปชั่นไอโซเทอมแบบการดูดความชื้น (Adsorption sample) นำตัวอย่างทำแห้งโดยวิธีการระเหิด

3. ชั่งตัวอย่างจากข้อ 1 และ 2 จำนวน 3 กรัม ใส่ภาชนะตะแกรงลวดแล้วนำไปแขวนไว้ในขวดที่บรรจุสารละลายเกลืออิ่มตัว 5 ชนิด คือ LiCl, $MgCl_2.6H_2O$, $Mg(NO_3)_2.6H_2O$, NaCl, KNO_3 ซึ่งสารละลายเกลืออิ่มตัวแต่ละชนิดจะมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้แตกต่างกันตามอุณหภูมิ ดังตารางผนวก ก.

ตารางผนวก ก. ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของสารละลายเกลืออิ่มตัว ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

สารละลายเกลืออิ่มตัว	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			
	30	40	50	60
LiCl	0.133	0.112	0.111	0.110
$MgCl_2.6H_2O$	0.324	0.318	0.312	0.306
$Mg(NO_3)_2.6H_2O$	0.514	0.485	0.456	0.427
NaCl	0.750	0.748	0.746	0.744
KNO_3	0.923	0.890	0.848	0.808

ที่มา : Dincer และ Esin (1996)

4. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างปลาในแต่ละขวดจากข้อ 3 ทุกวันจนกระทั่งน้ำหนักปลาคงที่ จากนั้นนำตัวอย่างปลาแต่ละตัวอย่างไปวิเคราะห์ค่าความชื้นโดยวิธี A.O.A.C., (1990)

5. การคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น(ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ - น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}} \times 100$$

ข. แบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส การทดสอบแบบพรรณนาเชิงปริมาณ

ชื่อ ผู้ทดสอบ ---------- วันที่ ---------- เวลา----------

ชื่อ ผลิตภัณฑ์ ปลาหางควายแห้งปรุงรส

คำอธิบาย

กรุณาชิมตัวอย่างที่เสนอให้จากซ้ายไปขวา แล้วขีดเส้นตั้งฉากกับเส้นแนวนอน ของแต่ละปัจจัย พร้อมทั้งเขียนรหัสตัวอย่างกำกับตรงบริเวณที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด และกำกับอักษร S และ I โดยที่

S (Sample) คือ คุณภาพของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ประเมินได้

I (Ideal) คือ คุณภาพของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ต้องการ

คำแนะนำ กรุณาบ้วนปากก่อนชิมตัวอย่างและระหว่างการชิมตัวอย่างทุกครั้ง

1.สี

น้ำตาลอ่อน _____ น้ำตาลเข้ม

2.เนื้อสัมผัส(ความแข็ง)

น้อย _____ มาก

3.กลิ่นทีน

น้อย _____ มาก

4.ความชอบรวม

น้อย _____ มาก

ข้อเสนอแนะ _____

ชื่อ ผู้ทดสอบ ---------- วันที่ ---------- เวลา----------

ชื่อ ผลิตภัณฑ์ ปลาหางควายแห้งปรุงรส ผ่านการทอด

คำอธิบาย

กรุณาชิมตัวอย่างที่เสนอให้จากซ้ายไปขวา แล้วขีดเส้นตั้งฉากกับเส้นแนวนอน ของแต่ละปัจจัย พร้อมทั้งเขียนรหัสตัวอย่างกำกับตรงบริเวณ ที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด และกำกับอักษร S และ I โดยที่

S (Sample) คือ คุณภาพของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ประเมินได้

I (Ideal) คือ คุณภาพของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ต้องการ

คำแนะนำ กรุณาบ้วนปากก่อนชิมตัวอย่างและระหว่างการชิมตัวอย่างทุกครั้ง

1.กลิ่นหืน

น้อย มาก

2.รสชาติผิดปกติ

น้อย มาก

2.ความชอบรวม

น้อย มาก

ข้อเสนอแนะ _____

ค. สมการสำหรับวิเคราะห์ซอร์ปชั่นไอโซเทอม

การถดถอยแบบน้อยสุดเชิงเส้นใช้ประมาณกรณีทั่วไป
(Linear Least-Square Estimates-General Case)

รูปแบบของสมการ

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + ... + b_kx_k \quad ..... (1)$$

เขียนให้อยู่ในรูปแบบของสมการการถดถอยแบบน้อยสุดได้เป็น

$$[rr]=\sum_{i=1}^{n}(y_i - Y_i)^2 = \sum_{i=1}^{n}\left[(y_i - \bar{y}) - b_1(x_{1i} - \bar{x}_1) - b_2(x_{2i} - \bar{x}_2) - b_3(x_{3i} - \bar{x}_3)\right]^2 .....(2)$$

คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ b_0 b_1 b_2 และ b_k ที่ทำให้ $[r^2]$ มีค่าการถดถอยแบบน้อยสุดได้ จาก

$$b_0 = \bar{y} - \sum_{j=1}^{k} b_j\bar{x}_j \quad .....(3)$$

เมื่อ j = 1, 2, ..., k ถ้ากำหนดให้ k = 3 ดังนั้นสมการ (1) จะกลายเป็น

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 \quad .....(4)$$

เราจะสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์ b_1 b_2 และ b_3 ได้จากสมการ (5) โดยใช้วิธีการกำจัดแบบเกาส์ (Gauss Elimination) หมายเหตุ เอลิเมนต์ทุกตัวที่อยู่ในแนวเส้นทะแยงมุม (Pivot Element) จะต้องไม่เป็นศูนย์ (Daniel *et al.*,1986)

$$\begin{bmatrix} \sum_{i=1}^{n}(x_{1i}-\bar{x}_1) & \sum_{i=1}^{n}(x_{1i}-\bar{x}_1)(x_{2i}-\bar{x}_2) & \sum_{i=1}^{n}(x_{1i}-\bar{x}_1)(x_{3i}-\bar{x}_3) \\ \sum_{i=1}^{n}(x_{1i}-\bar{x}_1)(x_{2i}-\bar{x}_2) & \sum_{i=1}^{n}(x_{2i}-\bar{x}_2)^2 & \sum_{i=1}^{n}(x_{2i}-\bar{x}_2)(x_{3i}-\bar{x}_3) \\ \sum_{i=1}^{n}(x_{1i}-\bar{x}_1)(x_{3i}-\bar{x}_3) & \sum_{i=1}^{n}(x_{2i}-\bar{x}_2)(x_{3i}-\bar{x}_3) & \sum_{i=1}^{n}(x_{3i}-\bar{x}_3)^2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^{n}(x_{1i}-\bar{x}_1)(y_i-\bar{y}) \\ \sum_{i=1}^{n}(x_{2i}-\bar{x}_2)(y_i-\bar{y}) \\ \sum_{i=1}^{n}(x_{3i}-\bar{x}_3)(y_i-\bar{y}) \end{bmatrix} \quad \text{.....(5)}$$

เมื่อ i = 1, 2, ..., 3

คำนวณค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination, COD) หรือ r^2 ได้จาก

$$COD = r^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(Y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2} \quad \text{.....(6)}$$

เมื่อ

$$y_i = \bar{y} + \sum_{j=1}^{k}\sum_{i=1}^{n} b_j (x_{ji} - \bar{x}_j) \quad \text{.....(7)}$$

คำนวณหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, SD) ได้จากสมการ .....(8)

$$SD = \sqrt{\frac{n\sum_{i=1}^{n}\left(M_{eq}\left|_{\exp er} - M_{eq}\right|_{\mathrm{mod}\,el}\right)^2 - \left[\sum_{i=1}^{n}\left(M_{eq}\left|_{\exp er} - M_{eq}\right|_{\mathrm{mod}\,el}\right)\right]^2}{n^2(n-1)}}$$

GAB equation

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ :

$$\frac{A_w}{M} = A + BA_w + CA_w^2$$

ที่มา :

M = ความชื้นสมดุล (% d.b.)

A_w = วอเตอร์แอคติวิตี้

A, B, C = สัมประสิทธิ์

รูปแบบของสมการการถดถอยแบบน้อยสุด :

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 \quad \text{.....(1)}$$

จัดรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ให้อยู่ในรูปแบบของสมการการถดถอยแบบน้อยสุด จะได้

$$\frac{1}{M} = B + CA_w + A\frac{1}{A_w} \quad \text{.....(2)}$$

เปรียบเทียบสมการ (1) และสมการ (2) จะเห็นว่า

$$y = \frac{1}{M}$$
$$b_0 = B$$
$$b_1 = C$$
$$b_2 = A$$
$$x_1 = A_w$$
$$x_2 = \frac{1}{A_w}$$

Henderson equation

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ :

$$1 - A_w = e^{-cTM^n}$$

ที่มา :

M = ความชื้นสมดุล (% d.b.)

A_w = วอเตอร์แอคติวิตี้

T = อุณหภูมิ ^{0}C

c, n = สัมประสิทธิ์

รูปแบบของสมการ การถอถอยแบบน้อยสุด :

$$y = b_0 + b_1 x \qquad \text{.....(1)}$$

จัดรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ให้อยู่ในรูปแบบของสมการการถอถอยแบบน้อยสุด จะได้

$$\ln\left(-\frac{1}{T}\ln(1 - A_w)\right) = ln(c) + nln(M) \qquad \text{.....(2)}$$

เปรียบเทียบสมการ (1) และสมการ (2) จะเห็นว่า

$$y = ln\left(-\frac{1}{T}ln(1 - A_w)\right)$$

$$b_0 = ln(c)$$

$$b_1 = n$$

$$x = ln(M)$$

Oswin equation

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ :

$$M = a\left(\frac{A_w}{1-A_w}\right)^n$$

wher:

M = ความชื้นสมดุล (% d.b.)

A_w = วอเตอร์แอคติวิตี้

T = อุณหภูมิ ^{0}C

a, n = สัมประสิทธิ์

รูปแบบของสมการการถดถอยแบบน้อยสุด :

$$y = b_0 + b_1x_1 \quad \text{.....(1)}$$

จัดรูปแบบจำลองคณิตศาสตร์ให้อยู่ในรูปแบบของสมการการถดถอยแบบน้อยสุดจะได้

$$In(M) = In(a) + n\ In\left(\frac{A_w}{1-A_w}\right) \text{.....(2)}$$

เปรียบเทียบสมการ (1) และสมการใน (2) จะเห็นว่า

$$y = In(M)$$
$$x_1 = In\left(\frac{A_w}{1-A_w}\right)$$
$$bo = In(a)$$
$$b_1 = n$$

Halsey equation

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ :

$$A_w = e^{\left(\frac{-a}{RT}M^r\right)}$$

ที่มา :

M = ความชื้นสมดุล (% d.b.)

A_w = วอเตอร์แอคติวิตี้

T = อุณหภูมิ °C

R = ค่าคงที่ของแก๊สสากล $\left(\frac{kj}{kg-k}\right)$

a, r = สัมประสิทธิ์

รูปแบบของสมการการถดถอยแบบน้อยสุด :

$$Y = b_0 + b_1x_1 \quad \text{.....(1)}$$

จัดรูปแบบการจำลองคณิตศาสตร์ให้อยู่ในรูปแบบของสมการถดถอยแบบน้อยสุดจะได้

$$\ln[-RT\ \ln(A_w)] = \ln(a) + r\ \ln(M) \quad \text{.....(2)}$$

เปรียบเทียบสมการ (1) และสมการ (2) จะเห็นว่า

$Y = \ln[-RT\ \ln(A_w)]$

$b_0 = \ln(a)$

$b_1 = r$

$x = \ln(M)$

ตารางผนวก ค1. ค่าคงที่ของสมการคณิตศาสตร์จากแบบจำลองต่าง ๆ ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้นที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

รูปแบบสมดุลความชื้น	รูปแบบสมการ	ค่าคงที่ของสมการ					r^2	SD
		A/a	B	C/c	n	r		
ดูดความชื้น	GAB	1.149×10^{-2}	2.490×10^{-2}	-1.127×10^{-2}			0.999	0.316
	Henderson			7.607×10^{-5}	1.8140		0.989	0.509
	Oswin	21.3356			0.3555		0.942	1.219
	Halsey	5.224×10^{-5}				-1.9166	0.872	2.478
คายความชื้น	GAB	1.140×10^{-2}	1.708×10^{-2}	-8.396×10^{-3}			0.998	0.488
	Henderson			6.678×10^{-5}	1.8023		0.981	0.721
	Oswin	23.4155			0.3537		0.927	1.425
	Halsey	5.734×10^{-5}				-1.9905	0.853	2.947

ตารางผนวก ค2. ค่าคงที่ของสมการคณิตศาสตร์จากแบบจำลองต่าง ๆ ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้นที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

รูปแบบสมดุลความชื้น	รูปแบบสมการ	ค่าคงที่ของสมการ					r^2	SD
		A/a	B	C/c	n	r		
ดูดความชื้น	GAB	9.093×10^{3}	4.333×10^{-2}	-3.029×10^{-3}			0.999	0.090
	Henderson			6.331×10^{-5}	1.91773		0.998	0.153
	Oswin	19.6024			0.3638		0.937	0.698
	Halsey	3.890×10^{5}				-1.8573	0.917	1.495
คายความชื้น	GAB	1.010×10^{3}	2.715×10^{-2}	-1.595×10^{-3}			0.999	0.208
	Henderson			6.420×10^{-5}	1.8419		0.989	0.485
	Oswin	21.9947			0.3725		0.950	1.052
	Halsey	3.507×10^{5}				-1.7550	0.879	2.184

ตารางผนวก ค3. ค่าคงที่ของสมการคณิตศาสตร์จากแบบจำลองต่าง ๆ ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

รูปแบบสมดุลความชื้น	รูปแบบสมการ	ค่าคงที่ของสมการ					r^2	SD
		A/a	B	C/c	n	r		
ดูดความชื้น	GAB	1.040×10^{-3}	5.204×10^{-2}	-3.480×10^{-3}			0.999	0.100
	Henderson			8.982×10^{-5}	1.8784		0.999	0.119
	Oswin	17.2074			0.3857		0.981	0.439
	Halsey	2.188×10^{-5}				-1.7221	0.935	0.963
คายความชื้น	GAB	1.163×10^{-3}	2.813×10^{-2}	-1.549×10^{-3}			0.999	0.148
	Henderson			6.405×10^{-5}	1.8047		0.988	0.446
	Oswin	20.0461			0.3937		0.955	0.795
	Halsey	2.123×10^{-5}				-1.6240	0.890	1.594

ตารางผนวก ค4. ค่าคงที่ของสมการคณิตศาสตร์จากแบบจำลองต่าง ๆ ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

รูปแบบสมดุลความชื้น	รูปแบบสมการ	ค่าคงที่ของสมการ					r^2	SD
		A/a	B	C/c	n	r		
ดูดความชื้น	GAB	8.260×10^{-3}	7.797×10^{-2}	-5.790×10^{-3}			0.999	0.024
	Henderson			6.482×10^{-5}	2.0959		0.999	0.069
	Oswin	14.8612			0.3559		0.996	0.145
	Halsey	2.646×10^{-5}				-1.8697	0.968	0.416
คายความชื้น	GAB	1.159×10^{-2}	3.686×10^{-2}	-2.070×10^{-3}			0.999	0.105
	Henderson			7.803×10^{-5}	1.8884		0.991	0.291
	Oswin	18.1029			0.3874		0.996	0.509
	Halsey	1.980×10^{-5}				-1.6407	0.911	1.010

ตารางผนวก ค5. ค่าคงที่ของสมการคณิตศาสตร์จากแบบจำลองต่าง ๆ ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

รูปแบบสมดุลความชื้น	รูปแบบสมการ	ค่าคงที่ของสมการ					r^2	SD
		A/a	B	C/c	n	r		
ดูดความชื้น	GAB	1.207×10^{-2}	2.050×10^{-2}	-1.127×10^{-3}			0.999	0.227
	Henderson			7.681×10^{-5}	1.8097		0.983	0.721
	Oswin	21.6128			0.3536		0.926	1.407
	Halsey	4.878×10^{-5}				-1.8872	0.850	2.825
คายความชื้น	GAB	9.853×10^{-3}	2.886×10^{-2}	-1.955×10^{-3}			0.999	0.380
	Henderson			6.179×10^{-5}	1.8470		0.993	0.450
	Oswin	22.5975			0.3514		0.949	1.241
	Halsey	6.649×10^{-5}				-1.9582	0.883	2.471

ตารางผนวก ค6. ค่าคงที่ของสมการคณิตศาสตร์จากแบบจำลองต่าง ๆ ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

รูปแบบสมดุลความชื้น	รูปแบบสมการ	ค่าคงที่ของสมการ					r^2	SD
		A/a	B	C/c	n	r		
ดูดความชื้น	GAB	1.078×10^{-2}	2.996×10^{-2}	-1.793×10^{-3}			0.999	0.106
	Henderson			7.303×10^{-5}	1.8447		0.989	0.472
	Oswin	20.4157			0.3719		0.949	1.018
	Halsey	3.090×10^{-6}				-1.7564	0.878	2.070
คายความชื้น	GAB	9.637×10^{-3}	3.178×10^{-2}	-1.864×10^{-3}			0.999	0.237
	Henderson			5.397×10^{-5}	1.9268		0.991	0.387
	Oswin	21.0042			0.3572		0.954	0.883
	Halsey	4.211×10^{-5}				-1.8415	0.886	1.853

ตารางผนวก ค7. ค่าคงที่ของสมการคณิตศาสตร์จากแบบจำลองต่าง ๆ ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

รูปแบบสมดุลความชื้น	รูปแบบสมการ	ค่าคงที่ของสมการ					r^2	SD
		A/a	B	C/c	n	r		
ดูดความชื้น	GAB	1.290×10^{-2}	2.702×10^{-2}	-1.421×10^{-2}			0.999	0.097
	Henderson			1.026×10^{-5}	1.7705		0.986	0.474
	Oswin	18.9737			0.4001		0.951	0.815
	Halsey	1.754×10^{-5}				-1.5893	0.885	1.618
คายความชื้น	GAB	1.148×10^{-2}	2.999×10^{-2}	-1.515×10^{-2}			0.999	0.146
	Henderson			7.293×10^{-5}	1.8753		0.986	0.418
	Oswin	19.3115			0.3781		0.953	0.736
	Halsey	2.406×10^{-5}				-1.6867	0.888	1.470

ตารางผนวกที่ ค8. ค่าคงที่ของสมการคณิตศาสตร์จากแบบจำลองต่าง ๆ ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

รูปแบบสมดุลความชื้น	รูปแบบสมการ	ค่าคงที่ของสมการ					r^2	SD
		A/a	B	C/c	n	r		
ดูดความชื้น	GAB	1.210×10^{-2}	3.789×10^{-2}	-2.278×10^{-2}			0.999	0.012
	Henderson			9.302×10^{-5}	1.8381		0.990	0.338
	Oswin	17.7880			0.3974		0.964	0.559
	Halsey	1.691×10^{-5}				-1.5960	0.908	1.071
คายความชื้น	GAB	1.212×10^{-3}	3.037×10^{-2}	-1.305×10^{-2}			0.999	0.099
	Henderson			7.355×10^{-5}	1.8998		0.983	0.400
	Oswin	18.3423			0.3809		0.952	0.600
	Halsey	2.014×10^{-5}				-1.6386	0.890	1.156

ง. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของผลการทดลอง

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้งในตู้อบลมร้อน

ตารางผนวก ง1. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสีและค่าความแข็ง ของปลาทรงเครื่องปรุงรสแบบชิ้น ที่อุณหภูมิและความเร็วลมต่างกัน

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
ไม่ผ่านการทอด					
L	treatment	8	37.70	4.71	136.03**
	temperature(t)	2	3.89	1.94	56.22**
	velocity (v)	2	32.40	16.20	467.62**
	t x v	4	1.40	0.35	10.13**
a	treatment	8	0.04	0.01	< 1
	temperature(t)	2	0.03	0.02	< 1
	velocity (v)	2	0.01	0.01	< 1
	t x v	4	0.01	0.01	1.16 ns
b	treatment	8	5.87	0.73	484.00**
	temperature(t)	2	5.06	2.53	1670.78**
	velocity (v)	2	0.77	0.38	256.75**
	t x v	4	0.02	0.08	4.23**
ความแข็ง	treatment	8	32.17	4.02	1.57 ns
	velocity (v)	2	0.05	0.24	256.75**
	temperature(t)	2	16.04	8.02	3.13 ns
	t x v	4	0.01	0.06	4.23**
ผ่านการทอด					
L	treatment	8	3.66	0.45	2.06 ns
	temperature(t)	2	0.03	0.01	< 1
	velocity (v)	2	0.01	0.05	< 1
	t x v	4	2.00	0.50	2.26 ns
a	treatment	8	0.02	0.03	1.90 ns
	temperature(t)	2	0.01	0.03	3.98*
	velocity (v)	2	0.00	0.02	< 1
	t x v	4	0.01	0.01	1.79 ns
b	treatment	8	0.01	0.01	1.26 ns
	temperature(t)	2	0.01	0.03	1.28 ns
	velocity (v)	2	0.01	0.03	2.03 ns
	t x v	4	0.01	0.01	< 1
ความแข็ง	treatment	8	25.64	3.20	< 1
	temperature(t)	2	15.24	7.62	1.95 ns
	velocity (v)	2	0.33	0.15	< 1
	t x v	4	10.08	2.25	< 1

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

ตารางผนวก ง2. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัส ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ที่อุณหภูมิและความเร็วลมต่างกัน

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
ไม่ผ่านการทอด					
สี	Replication	11	0.24	0.02	2.17**
	treatment	8	4.04	0.50	48.45**
	temperature(t)	2	3.58	1.79	171.74**
	velocity (v)	2	0.38	0.19	18.70**
	t x v	4	0.07	0.01	1.69 ns
ความแข็ง	Replication	11	0.14	0.01	1
	treatment	8	3.48	0.43	20.29**
	temperature(t)	2	2.84	1.42	66.24**
	velocity (v)	2	0.45	0.22	10.65**
	t x v	4	0.18	0.04	2.14 ns
การยอมรับรวม	Replication	11	0.19	0.01	3.33**
	treatment	8	2.54	0.31	59.99**
	temperature(t)	2	1.47	0.73	138.74**
	velocity (v)	2	0.20	0.10	19.73**
	t x v	4	0.86	0.21	40.76**
ผ่านการทอด					
สี	Replication	15	0.31	0.02	1.28 ns
	treatment	8	0.01	0.02	< 1
	temperature(t)	2	0.02	0.01	< 1
	velocity (v)	2	0.02	0.01	< 1
	t x v	4	0.02	0.03	< 1
ความแข็ง	Replication	15	2.86	0.02	9.80**
	treatment	8	0.03	0.01	< 1
	temperature(t)	2	0.04	0.01	< 1
	velocity (v)	2	0.06	0.01	< 1
	t x v	4	0.02	0.02	< 1
การยอมรับรวม	Replication	15	0.33	0.04	< 1
	treatment	8	0.03	0.02	< 1
	temperature(t)	2	0.03	0.01	< 1
	velocity (v)	2	0.03	0.001	< 1
	t x v	4	0.02	0.03	< 1

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01)

ตารางผนวก ง3. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการวัดค่าสีและค่าความแข็ง ของปลาหางควายแห้งปรุงรส แบบบด ที่อุณหภูมิและความเร็วลมต่างกัน

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
ไม่ผ่านการทอด					
L	treatment	8	36.92	4.6	264.99**
	temperature(t)	2	4.33	2.15	124.34**
	velocity (v)	2	31.05	15.52	891.35**
	t x v	4	1.54	0.38	22.13**
a	treatment	8	0.05	0.02	< 1
	temperature(t)	2	0.03	0.01	< 1
	velocity (v)	2	0.02	0.04	< 1
	t x v	4	0.01	0.02	1.16 ns
b	treatment	8	6.07	0.75	279.36**
	temperature(t)	2	5.20	2.60	957.76**
	velocity (v)	2	0.83	0.41	153.12**
	t x v	4	0.03	0.01	3.27**
ความแข็ง	treatment	8	27.11	3.38	1.58 ns
	temperature(t)	2	1.24	0.62	< 1
	velocity (v)	2	0.58	0.08	< 1
	t x v	4	7.15	1.78	< 1
ผ่านการทอด					
L	treatment	8	0.69	0.08	< 1
	temparature(t)	2	0.02	0.01	< 1
	velocity (v)	2	0.04	0.02	< 1
	t x v	4	0.61	0.15	1.57 ns
a	treatment	8	0.02	0.02	1.84 ns
	temparature(t)	2	0.01	0.02	< 1
	velocity (v)	2	0.06	0.09	< 1
	t x v	4	0.01	0.07	1.67 ns
b	treatment	8	0.01	0.02	< 1
	temparature(t)	2	0.01	0.03	< 1
	velocity (v)	2	0.00	0.01	< 1
	t x v	4	0.00	0.01	
ความแข็ง	treatment	8	23.91	2.98	<1
	temparature(t)	2	1.91	0.95	<1
	velocity (v)	2	7.24	3.26	1.20 ns
	t x v	4	14.75	3.68	1.23 ns

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01)

ตารางผนวก ง4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยคุภาพทางประสาทสัมผัส ของปลาหางควายแห้งปรุงรส แบบบด ที่อุณหภูมิและความเร็วลมต่างกัน

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
ไม่ผ่านการทอด					
สี	Replication	11	0.12	0.02	1.07 ^{ns}
	treatment	8	1.92	0.04	28.23**
	temperature(t)	2	1.65	0.03	97.21**
	velocity (v)	2	0.07	0.04	4.28*
	t x v	4	0.19	0.06	5.71**
ความแข็ง	Replication	11	0.08	0.09	< 1
	treatment	8	2.97	0.37	42.12**
	temperature(t)	2	2.26	1.13	128.36**
	velocity (v)	2	0.33	0.16	18.80**
	t x v	4	0.37	0.09	10.66**
การยอมรับรวม	Replication	11	0.02	0.04	< 1
	treatment	8	2.46	0.30	56.45**
	temperature(t)	2	1.50	0.75	137.52**
	velocity (v)	2	0.43	0.22	15.40**
	t x v	4	0.70	0.17	32.41**
ผ่านการทอด					
สี	Replication	15	0.42	0.02	1.93*
	treatment	8	0.09	0.01	< 1
	temperature(t)	2	0.02	0.01	< 1
	velocity (v)	2	0.03	0.01	1.04 ^{ns}
	t x v	4	0.03	0.01	< 1
ความแข็ง	Replication	15	1.75	0.02	2.07*
	treatment	8	2.27	0.01	< 1
	temperature(t)	2	0.36	0.01	< 1
	velocity (v)	2	0.01	0.01	< 1
	t x v	4	0.01	0.01	< 1
การยอมรับรวม	Replication	15	0.43	0.02	< 1
	treatment	8	0.01	0.02	< 1
	temperature(t)	2	0.02	0.01	< 1
	velocity (v)	2	0.02	0.01	< 1
	t x v	4	0.02	0.01	< 1

^{ns} ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01)

ตารางผนวก ง5. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการวัดค่าสีและค่าความแข็ง ของผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ที่ผ่านระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรส 6 9 และ 12 ชั่วโมง

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
ไม่ผ่านการทอด					
L	treatment	2	15.24	7.62	1426.10**
	error	15	0.08	0.07	
	total	17	0.01		
a	treatment	2	0.02	0.01	< 1
	error	15	0.07	0.01	
	total	17	0.03		
b	treatment	2	0.05	0.02	44.95**
	error	15	0.03	0.02	
	total	17	0.06		
ความแข็ง	treatment	2	4.11	2.05	1.20 ns
	error	15	25.66	1.71	
	total	17	0.01		
ผ่านการทอด					
L	treatment	2	0.01	0.00	1.09 ns
	error	6	0.02	0.04	
	total	8	0.06		
a	treatment	2	0.01	0.00	1.07 ns
	error	6	0.01	0.04	
	total	8	0.02		
b	treatment	2	0.05	0.01	<1
	error	6	0.02	0.03	
	total	8	0.04		
ความแข็ง	treatment	2	203.55	101.77	2.52 ns
	error	6	242.00	40.33	
	total	8	445.55		

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01)

ตารางผนวก ง6. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัส ของปลาทูหวานเค็มปรุงรสแบบชิ้น ที่ผ่านระยะการหมักเครื่องปรุงรส 6 9 และ 12 ชั่วโมง

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
ไม่ผ่านการทอด					
สี	Replication (P)	2	0.02	0.01	< 1
	treatment (T)	59	3.39	0.05	12.42 **
	Block (B)	19	0.21	0.01	2.43 **
	ระยะเวลาการหมักเครื่องปรุง(t)	2	3.04	1.52	328.02 **
ความแข็ง	Replication (P)	2	0.06	0.01	< 1
	treatment (T)	59	0.00	0.01	< 1
	Block (B)	19	0.04	0.02	< 1
	ระยะเวลาการหมักเครื่องปรุง(t)	2	0.01	0.02	< 1
การยอมรับรวม	Replication (P)	2	0.68	0.10	3.40 *
	treatment (T)	59	1.21	0.04	2.77 **
	Block (B)	19	0.10	0.02	1.45 ns
	ระยะเวลาการหมักเครื่องปรุง(t)	2	0.87	0.42	4.45**
ผ่านการทอด					
สี	Replication (P)	2	0.05	0.02	2.37 ns
	treatment (T)	29	0.56	0.01	1.66 ns
	Block (B)	9	0.25	0.02	2.42 *
	ระยะเวลาการหมักเครื่องปรุง(t)	2	0.01	0.02	< 1
ความแข็ง	Replication (P)	2	0.01	0.02	< 1
	treatment (T)	29	0.26	0.04	< 1
	Block (B)	9	0.07	0.07	< 1
	ระยะเวลาการหมักเครื่องปรุง(t)	2	0.01	0.01	< 1
รสชาติ	Replication (P)	2	0.06	0.02	< 1
	treatment (T)	29	1.05	0.03	19.63 **
	Block (B)	9	0.12	0.01	7.36 **
	ระยะเวลาการหมักเครื่องปรุง(t)	2	0.75	0.37	203.68**
การยอมรับรวม	Replication (P)	2	0.05	0.02	< 1
	treatment (T)	29	1.18	0.04	10.00**
	Block (B)	9	0.22	0.02	6.02**
	ระยะเวลาการหมักเครื่องปรุง(t)	2	0.84	0.42	103.00**

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01)

ตารางผนวก ง7. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการวัดค่าสีและค่าความแข็ง ของผลิตภัณฑ์ปลาทางความแห้งปรุงรสแบบชิ้นที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
ไม่ผ่านการทอด					
L	treatment	2	29.28	14.64	10458.40 **
	error	15	0.02	0.06	
	total	17	29.30		
a	treatment	2	0.04	0.03	1.64 ns
	error	15	0.08	0.01	
	total	17	0.02		
b	treatment	2	0.38	0.19	1484.03 **
	error	15	0.06	0.08	
	total	17	0.39		
ความแข็ง	treatment	2	5.72	2.86	< 1
	error	22	133.50	4.04	
	total	35	139.22		
ผ่านการทอด					
L	treatment	2	0.08	0.002	< 1
	error	15	0.01	0.01	
	total	17	0.03		
a	reatment	2	0.04	0.04	< 1
	error	15	0.03	0.06	
	total	17	0.02		
b	treatment	2	0.02	0.05	< 1
	error	15	0.07	0.02	
	total	17	0.01		
ค่าความแข็ง	treatment	2	2.42	2.11	< 1
	error	15	79.21	17.32	
	total	17	125.33		

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01)

ตารางผนวก ง8. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัส ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
ไม่ผ่านการทอด					
สี	Replication	19	0.13	0.00	1.55 ^{ns}
	treatment	2	0.47	0.23	50.31 **
ความแข็ง	Replication	19	0.53	0.02	4.12 **
	treatment	2	0.01	0.00	< 1
การยอมรับรวม	Replication	19	0.18	0.00	1.48^{ns}
	treatment	2	0.28	0.14	21.38 **
ผ่านการทอด					
สี	Replication	19	0.06	0.02	< 1
	treatment	2	0.56	0.03	1.23 ^{ns}
ความแข็ง	Replication	19	0.06	0.04	4.02 *
	treatment	2	0.36	0.02	1.15 ^{ns}
การยอมรับรวม	Replication	19	0.05	0.01	< 1
	treatment	2	0.21	0.01	< 1

^{ns} ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01)

ตารางผนวก ง9. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการวัดค่าสีและค่าความแข็ง ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด ที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
ไม่ผ่านการทอด					
L	treatment	2	29.45	14.72	28445 **
	error	15	0.02	0.06	
	total	17	29.46		
a	treatment	2	0.01	0.07	2.75 ns
	error	15	0.01	0.02	
	total	17	0.04		
b	treatment	2	0.35	0.17	1249.11 **
	error	15	0.03	0.03	
	total	17	0.36		
ค่าความแข็ง					
(กรัม)	treatment	2	81.10	7.38	1.11 ns
	error	22	1.05	0.52	< 1
	total	35	146.94	6.67	
ผ่านการทอด					
L	treatment	2	0.04	0.02	< 1
	error	15	0.03	0.01	
	total	17	0.03		
a	treatment	2	0.04	0.01	< 1
	error	15	0.02	0.02	
	total	17			
b	treatment	2	0.01	0.04	< 1
	error	15	0.03	0.07	
	total	17			
ค่าความแข็ง	treatment	2	5.44	2.72	< 1
	error	15	292.33	19.48	
	total	17	297.77		

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01)

ตารางผนวก ง10. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบดที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
ไม่ผ่านการทอด					
สี	Replication	19	0.13	0.02	1.55 ^{ns}
	treatment	2	0.47	0.23	50.31 **
ความแข็ง	Replication	19	0.35	0.01	2.41 *
	treatment	2	0.01	0.01	< 1
การยอมรับรวม	Replication	19	0.33	0.18	2.24 *
	treatment	2	0.41	0.16	23.09 **
ผ่านการทอด					
สี	Replication	19	0.07	0.05	< 1
	treatment	2	0.54	0.04	1.05 ^{ns}
ความแข็ง	Replication	19	0.08	0.02	< 1
	treatment	2	0.06	0.01	1.15 ^{ns}
การยอมรับรวม	Replication	19	0.02	0.01	3.82 *
	treatment	2	0.24	0.03	1.21 ^{ns}

^{ns} ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01)

ตารางผนวก ง11. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการวัดค่าสีและค่าความแข็ง ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ระหว่างการเก็บรักษา ทำแห้งแบบตากแดด (ไม่ผ่านการทอด)

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
L	treatment	35	0.06	0.04	88.41**
	temperature(T)	1	0.02	0.03	28.41**
	time(0)	8	0.04	0.02	271.48**
	Package(p)	1	0.01	0.01	710.23**
	Txo	4	0.02	0.02	1.61 ns
	Txp	8	0.01	0.01	< 1
	oxp	8	0.06	0.05	20.30**
	Txoxp	8	0.01	0.01	
a	treatment	35	0.07	0.03	5.51**
	temparature(T)	1	0.06	0.02	12.07**
	time(0)	8	0.03	0.02	60.07**
	Package(p)	1	0.03	0.02	2.27*
	Txo	8	0.001	0.02	1.79 ns
	Txp	1	0.05	0.02	4.30**
	oxp	8	0.01	0.01	< 1
	Txoxp	8	0.01	0.01	
b	treatment	35	0.07	0.02	3.15**
	temparature(T)	1	0.02	0.03	14.08**
	time(0)	8	0.01	0.02	5.44**
	Package(p)	1	0.01	0.02	24.08**
	Txo	8	0.03	0.01	1.15 ns
	Txp	1	0.02	0.04	< 1
	oxp	8	0.06	0.02	2.15*
	Txoxp	8	0.02	0.01	<1
ความแข็ง	treatment	35	9633.89	276.39	388.14**
	temparature(T)	1	408.33	408.37	543.87**
	time(0)	8	8213.04	1026.63	1367.40**
	Package(p)	1	504.57	504.57	672.06**
	Txo	8	184.96	23.12	30.79**
	Txp	1	3.71	3.71	4.94**
	oxp	8	240.44	30.05	40.03**
	Txoxp	8	118.82	14.085	19.78**

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01)

ตารางผนวก ง12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการวัดค่าสีและค่าความแข็ง ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ระหว่างการเก็บรักษา ทำแห้งแบบตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน (ไม่ผ่านการทอด)

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
L	treatment	35	0.01	0.07	102.15**
	temperature(T)	1	0.03	0.06	9.39**
	time(0)	8	0.01	0.01	326.22**
	Package(p)	1	0.06	0.02	660.06**
	Txo	8	0.06	0.08	3.64**
	Txp	1	0.02	0.01	1.39 ns
	oxp	8	0.07	0.01	3.31**
	Txoxp	8	0.01	0.01	0.89 ns
a	treatment	35	0.06	0.03	7.66**
	temperature(T)	1	0.03	0.0	9.09**
	time(0)	8	0.08	0.02	10.18**
	Package(p)	1	0.03	0.04	81.82**
	Txo	8	0.01	0.02	1.73 ns
	Txp	1	0.01	0.03	3.27 ns
	oxp	8	0.01	0.	9.00
	Txoxp	8	0.01	0.01	<1
b	treatment	35	0.06	0.08	3.63**
	temperature(T)	1	0.09	0.02	15.00**
	time(0)	8	0.02	0.06	5.62**
	Package(p)	1	0.04	0.08	35.27**
	Txo	8	0.01	0.01	1.05 ns
	Txp	1	0.01	0.02	< 1
	oxp	8	0.002	0.05	2.72*
	Txoxp	8	0.01	0.02	1.58 ns
ความแข็ง	treatment	35	4680.79	1333.73	144.15**
	temperature(T)	1	302.20	302.20	325.73**
	time(0)	8	3581.88	447.73	482.50**
	Package(p)	1	423.95	423.95	456.96**
	Txo	8	182.99	22.87	24.66**
	Txp	1	0.04	0.04	< 1
	oxp	8	150.16	18.77	20.23**
	Txoxp	8	0.01	0.01	<1

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01)

ตารางผนวก ง13. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการวัดค่าสีและค่าความแข็ง ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ระหว่างการเก็บรักษา ทำแห้งแบบตู้อบลมร้อน (ไม่ผ่านการทอด)

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
L	treatment	35	0.06	0.02	100.16**
	temperature(T)	1	0.05	0.05	31.25**
	time(0)	8	0.48	0.04	327.12**
	Package(p)	1	0.01	0.04	551.25**
	Txo	8	0.02	0.08	4.25**
	Txp	1	0.02	0.02	< 1
	oxp	8	0.08	0.06	32.40**
	Txoxp	8	0.01	0.01	<1
a	treatment	35	0.02	0.08	9.60**
	temperature(T)	1	0.05	0.02	4.00**
	time(0)	8	0.08	0.02	19.50**
	Package(p)	1	0.03	0.05	87.11**
	Txo	8	0.01	0.02	<1
	Txp	1	0.01	0.03	<1
	oxp	8	0.05	0.06	9.61**
	Txoxp	8	0.01	0.01	<1
b	treatment	35	0.02	0.02	2.18**
	temperature(T)	1	0.06	0.03	8.64**
	tim (0)	8	0.08	0.02	4.14**
	Package(p)	1	0.05	0.02	16.07**
	Txo	8	0.02	0.01	< 1
	Txp	1	0.03	0.01	< 1
	oxp	8	0.01	0.01	1.61 ns
	Txoxp	8	0.01	0.01	<1
ความแข็ง	treatment	35	6921.90	197.76	89.08**
	temperature(T)	1	107.94	107.94	48.62**
	tim (0)	8	5851.28	7.31	329.44**
	Package(p)	1	635.15	635.15	286.09**
	Txo	8	74.53	9.31	4.20**
	Txp	1	21.27	21.27	9.58**
	oxp	8	213.19	26.64	12.00**
	Txoxp	8	0.01	0.01	<1

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01)

ตารางผนวก ง14. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการวัดค่าสีและค่าความแข็ง ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด ระหว่างการเก็บรักษา ทำแห้งแบบตากแดด (ไม่ผ่านการทอด)

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
L	treatment	35	0.03	0.02	39.98**
	temperature(T)	1	0.03	0.04	9.38**
	time (0)	8	0.02	0.01	127.50**
	Package(p)	1	0.01	0.02	273.38**
	Txo	8	0.02	0.03	2.25*
	Txp	1	0.04	0.03	1.04 ns
	oxp	8	0.04	0.04	8.81 **
	Txoxp	8	0.01	0.03	<1
a	treatment	35	0.01	0.01	8.61**
	temperature(T)	1	0.01	0.01	20.45**
	time (0)	8	0.002	0.01	14.89**
	Package(p)	1	0.01	0.01	76.45**
	Txo	8	0.01	0.05	2.25*
	Txp	1	0.06	0.05	<1
	oxp	8	0.08	0.02	5.48**
	Txoxp	8	0.02	0.04	<1
b	treatment	35	0.07	0.08	2.32**
	temperature(T)	1	0.07	0.05	4.76**
	time (0)	8	0.05	0.05	5.84**
	Package(p)	1	0.02	0.04	13.24**
	Txo	8	0.01	0.02	< 1
	Txp	1	0.01	0.03	1.47 ns
	oxp	8	0.01	0.03	1.19 ns
	Txoxp	8	0.01	0.03	<1
ความแข็ง	treatment	35	4546.81	129.90	18908.83**
	temperature(T)	1	210.58	210.58	30651.27**
	time (0)	8	3596.79	449.59	6544.50**
	Package(p)	1	477.41	477.41	69488.28**
	Txo	8	92.25	11.53	1678.20**
	Txp	1	0.11	0.11	169.86**
	oxp	8	145.82	18.22	2653.05**
	Txoxp	8	23.81	2.97	433.58**

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01)

ตารางผนวก ง15. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการวัดค่าสีและค่าความแข็ง ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด ระหว่างการเก็บรักษา ทำแห้งแบบตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน (ไม่ผ่านการทอด)

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
L	treatment	35	0.02	0.08	109.80**
	temperature(T)	1	0.02	0.03	96.57**
	time (0)	8	0.01	0.04	328.32**
	Package(p)	1	0.02	0.05	740.57**
	Txo	8	0.08	0.05	19.11**
	Txp	1	0.009	0.01	2.29ns
	oxp	8	0.05	0.06	24.75**
	Txoxp	8	0.02	0.07	3.25**
a	treatment	35	0.05	0.08	5.06**
	temperature(T)	1	0.02	0.06	10.56**
	time (0)	8	0.04	0.04	9.14**
	Package(p)	1	0.004	0.05	45.56**
	Txo	8	0.01	0.03	1.14 ns
	Txp	1	0.01	0.03	< 1
	oxp	8	0.06	0.03	4.64**
	Txoxp	8	0.02	0.03	<1
b	treatment	35	0.04	0.01	2.76**
	temparature(T)	1	0.06	0.01	15.06**
	time (0)	8	0.02	0.02	4.91**
	Package(p)	1	0.03	0.03	15.06**
	Txo	8	0.07	0.04	1.03ns
	Txp	1	0.02	0.04	3.76 ns
	oxp	8	0.02	0.05	1.29 ns
	Txoxp	8	0.01	0.01	<1
ความแข็ง	treatment	35	4964.17	141.83	94.67**
	temparature(T)	1	186.15	186.151	124.08**
	time (0)	8	3968.29	496.03	331.08**
	Package(p)	1	461.40	461.40	307.97**
	Txo	8	107.22	13.40	8.95**
	Txp	1	0.04	0.04	< 1
	oxp	8	186.22	23.27	15.54**
	Txoxp	8	54.82	6.85	4.57**

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01)

ตารางผนวก ง16. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนการวัดค่าสีและค่าความแข็ง ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด ระหว่างการเก็บรักษา ทำแห้งแบบตู้อบลมร้อน (ไม่ผ่านการทอด)

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
L	treatment	35	0.06	0.08	40.33**
	temperature(T)	1	0.01	0.05	42.48**
	time (0)	8	0.05	0.02	141.19*
	Package(p)	1	0.03	0.02	159.25**
	Txo	8	0.04	0.04	2.02 ns
	Txp	1	0.06	0.03	4.33**
	oxp	8	0.02	0.06	6.99**
	Txoxp	8	0.07	0.01	< 1
	Txoxp	8	0.07	0.01	<1
a	treatment	35	0.06	0.05	8.53**
	temperature(T)	1	0.02	0.04	12.10**
	time (0)	8	0.01	0.03	16.98**
	Package(p)	1	0.06	0.03	72.90**
	Txo	8	0.08	0.03	1.07 ns
	Txp	1	0.01	0.02	< 1
	oxp	8	0.05	0.04	7.87**
	Txoxp	8	0.01	0.01	< 1
	Txoxp	8	0.01	0.01	<1
b	treatment	35	0.09	0.03	4.40**
	temperature(T)	1	0.02	0.02	17.31**
	time(o)	8	0.02	0.06	6.88**
	Package(p)	1	0.02	0.02	33.92**
	Txo	8	0.06	0.04	1.73 ns
	Txp	1	0.01	0.02	3.77 ns
	oxp	8	0.04	0.07	3.46**
	Txoxp	8	0.01	0.01	< 1
	Txoxp	8	0.01	0.01	<1
	temperature(T)	1	100.49	100.49	1333.36**
	time(0)	8	6134.19	766.77	1022.36**
	Package(p)	1	553.43	553.43	737.90**
	Txo	8	56.91	7.11	9.49**
	Txp	1	18.63	18.63	24.84**
	oxp	8	207.34	25.91	34.56**
	Txoxp	8	20.97	2.62	3.50**

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01)

ตารางผนวก ง17. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความชื้น ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ระหว่างการเก็บรักษา

วิธีการทำแห้ง	SV	DF	SS	MS	F
ตากแดด					
	Treatment	35	373.58	10.67	104.80**
	Temperature(T)	1	2.08	2.08	20.45**
	Time (O)	8	33.83	41.72	409.70**
	Package (P)	1	24.08	24.08	236.45**
	T x O	8	5.83	0.72	7.16**
	T x P	1	1.12	1.12	11.00**
	O x P	8	5.83	0.72	7.16**
	Txoxp	8	0.79	0.09	<1
ตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน					
	Temperature(T)	1	3.34	3.34	22.56 **
	Time (O)	8	325.49	40.64	274.33 **
	Package (P)	1	20.49	20.45	138.06 **
	T x O	8	7.24	0.90	6.11 **
	T x P	1	0.45	0.45	3.06 ns
	O x P	8	4.12	0.51	3.48 **
	Txoxp	8	1.79	0.22	1.52**
ตู้อบลมร้อน					
	Treatment	35	365.58	10.44	66.36**
	Temperature(T)	1	6.75	6.75	42.88**
	Time (O)	8	331.00	41.37	262.85**
	Package (P)	1	17.12	17.12	108.76**
	T x O	8	5.00	0.62	3.97**
	T x P	1	0.75	0.75	4.76**
	O x P	8	2.62	0.32	2.09**
	Txoxp	8	2.33	0.29	1.85ns

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01)

ตารางผนวก ง18. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า Water activity ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ระหว่างการเก็บรักษา

วิธีการทำแห้ง	SV	DF	SS	MS	F
ตากแดด					
Aw	Treatment	35	0.04	0.08	93.62 **
	Temperature(T)	1	0.03	0.06	16.07 **
	Time (O)	8	0.03	0.07	365.96 **
	Package (P)	1	0.05	0.05	248.64 **
	T x O	8	0.06	0.06	6.75 **
	T x P	1	0.05	0.03	5.74 **
	O x P	8	0.03	0.02	1.79 ns
	Txoxp	8	0.02	0.02	1.29 ns
ตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน					
Aw	Treatment	35	0.03	0.02	53.33 **
	Temperature(T)	1	0.03	0.02	20.05 **
	Time (O)	8	0.03	0.05	202.91 **
	Package (P)	1	0.02	0.06	118.23 **
	T x O	8	0.05	0.04	9.00 **
	T x P	1	0.08	0.07	7.68 **
	O x P	8	0.02	0.03	1.64 ns
	Txoxp	8	0.02	0.01	1.52 ns
ตู้อบลมร้อน					
Aw	Treatment	35	0.03	0.06	71.46 **
	Temperature(T)	1	0.06	0.03	64.00 **
	Time (O)	8	0.03	0.02	270.16 **
	Package (P)	1	0.02	0.05	182.25 **
	T x O	8	0.04	0.04	8.55 **
	T x P	1	0.07	0.02	12.25 **
	O x P	8	0.03	0.01	< 1
	Txoxp	8	0.02	0.01	<1

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01)

ตารางผนวก ง19. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าทีบีเอ ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ระหว่างการเก็บรักษา

วิธีการทำแห้ง	SV	DF	SS	MS	F
ตากแดด					
ทีบีเอ	Treatment	35	20.07	0.57	329.23 **
	Temperature(T)	1	1018	1.18	679.68 **
	Time (O)	8	16.03	2.00	1150.19 **
	Package (P)	1	1.13	1.13	648 **
	T x O	8	1.08	0.1	77.68 **
	T x P	1	0.04	0.04	24.56 **
	O x P	8	0.47	0.05	34.12 **
	Txoxp	8	0.12	0.01	9.26**
ตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน					
ทีบีเอ	Treatment	35	21.09	0.60	421.25 **
	Temperature(T)	1	1.13	1.13	793.17 **
	Time (O)	8	17.27	2.15	1509.51 **
	Package (P)	1	0.99	0.99	696.03 **
	T x O	8	1.10	0.13	96.29 **
	T x P	1	0.01	0.01	9.48 **
	O x P	8	0.41	0.05	36.54 **
	Txoxp	8	0.15	0.01	13.28**
ตู้อบลมร้อน					
ทีบีเอ	Treatment	35	20.48	0.58	838.27 **
	Temperature(T)	1	1.09	1.09	1569.95 **
	Time (O)	8	16.64	2.08	2979.79 **
	Package (P)	1	0.95	0.95	1363.66 **
	T x O	8	1.21	0.15	217.19 **
	T x P	1	0.03	0.03	44.90 **
	O x P	8	0.42	0.05	75.60 **
	Txoxp	8	0.12	0.01	22.53**

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01)

ตารางผนวก ง20. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความชื้น ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด ระหว่างการเก็บรักษา

วิธีการทำแห้ง	SV	DF	SS	MS	F
ตากแดด					
	Treatment	35	366.32	10.46	141.30**
	Temperature(T)	1	2.67	2.67	36.12**
	Time (O)	8	327.40	40.92	552.50**
	Package (P)	1	26.00	26.00	351.12**
	T x O	8	3.74	0.46	6.31**
	T x P	1	0.75	0.75	10.12**
	O x P	8	5.07	0.63	8.56**
	Txoxp	8	0.66	0.83	1.12 ns
ตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน					
	Treatment	35	351.51	10.04	72.31 **
	Temperature(T)	1	4.48	4.48	32.27 **
	Time (O)	8	318.85	39.85	286.97 **
	Package (P)	1	17.92	17.92	129.07 **
	T x O	8	3.18	0.39	2.87 **
	T x P	1	0.14	0.14	1.07 ns
	O x P	8	3.40	0.42	3.07 **
	Txoxp	8	3.51	0.43	3.17**
ตู้อบลมร้อน					
	Treatment	35	367.66	10.50	94.54 **
	Temperature(T)	1	6.25	6.25	56.33 **
	Time (O)	8	329.66	41.20	370.87 **
	Package (P)	1	19.59	19.59	176.33 **
	T x O	8	5.07	0.63	5.71 **
	T x P	1	0.92	0.92	8.33 **
	O x P	8	3.07	0.38	3.46 **
	Txoxp	8	3.07	0.38	3.46**

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01)

ตารางผนวก ง21. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ ค่า Water activity ของปลาทูทางดวายแห้งปรุงรสแบบบด ระหว่างการเก็บรักษา

วิธีการทำแห้ง	SV	DF	SS	MS	F
ตากแดด					
	Treatment	35	0.03	0.06	59.02**
	Temperature(T)	1	0.02	0.08	27.84**
	Time (O)	8	0.03	0.06	224.66**
	Package (P)	1	0.02	0.07	183.21**
	T x O	8	0.06	0.03	4.16**
	T x P	1	0.08	0.02	4.26**
	O x P	8	0.01	0.02	1.79**
	Txoxp	8	0.01	0.01	<1
ตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน					
	Treatment	35	0.03	0.08	64.74**
	Temperature(T)	1	0.05	0.06	8.00**
	Time (O)	8	0.03	0.02	248.25**
	Package (P)	1	0.02	0.02	138.89**
	T x O	8	0.04	0.04	11.75**
	T x P	1	0.02	0.01	< 1
	O x P	8	0.06	0.01	4.14**
	Txoxp	8	0.02	0.01	<1
ตู้อบลมร้อน					
	Treatment	35	0.03	0.08	58.06**
	Temperature(T)	1	0.04	0.05	31.25**
	Time (O)	8	0.03	0.04	221.56**
	Package (P)	1	0.03	0.06	162.45**
	T x O	8	0.03	0.03	5.71**
	T x P	1	0.02	0.05	4.05**
	O x P	8	0.01	0.02	1.24 ns
	Txoxp	8	0.01	0.02	<1

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01)

ตารางผนวก ง22. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า ทีบีเอ ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด ระหว่างการเก็บรักษา

วิธีการทำแห้ง	SV	DF	SS	MS	F
ตากแดด					
	Treatment	35	21.33	0.60	1256.26 **
	Temperature(T)	1	1.14	1.18	2368.31 **
	Time (O)	8	17.40	2.17	4485.15 **
	Package (P)	1	1.09	1.09	2259.05 **
	T x O	8	1.07	0.13	276.86 **
	T x P	1	0.03	0.03	76.34 **
	O x P	8	0.43	0.05	111.82 **
	Txoxp	8	0.13	0.01	34.37**
ตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน					
	Treatment	35	21.55	0.61	906.26 **
	Temperature(T)	1	1.18	1.18	3220.86 **
	Time (O)	8	17.51	2.18	1615.70 **
	Package (P)	1	10.9	1.09	207.79 **
	T x O	8	1.12	0.14	30.25 **
	T x P	1	0.02	0.02	84.52 **
	O x P	8	0.45	0.05	28.17 **
	Txoxp	8	0.15	0.01	28.17**
ตู้อบลมร้อน					
	Treatment	35	19.04	0.54	53.46 **
	Temperature(T)	1	0.88	0.88	86.92 **
	Time (O)	8	15.06	1.88	185.02 **
	Package (P)	1	1.22	1.22	120.62 **
	T x O	8	0.79	0.09	9.81**
	T x P	1	0.07	0.07	7.31 **
	O x P	8	0.56	0.07	6.94 **
	Txoxp	8	0.42	0.05	5.26**

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01)

ตารางผนวก ง23 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ระหว่างการเก็บรักษา ในสภาวะ 2 แบบ และ 2 อุณหภูมิ ตั้งแต่วันที่ 0 ถึงวันที่ 120

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
ตาดแดด	Treatment	35	5.65	0.16	89.68**
	Temperature(T)	1	0.04	0.04	23.74**
	Time (O)	8	4.81	0.60	333.57**
	Package (P)	1	0.52	0.52	291.22**
	T x O	8	0.07	0.09	5.41**
	T x P	1	0.08	0.12	4.83*
	O x P	8	0.10	0.01	7.02**
	T x O x P	8	0.09	0.01	6.35**
ตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน	Treatment	35	5.25	0.15	54.04**
	Temperature(T)	1	0.28	0.28	100.83**
	Time (O)	8	4.66	0.58	209.95**
	Package (P)	1	0.09	0.09	35.43**
	T x O	8	0.10	0.01	4.52**
	T x P	1	0.03	0.03	13.87**
	O x P	8	0.05	0.07	12.60**
	T x O x P	8	0.03	0.01	5.19**
ตู้อบลมร้อน	Treatment	35	6.82	0.19	681.41**
	Temperature(T)	1	0.07	0.07	272.17**
	Time (O)	8	5.31	0.66	2320.59**
	Package (P)	1	1.23	1.23	4309.76**
	T x O	8	0.02	0.00	9.52**
	T x P	1	0.07	0.01	12.54**
	O x P	8	0.13	0.05	59.96**
	T x O x P	8	0.04	0.02	18.05**

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01)

ตารางผนวก ง24 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณยีสต์ และรา หมดของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ระหว่างการเก็บรักษา ในสภาวะ 2 แบบและ 2 อุณหภูมิ ตั้งแต่วันที่ 0 ถึงวันที่ 120

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
ตาดแดด	Treatment	35	6.35	0.11	201.11**
	Temperature(T)	1	0.21	0.10	156.21**
	Time (O)	8	4.12	0.64	132.16**
	Package (P)	1	0.02	0.09	214.25**
	T x O	8	0.01	0.05	5.67**
	T x P	1	0.04	0.03	2.12 ns
	O x P	8	0.03	0.05	1052**
	T x O x P	8	0.04	0.04	<1
ตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน	Treatment	35	6.66	0.19	130.20**
	Temperature(T)	1	0.41	0.41	284.20**
	Time (O)	8	5.82	0.72	498.41**
	Package (P)	1	0.22	0.22	154.53**
	T x O	8	0.10	0.01	85.78**
	T x P	1	0.03	0.03	218.96**
	O x P	8	0.05	0.06	43.16**
	T x O x P	8	0.01	0.01	9.94**
ตู้อบลมร้อน	Treatment	35	5.40	0.15	825.41**
	Temperature(T)	1	0.13	0.13	729.67**
	Time (O)	8	5.00	0.62	334.67**
	Package (P)	1	0.18	0.18	967.15**
	T x O	8	0.03	0.03	21.30**
	T x P	1	0.06	0.06	33.29**
	O x P	8	0.03	0.04	25.13**
	T x O x P	8	0.01	0.01	6.78**

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01)

ตารางผนวก ง25 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด ระหว่างการเก็บรักษา ในสภาวะ 2 แบบ และ 2 อุณหภูมิ ตั้งแต่วันที่ 0 ถึงวันที่ 120

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
ตากแดด	Treatment	35	5.36	0.15	163.65**
	Temperature(T)	1	0.27	0.27	298.12**
	Time (O)	8	3.62	0.45	484.37**
	Package (P)	1	1.19	1.19	1278.70**
	T x O	8	0.04	0.06	6.66**
	T x P	1	0.05	0.58	62.32**
	O x P	8	0.11	0.01	14.76**
	T x O x P	8	0.03	0.04	5.27**
ตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน	Treatment	35	4.73	0.13	352.30**
	Temperature(T)	1	0.10	0.10	283.49**
	Time (O)	8	3.29	0.41	1071.91**
	Package (P)	1	0.75	0.75	1964.91**
	T x O	8	0.20	0.26	67.84**
	T x P	1	0.06	0.05	12.03*
	O x P	8	0.07	0.09	25.69**
	T x O x P	8	0.29	0.03	94.60**
ตู้อบลมร้อน	Treatment	35	4.58	0.13	115.79**
	Temperature(T)	1	0.16	0.16	148.63**
	Time (O)	8	3.80	0.47	421.13**
	Package (P)	1	0.31	0.31	275.51**
	T x O	8	0.07	0.09	8.61**
	T x P	1	0.07	0.07	69.83**
	O x P	8	0.10	0.01	11.78**
	T x O x P	8	0.02	0.03	3.29**

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01)

ตารางผนวก ง26 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณยีสต์ และรา ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด ระหว่างการเก็บรักษา ในสภาวะ 2 แบบ และ 2 อุณหภูมิ ตั้งแต่วันที่ 0 ถึงวันที่ 120

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
ตากแดด	Treatment	35	5.36	0.15	277.14**
	Temperature(T)	1	0.10	0.10	198.22**
	Time (O)	8	5.02	0.62	116.20**
	Package (P)	1	0.14	0.14	257.39**
	T x O	8	0.03	0.04	7.51**
	T x P	1	0.01	0.01	2.42 ns
	O x P	8	0.04	0.05	10.56**
	T x O x P	8	0.04	0.05	<1
ตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน					
	Treatment	35	6.51	0.18	377.03**
	Temperature(T)	1	0.39	0.39	8.07**
	Time (O)	8	5.70	0.71	145.62**
	Package (P)	1	0.21	0.21	432.27**
	T x O	8	0.09	0.01	24.67**
	T x P	1	0.32	0.03	66.31**
	O x P	8	0.04	0.05	12.12**
	T x O x P	8	0.04	0.01	3.87**
ตู้อบลมร้อน	Treatment	35	0.17	0.17	954.84**
	Temperature(T)	1	5.74	0.71	387.68**
	Time (O)	8	0.16	0.16	9.03**
	Package (P)	1	0.06	0.07	41.88**
	T x O	8	0.012	0.01	9.24**
	T x P	1	0.05	0.06	36.54**
	O x P	8	0.01	0.02	11.23**
	T x O x P	8	0.01	0.05	2.45**

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01)

ตารางผนวก ง27. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัส รอยปลาทางด้วยเห็ดปรุงรสแบบชิ้น ระหว่างการเก็บรักษา ทำแห้งแบบตากแดด (ไม่ผ่านการทอด)

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
สี	Block(B)	7	8.41	1.20	0.70**
	Treatment	35	14.23	0.40	2.27**
	Temperature (T)	1	1.07	1.07	6.00**
	Time (O)	8	9.18	1.14	6.40**
	Package (P)	1	1.07	1.07	6.00**
	T x O	8	0.14	0.01	< 1
	T x P	1	0.04	0.04	< 1
	O x P	8	2.13	0.26	1.49^{ns}
	T x O xP	8	0.57	0.07	< 1
ความแข็ง	Block(B)	7	9.42	1.34	10.02**
	Treatment	35	26.05	0.74	5.54**
	Temperature (T)	1	11.12	5.12	9.86**
	Time (O)	8	23.59	2.94	21.94**
	Package (P)	1	0.71	0.71	5.28*
	T x O	8	0.19	0.02	< 1
	T x P	1	0.02	0.02	< 1
	O x P	8	1.06	0.13	< 1
	T x O xP	8	0.33	0.41	< 1

^{ns} ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01)

ตารางผนวก ง27. (ต่อ)

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
กลิ่นหืน	Block(B)	7	0.38	0.05	< 1
	Treatment	35	38.09	1.08	15.67**
	Temperature (T)	1	0.32	0.32	4.61**
	Time (O)	8	33.74	4.21	60.72**
	Package (P)	1	2.49	2.49	35.90**
	T x O	8	0.08	0.01	< 1
	T x P	1	0.00	0.00	< 1
	O x P	8	1.42	0.17	2.56*
	T x O xP	8	0.02	0.00	< 1
การยอมรับรวม	Block(B)	7	9.21	1.31	2.84**
	Treatment	35	63.32	1.80	8.03**
	Temperature (T)	1	1.05	1.05	4.67*
	Time (O)	8	53.01	6.62	29.41**
	Package (P)	1	4.80	4.80	21.33**
	T x O	8	2.70	0.33	1.50 ns
	T x P	1	0.16	0.16	< 1
	O x P	8	0.98	0.12	< 1
	T x O xP	8	0.60	0.07	< 1

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01)

ตารางผนวก ง28. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัส ของปลาหวานอบแห้งปรุงรสแบบชิ้น ระหว่างการเก็บรักษา ทำแห้งโดยตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน (ไม่ผ่านการทอด)

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
สี	Block(B)	7	18.84	2.69	16.32**
	Treatment	35	13.10	0.37	2.27**
	Temperature (T)	1	11.22	4.22	6.38 *
	Time (O)	8	10.67	1.33	8.09**
	Package (P)	1	1.13	1.13	6.89**
	T x O	8	0.16	0.02	< 1
	T x P	1	0.07	0.07	< 1
	O x P	8	0.76	0.09	< 1
	T x O xP	8	0.06	0.00	< 1
ความแข็ง	Block(B)	7	14.71	2.10	9.63**
	Treatment	35	29.71	0.84	3.89**
	Temperature (T)	1	18.12	1.12	7.69*
	Time (O)	8	26.85	3.35	15.38**
	Package (P)	1	1.53	1.53	7.01**
	T x O	8	0.33	0.04	< 1
	T x P	1	0.05	0.05	< 1
	O x P	8	0.71	0.08	< 1
	T x O xP	8	0.10	0.01	< 1

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01)

ตารางผนวก ง28. (ต่อ)

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
กลิ่นหืน	Block(B)	7	0.73	0.10	1.15 ^{ns}
	Treatment	35	31.84	0.90	9.92**
	Temperature (T)	1	0.54	0.54	5.91*
	Time (O)	8	28.01	3.50	38.16**
	Package (P)	1	1.24	1.24	13.52**
	T x O	8	0.38	0.04	< 1
	T x P	1	0.12	0.12	1.41 ^{ns}
	O x P	8	0.80	0.10	1.10 ^{ns}
	T x O xP	8	0.73	0.09	1.00 ^{ns}
การยอมรับรวม	Block(B)	7	9.68	1.38	2.59*
	Treatment	35	170.43	4.86	9.11**
	Temperature (T)	1	5.55	5.55	10.39**
	Time (O)	8	143.59	17.94	33.57**
	Package (P)	1	5.66	5.66	10.60**
	T x O	8	5.36	0.67	1.25 ^{ns}
	T x P	1	0.02	0.02	< 1
	O x P	8	9.67	1.20	2.26*
	T x O xP	8	0.54	0.06	< 1

^{ns} ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01)

ตารางผนวก ง29. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัส ของปลาทูควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ระหว่างการเก็บรักษา ทำแห้งโดยตู้อบลมร้อน (ไม่ผ่านการทอด)

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
สี	Block(B)	7	4.00	0.57	3.42**
	Treatment	35	11.57	0.33	1.98**
	Temperature (T)	1	7.23	2.23	4.40*
	Time (O)	8	9.21	1.15	6.88**
	Package (P)	1	1.20	1.20	7.18**
	T x O	8	0.37	0.04	< 1
	T x P	1	0.00	0.00	< 1
	O x P	8	0.22	0.02	< 1
	T x O xP	8	0.32	0.04	< 1
ค่าความแข็ง	Block(B)	7	27.35	3.90	15.61**
	Treatment	35	28.54	0.81	3.26**
	Temperature (T)	1	10.02	2.64	12.84**
	Time (O)	8	25.71	3.21	12.84**
	Package (P)	1	1.02	1.02	4.10*
	T x O	8	0.62	0.07	< 1
	T x P	1	0.10	0.10	< 1
	O x P	8	0.88	0.11	< 1
	T x O xP	8	0.19	0.02	< 1

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01)

ตารางผนวก ง29. (ต่อ)

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
กลิ่นหืน	Block(B)	7	1.18	0.16	3.61**
	Treatment	35	35.40	1.01	21.53**
	Temperature (T)	1	6.14	4.14	3.04*
	Time (O)	8	31.40	3.92	83.54**
	Package (P)	1	2.20	2.20	46.96**
	T x O	8	0.12	0.01	<1
	T x P	1	0.16	0.16	3.34ns
	O x P	8	1.03	0.12	2.75**
	T x O xP	8	0.33	0.04	<1
การยอมรับรวม	Block(B)	7	8.15	1.22	2.45*
	Treatment	35	120.22	5.62	6.12**
	Temperature (T)	1	4.56	4.55	11.25**
	Time (O)	8	125.11	12.63	32.47**
	Package (P)	1	6.41	4.48	10.23**
	T x O	8	5.23	0.66	1.25ns
	T x P	1	0.02	0.01	<1
	O x P	8	6.97	1.23	2.23*
	T x O xP	8	0.55	0.05	<1

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01)

ตารางผนวก ง30. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัส ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ระหว่างการเก็บรักษา ทำแห้งโดยการตากแดด (ผ่านการทอด)

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
กลิ่นหืน	Block(B)	7	0.62	0.08	9.68**
	Treatment	35	0.18	0.04	< 1
	Temperature (T)	1	0.03	0.02	4.33*
	Time (O)	8	0.07	0.04	1.03 ns
	Package (P)	1	0.03	0.01	< 1
	T x O	8	0.02	0.06	< 1
	T x P	1	0.01	0.02	< 1
	O x P	8	0.01	0.05	< 1
	T x O xP	8	0.01	0.02	< 1
รสชาติ	Block(B)	7	51.00	7.28	58.80**
	Treatment	35	2.19	0.06	< 1
	Temperature (T)	1	0.03	0.03	< 1
	Time (O)	8	1.91	0.23	1.93 ns
	Package (P)	1	0.10	0.10	< 1
	T x O	8	0.05	0.02	< 1
	T x P	1	0.07	0.04	< 1
	O x P	8	0.05	0.02	< 1
	T x O xP	8	0.02	0.03	< 1
การยอมรับรวม	Block(B)	7	64.23	9.17	65.98**
	Treatment	35	2.51	0.07	< 1
	Temperature (T)	1	0.03	0.03	< 1
	Time (O)	8	2.14	0.26	1.93 ns
	Package (P)	1	0.13	0.13	< 1
	T x O	8	0.02	0.02	< 1
	T x P	1	0.03	0.01	< 1
	O x P	8	0.10	0.01	< 1
	T x O xP	8	0.07	0.02	< 1

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01)

ตารางผนวก ง31. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาหวานควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ระหว่างการเก็บรักษา การทำแห้งโดยวิธีการตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน (ผ่านการทอด)

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
กลิ่นหืน	Block(B)	7	1.33	0.19	18.96**
	Treatment	35	0.33	0.04	< 1
	Temperature (T)	1	0.01	0.01	< 1
	Time (O)	8	0.29	0.03	3.64**
	Package (P)	1	0.01	0.02	< 1
	T x O	8	0.01	0.03	< 1
	T x P	1	0.07	0.06	< 1
	O x P	8	0.04	0.07	< 1
รสชาติ	Block(B)	7	8.49	1.21	5.47**
	Treatment	35	2.74	0.07	< 1
	Temperature (T)	1	0.24	0.24	1.10 ns
	Time (O)	8	1.50	0.18	< 1
	Package (P)	1	0.30	0.30	1.38 ns
	T x O	8	0.09	0.010	< 1
	T x P	1	0.43	0.43	1.96 ns
	O x P	8	0.06	0.05	< 1
การยอมรับรวม	Block(B)	7	14.04	2.00	7.89**
	Treatment	35	2.35	0.06	< 1
	Temperature (T)	1	0.01	0.01	< 1
	Time (O)	8	2.15	0.26	1.06 ns
	Package (P)	1	0.05	0.02	< 1
	T x O	8	0.02	0.06	< 1
	T x P	1	0.02	0.01	< 1
	O x P	8	0.10	0.07	< 1

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01)

ตารางผนวก ง32. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัส ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบชิ้น ระหว่างการเก็บรักษา ทำแห้งโดยตู้อบลมร้อน (ผ่านการทอด)

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
กลิ่นหืน	Block(B)	7	0.45	0.06	5.93**
	Treatment	35	0.19	0.04	< 1
	Temperature (T)	1	0.04	0.03	4.12*
	Time (O)	8	0.09	0.01	1.03 ns
	Package (P)	1	0.02	0.01	2.45 ns
	T x O	8	0.01	0.03	< 1
	T x P	1	0.01	0.02	< 1
	O x P	8	0.05	0.03	< 1
รสชาติ	Block(B)	7	19.42	2.77	16.76**
	Treatment	35	1.78	0.05	< 1
	Temperature (T)	1	0.04	0.01	< 1
	Time (O)	8	1.56	0.19	1.18 ns
	Package (P)	1	0.02	0.01	< 1
	T x O	8	0.05	0.01	< 1
	T x P	1	0.02	0.02	< 1
	O x P	8	0.07	0.02	< 1
การยอมรับรวม	Block(B)	7	16.82	2.40	14.75**
	Treatment	35	1.83	0.05	< 1
	Temperature (T)	1	0.01	0.01	< 1
	Time (O)	8	1.58	0.19	1.22 ns
	Package (P)	1	0.03	0.02	< 1
	T x O	8	0.05	0.06	< 1
	T x P	1	0.01	0.01	< 1
	O x P	8	0.06	0.02	< 1

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01)

ตารางผนวก ง33. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัส ของปลาหางควายแห้งปรุงรส แบบบด ระหว่างการเก็บรักษา ทำแห้งโดยการตากแดด (ไม่ผ่านการทอด)

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
สี	Block(B)	7	9.44	1.42	6.97**
	Treatment	35	15.66	0.44	2.20**
	Temperature (T)	1	1.04	1.04	5.12*
	Time (O)	8	9.72	1.21	5.96**
	Package (P)	1	1.09	1.09	5.36**
	T x O	8	0.26	0.03	< 1
	T x P	1	0.53	0.43	2.11 ns
	O x P	8	0.46	0.30	1.50 ns
ความแข็ง	Block(B)	7	7.62	1.08	7.81 **
	Treatment	35	27.10	0.77	5.55**
	Temperature (T)	1	6.12	2.12	9.06*
	Time (O)	8	24.48	3.06	21.93**
	Package (P)	1	1.32	1.32	9.40
	T x O	8	0.17	0.02	< 1
	T x P	1	0.00	0.00	< 1
	O x P	8	0.84	0.10	< 1
กลิ่นหืน	Block(B)	7	0.55	0.07	< 1
	Treatment	35	45.96	1.31	15.31**
	Temperature (T)	1	0.11	2.11	1.36*
	Time (O)	8	3.00	5.14	59.94**
	Package (P)	1	0.09	3.00	34.99**
	T x O	8	0.00	0.01	< 1
	T x P	1	1.56	0.00	< 1
	O x P	8	0.06	0.19	2.27*
การยอมรับรวม	Block(B)	7	11.29	1.61	5.99**
	Treatment	35	67.62	1.93	7.18**
	Temperature (T)	1	1.21	3.26	5.18*
	Time (O)	8	56.11	7.01	26.06**
	Package (P)	1	7.06	7.06	26.23**
	T x O	8	1.77	0.22	< 1
	T x P	1	0.00	0.00	< 1
	O x P	8	1.61	0.20	< 1
	T x O xP	8	0.84	0.10	< 1

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01)

ตารางผนวก ง34. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัส ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด ระหว่างการเก็บรักษา ทำแห้งโดยการตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน (ไม่ผ่านการทอด)

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
สี	Block(B)	7	15.89	2.27	12.89**
	Treatment	35	13.15	0.37	2.13**
	Temperature (T)	1	1.01	2.61	6.31*
	Time (O)	8	10.38	1.29	7.37**
	Package (P)	1	1.40	1.40	7.97**
	T x O	8	0.17	0.02	< 1
	T x P	1	0.23	0.23	1.36 ns
	O x P	8	0.72	0.09	< 1
ความแข็ง	Block(B)	7	13.66	1.95	9.22**
	Treatment	35	31.52	0.90	4.25**
	Temperature (T)	1	0.00	0.00	116.76**
	Time (O)	8	28.38	3.54	9.60**
	Package (P)	1	12.03	2.03	6.42*
	T x O	8	0.18	0.02	< 1
	T x P	1	0.00	0.00	< 1
	O x P	8	0.69	0.08	< 1
กลิ่นหืน	Block(B)	7	0.69	0.09	1.05 ns
	Treatment	35	43.04	1.22	13.06**
	Temperature (T)	1	12.14	4.14	1.54*
	Time (O)	8	38.52	4.81	51.15**
	Package (P)	1	2.63	2.63	27.97**
	T x O	8	0.15	0.01	< 1
	T x P	1	0.00	0.00	< 1
	O x P	8	1.51	0.18	2.01*
การยอมรับรวม	Block(B)	7	6.27	0.96	1.62 ns
	Treatment	35	170.03	4.85	8.16**
	Temperature (T)	1	4.52	4.52	7.60**
	Time (O)	8	140.53	17.56	29.52**
	Package (P)	1	12.79	12.79	21.50**
	T x O	8	5.22	0.65	1.10 ns
	T x P	1	0.10	0.10	< 1
	O x P	8	6.68	0.83	1.40 ns

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01)

ตารางผนวก ง35. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัส ของปลาหางควายแห้งปรุงรส แบบบด ระหว่างการเก็บรักษา ที่แห้งโดยตู้อบลมร้อน (ไม่ผ่านการทอด)

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
สี	Block(B)	7	3.90	0.55	3.23**
	Treatment	35	13.35	0.38	2.21**
	Temperature (T)	1	10.45	3.54	6.62**
	Time (O)	8	10.26	1.28	7.95**
	Package (P)	1	1.25	1.25	7.27**
	T x O	8	0.66	0.08	< 1
	T x P	1	0.00	0.01	< 1
	O x P	8	0.30	0.03	< 1
ความแข็ง	Block(B)	7	19.26	2.75	9.98**
	Treatment	35	36.18	1.03	3.75**
	Temperature (T)	1	12.33	4.33	4.21 **
	Time (O)	8	31.88	3.98	14.45**
	Package (P)	1	1.80	1.80	6.54*
	T x O	8	0.75	0.09	< 1
	T x P	1	0.01	0.01	< 1
	O x P	8	1.04	0.13	< 1
กลิ่นหืน	Block(B)	7	0.49	0.07	< 1
	Treatment	35	38.14	1.08	15.36**
	Temperature (T)	1	0.30	0.30	4.32*
	Time (O)	8	33.87	4.23	59.68**
	Package (P)	1	2.38	2.38	33.60**
	T x O	8	0.09	0.01	< 1
	T x P	1	0.00	0.00	< 1
	O x P	8	1.44	0.18	2.54*
การยอมรับรวม	Block(B)	7	6.77	0.96	1.62 ns
	Treatment	35	170.03	4.85	8.16**
	Temperature (T)	1	4.52	4.52	7.60**
	Time (O)	8	140.53	17.56	29.52**
	Package (P)	1	12.79	12.79	21.50**
	T x O	8	5.22	0.65	1.10 ns
	T x P	1	0.10	0.10	< 1
	O x P	8	6.68	0.83	1.40 ns

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01)

ตารางผนวก ง36. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัส ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด ระหว่างการเก็บรักษา ทำแห้งโดยวิธีการตากแดด (ผ่านการทอด)

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
กลิ่นหืน	Block(B)	7	0.58	0.08	7.18**
	Treatment	35	0.36	0.01	< 1
	Temperature (T)	1	0..0	0.00	< 1
	Time (O)	8	0.32	0.04	3.4
	Package (P)	1	0.01	0.01	1.31 ns
	T x O	8	0.01	0.01	< 1
	T x P	1	0.00	0.04	< 1
	O x P	8	0.03	0.02	< 1
รสชาติ	Block(B)	7	13.70	1.95	8.28**
	Treatment	35	3.31	0.09	< 1
	Temperature (T)	1	0.19	0.19	< 1
	Time (O)	8	2.25	0.28	1.19 ns
	Package (P)	1	0.02	0.02	< 1
	T x O	8	0.01	0.01	< 1
	T x P	1	0.00	0.04	< 1
	O x P	8	0.03	0.02	< 1
การยอมรับรวม	Block(B)	7	13.70	1.95	8.28**
	Treatment	35	3.31	0.09	< 1
	Temperature (T)	1	0.19	0.19	< 1
	Time (O)	8	2.25	0.28	1.19 ns
	Package (P)	1	0.02	0.02	< 1
	T x O	8	0.01	0.01	< 1
	T x P	1	0.00	0.04	< 1
	O x P	8	0.03	0.02	< 1

ตารางผนวก ง37. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัส ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด ระหว่างการเก็บรักษา ทำแห้งโดยวิธีการตากแดดร่วมกับตู้อบลมร้อน (ผ่านการทอด)

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
กลิ่นทีน	Block(B)	7	5.54	0.05	4.48**
	Treatment	35	0.38	0.06	< 1
	Temperature (T)	1	0.20	0.04	< 1
	Time (O)	8	0.09	0.01	3.50 ns
	Package (P)	1	0.01	0.01	1.31 ns
	T x O	8	0.02	0.01	< 1
	T x P	1	0.01	0.07	< 1
	O x P	8	0.04	0.01	< 1
รสชาติ	Block(B)	7	0.08	0.01	8.28**
	Treatment	35	56.01	8.00	< 1
	Temperature (T)	1	2.29	0.06	< 1
	Time (O)	8	0.02	0.02	2.29 ns
	Package (P)	1	2.02	0.25	< 1
	T x O	8	0.12	0.12	< 1
	T x P	1	0.01	0.04	< 1
	O x P	8	0.00	0.06	< 1
การยอมรับรวม	Block(B)	7	0.07	0.08	7.38**
	Treatment	35	0.06	0.01	< 1
	Temperature (T)	1	66.00	9.42	< 1
	Time (O)	8	2.29	0.06	1.19 ns
	Package (P)	1	0.02	0.02	< 1
	T x O	8	1.96	0.24	< 1
	T x P	1	0.05	0.05	< 1
	O x P	8	0.02	0.01	< 1

ตารางผนวก ง38. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัส ของปลาหางควายแห้งปรุงรสแบบบด ระหว่างการเก็บรักษา ทำแห้งโดยวิธีตู้อบลมร้อน (ผ่านการทอด)

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
กลิ่นหืน	Block(B)	7	0.46	0.06	4.48**
	Treatment	35	0.22	0.02	< 1
	Temperature (T)	1	0.03	0.03	< 1
	Time (O)	8	0.13	0.01	3.50 ns
	Package (P)	1	0.02	0.02	1.31 ns
	T x O	8	0.03	0.07	< 1
	T x P	1	0.02	0.01	< 1
	O x P	8	0.06	0.03	< 1
รสชาติ	Block(B)	7	0.08	2.52	8.28**
	Treatment	35	17.69	0.05	< 1
	Temperature (T)	1	1.78	0.01	< 1
	Time (O)	8	0.05	0.08	2.29 ns
	Package (P)	1	1.56	0.19	< 1
	T x O	8	0.04	0.02	< 1
	T x P	1	0.04	0.02	< 1
	O x P	8	0.02	0.08	< 1
การยอมรับรวม	Block(B)	7	0.07	1.84	7.38**
	Treatment	35	0.02	0.06	< 1
	Temperature (T)	1	12.90	0.04	< 1
	Time (O)	8	2.16	0.20	1.19 ns
	Package (P)	1	0.04	0.02	< 1
	T x O	8	1.64	0.03	< 1
	T x P	1	0.01	0.02	< 1
	O x P	8	0.27	0.01	< 1

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นางสาวกอบพร ประทุมนพรัตน์

วัน เดือน ปี เกิด 27 พฤษภาคม 2513

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
ท.ษ.บ (เทคโนโลยีการเกษตรบัณฑิต)	สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้	2536