บทที่ 3

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. คุณภาพของวัตถุดิบ

1.1 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาข้างเหลืองสดที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการเตรียมปลากึ่งแห้งจำนวน 8 ครั้ง โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน 5 คน พบว่ามีคะแนนด้านลักษณะปรากฏ ลักษณะเนื้อสัมผัส และกลิ่นอยู่ในช่วง 2 ถึง 3 คะแนน แสดงให้เห็นว่าวัตถุดิบปลาข้างเหลืองยังคงมีคุณภาพดี ปลาข้างเหลืองสดมีอุณหภูมิภายในตัวปลาอยู่ในช่วง 2 ถึง 6 องศาเซลเซียส ซึ่งแสดงถึงการควบคุมอุณหภูมิของวัตถุดิบปลาระหว่างการเก็บรักษาและการขนส่งด้วยวิธีการที่เหมาะสม ส่งผลทำให้ปลามีคุณภาพดีและชะลอการเสื่อมเสียได้ Marriott (1997) กล่าวว่าหลังจากจับปลามาแล้วควรลดอุณหภูมิของปลาลงเป็น 10 องศาเซลเซียส ภายในเวลา 4 ชั่วโมง อาจจะโดยบรรจุในน้ำแข็งเพื่อป้องกันการสลายตัวเอง ซึ่งมีสาเหตุมาจากเอนไซม์โปรตีเนสในตัวปลาและจุลินทรีย์

1.2 คุณภาพทางเคมี

การตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของปลาข้างเหลืองสด โดยการวิเคราะห์ปริมาณรวมของด่างที่ระเหยได้ (TVB-N) และไตรเมทิลอะมีน (TMA-N) พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.95 และ 1.21 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ ซึ่ง Stansby (1963, อ้างโดย Lannelongue *et al.,* 1982) ได้จัดแบ่งคุณภาพของปลาจากปริมาณ TVB-N ดังนี้คือ ปลาสดมีปริมาณ TVB-N น้อยกว่า 12 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ปลาที่ยังมีคุณภาพดีจนถึงปลาที่เสื่อมเสียเล็กน้อยมีปริมาณอยู่ในช่วง 12 ถึง 20 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ปลาที่เริ่มเสื่อมเสียแล้วแต่ยังบริโภคได้มีปริมาณอยู่ในช่วง 20 ถึง 25 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ส่วนปลาที่เสื่อมเสียจนไม่สามารถบริโภคได้มีปริมาณมากกว่า 25 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อ 100 กรัมตัวอย่าง นอกจากนี้ปริมาณ TMA-N สามารถใช้ในการบ่งชี้คุณภาพของปลาได้เช่นกัน ซึ่ง Hebard และคณะ (1982 อ้างโดย สุทธวัฒน์ เบญจกุล, 2544) ได้จัดแบ่งคุณภาพของสัตว์น้ำโดยใช้ปริมาณไตรเมทธิลอะมีนไว้ดังนี้ สัตว์น้ำที่มีคุณภาพดีมากมีปริมาณ TMA-N อยู่ในช่วง 0 ถึง 1 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อ

100 กรัมตัวอย่าง สัตว์น้ำที่สามารถนำออกจำหน่ายในตลาดได้มีปริมาณ TMA-N อยู่ในช่วง 1 ถึง 5 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อ 100 กรัมตัวอย่าง และสัตว์น้ำที่ไม่สามารถนำมาบริโภคได้ มีปริมาณ TMA-N มากกว่า 5 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อ 100 กรัมตัวอย่าง Burt และคณะ (1976, อ้างโดย Lannelongue *et al.,* 1982) พบว่าปริมาณ TMA-N ในปลาค๊อดมีความสัมพันธ์กับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส Farber (1965, อ้างโดย Lannelongue *et al.,* 1982) กล่าวว่าปลาลิ้นหมาจะเน่าเสียเมื่อมีปริมาณ TMA-N มากกว่า 4.7 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อ 100 กรัมตัวอย่าง แต่อย่างไรก็ตาม Connell (1980) ระบุว่าปลาที่มีคุณภาพดีจะต้องมีปริมาณ TMA-N ต่ำกว่า 1.5 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อ 100 กรัมตัวอย่าง นอกจากนั้น Cobb และคณะ (1973) รายงานว่ากุ้งมีคุณภาพไม่เป็นที่ยอมรับหากปริมาณ TMA-N มีค่า 5 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ดังนั้นคุณภาพของปลาข้างเหลืองที่นำมาใช้ในการทดลองจัดได้ว่าเป็นปลาที่มีคุณภาพดีจนถึงเริ่มเสื่อมเสียเล็กน้อย สอดคล้องกับการทดลองของ Lannelongue และคณะ (1982) รายงานว่าปลา sword สดที่มีค่า TVB-N เท่ากับ 13.5 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อ 100 กรัมตัวอย่าง เมื่อนำมาตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่าเป็นปลาที่มีคุณภาพดี

2. ผลของระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรสต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้ง

2.1 คุณภาพของปลาข้างเหลืองก่อนอบแห้ง

(1) ความชื้นและค่าวอเตอร์แอกติวิตี ตัวอย่างปลาข้างเหลืองก่อนการอบแห้งมีความชื้นลดลงเมื่อระยะเวลาการหมักนานขึ้น ($p<0.05$) และค่าวอเตอร์แอกติวิตีลดลงภายหลังการหมักเป็นระยะเวลา 16 ชั่วโมง ($p<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 6 เนื่องจากการใช้ระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรสที่เพิ่มขึ้น ทำให้การแทรกซึมของสารปรุงรสในระหว่างการหมักมากขึ้นมีผลทำให้ความดันออสโมติกเปลี่ยนไป โดยน้ำจะถูกสกัดออกจากเนื้อเยื่อมากขึ้นทำให้ค่าวอเตอร์แอกติวิตีและปริมาณความชื้นลดลง (Pascua *et al.,* 1994) ผลที่ได้สอดคล้องกับการศึกษาของ กอบพร ประทุมนพรัตน์ (2543) ที่พบว่าเมื่อระยะเวลาในการหมักปลาหางควายด้วยน้ำตาลทราย ซอร์บิทอล เกลือและผงชูรสเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความชื้นและค่าวอเตอร์แอกติวิตีมีแนวโน้มลดลง

(2) ค่าความเป็นกรดด่าง

ค่าความเป็นกรดด่างของปลาข้างเหลืองก่อนการอบแห้งอยู่ในช่วง 6.40 – 6.43 และจากการทดลองค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อปลาหลังหมักมีค่าต่ำกว่าปลาสด (6.47) เล็กน้อย การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อปลาขณะหมักเครื่องปรุงรสอาจเกิดจากเครื่องปรุงรสมีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบ ดังนั้นอาจเกิดจากจุลินทรีย์ที่สามารถใช้น้ำตาลและสร้างกรดได้ (วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล, 2537)

ตารางที่ 6 ผลของระยะเวลาในการหมักเครื่องปรุงรสและอบแห้งต่อปริมาณความชื้น ค่าวอเตอร์แอกติวิตีและค่าความเป็นกรดด่างของปลาข้างเหลืองกึ่งแห้ง

Effect of curing and drying time on moisture content, water activity and pH of intermediate moisture (IM) yellowstrip trevally.

Curing time	Drying time	Moisture content (% dry basis)		Water activity		pH
(hrs.)	(hrs.)	before drying	after drying	before drying	after drying	before drying
8	12:30	310.48[a]	18.97	0.965[a]	0.651	6.43[ns]
12	12:00	285.09[b]	19.04	0.964[ab]	0.658	6.42[ns]
16	12:00	279.03[c]	18.96	0.962[b]	0.646	6.43[ns]
20	12:00	276.31[d]	18.58	0.962[b]	0.644	6.40[ns]

The different superscripts in the same column denote the significant differences ($p < 0.05$).

1 All values are the means of 2 determinations.

(3) ระยะเวลาการอบแห้ง

จากการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้ระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรส 8 12 16 และ 20 ชั่วโมง เมื่อนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และความเร็วลม 3 เมตรต่อวินาที ต้องใช้เวลาการอบแห้ง 12 ชั่วโมง ยกเว้นระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรส 8 ชั่วโมง ซึ่งต้องใช้ระยะเวลาการอบแห้ง 12 ชั่วโมง 30 นาที ดังแสดงในตารางที่ 6 เนื่องจากเมื่อใช้เวลาการหมักเครื่องปรุงรสต่างกันทำให้ความชื้นเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ต่างกันคือ ผลิตภัณฑ์

ที่มีความชื้นเริ่มต้นสูงต้องใช้เวลาในการระเหยน้ำออกจากผลิตภัณฑ์นานกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นเริ่มต้นต่ำ เพื่อให้ได้ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้สุดท้ายอยู่ในช่วง 0.64 - 0.65 จึงสอดคล้องกับการศึกษาของ Poernomo และคณะ (1992) ซึ่งพบว่าปลาที่ผ่านการหมักด้วยเกลือแล้วนำมาอบแห้ง ตัวอย่างที่มีความชื้นเริ่มต้นสูงกว่าจะต้องใช้เวลาในการระเหยน้ำออกจากตัวอย่างนานกว่าตัวอย่างที่มีความชื้นเริ่มต้นต่ำกว่า

2.2 คุณภาพของปลาข้างเหลืองหลังอบแห้ง

ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการหมักเครื่องปรุงรสที่ระยะเวลาต่างๆ และอบแห้งที่ 50 องศาเซลเซียส โดยใช้ความเร็วลม 3 เมตรต่อวินาที จนกระทั่งผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีค่าวอเตอร์แอกติวิตี 0.64 - 0.65 มีคุณภาพด้านต่างๆดังนี้

2.2.1 คุณภาพทางกายภาพ

(1) ค่าสี จากตารางที่ 7 ค่าสีแดง-เขียว (ค่า a) และ ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (ค่า b) เป็นบวก แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีสีออกแดงและเหลือง ค่าความสว่าง (ค่า L) ของปลาข้างเหลืองอบแห้งไม่มีความแตกต่างกันเมื่อผ่านการหมักเครื่องปรุงรสที่ระยะเวลาต่างๆกัน ($p > 0.05$) แต่อย่างไรก็ตามจะเห็นว่าเมื่อระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรสเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความสว่างมีแนวโน้มลดลง ขณะที่ค่า a และ b มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (ดังตารางที่ 7) เนื่องจากที่ระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรสเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการแพร่ของเครื่องปรุงรสเข้าไปยังเนื้อปลาเกิดการสะสมของสารปรุงรสมากขึ้น เมื่อนำไปอบแห้งผลิตภัณฑ์จึงมีสีน้ำตาลเข้มมากที่สุด นอกจากนั้นการเกิดสีน้ำตาลอาจเกิดจากกลูตาเมทที่ได้รับความร้อนสูงจะเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดหรือปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลกับน้ำตาลรีดิวส์ซิง ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเช่นเดียวกับกรดอะมิโนอื่นๆ (Yoshida, 1978 อ้างโดย Branen *et al.,* 1990) เช่นเดียวกับการศึกษาของกอบพร ประทุมนพรัตน์ (2543) ในการหมักปลาหางควายปรุงรส พบว่าเมื่อระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรสเพิ่มขึ้นเป็น 6 9 และ 12 ชั่วโมง ส่งผลให้ค่าความสว่างของปลาหางควายอบแห้งปรุงรสที่ไม่ผ่านการทอดลดลง

(2) ค่าความแข็ง (Hardness) และค่าแรงเฉือน (Shear force) ระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรสแตกต่างกันส่งผลให้ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกัน ($p < 0.05$) โดยพบว่าระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรส 8 ชั่วโมง มีค่าความแข็งสูงสุด ส่วนค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์ไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 7 เนื่องจากการ

หมักตัวอย่าง 8 ชั่วโมง ใช้เวลาในการอบแห้งนานกว่าตัวอย่างชุดอื่นๆ จึงส่งผลให้ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งที่ใช้ระยะเวลาการหมักนานขึ้นมีค่าลดลง

การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของปลาขณะหมักและอบแห้งนั้นเกิดจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโปรตีน โดยการหมักเนื้อปลาในสารละลายเกลือจะเกิดการดึงน้ำออกแบบออสโมติก โดยเกลือซึมผ่านเข้าสู่เนื้อปลาและเกิดการเสียสภาพของโปรตีนขณะหมัก (Ito and Tanbo 1990 ; 1992 อ้างโดย Iseya *et al.,* 1998) นอกจากนี้ Nambu และคณะ (1997 อ้างโดย Iseya *et al.,* 1998) เกิดการจับกันของไมโอซินในเนื้อปลาที่ผ่านการหมักและอบแห้ง และไมโอซินจับกันมากขึ้นเมื่อเวลาอบแห้งเพิ่มขึ้น (Kumazawa *et al.,* 1993) นอกจากนี้ Raghunath และคณะ (1995) พบว่าเมื่ออบแห้งปลา threadfin bream (*Nemipterus japonicus*) ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ทำให้กลุ่มซัลฟ์ไฮดริล (Sulphydryl) ของโปรตีนลดลงตลอดระยะเวลาการอบแห้ง 24 ชั่วโมง ยกเว้นในระยะแรกของการอบแห้ง (0 - 4 ชั่วโมง) ปริมาณของหมู่ซัลฟ์ไฮดริลเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ซึ่งอาจเกิดจากสายโซ่ของโปรตีนเกิดการคลายตัว ส่งผลให้หมู่ซัลฟ์ไฮดริลโผล่ออกมา และต่อมาเกิดการออกซิเดชันกลายเป็นพันธะไดซัลไฟด์ (Itoh *et al.,* 1979 อ้างโดย Raghunath *et al.,* 1995) อย่างไรก็ตาม Iseya และคณะ (1998) กล่าวว่าการหมักปลาด้วยเกลือ 1.0 – 2.0 โมลาร์ สามารถลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีและลดการเกิดความแข็งที่ผิวหน้า (Case hardening) ของผลิตภัณฑ์ปลาแห้งได้ เนื่องจากตัวอย่างดังกล่าว มีความชื้นหลังการหมักต่ำกว่าตัวอย่างที่ไม่ผ่านการหมักและตัวอย่างที่หมักด้วยเกลือ 0.5 โมลาร์ จึงส่งผลให้ความชื้นในตัวอย่างที่ไม่ผ่านการหมักและตัวอย่างที่หมักด้วยเกลือ 0.5 โมลาร์ ลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งการลดความชื้นอย่างรวดเร็วมีผลทำให้ผิวหน้าของตัวอย่างแห้งแข็ง (Case hardening) (Pigotto and Tucker, 1990 อ้างโดย Iseya *et al.,* 1998)

ตารางที่ 7 ผลของระยะเวลาในการหมักเครื่องปรุงรสต่อคุณภาพทางกายภาพของปลาข้างเหลืองกึ่งแห้ง

Effect of curing time on physical properties of IM yellowstrip trevally.

Curing time	Color value[1]			Hardness[1]	Shear force[1]
(hrs.)	L	a	b	(g)	(g)
8	36.56[ns]	3.38[ns]	11.96[ns]	9074.46[a]	11877.94[ns]
12	36.42[ns]	3.16[ns]	12.30[ns]	7442.20[b]	11017.71[ns]
16	35.98[ns]	3.68[ns]	12.39[ns]	7126.54[b]	10970.33[ns]
20	35.61[ns]	3.67[ns]	12.40[ns]	7128.47[b]	9449.74[ns]

The different superscripts in the same column denote the significant differences ($p < 0.05$).

[1] All values are the means of 9 determinations.

2.3.1 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

การทดสอบความชอบโดยวิธี Hedonic scale (9 คะแนน) ของตัวอย่างปลาแห้งก่อนและหลังทำให้สุก ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 8 พบว่าระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรสที่ต่างกันไม่มีผลต่อคะแนนความชอบของปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งก่อนและหลังทำให้สุกในทุก ๆ ด้าน ($p > 0.05$) อย่างไรก็ตามพบว่าที่ระยะเวลาการหมัก 20 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ รสชาติและความชอบรวมสูงที่สุด และที่ระยะเวลาการหมัก 16 12 และ 8 ชั่วโมง ได้คะแนนเฉลี่ยลดลงตามลำดับ โดยผู้ชิมได้ให้ข้อสังเกตุว่าปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งที่ใช้ระยะเวลาการหมัก 8 ชั่วโมง มีลักษณะแห้งและกระด้างเกินไป แต่ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งที่ใช้ระยะเวลาการหมัก 12 16 และ 20 ชั่วโมง มีลักษณะฉ่ำน้ำมากขึ้นตามลำดับ จึงทำให้ที่ระยะเวลาการหมัก 20 ชั่วโมง ได้คะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้นทำให้เกิดการแพร่ของเครื่องปรุงรสเข้าไปยังเนื้อปลา ส่งผลให้เกิดการออสโมซิสของน้ำออกจากเนื้อปลามากขึ้นทำให้ระยะเวลาการอบแห้งน้อยกว่าที่ระยะเวลาการหมัก 8 ชั่วโมง นอกจากนั้นเครื่องปรุงรส เช่น เกลือและน้ำตาลยังช่วยในการ

ยึดน้ำไว้ในเนื้อปลาจึงทำให้เนื้อปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งมีลักษณะฉ่ำน้ำมากกว่า และเครื่องปรุงรสที่แทรกซึมเข้าไปในเนื้อปลาได้มากส่งผลให้คะแนนความชอบด้านรสชาติสูงที่สุด

ดังนั้นจึงคัดเลือกระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรสที่ 20 ชั่วโมง เป็นระยะเวลาการหมักที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งเพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

ตารางที่ 8 ผลของระยะเวลาในการหมักเครื่องปรุงรสต่อคะแนนการยอมรับเฉลี่ยของปลาข้างเหลืองกึ่งแห้ง

Effect of curing time on acceptability scores of IM yellowstrip trevally.

Curing time (hrs.)	Mean score[1]				
	Before roasting		After roasting		Overall liking
	Appearance	Texture	Texture	Taste	
8	6.40^{ns}	6.43^{ns}	6.76^{ns}	6.73^{ns}	6.50^{ns}
12	6.56^{ns}	6.20^{ns}	6.76^{ns}	6.56^{ns}	6.60^{ns}
16	6.60^{ns}	6.36^{ns}	6.50^{ns}	6.63^{ns}	6.66^{ns}
20	7.10^{ns}	6.63^{ns}	6.53^{ns}	7.20^{ns}	6.86^{ns}

The different superscripts in the same column denote the significant differences ($p < 0.05$).

[1] All values are the means of 30 panelists.

3. ผลของชนิดของฮิวแมคแตนท์ต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้ง

จากการศึกษาผลของการเติมกลีเซอรอล ซอร์บิทอล แลคทิทอล และกลูโคสไซรัป ร้อยละ 50 ของน้ำหนักส่วนผสมต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งที่ผ่านการหมักตามระยะเวลาที่คัดเลือกได้ในข้อ 2 คือ 20 ชั่วโมง และผ่านการอบแห้งด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และความเร็วลม 3 เมตรต่อวินาที จนกระทั่งผลิตภัณฑ์มีค่าวอเตอร์แอกติวิตีสุดท้ายอยู่ในช่วง 0.64 – 0.65 ได้ผลการทดลองดังนี้

3.1 ความชื้นและค่าวอเตอร์แอกติวิตี จากการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการหมักด้วยเครื่องปรุงรสที่มีการเติมกลีเซอรอลมีปริมาณความชื้นหลังการอบแห้งมากที่สุดและผลิตภัณฑ์ที่เติมกลูโคสไซรัป แลคทิทอล ซอร์บิทอลและผลิตภัณฑ์ชุดควบคุม (เติมเฉพาะน้ำตาล เกลือและผงชูรส) มีปริมาณความชื้นลดลงตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 9 เนื่องจากฮิวแมคแตนท์ที่เติมลงไปดังกล่าว แทรกซึมเข้าไปในเนื้อปลาไปสร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำภายในเนื้อปลา (Fennema, 1996) ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นมากกว่าตัวอย่างชุดควบคุม เมื่อผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีค่าวอเตอร์แอกติวิตีใกล้เคียงกัน บทบาทที่สำคัญในการลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีในปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งนั้น นอกจากการลดปริมาณน้ำในอาหารด้วยวิธีการระเหยน้ำบางส่วนออกจากอาหารแล้ว น้ำอีกส่วนหนึ่งจะลดลงได้โดยการจับตัวกับสารดูดความชื้นทำให้ไม่อยู่ในรูปอิสระ (Hollis *et al*., 1968) Nambu และคณะ (1997) พบว่าการหมักเนื้อด้วยโซเดียมคลอไรด์ 0.40 – 0.70 โมลาร์ ร่วมกับซอร์บิทอล 0.38 – 1.02 โมลาร์ ทำให้อัตราการลดลงของน้ำในผลิตภัณฑ์ขณะทำแห้งและการลดลงของค่าวอเตอร์แอกติวิตีสุดท้ายหลังการอบแห้งสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่หมักด้วยโซเดียมคลอไรด์เพียงอย่างเดียว นอกจากนั้น Jeong และคณะ (1983) ยังพบว่าการเติมโซเดียมคลอไรด์ใน Kamaboko ส่งผลให้ค่าวอเตอร์แอกติวิตีลดลงได้มากที่สุด ส่วนการเติมกลีเซอรอลและการเติมซอร์บิทอลค่าวอเตอร์แอกติวิตีลดลงได้น้อยลงตามลำดับ และจากการทดลองของอุไรวรรณ ปิตาวรานนท์ (2534) พบว่าค่าวอเตอร์แอกติวิตีของผลิตภัณฑ์เนื้อกึ่งแห้งที่เติมซอร์บิทอลร้อยละ 20 ในเครื่องปรุงรสที่ประกอบด้วยน้ำตาล เกลือ ผงชูรส ยี่หร่า ซีอิ้วขาว และโพแทสเซี่ยมซอร์เบท มีแนวโน้มลดลงมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการเติมซอร์บิทอลเมื่อใช้ระยะเวลาการอบแห้งเท่ากัน และ Iseya และ คณะ (2000) ได้ทดลองหมักปลาเอทคาแมคเคอเรล (Atka mackerel, *Pleurogrammus azonus*) และปลาหมึก (*Todarodes pacificus*) ในสารละลายที่ประกอบด้วย Tris-acetate 200 มิลลิโมลาร์ ซอร์บิทอล 0.5 – 1.5 โมลาร์ และ/หรือโซเดียมคลอไรด์ 0.5 – 1.5 โมลาร์ พบว่าเมื่อซอร์บิทอลซึมผ่านเข้าสู่ปลาและปลาหมึกมากขึ้น ทำให้ความชื้นลดลงร้อยละ 52 และ 42 ตามลำดับ และการหมักร่วมกับเกลือพบว่าเกลือสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการดึงน้ำออกแบบออสโมติกได้ และเมื่อนำตัวอย่างไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ตัวอย่างที่หมักด้วยซอร์บิทอลมีอัตราการอบแห้งในช่วงเริ่มต้นช้ากว่าตัวอย่างที่ไม่ได้ผ่านการหมัก อัตราการอบแห้งคงที่ของตัวอย่างที่ผ่านการหมักมีค่าต่ำกว่าตัวอย่างที่ไม่ผ่านการหมักอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 9 ปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกติวิตีของปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งที่เติมฮิวแมคแตนท์ชนิดต่างๆ

Moisture content and water activity of IM yellowstrip trevally containing various humectants.

Humectant	Drying time (hrs.)	Moisture content[1] (% dry basis)	Water activity[1]
control	12:30	18.28	0.650
glucose syrup	12:30	22.70	0.651
glycerol	11:50	24.97	0.654
sorbitol	11:50	18.41	0.645
lactitol	11:50	20.55	0.644

[1] All values are the means of 2 determinations.

3.2 ระยะเวลาการอบแห้ง

จากการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมกลีเซอรอล ซอร์บิทอลและแลคทิทอล ร้อยละ 50 ใช้เวลาในการอบแห้งน้อยที่สุดคือ 11 ชั่วโมง 50 นาที และผลิตภัณฑ์ที่เติมกลูโคสไซรัป ร้อยละ 50 และชุดควบคุม ต้องใช้เวลาในการอบแห้ง 12 ชั่วโมง 30 นาที ดังแสดงในตารางที่ 9 เช่นเดียวกับการทดลองของอุไรวรรณ ปิตาวรานนท์ (2534) ซึ่งพบว่าเนื้อกึ่งแห้งที่ใช้กลูโคสไซรัปมีอัตราการลดลงของค่าวอเตอร์แอกติวิตีมากกว่าเนื้อกึ่งแห้งที่ไม่ใช้กลูโคสไซรัป ในช่วงเวลาการอบช่วง 60 – 100 นาที และอัตราการลดลงของค่าวอเตอร์แอกติวิตีของเนื้อกึ่งแห้งที่ใช้กลูโคสไซรัปจะลดลงน้อยกว่าเนื้อกึ่งแห้งที่ไม่ใช้กลูโคสไซรัปหลังจากการอบ 100 – 140 นาที ทั้งนี้อาจเนื่องจากสารละลายในเนื้อกึ่งแห้งมีความเข้มข้นสูงขึ้นจะทำให้การเคลื่อนที่ของน้ำภายในชั้นเนื้อออกสู่ภายนอกในระหว่างการอบเป็นไปได้ช้าลง แต่เมื่อระยะเวลาในการอบแห้งนานถึง 140 นาที ค่าวอเตอร์แอกติวิตีของเนื้อกึ่งแห้งทั้งสองตัวอย่างอยู่ในระดับใกล้เคียงกัน

3.3 คุณภาพทางกายภาพ

ผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งที่หมักด้วยฮิวแมคแตนท์ชนิดต่างๆ แล้วนำมาอบแห้งมีคุณภาพดังนี้

(1) ค่าสี ผลของการเติมกลีเซอรอล ซอร์บิทอล กลูโคสไซรัปและแลคทิทอล ร้อยละ 50 มีผลทำให้ค่า L a b แตกต่างกัน ($p < 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ชุดควบคุมและชุดที่เติมกลูโคสไซรัปมีค่า L a b สูงที่สุดและมีค่าไม่แตกต่างกัน และผลิตภัณฑ์ที่เติมแลคทิทอล ซอร์บิทอลและกลีเซอรอลร้อยละ 50 มีค่า L a b ลดลง ดังแสดงในตารางที่ 10 เนื่องจากกลูโคสไซรัปจัดอยู่ในจำพวกน้ำตาลรีดิวส์ จึงเกิดสีได้จากปฏิกิริยาเมลลาร์ดเมื่อได้รับความร้อน (Birch, 1977) ส่วนกลีเซอรอล ซอร์บิทอลและแลคทิทอลเป็นสารประกอบพวกพอลิออล ซึ่งมีความคงตัวต่อความร้อนได้ดีกว่าสารประกอบประเภทน้ำตาลและไม่เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Dias, 1999) และค่า L ของผลิตภัณฑ์ที่เติมฮิวแมคแตนท์ชนิดต่างๆมีค่าลดลง เนื่องจากผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีลักษณะมันวาว จึงส่งผลให้เกิดการกระเจิงแสงในขณะวัดค่า L

(2) ค่าความแข็ง (Hardness) และ ค่าแรงเฉือน (Shear force) ผลของการเติมกลีเซอรอล ซอร์บิทอล แลคทิทอลและกลูโคสไซรัปร้อยละ 50 มีผลทำให้ค่าความแข็งแตกต่างกัน ($p < 0.05$) โดยพบว่าผลิตภัณฑ์ชุดควบคุมมีค่าความแข็งมากที่สุด และผลิตภัณฑ์ที่เติมแลคทิทอล กลูโคสไซรัป ซอร์บิทอลและกลีเซอรอลร้อยละ 50 มีค่าลดลงตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 10 ส่วนค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์ที่เติมกลีเซอรอล ซอร์บิทอล กลูโคสไซรัปมีค่าน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ชุดควบคุม ขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่เติมแลคทิทอลมีค่าแรงเฉือนไม่แตกต่างจากชุดควบคุม เนื่องจากผลิตภัณฑ์ชุดควบคุมมีปริมาณความชื้นหลังการอบน้อยที่สุดและใช้เวลาในการอบแห้งนานที่สุดดังแสดงในตารางที่ 9 จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็งมากที่สุด นอกจากนี้น้ำตาลและสารพอลิออลมีคุณสมบัติเพิ่มความคงตัวต่อการเสียสภาพของโปรตีนเนื่องจากความร้อน โดยมีผลเพิ่มความแข็งแรงของพันธะไฮโดรโฟบิกระหว่างหมู่ไฮโดรโฟบิกเมื่อเทียบกับโปรตีนในน้ำบริสุทธิ์ อย่างไรก็ตามน้ำตาลพอลิออลต่างชนิดกันมีผลต่อความคงตัวของโปรตีนที่แตกต่างกัน โดยขึ้นอยู่กับโครงสร้างของโมเลกุลและการจัดเรียงตัวของหมู่ไฮดร็อกซิล ซึ่งส่งผลต่อการจับตัวกับน้ำ (Back *et al.*, 1979) นอกจากนี้ยังขึ้นกับอัตราการแพร่ โดยอัตราการแพร่ของสารประกอบที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่จะช้ากว่าสารประกอบที่มีขนาดโมเลกุลเล็ก (Geankoplis, 1995) ดังนั้นการที่

แลคทิทอลมีขนาดโมเลกุลใหญ่ (น้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 344) ส่วนกลีเซอรอลมีขนาดโมเลกุลเล็ก (น้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 92) จึงส่งผลให้แลคทิทอลแทรกซึมเข้าไปในเนื้อปลาในขณะหมักเครื่องปรุงรสได้ต่ำ ดังนั้นตัวอย่างที่เติมแลคทิทอลจึงมีผลต่อการคงสภาพของโปรตีนเนื่องจากความร้อนได้ต่ำกว่าฮิวแมคแตนท์ชนิดอื่นๆ ทำให้มีค่าแรงเฉือนไม่แตกต่างจากชุดควบคุม ขณะที่กลีเซอรอลอาจจะแทรกซึมเข้าไปในเนื้อปลาได้สูงจึงส่งผลต่อการคงสภาพของโปรตีนได้สูงกว่า ผลิตภัณฑ์ที่เติมกลีเซอรอลจึงมีค่าความแข็งและค่าแรงเฉือนต่ำกว่าการเติมฮิวแมคแตนท์ชนิดอื่นๆ

การศึกษาของอุไรวรรณ ปิติวรานนท์ (2534) พบว่าผลิตภัณฑ์เนื้อกึ่งแห้งที่เติมกลูโคสไซรัปและซอร์บิทอลมีลักษณะชุ่มฉ่ำแตกต่างจากเนื้อกึ่งแห้งที่ไม่เติมกลูโคสไซรัปและซอร์บิทอล ซึ่งมีลักษณะแห้งกระด้าง นอกจากนั้นยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Iseya และคณะ (2000) โดยพบว่าเมื่อปริมาณความชื้นของตัวอย่างเนื้อปลาแมคเคอเรลอบแห้งใกล้เคียงกัน ค่าแรงเฉือนของตัวอย่างที่ไม่ผ่านการหมักมีค่าไม่แตกต่างกับตัวอย่างที่หมักด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1.5 โมลาร์ ($p>0.01$) แต่ค่าแรงเฉือนของตัวอย่างทั้งสองสูงกว่าตัวอย่างที่ผ่านการหมักด้วยสารละลายซอร์บิทอลที่ระดับความเข้มข้น 0.5 – 1.5 โมลาร์ ($p<0.01$) จากผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าผลของการหมักด้วยซอร์บิทอล ส่งผลในการยับยั้งการเกิดลักษณะแข็งที่ผิวหน้า (Case hardening) ของปลาแห้ง และยังมีรายงานว่าโซเดียมคลอไรด์ก็ให้ผลในการยับยั้งการเกิด Case hardening ได้เช่นกัน แต่อย่างไรก็ตามซอร์บิทอลให้ผลในการยับยั้งที่ดีกว่า (Iseya *et al.*, 2000) โดยซอร์บิทอลมีบทบาทในการลดการเสียสภาพของโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์และเพิ่มความสามารถในการเก็บกักน้ำของผลิตภัณฑ์ปลาแห้ง (Nambu *et al.*, 1997 อ้างโดย Iseya *et al.*, 2000) นอกจากนี้ Funatsu และคณะ (1995 อ้างโดย Iseya *et al.*, 2000) รายงานว่าซอร์บิทอลและเกลือที่ความเข้มข้นสูงมีผลเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะการไหล (Rheological) ของเนื้อปลา wallege pollock อบแห้ง Barrett และคณะ (1998) พบว่าการลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีโดยการลดปริมาณความชื้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์ meat stick มีความแข็งมากขึ้น แต่เมื่อเติมกลีเซอรอลลงไปกลีเซอรอลจะช่วยในการควบคุมค่าวอเตอร์แอกติวิตีและยังช่วยขัดขวางการเกิดความเหนียวซึ่งเกิดได้เมื่อลดปริมาณความชื้น

ตารางที่ 10 ผลของฮิวแมคแตนท์ชนิดต่างๆต่อคุณภาพทางกายภาพของปลาข้างเหลืองกึ่งแห้ง

Physical qualities of IM yellowstrip trevally as influenced by various humectants.

Humectant	Color value [1]			Hardness [1]	Shear force [1]
	L	a	b	(g)	(g)
control	37.19^{a}	4.09^{a}	12.77^{a}	12167.22^{a}	9695.55^{a}
glucose syrup	36.81^{a}	3.41^{abc}	12.24^{ab}	10854.51^{b}	7805.68^{b}
glycerol	34.88^{b}	2.87^{c}	11.15^{c}	8361.93^{c}	7290.88^{b}
sorbitol	35.81^{ab}	3.24^{bc}	11.82^{bc}	10455.51^{b}	7497.07^{b}
lactitol	36.40^{ab}	3.67^{ab}	11.99^{abc}	11081.32^{b}	10737.27^{a}

The different superscripts in the same column denote the significant differences ($p < 0.05$).

[1] All values are the means of 9 determinations.

3.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากการทดสอบความชอบโดยวิธี Hedonic scale (9 คะแนน) ของตัวอย่างปลาแห้งก่อนและหลังทำให้สุก ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 11

ลักษณะปรากฏ ผู้ทดสอบชอบลักษณะปรากฏของตัวอย่างก่อนทำให้สุกที่เติมกลีเซอรอล กลูโคสไซรัป และแลคทิทอลร้อยละ 50 มากกว่าผลิตภัณฑ์ชุดควบคุม ($p < 0.05$) ขณะที่ตัวอย่างที่เติมซอร์บิทอลไม่มีความแตกต่างจากชุดควบคุม เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่เติมฮิวแมคแตนท์ชนิดต่างๆมีลักษณะมันวาว ขณะที่ตัวอย่างชุดควบคุมมีลักษณะผิวหน้าที่แห้งกระด้าง

ลักษณะเนื้อสัมผัส จากตารางที่ 11 พบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างคะแนนความชอบด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของตัวอย่างปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งก่อนและหลังทำให้สุกที่เติมฮิวแมคแตนท์ชนิดต่างๆ ($p > 0.05$) แม้ว่าตัวอย่างจะมีค่าความแข็งและค่าแรงเฉือนที่แตกต่างกัน

<u>รสชาติ</u> ตัวอย่างที่มีการเติมกลีเซอรอลและแลคทิทอล ร้อยละ 50 ได้รับคะแนนความชอบด้านรสชาติสูงกว่าตัวอย่างชุดควบคุมและตัวอย่างที่เติมกลูโคสไซรัป ร้อยละ 50 ($p < 0.05$) เนื่องจากกลีเซอรอล แลคทิทอลและซอร์บิทอลมีความหวานร้อยละ 60 40 และ 50 ของน้ำตาลซูโครสตามลำดับ (ศิวาพร ศิวเวชช, 2529 และ Blankers, 1995) จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งดังกล่าวมีรสชาติหวานกว่าชุดควบคุม ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เติมกลูโคสไซรัปร้อยละ 50 แม้ว่าจะให้รสชาติหวานกว่าชุดควบคุมเช่นกัน แต่หลังทำให้สุกผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลเข้มและมีรสขม อันเนื่องมาจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Sapers, 1975 อ้างโดย ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก, 2532) และปฏิกิริยาคาราเมไลเซชันซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากการใช้ความร้อนสูงแยกสลายโมเลกุลของน้ำตาล และเกิดพอลิเมอไรเซชันของสารประกอบคาร์บอนได้สารที่มีรสขมคือไอโซแซกโครซาน และเกิดสารประกอบสีน้ำตาลเรียกว่าคาราเมลิน (รัชนี ตัณฑะพานิชกุล, 2537) และการเติมสารประกอบพอลิออลร่วมกับโซเดียมคลอไรด์ในขั้นตอนการหมักปลาข้างเหลือง ส่งผลให้การซึมผ่านของโซเดียมคลอไรด์เข้าสู่เนื้อปลาน้อยลง (Iseya *et al.,* 2000) ทำให้ปลาข้างเหลืองชุดควบคุมมีความเค็มสูงกว่าชุดที่เติมฮิวแมคแตนท์ ทำให้ได้รับคะแนนความชอบด้านรสชาติต่ำกว่าชุดที่เติมฮิวแมคแตนท์

<u>ความชอบรวม</u> ผลิตภัณฑ์ที่เติมกลีเซอรอล ร้อยละ 50 มีคะแนนความชอบสูงที่สุดและแตกต่างจากชุดควบคุม ($p < 0.05$) ขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่เติมกลูโคสไซรัป ซอร์บิทอล และแลคทิทอล ร้อยละ 50 มีคะแนนความชอบรวมไม่แตกต่างจากชุดควบคุม ($p > 0.05$)

จากคะแนนความชอบรวมและความสามารถในการลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีจึงคัดเลือกกลีเซอรอลและแลคทิทอลร้อยละ 50 เป็นฮิวแมคแตนท์ที่เหมาะสมสำหรับเติมลงไปในขณะหมักปลาข้างเหลืองเพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

ตารางที่ 11 คะแนนการยอมรับเฉลี่ยของปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งที่เติมฮิวแมคแตนท์ชนิดต่างๆ

Mean acceptability scores of IM yellowstrip trevally containing various humectants.

Humectant	Mean score[1]				
	before roasting		After roasting		Overall liking
	Appearance	Texture	Texture	Taste	
control	6.23^{b}	5.57^{ns}	6.10^{ns}	6.03^{b}	6.03^{bc}
glucose syrup	6.93^{a}	5.80^{ns}	5.60^{ns}	5.40^{c}	5.40^{c}
glycerol	6.90^{a}	6.27^{ns}	6.30^{ns}	6.73^{a}	6.87^{a}
sorbitol	6.47^{ab}	5.77^{ns}	5.90^{ns}	6.17^{ab}	6.20^{ab}
lactitol	6.97^{a}	5.70^{ns}	6.17^{ns}	6.77^{a}	6.43^{ab}

The different superscripts in the same column denote the significant differences ($p < 0.05$).

[1] All values are the means of 30 panelists.

4. ผลของระดับความเข้มข้นของฮิวแมคแตนท์ต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้ง

4.1 ผลของความเข้มข้นของกลีเซอรอลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้ง

จากการศึกษาผลของกลีเซอรอลที่ความเข้มข้นระดับต่างๆกันคือ ร้อยละ 40 45 และ 50 ของน้ำหนักเครื่องปรุงรสต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้ง ได้ผลดังนี้

4.1.1 ความชื้นและค่าวอเตอร์แอกติวิตี การเติมกลีเซอรอลในปริมาณมากขึ้นส่งผลให้ปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกติวิตีของตัวอย่างปลาข้างเหลืองก่อนการอบแห้งมีแนวโน้มลดลงได้มากขึ้น เนื่องจากกลีเซอรอลมีผลทำให้ความดันออสโมติกเปลี่ยนไป น้ำถูกสกัดออกจากเนื้อเยื่อมากขึ้น ส่วนปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งหลังการอบที่เติมกลีเซอรอลในระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้นส่งผลให้ปริมาณความชื้นสุดท้ายหลังการอบมีค่า

สูงขึ้นตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 12 เนื่องจากกลีเซอรอลเข้าไปสร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำภายในเนื้อปลาจึงทำให้ยังคงมีน้ำถูกจับพันธะไว้มากกว่าตัวอย่างชุดอื่นๆ (Fennema, 1996) และให้ผลสอดคล้องกับการศึกษาของ Okonkwo และคณะ (1991) ซึ่งพบว่าผลิตภัณฑ์เนื้อรมควันกึ่งแห้งที่เติมกลีเซอรอลจะมีปริมาณความชื้น (ร้อยละ 19.92) สูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมกลีเซอรอล (ร้อยละ 14.67) ($p<0.05$) นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ที่เติมกลีเซอรอลมีค่าวอเตอร์แอกติวิตี (0.63) ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมกลีเซอรอล (0.70) ($p<0.05$) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Iseya และคณะ (2000) พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของซอร์บิทอลในสารละลายที่ใช้ในการหมัก ส่งผลให้ปริมาณซอร์บิทอลในเนื้อปลาเอทคาแมคเคอเรทและปลาหมึกที่ผ่านการหมักเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณความชื้นลดลง นอกจากนั้นพบว่าอัตราการอบแห้งคงที่ของปลาเอทคาแมคเคอเรทและปลาหมึกลดลงอย่างมีนัยสำคัญ Nanbu และคณะ (1997 อ้างโดย Iseya *et al.*, 2000) รายงานว่าการหมักเนื้อปลาในสารละลายโซเดียมคลอไรด์และซอร์บิทอล การซึมผ่านของซอร์บิทอลในเนื้อปลาไม่ขึ้นกับโซเดียมคลอไรด์ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Iseya และคณะ (2000) พบว่าโซเดียมคลอไรด์ 0.5 – 2.0 โมลาร์ ไม่มีผลต่อการซึมผ่านของซอร์บิทอลในขณะหมักเนื้อปลาเอทคาแมคเคอเรทและปลาหมึก แต่อย่างไรก็ตามซอร์บิทอลมีผลทำให้การซึมผ่านของโซเดียมคลอไรด์น้อยลง

ตารางที่ 12 ปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกติวิตีของปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งที่เติมกลีเซอรอลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

Moisture content and water activity of IM yellowstrip trevally containing glycerol at different concentrations.

Concentration of glycerol (%)	Drying time (hrs.)	Moisture content (% dry basis)		Water activity	
		before drying	after drying	before drying	after drying
0	12:05	235.39[a]	20.01	0.966[a]	0.645
40	11:50	200.83[b]	21.19	0.955[b]	0.647
45	11:35	195.97[b]	22.55	0.953[c]	0.647
50	11:15	195.80[b]	24.10	0.951[d]	0.647

The different superscripts in the same column denote the significant differences ($p < 0.05$).

[1] All values are the means of 4 determinations (2 determinations on each of duplication).

4.1.2 คุณภาพทางกายภาพ

(1) ค่าสี ผลของการเติมกลีเซอรอลในระดับต่างๆกันไม่มีผลทำให้ค่า L a b แตกต่างกัน ($p > 0.05$) สารประกอบพวกพอลิออลมีความคงตัวต่อสารเคมีและความร้อนได้ดีกว่าสารประกอบประเภทน้ำตาล เนื่องจากกลุ่มไฮดร็อกซิลของพอลิออลเกิดปฏิกิริยาได้น้อยกว่ากลุ่มอัลดีไฮด์หรือคีโตนของน้ำตาล และสารประกอบพวกพอลิออลยังสามารถหลอมเหลวได้โดยปราศจากการสลายตัว และจะไม่เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด ซึ่งจะเกิดสีน้ำตาลได้เนื่องจากความร้อน (Dias, 1999) และถึงแม้ว่าน้ำตาลจะเป็นสารประกอบจำพวกพอลิไฮดร็อกซิล แต่ในน้ำตาลจะมีพันธะอัลดีไฮด์อยู่ด้วย (Aldehyde linkage) จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ความสามารถในการคงตัวต่อความร้อนของน้ำตาลเสียไป (ศิวาพร ศิวเวชช, 2529)

(2) ค่าความแข็งและค่าแรงเฉือน ผลของการเติมกลีเซอรอลร้อยละ 40 45 และ 50 มีผลทำให้ค่าความแข็งและค่าแรงเฉือนมีค่าลดลงตามลำดับ และผลิตภัณฑ์ชุดควบคุมมีค่าความแข็งและค่าแรงเฉือนสูงที่สุด ($p<0.05$) เนื่องจากผลิตภัณฑ์ชุดควบคุมมีความชื้นหลังการหมักเครื่องปรุงรสสูงกว่าชุดที่เติมกลีเซอรอล (ดังแสดงในตารางที่ 12) จึงส่งผลให้ชุดควบคุมมีอัตราการอบแห้งสูงกว่าชุดที่เติมกลีเซอรอล ซึ่งการลดความชื้นอย่างรวดเร็วมีผล

ทำให้ผิวหน้าของตัวอย่างแห้งแข็ง (Case hardening) (Pigotto and Tucker, 1990 อ้างโดย Iseya *et al.,* 1998) นอกจากนั้นชุดควบคุมมีปริมาณความชื้นหลังการอบแห้งน้อยที่สุด ดังนั้นจึงมีค่าความแข็งและค่าแรงเฉือนสูงสุด ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เติมกลีเซอรอลเพิ่มขึ้นส่งผลให้โปรตีนมีความคงตัวต่อการเสียสภาพด้วยความร้อนได้ดี (Back *et al.,* 1979) และผลิตภัณฑ์ดังกล่าวยังมีปริมาณความชื้นสุดท้ายหลังการอบเพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็งน้อยลงด้วย Iseya และคณะ (1998) รายงานว่าค่าแรงเฉือนมีความสัมพันธ์กับปริมาณความชื้นของตัวอย่างปลาแห้ง โดยปลาเอทคาแมคเคอเรลที่หมักด้วยเกลือที่มีความเข้มข้นสูง (1.0 - 2.0 โมลาร์) มีค่าแรงเฉือนหลังอบแห้งต่ำกว่าเนื้อปลาที่ไม่ผ่านการหมักหรือหมักด้วยเกลือความเข้มข้นต่ำ (0.5 โมลาร์) เนื่องจากมีปริมาณความชื้นที่สูงกว่า สอดคล้องกับการศึกษาของพงศ์ธร พิทักษ์โกศลพงศ์ (2535) ซึ่งพบว่าค่าแรงเฉือนของกุ้งกุลาดำรมควันที่มีความชื้นลดลงจะมีผลทำให้เนื้อสัมผัสแข็งกระด้างขึ้นและมีค่าแรงเฉือนสูงขึ้น จากการศึกษาของ Okonkwo และ Obanu (1991) พบว่าผลิตภัณฑ์เนื้อกึ่งแห้งรมควันที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 32.98 ของส่วนผสมที่ใช้ในการหมักเนื้อ มีปริมาณความชื้นสูงกว่าและมีค่าแรงเฉือนต่ำกว่าผลิตภัณฑ์เนื้อกึ่งแห้งรมควันที่ไม่เติมกลีเซอรอล ($p<0.05$) (280 และ 440 นิวตัน ตามลำดับ) Levine และ Slade (1992 อ้างโดย Barrett *et al.,* 1998) รายงานว่าการปรับระดับของน้ำหรือระดับของกลีเซอรอลมีผลต่อเนื้อสัมผัส เพราะสารทั้งสองชนิดสามารถทำให้เมทริกซ์ของโปรตีนเกิดลักษณะที่ยืดหยุ่นได้ (Plasticize) ซึ่งสารเหล่านี้มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำจึงสามารถขัดขวางการจับตัวของโปรตีนและทำให้การเคลื่อนที่ของโมเลกุลเพิ่มขึ้น ดังนั้นโครงสร้างของเนื้อจึงนุ่มขึ้น

ตารางที่ 13 คุณภาพทางกายภาพของปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งที่เติมกลีเซอรอลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

Physical properties of IM yellowstrip trevally containing glycerol at different concentrations.

Concentration of glycerol (%)	Color value [1]			Hardness [1] (g)	Shear force [1] (g)
	L	a	b		
0	37.29^{ns}	4.28^{ns}	13.11^{ns}	7215.27^{a}	9399.44^{a}
40	37.04^{ns}	4.12^{ns}	12.95^{ns}	5922.24^{b}	9068.30^{a}
45	35.95^{ns}	3.90^{ns}	12.55^{ns}	5147.27^{c}	8524.45^{ab}
50	36.78^{ns}	3.87^{ns}	12.80^{ns}	5002.73^{c}	7489.73^{b}

The different superscrits in the same column denote the significant differences ($p < 0.05$).

[1] All values are the means of 18 determinations (9 determinations on each of duplication).

4.1.4 คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

ลักษณะปรากฏ คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 40 และ 45 ไม่แตกต่างจากชุดควบคุม ($p > 0.05$) แต่พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์ที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 50 สูงกว่าผลิตภัณฑ์ชุดควบคุม ($p < 0.05$) เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 50 มีลักษณะแวววาวมากที่สุด

ลักษณะเนื้อสัมผัส ผลของการเติมกลีเซอรอลในระดับต่างๆกันไม่มีผลทำให้คะแนนความชอบด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งก่อนทำให้สุกแตกต่างกัน ($p > 0.05$) และเมื่อนำผลิตภัณฑ์มาทำให้สุกโดยการอบที่ 180 องศาเซลเซียส นาน 13 นาที พบว่าตัวอย่างที่เติมกลีเซอรอลในระดับต่างๆได้รับคะแนนความชอบสูงกว่าผลิตภัณฑ์ชุดควบคุม ($p<0.05$) โดยพบว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมกลีเซอรอลในปริมาณมากขึ้นส่งผลให้คะแนนความชอบเฉลี่ยมีแนวโน้มสูงขึ้นตามลำดับ เนื่องจากการเติมกลีเซอรอลลงไปทำให้ตัวอย่างมีค่าความแข็งและค่าแรงเฉือนลดลง ดังตารางที่ 14 นอกจากนั้นยังส่งผลให้มีความฉ่ำน้ำมากขึ้น (Pascua *et al.*, 1994)

<u>รสชาติ</u> การเติมกลีเซอรอลในระดับต่างๆทำให้ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งหลังทำให้สุกได้รับคะแนนความชอบด้านรสชาติสูงกว่าผลิตภัณฑ์ชุดควบคุม ($p<0.05$) โดยพบว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 50 มีคะแนนความชอบสูงที่สุด โดยได้คะแนนเฉลี่ย 6.93 เนื่องจากกลีเซอรอลมีความหวานร้อยละ 60 ของน้ำตาลซูโครส (ศิวาพร ศิวเวชช, 2529) จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่เติมกลีเซอรอลลงไปมีรสชาติหวานกว่าชุดควบคุม

<u>ความชอบรวม</u> ผลิตภัณฑ์ที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 50 ได้รับคะแนนความชอบรวมสูงกว่าผลิตภัณฑ์ชุดควบคุม ($p<0.05$) และมีคะแนนสูงที่สุด โดยได้คะแนนเฉลี่ย 7.05 เนื่องจากผลของลักษณะปรากฏ ลักษณะเนื้อสัมผัสและรสชาติดังกล่าวทำให้ตัวอย่างได้รับคะแนนความชอบรวมสูงสุด

จากคะแนนความชอบรวมและความสามารถในการลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีจึงคัดเลือกกลีเซอรอลร้อยละ 50 เป็นฮิวแมคแตนท์ที่เหมาะสมสำหรับเติมลงไปในขณะหมักปลาข้างเหลืองเพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

ตารางที่ 14 ผลของกลีเซอรอลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ต่อคะแนนการยอมรับเฉลี่ยของปลาข้างเหลืองกึ่งแห้ง

Mean acceptability scores of IM yellowstrip trevally as influenced by glycerol at different concentrations.

Concentration of glycerol (%)	Mean score[1]				
	before roasting		after roasting		overall liking
	appearance	texture	texture	taste	
0	6.48^{b}	6.10^{ns}	5.77^{b}	5.95^{b}	6.18^{b}
40	6.87^{ab}	6.73^{ns}	6.35^{a}	6.62^{a}	6.62^{ab}
45	6.83^{ab}	6.38^{ns}	6.45^{a}	6.60^{a}	6.60^{ab}
50	7.15^{a}	6.35^{ns}	6.73^{a}	6.93^{a}	7.05^{a}

The different superscrips in the same column denote the significant differences ($p < 0.05$).

[1]All values are the means of 60 panelists (30 panelists on each of duplication).

4.2 ผลของความเข้มข้นของแลคทิทอลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้ง

จากการศึกษาผลของแลคทิทอลที่ระดับต่างๆกันคือ ร้อยละ 40 45 และ 50 ของน้ำหนักเครื่องปรุงรสต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งเช่นเดียวกับข้อ 4.1 ได้ผลการทดลองดังนี้

4.2.1 ความชื้นและค่าวอเตอร์แอกติวิตี การเติมแลคทิทอลในปริมาณมากขึ้นส่งผลให้ปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกติวิตีของตัวอย่างปลาข้างเหลืองก่อนการอบแห้งมีแนวโน้มลดลงตามลำดับ ขณะที่ปริมาณความชื้นสุดท้ายของปลาข้างเหลืองหลังการอบมีค่าสูงขึ้นตามลำดับเช่นเดียวกับกลีเซอรอลดังแสดงในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกติวิตีของปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งที่เติมแลคทิทอลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

Moisture content and water activity of IM yellowstrip trevally containing lactitol at different concentrations.

Concentration of lactitol (%)	Drying time (hrs.)	Moisture content (% dry basis)		Water activity	
		before drying	after drying	before drying	after drying
0	12:10	249.07[a]	18.54	0.965[a]	0.641
40	12:00	217.72[b]	18.82	0.964[b]	0.648
45	12:00	208.87[b]	19.21	0.963[b]	0.649
50	12:00	201.21[b]	19.47	0.963[b]	0.645

The different superscripts in the same column denote the significant differences ($p > 0.05$).

1 All values are the means of 4 determinations (2 determinations on each of duplication).

4.2.2 คุณภาพทางกายภาพ

(1) ค่าสี จากตารางที่ 16 จะเห็นว่าการเติมแลคทิทอลในระดับต่างๆกันไม่มีผลทำให้ค่า L แตกต่างกัน แต่ทำให้ค่าต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ชุดควบคุม ($p < 0.05$) ขณะที่การเติมแลคทิทอลในปริมาณที่สูงขึ้นทำให้ค่า b ลดลง ($p < 0.05$) และพบว่าผลิตภัณฑ์ชุดควบคุมมีค่า L และ b สูงสุด อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างระหว่างค่า a ของตัวอย่างแต่ละสิ่งทดลอง ($p > 0.05$) เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่เติมแลคทิทอลใช้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยกว่าชุดควบคุมและน้ำตาลแลคทิทอลไม่ได้จัดอยู่ในจำพวกน้ำตาลรีดิวซ์ ซึ่งกลุ่มอัลดีไฮด์ของน้ำตาลแลคทิทอลไม่อยู่ในสภาวะอิสระ โดยคาร์บอนในตำแหน่งที่หนึ่งของ β-D-Galactopyranosyl ต่ออยู่กับหมู่ไฮดร็อกซิลของ D-glucitol ที่คาร์บอนตำแหน่งที่สี่ด้วยพันธะไกลโคซิดิก จึงไม่ทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดหรือเกิดสีน้ำตาลได้เนื่องจากความร้อน (Blankers, 1995; Fennema, 1996)

(2) ค่าความแข็งและค่าแรงเฉือน ผลของการเติมแลคทิทอลในระดับต่างๆกันไม่มีผลทำให้ค่าความแข็งและค่าแรงเฉือนแตกต่างกัน ($p > 0.05$) เนื่องจากแลคทิทอลมีขนาดโมเลกุลใหญ่ ส่งผลให้การแทรกซึมเข้าสู่เนื้อปลาได้ช้า (Geankoplis, 1995) ดังนั้นการเติมแลคทิทอลที่ระดับต่างๆกันจึงมีผลต่อความคงตัวของโปรตีนจากการเสียสภาพได้น้อย (Back *et al.,* 1979) นอกจากนั้นปริมาณความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวหลังการอบแห้งมีค่าใกล้เคียงกันและยังใช้ระยะเวลาการอบแห้งใกล้เคียงกันอีกด้วย

ตารางที่ 16 คุณภาพทางกายภาพของปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งที่เติมแลคทิทอลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

Physical properties of IM yellowstrip trevally containing lactitol at different concentrations.

Concentration	Color value [1]			Hardness[1]	Shear force [1]
Of lactitol (%)	L	a	b	(g)	(g)
0	37.23^{a}	4.15^{ns}	12.60^{a}	8486.45^{ns}	8643.16^{ns}
40	35.01^{b}	4.07^{ns}	12.19^{a}	8355.98^{ns}	8518.62^{ns}
45	35.20^{b}	3.92^{ns}	12.05^{ab}	8392.61^{ns}	8715.32^{ns}
50	35.99^{b}	3.29^{ns}	11.55^{b}	8212.39^{ns}	9008.51^{ns}

The different superscripts in the same column denote the significant differences ($p < 0.05$).

1 All values are the means of 18 determinations (9 determinations on each of duplication).

4.2.4 คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

<u>ลักษณะปรากฏ</u> การเติมแลคทิทอลในระดับต่างๆกันไม่มีผลทำให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งก่อนทำให้สุกแตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์ที่เติมแลคทิทอลสูงกว่าผลิตภัณฑ์ชุดควบคุม ($p<0.05$) เนื่องจากเมื่อเติมแลคทิทอลลงไปส่งผลให้ความแวววาวของผลิตภัณฑ์เพิ่มมากขึ้น

<u>ลักษณะเนื้อสัมผัส</u> ผลของการเติมแลคทิทอลในระดับต่างๆกันไม่มีผลทำให้คะแนนความชอบด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งทั้งก่อนและหลังทำให้สุกแตกต่างกัน ($p > 0.05$) เนื่องจากตัวอย่างมีค่าความแข็งและค่าแรงเฉือน (ตารางที่ 16) ที่ไม่แตกต่างกัน

<u>รสชาติ</u> การเติมแลคทิทอลในระดับต่างๆกันทำให้ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งหลังทำให้สุกได้รับคะแนนความชอบด้านรสชาติสูงกว่าผลิตภัณฑ์ชุดควบคุม ($p < 0.05$) โดยพบว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมแลคทิทอลร้อยละ 50 มีคะแนนความชอบสูงที่สุด โดยได้คะแนนเฉลี่ย 7.03

เนื่องจากแลคทิทอลมีความหวานร้อยละ 40 ของน้ำตาลซูโครส (Blankers, 1995) ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่เติมแลคทิทอลลงไปมีรสชาติหวานกว่าผลิตภัณฑ์ชุดควบคุม

ความชอบรวม ผลิตภัณฑ์ที่เติมแลคทิทอลในระดับต่างๆกันได้รับคะแนนความชอบรวมไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ที่เติมแลคทิทอลร้อยละ 50 มีแนวโน้มได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุด โดยได้คะแนนเฉลี่ย 6.95 เนื่องจากผลของลักษณะปรากฏ และรสชาติดังกล่าวทำให้ตัวอย่างได้รับคะแนนความชอบรวมสูงสุด

จากคะแนนความชอบรวมและความสามารถในการลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีจึงคัดเลือกแลคทิทอลร้อยละ 50 เป็นฮิวแมคแตนท์ที่เหมาะสมสำหรับเติมลงไปในขณะหมักปลาข้างเหลืองเพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

ตารางที่ 17 ผลของแลคทิทอลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ต่อคะแนนการยอมรับเฉลี่ยของปลาข้างเหลืองกึ่งแห้ง

Mean acceptability scores of IM yellowstrip trevally as influenced by lactitol at different concentrations.

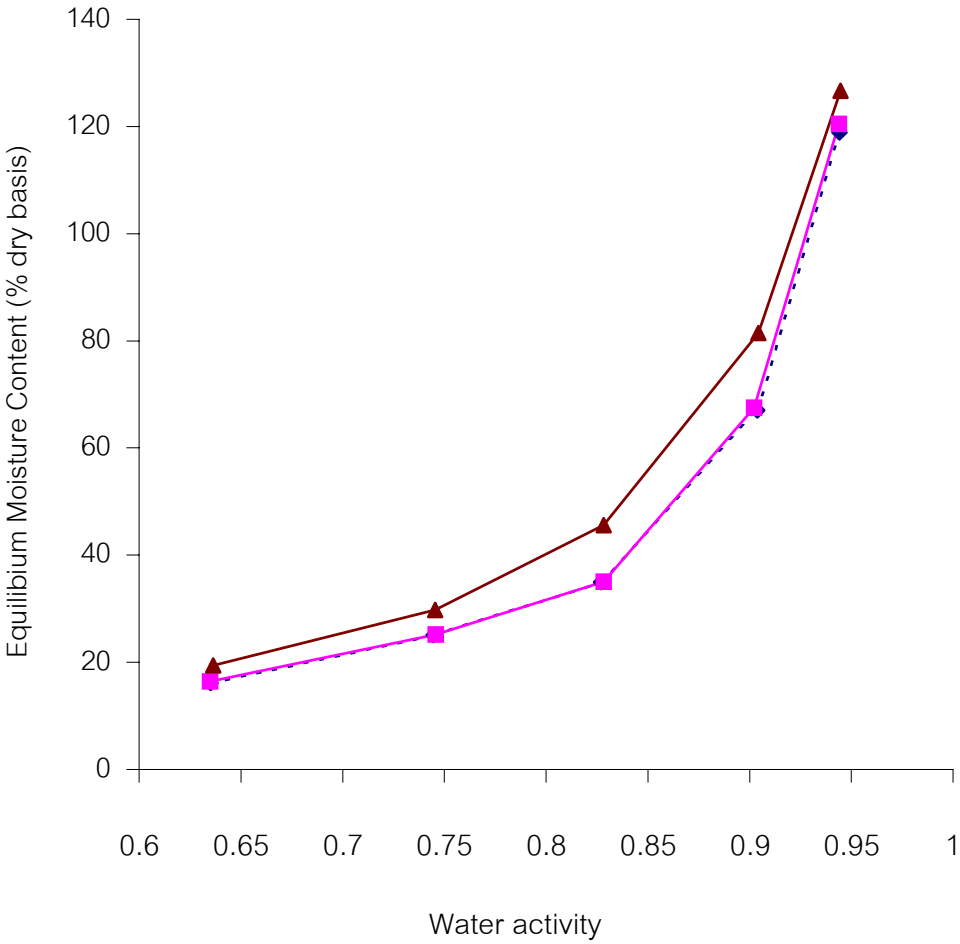
Concentration of lactitol (%)	Mean score[1]				
	before roasting		after roasting		overall liking
	appearance	texture	texture	taste	
0	6.35^{b}	6.10^{ns}	6.03^{ns}	6.17^{b}	6.37^{ns}
40	6.88^{a}	6.28^{ns}	6.23^{ns}	6.88^{a}	6.73^{ns}
45	6.83^{a}	6.25^{ns}	6.33^{ns}	6.65^{a}	6.55^{ns}
50	7.07^{a}	6.55^{ns}	6.42^{ns}	7.03^{a}	6.95^{ns}

The different superscripts in the same column denote the significant differences ($p < 0.05$).

[1] All values are the means of 60 panelists (30 panelists on each of duplication).

5. การศึกษาซอร์ปชันไอโซเทอร์มของผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้ง

การทดลองหาซอร์ปชันไอโซเทอร์มแบบดูดความชื้นที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เพื่อเปรียบเทียบผลของชุดควบคุมและการเติมฮิวแมคแตนท์ที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 4 คือ กลีเซอรอลและแลคทิทอลร้อยละ 50 ของผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งที่มีค่าวอเตอร์แอกติวิตีสุดท้ายน้อยกว่า 0.60 พบว่าที่ค่าวอเตอร์แอกติวิตีใกล้เคียงกันผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 50 มีค่าความชื้นสมดุลมากที่สุด ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เติมแลคทิทอลร้อยละ 50 และผลิตภัณฑ์ชุดควบคุมมีค่าความชื้นสมดุลน้อยลงตามลำดับ (รูปที่ 9) เนื่องจากกลีเซอรอลมีความสามารถในการลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีได้สูง ขณะที่แลคทิทอลมีความสามารถในการลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีได้ต่ำกว่า (Blankers, 1995; Dias, 1999) จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งที่เติมแลคทิทอลมีค่าความชื้นสมดุลต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมกลีเซอรอลแต่สูงกว่าผลิตภัณฑ์ชุดควบคุม การศึกษาของ Chen และคณะ (2000) ซึ่งศึกษาซอร์ปชันไอโซเทอร์มแบบดูดความชื้นของ pork jerky ที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 6 และ 9 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีมากกว่า 0.75 ผลิตภัณฑ์ pork jerky ที่เติมกลีเซอรอลมีปริมาณความชื้นสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมกลีเซอรอล ดังนั้นจึงคัดเลือกกลีเซอรอลร้อยละ 50 เป็นฮิวแมคแตนท์ที่เหมาะสมสำหรับเติมลงไปในขณะหมักปลาข้างเหลืองเพื่อใช้ในการศึกษาขั้นต่อไป



รูปที่ 9 ซอร์ปชันไอโซเทอร์มแบบดูดความชื้นที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ของปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งที่เติมกลีเซอรอลและแลคทิทอล

Adsorption isotherms at 30^{O}C of IM Yellowstrip Trevally containing glycerol and lactitol.

(--◆--) control (-▲-) 50 % glycerol (-■-) 50 % lactitol

All values are the means of triplication.

6. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งในระหว่างการเก็บรักษา

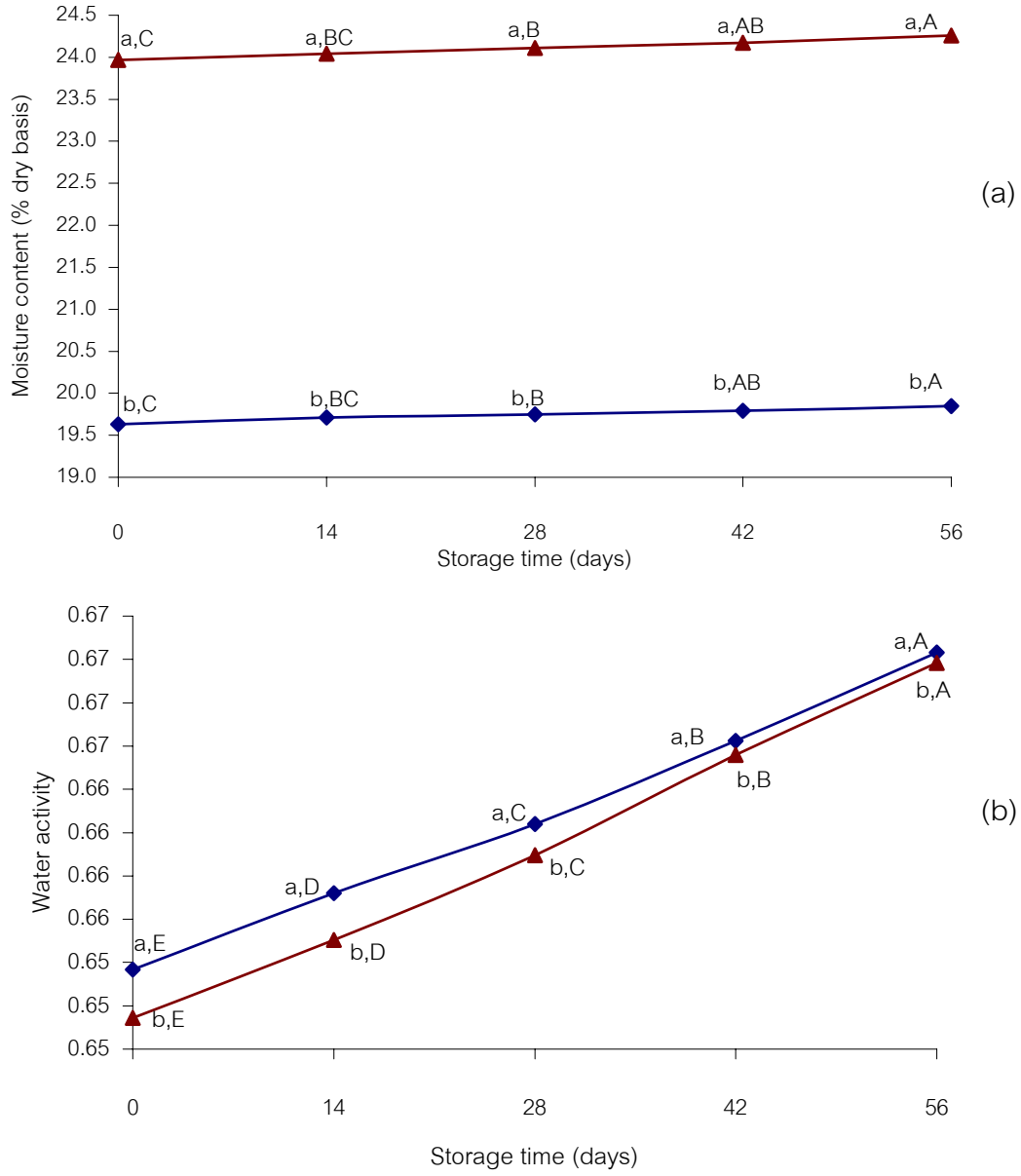
6.1 การเปลี่ยนแปลงทางเคมี

6.1.1 ความชื้น

ตัวอย่างที่เติมกลีเซอรอลมีความชื้นสูงกว่าตัวอย่างชุดควบคุมและเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งมีแนวโน้มสูงขึ้น ($p<0.05$) (รูปที่ 10) ซึ่งถุงพลาสติกพอลิเอทิลีนชนิดที่มีความหนาแน่นต่ำลามิเนตอยู่กับแผ่นเปลวอลูมิเนียมและไนลอนที่ใช้ในการบรรจุตัวอย่างมีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 85 เท่ากับ 0.013 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน Quast และ Teixeira (1976) ได้กล่าวถึงการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นที่เกิดขึ้นว่ามีผลเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ของสภาวะแวดล้อมที่ใช้ในการเก็บรักษา นอกจากนั้น Rahman (1999) ยังรายงานไว้ว่าเมื่อบรรจุอาหารในภาชนะบรรจุที่มีการซึมผ่านได้ อาหารจะเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ใน 2 กรณี คือ อาหารจะดูดความชื้นถ้าค่าวอเตอร์แอกติวิตีของอาหารต่ำกว่าค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอกภาชนะบรรจุ หรืออาหารจะสูญเสียความชื้นถ้าค่าวอเตอร์แอกติวิตีของอาหารสูงกว่าค่าความชื้นสัมพัทธ์ เช่นเดียวกับการศึกษาของวิษฐิดา จันทราพรชัย (2537) ซึ่งพบว่าผลิตภัณฑ์จากโปรตีนถั่วลิสงแปลงเนื้อสัมผัสที่บรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนและถุงเมทาไลซ์ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 สัปดาห์ มีปริมาณความชื้นเฉลี่ยต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เนื่องจากความชื้นสัมพัทธ์ที่อุณหภูมิห้องมีค่าประมาณร้อยละ 61 ในขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์ในตู้เก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีค่าประมาณร้อยละ 68 และอาหารมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 7.45 ถึง 10.19 จึงทำให้ดูดความชื้นจากอากาศไว้ ส่งผลให้ตัวอย่างมีความชื้นสูงขึ้น

6.1.2 ค่าวอเตอร์แอกติวิตี

เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าวอเตอร์แอกติวิตีของผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งชุดควบคุมและชุดที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 50 มีค่าเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) (รูปที่ 10) เนื่องจากผลิตภัณฑ์ดังกล่าวเป็นอาหารแห้งจึงสามารถดูดความชื้นจากอากาศได้ดี ดังนั้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้นจึงเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าวอเตอร์แอกติวิตีในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นด้วย (Paine and Paine, 1992)



รูปที่ 10 ปริมาณความชื้น (a) และค่าวอเตอร์แอกติวิตี (b) ของปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งในขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ซึ่งบรรจุอยู่ในถุงพลาสติกพอลิเอทิลีนชนิดที่มีความหนาแน่นต่ำลามิเนตอยู่กับแผ่นเปลวอลูมิเนียมและไนลอน

Moisture content (a) and water activity (b) during storage at 30°C of IM yellowstrip trevally packed in LDPE/Al/Nylon bag.

The first and second superscripts show significant differences of mean among humectant types and storage times, respectively ($p<0.05$).

- ◆ - control IM yellowstrip trevally. - ▲ - 50% glycerol added IM yellowstrip trevally.

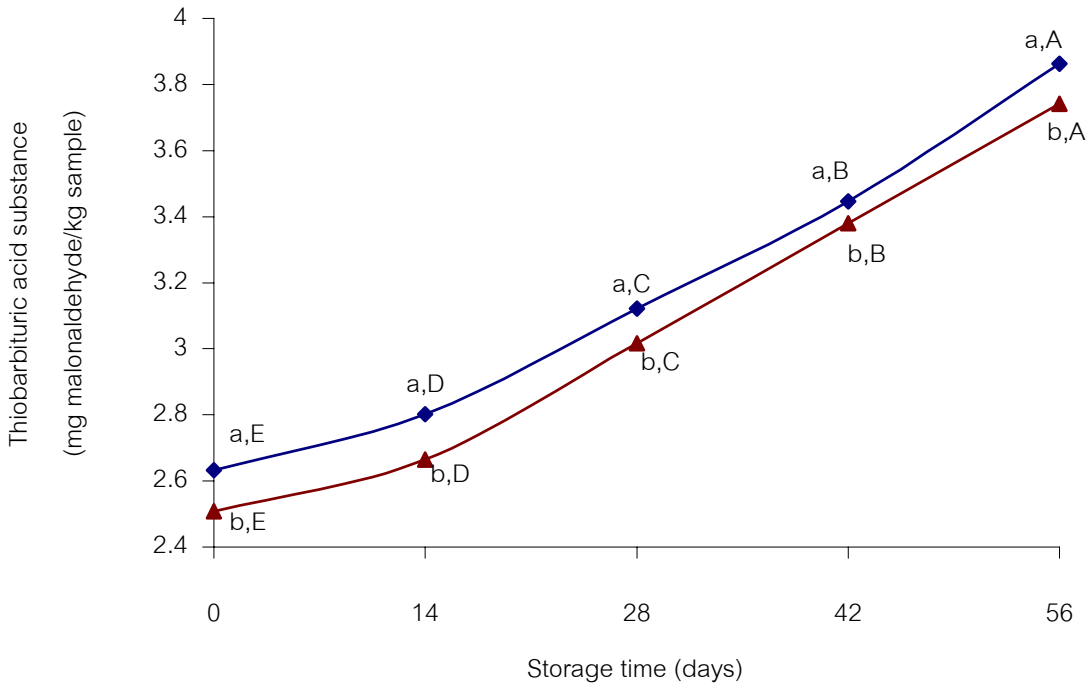
All values are the means of 6 determinations (3 determinations on each of duplication).

6.1.3 ค่า Thiobarbituric Acid Reaction Substance (TBARS)

เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งสูงขึ้น (รูปที่ 11) และผลิตภัณฑ์ชุดควบคุมมีค่า TBARS เพิ่มสูงขึ้นเร็วกว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 50 ($p<0.05$) เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความร้อนสูงในขณะอบแห้งจะมีผลทำให้ไขมันซึ่งเป็นองค์ประกอบในอาหารนั้นสลายตัวเป็นกรดไขมันอิสระได้ง่าย ดังนั้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นจึงทำให้เกิดการออกซิไดส์ขึ้นเรื่อยๆ (Madhavi *et al.,* 1996) นอกจากนั้นผลิตภัณฑ์ชุดที่เติมกลีเซอรอลมีความชื้นสูงกว่าชุดควบคุม ดังนั้นปริมาณน้ำที่สูงขึ้นจึงป้องกันไม่ให้ออกซิเจนเข้าทำปฏิกิริยากับกรดไขมันอิสระและยังทำให้เกิดพันธะไฮโดรเจนของน้ำกับไฮโดรเพอร์รอกไซด์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชันของกรดไขมัน ทำให้ไฮโดรเพอร์รอกไซด์เสถียรและไม่แตกตัวเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ (รัศนี ตัณฑะพานิชกุล, 2537)

ผลการทดลองให้ผลสอดคล้องกับการทดลองของ สินี หนองเต่าดำ และคณะ (2545) ที่พบว่าเนื้อจระเข้ปรุงรสที่บรรจุในถุงพลาสติกลามิเนตด้วยแผ่นเปลวอลูมิเนียมมีค่า Thiobabituric Acid (TBA) เพิ่มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น Shamberger และคณะ (1977) รายงานว่าค่า TBA ที่ยอมรับได้สำหรับอาหารทั่วไปมีค่าไม่เกิน 20 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อตัวอย่าง 1 กิโลกรัม อย่างไรก็ตามในอาหารแต่ละชนิดจะมีค่า TBA ที่ผู้ทดสอบสามารถรับรู้กลิ่นหืนได้แตกต่างกัน เช่น Tarladgis และคณะ (1960) รายงานว่าผู้ทดสอบรับรู้กลิ่นหืนในเนื้อหมูบดสุกเมื่อ TBA มีค่า 0.5 – 1.0 มิลลิกรัมของสับสเตรทที่ทำปฏิกิริยากับ TBA ต่อตัวอย่าง 1 กิโลกรัมและในเนื้อวัวบดสุกเมื่อ TBA มีค่า 0.6 – 2.0 มิลลิกรัมของ TBA ที่ทำปฏิกิริยากับสับสเตรทต่อตัวอย่าง 1 กิโลกรัม สำหรับปลาแซ่เยือกแข็งและปลากระป๋องพบว่ายังมีคุณภาพดีเมื่อ TBA มีค่าน้อยกว่า 3.0 มิลลิกรัมของสับสเตรทที่ทำปฏิกิริยากับ TBA ต่อตัวอย่าง 1 กิโลกรัม แต่ก็ยังยอมรับได้เมื่อค่า TBA เพิ่มขึ้นเป็น 4 – 27 มิลลิกรัมของสับสเตรทที่ทำปฏิกิริยากับ TBA ต่อตัวอย่าง 1 กิโลกรัม ส่วนปลาป่นมีค่า TBA เริ่มต้นเท่ากับ 21 มิลลิกรัมของสับสเตรทที่ทำปฏิกิริยากับ TBA ต่อตัวอย่าง 1 กิโลกรัม และจะมีกลิ่นหืนอย่างรุนแรงเมื่อ TBA มีค่าประมาณ 300 มิลลิกรัมของสับสเตรทที่ทำปฏิกิริยากับ TBA ต่อตัวอย่าง 1 กิโลกรัม (Green and Cumeze, 1982) กาญจนรี พงษ์ฉวี (2537) รายงานว่าผู้ทดสอบได้กลิ่นหืนในปลาดุกเส้นปรุงรสเมื่อมีค่า TBA ตั้งแต่ 2.1 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อตัวอย่าง 1 กิโลกรัม จารุรัตน์ นิยมเกียรติกุล

(2529) รายงานว่าผู้ทดสอบยอมรับกลิ่นและรสชาติของหมูสวรรค์ที่มีค่า TBA ไม่เกิน 3.54 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อตัวอย่าง 1 กิโลกรัม ผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งภายหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 56 วัน ชุดที่มีค่า TBARS สูงสุดคือตัวอย่างชุดควบคุม โดยมีค่าเท่ากับ 3.86 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อตัวอย่าง 1 กิโลกรัม ซึ่งจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าผลิตภัณฑ์ดังกล่าวยังคงได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบ



รูปที่ 11 ค่า Thiobarbituric Acid Reaction Substance (TBARS) ของปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งในขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ซึ่งบรรจุอยู่ในถุงพลาสติกพอลิเอทิลีนชนิดที่มีความหนาแน่นต่ำลามิเนตอยู่กับแผ่นเปลวอลูมิเนียมและไนลอน

Thiobarbituric Acid Reaction Substance (TBARS) during storage at 30°C of IM yellowstrip trevally packed in LDPE/Al/Nylon bag.

The first and second superscripts show significant differences of mean among humectant types and storage times, respectively ($p<0.05$).

- ◆ - control IM yellowstrip trevally. - ▲- 50% glycerol added IM yellowstrip trevally.

All values are the means of 6 determinations (3 determinations on each of duplication).

6.2 การเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพ

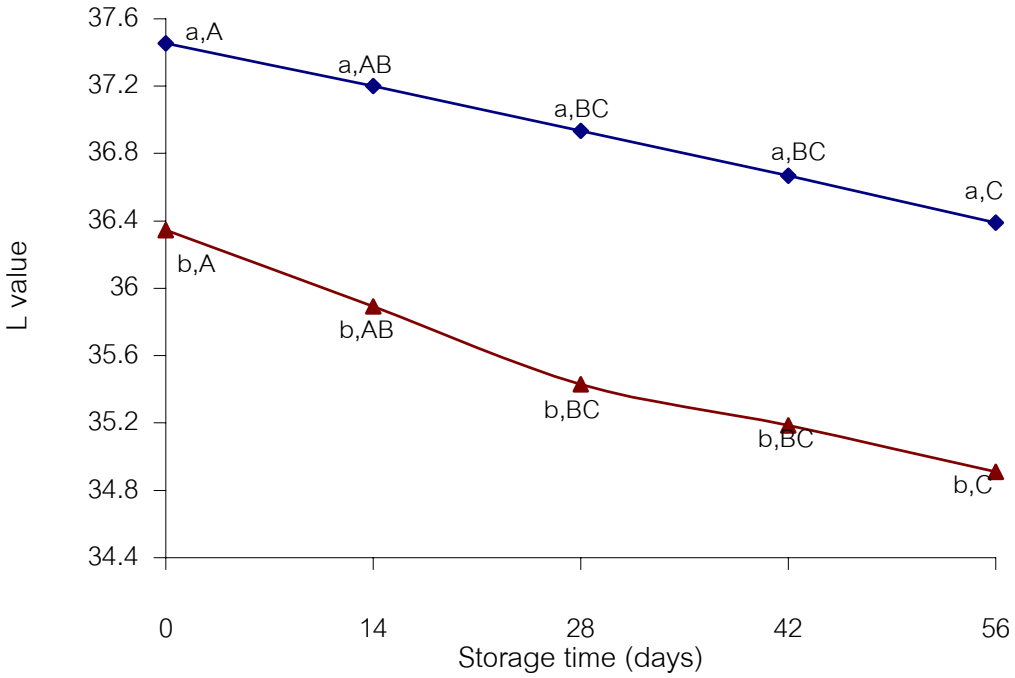
6.2.1 ค่าสี

ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลให้ค่าความสว่าง (ค่า L) ของผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งมีค่าลดลง ($p<0.05$) และผลิตภัณฑ์ชุดควบคุมมีค่า L สูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 50 (รูปที่ 12) การเกิดสีน้ำตาลขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาหรือการปรุงผลิตภัณฑ์ปลาแห้ง เกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด โดยน้ำตาลที่มีหมู่รีดิวส์ซิงจะทำปฏิกิริยากับหมู่เอมีน กรดอะมิโนหรือโปรตีน นอกจากนั้นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมัน ได้แก่ อัลดีไฮด์ เช่น มาลอนอัลดีไฮด์ และ คาร์บอนิลอื่นๆสามารถทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนได้เช่นกัน กลายเป็นผลิตภัณฑ์ที่ให้สี เช่น พวกเมลานอยดินส์ (melanoidins) และเกิดการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรส (Stansby, 1963; Pigott and Tucker, 1990)

สำหรับค่าสีแดง-เขียว (ค่า a) และค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (ค่า b) ของผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้ง พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษาไม่อิทธิพลต่อค่า a และ b ($p>0.05$) แต่อย่างไรก็ตามพบว่าค่า a และ b ของผลิตภัณฑ์ชุดควบคุมมีค่าสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 50 ($p<0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (รูปที่ 13) โดยลักษณะการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาจะเปลี่ยนจากสีน้ำตาลแดงเข้มไปเป็นสีน้ำตาลปนเหลืองเข้ม

6.2.2 ค่าความแข็งและค่าแรงเฉือน

ระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีอิทธิพลต่อค่าความแข็งและค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้ง ($p>0.05$) แม้ว่าปริมาณความชื้นจะมีค่าเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แต่อาจจะเป็นปริมาณที่ไม่มากพอที่จะส่งผลเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัส อย่างไรก็ตามพบว่าผลิตภัณฑ์ชุดควบคุมมีค่าความแข็งและค่าแรงเฉือนสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 50 ($p<0.05$) (รูปที่ 14)



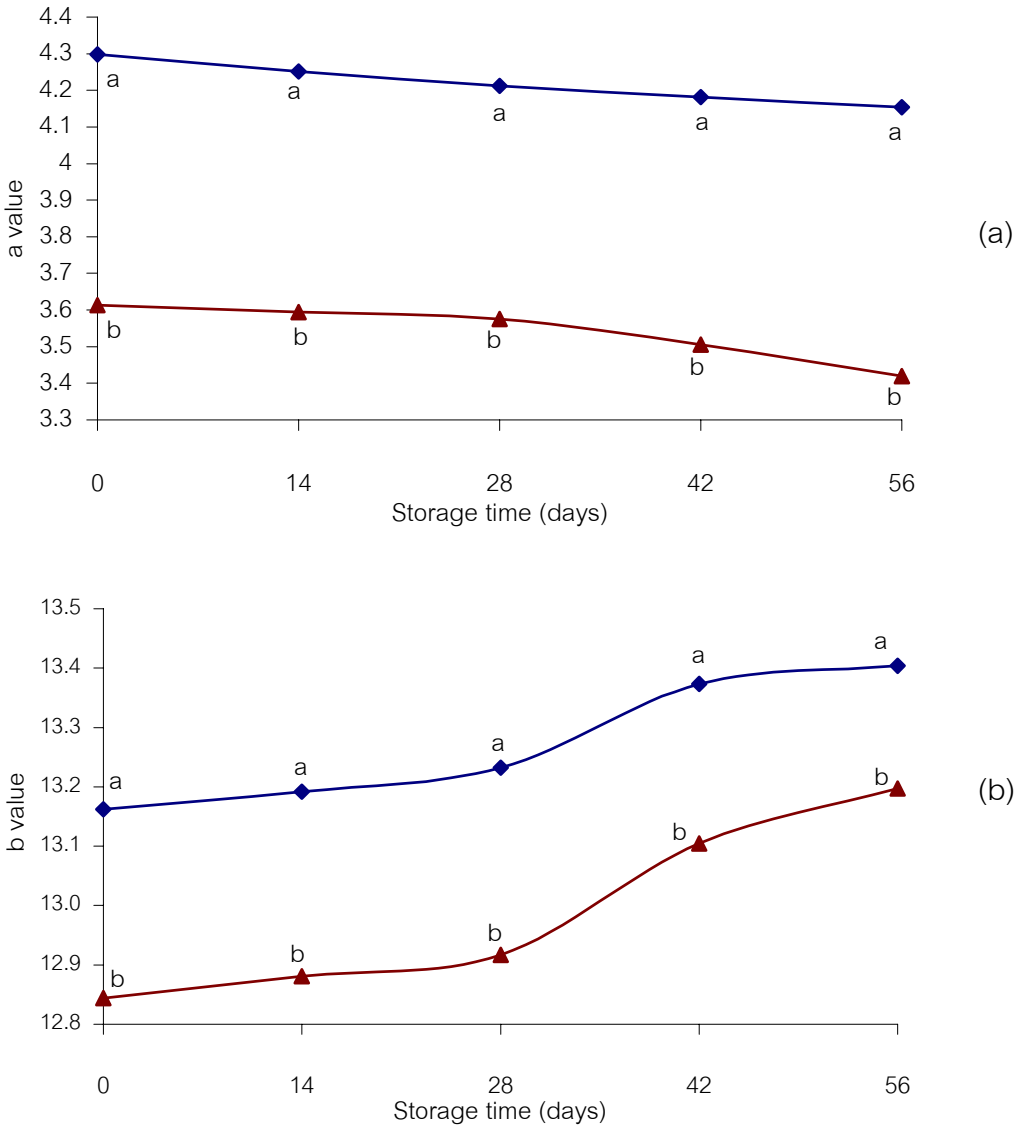
รูปที่ 12 ค่า L ของปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งในขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ซึ่งบรรจุอยู่ในถุงพลาสติกพอลิเอทิลีนชนิดที่มีความหนาแน่นต่ำลามิเนตอยู่กับแผ่นเปลวอลูมิเนียมและไนลอน

L value during storage at 30°C of IM yellowstrip trevally packed in LDPE/Al/Nylon bag.

The first and second superscripts show significant differences of mean among humectant types and storage times, respectively ($p<0.05$).

- ◆- control IM yellowstrip trevally. - ▲- 50% glycerol added IM yellowstrip trevally.

All values are the means of 6 determinations (3 determinations on each of duplication).



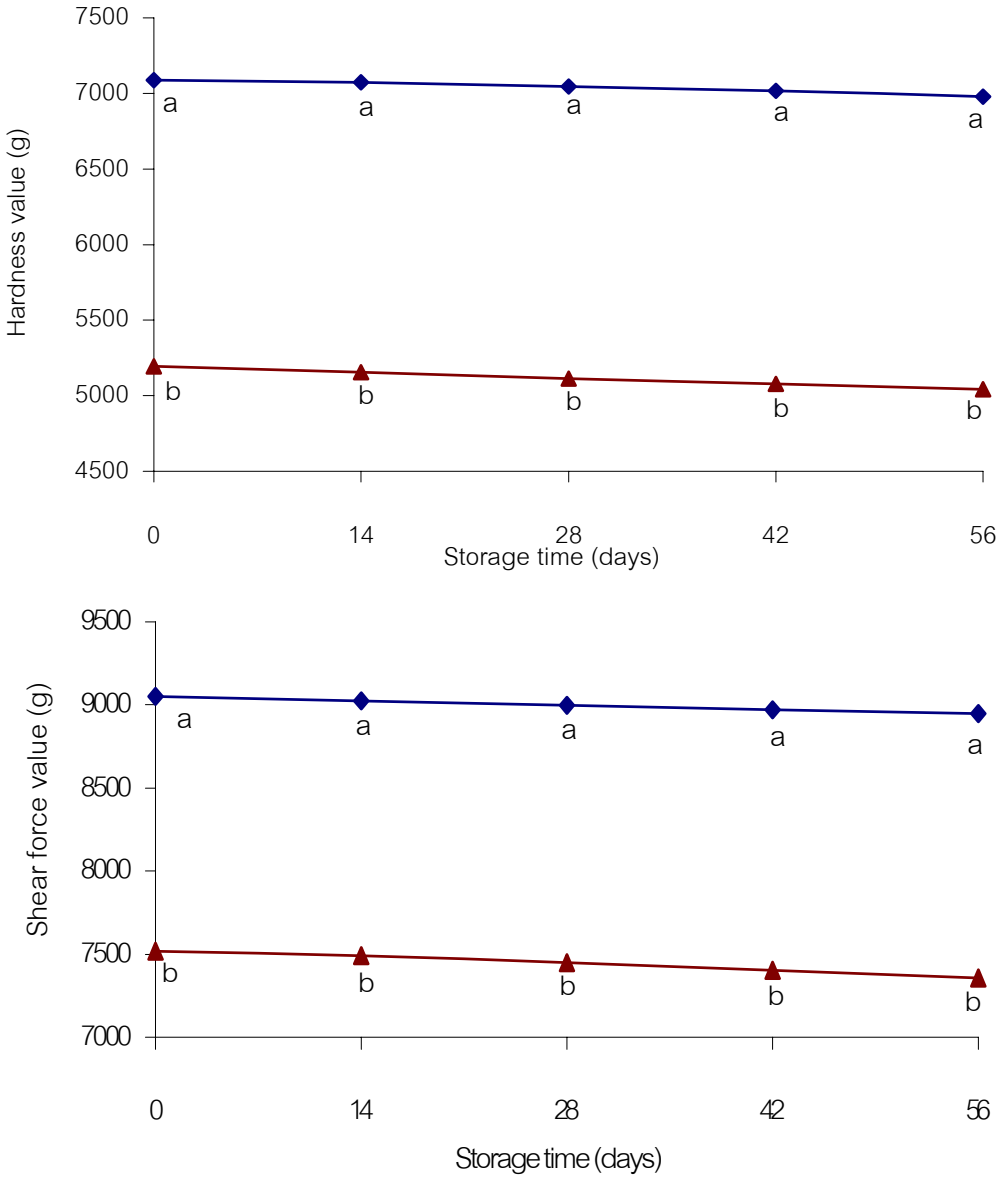
รูปที่ 13 ค่า a (a) และค่า b (a) ของปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งในขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ซึ่งบรรจุอยู่ในถุงพลาสติกพอลิเอทิลีนชนิดที่มีความหนาแน่นต่ำลามิเนตอยู่กับแผ่นเปลวอลูมิเนียมและไนลอน

a value (a) and b value (b) during storage at 30°C of IM yellowstrip trevally packed in LDPE/Al/Nylon bag.

Superscripts show significant differences of mean humectant types. ($p<0.05$).

- ◆ - control IM yellowstrip trevally. - ▲- 50% glycerol added IM yellowstrip trevally.

All values are the means of 6 determinations (3 determinations on each of duplication).



รูปที่ 14 ค่าความแข็ง (a) และค่าแรงเฉือน (b) ของปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งในขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ซึ่งบรรจุอยู่ในถุงพลาสติกพอลิเอทิลีนชนิดที่มีความหนาแน่นต่ำลามิเนตอยู่กับแผ่นเปลวอลูมิเนียมและไนลอน

Hardness (a) and shearforce value (b) during storage at 30°C of IM yellowstrip trevally packed in LDPE/Al/Nylon bag.

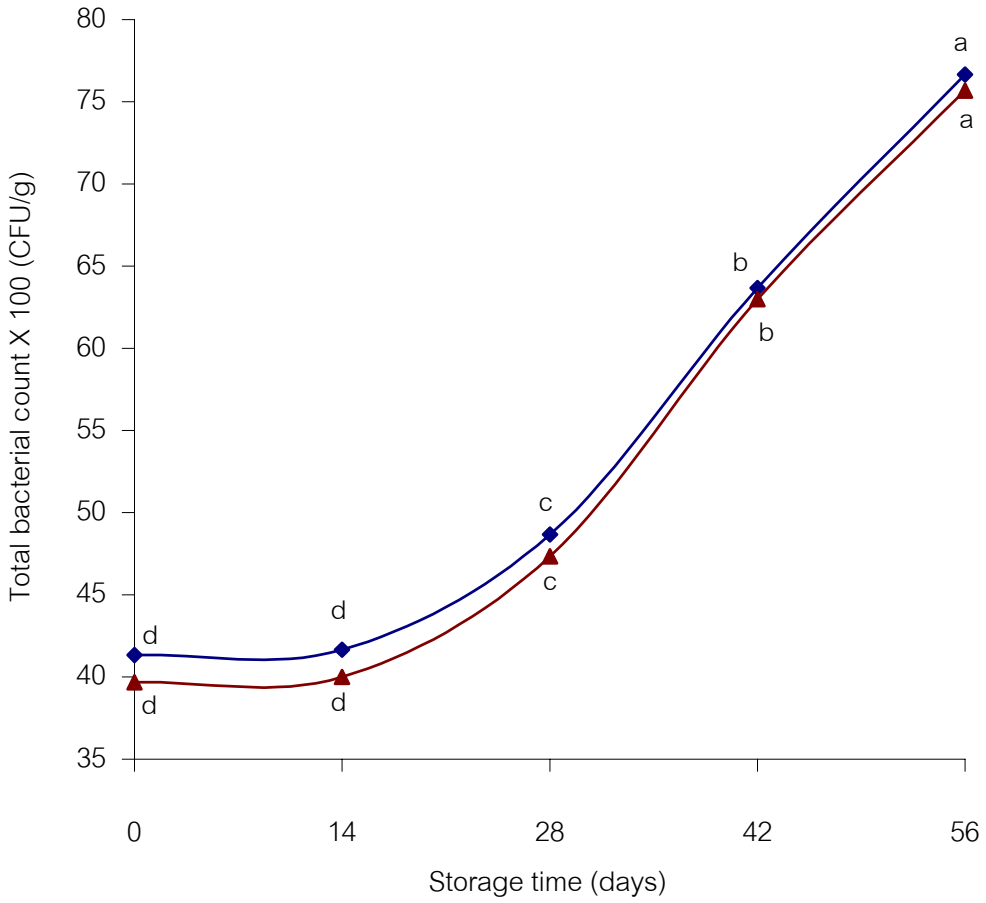
Superscripts show significant differences of mean among humectant types ($p<0.05$).

- ◆- control IM yellowstrip trevally. - ▲- 50% glycerol added IM yellowstrip trevally.

All values are the means of 6 determinations (3 determinations on each of duplication).

6.3 การเปลี่ยนแปลงทางด้านจุลินทรีย์

ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลทำให้ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดของผลิตภัณฑ์มีค่าเพิ่มขึ้น และการเติมกลีเซอรอลไม่มีผลต่อปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด (รูปที่ 15) และปริมาณยีสต์และราของผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งทุกตัวอย่างมีปริมาณน้อยกว่า 3 CFU/กรัมตัวอย่าง เนื่องจากค่าวอเตอร์แอกติวิตีที่ต่ำกว่า 0.65 สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ยกเว้นเชื้อราเพียงไม่กี่ชนิดที่สามารถเจริญได้แต่ก็ช้ามาก (มัทนา แสงจินดาวงษ์, 2538) อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานอุตสาหกรรมของผลิตภัณฑ์ที่ใกล้เคียง ได้แก่ ปลาหมึกแห้งปรุงรส ซึ่งได้กำหนดปริมาณของแบคทีเรียทั้งหมดและปริมาณยีสต์และราไม่เกิน 5 X 10^4 และ 10^3 CFU/กรัมตัวอย่างตามลำดับ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2522) ดังนั้นผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งที่ได้มีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด ปริมาณยีสต์และราต่ำกว่าที่กำหนด จึงยังมีความปลอดภัยในการบริโภคตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 56 วัน



รูปที่ 15 ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดของปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งในขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ซึ่งบรรจุอยู่ในถุงพลาสติกพอลิเอทิลีนชนิดที่มีความหนาแน่นต่ำลามิเนตอยู่กับแผ่นเปลวอลูมิเนียมและไนลอน

Total bacterial count during storage at 30°C of IM yellowstrip trevally packed in LDPE/Al/Nylon bag.

Superscripts show significant differences of mean among storage times ($p<0.05$).

- ◆ - control IM yellowstrip trevally.

- ▲- 50% glycerol added IM yellowstrip trevally.

All values are the means of 6 determinations (3 determinations on each of duplication).

6.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

6.2.1 คุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธี Multisample Difference Test (ดังแสดงในตารางที่ 18)

<u>สี</u> เมื่อเก็บรักษาตัวอย่างเป็นระยะเวลา 28 วัน สีของผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งทั้งชุดควบคุมและชุดที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 50 เปลี่ยนแปลงสีจากสีน้ำตาลแดงเข้มปานกลางไปเป็นสีน้ำตาลปนเหลืองเข้ม ($p<0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับค่า a และ b คือ ค่า a ซึ่งเป็นค่าของสีแดงมีค่าลดลง ขณะที่ค่า b ซึ่งเป็นค่าของสีเหลืองมีค่าเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามพบว่าผลิตภัณฑ์ชุดควบคุมมีสีน้ำตาลแดงเข้มมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 50 ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($p<0.05$)

<u>กลิ่นผิดปกติ</u> ระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งทั้งชุดควบคุมและชุดที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 50 มีกลิ่นผิดปกติเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) และผลิตภัณฑ์ชุดควบคุมมีการเพิ่มขึ้นของกลิ่นผิดปกติมากกว่าชุดที่เติมกลีเซอรอล ซึ่งถึงแม้ว่าปลาข้างเหลืองจัดเป็นปลาในกลุ่มที่พบไขมันต่ำ คือ ต่ำกว่าร้อยละ 5 (Stansby and Hall, 1967 อ้างโดย นงลักษณ์ สุทธิวนิช, 2531) แต่องค์ประกอบทางเคมีของไขมันปลามีส่วนประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัวในปริมาณสูงคือ ร้อยละ 60 – 75 ซึ่งกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวนี้จะส่งผลให้เกิดปฏิกริยาออกซิเดชันของปลาได้ง่าย จึงมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ เช่นเดียวกับการทดลองของ สินี หนองเต่าดำ และ คณะ (2545) ที่พบว่าเนื้อจระเข้ปรุงรสที่บรรจุในถุงพลาสติกลามิเนตด้วยแผ่นเปลวอลูมิเนียมมีกลิ่นหืนเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นกอบพร ประทุมนพรัตน์ (2543) รายงานว่าผลิตภัณฑ์ปลาหางควายแห้งปรุงรสที่บรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีน มีกลิ่นหืนเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

<u>ความแข็ง</u> เมื่อเก็บรักษาตัวอย่างเป็นระยะเวลา 28 วัน ส่งผลให้ความแข็งของผลิตภัณฑ์ก่อนและหลังการทำให้สุกมีค่าลดลง ($p<0.05$) และผลิตภัณฑ์ที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 50 มีค่าความแข็งต่ำกว่าชุดควบคุมทุกๆระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากผลิตภัณฑ์ดูดความชื้นจากสภาวะแวดล้อมที่ใช้ในการเก็บรักษา (Quast and Teixeira, 1976) และถึงแม้ว่าค่าความแข็งที่ได้จากการวัดโดยเครื่อง Texture Analyzer มีค่าไม่แตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และให้ผลสอดคล้องกับการศึกษาของกอบพร ประทุมนพรัตน์ (2543) ที่พบว่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ปลาหางควาย

แห้งปรุงรสที่ยังไม่ผ่านการทอดมีแนวโน้มลดลง ($p<0.05$) นอกจากนี้ Taub and Singh (1998) รายงานว่าเนื้อกึ่งแห้งซึ่งมีค่าวอเตอร์แอกติวิตีเท่ากับ 0.83 ที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส มีค่าความแข็ง ค่าแรงเฉือนและค่าแรงยึดเกาะระหว่างเส้นใยลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยเฉพาะการเก็บในสภาวะที่มีอากาศ ซึ่งส่งเสริมการเสียสภาพของโปรตีนจึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมากขึ้น เนื่องจากโปรตีนเกิดการแตกตัวและเกิดพันธะข้าม รวมทั้ง Obanu และ คณะ (1975b) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนในผลิตภัณฑ์เนื้อกึ่งแห้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณ soluble hydroxyproline เพิ่มขึ้นหลังเก็บรักษา 3 สัปดาห์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคอลลาเจนมีการเสื่อมสลายลงและส่งผลทำให้เพิ่มความนุ่มของเนื้อ

<u>ความเหนียว</u> เมื่อเก็บรักษาตัวอย่างเป็นระยะเวลา 42 วัน ผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งก่อนทำให้สุกทั้งชุดควบคุมและชุดที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 50 มีค่าเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) แต่ระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อผลิตภัณฑ์หลังทำให้สุก ($p>0.05$) นอกจากนั้นยังพบว่าตัวอย่างที่เติมกลีเซอรอลมีค่าความเหนียวสูงกว่าชุดควบคุม ($p<0.05$) และถึงแม้ว่าค่าแรงเฉือนที่วัดโดยเครื่อง Texture Analyzer มีค่าไม่แตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งตรงข้ามกับการทดสอบทางประสาทสัมผัสซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ทั้งนี้อาจเกิดจากค่าความเหนียวทางประสาทสัมผัสซึ่งวัดโดยการเคี้ยวตัวอย่างจนผู้ทดสอบสามารถกลืนได้ ตัวอย่างที่เติมกลีเซอรอลมีความเหนียวเกาะติดกับฟันมากกว่า ทำให้ยากต่อการเคี้ยว ส่งผลให้มีค่าสูงกว่าชุดควบคุม

<u>กลิ่นรสผิดปกติ</u> ผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งหลังทำให้สุกทั้งชุดควบคุมและชุดที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 50 มีกลิ่นรสผิดปกติเพิ่มขึ้นหลังการเก็บรักษา 28 วัน ($p<0.05$) แต่อย่างไรก็ตามพบว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 50 มีการเพิ่มขึ้นของกลิ่นรสผิดปกติน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ชุดควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับค่า TBARS นั่นคือผลิตภัณฑ์ชุดควบคุมมีค่า TBARS เพิ่มสูงขึ้นเร็วกว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมกลีเซอรอล เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้เป็นเวลาอย่างน้อย 14 วัน

6.2.2 การยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยรวม

เมื่อเก็บรักษาตัวอย่างเป็นระยะเวลา 28 วัน ผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งทั้งชุดควบคุมและชุดที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 50 ได้รับคะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยรวมลดลง ($p<0.05$) โดยพบว่าผลิตภัณฑ์ชุดควบคุมคะแนนการยอมรับโดยรวม

ลดลงเร็วกว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 50 เนื่องจากผลิตภัณฑ์ชุดที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 50 มีการเพิ่มขึ้นของกลิ่นผิดปกติและกลิ่นรสผิดปกติน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ชุดควบคุม นอกจากนั้นผลิตภัณฑ์ยังมีลักษณะแวววาวและมีความชุ่มฉ่ำมากกว่าผลิตภัณฑ์ชุดควบคุม อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งทั้ง 2 ชุดการทดลองที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 56 วัน ยังได้รับคะแนนการยอมรับโดยรวมมากกว่า 3 จึงจัดได้ว่าผลิตภัณฑ์ยังอยู่ในช่วงของการยอมรับระดับเฉยๆ

ตารางที่ 18 คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสในขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30^0C ของผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งซึ่งบรรจุในถุงพลาสติกพอลิเอทิลีนชนิดที่มีความหนาแน่นต่ำลามิเนตอยู่กับแผ่นเปลวอลูมิเนียมและไนลอน

Mean scores of sensory properties test during storage at 30^0C of IM yellowstrip trevally packed in LDPE/Al/Nylon bag.

Humectant	Storage time (days)	Mean score [1]							
		Before roasting				After roasting			Overall
		Colour	Off – odour	Hardness	Chewiness	Off - flavour	Hardness	Chewiness	acceptability
Control IM yellowstrip trevally	0	$10.087^{a,A}$	$0.000^{a,E}$	$10.861^{a,A}$	$5.813^{b,B}$	$0.000^{a,D}$	$9.517^{a,A}$	$6.370^{b,A}$	$4.05^{b,A}$
	14	$9.930^{a,A}$	$0.405^{a,D}$	$10.240^{a,AB}$	$6.060^{b,AB}$	$0.000^{a,D}$	$9.285^{a,A}$	$6.280^{b,A}$	$3.80^{b,AB}$
	28	$9.075^{a,B}$	$0.840^{a,C}$	$9.660^{a,BC}$	$6.240^{b,AB}$	$0.760^{a,C}$	$8.190^{a,B}$	$6.830^{b,A}$	$3.70^{b,BC}$
	42	$7.605^{a,C}$	$4.860^{a,B}$	$9.640^{a,BC}$	$6.350^{b,A}$	$1.350^{a,B}$	$7.890^{a,B}$	$7.095^{b,A}$	$3.55^{b,CD}$
	56	$6.740^{a,D}$	$6.535^{a,A}$	$9.335^{a,C}$	$6.760^{b,A}$	$1.750^{a,A}$	$7.665^{a,B}$	$7.235^{b,A}$	$3.30^{b,D}$
Glycerol IM yellowstrip trevally	0	$7.165^{b,A}$	$0.000^{b,E}$	$5.596^{b,A}$	$9.974^{a,B}$	$0.000^{a,D}$	$7.365^{a,A}$	$8.078^{a,A}$	$4.65^{a,A}$
	14	$6.970^{b,A}$	$0.230^{b,D}$	$5.485^{b,AB}$	$10.355^{a,AB}$	$0.000^{a,D}$	$7.380^{b,A}$	$8.400^{a,A}$	$4.45^{a,AB}$
	28	$5.540^{b,B}$	$0.675^{b,C}$	$5.470^{b,BC}$	$10.540^{a,AB}$	$0.765^{a,C}$	$6.640^{b,B}$	$8.675^{a,A}$	$4.15^{a,BC}$
	42	$4.785^{b,C}$	$4.245^{b,B}$	$5.265^{b,BC}$	$10.830^{a,A}$	$1.235^{a,B}$	$6.505^{b,B}$	$8.830^{a,A}$	$3.90^{a,CD}$
	56	$4.040^{b,D}$	$6.040^{b,A}$	$5.090^{b,C}$	$10.935^{a,A}$	$1.670^{a,A}$	$6.135^{b,B}$	$8.885^{a,A}$	$3.75^{a,D}$

[1]All values are the means of 20 panelists (10 panelists on each of duplication).

The first and second superscripts show significant differences of mean among humectant types and storage times, respectively ($p<0.05$).