

การลดค่าวอเตอร์แอคทีวิตีที่ผลิตภัณฑปลาข้างเหลือง (*Selaroides leptolepis*) กึ่งแห้ง

ปัทมกร พรหมจรรย์ และ ก่องกาญจน์ กิจรุ่งโรจน์

Abstract

Phomajun, P. and Kijroongrojana, K.

**Water activity reduction of intermediate moisture yellowstrip trevally
(*Selaroides leptolepis*)**

Songklanakarin J. Sci. Technol., 2005, 27(3) : 617-631

Water activity reduction of intermediate moisture yellowstrip trevally was studied. The optimal time (8, 12, 16, 20 hrs.) for curing marinade was investigated. The effects of different humectants (glycerol, sorbitol, lactitol, glucose syrup) at 50% w/w of curing ingredients were compared. Results showed that moisture content and water activity of cured yellowstrip trevally decreased as curing time increased ($p<0.05$). The curing time did not affect shear force, L a b value or acceptability scores, as evaluated by nine-point hedonic scale ($p>0.05$). However, the hardness of intermediate moisture Yellowstrip trevally, determined by texture analyzer, decreased. Hardness, shear force, L a b value of sample added with various humectants were lower than those of the control ($p<0.05$), whereas shear force of lactitol-added samples were not different from that of the control ($p>0.05$). The glycerol-added samples had the highest overall acceptability score and were higher than control, whereas the glucose syrup-added samples had the lowest score. Moisture content of the samples with the addition of various humectants was higher than that of the control (18.28 %). The samples added with glycerol retained the highest moisture (24.94%). The adsorption isotherm studies showed that the equilibrium moisture of sample added with glycerol was higher than that added with lactitol.

Key words : intermediate moisture food (IMF), humectants, dried fish, adsorption isotherm

Department of Food Technology, Faculty of Agro-Industry, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla, 90110 Thailand.

¹นักศึกษาระดับปริญญาตรี วท.ม. (เทคโนโลยีอาหาร), ²Ph.D.(Food Technology), ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90112

Corresponding e-mail: kongkarn.k@psu.ac.th

รับต้นฉบับ 4 พฤษภาคม 2547 รับลงพิมพ์ 15 ตุลาคม 2547

บทคัดย่อ

ปัทมกร พรหมจรรย์ และ ก่องกาญจน์ กิจรุ่งโรจน์
การลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลือง (*Selaroides leptolepis*) กึ่งแห้ง
ว. สงขลานครินทร์ วทท. 2548 27(3) : 617-631

การศึกษาการลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีในผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้ง โดยศึกษาเวลาที่เหมาะสม (8, 12, 16, 20 ชม.) สำหรับการหมักเครื่องปรุงรสของปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งและศึกษาชนิดของฮิวแมคแตนท์ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ กลีเซอรอล ซอร์บิทอล แลคทิทอล และกลูโคสไซรัป ที่ความเข้มข้น 50% ของเครื่องปรุงรส พบว่าเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการหมักส่งผลให้ปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกติวิตีของปลาข้างเหลืองหลังการหมักมีค่าลดลง ($p<0.05$) ขณะที่เวลาในการหมักเครื่องปรุงรสไม่มีผลต่อค่าแรงเฉือน ค่า $L a b$ และคะแนนการยอมรับซึ่งวัดโดยวิธี hedonic scale (9 คะแนน) ($p>0.05$) แต่อย่างไรก็ตาม ค่าความแข็งของปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งซึ่งวัดโดย texture analyzer มีค่าลดลง ($p<0.05$) นอกจากนี้พบว่าการเติมฮิวแมคแตนท์ชนิดต่าง ๆ มีผลให้ค่าความแข็ง ค่าแรงเฉือน และค่า $L a b$ ของปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ($p<0.05$) ยกเว้นผลิตภัณฑ์ที่เติมแลคทิทอลจะมีค่าแรงเฉือนไม่แตกต่างกับผลิตภัณฑ์ชุดควบคุม ($p>0.05$) และผลิตภัณฑ์ที่เติมกลีเซอรอลมีคะแนนความชอบรวมสูงที่สุด ขณะที่ตัวอย่างที่เติมกลูโคสไซรัปได้รับคะแนนน้อยที่สุด ตัวอย่างที่เติมฮิวแมคแตนท์ชนิดต่าง ๆ มีปริมาณความชื้นสูงกว่าชุดควบคุม (18.28%) และตัวอย่างที่เติมกลีเซอรอลมีปริมาณความชื้นสูงที่สุด (24.97%) จากการศึกษาซอร์ปชันไอโซเทอร์มแบบดูดความชื้นพบว่าปริมาณความชื้นสมดุลของตัวอย่างที่เติมกลีเซอรอลมีค่าสูงกว่าตัวอย่างที่เติมแลคทิทอล

การทำแห้งอาหารโดยทั่วไปหากมีการควบคุมวิธีการผลิตไม่ดีพอ อาจทำให้อาหารกรอบ เปราะง่าย ขนาดเปลี่ยนไป คุณค่าอาหารลดลง และเมื่อทำให้คืนรูปจะไม่คืนสู่สภาพเดิม ยกเว้นกรณีการทำแห้งด้วยวิธีการทำแห้งเยือกแข็ง (freeze drying) ซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูง ปัจจุบันจึงได้มีความสนใจนำสารที่เรียกว่า ฮิวแมคแตนท์ (humectant) มาใช้ในอาหารเพื่อลดปริมาณน้ำในอาหาร จนกระทั่งอาหารมีค่าวอเตอร์แอกติวิตีอยู่ในช่วง 0.6 ถึง 0.9 (Pascua *et al.*, 1994) วิธีการดังกล่าวทำให้ได้อาหารที่มีคุณภาพดีขึ้น รวมทั้งมีการเก็บรักษาได้นานขึ้น โดยสามารถป้องกันการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางจุลินทรีย์ของอาหารอาหารประเภทดังกล่าวจึงเรียกว่าอาหารกึ่งแห้ง (Intermediate Moisture Food, IMF)

การแปรรูปผลิตภัณฑ์ปลาแห้ง ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการแปรรูปอย่างแพร่หลายในหลายจังหวัดที่ติดชายฝั่งทะเล โดยการแปรรูปแบบดั้งเดิม ซึ่งพบว่าการลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมในการเก็บรักษาจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะผิวหน้าแห้งและเนื้อสัมผัสแข็งไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เนื่องจากผลิตภัณฑ์มี

ความชื้นลดลงมาก และหากแก้ปัญหาโดยการเพิ่มปริมาณของเกลือและน้ำตาลซูโครสซึ่งเป็นฮิวแมคแตนท์ที่นิยมใช้กันทั่วไป จะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีรสชาติไม่เป็นที่ยอมรับและไม่เหมาะสมในการบริโภค จึงมีความสนใจในการนำฮิวแมคแตนท์อื่นๆ ได้แก่ น้ำตาลแอลกอฮอล์และกลูโคสไซรัปมาใช้ร่วมกับน้ำตาลและเกลือเพื่อลดข้อจำกัดดังกล่าว นอกจากนี้การใช้น้ำตาลแอลกอฮอล์ในผลิตภัณฑ์ปลาอบแห้งยังมีผลต่ออัตราการอบแห้ง (Iseya *et al.*, 2000) และสามารถเพิ่มความคงตัวจากการเสียดสภาพของโปรตีนขณะอบแห้ง (Nambu *et al.*, 1995 อ้างโดย Iseya *et al.*, 2000) อีกทั้งยังมีผลต่อคุณลักษณะของเนื้อสัมผัส (Iseya *et al.*, 2000) โดย Yoo และ Lee (1993) รายงานถึงการใช้ซอร์บิทอลในผลิตภัณฑ์ปลาอบแห้งผ่านการทำแห้งแบบแช่แข็ง และโปรตีนในไข่ขาวและหางนมผงที่ทำแห้งแบบพ่นฝอย พบว่าซอร์บิทอลที่เข้มข้นขึ้นสามารถทำหน้าที่ป้องกันการสูญเสียคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีน ได้แก่ เพิ่มความสามารถในการเกิดเจล ความสามารถในการจับน้ำ ความสามารถในการเกิดอิมัลชัน และเพิ่มเอนทาลปีโดยไม่เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของการเสียดสภาพโปรตีน โดย

ซอร์บิทอลมีผลเพิ่มพันธะไฮโดรโฟบิก (hydrophobic interaction) ซึ่งเพิ่มความคงตัวของโครงสร้างสามมิติของโปรตีน และเพิ่มไฮโดรฟิลิก (hydrophilic) จากการให้สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างโปรตีนและซอร์บิทอล (protein-sorbitol complex) นอกจากนี้ Back และคณะ (1979 อ้างโดย Yoo and Lee, 1993) รายงานว่าน้ำตาลและพอลิออลเพิ่มความคงตัวของโปรตีนจากการเสียสภาพด้วยความร้อน เนื่องจากพันธะไฮโดรโฟบิกระหว่างหมู่ไฮโดรโฟบิกของโปรตีนในสารละลายน้ำตาลซูโครสมีความแข็งแรงกว่าในน้ำบริสุทธิ์ นอกจากนี้การเพิ่มแรงโคฮีชัน (cohesion force) ของน้ำตาล ทำให้เพิ่มแรงดึงผิวของน้ำซึ่งมีความสำคัญต่อปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างโปรตีนกับส่วนประกอบของตัวทำละลายในระบบสารละลายน้ำตาล ทำให้เพิ่มความคงตัวของโปรตีน (Arakawa and Timasheff, 1982 อ้างโดย Yoo and Lee, 1993)

ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงศึกษาถึงระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรสที่เหมาะสมในการลดค่าออกเตอร์แอกติวิตีรวมทั้งชนิดและความเข้มข้นของฮิวแมคแทนท์ที่เหมาะสมในการผลิตปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งที่มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับและสามารถยืดอายุการเก็บรักษา

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

วัสดุ

1. ปลาข้างเหลือง (*Yellowstripe trevally (Selaroides leptolepis)*) มีความยาวมาตรฐาน โดยวัดจากขอบปากถึงโคนหาง (Novikov, 1982) ก่อนถูกแล่อยู่ในช่วง 10-13 ซม. ซึ่งจับมาจากทะเลฝั่งอ่าวไทยและผ่านการเก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นเวลา 1-2 วัน
 2. สารเคมี เกรดสำหรับวิเคราะห์ทางเคมี
 3. สารฮิวแมคแทนท์ เกรดสำหรับอาหาร ได้แก่
 - 3.1 กลีเซอรอลเข้มข้น 90% จากบริษัทเว็นส์เคมีคอลจำกัด ประเทศเยอรมนี
 - 3.2 ซอร์บิทอลเข้มข้น 70% จากบริษัทเพียวเคมีคอลจำกัด จังหวัดกรุงเทพฯ
 - 3.3 แลคทิลทอล (ผง) จากบริษัทแดนนิสโก้ สวีสเทนเนอร์ จำกัด ประเทศฟินแลนด์
 - 3.4 กลูโคสไซรัปเข้มข้น 87% จากบริษัทไทย

กลูโคสจำกัด จังหวัดกรุงเทพฯ

วิธีการทดลอง

1. การตรวจสอบวัตถุดิบ

สุ่มปลาข้างเหลืองนำมาตรวจสอบคุณภาพดังนี้

1) คุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน 5 คน การฝึกฝนโดยการฝึกประเมินคุณลักษณะต่างๆ ของปลาที่มีการเก็บรักษาในระยะเวลาต่างกัน โดยประเมินด้านลักษณะปรากฏ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการดมกลิ่น โดยการให้คะแนน (0 คะแนน หมายถึง ปลาที่ไม่สด และ 3 คะแนน หมายถึง ปลาที่สดมาก) (Council Regulation (EEC) No.103/76 OJ No.L20)

2) คุณภาพทางเคมีของปลา โดยการวิเคราะห์ปริมาณต่างๆที่ระเหยได้ทั้งหมด และไตรเมทิลอะมีน ด้วยวิธี Conway microdiffusion method (Hasegawa, 1987)

2. ศึกษาผลของระยะเวลาที่ใช้ในการหมักเครื่องปรุงรสและอบแห้งต่อคุณภาพปลาข้างเหลืองกึ่งแห้ง

2.1 นำปลาข้างเหลืองมาตัดแต่งโดยขูดเกล็ด ตัดหัวและหาง และควักไส้ แล้วแล่นเนื้อปลาจากด้านท้อง โดยให้ส่วนหลังติดกันซึ่งจะได้ปลาแล่ลักษณะของผีเสื้อควบคุมอุณหภูมิตัวปลาระหว่างการแล่ไม่ให้เกิน 10°C โดยการแช่ในน้ำแข็ง จากนั้นนำมาล้างน้ำ (น้ำ 2 ลิตร/ปลา 1 กก.) พักให้สะเด็ดน้ำ 2 นาที และแบ่งเป็น 4 ชุดๆ ละ 1 กก. นำปลาแต่ละชุดมาหมักกับเครื่องปรุงรสที่ประกอบด้วย น้ำตาลทราย เกลือ และผงชูรส 7.4% 1.2% และ 0.45% น้ำหนักโดยน้ำหนักปลาตามลำดับ เป็นระยะเวลา 8, 12, 16 และ 20 ชั่วโมง ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 4°C โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (CRD) นำปลาที่ผ่านการหมักในระยะเวลาต่างๆ กันมาสับให้ละเอียดแล้วนำมาตรวจสอบคุณภาพดังนี้

2.1.1 ค่าออกเตอร์แอกติวิตีที่อุณหภูมิ 30°C โดยใช้เครื่องวัดค่าออกเตอร์แอกติวิตียี่ห้อ NOVASINA รุ่น UV-16001 ประเทศสวีตเซอร์แลนด์

2.1.2 ค่าความเป็นกรดต่างโดยไฮโมจีไนซ์ตัวอย่าง 5 กรัม และน้ำกลั่น 50 มล. เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นวัดค่าด้วยเครื่องพีเอชมิเตอร์ยี่ห้อ CYBER SCAN รุ่น pH 500 ประเทศสิงคโปร์

2.1.3 ปริมาณความชื้นโดยวิธี A.O.A.C. (1999)

2.2 นำปลาที่ผ่านการหมักที่ระยะเวลาต่างๆ ในข้อ 2.1 พักให้สะเด็ดน้ำหมักที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 นาที แล้วนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50°C โดยใช้ความเร็วลม 3 เมตร/วินาที จนกระทั่งผลิตภัณฑ์มีค่าวอเตอร์แอกติวิตีอยู่ในช่วง 0.64-0.65 และตรวจสอบคุณภาพตัวอย่างปลาหลังการอบแห้งดังนี้

2.2.1 ปริมาณความชื้นโดยวิธี A.O.A.C. (1999)

2.2.2 ค่าสี ระบบ Hunter (L, a, b) โดยใช้เครื่องวัดค่าสี ยี่ห้อ HUNTER LAB รุ่น Color Flex ประเทศสหรัฐอเมริกา

2.2.3 ลักษณะเนื้อสัมผัส โดยใช้เครื่อง Texture analyzer ยี่ห้อ STABLE MICRO SYSTEM รุ่น TA-XT 2I ประเทศอังกฤษ ดังนี้

1) ความแข็ง (hardness) โดยวัดค่าแรงสูงสุดในการกดทะลุตรงกลางของชิ้นปลา ใช้หัวกดแบบทรงกระบอก (cylinder) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มม. ความเร็ว 2 มม./วินาที

2) ค่าแรงเฉือน (shear force) โดยวัดค่าแรงสูงสุดในการตัดตรงกลางของชิ้นปลาให้ขาด ใช้ Warner-Batzler blade ความเร็ว 10 มม./วินาที

2.2.4 ทดสอบความชอบโดยวิธี hedonic scale (9 คะแนน) (Meilgaard *et al.*, 1998) ใช้ผู้ทดสอบที่คุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์ปลาแห้งจำนวน 30 คน ทดสอบตัวอย่างปลาแห้งก่อนทำให้สุกในด้านลักษณะปรากฏ ลักษณะเนื้อสัมผัส และตัวอย่างปลาแห้งหลังการทำให้สุกโดยการอบที่ 180°C นาน 13 นาที ในด้านลักษณะเนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบรวม โดยวางแผนการทดสอบแบบ randomized complete block design (RCB)

3. ศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของฮิวแมคแทนท์ต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตี ในผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้ง

การเตรียมตัวอย่างและการหมักตัวอย่างปฏิบัติเช่นเดียวกับข้อ 2.1 (ชุดควบคุม) และตัวอย่างที่เติมกลีเซอรอล ซอร์บิทอล แลคทิทอล และกลูโคสไซรัป ที่

ระดับความเข้มข้น 50% ของน้ำหนักส่วนผสมในข้อ 2.1 และใช้ระยะเวลาการหมักที่คัดเลือกจากข้อ 2 (20 ชั่วโมงที่ 4°C) และอบตัวอย่างจนกระทั่งได้ค่าวอเตอร์แอกติวิตีอยู่ในช่วง 0.64-0.65 โดยวางแผนการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 2 จากนั้นนำตัวอย่างในแต่ละชุดการทดลองมาวิเคราะห์คุณภาพเช่นเดียวกับข้อ 2.2.1-2.2.4 คัดเลือกชนิดของฮิวแมคแทนท์ที่ได้คะแนนความชอบรวมสูงสุดและความสามารถลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีได้ดีที่สุด 2 ชนิด มาศึกษาผลของความเข้มข้นของฮิวแมคแทนท์ โดยศึกษาถึงระดับความเข้มข้นของฮิวแมคแทนท์แต่ละชนิดที่ระดับความเข้มข้น 40% 45% และ 50% โดยน้ำหนักของส่วนผสมเปรียบเทียบกับชุดควบคุม เตรียมตัวอย่างและทดสอบคุณภาพเช่นเดียวกัน เพื่อคัดเลือกชนิดของฮิวแมคแทนท์แต่ละชนิดที่ได้คะแนนความชอบรวมสูงสุดและสามารถลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีได้ดีที่สุด จากนั้นมาศึกษาซอร์บชันไอโซเทอร์มแบบดูดความชื้น (ดัดแปลงจาก McLaughlin and Magee, 1998) เปรียบเทียบซอร์บชันไอโซเทอร์มของผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้ง (ชุดควบคุม) และผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งที่มีการเติมฮิวแมคแทนท์ที่คัดเลือก โดยนำตัวอย่างปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งที่อบจนกระทั่งมีค่าวอเตอร์แอกติวิตีน้อยกว่า 0.6 เก็บในขวดแก้วที่มีค่าวอเตอร์แอกติวิตีภายในขวดแตกต่างกัน ที่อุณหภูมิห้อง (30±2°C) โดยใช้สารละลายเกลืออิ่มตัว 5 ชนิด ได้แก่ NaNO₂ NaCl KCl KNO₃ และ K₂SO₄ ปริมาตร 50 มล. พร้อมบรรจุขวดขนาด 10 มล. ที่มีโหลอื่น 0.5 มล. เพื่อป้องกันการเจริญของรา จากนั้นวิเคราะห์ปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกติวิตีในตัวอย่าง เมื่อเก็บไว้จนกระทั่งตัวอย่างมีความชื้นคงที่ (ประมาณ 25 วัน)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. คุณภาพของวัตถุดิบ

1.1 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ปลาข้างเหลืองสดที่ใช้เป็นวัตถุดิบทุกชุดการทดลองมีคะแนนด้านลักษณะปรากฏ ลักษณะเนื้อสัมผัส และกลิ่นอยู่ในช่วง 2 ถึง 3 คะแนน แสดงให้เห็นว่าวัตถุดิบปลายังคงมีคุณภาพดี มีอุณหภูมิภายในตัวปลาอยู่ในช่วง 2 ถึง 6°C ซึ่งแสดงถึงการควบคุมอุณหภูมิของวัตถุดิบปลา

ระหว่างการรักษาและการขนส่งด้วยวิธีการที่เหมาะสม ส่งผลทำให้ปลามีคุณภาพดีและชะลอการเสื่อมเสียได้ โดยสามารถชะลอการสลายตัวเอง ซึ่งมีสาเหตุมาจากเอนไซม์โปรตีนเนสในตัวปลาและจุลินทรีย์ (Marriott, 1997)

1.2 คุณภาพทางเคมี

การตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของปลาข้างเหลืองสด โดยการวิเคราะห์ปริมาณของค่าที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB-N) และไตรเมทิลอะมีน (TMA-N) พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.95 และ 1.21 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ การจัดแบ่งคุณภาพของปลาจากปริมาณ TVB-N ดังนี้คือ ปลาสดมีปริมาณ TVB-N น้อยกว่า 12 มก.ไนโตรเจน/100 กรัมตัวอย่าง ปลาที่ยังมีคุณภาพดีจนถึงปลาที่เสื่อมเสียเล็กน้อยมีปริมาณอยู่ในช่วง 12 ถึง 20 มก.ไนโตรเจน/100 กรัมตัวอย่าง ปลาที่เริ่มเสื่อมเสียแล้วแต่ยังบริโภคได้มีปริมาณอยู่ในช่วง 20 ถึง 25 มก.ไนโตรเจน/100 กรัมตัวอย่าง ส่วนปลาที่เสื่อมเสียจนไม่สามารถบริโภคได้มีปริมาณมากกว่า 25 มก.ไนโตรเจน/100 กรัมตัวอย่าง นอกจากนี้ปริมาณ TMA-N สามารถใช้ในการบ่งชี้คุณภาพของปลาได้เช่นกัน โดยสัตว์น้ำที่มีคุณภาพดีมากมีปริมาณ TMA-N อยู่ในช่วง 0 ถึง 1 มก.ไนโตรเจน/100 กรัมตัวอย่าง สัตว์น้ำที่สามารถนำออกจำหน่ายในตลาดได้มีปริมาณ TMA-N อยู่ในช่วง 1 ถึง 5 มก.ไนโตรเจน/100 กรัมตัวอย่าง และสัตว์น้ำที่ไม่สามารถนำมาบริโภคได้ มีปริมาณ TMA-N มากกว่า 5 มก.ไนโตรเจน/100 กรัมตัวอย่าง ดังนั้นคุณภาพของปลาข้างเหลืองที่นำมาใช้ในการทดลองจัดได้ว่าเป็นปลาที่มีคุณภาพดีจนถึงเริ่มเสื่อมเสียเล็กน้อย (Stansby, 1963;

Hebard *et al.*, 1982)

2. ผลของระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรสต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้ง

2.1 คุณภาพของปลาข้างเหลืองก่อนอบแห้ง

1) ความชื้นและค่าวอเตอร์แอกติวิตี ตัวอย่างปลาข้างเหลืองก่อนการอบแห้งมีความชื้นลดลงเมื่อระยะเวลาการหมักนานขึ้น ($p < 0.05$) และค่าวอเตอร์แอกติวิตีลดลง ภายหลังการหมักเป็นระยะเวลา 16 ชั่วโมง ($p < 0.05$) ดังแสดงใน Table 1 เนื่องจากการใช้ระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรสที่เพิ่มขึ้น ทำให้การแทรกซึมของสารปรุงรสในระหว่างการหมักมากขึ้นมีผลทำให้ความดันออสโมติกเปลี่ยนไป โดยน้ำจะถูกสกัดออกจากเนื้อเยื่อมากขึ้นทำให้ค่าวอเตอร์แอกติวิตีและปริมาณความชื้นลดลง (Pascua *et al.*, 1994)

2) ค่าความเป็นกรดต่าง

ค่าความเป็นกรดต่างของปลา ก่อนการอบแห้งอยู่ในช่วง 6.40-6.43 และจากการทดลองค่าความเป็นกรดต่างของเนื้อปลาหลังหมักมีค่าต่ำกว่าปลาสด (6.47) เล็กน้อย

3) ระยะเวลาการอบแห้ง

จากการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้ระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรส 8 12 16 และ 20 ชั่วโมง เมื่อนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50°C และความเร็วลม 3 เมตร/วินาที จนกระทั่งผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีค่าวอเตอร์แอกติวิตี 0.64-0.65 ต้องใช้เวลาการอบแห้ง 12 ชั่วโมง ยกเว้นระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรส 8 ชั่วโมง ซึ่งต้อง

Table 1. Effect of curing and drying time on moisture content, water activity and pH of intermediate moisture (IM) yellowstrip trevally.

Curing time (hrs.)	Drying time (hrs.)	Moisture content (% dry basis)		Water activity		pH Before drying
		Before drying	After drying	Before drying	After 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 ($p < 0.05$).

¹All values are the means of replicate determinations.

ใช้ระยะเวลาการอบแห้ง 12 ชั่วโมง 30 นาที ดังแสดงใน Table 1 เนื่องจากเมื่อใช้เวลากการหมักเครื่องปรุงรสต่างกัน ทำให้ความชื้นเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ต่างกันคือ ผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นเริ่มต้นสูงต้องใช้เวลาในการระเหยน้ำออกจากผลิตภัณฑ์นานกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นเริ่มต้นต่ำ เพื่อให้ได้ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีสุดท้ายอยู่ในช่วง 0.64-0.65 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Poernomo และคณะ (1992) พบว่าปลาหมักด้วยเกลือที่มีความชื้นเริ่มต้นสูงกว่า เมื่อนำมาอบแห้งจะต้องใช้เวลาในการระเหยน้ำออกจากตัวอย่างนานกว่าตัวอย่างที่มีความชื้นเริ่มต้นต่ำกว่า

2.2 คุณภาพของปลาข้างเหลืองหลังอบแห้ง

ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการหมักเครื่องปรุงรสที่ระยะเวลาต่างๆ และนำมาอบแห้ง มีคุณภาพด้านต่างๆ ดังนี้

1) ค่าสี ค่าสีแดง-เขียว (ค่า a) และค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (ค่า b) เป็นบวก แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีสีออกแดงและเหลือง ค่าความสว่าง (ค่า L) ของปลาข้างเหลืองอบแห้งไม่มีความแตกต่างกันเมื่อผ่านการหมักเครื่องปรุงรสที่ระยะเวลาต่างๆ กัน ($p>0.05$) แต่อย่างไรก็ตาม จะเห็นว่าเมื่อระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรสเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความสว่างมีแนวโน้มลดลง ขณะที่ค่า a และ b มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (Table 2) เนื่องจากที่ระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรสเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการแพร่ของเครื่องปรุงรสเข้าไปยังเนื้อปลาเกิดการสะสมของสารปรุงรสมากขึ้น เมื่อนำไปอบแห้งผลิตภัณฑ์จึงมีสีน้ำตาลเข้มมากที่สุด นอกจากนี้การเกิดสีน้ำตาลอาจเกิดจากกลูตาเมทที่ได้รับความร้อนสูงจะเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดหรือปฏิกิริยาการเกิด

สีน้ำตาลกับน้ำตาลรีดิวส์ ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเช่นเดียวกับกรดอะมิโนอื่นๆ (Yoshida, 1978 อ้างโดย Branen *et al.*, 1990)

2) ค่าความแข็ง (hardness) และค่าแรงเฉือน (shear force) ระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรสแตกต่างกันส่งผลให้ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกัน ($p<0.05$) โดยพบว่าระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรส 8 ชั่วโมง มีค่าความแข็งสูงสุด ส่วนค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์ไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) ดังแสดงใน Table 2 เนื่องจากการหมักตัวอย่าง 8 ชั่วโมง ใช้เวลาในการอบแห้งนานกว่าตัวอย่างชุดอื่นๆ จึงส่งผลให้ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งที่ใช้ระยะเวลาการหมักนานขึ้นมีค่าลดลง

การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของปลาขณะหมักและอบแห้งนั้นเกิดจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโปรตีน โดยการหมักเนื้อปลาในสารละลายเกลือจะเกิดการดึงน้ำออกแบบออสโมติส โดยเกลือซึมผ่านเข้าสู่เนื้อปลาและเกิดการเสียสภาพของโปรตีนขณะหมัก (Ito and Tanbo, 1990; 1992 อ้างโดย Iseya *et al.*, 1998) โดย Nambu และคณะ (1997) พบว่าเกิดการจับกันของไมโอซินในเนื้อปลาที่ผ่านการหมักและอบแห้ง และไมโอซินจับกันมากขึ้นเมื่อเวลาอบแห้งเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ Raghunath และคณะ (1995) พบว่าเมื่ออบแห้งปลา threadfin bream (*Nemipterus japonicus*) ที่อุณหภูมิ 50°C ทำให้กลุ่มซัลไฟไฮดริล (sulphydryl) ของโปรตีนลดลงตลอดระยะเวลาการอบแห้ง 24 ชั่วโมง ยกเว้นใน

Table 2 Effect of curing time on physical properties of IM yellowstrip trevally.

Curing time (hrs.)	Color value ¹			Hardness ¹ (g)	Shear force ¹ (g)
	L	a	b		
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 ($p<0.05$).

¹All values are the means of 9 determinations.

ระยะแรกของการอบแห้ง (0-4 ชั่วโมง) ปริมาณของหมู่ซัลไฟไฮไดรลเพิ่มขึ้นเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม Iseya และคณะ (1998) กล่าวว่า การหมักปลาด้วยเกลือ 1.0-2.0 โมลาร์สามารถลดค่าอวอเตอร์แอกติวิตีและลดการเกิดความแข็งที่ผิวหน้า (case hardening) ของผลิตภัณฑ์ปลาแห้งได้ เนื่องจากตัวอย่างที่ไม่ผ่านการหมักด้วยเกลือมีความชื้นหลังการหมักสูงกว่าตัวอย่างที่ผ่านการหมัก จึงส่งผลให้ความชื้นในตัวอย่งลดลงอย่างรวดเร็ว ทำให้ผิวหน้าของตัวอย่างแห้งแข็ง (Pigott and Tucker, 1990)

3) คุณภาพทางประสาทสัมผัส การทดสอบความชอบของตัวอย่างปลาแห้งก่อนและหลังทำให้สุกได้ผลดังแสดงใน Table 3 พบว่าระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรสที่ต่างกันไม่มีผลต่อคะแนนความชอบของปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งก่อนและหลังทำให้สุกในทุกๆ ด้าน ($p > 0.05$) อย่างไรก็ตามพบว่าที่ระยะเวลาการหมัก 20 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ รสชาติและความชอบรวมสูงที่สุด และที่ระยะเวลาการหมัก 16 12 และ 8 ชั่วโมง ได้คะแนนเฉลี่ยลดลงตามลำดับ โดยผู้ทดสอบได้ให้ข้อสังเกตว่าปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งที่ใช้ระยะเวลาการหมัก 8 ชั่วโมง มีลักษณะแห้งและกระด้างเกินไป แต่ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งที่ใช้ระยะเวลาการหมัก 12 16 และ 20 ชั่วโมง มีลักษณะนุ่มนวลมากขึ้นตามลำดับ จึงทำให้ที่ระยะเวลาการหมัก 20 ชั่วโมง ได้คะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากระยะเวลาการอบแห้งน้อยกว่าที่ระยะเวลาการหมัก 8 ชั่วโมงดังกล่าวข้างต้น นอกจากนี้

เครื่องปรุงรส เช่น เกลือและน้ำตาลยังช่วยในการยัดน้ำไว้ในเนื้อปลาจึงทำให้เนื้อปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งมีลักษณะนุ่มนวลมากกว่า และเครื่องปรุงรสที่แทรกซึมเข้าไปในเนื้อปลาได้มากส่งผลให้คะแนนความชอบด้านรสชาติสูงที่สุด ดังนั้นจึงคัดเลือกระยะเวลาการหมักเครื่องปรุงรสที่ 20 ชั่วโมง เป็นระยะเวลาการหมักที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งเพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

3. ผลของชนิดของฮิวแมคแทนท์ต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้ง

จากการศึกษาผลของการเติมกลีเซอรอล ซอร์บิทอล แลคทิทอล และกลูโคสไซรัป 50% ของน้ำหนักส่วนผสมต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งที่ผ่านการหมัก 20 ชั่วโมง ได้ผลดังนี้

1) ความชื้นและค่าอวอเตอร์แอกติวิตี จากการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการหมักด้วยเครื่องปรุงรสที่มีการเติมกลีเซอรอลมีปริมาณความชื้นหลังการอบแห้งมากที่สุดและผลิตภัณฑ์ที่เติมกลูโคสไซรัป แลคทิทอล ซอร์บิทอล และผลิตภัณฑ์ซูดควบคุม (เติมเฉพาะน้ำตาลเกลือและผงชูรส) มีปริมาณความชื้นลดลงตามลำดับ ดังแสดงใน Table 4 เนื่องจากฮิวแมคแทนท์ที่เติมลงไปดังกล่าว แทรกซึมเข้าไปในเนื้อปลาไปสร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำภายในเนื้อปลา (Fennema, 1996) โดย Iseya และคณะ (2000) กล่าวว่า ในระหว่างการหมักปลาเอทคา

Table 3. Effect of curing time on acceptability scores of IM yellowstrip trevally.

Curing time (hrs.)	Mean score				Overall liking
	Before roasting		After roasting		
	Appearance	Texture	Texture	Taste	
28	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 ($p < 0.05$).

¹All values are the means of 60 responses (30 panelists on each of duplication). A nine-point hedonic scale was used

(1 = dislike extremely, 5 = neither like nor dislike, and 9 = like extremely).

Table 4. 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

¹All values are the means of replicate determinations.

แมคเคอเรล (*Atka mackerel, Pleurogrammus azonus*) และปลาหมึก (*Todarodes pacificus*) ซอร์บิทอลซึมผ่านเข้าสู่ปลาและปลาหมึกมากขึ้น ทำให้ความชื้นลดลง 52% และ 42% ตามลำดับ และการหมักร่วมกับเกลือพบว่าเกลือสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการดึงน้ำออกแบบออสโมซิสได้ นอกจากนี้ Nambu และคณะ (1997) พบว่าการหมักเนื้อด้วยโซเดียมคลอไรด์ 0.40-0.70 โมลาร์ ร่วมกับซอร์บิทอล 0.38-1.02 โมลาร์ ทำให้อัตราการลดลงของน้ำในผลิตภัณฑ์ขณะทำแห้งและการลดลงของค่าวอเตอร์แอกติวิตีสุดท้ายหลังการอบแห้งสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่หมักด้วยโซเดียมคลอไรด์เพียงอย่างเดียว

2) ระยะเวลาการอบแห้ง

จากการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมกลีเซอรอล ซอร์บิทอลและแลคทิทอล 50% ใช้เวลาในการอบแห้งน้อยที่สุดคือ 11 ชั่วโมง 50 นาที และผลิตภัณฑ์ที่เติมกลูโคสไซรัป 50% และซูดควบคุม ต้องใช้เวลาในการอบแห้ง 12 ชั่วโมง 30 นาที ดังแสดงใน Table 4

3) ค่าสี ผลของการเติมกลีเซอรอล ซอร์บิทอล

กลูโคสไซรัปและแลคทิทอล 50% มีผลทำให้ค่า L a b แตกต่างกัน (p<0.05) โดยผลิตภัณฑ์ซูดควบคุมและซูดที่เติมกลูโคสไซรัปมีค่า L a b สูงที่สุดและมีค่าไม่แตกต่างกัน และผลิตภัณฑ์ที่เติมแลคทิทอล ซอร์บิทอล และกลีเซอรอล 50% มีค่า L a b ลดลง ดังแสดงใน Table 5 เนื่องจากกลูโคสไซรัปจัดอยู่ในจำพวกน้ำตาลรีดิวิส จึงเกิดสีได้จากปฏิกิริยาเมลลาร์ดเมื่อได้รับความร้อน (Birch, 1977) ส่วนกลีเซอรอล ซอร์บิทอล และแลคทิทอลเป็นสารประกอบพวกพอลิออล ซึ่งมีความคงตัวต่อความร้อนได้ดีกว่าสาร

ประกอบประเภทน้ำตาลและไม่เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Dias, 1999) เนื่องจากกลุ่มไฮดร็อกซิลของพอลิออลเกิดปฏิกิริยาได้น้อยกว่ากลุ่มอัลดีไฮด์หรือคีโตนของน้ำตาล (Blankers, 1995; Fennema, 1996) ค่า L ของผลิตภัณฑ์ที่เติมฮิวแมคแทนท์ชนิดต่างๆ มีค่าต่ำกว่าซูดควบคุม เนื่องจากผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีลักษณะมันวาว จึงส่งผลให้เกิดการกระเจิงแสงในขณะวัดค่า L

4) ค่าความแข็ง และค่าแรงเค้น ผลของการเติม

กลีเซอรอล ซอร์บิทอล แลคทิทอลและกลูโคสไซรัป 50% มีผลทำให้ค่าความแข็งแตกต่างกัน (p<0.05) โดยพบว่าผลิตภัณฑ์ซูดควบคุมมีค่าความแข็งมากที่สุด และผลิตภัณฑ์ที่เติมแลคทิทอล กลูโคสไซรัป ซอร์บิทอลและกลีเซอรอล 50% มีค่าลดลง ตามลำดับ ดังแสดงใน Table 5 ส่วนค่าแรงเค้นของผลิตภัณฑ์ที่เติมกลีเซอรอล ซอร์บิทอล กลูโคสไซรัปมีค่าน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ซูดควบคุม ขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่เติมแลคทิทอลมีค่าแรงเค้นไม่แตกต่างจากซูดควบคุม เนื่องจากผลิตภัณฑ์ซูดควบคุมมีปริมาณความชื้นหลังการอบแห้งน้อยที่สุดและใช้เวลาในการอบแห้งนานที่สุด ดังแสดงใน Table 4 จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็งมากที่สุด นอกจากนี้ น้ำตาลและสารพอลิออลมีคุณสมบัติเพิ่มความคงตัวต่อการเสียดสภาพของโปรตีนเนื่องจากความร้อน โดยมีผลเพิ่มความแข็งแรงของพันธะไฮโดรโปกะหว่างหมู่ไฮโดรโปกเมื่อเทียบกับโปรตีนในน้ำบริสุทธิ์ อย่างไรก็ตามน้ำตาลพอลิออลต่างชนิดกันมีผลต่อความคงตัวของโปรตีนที่แตกต่างกันโดยขึ้นอยู่กับโครงสร้างของโมเลกุลและการจัดเรียงตัวของหมู่ไฮดร็อกซิล ซึ่งส่งผลต่อการจับตัวกับน้ำ (Back et al., 1979) นอกจากนี้

Table 5. Physical qualities of IM yellowstrip trevally as influenced by various humectants.

Humectant	Color value ¹			Hardness ¹ (g)	Shear force ¹ (g)
	L	a	b		
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).
¹All values are the means of 9 determinations.

ยังขึ้นกับอัตราการแพร่ โดยอัตราการแพร่ของสารประกอบที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่จะช้ากว่าสารประกอบที่มีขนาดโมเลกุลเล็ก (Geankoplis, 1995) ดังนั้นการที่แลคทิทอลมีขนาดโมเลกุลใหญ่ (น้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 344) ส่วนกลีเซอรอลมีขนาดโมเลกุลเล็ก (น้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 92) จึงส่งผลให้แลคทิทอลแทรกซึมเข้าไปในเนื้อปลาในขณะหมักเครื่องปรุงรสได้ต่ำ ดังนั้นตัวอย่างที่เติมแลคทิทอลจึงมีผลต่อการคงสภาพของโปรตีนเนื่องจากความร้อนได้ต่ำกว่าฮิวแมคแทนท์ชนิดอื่นๆ ทำให้มีค่าแรงเฉือนไม่แตกต่างจากชุดควบคุม ขณะที่กลีเซอรอลอาจจะแทรกซึมเข้าไปในเนื้อปลาได้สูงจึงส่งผลต่อการคงสภาพของโปรตีนได้สูงกว่า จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็งและค่าแรงเฉือนต่ำกว่าการเติมฮิวแมคแทนท์ชนิดอื่นๆ เช่นเดียวกับ Barrett และคณะ (1998) ซึ่งพบว่า การลดค่าออกเตอร์แอคติวิตีโดยการลดปริมาณความชื้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อแห้ง (meat stick) มีความแข็งมากขึ้น แต่เมื่อเติมกลีเซอรอลลงไป กลีเซอรอลจะช่วยให้การควบคุมค่าออกเตอร์แอคติวิตีและยังช่วยขัดขวางการเกิดความเหนียวซึ่งเกิดได้เมื่อลดปริมาณความชื้น โดย Iseya และคณะ (2000) พบว่าเนื้อปลาแมคเคอเรลอบแห้งที่หมักด้วยสารละลายซอร์บิทอลที่ระดับความเข้มข้น 0.5-1.5 โมลาร์ (p<0.01) สามารถยับยั้งการเกิดลักษณะแข็งที่ผิวหนังของปลาแห้ง และยังมีรายงานว่าไซเตียมคลอไรด์ก็ให้ผลในการยับยั้งการเกิดลักษณะแข็งที่ผิวหนังได้เช่นกัน แต่อย่างไรก็ตามซอร์บิทอลให้ผลในการยับยั้งที่ดีกว่า (Iseya et al., 2000) โดยซอร์บิทอลมีบทบาทในการลดการเสียหายของโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์

และเพิ่มความสามารถในการเก็บกักน้ำของผลิตภัณฑ์ปลาแห้ง (Nambu et al., 1997) นอกจากนี้ Funatsu และคณะ (1995) อ้างโดย Iseya et al., (2000) รายงานว่าซอร์บิทอลและเกลือที่ความเข้มข้นสูงมีผลเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะการไหลของเนื้อปลา wallege pollock อบแห้ง

5) คุณภาพทางประสาทสัมผัส จากการทดสอบความชอบของตัวอย่างปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งแห้งก่อนและหลังทำให้สุก ได้ผลดังแสดงใน Table 6 พบว่าผู้ทดสอบชอบลักษณะปรากฏของตัวอย่างก่อนทำให้สุกที่เติมกลีเซอรอล กลูโคสไซรัป และแลคทิทอล 50% มากกว่าผลิตภัณฑ์ชุดควบคุม (p<0.05) ขณะที่ตัวอย่างที่เติมซอร์บิทอลไม่มีความแตกต่างจากชุดควบคุม แม้ว่าค่าสี L a b (Table 5) จะมีความแตกต่างกัน โดยทั่วไปผลิตภัณฑ์ที่เติมฮิวแมคแทนท์ชนิดต่างๆ มีลักษณะมันวาว ขณะที่ตัวอย่างชุดควบคุมมีลักษณะผิวหนังที่แห้งกระด้าง อย่างไรก็ตามพบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างคะแนนความชอบด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของตัวอย่างปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งก่อนและหลังทำให้สุกที่เติมฮิวแมคแทนท์ชนิดต่างๆ (p > 0.05) แม้ว่าตัวอย่างจะมีค่าความแข็งและค่าแรงเฉือนที่แตกต่างกัน (Table 5) และพบว่าตัวอย่างที่มีการเติมกลีเซอรอลและแลคทิทอล 50% ได้รับคะแนนความชอบด้านรสชาติสูงกว่าตัวอย่างชุดควบคุมและตัวอย่างที่เติมกลูโคสไซรัป 50% (p<0.05) เนื่องจากกลีเซอรอล ซอร์บิทอล และแลคทิทอลมีความหวาน 60% 50% (ตีวาพร, 2529) และ 40% (Blankers, 1995) ของน้ำตาลซูโครสตามลำดับ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งดังกล่าว

Table 6. Mean acceptability scores of IM yellowstrip trevally containing various humectants.

Humectant	Mean score ¹				Overall liking
	Before roasting		After roasting		
	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).
¹All values are the means of 60 responses (30 panelists on each of duplication). A nine-point hedonic scale was used (1 = dislike extremely, 5 = neither like nor dislike and 9 = like extremely).

มีรสชาติดีหวนกว่าชุดควบคุม ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เติมกลูโคสไซรัป 50% แม้ว่าจะให้รสชาติดีหวนกว่าชุดควบคุมเช่นกัน แต่หลังทำให้สุกผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลเข้มและมีรสขม อันเนื่องมาจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Sapers, 1975 อ้างโดยไพบุลย์, 2532) และปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชันซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากการใช้ความร้อนสูงแยกสลายโมเลกุลของน้ำตาลและเกิดพอลิเมอร์แซนของสารประกอบคาร์บอนได้สารที่มีรสขมคือไอโซแซกโครซาน และเกิดสารประกอบสีน้ำตาลเรียกว่า คาราเมลลิน (รัชนี, 2537) นอกจากนี้การเติมสารประกอบพอลิออลร่วมกับโซเดียมคลอไรด์ในขั้นตอนการหมักปลาข้างเหลือง ส่งผลให้การซึมผ่านของโซเดียมคลอไรด์เข้าสู่เนื้อปลาน้อยลง (Iseya *et al.*, 2000) ทำให้ปลาข้างเหลืองชุดควบคุมมีความเค็มสูงกว่าชุดที่เติมฮิวแมคแทนท์ ทำให้ได้รับคะแนนความชอบด้านรสชาติต่ำกว่าชุดที่เติมฮิวแมคแทนท์ เมื่อพิจารณาความชอบรวมจะเห็นว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมกลีเซอรอล 50% มีคะแนนความชอบสูงที่สุด และแตกต่างจากชุดควบคุม (p<0.05) ขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่เติมกลูโคสไซรัป ซอร์บิทอล และแลคทิทอล 50% มีคะแนนความชอบรวมไม่แตกต่างจากชุดควบคุม (p>0.05)

จากคะแนนความชอบรวมและความสามารถในการลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตีจึงคัดเลือกกลีเซอรอลและแลคทิทอล 50% เป็นฮิวแมคแทนท์ที่เหมาะสม เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

4. ผลของระดับความเข้มข้นของฮิวแมคแทนท์ต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้ง

จากการศึกษาผลของกลีเซอรอลและแลคทิทอลที่มีความเข้มข้นระดับต่างๆ กันคือ 40% 45% และ 50% ของน้ำหนักเครื่องปรุงรสต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้ง ได้ผลดังนี้

1) ความชื้นและค่าวอเตอร์แอคทิวิตี การเติมกลีเซอรอลหรือ แลคทิทอลในปริมาณมากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอคทิวิตีของตัวอย่างปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งมีปริมาณความชื้นสุดท้ายหลังการอบมีค่าสูงขึ้นตามลำดับ (Table 7) เนื่องจากพอลิออลปริมาณที่มากขึ้นมีโอกาสเข้าไปสร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำภายในเนื้อปลามากขึ้น ทำให้ยังคงมีน้ำถูกจับพันธะไว้มากกว่าตัวอย่างชุดอื่นๆ (Fennema, 1996) และให้ผลสอดคล้องกับการศึกษาของ Iseya และคณะ (2000) พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของซอร์บิทอลในสารละลายที่ใช้ในการหมักส่งผลให้ปริมาณซอร์บิทอลในเนื้อปลาเอทคาแมคเคอเรทและปลาหมึกที่ผ่านการหมักเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณความชื้นลดลง

2) ค่าสี ผลของการเติมกลีเซอรอลในระดับต่างๆ กันไม่มีผลทำให้ค่า L a b แตกต่างกัน (p>0.05) ขณะที่การเติมแลคทิทอลในระดับต่างๆ กัน ไม่มีผลทำให้ค่า L แตกต่างกัน แต่ทำให้ค่าต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ชุดควบคุม (p<0.05) (Table 8) ส่วนการเติมแลคทิทอลในปริมาณที่สูง

Table 7. Moisture content and water activity of IM yellowstrip trevally containing glycerol and lactitol at different concentrations.

Concentration (%)	Drying time (hrs)		Moisture content (% dry basis)		Water activity	
	Glycerol	Lactitol	Glycerol	Lactitol	Glycerol	Lactitol
0	12:05	12:10	20.01	18.54	0.645	0.641
40	11:50	12:00	21.19	18.82	0.647	0.648
45	11:35	12:00	22.55	19.21	0.647	0.649
50	11:15	12:00	24.10	19.47	0.647	0.645

The different superscripts in the same column denote the significant differences ($p < 0.05$).
¹All values are the means of 4 determinations (2 determinations on each of duplication).

Table 8. Color values of IM yellowstrip trevally containing glycerol and lactitol at different concentrations.

Concentration (%)	Color value ¹					
	L		a		b	
	Glycerol	Lactitol	Glycerol	Lactitol	Glycerol	Lactitol
0	37.29 ^{ns}	37.23 ^a	4.28 ^{ns}	4.15 ^{ns}	13.11 ^{ns}	12.60 ^a
40	37.04 ^{ns}	35.01 ^b	4.12 ^{ns}	4.07 ^{ns}	12.95 ^{ns}	12.19 ^a
45	35.95 ^{ns}	35.20 ^b	3.90 ^{ns}	3.92 ^{ns}	12.55 ^{ns}	12.05 ^{ab}
50	36.78 ^{ns}	35.99 ^b	3.87 ^{ns}	3.29 ^{ns}	12.80 ^{ns}	11.55 ^b

The different superscripts in the same column denote the significant differences ($p < 0.05$).
¹All values are the means of 18 determinations (9 determinations on each of duplication).

ขึ้นทำให้ค่า b ลดลง ($p < 0.05$) และพบว่าผลิตภัณฑ์ชุดควบคุมมีค่า L และ b สูงสุด อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างระหว่างค่า a ของตัวอย่างแต่ละสิ่งทดลอง ($p > 0.05$) เนื่องจากสารประกอบพวกพอลิออลมีความคงตัวต่อสารเคมีและความร้อนได้ดีกว่าสารประกอบประเภทน้ำตาลดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

3) ค่าความแข็งและค่าแรงเฉือน ผลของการเติมกลีเซอรอล 40% 45% และ 50% มีผลทำให้ค่าความแข็งและค่าแรงเฉือนมีค่าลดลงตามลำดับ และผลิตภัณฑ์ชุดควบคุมมีค่าความแข็งและค่าแรงเฉือนสูงที่สุด ($p < 0.05$) (Table 9) เนื่องจากผลิตภัณฑ์ชุดควบคุมมีปริมาณความชื้นหลังการอบแห้งน้อยที่สุด ดังนั้นจึงมีค่าความแข็งและค่าแรงเฉือนสูงสุด ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เติมกลีเซอรอลเพิ่มขึ้นส่งผลให้โปรตีนมีความคงตัวต่อการเสียดสภาพด้วยความร้อนได้ดี (Back *et al.*, 1979) และผลิตภัณฑ์ดังกล่าวยังมี

ปริมาณความชื้นสุดท้ายหลังการอบเพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็งน้อยลงด้วย Okonkwo และคณะ (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 ขณะที่ผลของการเติมแลคทิทอลในระดับต่างๆ กันไม่มีผลทำให้ค่าความแข็งและค่าแรงเฉือน

Table 9. Textural properties of IM yellowstrip trevally containing glycerol and lactitol at different concentrations.

Concentration (%)	Hardness ¹ (g)		Shear force ¹ (g)	
	Glycerol	Lactitol	Glycerol	Lactitol
0	7215.27 ^a	8486.45 ^{ns}	9399.44 ^a	8643.16 ^{ns}
40	5922.24 ^b	8355.98 ^{ns}	9068.30 ^a	8518.62 ^{ns}
45	5147.27 ^c	8392.61 ^{ns}	8524.45 ^{ab}	8715.32 ^{ns}
50	5002.73 ^c	8212.39 ^{ns}	7489.73 ^b	9008.51 ^{ns}

The different superscripts in the same column denote the significant differences (p<0.05).
¹All values are the means of 18 determinations (9 determinations on each of duplication).

แตกต่างกัน (p>0.05) เนื่องจากแลคทิทอลมีขนาดโมเลกุลใหญ่ ส่งผลให้การแทรกซึมเข้าสู่เนื้อปลาได้ช้า ดังกล่าวมาแล้วข้างต้น (Geankoplis, 1995) นอกจากนี้ปริมาณความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวหลังการอบแห้งมีค่าใกล้เคียงกันและยังใช้ระยะเวลาการอบแห้งใกล้เคียงกันอีกด้วย

4) คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ที่เติมกลีเซอรอล 40% และ 45% ไม่แตกต่างจากชุดควบคุม (p>0.05) แต่พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์ที่เติมกลีเซอรอล 50% สูงกว่าผลิตภัณฑ์ชุดควบคุม (p<0.05) เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่เติมกลีเซอรอล 50% มีลักษณะแฉววามากที่สุด ขณะที่การเติมแลคทิทอลในระดับต่างๆ กันไม่มีผลทำให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของ

ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งก่อนทำให้สุกแตกต่างกัน (p>0.05) (Table 10) อย่างไรก็ตามผลของการเติมกลีเซอรอลในระดับต่างๆ กันไม่มีผลทำให้คะแนนความชอบด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งก่อนทำให้สุกแตกต่างกัน (p>0.05) และเมื่อนำผลิตภัณฑ์มาทำให้สุกโดยการอบที่ 180°C นาน 13 นาที พบว่าตัวอย่างที่เติมกลีเซอรอลในระดับต่างๆ ได้รับคะแนนความชอบสูงกว่าผลิตภัณฑ์ชุดควบคุม (p<0.05) โดยพบว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมกลีเซอรอลในปริมาณมากขึ้นส่งผลให้คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านเนื้อสัมผัสมีแนวโน้มสูงขึ้นตามลำดับ เนื่องจากการเติมกลีเซอรอลลงไปทำให้ตัวอย่างมีค่าความแข็งและค่าแรงเฉือนลดลง ดัง Table 9 นอกจากนี้ยังส่งผลให้มีความฉ่ำน้ำมากขึ้น (Pascua *et al.*, 1994) ขณะที่ผลของการเติมแลคทิทอลในระดับต่างๆ กันไม่มีผลทำให้คะแนนความ

Table 10. Mean acceptability scores of IM yellowstrip trevally as influenced by glycerol and lactitol at different concentrations.

Concentration (%)	Mean score ¹									
	Before roasting				After roasting				Overall liking	
	Appearance		Texture		Texture		Taste		Glycerol	Lactitol
	Glycerol	Lactitol	Glycerol	Lactitol	Glycerol	Lactitol	Glycerol	Lactitol		
0	6.48 ^b	6.35 ^b	6.10 ^{ns}	6.10 ^{ns}	5.77 ^b	6.03 ^{ns}	5.95 ^b	6.17 ^b	6.18 ^b	6.37 ^{ns}
40	6.87 ^{ab}	6.88 ^a	6.73 ^{ns}	6.28 ^{ns}	6.35 ^a	6.23 ^{ns}	6.62 ^a	6.88 ^a	6.62 ^{ab}	6.73 ^{ns}
45	6.83 ^{ab}	6.83 ^a	6.38 ^{ns}	6.25 ^{ns}	6.45 ^a	6.33 ^{ns}	6.60 ^a	6.65 ^a	6.60 ^{ab}	6.55 ^{ns}
50	7.15 ^a	7.07 ^a	6.35 ^{ns}	6.55 ^{ns}	6.73 ^a	6.42 ^{ns}	6.93 ^a	7.03 ^a	7.05 ^a	6.95 ^{ns}

The different superscripts in the same column denote the significant differences (p<0.05).
¹All values are the means of 60 responses (30 panelists on each of duplication). A nine-point hedonic scale was used (1 = dislike extremely, 5 = neither like nor dislike, and 9 = like extremely).

ชอบด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งทั้งก่อนและหลังทำให้สุก แตกต่างกัน ($p>0.05$) เนื่องจากตัวอย่างมีความแข็งและค่าแรงเฉือน ที่ไม่แตกต่างกัน (Table 9) นอกจากนี้การเติมกลีเซอรอลและแลคทิทอลในระดับต่างๆ ทำให้ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งหลังทำให้สุกได้รับคะแนนความชอบด้านรสชาติสูงกว่าผลิตภัณฑ์ชุดควบคุม ($p<0.05$) โดยพบว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมกลีเซอรอลหรือแลคทิทอล 50% มีคะแนนความชอบสูงสุด โดยได้คะแนนเฉลี่ย 6.93 และ 7.03 ตามลำดับ เนื่องจากกลีเซอรอลและแลคทิทอลเป็นสารให้ความหวาน จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่เติมพอลิออลทั้งสองชนิดมีรสชาติหวานกว่าชุดควบคุม ผลิตภัณฑ์ที่เติมกลีเซอรอล 50% ได้รับคะแนนความชอบรวมสูงกว่าผลิตภัณฑ์ชุดควบคุม ($p<0.05$) และมีคะแนนสูงสุด โดยได้คะแนนเฉลี่ย 7.05 เนื่องจากผลของลักษณะปรากฏ ลักษณะเนื้อสัมผัสและรสชาติดังกล่าวทำให้ตัวอย่างได้รับคะแนนความชอบรวมสูงสุด ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เติม

แลคทิทอลในระดับต่างๆ กันได้รับคะแนนความชอบรวมไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ที่เติมแลคทิทอล 50% มีแนวโน้มได้รับคะแนนความชอบสูงสุด โดยได้คะแนนเฉลี่ย 6.95

จากคะแนนความชอบรวมและความสามารถในการลดค่าอวอเตอร์แอกติวิตีจึงคัดเลือกกลีเซอรอลและแลคทิทอลร้อยละ 50 เป็นฮิวแมคแทนท์ที่เหมาะสมสำหรับเติมลงไปในขณะที่หมักปลาข้างเหลืองเพื่อใช้ในการศึกษาซอร์ปชันไอโซเทอร์มต่อไป

5. การศึกษาซอร์ปชันไอโซเทอร์มของผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้ง

การทดลองหาซอร์ปชันไอโซเทอร์มแบบดูดความชื้นที่อุณหภูมิ 30°C เพื่อเปรียบเทียบผลของชุดควบคุมและการเติมกลีเซอรอลและแลคทิทอล 50% ของผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งที่มีค่าอวอเตอร์แอกติวิตีสุดท้ายน้อย

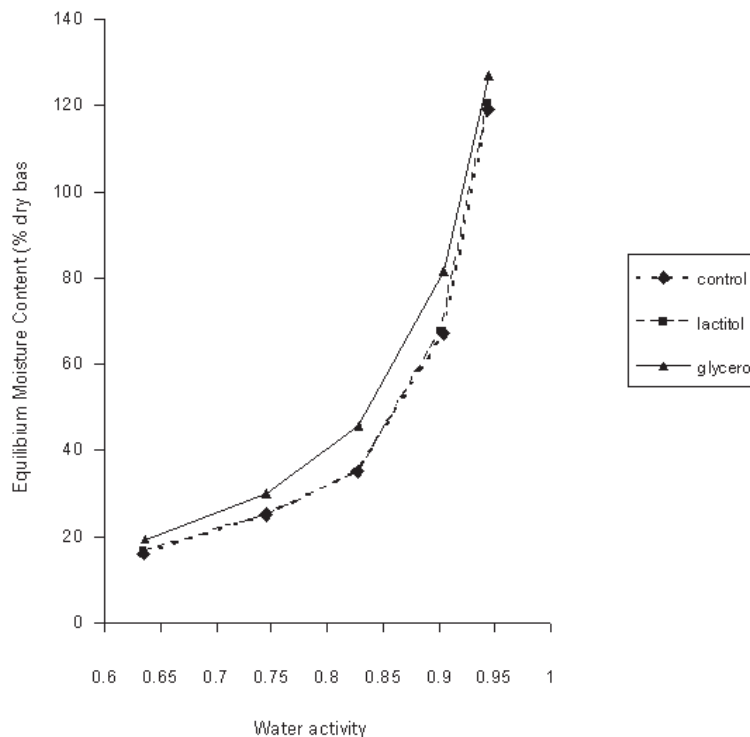


Figure 1. Adsorption isotherms at 30°C of IM Yellowstrip trevally containing glycerol and lactitol.
All values are the means of triplicate determinations.

กว่า 0.60 พบว่าที่ค่าวอเตอร์แอกติวิตีใกล้เคียงกันผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งที่เติมกลีเซอรอล 50% มีค่าความชื้นสมดุลมากที่สุด ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เติมแลคทิทอล 50% และผลิตภัณฑ์ชุดควบคุมมีค่าความชื้นสมดุลน้อยลงตามลำดับ (Figure 1) แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมกลีเซอรอลมีความคงตัวต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นซึ่งอาจเกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษาได้ดีกว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมแลคทิทอลเนื่องจากกลีเซอรอลมีความสามารถในการลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีได้สูง ขณะที่แลคทิทอลมีความสามารถในการลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีได้ต่ำกว่า (Blankers, 1995; Dias, 1999) จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งที่เติมแลคทิทอลมีค่าความชื้นสมดุลต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมกลีเซอรอลแต่สูงกว่าผลิตภัณฑ์ชุดควบคุม

สรุป

การผลิตผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้ง พบว่าการหมักปลาด้วยเครื่องปรุงรส เป็นเวลา 20 ชั่วโมง เป็นระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุด โดยส่งผลให้ปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกติวิตีมีแนวโน้มลดลง และผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคะแนนความชอบรวมสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบการเติมฮิวแมคแทนท์ชนิดต่างๆ ได้แก่ กลีเซอรอล ซอร์บิทอล แลคทิทอล และกลูโคสไซรัป ที่ระดับความเข้มข้น 50% พบว่า การเติมสารฮิวแมคแทนท์สามารถลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีได้ดีกว่าชุดควบคุม ผลิตภัณฑ์ที่เติมกลีเซอรอล 50% มีปริมาณความชื้นหลังการทำแห้งสูงสุด (ที่ค่าวอเตอร์แอกติวิตีประมาณ 0.64-0.65) และผลิตภัณฑ์ที่เติมกลีเซอรอลและเติมแลคทิทอลได้รับคะแนนความชอบรวมสูงที่สุด นอกจากนี้ความเข้มข้น (40%, 45%, 50%) ของกลีเซอรอลและแลคทิทอลที่ระดับความเข้มข้นสูงส่งผลให้ปริมาณความชื้นของปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งสูง (ที่ค่าวอเตอร์แอกติวิตีประมาณ 0.64-0.65) และระดับความเข้มข้น 50% มีคะแนนการยอมรับมากที่สุด อย่างไรก็ตามการใช้กลีเซอรอล 50% มีความสามารถในการลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีได้ดีกว่า และมีปริมาณความชื้นสมดุลของผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งสูงกว่าการใช้แลคทิทอล 50%

เอกสารอ้างอิง

- ไพบุญย์ ธรรมรัตน์วาลิก. 2532. กรรมวิธีการแปรรูปอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ. 458 หน้า
- รัตน์ ดันตะพานิชกุล. 2537. เคมีอาหาร. ภาคเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง. กรุงเทพฯ. 384 หน้า
- ตีวพร ศิวเวชช. 2529. วัตถุเจือปนอาหารเล่มที่ 2. พิมพ์ครั้งที่ 4. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 182 หน้า
- A.O.A.C. 1999. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists International. 16th. The Association of Official Analytical Chemists International. Gaithersburg.
- Back, F.A. Oakenfull, D. and Smith, M.B. 1979. Increased Thermal Stability of Proteins in the Presence of Sugars and Polyols. *Biochem.* 18: 5191-5196.
- Barrett, A.H., Briggs, J., Richardson, M. and Reed, T. 1998. Texture and storage stability of processed beefsticks as affected by glycerol and moisture levels. *J. Food Sci.* 63: 84-87.
- Birch, G.G. 1977. The General Chemistry and Properties of Glucose Syrups. **In** Developments in Food Carbohydrate - 1 (Birch, G.G. and Shallenberger, R.S., eds.) p.1-17. Applied Science Publisher Ltd. London.
- Blankers, 1995. Properties and applications of lactitol. *Food Technol.* 49(1): 66, 68.
- Branen, A.L. Davidson, P.M. and Salminen, S. 1990. Food Additive. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Dias, F.F. 1999. Sorbitol and other sugar alcohols in the food industry. *Indian Food Industry.* 18(4): 229-237.
- Fennema, O.R. 1996. Food Chemistry. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Frazier, W.C. 1967. Food Microbiology. Tata McGraw Hill Pub. New Delhi.
- Geankoplis, C.J. 1995. Transport Processes and Unit Operation. Prentice Hall International, Inc. Englewood Cliffs.
- Hasegawa, H. 1987. Laboratory Manual on Analytical Methods and Procedures for Fish and Fish Products. Marine Fisheries Research Depart-

- ment. South East Asia Fisheries Development Center. Singapore.
- Herbard, C.E., Flick, G.J. and Martin, R.E. 1982. Occurrence and significance of trimethylamine oxide and its derivatives in fish and shell fish. **In** Chemistry and Biochemistry of Marine Food Products (Martin, R.E., Flick, G.J. and Herbard, C.E., eds.) pp.149-304. AVI, Westport.
- Hollis, F., Kaplow, M., Kloss, R. and Halik, J. 1968. Parameters for moisture content for stabilization of food product. **In** Developments in Meat Science - 2. (Lawrie, R., ed.) pp.187-191. Applied Science Publishers, London.
- Iseya, Z., Kubo, T. and Saeki, H. 2000. Effect of sorbitol on moisture transportation and textural change of fish and squid meats during curing and drying processes. *Fish Sci.* 66: 1144-1149.
- Iseya, Z., Sugiura, S. and Saeki, H. 1998. Procedure for mechanical assessment of textural change in dried fish meat. *Fish Sci.* 66: 772-775.
- Marriott, N.G. 1997. Essentials of Food Sanitation. Chapman & Hall. New York.
- McLaughlin, C.P. and Magee, T.R.A. 1998. The determination of sorption isotherm and the isosteric heats of sorption for potatoes. *J. Food Eng.* 35: 267-280.
- Meilgaard, M., Civille, G.V. and Carr, B.T. 1998. Sensory Evaluation Techniques. 2nd Ed. CRC Press, Inc. Boca Raton.
- Nambu, S., Kiuchi, H., Ooishi, A., Kitajima, T., Kaneko, Y. and Arai, K. 1997. Effect of concentration of NaCl and sorbitol caused by dehydration on moisture content and water activity of cured meat from walleye pollack. *Nippon - Suisan - Gakkaishi.* 63: 748-756.
- Novikov, V.M. 1982. Handbook of Fishery Technology. Amerind Publisher. New York.
- Okonkwo, T.M., Obanu, Z.A. and Ledward, D.A. 1991. Characteristics of some intermediate moisture smoked meat products. *Meat Sci.* 31: 135-145.
- Pascua, G.L.S., Casales, M.R. and Yeannes, M.I. 1994. Preliminary Development of Intermediate moisture, pasteurised mackerel (*Scomber Japonicus marplantensis*) chunks. *J. Sci. Food Agric.* 64: 199-204.
- Pigott, G.M. and Tucker, B.W. 1990. Seafood Effects of Technology on Nutrition. Dekker, Inc. New York.
- Poernomo, A., Giyatmi, Fawzya, Y.N. and Ariyani, F. 1992. Salting and drying of mackerel (*Rastrelliger kanagurta*). *Asean Food J.* 7 (3): 142-146.
- Pomeranz, Y. 1991. Functional Properties of Food Components. Academic Press, Inc., San Diego.
- Raghunath, M.R., Sankar, T.V., Ammu, K. and Devadasan, K. 1995. Biochemical and nutritional changes in fish protein during drying. *J. Sci. Food Agric.* 67: 197-204.
- Stansby, M.E. 1963. Industrial Fishery Technology: A Survey of Methods for Domestic Harvesting, Preservation and Processing of Fish Used for Food and for Industrial Products. Reinhold Publishing Co. London.
- Yoo, B. and Lee, C.M. 1993. Thermoprotective effect of sorbitol on protein during dehydration. *J. Agric. Food Chem.* 41: 190-192.