การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

QUALLITY CHANGES OF DRY FERMENTED CATFISH (PLA-DUK-RA) DURING STORAGE AT ROOM TEMPERATURE

อมรรัตน์ ถนนแก้ว **ถาวร จันทโชติ**

Amonrat Thanonkaew **Thavorn Chantachote**

วราภรณ์ เรืองรัตน์ **อารีรัตน์ อักษรเนียม**

Waraporn Raungrat **Areerat Auksornnieum**

คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ

Faculty of Technology and Community Development, Thaksin University, Phatthalung

บทคัดย่อ

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของปลาดุกร้าพื้นเมืองพัทลุงที่ผลิตจากปลาดุกธรรมชาติ (*Clarias macrocephalus*) และปลาดุกเลี้ยง (*Clarias macrocephalus* ×*Clarias gariepinus*) ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) โดยการบรรจุปลาดุกร้าทั้งสองชนิดในถุงพลาสติกชนิดพอลิเอทีลีน และเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (a_w) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) มีค่าลดลง *(P≤0.05)* ในขณะที่ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (TBARS) สีแดง (a*) และสีเหลือง (b*) มีค่าเพิ่มขึ้น *(P≤0.05)* จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า ปลาดุกร้าที่ผลิตจากปลาดุกธรรมชาติ มีคะแนนทางด้านประสาทสัมผัสสูงกว่าปลาดุกร้าที่ผลิตจากปลาดุกเลี้ยง *(P≤0.05)* คะแนนทางประสาทสัมผัสของปลาดุกร้าทั้งสองชนิดเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 15 วัน และมีค่าลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 30 วัน และ 45 วัน ตามลำดับ ปลาดุกร้าทั้งสองชนิดมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 60 วัน

คำสำคัญ : ปลาดุก ปลาดุกร้า การเก็บรักษา

ABSTRACT

Quality changes of Phatthalung traditional dry fermented fish (Pla-duk-ra) which produced from wild catfish (*Clarias macrocephalus*) and farmed catfish (*Clarias macrocephalus* ×*Clarias gariepinus*) during storage at room temperature (30±2 degree celsius) were studied. Both types of Pla-duk-ra were packed in polyethylene bags and stored for 90 days. The data showed that increasing storage time resulted in decreased water activity, pH and total plate count but increased lipid oxidation (TBARS), redness (a*) and yellowness (b*) *(P≤0.05*). Sensory evaluation found that wild dry fermented catfish had a higher sensory score than farmed dry fermented catfish *(P≤0.05*). Sensory scores of both samples were increased when the storage time was increased up to 15 days, and decreased at 30 and 45 days *(P≤0.05)*, respectively. Both Pla-duk-ra had unacceptable sensory quality when storage time increased up to 60 days.

Key words : catfish, dry fermented catfish (pla-duk-ra), storage

คำนำ

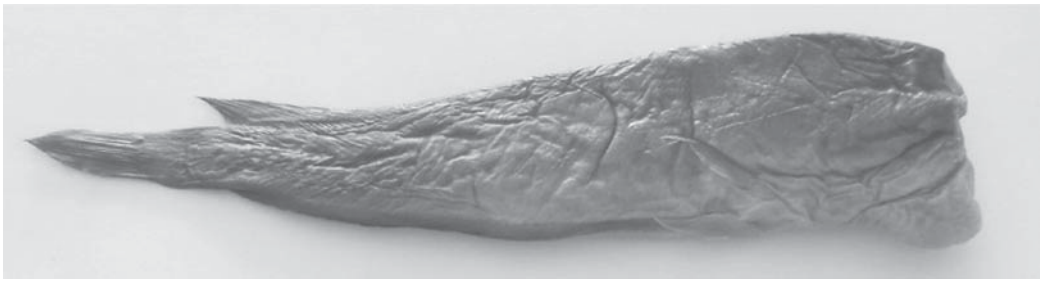
ปลาดุกร้า หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำปลาดุกขนาดที่เหมาะสมมาตัดหัว เอาเครื่องในและไขมันในช่องท้องออก ล้างให้สะอาด อาจผึ่งให้แห้ง นำมาคลุกกับเครื่องปรุงรส เช่น เกลือ น้ำตาล หมักไว้เป็นเวลา 1 คืน นำไปทำให้แห้งโดยใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์หรือแหล่งพลังงานอื่น อาจนำไปปรุงรส หมัก และทำให้แห้งซ้ำจนมีกลิ่นรสตามต้องการ ก่อนบริโภคต้องทำให้สุก (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2548) (ภาพที่ 1) ปลาดุกร้าเป็นภูมิปัญญาในการถนอมอาหารของชาวใต้ที่มีการสืบทอดกันนานนับ 100 ปี ซึ่งเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายจนเป็นสินค้าพื้นเมืองที่ชื่อเสียงของจังหวัดพัทลุง แหล่งผลิตที่สำคัญคือที่ ตำบลทะเลน้อย อำเภอควนขนุน จากการสำรวจพบว่าชาวทะเลน้อยสามารถผลิตปลาดุกร้าได้ประมาณ วันละ 1,000 กิโลกรัม ซึ่งสามารถทำรายได้ให้แก่ชาวบ้านได้ถึงวันละประมาณ 130,000 บาท หรือ ประมาณ 46,800,000 บาทต่อปี ชาวทะเลน้อยมีศักยภาพในการผลิตปลาดุกร้าได้สูงกว่าแหล่งผลิตอื่นเนื่องจาก ชาวทะเลอาศัยอยู่ในบริเวณแหล่งน้ำจืดซึ่งอุดมไปด้วยปลาน้ำจืดนานาชนิด รวมทั้งบรรพบุรุษของชาวทะเลน้อยได้สั่งสมภูมิปัญญาในการแปรรูปปลาน้ำจืดมาช้านาน ทำให้ชาวทะเลน้อยมีสูตรและกรรมวิธีการผลิตปลาดุกร้าที่ทำให้ปลาดุกร้ามีรสชาติดีเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคกันอย่างแพร่หลาย

การผลิตปลาดุกร้ามีวัตถุประสงค์เพื่อการถนอมอาหาร โดยใช้ปลาดุกที่ตายและพองแล้วมาหมักกับเกลือและน้ำตาลแล้วนำไปตากแห้ง ซึ่งส่วนใหญ่บริโภคในครัวเรือน ปลาดุกร้ามีลักษณะคล้าย

ปลาเค็มหรือปลาแห้ง แต่จะมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนที่ปลาดุกร้า มีรสชาติเฉพาะตัว คือ มีรสเค็มปนหวาน และมีกลิ่นหมัก เมื่อนำไปทำให้สุกโดยการทอดหรือย่าง ก็ยิ่งทำให้มีกลิ่นหอมจากการหมักมากยิ่งขึ้นโดยแหล่งผลิตปลาดุกร้าที่สำคัญ คือ บริเวณพื้นที่ชุ่มน้ำรอบ ๆ ทะเลสาบสงขลา ได้แก่ จังหวัดพัทลุง จังหวัดสงขลา และจังหวัดนครศรีธรรมราช ผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าในแต่ละท้องที่จะมีรสชาติแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบ กรรมวิธีการหมัก และการตากแดด (สารานุกรมวัฒนธรรมไทยภาคใต้, 2542) วัตถุดิบสำหรับการผลิตปลาดุกร้ามีสองชนิด คือ ปลาดุกอุยจากธรรมชาติ (*Clarias macrocephalus*) และปลาดุกเลี้ยงซึ่งเป็นปลาดุกลูกผสมระหว่างปลาดุกอุยและปลาดุกเทศ (*Clarias gariepinus*) เกษตรกรเรียกปลาดุกลูกผสมนี้ว่าปลาดุกบิ๊กอุย (*Clarias macrocephalus* í*Clarias gariepinus*) เนื่องจากปลาดุกจากธรรมชาติหาได้ยากและมีราคาแพง เกษตรกรจึงนำปลาดุกบิ๊กอุยมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตปลาดุกร้า นอกจากนี้การใช้ปลาดุกบิ๊กอุยในการผลิตปลาดุกร้ายังสามารถช่วยเพิ่มมูลค่าและลดปัญหาเรื่องขนาดของปลาดุกที่ไม่ได้มาตรฐานได้ แต่อย่างไรก็ตามการยอมรับในด้านรสชาติและเนื้อสัมผัสของปลาดุกบิ๊กอุย มีน้อยกว่าปลาดุกอุยจากธรรมชาติ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปลาดุกทั้งสองชนิดนี้มีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน (Shirai *et al*., 2002)

ปลาดุกร้ามีอายุการเก็บรักษาไม่แน่นอนขึ้นอยู่กระบวนการผลิตและกรรมวิธีในการเก็บรักษา แต่โดยทั่วไปแล้วสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้ประมาณ 1 เดือน สาเหตุการเสื่อมเสียของปลาดุกร้ามาจากหลายปัจจัย เช่น หากกระบวนการแปรรูปไม่สะอาดจะทำให้เกิดหนอนเนื่องจากการปนเปื้อนของไข่แมลงและการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ต่าง ๆ และการเสื่อมเสียเนื่องจากปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ เช่น การเกิดกลิ่นหืนเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของไขมัน นอกจากนี้การเก็บรักษาในสภาวะที่ไม่เหมาะสม เช่น การเก็บในที่ที่มีความชื้นสูงเกินไปก็อาจมีผลให้เกิดการเสื่อมเสียทางจุลินทรีย์ได้เพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีข้อมูลทางด้านวิทยาศาสตร์ที่บ่งบอกถึงการเสื่อมเสียเหล่านี้

ดังนั้น การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าที่ผลิตจากปลาดุกเลี้ยงและปลาดุกธรรมชาติในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถใช้อธิบายรูปแบบการเสื่อมเสียและการประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า รวมทั้งสามารถนำข้อมูลไปประยุกต์ใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าได้ต่อไปในอนาคต



ภาพที่ 1. ปลาดุกร้าเมืองพัทลุง

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่างปลาดุกร้า

เกษตรกรผลิตปลาดุกร้าจากปลาทั้งสองชนิด คือ ปลาดุกธรรมชาติ (*Clarias macrocephalus*) และปลาดุกเลี้ยง (*Clarias macrocephalus* Í*Clarias gariepinus*) จากกลุ่มปลาดุกร้าปลอดสารพิษทะเลน้อย 28/2 หมู่ 9 ตำบลทะเลน้อย อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง ซึ่งมีกรรมวิธีการผลิตดังนี้

ขั้นที่ 1 นำปลาดุกที่มีชีวิตขนาด 7 ตัวต่อกิโลกรัม มาทำให้ตายโดยคลุกกับเกลือ ล้างน้ำจนเมือกที่ตัวปลาออกหมด

ขั้นที่ 2 นำปลามาตัดหัวและดึงเครื่องในออกให้หมดล้างน้ำให้สะอาดโดยเฉพาะในท้อง

ขั้นที่ 3 นำปลาวางตากแดดในโรงเรือนที่ปลอดแมลงวันประมาณ 2-3 ชั่วโมง พอหนังปลาตึงเก็บเข้าที่ร่มวางให้ตัวปลาเย็น

ขั้นที่ 4 เก็บปลาในขั้นที่ 3 ใส่กะละมังเคลือบคลุกเคล้าน้ำตาลผสมเกลือให้เข้ากันปริมาณเล็กน้อย (ไม่ต้องวางปลาเป็นชั้น ๆ) หมักทิ้งไว้ 1 คืน

ขั้นที่ 5 นำปลาที่หมักไว้ออกตากแดดประมาณ 3-4 ชั่วโมง เก็บเข้าที่ร่มวางไว้ให้ตัวปลาเย็น

ขั้นที่ 6 นำปลาไปหมักกับน้ำตาลผสมเกลือป่นในกะละมังโดยการวางปลาเป็นชั้น ๆ แล้วทิ้งไว้นาน 1 คืน โดยใช้อัตราส่วนระหว่าง ปลาดุก น้ำตาล เกลือป่น เป็น 10 กิโลกรัม : 1 กิโลกรัม : 800 กรัม (10 : 1 : 0.8)

ขั้นที่ 7 นำปลาไปตากแดดประมาณ 4-5 ชั่วโมง เก็บเข้าที่ร่มเพื่อให้ตัวปลาเย็น

ขั้นที่ 8 จัดเรียงปลาในกะละมังเป็นชั้น ๆ โดยแต่ละชั้นน้ำตาลผสมเกลือบาง ๆ หมักทิ้งไว้ 1 คืน

ขั้นที่ 9 นำปลาออกตากแดดประมาณ 4-5 ชั่วโมง เก็บเข้าที่ร่มเพื่อให้ตัวปลาเย็น

ขั้นที่ 10 นำปลาดุกร้ามาตกแต่งให้สวยงาม จัดใส่บรรจุภัณฑ์

2. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาปลาดุกร้า

นำปลาดุกร้าทั้งสองชนิดจากข้างต้นปริมาณ 10 กิโลกรัมต่อชนิด บรรจุลังพลาสติก แล้วส่งมาที่คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง แล้วนำปลาดุกร้าบรรจุลงในถุงพลาสติกซิบล็อกชนิดพอลิเอธิลีน หลังจากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 90 วัน สุ่มตัวอย่างมาทดสอบคุณภาพตามเวลาระยะเวลาดังนี้ 0, 7, 15, 30, 45, 60 และ 90 วัน โดยทดสอบคุณภาพในด้านต่าง ๆ ได้แก่

1. การทดสอบคุณภาพทางเคมี นำตัวอย่างปลาดุกร้าที่ผลิตจากปลาดุกเลี้ยงและปลาดุกธรรมชาติมาศึกษาสมบัติทางเคมี โดยวิเคราะห์รวมกันทั้งส่วนเนื้อและส่วนหนังของปลาดุกทั้งสองชนิด ดังนี้

1.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยวิธีของ Benjakul *et al.* (1997) โดยทำการนำเนื้อปลาดุกร้ามาประมาณ 4 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร ปิเปตน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตรใส่ในตัวอย่าง แล้วปั่นตัวอย่างให้ละเอียด โดยใช้เครื่องโฮโมจีไนเซอร์ (IKA Labortechnik homogenizer, Selangor, Malaysia) แล้วนำไปวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้เครื่อง พีเอชมิเตอร์ (Satorious BP-10, Germany)

1.2 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) นำเนื้อปลาดุกบดละเอียดมา 2 กรัม ใส่ในภาชนะสำหรับวัดปริมาณน้ำอิสระ โดยวัดค่า $\mathbf{a_w}$ ด้วยเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ (Testo model 650, Emin Tech, Sweden)

1.3 ทดสอบการเกิดกลิ่นหืนเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน โดยวัดปริมาณ Thiobarbutiric Acid Reactive Substances (TBARS) ตามวิธีของ Buege and Aust (1978)

2. การทดสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ โดยวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) วิธี AOAC (2000)

3. การทดสอบคุณภาพทางกายภาพ นำเนื้อปลาดุกร้าทั้งสองชนิดใส่ในถ้วยสำหรับวัดค่าสี แล้ววัดค่าสีโดยใช้เครื่องวัดค่าสี (Hunter Lab, CIE Lab)

4. การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ตรวจสอบทางประสาทสัมผัสของปลาดุกร้าโดยวิธีการทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2548) ทำการแต่งตั้งคณะผู้ตรวจสอบ ประกอบด้วยผู้ที่มีความชำนาญในการตรวจสอบปลาดุกร้า 10 คนโดยแต่ละคนจะแยกกันตรวจและให้คะแนนโดยอิสระ วางตัวอย่างปลาดุกร้าลงบนจานกระเบื้องสีขาว ตรวจสอบลักษณะทั่วไปและสี โดยการตรวจพินิจนำตัวอย่างปลาดุกร้าไปทอดที่อุณหภูมิ 155 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 นาที และซับน้ำมันให้แห้ง แล้วตรวจสอบกลิ่นรสและลักษณะเนื้อสัมผัสโดยการชิม โดยมีการให้คะแนนดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1. การให้คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า

ลักษณะที่ตรวจสอบ	เกณฑ์ที่กำหนด	คะแนน			
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ต้องปรับปรุง
ลักษณะทั่วไป	ต้องค่อนข้างแห้ง ในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องมีขนาดใกล้เคียงกัน ผิวหนังต้องไม่ฉีกขาด	4	3	2	1
สี	ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของปลาดุกร้า	4	3	2	1
กลิ่นรส	ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของปลาดุกร้า ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ของปลาดุกร้า เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน รสขม	4	3	2	1
ลักษณะเนื้อสัมผัส	ต้องนุ่ม ไม่เละ หรือ แข็งกระด้าง	4	3	2	1

3. การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) แต่ละสิ่งทดลองทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ สำหรับการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ Analysis of variance (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Steel and Torrie, 1980) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 11

ผลและวิจารณ์

1. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี

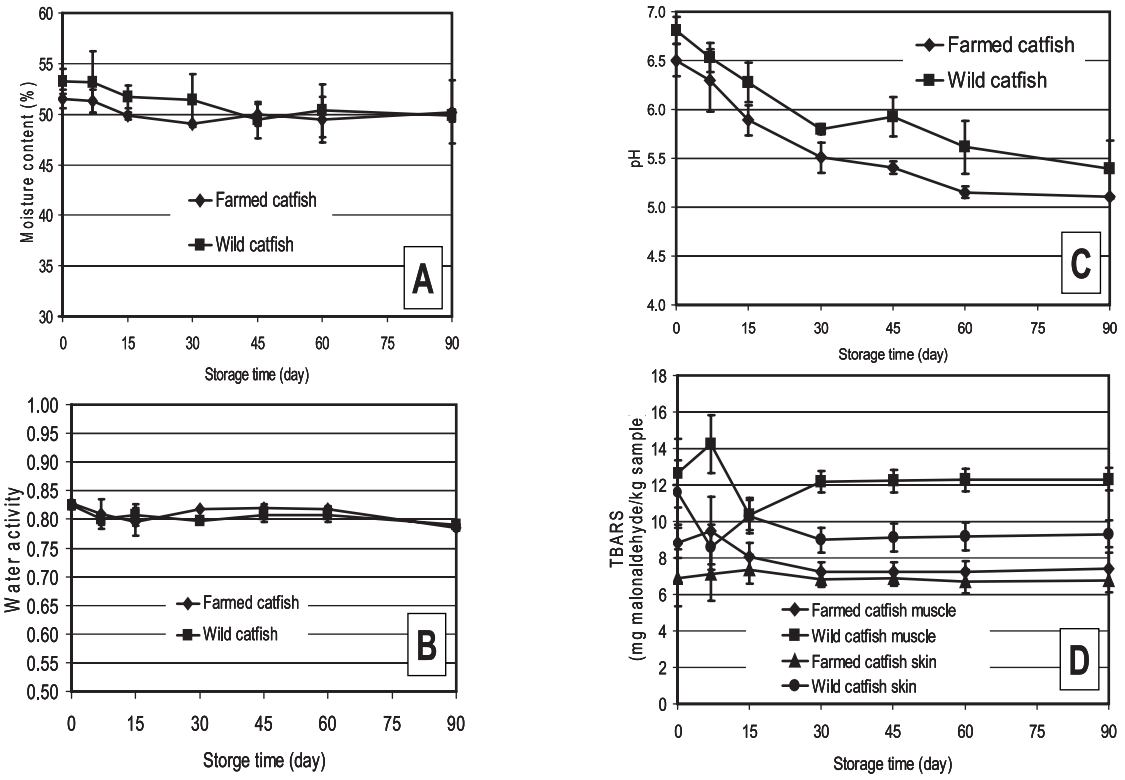
ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าทั้งสองชนิด ได้แก่ ความชื้น ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (a_w) ความเป็นกรดด่าง (pH) และปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (TBARS) (ภาพที่ 2) การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นและค่า a_w ในผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าที่ผลิตจากปลาดุกเลี้ยงและปลาดุกธรรมชาติ แสดงในภาพที่ 2 (A) และ ภาพที่ 2 (B) จากการทดลอง พบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นพบว่าความชื้นและ ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าทั้งสองชนิดมีแนวโน้มลดลง *($P \leq 0.05$)* ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปลาดุกร้าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการหมักด้วยเกลือ ซึ่งสารทั้งสองชนิดสามารถทำหน้าที่เป็นสารดูดซับความชื้น (Humectants) โดยแทรกซึมเข้าไปในเนื้อปลาแล้วไปสร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำภายในเนื้อปลา จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าที่มีค่า a_w ลดลง (Fennema, 1996) โดยทั่วไปแล้วในกระบวนการผลิตอาหารกึ่งแห้งนอกจากจะลดปริมาณน้ำในอาหารด้วยวิธีการระเหยน้ำบางส่วนออกจากอาหารแล้ว น้ำอีกส่วนหนึ่งยังลดลงได้โดยการจับตัวกับเกลือและ

น้ำตาลทำให้น้ำไม่อยู่ในรูปอิสระ จากการทดลอง พบว่า ค่า a_w ของปลาดุกร้าที่ผลิตจากปลาดุกทั้งสองชนิดมีค่าในช่วง 0.75-0.85 ซึ่งจัดอยู่ในผลิตภัณฑ์อาหารประเภทความชื้นปานกลาง (Intermediate Moisture Food) ซึ่งเป็นประเภทเดียวกับผลิตภัณฑ์ปลาหวานและปลาเค็ม ปัทมกร (2546) ได้ศึกษาการผลิตปลาหวานจากปลาข้างเหลือง (ผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้ง) โดยการหมักปลาด้วยเครื่องปรุงรส ได้แก่ เกลือ น้ำตาล และเครื่องเทศ เป็นระยะเวลา 8-16 ชั่วโมง และอบแห้งเป็นเวลา 12 ชั่วโมง พบว่า เมื่อระยะเวลาในการหมักเพิ่มขึ้นค่า a_w ของปลาหวานลดลง เนื่องจากการใช้ระยะเวลาในการหมักเครื่องปรุงที่เพิ่มขึ้น ทำให้การแทรกซึมของเครื่องปรุงรสสู่กล้ามเนื้อปลามากยิ่งขึ้น มีผลให้ความดันออสโมซิสเปลี่ยนแปลงไป โดยน้ำถูกสกัดออกจากเนื้อเยื่อของปลามากยิ่งขึ้นมีผลให้ ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ลดลง (Pascua *et al.*, 1994) และให้ผลการทดลองเช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์ปลาหวานที่ผลิตจากปลาหางควาย ที่ผ่านการผลิตโดยการหมักปลากับน้ำตาล เกลือ และผงชูรส (กอบพร, 2534) ผลิตภัณฑ์เนื้อกึ่งแห้งที่เติมซอบิทอลร้อยละ 20 ในเครื่องปรุงรสที่ประกอบด้วยน้ำตาล เกลือ ผงชูรส ยี่หร่า ซีอิ้วขาว และโพแทสเซี่ยมซอร์เบท ปริมาณน้ำอิสระมีแนวโน้วลดลงมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการเติมซอร์บิทอลเมื่อใช้เมื่อใช้ระยะเวลาการอบแห้งเท่ากัน และการหมักร่วมกับเกลือพบว่า เกลือสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการดึงน้ำออกแบบออสโมติกได้ (อุไรวรรณ, 2534)

การศึกษาการเปลี่ยนแปลง pH ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่า pH ของปลาดุกร้าที่ผลิตจากปลาดุกธรรมชาติ อยู่ในช่วง 6.7-5.4 ส่วน pH ของปลาดุกร้าผลิตจากปลาดุกเลี้ยง อยู่ในช่วง 6.5-5.2 (ดังแสดงในภาพที่ 2) (C) เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเนื้อปลาดุกร้าทั้งสองชนิดมี pH ลดลง *($P \leq 0.05$)* โดยเนื้อปลาดุกธรรมชาติมี pH ต่ำกว่าปลาดุกเลี้ยงตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องจนถึง 90 วัน (*$P \leq 0.05$*) เนื่องจากปลาดุกร้าเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่ผ่านการหมัก โดยใช้เกลือและน้ำตาลเป็นองค์ประกอบหลักในการแปรรูป การเปลี่ยนแปลง pH ของเนื้อปลาที่หมักด้วยเกลือและน้ำตาลนั้นเกิดจากจุลินทรีย์ที่สามารถใช้น้ำตาลและสร้างกรดได้ จึงทำให้ pH ลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น (วิลาวัณย์, 2537)

ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (Lipid Oxidation) เป็นปฏิกิริยาเคมีที่มีความสำคัญต่ออายุการเก็บรักษาอาหาร เนื่องจากสารเคมีที่เกิดจากปฏิกิริยานี้ส่งผลต่อการเกิดกลิ่นหืนในอาหาร จากวิเคราะห์การเกิดออกซิเดชันของไขมันโดยการวิเคราะห์ปริมาณ Thiobarbutiric Acid Reactive Substances (TBARS) ทั้งในส่วนหนังและกล้ามเนื้อปลาดุกร้าทั้งสองชนิด พบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น TBARS มีค่าเพิ่มขึ้นในช่วงแรกของการเก็บรักษา แล้วลดลงเล็กน้อย และมีค่าค่อนข้างคงที่ในช่วงสุดท้ายของการเก็บรักษา ยกเว้นส่วนหนังของปลาดุกร้าธรรมชาติที่มีค่า TBARS ลดลงในชั้นแรกและเพิ่มขึ้นเล็กน้อยและมีค่าคงที่ในช่วงท้าย ดังแสดงในภาพที่ 2 (D) โดยในส่วนกล้ามเนื้อของปลาดุกทั้งสองชนิดมีค่า TBARS สูงกว่าส่วนหนัง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากไขมันในกล้ามเนื้อปลาดุกมีกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวสูง (Polyunsaturated Fatty Acid : PUFA) (Shirai *et al.*, 2002) ซึ่งทำให้สามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่ายกว่าไขมันที่มีกรดไขมันชนิดอิ่มตัว นอกจากนี้พบว่ากล้ามเนื้อปลาดุกธรรมชาติมี

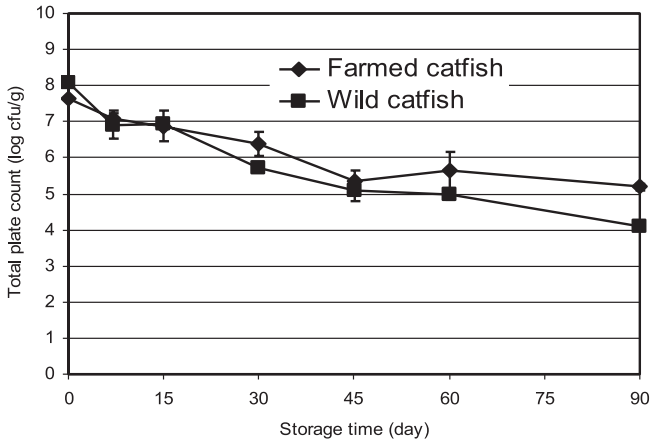
TBARS สูงกว่าปลาดุกเลี้ยงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งเกิดจากที่ปลาดุกธรรมชาติมี PUFA สูงกว่าปลาดุกเลี้ยง กระบวนการหมักและการทำแห้งปลาดุกร้ามีผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของไขมันในกล้ามเนื้อและส่วนหนัง ซึ่งมีผลต่อการลดลงของปริมาณฟอสโฟลิปิดและ PUFA และในขณะเดียวกันมีการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิสระ และค่า TBARS ของไขมันในส่วนหนังและกล้ามเนื้อของปลาดุกร้า ซึ่งแสดงให้เห็นว่าไขมันในปลาดุกเกิดการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสและปฏิกิริยาออกซิเดชัน Guillen and Ruiz (2004) รายงานว่าการหมักเกลือและการทำแห้ง มีผลให้เกิดออกซิเดชันของไขมันในปลาแซลมอล ส่วนปลาซีบรีมเค็ม มีค่า TBARS เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น (Chouliara *et al.*, 2004) ผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งที่บรรจุในถุงพลาสติกและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 56 วันมีค่า TBARS เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น (ปัทมกร, 2546)



ภาพที่ 2. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านเคมีในระหว่างการเก็บรักษาปลาดุกร้าที่ผลิตจากปลาดุกเลี้ยง (Farmed Catfish) และปลาดุกธรรมชาติ (Wild Catfish) โดย ภาพ A = ปริมาณความชื้น (Moisture Content), ภาพ B= ค่าวอเตอร์แอคติวิตี (Water Activity), ภาพ C = กรด-ด่าง (pH) และภาพ D = การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (TBARS)

2. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลินทรีย์

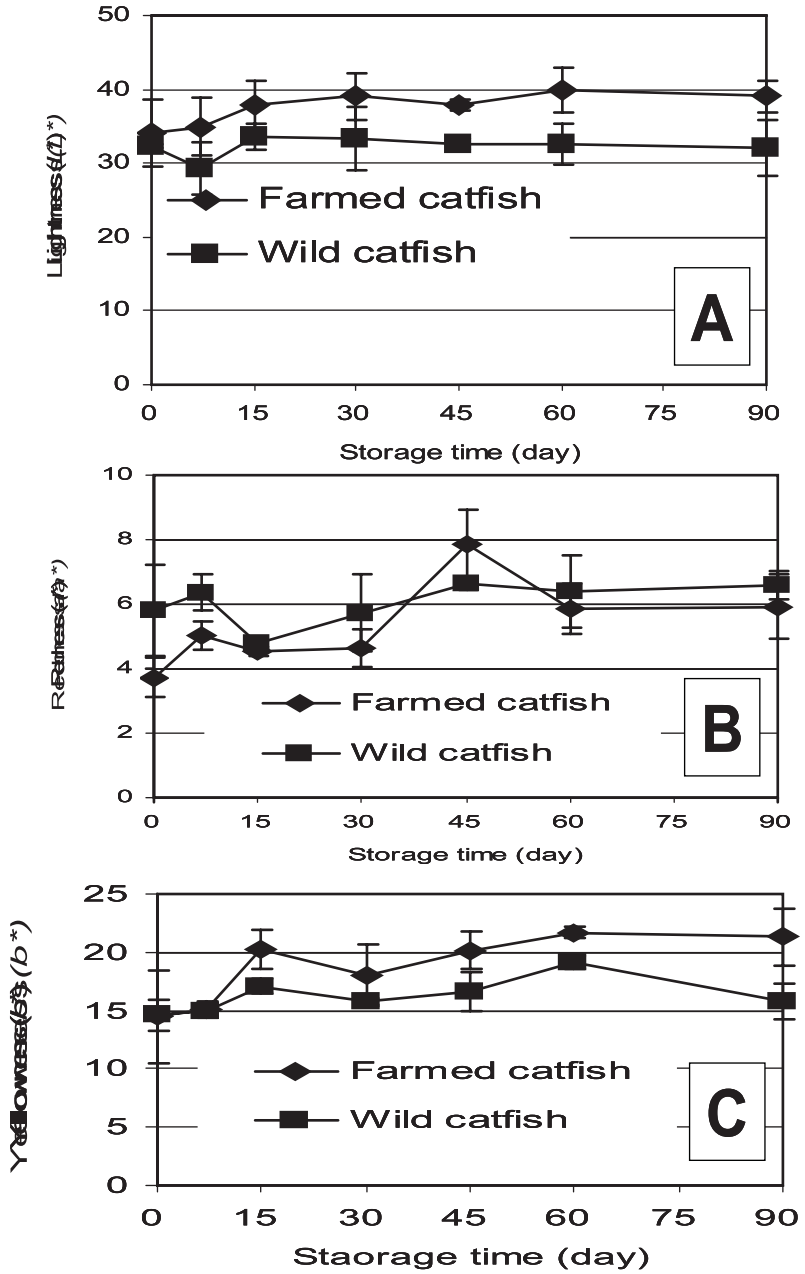
การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของปลาดุกร้าทั้งสองชนิด (แสดงในภาพที่ 3) จากการทดสอบจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) พบว่าชนิดของปลาดุกและระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลโดยตรงต่อจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในปลาดุกร้า ในขั้นต้นของการเก็บรักษา พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของปลาดุกร้าที่ผลิตจากปลาดุกทั้งสองชนิด ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *(P>0.05)* แต่เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีแนวโน้มลดลง *(P≤0.05)* ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความชื้น ค่า pH และ ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าลดลงในระหว่างการรักษา *(P≤0.05)* จุลินทรีย์ทั้งหมดลดลงอาจเนื่องมาจากสภาวะในการเก็บรักษาปลาดุกร้าไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เนื่องจากมีการลดลงของความชื้น ค่า a_w และ pH ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 90 วัน (ภาพที่ 3) รวมทั้งปริมาณอากาศในถุงที่เก็บรักษาปลาดุกร้าอาจจะมีไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ นอกจากนี้ยังพบว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 90 วัน ปลาดุกร้าที่ผลิตจากปลาดุกธรรมชาติมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด น้อยกว่าปลาดุกร้าที่ผลิตจากปลาดุกเลี้ยง โดยที่ปลาดุกร้าที่ผลิตจากปลาดุกธรรมชาติมีอัตราการลดลงของปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมากกว่าที่ผลิตจากปลาดุกเลี้ยง *(P≤0.05)* ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากว่าปลาดุกทั้งสองมีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะปริมาณไขมัน และโปรตีน ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเกิดการเน่าเสีย โดยทั่วไปแล้วแบคทีเรียต้องการ a_w ในการเจริญที่สูงกว่ราและยีสต์ ซึ่งแบคทีเรียที่ทำให้อาหารเน่าเสียส่วนใหญ่จะไม่สามารถเจริญเติบโตในอาหารมีค่า a_w ต่ำกว่า 0.90 แต่อย่างไรก็ตาม แบคทีเรียที่ชอบเกลือสามารถเจริญได้ที่ a_w ประมาณ 0.75 ซึ่งอาจจะทำให้เกิดปัญหาการเน่าเสียในอาหารที่มีเกลือในปริมาณที่สูง เช่น ปลาเค็ม เนื้อเค็ม เป็นต้น อาหารที่มีปริมาณความชื้นหรือค่า a_w ต่ำ ส่วนใหญ่มักประสบปัญหาการเสื่อมเสียเนื่องจากเชื้อรา เนื่องจากเชื้อราสามารถเจริญในอาหารที่มีค่า a_w ต่ำได้ดีกว่าแบคทีเรีย และเป็นปัญหาหลักของการเสื่อมเสียของปลาแห้งและปลาเค็ม ปลาดุกร้าเป็นผลิตภัณฑ์มีค่า a_w ในช่วง 0.75-0.85 ซึ่งเป็นช่วงที่จุลินทรีย์ประเภทเชื้อรา ยีสต์และแบคทีเรียชนิดทนเกลือสูงสามารถเจริญได้ และอาจจะเป็นสาเหตุให้อาหารเน่าเสียได้ นอกจากนี้ค่า pH ของปลาดุกร้าทั้งสองชนิดอยู่ในช่วง 5.2-6.7 ซึ่งเป็นช่วงที่จุลินทรีย์สามารถเจริญได้ดี การที่ค่า pH ของปลาดุกร้าทั้งสองชนิดลดลงนี้อาจจะเนื่องมาจากการเจริญของจุลินทรีย์ที่สร้างกรด การเจริญของจุลินทรีย์ดังกล่าวอาจจะผลิตสารต้านการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ จึงส่งผลให้จุลินทรีย์ชนิดที่ทำให้อาหารเน่าเสียหรือจุลินทรีย์ก่อโรคบางชนิดไม่สามารถเจริญได้ในปลาดุกร้า



ภาพที่ 3. การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในระหว่างการเก็บรักษาปลาดุกร้าที่ผลิตจากปลาดุกเลี้ยง (Farmed Catfish) และปลาดุกธรรมชาติ (Wild Catfish)

3. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ

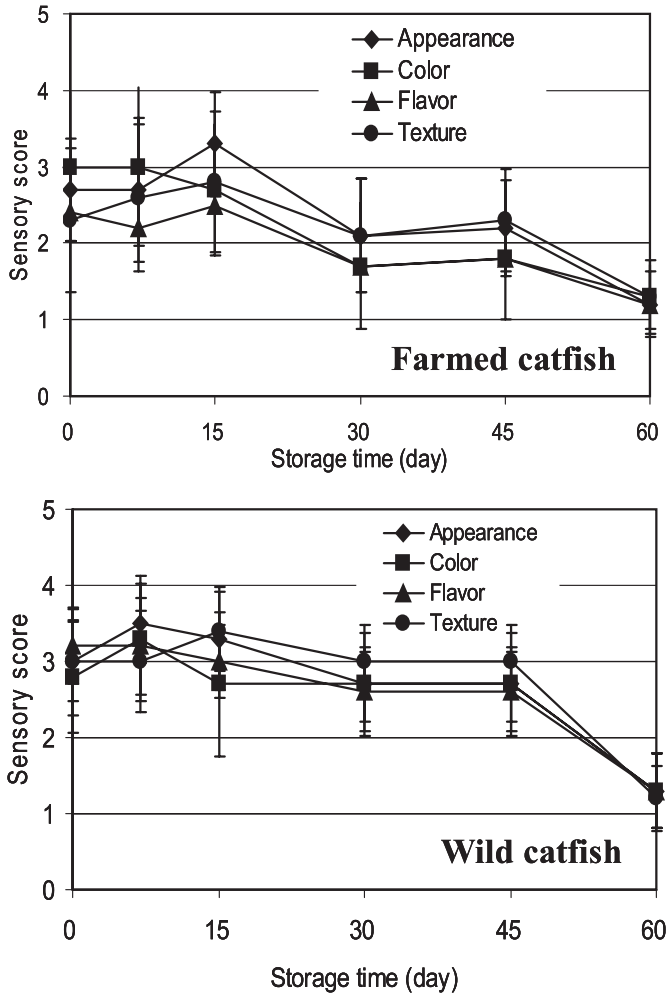
ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพโดยการวัดค่าสี ซึ่งแสดงในภาพที่ 4 จากการทดลอง พบว่าค่าความสว่าง (L*) สีแดง-เขียว (a*) และสีเหลือง-น้ำเงิน (b*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น *(P≤0.05)* ผลการวิเคราะห์ค่า L* ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าที่อุณภูมิห้อง พบว่าค่า L* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงแรก และคงที่ในช่วงสุดท้ายของการเก็บรักษา แสดงว่าในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าในถุงพลาสติกที่อุณหภูมิห้อง ในสภาวะบรรยากาศไม่สามารถป้องกันการเปลี่ยนแปลงในด้านความสว่างของสีได้ จากภาพที่ 4 จะเห็นได้ว่า ค่า a* (สีแดง) และ ค่า b* (สีเหลือง) มีค่าเป็นบวก ซึ่งมีผลเป็นไปในทางเดียวกับผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้ง (ปัทมกร, 2546) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าความเป็นสีแดงและสีเหลืองของปลาดุกร้าทั้งสองชนิด มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงแรกของการเก็บรักษาและมีค่าคงที่ช่วงปลายของการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 90 วัน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงสีโดยมีความเป็นแดงและสีเหลืองเพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่ใช้เอนไซม์ (Non-Enzymatic Browning) เช่น ปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard Reaction) ซึ่งเกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลรีดิวซิง (Reducing Sugar) กับกรดอะมิโน (Amino Acid) จากโปรตีนในกล้ามเนื้อปลาดุก นอกจากนี้ปลาดุกยังเป็นปลาที่มีไขมันสูงและไขมันส่วนใหญ่เป็นประเภทฟอสฟอลิปิด (Phospholipids) ซึ่งมีสูงถึงร้อยละ 90.40 ของไขมันจากกล้ามเนื้อปลาดุกอุย และร้อยละ 22.39 ของในไขมันจากกล้ามเนื้อปลาดุกบิ๊กอุย (Thanonkaew *et al.*, 2007a) ดังนั้น ปฏิกิริยาเคมีที่มีความเป็นไปได้ในการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีของกล้ามเนื้อปลาดุกในระหว่างการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า คือ ปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบแอลดีไฮด์ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันกับหมู่เอมีน (Amine Group) ของฟอสโฟลิปิดบางชนิด เช่น ฟอสฟาธิดิลเอทาโนลามีน (Phosphatidylethanolamine) ซึ่งส่งผลให้เกิดสีเหลืองเข้มหรือสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ (Thanonkaew *et al.*, 2006)



ภาพที่ 4. การเปลี่ยนแปลงสีในระหว่างการเก็บรักษาปลาดุกร้าที่ผลิตจากปลาดุกเลี้ยง (Farmed Catfish) และปลาดุกธรรมชาติ (Wild Catfish) โดย ภาพ A = ความสว่าง (L*), ภาพ B = ค่าสีแดง-น้ำเงิน (a*) และ ภาพ C = ค่าสีเหลือง-เขียว (b*)

4. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าโดยการทดสอบแบบการพรรณนา โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2548) ซึ่งประเมินคุณลักษณะต่าง ๆ ได้แก่ ลักษณะทั่วไป (Appearance) สี (Color) กลิ่นรส (Flavor) และลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture) จากการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าทั้งสองชนิด ได้รับคะแนนทางประสาทสัมผัส ดังนี้ ผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าที่ผลิตจากปลาดุกธรรมชาติได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงกว่าปลาดุกเลี้ยงโดยเฉพาะในด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ *(P£ 0.05)* การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าที่ผลิตจากปลาดุกเลี้ยง (ภาพที่ 5 บน) เมื่อเก็บรักษาในวันที่ 0, 7 และ 15 มีระดับคะแนนคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี แต่การเก็บรักษาในวันที่ 30 และ 45 มีระดับคะแนนคุณภาพด้านลักษณะทั่วไป สี กลิ่น รส และลักษณะเนื้อสัมผัส มีระดับคะแนนคุณภาพอยู่ในเกณฑ์พอใช้ ส่วนการเก็บรักษาในวันที่ 60 มีระดับคะแนนคุณภาพด้านลักษณะทั่วไป สี กลิ่น รส และลักษณะเนื้อสัมผัส มีระดับคะแนนคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ต้องปรับปรุง ซึ่งถือว่าไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ส่วนปลาดุกธรรมชาติ (ภาพที่ 5 ล่าง) เมื่อเก็บรักษาในวันที่ 0, 7, 15, 30 และ 45 มีระดับคะแนนคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี แต่การเก็บรักษาในวันที่ 60 มีระดับคะแนนคุณภาพด้านลักษณะทั่วไป สี กลิ่น รส และลักษณะเนื้อสัมผัส มีระดับคะแนนคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ต้องปรับปรุง จากการทดลองพบว่า ในวันที่ 90 ของการเก็บรักษานั้นผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าทั้งสองชนิดมีคุณภาพที่ไม่สามารถนำมาบริโภคได้ เนื่องจากเนื้อปลาดุกร้ามีลักษณะเละไม่สามารถนำมาเตรียมตัวอย่างเพื่อการทดสอบชิมได้ ทำให้ไม่มีข้อมูลการทดสอบทางประสาทสัมผัส นำเสนอในภาพที่ 5 จากการทดลองนี้เห็นได้ชัดว่าปลาดุกร้าที่ผลิตจากปลาดุกธรรมชาติมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่สูงกว่าปลาดุกร้าที่ผลิตจากปลาดุกเลี้ยง รวมทั้ง พบว่า ปลาดุกร้าที่ผลิตจากปลาดุกเลี้ยงมีคุณภาพลดลงได้เร็วกว่าปลาดุกร้าจากธรรมชาติ *(P≤0.05)* ซึ่งผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าทั้งสองชนิดสามารถเก็บรักษาได้สูงที่สุดเพียง 45 วัน อาจเนื่องมาจากปลาดุกทั้งสองชนิดนี้มีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะในส่วนของไขมันและโปรตีนซึ่งส่งผลโดยตรงต่อกลิ่น รส ของผลิตภัณฑ์ จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของปลาดุกแดดเดียว พบว่ากลิ่นจะเป็นลักษณะที่แสดงอายุการเก็บรักษาได้ดีกว่าลักษณะอื่น เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณไขมันสูง Tanikawa (1985) รายงานว่าประสาทสัมผัสจะเริ่มรู้สึกถึงกลิ่นแปลกปลอมในอาหารได้เมื่อมีค่า TBA มากกว่า 3.0 มิลลิกรัม. มาลอนัลดีไฮด์/กิโลกรัม. ไขมัน Thanonkaew *et al.* (2007b) รายงานว่าปลาดุกร้าที่แปรรูปโดยใช้เกลือร่วมกับน้ำตาล ได้คะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสดีกว่าการใช้เกลือเพียงอย่างเดียว ส่วนปลาดุกที่หมักและทำแห้งโดยไม่ใช้เกลือและน้ำตาล (ชุดควบคุม) และปลาดุกร้าที่ใส่น้ำตาลเพียงอย่างเดียวมีคุณภาพทางประสาทไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบชิม



ภาพที่ 5. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสในระหว่างการเก็บรักษาปลาดุกร้าที่ผลิตจากปลาดุกเลี้ยง (Farmed Catfish) และปลาดุกธรรมชาติ (Wild Catfish) ระดับคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาดุกร้าตาม มผช. 1029/2548 มีดังนี้ 1 = ปรับปรุง, 2 = พอใช้, 3 = ดี และ 4 = ดีมาก

สรุป

เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (a_w) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Pate Count) มีค่าลดลง ในขณะที่ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (TBARS) ค่าสีแดง (a*) และสีเหลือง (b*) มีค่าเพิ่มขึ้น ผู้บริโภคให้การยอมรับทางประสาทสัมผัสของปลาดุกธรรมชาติสูงกว่าปลาดุกเลี้ยง แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 60 วัน ปลาดุกทั้งสองชนิดมีคุณภาพไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

คำขอบคุณ

งานวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณสนับสนุนการวิจัยงบเงินรายได้ มหาวิทยาลัยทักษิณ ประจำปีงบประมาณ 2550 คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.สุทธวัฒน์ เบญจกุล ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา สนับสนุนสารเคมีและเครื่องมือวิทยาศาสตร์ที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า

เอกสารอ้างอิง

1. กอบพร ประทุมนพรัตน์. 2534. การปรับปรุงกระบวนการผลิตปลาหางควายแห้งปรุงรส. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
2. ปัทมกร พรหมจันทร์. 2546. การลดค่าวอเตอร์แอคติวิตีและคุณภาพการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
3. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2548. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เลขที่ มผช. 1029/2548. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
4. วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล. 2537. จุลชีววิทยาทางอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1 คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.
5. สารานุกรมวัฒนธรรมไทยภาคใต้. 2542. เล่มที่ 9. มูลนิธิสารานุกรมไทย ธนาคารไทยพานิชย์. สยามเพรส แมเนทเมนท์จำกัด. กรุงเทพฯ.
6. อุไรวรรณ ปิตาวรานนท์. 2534. ผลของสารดูดความชื้นที่มีต่อ Water Activity และผลิตภัณฑ์เนื้อกึ่งแห้ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตร.
7. AOAC. 2000. Official methods of analysis (17th ed.). Gaithersburg, MD:Association of Official Analytical Chemists.
8. Benjakul, S., Seymour, A.T., Morrissey, M.T. *et.al* 1997. Physicochemical changes in Pacific whiting muscle proteins during iced storage. J. Food Sci. 62:729-733.
9. Buege, J.A. and Aust, S.D. 1978. Microsomal lipid peroxidation. Method Enzymol. 2: 32-34.
10. Chouliara, I., Savvaidis, I.N., Panagiotakis, N. *et.al.* 2004. Preservation of salted, vacuum-packaged, refrigerated sea bream (*Sparus aurata*) fillets by irradiation: microbiological, chemical and sensory attributes. Food Micro. 21: 351–359
11. Fennema, O.R. 1996. Water and Ice. In Food Chemistry. 3rd ed. (Fennema, O.R.ed.). Marcel Dekker, Inc., New York.

12. Guillen, M.D. and Ruiz, A. 2004. Study of the oxidative stability of salted and unsalted salmon fillets by 1H nuclear magnetic resonance. Food Chem. 86: 297-304
13. Pascua, G.L.S., Casales, M.R. and Yeannes. 1994. Preliminary development of intermediate moisture, pasturised mackerel (Scomber Japonicus marplentensis) chunks. J. Sci. Food Agric. 64: 199-204.
14. Shirai, N., Suzuki, H., Tokairin, S. *et.al* 2002. Dietary and seasonal effect on the dorsal meat lipid composition of Japannese (*Silurus asotus*) and Thai catfish (*Clarias macrocephalus* and hybrid *Clarias macrocephalus* and *Clarias galipinus*). Food Chemistry. 132: 609-619.
15. Steel, R.G.D. and Torrie, J. H. 1980. Principles and procedures of statistics: A biometrical approach. McGraw-Hill. New York.
16. Tanikawa , E. 1985. Marine product in Japan. 2nd Koseisha-Koseikaku. Co., Ltd. Tokyo.
17. Thanonkaew, A., Benjakul, S., Visessangan, W. *et.al.* 2006. Development of yellow pigmentation in squid (*Loligo peali*) as a result of lipid oxidation. J. Agric. Food Chem. 54: 956-962.
18. Thanonkaew, A., Chantachote, T., Tangwatcharin, Ranungrat, W. *et.al.* 2007a. Chemical composition of wild catfish (*Clarias macrocephalus*) and farmed catfish (hybrid, *Clarias macrocephalus X Clarais gariepinus*). The 33st Congress on Science and Technology of Thailand. 18-20, October, 2007. Nakhorn Si Thummarat, Thailand.
19. Thanonkaew, A., Chantachote, T., Tangwatcharin, P. *et.al.* 2007 b. Influence of sugar and salt on physical, chemical and sensor properties of dry fermented catfish (Pla-duk-ra). 10th ASEAN Food Conference, 21-23, August 2007. Kuala Lumpure, Malaysia.