บทความวิจัย

ผลของสภาวะในการทำแห้งต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า

Effect of Drying Conditions on Quality of Dry Fermented Catfish (pla-duk-ra)

อมรรัตน์ ถนนแก้ว[1*] สุทธิรักษ์ เพชรรัตน์[2] และ สายใจ วิบูลย์พันธ์[3]

Amonrat Thanonkaew[1*], Suttirak Pecharat[2] and Saijai Wiboonpun[3]

บทคัดย่อ

ปลาดุกร้าเป็นอาหารพื้นเมืองในภาคใต้ของประเทศไทย ซึ่งใช้วิธีการทำแห้งแบบดั้งเดิมในการแปรรูปปลาดุก แต่อย่างไรก็ตามข้อมูลทางด้านวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการทำแห้งปลาดุกร้านั้นค่อนข้างมีน้อย ดังนั้นในการศึกษานี้จึงมุ่งเน้นถึงการศึกษาผลของสภาวะในการแปรรูปต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า โดยศึกษาสภาวะในการทำแห้ง 5 สภาวะ คือ การทำแห้งโดยการตากแดด (S1-Sun) และการใช้เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส (S2-Oven 30) อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (S3-Oven 40) และอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส (S4-Oven 50) ซึ่งมีความเร็วลม 1,000 เมตร/นาที และ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มีความเร็วลม 1500 เมตร/นาที (S5-Oven 30+) พบว่าสภาวะในการทำแห้งมีผลโดยตรงต่อคุณภาพทางเคมี จุลินทรีย์ กายภาพ และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า อุณหภูมิและความเร็วลมในการแปรรูปที่เพิ่มขึ้นของตัวอย่าง S4-Oven 50 และ S5-Oven 30+ ส่งผลให้ปลาดุกร้ามีปริมาณความชื้น ค่า aw และการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ต่ำกว่าตัวอย่างอื่น ($p<0.05$) ในตัวอย่างดังกล่าวมี พีเอช ความเข้มข้นของเกลือและน้ำตาล สูงกว่าตัวอย่างอื่น ($p<0.05$) ซึ่งส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ เนื่องจากมีลักษณะแห้งและแข็งจนเกินไป ปลาดุกร้าที่ผ่านการแปรรูปโดยวิธีการตากแดดแบบดั้งเดิม (S1-Sun) มีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์สูงกว่าปลาดุกร้าที่ผ่านการทำแห้งด้วยตู้อบแห้ง ($p<0.05$) ปลาดุกร้าที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง/วัน เป็นระยะเวลา 5 วัน ความเร็วลม 1,000 เมตร/นาที (S2-Oven 30) มีคุณภาพทางเคมี จุลินทรีย์ กายภาพ และประสาทสัมผัสไม่แตกต่างจากปลาดุกร้าที่ผลิตโดยวิธีการตากแดดแบบดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$).

คำสำคัญ : ปลาดุกร้า การแปรรูป การทำแห้ง การเปลี่ยนแปลงคุณภาพ

---

[1]ผู้ช่วยศาตราจารย์สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ 93110

[2]นักวิทยาศาสตร์ ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 90112

[3]นิสิตระดับปริญญาโท หลักสูตรการจัดการทรัพยากรการเกษตรอย่างยั่งยืน คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ 93110

[*]Corresponding author : E-mail apsara.2555@gmail.com โทรศัพท์/โทรสาร 074-693-996

Abstract

Dry fermented catfish (Pla-duk-ra) is a local product in southern Thailand. Drying is the traditional technique used during the processing of Pla-duk-ra. However, the existing information in scientific literature in relation to drying of Pla-duk-ra is very scarce. Therefore, the aim of this study was to study the effect of drying conditions on quality of Pla-duk-ra. Five processing conditions were used for production of Pla-duk-ra; the conventional method (S1-Sun), the hot air oven at 30°C with air velocity 1,000 m/min (S2-Oven 30), the hot air oven at 40°C with air velocity 1000 m/min (S3-Oven 40), the hot air oven at 50°C with air velocity 1,000 m/min (S4-Oven 50), and the hot air oven at 30°C with air velocity 1,500 m/min (S5-Oven 30+). The increasing of temperature and air velocity in the S4-Oven 50 and S5-Oven 3+ treatments caused Pla-duk-ra to have lower moisture content, water activity and microorganism content than that of other samples ($p<0.05$). On the other hand, those samples had higher pH, salt content and sugar content than that of other samples ($p<0.05$). The sensory test showed that they had an unacceptable quality with too much dryness and hardness. Pla-duk-ra produced by the conventional method (S1-Sun) had higher microbial content than that those processed with the hot air oven. The sample from S2-Oven 30 treatment had no significant difference in chemical, microbiological, physical and sensory properties with sample from S1-Sun treatment. In conclusion, the drying conditions had directly effect on the chemical, microbiological, physical and sensory properties of Pla-duk-ra.

Keywords : Dry fermented catfish (Pla-duk-ra), Processing, Drying, Quality changes

บทนำ

ปลาดุกร้า หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำปลาดุกขนาดที่เหมาะสมมาตัดหัว เอาเครื่องในและไขมันในช่องท้องออก ล้างให้สะอาด อาจผึ่งให้แห้ง นำมาคลุกกับเครื่องปรุงรส เช่น เกลือ น้ำตาล หมักไว้เป็นเวลา 1 คืน นำไปทำให้แห้งโดยใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์หรือแหล่งพลังงานอื่น อาจนำไปปรุงรสหมัก และทำให้แห้งซ้ำจนมีกลิ่นรสตามต้องการก่อนบริโภคต้องทำให้สุก [1] ปัจจุบันนี้ผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าที่ผลิตจากปลาดุกเลี้ยงเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย จนเป็นสินค้าพื้นเมืองหรือสินค้า OTOP ที่มีชื่อเสียงของจังหวัดพัทลุง สงขลา และนครศรีธรรมราช จากการศึกษาผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าที่ผลิตในพื้นที่ต่างๆในเขตลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาพบว่าการผลิตปลาดุกร้าในปัจจุบันนี้ผู้ประกอบการจำนวนมากยังคงประสบกับปัญหาด้านการผลิตที่สำคัญดังนี้

1. ปัญหาการรบกวนจากแมลงและสัตว์รบกวนต่างๆ โดยเฉพาะแมลงวันและไข่ของแมลงวัน มีผลให้ปลาดุกร้าเป็นหนอน ซึ่งเป็นกระบวนการผลิตที่ไม่ถูกสุขลักษณะ ผู้ประกอบการบางรายแก้ปัญหานี้โดยการใส่ยาฆ่าแมลงซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคเป็นอย่างยิ่ง นอกจากนี้ยังมีปัญหาจากการปนเปื้อนของฝุ่นละอองในระหว่างการตากแดด ทำให้เกิดการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียและทำให้เกิดโรค

2. กระบวนการทำแห้งปลาดุกร้าที่ยังคงใช้วิธีการตากแดดแบบดั้งเดิม โดยอาศัยแสงแดดจากธรรมชาติ เมื่อไม่มีแสงแดดก็ไม่สามารถตากปลาดุกร้าได้ เนื่องจากภาคใต้มีฝนตกตลอดทั้งปีทำให้เกิดปัญหาสำคัญคือ ไม่สามารถผลิตสินค้าให้ทันกับความต้องการของผู้บริโภคได้ นอกจากนี้การควบคุมคุณภาพของปลาดุกร้าให้มีคุณภาพสม่ำเสมอนั้นทำได้ยากเนื่องจากไม่สามารถควบคุมสภาวะแวดล้อมได้

3. ผู้ประกอบการยังขาดความรู้ในด้านการแปรรูปอาหารที่ถูกสุขลักษณะ (GMP) ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความเสี่ยงสูงต่อการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

จากปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ไขได้โดยการส่งเสริมให้ผู้ประกอบการได้แปรรูปผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าที่ถูกสุขลักษณะ และการนำเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มาประยุกต์ใช้ในกระบวนการแปรรูปปลาดุกร้า ซึ่งจะมีประโยชน์ทั้งในเรื่องคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ความปลอดภัยของผู้บริโภค และในด้านความคุ้มทุนของการผลิต ดังนั้นเพื่อเป็นการส่งเสริมให้ผู้ประกอบการได้แปรรูปผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าที่ถูกสุขลักษณะ โดยอาศัยหลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิตอาหาร (GMP) การพัฒนากระบวนการผลิตปลาดุกร้าโดยใช้เทคโนโลยีการอบแห้งโดยเครื่องอบแห้งอุตสาหกรรมชนิดลมร้อนแบบถาด และเพื่อเป็นแนวทางหนึ่งสำหรับการแปรรูปปลาดุกร้าในระดับอุตสาหกรรมในอนาคต

อุปกรณ์ และวิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่าง

ซื้อปลาดุกสายพันธุ์บิ๊กอุย (Hybrid Clarias macrocephalus XClarias gariepinus) ขนาด 7 ตัว /กิโลกรัม จากเกษตรกรที่เลี้ยงปลาดุก ในบริเวณ ตำบลทะเลน้อย อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง แล้วแบ่งปลาดุกเป็นสองส่วนโดยส่งปลาดุกส่วนแรกไปยังกลุ่มผลิตปลาดุกร้าปลอดสารพิษทะเลน้อย อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง เพื่อทำการศึกษาผลของการแปรรูปแบบดั้งเดิมโดยการตากแดดต่อคุณภาพของปลาดุกร้า ซึ่งเป็นวิธีการที่ผู้ผลิตได้ใช้ในการแปรรูปปลาดุกร้าเพื่อการจำหน่ายอยู่ในปัจจุบันและส่งปลาดุกส่วนที่สองไปยังอาคารปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง เพื่อทำการศึกษา ผลของการแปรรูปโดยการใช้ตู้อบแห้งชนิดลมร้อนแบบถาดต่อคุณภาพของปลาดุกร้า ดังนั้นในการทดลองนี้ ประกอบด้วยสภาวะในการอบแห้งปลาดุกร้าทั้งสิ้น 5 ชุดการทดลอง ซึ่งแต่ละชุดการทดลองได้มีการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

ชุดการทดลองที่ 1 (S1-Sun) ตากแดดอุณหภูมิ 30-32 องศาเซลเซียส ตากแดดวันละ 5 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 5 วัน (การแปรรูปแบบดั้งเดิมโดยการตากแดด)

ชุดการทดลองที่ 2 (S2–Oven 30) อบแห้งที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1,000 เมตร/นาที อบแห้งวันละ 5 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 5 วัน

ชุดการทดลองที่ 3 (S3-Oven 40) อบแห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1,000 เมตร/นาที อบแห้งวันละ 5 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 5 วัน

ชุดการทดลองที่ 4 (S4-Oven 50) อบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1,000 เมตร/นาที อบแห้งวันละ 5 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 5 วัน

ชุดการทดลองที่ 5 (S5-Oven 30+) อบแห้งที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1,500 เมตร/นาที อบแห้งวันละ 5 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 5 วัน

2. วิธีการผลิตปลาดุกร้า

ในการทดลองนี้ได้ใช้สูตร ปลาดุกบิ๊กอุยสด : น้ำตาล : เกลือ เท่ากับ 10 : 1 : 0.8 และกรรมวิธีการผลิตปลาดุกร้า ของกลุ่มปลาดุกร้าปลอดสารพิษทะเลน้อย อ. ควนขนุน จ. พัทลุง ซึ่งมีขั้นตอนการผลิตดังนี้

ขั้นที่ 1 นำปลาดุกที่มีชีวิตขนาด 7 ตัวต่อกิโลกรัม จำนวน 10 กิโลกรัม มาทำให้ตายโดยคลุกกับเกลือล้างน้ำจนเมือกที่ตัวปลาออกหมด

ขั้นที่ 2 นำปลามาตัดหัวและดึงเครื่องในออกให้หมด แล้วล้างน้ำให้สะอาด

ขั้นที่ 3 นำปลาวางผึ่งแดดอ่อนๆ ประมาณ 2 ชั่วโมง พอหนังปลาตึงแล้ววางให้ตัวปลาเย็น

ขั้นที่ 4 เก็บปลาในขั้นที่ 3 ใส่กะละมังสแตนเลส แล้วคลุกเคล้าน้ำตาลผสมเกลือ (1,000 กรัม : 800 กรัม) ปริมาณ 400 กรัม หมักทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง

ขั้นที่ 5 นำปลาที่หมักไว้ตากแดด หรืออบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งที่อุณหภูมิ และความเร็วลมที่กำหนดไว้ เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง แล้ววางไว้ที่อุณหภูมิห้องจนตัวปลาเย็น

ขั้นที่ 6 นำปลาจากขั้นที่ 5 ไปหมักกับเกลือที่ผสมกับน้ำตาลที่เหลือจากขั้นตอนที่ 4 ปริมาณ 1,200 กรัม โดยอัดไปในท้องปลาและโรยด้านบนโดยการวางปลาเป็นชั้นๆ แล้วหมักทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง

ขั้นที่ 7 นำปลาที่หมักไว้ตากแดด หรืออบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งที่อุณหภูมิ และความเร็วลมที่กำหนดไว้ เป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมง แล้ววางไว้ที่อุณหภูมิห้องจนตัวปลาเย็น

ขั้นที่ 8 จัดเรียงปลาในกะละมังสแตนเลส แล้วโรยน้ำตาล 200 กรัม หมักทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง

ขั้นที่ 9 นำปลาดุกไปการตากแดดหรือการอบแห้ง เป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมง/วัน จนครบระยะเวลาในการตากรวม 5 วัน จึงได้ผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า

3. การวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า

3.1 คุณภาพทางเคมี

1) ความชื้น โดยวิธี AOAC [2]

2) ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) นำเนื้อปลาดุกบดละเอียดมาประมาณ 2 กรัมแล้วนำไปใส่ในภาชนะสำหรับทำการวัด แล้วนำไปวัดค่าใช้เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ (AQUA-LAB CX-2 dew point device, Decagon, USA)

3) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยวิธีของ Benjakul [3]

4) ปริมาณเกลือ โดยวิธี AOAC [2]

5) ปริมาณน้ำตาล โดยวิธี Dinitrosalicylic acid (DNS) [4]

6)การย่อยสลายของโปรตีนโดยวัดค่า TCA-Soluble peptide โดยวิธี ของ Green and Babbitt [5] นำเสนอผลการทดลองในรูป μmol tyrosine/g sample

7) การวิเคราะห์หาปริมาณด่างที่ระเหยได้ (TVB-N) โดยวิธี Conway unit ของ Ng [6]

8) ทดสอบการเกิดกลิ่นหืนเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (TBA value) โดยวัดปริมาณสารที่สามารถทำปฏิกิริยากับ Thiobarbuturic acid (TBA) ตามวิธีของ Egan et al. [7]

3. 2 คุณภาพทางจุลินทรีย์

โดยวิธี BAM [8] ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในเกณฑ์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน [1] สำหรับผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าประกอบด้วย Total Plate Count, Yeast and Mold, Lactic acid bacteria, S. aureus and *E. coli*

3.3 คุณภาพทางกายภาพ : วัดค่าสีโดยใช้เครื่องวัดค่าสี (Hunter Lab, CIE Lab)

3.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

วัดคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยผู้ที่มีความชำนาญในการตรวจสอบปลาดุกร้า ซึ่งใช้เกณฑ์การให้คะแนนตามวิธีการตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ของปลาดุกร้าตามเกณฑ์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน [1]

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Version 11 [9]

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการศึกษาคุณภาพของปลาดุกร้าที่ได้จากกระบวนการผลิตปลาดุกร้าแบบดั้งเดิม (ตากแดดธรรมชาติ) และการใช้เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วลม 1,000 และ 1,500 เมตร/นาที พบว่าสภาวะในการทำแห้งมีผลโดยตรงต่อคุณภาพทางด้าน เคมี จุลินทรีย์ กายภาพ และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า ดังแสดง

ในตารางที่ 1-3 การศึกษาผลของสภาวะในการแปรรูปต่อคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าพื้นเมืองพัทลุง โดยการวิเคราะห์ ปริมาณความชื้น (moisture) ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้(watcractivity a_w)ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณน้ำตาล (sugar) ปริมาณเกลือ (salt) ปริมาณด่างที่ระเหยได้ (TVB-N) และปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในสารละลายไตรคลอโรอะซิติกแอซิด (TCA-Soluble peptide) และการเกิดกลิ่นหืน (TBA) ดังแสดงในตารางที่ 1 ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิและความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปลาดุกร้ามีปริมาณความชื้น และค่า a_w ลดลง ($p<0.05$) ซึ่งอาจจะเกิดจากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้น้ำในปลาดุกสามารถระเหยออกจากตัวปลาได้เร็วผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าที่ผ่านการแปรรูปโดยการทำแห้งทั้ง 5 สภาวะ มีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง ร้อยละ 37.44-47.91 และมีค่า a_w ในช่วง 0.77-0.84 โดยปลาดุกร้าที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และมีความเร็วลม 1,500 เมตร/นาที (S5-Oven 30+) มีปริมาณความชื้นและค่า a_w ต่ำที่สุด ($p<0.05$) ส่วนปลาดุกร้าที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสและมีความเร็วลม 1,000 เมตร/นาที (S2-Oven 30) มีปริมาณความชื้นร้อยละ 47.91 และ a_w เท่ากับ 0.83 ซึ่งมีใกล้เคียงกับปลาดุกร้าที่ผลิตจากเกษตรกรกลุ่มปลาดุกร้าปลอดสารพิษทะเลน้อย (S1-Sun) ปลาดุกร้าเป็นผลิตภัณฑ์อาหารหมักพื้นบ้านที่เกิดจากภูมิปัญญาในการถนอมอาหารของชาวใต้ โดยการหมักปลาดุกด้วยเกลือและน้ำตาล แล้วนำไปลดความชื้นโดยการตากแดด ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษะปรากฏ คล้ายปลาเค็มหรือปลาแห้ง แต่ยังคงลักษณะเฉพาะตัวของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า คือ มีกลิ่นหมัก และมีเนื้อสัมผัสที่นิ่ม ซึ่งสามารถจัดผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าให้อยู่ในประเภทอาหารกึ่งแห้ง ที่มีความชื้นระหว่างร้อยละ 15-50 หรือมีค่า a_w ระหว่าง 0.6-0.9 ซึ่งเป็นประเภทเดียวกับผลิตภัณฑ์ปลาหวานและปลาเค็ม สำหรับผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าที่ได้รับการรับรองมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) จะต้องมีค่า a_w ไม่เกิน 0.8 [1]

จากการทดลองพบว่ามีปลาดุกร้าที่ผ่านการทำแห้งในสภาวะ S3-Oven 40 S4-Oven 50 และ S5-Oven 30+ มีค่า a_w ไม่เกิน 0.8 แต่อย่างไรก็ตามเมื่อทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่าตัวอย่าง S3-Oven 40 มีคะแนนทางประสาทสัมผัสในระดับปานกลาง S3-Oven 40 และ S4-Oven 50 มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีลักษณะแห้งและแข็งโดยเฉพาะส่วนปลายหางของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นส่วนที่มีขนาดเล็กและบาง ทำให้สามารถสูญเสียความชื้นได้เร็วกว่าส่วนอื่นๆ ทำให้ผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าที่ได้มีลักษณะที่แห้งไม่สม่ำเสมอกัน กล่าวคือส่วนหางแห้งแข็ง แต่ส่วนช่องท้องและลำตัวยังคงมีความชื้นสูง ส่วนปลาดุกร้าผลิตแบบดั้งเดิม (S1-Sun) มีค่า a_w เท่ากับ 0.84 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับปลาดุกร้าที่ผ่านการทำแห้งในสภาวะ S2-Oven 30 คือ ค่า a_w 0.83 ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐาน ซึ่งมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ ในการศึกษานี้ผลการทดลองเช่นเดียวกับการศึกษาของ อมรรัตน์ และคณะ [10] รายงานค่า a_w ของปลาดุกร้าที่ผลิตจากปลาดุกธรรมชาติและปลาดุกเลี้ยงที่ผลิตโดยผู้ผลิตปลาดุกร้าชาวทะเลน้อย มีค่าเท่ากับ 0.82 และ 0.89 ตามลำดับ นงนุช และคณะ [11] รายงานผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นและค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า ที่ผลิตโดยกลุ่มผลิตปลาดุกร้าท่าชัก อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่า ผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้ามีปริมาณความชื้นร้อยละ 39.5 ค่า a_w เท่ากับ 0.86 นอกจากนี้ยังพบว่าการลดความชื้นเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีค่า a_w ไม่เกิน 0.80 มีผลให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แห้งแข็งเกินไป

เมื่อวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของปลาดุกร้าที่ผ่านการแปรรูปโดยการทำแห้งทั้ง 5 สภาวะ พบว่าผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้ามี pH ระหว่าง 6.23-6.38 ซึ่งเป็นช่วง pH ของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า นอกจากนี้ยังพบว่าผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ

40 และ 50 องศาเซลเซียสมี pH สูงกว่า ผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าที่ผ่านการแปรรูปโดยการตากแดด และการอบแห้งที่30องศาเซลเซียสเล็กน้อยทั้งนี้อาจเนื่องมาจากอุณหภูมิที่สูงขึ้น ทำให้ปลาดุกเกิดการสูญเสียน้ำอย่างรวดเร็วในระหว่างการทำแห้ง ทำให้ไปขัดขวางการเจริญของจุลินทรีย์ที่สามารถผลิตกรดได้ จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าที่ผ่านการอบแห้งโดยสภาวะดังกล่าวมี pH ที่สูงกว่าตัวอย่างปลาดุกร้าที่ผ่านการแปรรูปโดยสภาวะอื่นๆ จากการศึกษาของ Thanonkaew et al. [12] พบว่าเกลือและน้ำตาล มีบทบาทสำคัญต่อคุณภาพทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า ซึ่งการใช้เกลือหรือน้ำตาลเพียงอย่างเดียวจะไม่สามารถผลิตปลาดุกร้าได้ นอกจากนี้อัตราส่วนระหว่างเกลือและน้ำตาลที่เหมาะสมจะเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า เนื่องจากปลาดุกร้าเป็นผลิตภัณฑ์อาหารหมักพื้นบ้านที่ใช้เกลือและน้ำตาลเป็นส่วนผสมหลักในการหมักแบบแห้ง ในปัจจุบันการแปรรูปปลาดุกร้าในแต่ละท้องถิ่นมีการใช้เกลือและน้ำตาลในปริมาณแตกต่างกัน ซึ่งโดยทั่วไปมีการใช้เกลืออยู่ในช่วงร้อยละ 4-10 และใช้น้ำตาลอยู่ในช่วงร้อยละ 10-30 ของน้ำหนักปลาดุกสด จากการใช้เกลือและน้ำตาลในปริมาณที่แตกต่างกัน และกระบวนการแปรรูปที่แตกต่างกันนี้ทำให้ผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าของแต่ละท้องที่มีคุณภาพและลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าที่มีความหลากหลายแตกต่างกันไป [13] ดังนั้นหากสภาวะในการทำแห้งปลาดุกร้าที่แตกต่างกัน อาจจะส่งผลต่อปริมาณเกลือและน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าและทำให้มีผลต่อคุณภาพด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ได้ ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาการแปรรูปปลาดุกร้าของชาวพัทลุง โดยมีแหล่งผลิตหลักอยู่ที่บริเวณรอบๆ ทะเลน้อย อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง ซึ่งนิยมแปรรูปปลาดุกร้าโดยใช้ เกลือ ร้อยละ 10 และน้ำตาลร้อยละ 10 ของน้ำหนักปลาดุกสด จากการทดลองพบว่าปลาดุกร้าที่ผ่านการแปรรูป โดยการทำแห้งทั้ง 5 สภาวะมี ปริมาณเกลือระหว่าง ร้อยละ 4.62-5.96 และปริมาณน้ำตาลระหว่าง ร้อยละ 3.24-4.30 ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิและความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปลาดุกร้ามีปริมาณเกลือ และน้ำตาล มีค่าเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) ซึ่งอาจจะเกิดจากการที่ปลาดุกร้ามีความชื้นลดลงแล้ว ทำให้ความเข้มข้นของเกลือและน้ำตาลในผลิตภัณฑ์มีค่าเพิ่มขึ้น นงนุช และคณะ [11] รายงานผลการวิเคราะห์ปริมาณของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าท่าชัก มีเกลือ ร้อยละ 6.7 และผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าที่ได้จากการพัฒนาโดยใช้เกลือ ร้อยละ 10 และน้ำตาลร้อยละ 10 มีเกลือร้อยละ 5.5 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับปริมาณเกลือในการศึกษานี้

ศึกษาผลของสภาวะในการแปรรูปต่อการเปลี่ยนแปลงโปรตีนของปลาดุกร้า โดยการวิเคราะห์ปริมาณด่างที่ระเหยได้ (TVB-N) และปริมาณโปรตีนสายสั้นๆ(TCA-Soluble peptide) ซึ่งค่าทั้งสองนี้จะบ่งบอกถึงการย่อยสลายโปรตีนในกล้ามเนื้อปลาในระหว่างการแปรรูป จากการทดลองพบว่าสภาวะการทำแห้ง S4-Oven 50 และ S5-Oven 30+ มีผลให้ผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้ามีปริมาณโปรตีนสายสั้นๆ น้อยกว่าปลาดุกร้าที่ผ่านสภาวะการทำแห้งอื่นๆ จากการทดลองนี้แสดงว่าที่สภาวะดังกล่าวเกิดการย่อยสลายของโปรตีนในกล้ามเนื้อได้น้อยกว่าตัวอย่างที่ผ่านการแปรรูปโดยสภาวะอื่น เนื่องจากการย่อยสลายโปรตีนของกล้ามเนื้อปลาดุกในระหว่างการแปรรูปปลาดุกร้าสามารถเกิดขึ้นได้จากทั้งการย่อยสลายตัวเอง(autolysis)ของโปรตีนกล้ามเนื้อโดยการทำงานของเอนไซม์ที่ย่อยสลายโปรตีน (protease) และการย่อยสลายโปรตีนกล้ามเนื้อโดยเอนไซม์ที่ผลิตจากจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญได้ในระหว่างกระบวนการแปรรูปปลาดุกร้า จากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิในการอบแห้งที่สูงและระดับความเร็วลมของตู้อบแห้งที่สูงเกินไปจะมีผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนในผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากอุณหภูมิ และความเร็วลมที่สูงขึ้นทำให้ปลาดุกเกิดการ

สูญเสียน้ำอย่างรวดเร็วในระหว่างการทำแห้งจึงไปยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายโปรตีนได้ หรือเกิดการลดกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ ในกล้ามเนื้อปลาดุกได้

เมื่อศึกษาการเกิดกลิ่นหืนของปลาดุกร้าที่ผ่านการแปรรูปโดยการทำแห้งทั้ง 5 สภาวะ โดยวิเคราะห์ค่า TBA จากการทดลองพบว่าปลาดุกร้า มีค่า TBA ระหว่าง 0.52-0.97 mg malonaldehyde/kg sample สภาวะการทำแห้ง S4-Oven 50 และ S5-Oven 30+ ได้ปลาดุกร้าที่มีค่า TBA สูงกว่าปลาดุกร้าที่ผ่านการแปรรูปโดยสภาวะอื่นๆ เนื่องจากปลาดุกร้าเป็นผลิตภัณฑ์อาหารหมัก ที่ใช้ปลาดุก ซึ่งเป็นปลาที่ไขมันสูงมาใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการแปรรูป ประกอบกับกระบวนการแปรรูปที่ใช้เวลาหลายวัน การเปลี่ยนแปลงต่างๆ ของไขมันในระหว่างการแปรรูปจึงมีบทบาทสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า เช่น ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและการย่อยสลายของไขมันซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า จึงให้ผลเช่นเดียวกับการศึกษาของ Thanonkaew et al. [14] รายงานผลของการหมักและการทำแห้งต่อการเปลี่ยนแปลงของไขมันในผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า พบว่า ภายหลังการทำแห้งและการหมัก ปริมาณกรดไขมันอิสระในกล้ามเนื้อปลาดุกมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนไตรกรีเซอไรด์และฟอสฟอ-ลิพิดมีค่าลดลง รวมทั้งมีการลดลงของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูง (polyunsaturated fatty acid) ได้แก่ EPA (eicosapentaenoic acid) และ DHA (docosahexaenoic acid) ซึ่งอาจจะเกิดจากการย่อยสลายตัวของไตรกลีเซอไรด์ และฟอสฟอลิพิด

ตารางที่ 1 ผลของสภาวะในการแปรรูปต่อคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า

Pla-duk-ra Quality	Processing Conditions				
	S1-Sun	S2-Oven 30	S3-Oven 40	S4-Oven 50	S5-Oven 30+
Moisture (%)	47.11±1.22[a]	47.91±1.34[a]	40.94±0.92[b]	37.44±1.33[c]	39.94±2.14[b]
Water activity	0.84±0.01[a]	0.83±0.00[a]	0.80±0.01[b]	0.77±0.02[c]	0.80±0.02[b]
pH	6.28±0.06[b]	6.23±0.01[b]	6.34±0.03[a]	6.38±0.59[a]	6.33±0.81[ab]
Salt (%)	4.62±0.19[b]	4.80±0.59[b]	4.90±0.30[b]	5.86±0.59[a]	5.96±0.81[a]
Sugar (%)	3.24±0.30[c]	3.30±0.41[c]	3.30±0.60[c]	3.63±0.25[b]	4.30±0.81[a]
TVB-N (mg N/100 g sample)	243.31±1.36[a]	245.23±3.41[a]	244.30±2.90[a]	225.19±1.15[b]	224.69±5.77[b]
TCA-Soluble Peptides (μmole/g sample)	29.09±0.14[a]	29.71±0.16[a]	29.93±0.43[a]	24.92±0.58[b]	24.49±0.08[b]
TBA (mg malonaldehyde/ kg sample)	0.65±0.05[d]	0.69±0.11[c]	0.73±0.19[b]	0.84±0.05[b]	0.97±0.03[b]

[1] แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าที่ได้จากการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

[2] อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

อันเนื่องมาจาก การทำงานของเอนไซม์ลิเพส (lipase) และฟอสฟอลิเพส (phospholipase)

จากการทดลองพบว่าการแปรรูปโดยการตากแดดแบบดั้งเดิม (S1-Sun) ซึ่งดำเนินการผลิตโดยผู้ผลิตปลาดุกร้าทะเลน้อย มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค และจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียสูงกว่าปลาดุกร้าที่แปรรูปโดยการใช้ตู้อบแห้งที่สภาวะต่างๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในการศึกษานี้ได้วิเคราะห์ จุลินทรีย์ก่อโรคในผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า 2 ชนิด คือ เชื้อ *E. coli* และ S. aureus ปลาดุกร้า S1-Sun มีการปนเปื้อนของเชื้อ *E. coli* 7.17 MPN/g และ *S. aureus* 6.16 log cfu/g ส่วนปลาดุกร้าที่ผ่านการแปรรูปโดยวิธีการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อนชนิดถาด ไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์สองชนิด มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน[1] ของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้ากำหนดให้มีเชื้อ S. aureus ในผลิตภัณฑ์ได้ไม่เกิน 2 log cfu/g และมีเชื้อ *E. coli* ได้ไม่เกิน 10 MPM/g จากการศึกษานี้พบว่าปลาดุกร้ามีการปนเปื้อนของเชื้อ *E. coli* ในระดับที่ต่ำกว่ามาตรฐาน แต่มีการปนเปื้อนของเชื้อ *S. aureus* ในระดับที่สูงกว่ามาตรฐาน ซึ่งให้ผลการศึกษาเช่นเดียวกับการศึกษาการ ของขนิษฐา และ ศิริวรรณ [15] ได้ศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อ *E. coli* และ *S. aureus* ของตัวอย่างปลาดุกร้าที่ผลิตในบริเวณชุมชนทะเลน้อย อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง พบว่าปลาดุกร้ามีการปนเปื้อนของเชื้อ *S. aureus* ได้สูงกว่าการปนเปื้อนของ เชื้อ *E. coli* ทั้งนี้อาจมีผลเนื่องมาจากค่า pH และค่า a_w ในผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้ามีค่าไม่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อ *E.coli* ซึ่งสามารถเจริญเติบโตได้ในสภาวะที่ค่า a_w 0.95 คือค่า pH มากกว่า 4 ซึ่งในสภาวะที่ไม่เหมาะสมนี้ ทำให้เชื้อ *E. coli* เกิดการปรับตัวให้อยู่ในสภาวะเครียดเพื่อให้สามารถอยู่รอดได้เนื่องจากสภาวะเครียดด้วยกรดและความแห้ง โดยเชื้อจะหยุดการเจริญเติบโต และเชื้อที่ไม่สามารถปรับตัวให้มีชีวิตอยู่รอดได้ เนื่องจากได้รับบาดเจ็บมากจะทำให้เชื้อนั้นเข้าสู่สภาวะที่ยังไม่ตายแต่ไม่สามารถเจริญเติบโตได้และตายในที่สุด แต่อย่างไรก็ตามมีการรายงานเกี่ยวกับคุณภาพทางจุลินทรีย์ของปลาแห้งรมควันโดยพบการปนเปื้อนของเชื้อ *E. coli* และ *S. aureus* ซึ่งมีสาเหตุจากกระบวนการผลิตปลาแห้งรมควันที่ไม่ถูกสุขลักษณะ ถึงแม้ว่าผลิตภัณฑ์ปลาจะมีค่า a_w ต่ำก็ยังมีจุลินทรีย์บางชนิดสามารถอยู่รอดและเจริญเติบโตได้ ซึ่งสอดคล้องกับคุณภาพทางจุลินทรีย์ของปลาเค็มแห้งที่มักพบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์แกรมบวก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเชื้อ Staphylococcus spp. เนื่องจากจุลินทรีย์ชนิดนี้สามารถอยู่รอดในผลิตภัณฑ์อาหารที่ค่า a_w ต่ำได้ดี แต่อย่างไรก็ตาม ผุสดี และคณะ [16] รายงานผลการสำรวจคุณภาพทางจุลินทรีย์ของปลาดุกร้าในจังหวัดพัทลุง พบว่าผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อ *S. aureus* ส่วนการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียในผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าประกอบด้วย เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) ยีสต์และรา (Yeast, Mold) และ แบคทีเรียที่สร้างกรด (Lactic acid bacteria) จากการทดลองพบว่าการแปรรูปโดยการตากแดดแบบดั้งเดิม (S1-Sun) มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา สูงกว่าปลาดุกร้าที่ผ่านการแปรรูปโดยการใช้ตู้อบแห้งที่สภาวะต่าง ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันในด้านจำนวนของเชื้อแบคทีเรียที่สร้างกรดในผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าที่ผ่านการแปรรูปโดยการตากแดด (S1-Sun) และการใช้ตู้อบแห้งที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส (S2-Oven 30) ($p<0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าอุณหภูมิและความเร็วลมในการแปรรูปที่สูง ส่งผลให้มีจำนวน จุลินทรีย์ลดลงอาจจะเกิดจากการลดความชื้นอย่างรวดเร็วในผลิตภัณฑ์ซึ่งส่งผลให้เกิดความแห้งแข็ง ทำให้ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ เนื่องจากที่ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้ามีค่าอยู่ในระดับต่ำกว่าระดับค่า a_w ของแบคทีเรียส่วนใหญ่เจริญเติบโต ซึ่งมีค่าต่ำสุดคือ 0.90 ทำให้แบคทีเรียส่วนใหญ่ไม่สามารถเจริญได้ดี แต่แบคทีเรียในกลุ่มที่สร้างกรดได้มักเจริญเติบโตได้ดีในสภาวะที่มีค่า a_w

ต่ำกว่า 0.90 จึงทำให้จุลินทรีย์กลุ่มนี้มีบทบาทสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า ซึ่งการศึกษาถึงบทบาทของจุลินทรีย์ที่สร้างกรดต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าจะต้องมีการศึกษาวิจัยในเชิงลึกในขั้นถัดไป การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ก่อโรคและจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียในผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า แสดงถึงการแปรรูปอาหารที่ไม่ถูกสุขลักษณะของผู้ผลิตปลาดุกร้า ซึ่งการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ก่อโรคดังกล่าวอาจจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภคได้ เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ทั้งสองชนิดนี้สามารถกระจายอยู่ในสภาวะแวดล้อม เช่น ดิน น้ำ ฝุ่นละออง อากาศ วัสดุอุปกรณ์ในการแปรรูป รวมทั้งสัตว์และมนุษย์ ดังนั้นการแปรรูปอาหารที่ไม่ถูกสุขลักษณะจะทำให้เกิดการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ได้ง่าย ปัญหาการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้านี้สามารถแก้ไขได้ โดยการนำความรู้เกี่ยวกับ การแปรรูปอาหารที่ถูกสุขลักษณะ (GMP) มาประยุกต์ใช้ในกระบวน การแปรรูปอาหาร ซึ่งจะเห็นจากการทดลองในห้องปฏิบัติการที่อบแห้งปลาดุกร้าโดยใช้ตู้อบแห้ง มีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของอาหารเน่าเสียได้น้อยกว่าปลาดุกร้าที่ผลิตโดยวิธีดั้งเดิม ($p<0.05$) และไม่พบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ก่อโรคในผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าที่ผลิตถูกต้องตามหลัก GMP ซึ่งให้ผลการทดลองเช่นเดียวกับการศึกษาของ นงนุช และคณะ [11] รายงานผลทางด้านจุลินทรีย์ของปลาดุกร้าที่ผ่านการแปรรูปโดยใช้หลักการแปรรูปอาหารที่ถูกสุขลักษณะ (GMP) และอบแห้งโดยใช้ตู้อบแห้งลมร้อนที่ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ผลการวิเคราะห์ด้านจุลชีววิทยาพบว่ามีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด 4.84 log cfu/g yeast < 10 CFU/g, mold < 10 CFU/g *E. coli* < 3 MPN/g และ *S. aureus* < 25 cfu/g ซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

ตารางที่ 2 ผลของสภาวะในการแปรรูปต่อคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า

Pla-duk-ra Quality	**Processing Conditions**				
	S1-Sun	**S2-Oven 30**	**S3-Oven 40**	**S4-Oven 50**	**S5-Oven 30+**
Total Plate Count (log cfu/g)	8.04±0.51[a]	5.87±0.17[b]	5.74±0.79[b]	5.14±0.47[c]	4.75±0.11[d]
Yeast, Mold (log cfu/g)	5.21±0.96[a]	2.67±0.28[b]	2.14±0.14[d]	2.04±0.06[d]	2.41±0.48[c]
Lactic acid bacteria (log cfu/g)	2.14±0.28[a]	2.23±0.35[a]	2.11±0.13[a]	2.07±0.13[b]	2.03±0.08[b]
S. aureus (log cfu/g)	6.16±0.17[a]	ND[3]	ND	ND	ND
E. coli (MPN/g)	7.17±0.48[a]	ND	ND	ND	ND

[1] แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าที่ได้จากการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

[2] อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

[3] ND = Non detectable (ตรวจไม่พบ)

การวัดค่าทางกายภาพทางด้านค่าสีของของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า ที่ผ่านกระบวนการทำแห้งที่แตกต่างกันทั้ง 5 สภาวะ (ตารางที่ 3) โดยการวัด ค่าความสว่าง (Lightness: L^*) ค่าสีแดง (Redness: a^*) และ ค่าสีเหลือง (Yellowness: b^*) เมื่อศึกษาเปรียบเทียบค่าสีของปลาดุกร้าที่ผ่านการแปรรูปโดยการตากแดด (S1-Sun) และการใช้ตู้อบแห้ง (S2-Oven 30) พบว่า การทำแห้งโดยการใช้ตู้อบแห้งทำให้ผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้ามีความสว่างมากกว่าการทำแห้งโดยการตากแดด และความสว่าง และค่าสีเหลืองของปลาดุกร้าลดลงเมื่ออุณหภูมิในการแปรรูปเพิ่มขึ้น หรือความเร็วลมในการอบแห้งเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามจากการทดลองนี้พบว่าสภาวะการทำแห้งไม่มีผลต่อค่าสีแดงของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า

การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าพื้นเมืองพัทลุง ที่ผ่านการกระบวนการทำแห้งที่แตกต่างกันทั้ง 5 สภาวะ (ตารางที่ 3) ใช้เกณฑ์การให้คะแนนตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน [1] โดยการประเมินคุณลักษณะต่างๆ ได้แก่ ลักษณะทั่วไป (appearance) สี (color) กลิ่นรส (flavor) และลักษณะเนื้อสัมผัส (texture) ด้วยวิธีทางประสาทสัมผัสและให้คะแนนระดับ 14 โดยใช้ผู้ประเมินที่มีอายุ 6 ระหว่าง 19-25 ปี จำนวน 10 คน พบว่าปลาดุกร้าที่อบแห้ง 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง/วัน เป็นระยะเวลา 5 วัน ความเร็ว 1,000 เมตร/นาที (S2-Oven 30) มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ใกล้เคียงกับปลาดุกร้าที่ผลิตโดยวิธีแบบดั้งเดิมมากที่สุด (S1-Sun) ซึ่งจะใช้เป็นสภาวะในการศึกษาเพื่อพัฒนากระบวนการอบแห้งปลาดุกร้าใน

ตารางที่ 3 ผลของสภาวะในการแปรรูปต่อคุณภาพทางกายภาพ (สี) และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า

Pla-duk-ra Quality	**Processing Condition**				
	S1-Sun	**S2-Oven 30**	**S3-Oven 40**	**S4-Oven 50**	**S5-Oven 30+**
Color					
Lightness (L*)	34.43±0.16 [c]	40.79±1.28 [a]	38.65±0.09 [a b]	37.96±0.42 [b]	35.26±0.55 [c]
Redness (a*)	4.57±0.43 [b]	4.59±0.45 [b]	4.39±0.41 [c]	4.52±0.02 [b]	4.73±0.37 [a]
Yellowness (b*)	21.54±0.93 [a]	20.88±1.97 [a]	18.35±0.30 [b]	20.26±0.34 [a]	17.64±0.71 [b]
Sensory					
Appearance	3.3±0.67 [a]	3.3±0.48 [a]	2.1±0.88 [b]	1.2±0.42 [c]	1.4±0.52 [c]
Color	3.7±0.95 [a]	3.3±0.82 [a]	2.6±0.52 [b]	1.9±0.74 [c]	1.6±0.70 [c]
Flavor	3.0±0.47 [a]	3.1±0.57 [a]	2.4±0.97 [b]	1.7±0.82 [c]	1.8±0.79 [c]
Texture	3.4±0.52 [a]	3.0±0.48 [a]	2.3±0.82 [b]	1.7±0.82 [c]	1.9±0.74 [c]

[1] แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคุณภาพทางด้านกายภาพและประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าที่ได้จากการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

[2] อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การศึกษาในขั้นถัดไป ส่วนปลาดุกร้าที่อบแห้ง S4-Oven 50 และ S5-Oven 30+ มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เนื่องจากมีลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ที่ มีลักษณะแห้งแข็งโดยเฉพาะบริเวณส่วนหางของปลาดุก แต่ส่วนท้องและส่วนลำตัวมีลักษณะปกติหรือมีรอยฉีกขาด ทั้งนี้อาจเกิดจากการทำแห้งที่เร็วเกินไปทำให้ส่วนหางของปลาดุกซึ่งมีความหนาน้อยกว่าส่วนหัว มีการถ่ายเทความร้อนและการระเหยของน้ำอย่างรวดเร็วนอกจากนี้การอบแห้งที่อุณหภูมิสูงจะมีผลทำให้ผิวหนังของปลาดุกเกิดการฉีกขาดได้ง่ายในระหว่างการแปรรูป ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และเมื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าที่ผ่านการแปรรูปโดยสภาวะ S4-Oven 50 และ S5- Oven 30+ พบว่ามีค่า a_w เท่ากับ 0.77 และ 0.8 ตามลำดับ การที่ตัวอย่างมีค่า a_w ต่ำส่งผลให้เกิดลักษณะที่แห้งและแข็งในผลิตภัณฑ์ ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับการศึกษาของนงนุชและคณะ[11]พบว่าการทำแห้งปลาดุกร้าให้มีค่า a_w ไม่เกิน 0.8 จะทำให้ผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้ามีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แห้งและแข็งเกินไป

สรุปผลการทดลอง

1. สภาวะในการแปรรูปมีผลโดยตรงต่อคุณภาพทางเคมี จุลินทรีย์ กายภาพ และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า

2. ปลาดุกร้าที่ผ่านการแปรรูปโดยวิธีการตากแดดแบบดั้งเดิม มีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคและจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียได้สูงกว่าปลาดุกร้าที่ผ่านการทำแห้งด้วยตู้อบแห้งที่มีการใช้หลัก GMP ในการแปรรูป

3. การทำแห้งปลาดุกร้าโดยตู้อบแห้งที่ใช้อุณหภูมิหรือความเร็วลมที่สูงเกินไป ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเนื่องจากมีลักษณะแห้งและแข็ง

4. ปลาดุกร้าที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 ชั่วโมง/วัน เป็นระยะเวลา 5 วัน ความเร็วลม 1000 รอบ/นาที มีคุณภาพทางทั้งทางเคมี จุลินทรีย์ กายภาพ และประสาทสัมผัสที่ใกล้เคียงกับปลาดุกร้าที่ผลิตโดยวิธีแบบดั้งเดิมมากที่สุด

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการ สนับสนุนเงินอุดหนุนการวิจัยจากเครือข่ายการวิจัยภาคใต้ตอนล่าง ประจำปีงบประมาณ 2551 และคณะผู้วิจัยขอขอบคุณหน่วยวิจัยอาหารท้องถิ่นภาคใต้ ในการทำหน้าที่ประสานงานกับทุกฝ่ายจนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน.(2548). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เลขที่ มผช. 1029/2548.** สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.

[2] AOAC.(1999). **Official Method of Analysis.** 14th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington DC.

[3] Benjakul, S., Seymour, A.T., Morrissey, M.T. and An, H. (1997). Physicochemical changes in Pacific whiting muscle proteins during iced storage. **J. Food Sci.** 62, 729-733.

[4] Bernfeld, P.(1955). In Amylases, α and β; Colowick, S. P., Kaplan, N. D., Eds.; **Methods Enzymol. 1,** 149–158.

[5] Green, D. H. and Babbitt, J. K. (1990). Control of muscle softening and protease-parasite interactions in arrowtooth flounder Atheresthes stomias. **J. Food Sci.** 55, 579–580.

[6] Ng, C. S.(1987). Determination of trimethylamine oxide (TMAO-N), trimethylamine (TMA-N), total volatile basic nitrogen (TVB-N) by Conway's method. In H. Hasegawa (Ed.), **Laboratory manual on analytical methods and procedures for fish and fish products**

(pp. 1-8). Singapore: Marine Fisheries Research Department, Southeast Asian Fisheries Development Center.

[7] Egan, H., Kirk, R.S. and Sawyer, R. (1981). **Pearson's Chemical Analysis of Foods.** London: Churchill Livingstone.

[8] Bacteriological Analytical Manual (BAM).(2001). **U.S. Food and Drug Administration.** Available at: http:// www.cfsan.fda.gov

[9] Steel, R.G.D. and Torrie, J. H. (1980). **Principles and procedures of statistics: A biometrical approach.** McGraw-Hill. New York.

[10] อมรรัตน์ ถนนแก้ว, จันทิรา ฤทธิจักร, สุปราณี สุริยะผล. (2552). การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และสมบัติบางประการของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าพื้นเมืองในจังหวัดพัทลุง. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ. 12 (1),1-12.

[11] นงนุช รักสกุลไทย, มยุรี จัยวัฒน์ และ จุฑามุกดาสนิท. (2552). การพัฒนากระบวนการผลิตและบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม สำหรับปลาดุกร้า. **สรุปผลการวิจัย โครงการพัฒนาคุณภาพและการบรรจุภัณฑ์ในโครงการหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ทั่วประเทศ ประจำปี 2550.** สืบค้นจาก http://kuservice.ku.ac.th

[12] Thanonkaew, A., Chantachote, T., Tangwatcharin, P. Pecharat, S. and Benjakuk, S. (2007). 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.

[13] อมรรัตน์ ถนนแก้ว.(2551). **ปลาดุกร้า: ภูมิปัญญาชาวปักษ์ใต้.** สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ.

[14] Thanonkaew, A., Chantachote, T., Tangwatcharin, P., Ranungrat, W. and Auksornnieum, A. (2008). Effect of drying and fermentation **on chahges of catfish lipid. The 99th AOCS Annual Meeting and Expo.** May 18-21, 2008, Seattle, Washington, USA.

[15] ขนิษฐา โสกมล และ ศิริวรรณ ห้วนแจ่ม. (2550). **รายงานการวิจัย : การตรวจสอบคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ ในผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าพื้นเมืองจังหวัดพัทลุง.** โปรแกรมวิชาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

[16] ผุสดี ตังวัชรินทร์, อำนวย บินแหละ, ศราวุธ เหมหมัด, วลัยรัตน์ นาเลื่อน และ มัสหนะ ลาเตะ. (2550). สถานการณ์การเสื่อมเสียทางจุลินทรีย์และการปนเปื้อนเชื้อ Escherichia coli ในผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าที่ผลิตจากปลาดุกเลี้ยงและปลาดุกธรรมชาติ. **การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 33.** จังหวัดนครศรีธรรมราช.