

สมบัติเนื้อสัมผัสของเจลจากเนื้อปลาอุกบึกอุยแช่ที่เก็บรักษาโดยวิธี การแช่เย็นในน้ำแข็งและที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

Textural Properties of Gel Made from Hybrid Catfish

(*Clarias macrocephalus* x *C.gariepinus*)

Fillets Chilled in Ice and at Temperature of 4°C

วิไลวรรณ ถานอาดนา (Wilaiwan Thanadna)* ดร. เกษม นันทชัย (Dr. Kasem Nantachai)**

ดร. ศุภวรรณ ถาวรชินสมบัติ (Dr. Supawan Thawornchinsombut)**

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ศึกษาสมบัติเนื้อสัมผัสของเจลจากเนื้อปลาอุกบึกอุยแช่ที่ผ่านการแช่เย็นในน้ำแข็งและแช่ที่อุณหภูมิ 4°C ในระยะเวลาการเก็บรักษา 5 วัน และผลิตเจลที่สภาวะการเซตตัว 2 สภาวะ คืออุณหภูมิ 30.4°C เวลา 41 นาที และปริมาณเกลือร้อยละ 2.01 (สภาวะที่ 1) และอุณหภูมิ 40°C เวลา 60 นาที และปริมาณเกลือร้อยละ 2.48 (สภาวะที่ 2) พบว่า เจลของเนื้อปลาแช่เย็นในน้ำแข็งและที่อุณหภูมิ 4°C มีลักษณะทางประสาทสัมผัสและสมบัติทางกายภาพและเคมีไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของลักษณะทางประสาทสัมผัสสามารถจัดองค์ประกอบหลักได้ 2 องค์ประกอบซึ่งอธิบายความแปรปรวนรวมได้ร้อยละ 71 และแบ่งเจลได้เป็น 2 กลุ่มตามสภาวะการเซตตัวของเจล และเมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของสมบัติทางกายภาพและเคมีสามารถจัดองค์ประกอบหลักได้ 4 องค์ประกอบ อธิบายความแปรปรวนรวมได้ร้อยละ 80 และแบ่งเจลได้เป็น 2 กลุ่มตามสภาวะการเซตตัวของเจลและระยะเวลาในการแช่เย็นและพบว่าความแข็งแรงของเจลที่วัดได้จากเครื่องมือมีความสัมพันธ์กับค่าความเหนียวจากการประเมินทางประสาทสัมผัส ($r^2=0.974$)

ABSTRACT

This research was study texture properties of gel made from Hybrid Catfish fillets chilled in ice and at temperature of 4°C through 5 day. Gel of fillets made at temperature of 30.4°C, time of 41 minutes and salt concentration of 2.01 % (condition 1) and at temperature of 40°C, time of 60 minutes and salt concentration of 2.48 % (condition 2). Results indicated that sensory and physico-chemical properties of gel made from fillets both chilled in ice and at 4°C were not significantly different ($p \geq 0.05$). Principal component analysis (PCA) of gel sensory characteristics indicated that 2 PCs explained 71 % of total variance and sensory descriptors that best separated gel samples according to the gel setting condition. PCA of physico-chemical properties of gels indicated that 4 PCs explained 80% of total

* มหบัณฑิต หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

variance that best separated gel samples according to the gel setting condition and storage time. Resulted showed significant linear relationship between stickiness and gel strength value ($r^2=0.974$)

คำสำคัญ : ปลาอุกบึกอุย ความแข็งแรงของเจล การแช่เย็น

Key Words : Hybrid catfish, Gel strength, Cold storage

บทนำ

ปลาอุกเป็นปลาน้ำจืดอีกชนิดหนึ่งที่นิยมนำมารับประทานและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ เช่น ไส้กรอกปลา ลูกชิ้นปลา เป็นต้น และปลาอุกบึกอุยเป็นปลาอุกอีกสายพันธุ์หนึ่งที่นิยมเพาะเลี้ยงเนื่องจากเป็นปลาที่เลี้ยงได้ง่ายมีการเจริญเติบโตรวดเร็วทนทานต่อโรคและสภาพแวดล้อมได้ดี เห็นได้จากอัตราการเพิ่มขึ้นของราคาฟาร์มปลาอุกที่สูงขึ้นถึงร้อยละ 25.63 ซึ่งสูงมากที่สุดของสัตว์น้ำจืดสำคัญ (กรมประมง, 2549) ซึ่งการเพิ่มขึ้นของปริมาณการผลิตนี้ส่งผลให้มีปลาออกสู่ท้องตลาดในปริมาณมากและอาจส่งผลกระทบต่อราคาลดลงของคุณภาพของเนื้อปลา ก่อนถึงมือผู้บริโภคหรือก่อนการนำไปแปรรูปจึงจำเป็นต้องมีวิธีการจัดการที่เหมาะสมเพื่อรักษาคุณภาพของเนื้อปลา อีกทั้งเป็นการลดการสูญเสียภายหลังการจับ ซึ่งคิดเป็นมูลค่าปริมาณการสูญเสียประมาณร้อยละ 20-40 ของปริมาณปลาและสัตว์น้ำที่จับได้ทั้งหมด (สุวรรณ, 2544) โดยมีสาเหตุส่วนใหญ่มาจากการจัดการที่ไม่เหมาะสม มีเทคนิคหรือวิธีการถนอมรักษาไม่เพียงพอ การเก็บรักษาปลาในห้องแช่เย็นเป็นวิธีการรักษาคุณภาพของปลาที่ดีวิธีหนึ่งแต่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนค่อนข้างสูง การแช่เย็นในน้ำแข็งจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับเกษตรกรที่ขาดห้องเย็นสำหรับเก็บรักษาความสดของปลา

ดังนั้นเพื่อเป็นการเพิ่มแนวทางการลดการสูญเสียของปลาภายหลังการจับของปลาอุกให้มีความครบถ้วนในการจัดการ จึงเป็นที่มาของการศึกษาวิจัย

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

1. วัตถุดิบ ปลาที่ใช้ในการศึกษา คือ ปลาอุกบึกอุยจากฟาร์มเพาะเลี้ยงในจังหวัดกาฬสินธุ์ มีความยาวของลำตัวโดยเฉลี่ย 38.7 ซม. น้ำหนักเฉลี่ย 550 กรัม นำมาตัดหัว ควักไส้ แลเป็นชิ้น ขนาดความยาวเฉลี่ย 15.5 ซม. ล้างน้ำให้สะอาด บรรจุเนื้อปลาแลในถุงเย็นขนาด 6 x 9 ซม. ประมาณ 500 กรัม ผกด้วยเครื่องปั่นผก และแบ่งเนื้อปลาออกเป็นสองส่วน สำหรับการแช่เย็นในน้ำแข็งและที่อุณหภูมิ 4 °ซ นำเนื้อปลาที่เก็บรักษาด้วยการแช่เย็น (ทั้ง 2 วิธี) ที่ระยะเวลาการเก็บ 1, 3 และ 5 วัน ไปเตรียมเจลเพื่อไปวิเคราะห์สมบัติด้านต่างๆ ต่อไป

2. การเตรียมเจล

บดเนื้อปลาให้ละเอียดด้วยเครื่องสับผสม ปรับความชื้นด้วยน้ำแข็งบดจนมีความชื้นร้อยละ 80 เติมเกลือและผสมให้เข้ากัน บรรจุตัวอย่างใส่ไส้เทียม (Sausage casing) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 ซม. ความยาวประมาณ 25 ซม. โดยใช้เครื่องบรรจุแบบมีนมัดหัวท้ายให้แน่น นำไปให้ความร้อนในอ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งมีสภาวะการเซตตัว 2 สภาวะ คือ สภาวะที่ 1 อุณหภูมิ 30.4 °ซ เวลา 41 นาที และปริมาณเกลือร้อยละ 2.01 และสภาวะที่ 2 อุณหภูมิ 40 °ซ เวลา 60 นาที และปริมาณเกลือร้อยละ 2.48 จากนั้นนำไปให้ความร้อนอีกครั้งที่อุณหภูมิ 90 ± 1 °ซ เวลา 30 นาที นำตัวอย่างเจลที่ได้เข้าเก็บในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 °ซ ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปวิเคราะห์

จากการศึกษาสภาวะการเซตเจลที่เหมาะสมของเจลเนื้อปลาอุกบึกอุยที่อุณหภูมิ 30-40 °ซ เวลา 20-60 นาที และปริมาณเกลือร้อยละ 2-3 พบว่าที่อุณหภูมิ 40 °ซ เวลา 60 นาที และเกลือร้อยละ 2.48

มีค่าความแข็งแรงของเจลสูงสุดคือ 359.39 กรัม.ซม. แต่เนื่องจากข้อมูลการเกิดเจลของเนื้อปลาตุ๋นก็อยู่ยังมีค่อนข้างน้อย และเพื่อให้ได้รับข้อมูลที่มีความครบถ้วนจึงกำหนดสภาวะในการเกิดเจลในขั้นตอนการศึกษาสมบัติเนื้อสัมผัสของเจลเนื้อปลา ออกเป็น 2 สภาวะ โดยพิจารณาจากสภาวะที่ให้ความแข็งแรงของเจลที่สูงที่สุดและสภาวะความแข็งแรงของเจลประมาณ 300 กรัม.เซนติเมตรตามมาตรฐานการแบ่งระดับคุณภาพสำหรับปลาทรายแดงและปลาทูหวาน เกรด A ซึ่งมีค่าความแข็งแรงของเจลอยู่ในช่วง 300-500 กรัม.เซนติเมตร (อรรณพพรณทิพย์ และจิราภรณ์, 2541) ดังนั้นสภาวะในการเกิดเจลของเนื้อปลาตุ๋นในขั้นตอนการประเมินสมบัติเนื้อสัมผัสของเจลจึงกำหนดเป็น 2 สภาวะดังกล่าว

3. การวิเคราะห์สมบัติของเจล

นำเจลออกจากตู้เย็นวางไว้ที่อุณหภูมิห้องตัดให้มีขนาด 2.5 ซม. เพื่อนำไปวิเคราะห์ ดังนี้

3.1 การประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัส โดยผู้ประเมินที่มีอายุ 19-21 ปี จำนวน 10 คน และผ่านการฝึกฝนโดยวิธีวิเคราะห์คำอธิบายเชิงปริมาณ (Quantitative Descriptive Analysis ; QDA) (Stone and Sidel 2004®) ซึ่งผ่านการฝึกมาอย่างน้อยไม่ต่ำกว่า 50 ชั่วโมง เพื่อประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสดังนี้ ความแข็ง (Hardness) คือ การจับตัวกันเป็นก้อนแข็งของตัวอย่าง วัดด้วยแรงที่ใช้ในการกดตัวอย่างด้วยฟันหน้าให้แยกออกจากกัน ความแน่นเนื้อ (Firmness) คือการอัดแน่น เกาะตัวแน่นของเนื้อ วัดด้วยแรงที่ใช้ในการกดตัวอย่างให้ยุบตัว ชะงักหรือเคี้ยว ความเหนียว (Sticikiness) คือการเกาะติดกันของตัวอย่าง วัดด้วยเวลาในการทำให้ตัวอย่างขาดออกจากกันโดยการกัดหรือเคี้ยวด้วยความหนึบ (Chewiness) คือ การเกาะติดฟันของตัวอย่างเมื่อถูกกัดหรือเคี้ยวให้ขาดออกจากกัน วัดด้วยปริมาณตัวอย่างที่เกาะติดฟันบริเวณที่กัดหรือเคี้ยว ความละเอียดของเนื้อ(Homoginess) คือความ

รู้สึกเรียบเนียน / เป็นเนื้อเดียวกันของตัวอย่างภายในปาก วัดด้วยเวลาในการเคี้ยวตัวอย่างก่อนกลืน ความฉ่ำน้ำ (Juiciness) คือ ปริมาณน้ำในตัวอย่าง วัดด้วยปริมาณน้ำที่ถูกปล่อยออกมาเมื่อเคี้ยวตัวอย่าง

3.2 สมบัติทางกายภาพและเคมี วัดแรงที่ใช้ในการกดตัวอย่างและระยะทางในการกดตัวอย่าง (Breaking force and Deformation) (Yongsawatdigul and Park, 2002) ด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) โดยใช้หัวกดปลายมน (Spherical probe) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มม. โดยเจลถูกกดด้วยหัวกดจนกระทั่งผิวหน้าแตก เพื่อคำนวณหาความแข็งแรงของเจล (Gel Strength) และวัดลักษณะเนื้อสัมผัสโดยวิธี Texture profile analysis (TPA) (Bourne, 1978) วัดความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity) (อรรณพพรณทิพย์ และจิราภรณ์, 2541) ความขาว (อรรณพพรณทิพย์ และจิราภรณ์, 2541) การแตกสลายตัวของโปรตีน(Autolytic degradation Product ; ADP) (Benjakul *et al*, 1997) และองค์ประกอบทางเคมี (Proximate analysis) (AOAC, 2000)

4. การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Split-split plot วิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Windows Version 11.5 วิเคราะห์ความแตกต่างของตัวอย่างโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรหลายตัว (Multivariate Analysis of Variance : Manova) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Tukey test และนำข้อมูลการวิเคราะห์ลักษณะทางประสาทสัมผัสสมบัติทางกายภาพและเคมี แต่ละลักษณะมาจัดกลุ่มตัวแปรด้วยวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Components Analysis; PCA) โดยหมุนแกนขององค์ประกอบหลัก ด้วยวิธี Varimax Rotation และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของลักษณะทางประสาทสัมผัสกับสมบัติทางกายภาพและเคมี ด้วยวิธีการวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงเส้นตรงแบบหลายตัวแปร (Multiple linear regression)

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. ผลการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัส

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยการศึกษา ได้แก่ วิธีการแช่เย็น ระยะเวลาในการแช่เย็น และสภาวะในการเซตตัว ของเจลจากเนื้อปลาแล่ พบว่าทั้ง 3 ปัจจัยไม่มีอิทธิพลร่วม (Interaction) ต่อลักษณะทางประสาทสัมผัส ไม่มีอิทธิพลร่วมของวิธีการแช่เย็นกับระยะเวลาในการแช่เย็น หรือสภาวะในการเซตตัว และไม่มีอิทธิพลร่วมของระยะเวลาในการแช่เย็นกับสภาวะในการเซตตัว (ไม่แสดงค่า) แต่พบว่าระยะเวลาในการแช่เย็นและสภาวะในการเซตตัวของเจลมีผลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัส ดังนี้

จากตารางที่ 1 เจลจากเนื้อปลาแล่แช่เย็นในน้ำแข็งและอุณหภูมิ 4 °ซ มีความเข้มของลักษณะทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) และเจลจากเนื้อปลาแล่แช่เย็นในน้ำแข็ง เมื่อพิจารณาจากสภาวะในการเซตตัว พบว่า มีความแตกต่างของลักษณะทางประสาทสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ยกเว้นความฉ่ำน้ำ โดยเจลที่อุณหภูมิ 40 °ซ เวลา 60 นาที และปริมาณเกลือร้อยละ 2.48 (สภาวะที่ 2) มีความเข้มของลักษณะทางประสาทสัมผัสด้าน ความแข็ง ความแน่นเนื้อ ความเหนียว ความหนืด สูงกว่าเจลที่อุณหภูมิ 30.4 °ซ เวลา 41 นาที และปริมาณเกลือร้อยละ 2.01 (สภาวะที่ 1) และมีลักษณะด้านความละเอียดของเนื้อต่ำกว่าสภาวะที่ 1 ($p < 0.05$) และจากระยะเวลาแช่เย็น พบว่า เจลจากเนื้อปลาแช่เย็นในวันที่ 5 มีความเข้มของความละเอียดของเนื้อลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และเจลจากเนื้อปลาแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 °ซ ก็ได้ผลเช่นเดียวกัน

2. ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยการศึกษา ได้แก่ วิธีการแช่เย็น ระยะเวลาในการแช่เย็น และสภาวะในการเซตตัว ของเจลจากเนื้อปลาแล่

พบว่าทั้ง 3 ปัจจัยไม่มีอิทธิพลร่วม (Interaction) ต่อสมบัติทางกายภาพและเคมี ไม่มีอิทธิพลร่วมของวิธีการแช่เย็นกับระยะเวลาในการแช่เย็นหรือสภาวะในการเซตตัว และไม่มีอิทธิพลร่วมของระยะเวลาในการแช่เย็นกับสภาวะในการเซตตัว (ไม่แสดงค่า) แต่พบว่า ระยะเวลาในการแช่เย็นและสภาวะในการเซตตัว มีผลต่อสมบัติทางกายภาพและเคมี ดังนี้

จากตารางที่ 2 เจลจากเนื้อปลาแช่เย็นในน้ำแข็งและอุณหภูมิ 4 °ซ มีค่าแรงในการกดตัวอย่างระยะทางในการกดตัวอย่างและความแข็งแรงของเจล ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) และเจลจากเนื้อปลาแช่เย็นในน้ำแข็ง เมื่อพิจารณาสภาวะในการเซตตัว พบว่าเจลจากสภาวะที่ 2 มีค่าแรงในการกดตัวอย่าง ระยะทางในการกดตัวอย่างและความแข็งแรงของเจล สูงกว่าเจลจากสภาวะที่ 1 ($p < 0.05$) และจากระยะเวลาในการเก็บรักษา พบว่าระยะเวลาแช่เย็นไม่มีผลต่อสมบัติดังกล่าวของเจล ($p \geq 0.05$) และเจลจากเนื้อปลาแช่เย็นอุณหภูมิ 4 °ซ ก็ได้ผลเช่นเดียวกัน

จากตารางที่ 3 เจลจากเนื้อปลาแช่เย็นในน้ำแข็งและอุณหภูมิ 4 °ซ มีลักษณะเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) และเจลจากเนื้อปลาแช่เย็นในน้ำแข็ง พิจารณาจากสภาวะในการเซตตัว พบว่า มีความแตกต่างของลักษณะเนื้อสัมผัส ($p < 0.05$) ยกเว้นความสามารถยืดเกาะและความเป็นสปริง โดยเจล จากสภาวะที่ 2 มีลักษณะเนื้อสัมผัสด้าน ความแข็ง ความหยุ่นตัว และความคงทนเมื่อถูกเคี้ยวสูงกว่าเจลจากสภาวะที่ 1 และระยะเวลาแช่เย็นไม่มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของเจล ($p \geq 0.05$) เจลจากเนื้อปลาแช่เย็นอุณหภูมิ 4 °ซ พิจารณาจากสภาวะในการเซตตัว พบว่า เจลจากสภาวะที่ 2 มีลักษณะเนื้อสัมผัสด้าน ความแข็ง ความสามารถยืดเกาะ ความหยุ่นตัว และความคงทนเมื่อถูกเคี้ยว สูงกว่าเจลที่ผลิตจากสภาวะที่ 1 และระยะเวลาแช่เย็นไม่มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของเจล ($p \geq 0.05$)

จากตารางที่ 4 เจลที่ผลิตจากเนื้อปลาแช่เย็นในน้ำแข็งและอุณหภูมิ 4 °ซ มีสมบัติทางเคมีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) และเจลจากเนื้อปลาแช่เย็นในน้ำแข็ง พิจารณาจากสภาวะในการเซตตัว พบว่าเจล จากสภาวะที่ 2 มีความสามารถในการอุ้มน้ำและความชื้นสูงกว่าเจลที่ผลิตจากสภาวะที่ 1 ($p < 0.05$) และเจล จากเนื้อปลาแช่เย็นในน้ำแข็งมีการแตกสลายตัวของโปรตีนและปริมาณน้ำอิสระในเนื้อเจลเพิ่มขึ้น มีความขาวและปริมาณโปรตีนลดลงในวันที่ 5 ของการแช่เย็น ($p < 0.05$)

เจลจากเนื้อปลาแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 °ซ พิจารณาจากสภาวะในการเซตตัว พบว่า เจลจากสภาวะที่ 2 มีปริมาณการแตกสลายตัวของโปรตีนและความขาวสูงกว่าเจลจากสภาวะที่ 1 ($p < 0.05$) และเจลมีความขาวลดลงในวันที่ 5 ของการแช่เย็น ($p < 0.05$)

จากการศึกษาพบว่าเจลจากเนื้อปลามีการแตกสลายตัวของโปรตีนเกิดขึ้นทั้งการแช่เย็นในน้ำแข็งและอุณหภูมิ 4 °ซ จึงอาจเป็นสาเหตุให้ความเข้มของความละเอียดของเนื้อลดลงในวันที่ 5 ของการแช่เย็น สอดคล้องกับการศึกษาของ Benjakul, Visessanguan, and Tueksuban (2003) ที่พบว่าเนื้อปลามีปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ในสารละลายทีซีเอเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาในน้ำแข็ง และการศึกษาของ Chomnawang *et al.*, (2007) ที่ศึกษาการเก็บรักษาเนื้อปลาที่อุณหภูมิ 4 °ซ ก็ให้ผลเช่นเดียวกัน การวัดโปรตีนที่ละลายได้ในสารละลายทีซีเอ เป็นการวัดการแตกสลายตัวของโปรตีน (Autolytic degradation product ; ADP) โดยวัดปริมาณ Endogenous Oligopeptide ที่เกิดจากการแตกสลายตัวของโปรตีนในกระบวนการจัดการภายหลังการจับ (Benjakul *et al.*, 1997) ซึ่งอาจเกิดเนื่องจากกิจกรรมการย่อยสลายของเอนไซม์ย่อยสลายโปรตีนในกล้ามเนื้อปลา (Benjakul *et al.*, 1997) และพบว่าเจลเนื้อปลามีความขาว

ลดลงเล็กน้อยในระยะเก็บรักษา 5 วัน ($p > 0.05$) สอดคล้องกับการศึกษาเจลเนื้อปลาปากคมที่เก็บรักษาในน้ำแข็งของ Benjakul, Visessanguan, and Tueksuban (2003) ที่พบว่าเจลมีความขาวลดลงตลอดระยะเวลา 15 วัน ซึ่งอาจเกิดเนื่องจากการออกซิเดชันของเม็ดสีในเนื้อปลาโดยเฉพาะส่วนของไมโอโกลบินหรือฮีโมโกลบิน ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการถูกออกซิไดซ์โดยเฉพาะฟอร์มาลดีไฮด์ จะจับตัวกับกล้ามเนื้อของโปรตีน ทำให้เจลเนื้อปลามีความขาวลดลง

เมื่อนำข้อมูลลักษณะประสาทสัมผัสทั้ง 6 ลักษณะของเจลเนื้อปลาสด มาสกัดองค์ประกอบหลัก (Principal components, PCA) พบว่า สามารถใช้ องค์ประกอบหลัก 2 องค์ประกอบอธิบายตัวแปรหรือลักษณะประสาทสัมผัสทั้ง 6 ลักษณะได้ทั้งหมด โดยไม่จำเป็นต้องใช้ทุกองค์ประกอบ และสามารถอธิบายความแปรปรวนในชุดข้อมูลได้ประมาณร้อยละ 70.789 โดยค่าสัมประสิทธิ์ของปัจจัย (Factor Loading) ในตารางที่ 5 แสดงถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรหรือลักษณะหนึ่ง ๆ ที่มีต่อแต่ละองค์ประกอบ เพื่อพิจารณาว่าตัวแปรนั้น ๆ ควรอยู่ในองค์ประกอบใด กล่าวคือ ถ้าตัวแปรใดมีค่าสัมประสิทธิ์ของปัจจัยในองค์ประกอบใดสูงกว่า องค์ประกอบอื่น แสดงว่าตัวแปรนั้นควรอยู่ในองค์ประกอบที่มีค่าสัมประสิทธิ์ของปัจจัยสูงกว่า (ในตารางแสดงเฉพาะค่าสัมประสิทธิ์ของปัจจัยที่สูงที่สุดในแต่ละลักษณะ)

องค์ประกอบที่ 1 (PC1) มีความสัมพันธ์อย่างดีกับความแข็ง ความแน่นเนื้อ ความเหนียว และความหนืด อาจเรียกองค์ประกอบนี้ว่า “องค์ประกอบการยึดเกาะของเนื้อสัมผัส” ลักษณะทั้งหมดนี้มีความสัมพันธ์กันในเชิงบวก กล่าวคือ เมื่อเจลเนื้อปลาลบดมีลักษณะหนึ่งเพิ่มขึ้นหรือลดลง ลักษณะอื่นก็จะเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามด้วย และค่าที่มากขึ้นบน PC1 แสดงถึงความมากขึ้นของลักษณะดังกล่าวข้างต้น โดย PC1 อธิบาย

ความแปรปรวนในชุดข้อมูลทั้งหมดได้เป็นสัดส่วนสูงที่สุด คือประมาณร้อยละ 44.729

องค์ประกอบที่ 2 (PC2) สามารถอธิบายความแปรปรวนในชุดข้อมูลทั้งหมดได้อีกประมาณร้อยละ 26.060 เป็นองค์ประกอบที่มีความสัมพันธ์อย่างดีกับความละเอียดของเนื้อและความฉ่ำน้ำ อาจเรียกองค์ประกอบนี้ว่า “องค์ประกอบความละเอียดของเนื้อและความฉ่ำน้ำ” ลักษณะทั้งหมดนี้มีความสัมพันธ์กันในเชิงลบ กล่าวคือเมื่อเจลดเนื้อปลาบดมีลักษณะหนึ่งเพิ่มขึ้นหรือลดลง อีกลักษณะหนึ่งก็จะลดลงหรือเพิ่มขึ้นตามด้วย และค่าที่มากขึ้นบน PC2 แสดงถึงความมากขึ้นของลักษณะดังกล่าวข้างต้น

เมื่อนำค่า Factor score เฉลี่ยของเจลดเนื้อปลาแต่ละตัวอย่างบน PC1 และ PC2 มา plot บนพื้นที่ที่ถูกกำหนดโดย PCs คู่อื่นๆ หนึ่ง จะได้ภาพแสดงตำแหน่งเชิงเปรียบเทียบของเจลดเนื้อปลาแต่ละตัวอย่างบน PCs คู่หนึ่งๆ ดังรูปที่ 1 เมื่อพิจารณาในเรื่อง “การยึดเกาะของเนื้อสัมผัส” อาจแบ่งเจลดเนื้อปลาบดได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ และในเรื่อง “ความละเอียดของเนื้อ และความฉ่ำน้ำ” แบ่งเจลดเนื้อปลาบดได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่เช่นเดียวกัน ตามสภาวะในการเซตตัว โดยเจลดจากสภาวะที่ 2 มีลักษณะดังกล่าวสูงกว่าเจลดเนื้อปลาบดที่ผลิตจากสภาวะที่ 1 แต่ไม่มีความแตกต่างของวิธีการและระยะเวลาในการแช่เย็นเนื้อปลา

ตารางที่ 6 แสดงให้เห็นว่าสามารถใช้องค์ประกอบหลัก 4 องค์ประกอบ แทนลักษณะกายภาพและเคมีทั้ง 15 ลักษณะได้ดี และสามารถอธิบายความแปรปรวนในชุดข้อมูลได้ประมาณร้อยละ 79.958

องค์ประกอบที่ 1 (PC1) มีความสัมพันธ์อย่างดีกับ แรงในการกดตัวอย่าง ระยะทางในการกดตัวอย่าง ความแข็งแรงของเจลด ความแข็ง ความหยุ่นตัว และความคงทนเมื่อถูกเคี้ยว อาจเรียกองค์ประกอบนี้ว่า “องค์ประกอบสมบัติทางกายภาพของเจลด” ลักษณะทั้งหมดนี้มีความสัมพันธ์กันในเชิง

บวก และ PC1 สามารถอธิบายความแปรปรวนในชุดข้อมูลประมาณร้อยละ 39.422

องค์ประกอบที่ 2 (PC2) สามารถอธิบายความแปรปรวนได้อีกประมาณร้อยละ 21.912 และมีความสัมพันธ์อย่างดีกับความเป็นสปริง ความสามารถในการอุ่มน้ำ โปรตีน ไขมัน และความชื้น อาจเรียกองค์ประกอบนี้ว่า “องค์ประกอบสมบัติทางเคมีและความเป็นสปริง” จะเห็นว่า ความสามารถในการอุ่มน้ำกับความชื้นมีความสัมพันธ์กันในเชิงบวก แต่มีความสัมพันธ์กับความเป็นสปริง โปรตีนและไขมันในเชิงลบ กล่าวคือความสามารถในการอุ่มน้ำและความชื้นมากขึ้น ความเป็นสปริง ปริมาณโปรตีนและไขมันน้อยลง

องค์ประกอบที่ 3 (PC3) สามารถอธิบายความแปรปรวนที่เหลือได้อีกประมาณร้อยละ 9.626 และมีความสัมพันธ์อย่างดีกับความสามารถยึดเกาะ (Cohesiveness) และเถ้า อาจเรียกองค์ประกอบนี้ว่า “องค์ประกอบการยึดเกาะและเถ้า” และความสามารถยึดเกาะมากขึ้น มีปริมาณเถ้าน้อยลง

องค์ประกอบที่ 4 (PC4) สามารถอธิบายความแปรปรวนที่เหลือได้อีกประมาณร้อยละ 8.998 และเป็นองค์ประกอบที่มีความสัมพันธ์อย่างดีกับการแตกสลายตัวของโปรตีน และความขาว อาจเรียกองค์ประกอบนี้ว่า “องค์ประกอบความขาวและการแตกสลายตัวของโปรตีน” และการแตกสลายตัวของโปรตีนมากขึ้น มีความขาวน้อยลง

และจากรูปแสดงตำแหน่งเชิงเปรียบเทียบของเจลดเนื้อปลาแต่ละตัวอย่าง รูปที่ 2 เมื่อพิจารณาในเรื่อง “แรงในการกดตัวอย่างก่อนเจลดแตก ระยะทางในการกดตัวอย่างก่อนเจลดแตก ความแข็งแรงของเจลด ความแข็ง ความหยุ่นตัว และความคงทนเมื่อถูกเคี้ยว” แบ่งเจลดเนื้อปลาบดได้เป็น 2 กลุ่มตามสภาวะในการเซตตัว โดยเจลดจากสภาวะที่ 2 มีค่าของลักษณะดังกล่าว สูงกว่าเจลดจากสภาวะที่ 1 แต่ไม่มีความแตกต่างของวิธีการและระยะเวลาในการแช่เย็นเนื้อปลา

จากรูปที่ 3 เมื่อพิจารณาในเรื่อง “ความสามารถยืดเกาะ และถ่าง” พบว่าไม่มีการแบ่งกลุ่มตามวิธีการแช่เย็น ระยะเวลาในการแช่เย็น และสภาวะในการเซตตัว ของเจล

จากรูปที่ 4 เมื่อพิจารณาในเรื่อง “ความขาวและการแตกสลายตัวของโปรตีน” แบ่งกลุ่มเจลเนื้อมีสีออกเป็น 2 กลุ่ม ตามระยะเวลาแช่เย็น โดยเจลจากเนื้อปลาแช่เย็นในวันที่ 5 ของการแช่เย็นทั้งสองวิธี มีการแตกสลายตัวของโปรตีนมากและมีความขาวน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับเจล จากเนื้อปลาแล้ที่เก็บรักษาในวันอื่นๆ และไม่มีการแบ่งกลุ่มตามวิธีการแช่เย็นและสภาวะในการเซตตัว

3. ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของลักษณะทางประสาทสัมผัสกับสมบัติทางกายภาพและเคมีของเจล เนื้อปลา

ตารางที่ 7 จากการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณในรูปสมการเชิงเส้น (Multiple linear regression analysis) ของค่า factor score จากการสกัดปัจจัยของลักษณะทางประสาทสัมผัส (ตัวแปรตาม) และสมบัติทางกายภาพและเคมี (ตัวแปรอิสระ) พบว่า ความเหนียวเป็นลักษณะทางประสาทสัมผัสที่มีความสัมพันธ์โดยตรงต่อสมบัติทางกายภาพและเคมี คือ ความแข็งแรงของเจล ($r^2=0.974$) แสดงให้เห็นว่าการประเมินสมบัติของเจลเนื้อปลาโดยการวัดด้วยเครื่องมือสามารถใช้แทนการรับรู้ทางประสาทสัมผัสได้ Cardinal *et al.* (2004) กล่าวว่า สมบัติทางเคมีและกายภาพบางลักษณะมีความสัมพันธ์กับลักษณะทางประสาทสัมผัส เช่นเดียวกับ Chammas, Sabila, and Beal (2006) ที่กล่าวว่าข้อมูลจากการวัดโดยเครื่องมือบางลักษณะมีความสัมพันธ์อย่างดีกับข้อมูลทางประสาทสัมผัส

สรุปผลการวิจัย

เจลจากเนื้อปลาแช่เย็นในน้ำแข็งและอุณหภูมิ 4 °C มีลักษณะทางประสาทสัมผัส สมบัติทางกายภาพและเคมีไม่แตกต่างกัน และความเหนียวเป็น

ลักษณะทางประสาทสัมผัสที่มีความสัมพันธ์โดยตรงต่อความแข็งแรงของเจล

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว : หน่วยงานร่วม มหาวิทยาลัยขอนแก่น และศูนย์วิจัยเครื่องจักรกลการเกษตรและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยขอนแก่น และทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. ที่สนับสนุนงานวิจัยจนสำเร็จ ล่วงได้ตามวัตถุประสงค์ และขอขอบคุณ ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี ที่ช่วยสนับสนุนและอำนวยความสะดวกแก่ผู้จัดทำ ทั้งในด้านเครื่องมือ สารเคมี อุปกรณ์และคำแนะนำต่างๆ

เอกสารอ้างอิง

- กรมประมง. 2549. การเพาะเลี้ยงปลาตู้กักกัก. กรุงเทพฯ คัดคว้าได้จาก http://web.oae.go.th/e_book/animal/dookfish.pdf. ก.ค. 15 2549.
- สุวรรณ วิรัชกุล. 2544. โปรตีนปลา (ซูรีมิและอาหารทะเลจากซูรีมิ) ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น. 294 หน้า
- อรรณพ คงพันธ์ พรหมทิพย์ สุวรรณสาครกุล จิราภรณ์ รุ่งทอง. 2541. การตรวจสอบคุณภาพซูรีมิ. กรุงเทพฯ. 45 หน้า.
- AOAC, 2000. Official methods of analysis the official analysis chemists. Association of official analytical chemists, 19th ed. Washington, DC.
- Benjakul, S., Seymour, T.A., Morrissey, M.T., and An, H. 1997. Physicochemical changes in pacific whiting muscle proteins during iced storage. J Food Sci 62: 729-733.

- Benjakul, S., Visessanguan, W., and Tueksuban, J. 2003. Change in physico-chemical properties and gel-Forming ability of lizard fish (*Saurida tumbil*) during post-mortem storage in ice. Food Chem 80: 535-544.
- Bourne, MC. 1978. Texture profile analysis. Food Technol 32(7): 62-66.
- Chammas, IG., Sabila, R., and Beal C. 2006. Characterization of the fermented milk “laban” with sensory analysis and instrumental measurements. J Food Sci 71(2): 156-162.
- Cardinal, M., Gumlaugsdottir, H., Bjoernevik, M., Ouisse, A., Vallet, JL., and Leroi, F. 2004. Sensory characteristics of cold-smoked atlantic salmon (*Salmo salar*) from European market and relationships. Food Res Int. 37: 181-193.
- Chomnawang, C., Nantachai, K., Yongsawatdigul, J., Thawornchinsombat, S., and Tungkawachara, S. 2007. Chemical and biochemical changes of hybrid catfish fillet stored at 4 °c and its gel properties. Food Chem 103: 420-427.
- Stone, H., and Sidel, JL. 2004. Sensory evaluation practices. 3 rd ed. Italy: Elsevier. 377 p.
- Yongsawatdigul, J., and Park, JW. 2002. Biochemical and conformation changes of actomyosin from threadfin bream stored in ice. Food Chem Toxicol 67(3): 985-990.

ตารางที่ 1 ความเข้มข้นทางประสาทสัมผัสของเจลจากนํ้าปลาแช่เย็นในน้ำแข็ง และอุณหภูมิ 4 °ซ ระยะเวลา 5 วัน และสภาวะในการแช่ตัว 2 สภาวะ

ลักษณะประสาทสัมผัส	วิธีแช่เย็น ^{ns}	ระยะเวลาในการแช่เย็น (วัน)			
		1	3	5	2
ความแข็ง	น้ำแข็ง	5.28 ¹	5.19 ¹	5.06 ¹	4.30 ^b
	4 °ซ	5.06 ¹	5.08 ¹	4.75 ¹	4.11 ^b
ความแน่นเนื้อ	น้ำแข็ง	9.00 ¹	9.26 ¹	8.69 ¹	8.29 ^b
	4 °ซ	8.99 ¹	9.43 ¹	8.65 ¹	8.45 ^b
ความเหนียว	น้ำแข็ง	4.55 ¹	4.49 ¹	4.31 ¹	3.67 ^b
	4 °ซ	4.33 ¹	4.65 ¹	4.01 ¹	3.45 ^b
ความหนืด	น้ำแข็ง	4.60 ¹	4.92 ¹	4.22 ¹	3.91 ^b
	4 °ซ	4.48 ¹	4.94 ¹	3.94 ¹	3.70 ^b
ของเนื้อ	น้ำแข็ง	7.02 ¹	7.72 ¹	6.82 ¹²	6.53 ²
	4 °ซ	7.19 ¹	7.86 ¹	7.19 ¹²	6.33 ^b
ความจำนำ	น้ำแข็ง	4.59 ¹	5.14 ¹	4.47 ¹	4.33 ^a
	4 °ซ	4.49 ¹	4.78 ¹	4.56 ¹	4.22 ^a

ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวัด 3 ค่า (จำนวนซ้ำการทดลอง(replicate))
1,2 ตัวเลขที่เหมือนกันในแถวเดียวกันของแต่ละระยะเวลาในการแช่เย็นไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
a,b ตัวอักษรที่เหมือนกันในแถวเดียวกันของแต่ละสภาวะการแช่ตัวไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (no significant; p>0.05)

ตารางที่ 2 แรงในการกดตัวอย่าง ระยะทางในการกดตัวอย่าง และความแข็งแรงของเจลของเจลจากนํ้าปลาแช่เย็นในน้ำแข็งและอุณหภูมิ 4 °ซ ระยะเวลา 5 วันและสภาวะในการแช่ตัว 2 สภาวะ

ลักษณะกายภาพ	วิธีแช่เย็น ^{ns}	ระยะเวลาในการแช่เย็น (วัน)			
		1	3	5	2
แรงในการกดตัวอย่าง (กรัม)	น้ำแข็ง	400.20	413.94 ¹	391.55 ¹	325.47 ^b
	4 °ซ	385.14	403.74 ¹	387.39 ¹	318.36 ^b
ระยะทางในการกดตัวอย่าง(ซม.)	น้ำแข็ง	1.05	1.03 ¹	1.08 ¹	0.99 ^b
	4 °ซ	1.02	1.01 ¹	0.99 ¹	0.97 ^b
ความแข็งแรงของเจล (กรัม.ซม.)	น้ำแข็ง	424.50	435.73 ¹	409.68 ¹	322.57 ^b
	4 °ซ	398.52	412.62 ¹	364.31 ¹	308.92 ^b

ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวัด 3 ค่า (จำนวนซ้ำการทดลอง(replicate))
1,2 ตัวเลขที่เหมือนกันในแถวเดียวกันของแต่ละระยะเวลาในการแช่เย็นไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
a,b ตัวอักษรที่เหมือนกันในแถวเดียวกันของแต่ละสภาวะการแช่ตัวไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (no significant; p>0.05)

ตารางที่ 3 ลักษณะเนื้อสัมผัส (TPA) ของเจลจากนอปลาสแชเย็นในน้ำแข็งและอุณหภูมิ 4 °ซ
ระยะเวลา 5 วันและสภาวะในการแช่ตัว 2 สภาวะ

ลักษณะเนื้อสัมผัส (TPA)	วิธีแช่เย็น ^{ns}	ระยะเวลาในการแช่เย็น (วัน)				สภาวะการแช่ตัว	
		1	3	5		1	2
ความแข็ง (กรัม)	น้ำแข็ง	301.66 ¹	304.44 ¹	306.33 ¹	269.92 ^b	338.37 ^a	
	4 °ซ	316.67 ¹	296.70 ¹	283.25 ¹	265.92 ^b	331.82 ^a	
ความสามารรถเคาะ	น้ำแข็ง	1.05 ¹	1.02 ¹	0.99 ¹	1.01 ^a	1.03 ^a	
	4 °ซ	0.96 ¹	1.03 ¹	1.00 ¹	0.96 ^b	1.03 ^a	
ความเป็นสปริง (ซม.)	น้ำแข็ง	0.89	0.89 ¹	0.89 ¹	0.89 ^a	0.90 ^a	
	4 °ซ	0.88 ¹	0.89 ¹	0.89 ¹	0.89 ^a	0.89 ^a	
ความหนืดตัว (กรัม)	น้ำแข็ง	314.65 ¹	310.96 ¹	303.90 ¹	270.79 ^b	348.89 ^a	
	4 °ซ	305.43 ¹	305.14 ¹	284.69 ¹	255.13 ^b	341.71 ^a	
ความคงทนเมื่อถูกเคียว (กรัม.ซม.)	น้ำแข็ง	283.90 ¹	275.50 ¹	270.03 ¹	240.68 ^b	312.27 ^a	
	4 °ซ	269.24 ¹	272.75 ¹	253.52 ¹	225.91 ^b	304.43 ^a	

ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวัด 3 ค่า (จำนวนซ้ำการทดลอง(replicate))
^{1,2} ตัวเลขที่เหมือนกันในแถวเดียวกันของระยะเวลาในการแช่เย็นไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
^{a,b} ตัวอักษรที่เหมือนกันในแถวเดียวกันของสภาวะการแช่ตัวไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
^{ns} ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (no significant; p>0.05)

ตารางที่ 4 สมบัติทางเคมีของเจลจากนอปลาสแชเย็นในน้ำแข็งและอุณหภูมิ 4 °ซ
ระยะเวลา 5 วันและสภาวะในการแช่ตัว 2 สภาวะ

สมบัติเคมี	วิธีแช่เย็น ^{ns}	ระยะเวลาในการแช่เย็น (วัน)				สภาวะการแช่ตัว	
		1	3	5		1	2
การแตกตัวของโปรตีน (umole tyrosin / g sample)	น้ำแข็ง	0.44 ²	0.45 ¹²	0.48 ¹	0.46 ^a	0.46 ^a	
	4 °ซ	0.45 ¹	0.46 ¹	0.48 ¹	0.45 ^b	0.48 ^a	
ความสามารถในการขึ้นน้ำ (ร้อยละ)	น้ำแข็ง	97.03 ¹	97.04 ¹	97.02 ¹	97.00 ^b	97.06 ^a	
	4 °ซ	97.01 ¹	97.03 ¹	96.98 ¹	97.04 ^a	96.97 ^a	
ความขาว(ร้อยละ)	น้ำแข็ง	65.35 ¹	65.07 ¹	64.00 ²	64.55 ^a	65.06 ^a	
	4 °ซ	65.50 ¹	65.11 ¹²	64.15 ²	64.43 ^b	65.41 ^a	
ไขมัน (ร้อยละ)	น้ำแข็ง	0.26 ¹	0.25 ¹	0.24 ¹	0.26 ^a	0.24 ^a	
	4 °ซ	0.25 ¹	0.22 ¹	0.27 ¹	0.24 ^a	0.26 ^a	
โปรตีน (ร้อยละ)	น้ำแข็ง	16.08 ¹	15.40 ¹	14.57 ²	15.43 ^a	15.27 ^a	
	4 °ซ	15.87 ¹	15.55 ¹	15.21 ¹	15.71 ^a	15.38 ^a	
ความชื้น (ร้อยละ)	น้ำแข็ง	78.80	78.69 ²	79.22 ¹	78.57 ^b	79.03 ^a	
	4 °ซ	78.35 ¹	79.00 ¹	77.21 ¹	78.54 ^a	77.83 ^a	
เถ้า (ร้อยละ)	น้ำแข็ง	3.46 ¹	3.50 ¹	3.38 ¹	3.37 ^a	3.53 ^a	
	4 °ซ	3.41	3.18 ¹	3.61 ¹	3.48 ^a	3.35 ^a	

ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวัด 3 ค่า (จำนวนซ้ำการทดลอง(replicate))
^{1,2} ตัวเลขที่เหมือนกันในแถวเดียวกันของระยะเวลาในการแช่เย็นไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
^{a,b} ตัวอักษรที่เหมือนกันในแถวเดียวกันของสภาวะการแช่ตัวไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
^{ns} ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (no significant; p>0.05)

ตารางที่ 5 คำสัมประสิทธิ์ของปัจจัยของลักษณะทางประสาทสัมผัสแต่ละลักษณะ และความสัมพันธ์ของลักษณะดังกล่าวกับองค์ประกอบหลัก

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	องค์ประกอบหลัก (Principal components)	
	1	2
ความแข็ง	0.861	-
ความแน่นเนื้อ	0.689	-
ความเหนียว	0.889	-
ความหยาบ	0.818	-
ความละเอียดของเนื้อ	-	-0.843
ความฉ่ำน้ำ	-	0.876

ตารางที่ 6 คำสัมประสิทธิ์ของปัจจัยของลักษณะทางประสาทสัมผัสแต่ละลักษณะ และความสัมพันธ์ของลักษณะดังกล่าวกับองค์ประกอบหลัก

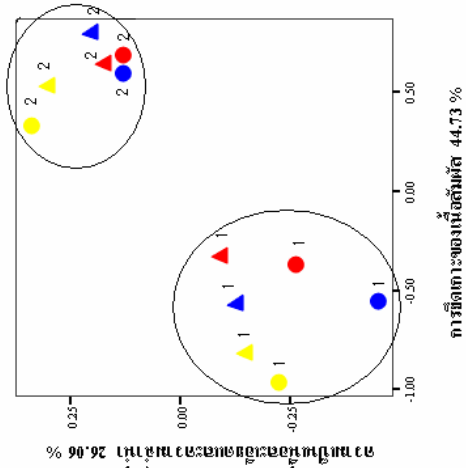
ลักษณะทางประสาทสัมผัส	องค์ประกอบหลัก (Principal components)			
	1	2	3	4
แรงในการกดตัวอย่าง	0.941	-	-	-
ระยะทางในการกดตัวอย่าง	0.872	-	-	-
ความแข็งแรงของจุด	0.965	-	-	-
ความแข็ง	0.948	-	-	-
ความหนืดตัว	0.952	-	-	-
ความคงทนเมื่อถูกเคี้ยว	0.949	-	-	-

ตารางที่ 6 คำสัมประสิทธิ์ของปัจจัยของลักษณะทางประสาทสัมผัสแต่ละลักษณะ และความสัมพันธ์ของลักษณะดังกล่าวกับองค์ประกอบหลัก (ต่อ)

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	องค์ประกอบหลัก (Principal components)			
	1	2	3	4
ความเป็นสปริง	-	0.417	-	-
ความสามารถในการดูดน้ำ	-	-0.898	-	-
โปรตีน	-	0.717	-	-
ไขมัน	-	0.775	-	-
ความชื้น	-	-0.943	-	-
ความสามารถยึดเกาะ	-	-	0.793	-
กลิ่น	-	-	-0.785	-
การแตกสลายตัวของโปรตีน	-	-	-	0.826
ความขาว	-	-	-	-0.601

ตารางที่ 7 สมการถดถอยพหุคูณเชิงเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทาง
ประสาทสัมผัสกับสมบัติทางกายภาพและเคมี

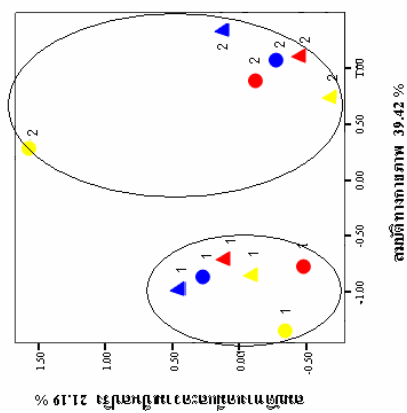
ตัวแปรตาม (Y)	ตัวแปรอิสระ (X)	สัมประสิทธิ์การถดถอย		P-value
		Unstandardized Coefficients (B)	Standardized Coefficients (B)	
ความหนืด R ² = 0.974 Adjust R ² = 0.959	Constant	-3.6 X 10 ⁻⁸	-	1.000
	สมบัติทางกายภาพ	0.650	0.982	0.000
	สมบัติทางเคมีและ ความเป็นสปริง	0.047	0.043	0.518
	การยืดเกาะและเง้า	0.059	0.050	0.452
ความดันน้ำ	ความยาวและการ แตกสลายตัวของ โปรตีน	-0.037	-0.049	0.450
	Constant	-4.4 X 10 ⁻⁷	-	1.000
	สมบัติทางกายภาพ	0.210	0.839	0.000
	สมบัติทางเคมีและ ความเป็นสปริง	0.071	0.169	0.216
Adjust R ² =0.839	การยืดเกาะและเง้า	0.071	0.157	0.245
	ความยาวและการ แตกสลายตัวของ โปรตีน	0.112	0.389	0.015



ภาพที่ 1 แสดงตำแหน่งเชิงเปรียบเทียบของเจลเนื้อปลา บนองค์ประกอบหลักที่ 1
และ 2

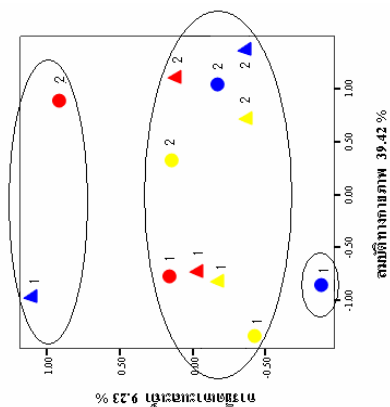
หมายเหตุ

- สัญลักษณ์ $\triangle$ = การแช่เย็น ในน้ำแข็ง
 $\bigcirc$ = การแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 °ซ
สีน้ำเงิน = วันที่ 1 สีแดง = วันที่ 3 สีเหลือง = วันที่ 5
1 = อุณหภูมิ 30.4 °ซ เวลา 41 นาที และเกลือร้อยละ 2.01
2 = อุณหภูมิ 40 °ซ เวลา 60 นาที และเกลือร้อยละ 2.48



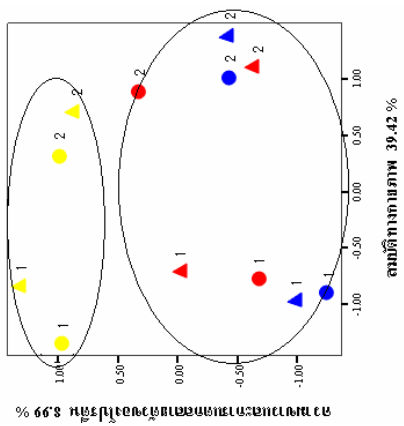
ภาพที่ 2 แสดงตำแหน่งเชิงเปรียบเทียบของเจลเนโอปลา บนองค์ประกอบหลักที่ 1

และ 2



ภาพที่ 3 แสดงตำแหน่งเชิงเปรียบเทียบของเจลเนโอปลา บนองค์ประกอบหลักที่ 1

และ 3



ภาพที่ 4 แสดงตำแหน่งเชิงเปรียบเทียบของเจลเนโอปลา บนองค์ประกอบหลักที่ 1

และ 4

หมายเหตุ

สัญลักษณ์ Δ = การแช่เย็นในน้ำแข็ง

$\bigcirc$ = การแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4°C

สีน้ำเงิน = วันที่ 1 สีแดง = วันที่ 3 สีเหลือง = วันที่ 5

1 = อุณหภูมิ 30.4°C เวลา 41 นาที และเกลือร้อยละ 2.01

2 = อุณหภูมิ 40°C เวลา 60 นาที และเกลือร้อยละ 2.48