หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

วิจารณ์

5.1 การเตรียมตัวอย่างปลาเป็ด

5.1.1 การวิเคราะห์ความสดของปลาเป็ด

โดยทั่วไปความสดของปลาจะดูที่ลักษณะทั่วไปคือลูกตาใส เต่งนูนสีดำ เหงือกมีสีแดงสดหรือชมพู ผิวหนังเรียบเป็นเงา ลักษณะเนื้อสัมผัสยืดหยุ่นเป็นเงาใส เนื้อบริเวณผนังท้องไม่แตกยุ่ย มีความยืดหยุ่น ใส เมื่อดมดูจะมีกลิ่นทะเลทั่วตัวปลา สำหรับเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินความสดให้คะแนนเต็ม 5 คะแนน สำหรับแต่ละลักษณะที่ดีที่สุดและ 1 คะแนนสำหรับ - ลักษณะที่เลวที่สุด พบว่าปลาเป็ดที่ใช้ในการทดลองมีความสดอยู่ในระดับดีพอใช้ซึ่งสังเกตได้จาก ลูกตาค่อนข้างจมลงในผิวหนัง เหงือกมีสีแดงเข้ม ผิวหนังมีความเงาลดลงมีคะแนนเฉลี่ย 4 - คะแนน ลักษณะเนื้อสัมผัสเริ่มนิ่ม ขาดความยืดหยุ่นและค่อนข้างขุ่น ผู้ทดสอบให้คะแนนอยู่ในเกณฑ์ 3.9 คะแนน ผนังท้องเริ่มแตก เนื้อมีสีเทาขุ่น กลิ่นเป็นกลิ่นปลาสดทั่วไป (ตารางที่ 1)

5.1.2 การวิเคราะห์ส่วนประกอบระหว่างปลาหน้าดินและปลาผิวน้ำ

ปลาเป็ดเป็นปลาเบญจพรรณประกอบด้วยสัตว์น้ำชนิดต่าง ๆ ประมาณ 98- ชนิด ซึ่งเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจ สัตว์น้ำที่ไม่นิยมบริโภคทั้งที่เป็นปลาหน้าดินและปลาผิวน้ำ (12) ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาส่วนประกอบของปลาเป็ดที่ใช้ในการทดลอง และพบว่าประกอบด้วยปลา- หน้าดินเศรษฐกิจ 59% โดยน้ำหนัก ซึ่งในจำนวนนี้มีปลาต่าง ๆ รวม 10 ชนิด อาทิ ปลาแพะ ปลาตาโต ปลาปากคม และปลาทรายแดง ปลาตาโตและปลาทรายแดงเป็นปลาชนิดเดียวกัน กับที่ทางโรงงานลูกชิ้นใช้เป็นวัตถุดิบอยู่ในปัจจุบัน (2, 37) มีปลาเป็ดแท้ ๆ ที่คนไม่นิยมบริโภค ถึง 16 ชนิด รวม 33% โดยน้ำหนักซึ่งเป็นปลาปักเป้าเขียวที่บริโภคไม่ได้และเป็นพิษในปริมาณ สูงสุดถึง 14% นอกจากนั้นได้แก่ปลาแป้นแก้ว 5% และปลาอื่น ๆ ชนิดละประมาณ 1%- (ตารางที่ 2)

จากรายงานผลการทดลองของกองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ กรมประมง (38) ซึ่งทดลองผลิตลูกชิ้นจากปลาแป้นแก้ว ปลาปากคม และปลาหมอช้างเหยียบที่คัดออกจากปลาเป็ด พบว่าลูกชิ้นที่ผลิตได้มีความเหนียว ลักษณะเนื้อสัมผัสและกลิ่นพอใช้ได้ แต่สีค่อนข้างคล้ำ ดังนั้นจะเห็นได้ว่ามีปลาหลายชนิดที่ปนอยู่ในปลาเป็ดมีคุณสมบัติพอที่จะนำไปทำเนื้อปลาบดโดยผ่านเครื่องแยกกระดูก เพื่อการผลิตลูกชิ้นต่อไปได้

5.1.3 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของปลาเป็ดพบว่ามีโปรตีน - 16.35% ความชื้น 81.77% ไขมัน 0.62% เถ้า 1.26% ซึ่งค่าที่ได้ไม่แตกต่างจากเนื้อปลา-เศรษฐกิจทั่ว ๆ ไปที่มีโปรตีนโดยเฉลี่ย 16-19% ความชื้น 70-80% ไขมัน 1-5% และเถ้า 0.4-1.5% (22) ค่า TVB 21.0 mg% และ TBC 4.35×10^{6} โคโลนี/กรัม (ตารางที่ 3) จะเห็นได้ว่าทั้งค่า TVB และ TBC มีปริมาณค่อนข้างสูง เนื่องจากตัวอย่างปลาเป็ดที่นำมาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีเป็นปลาที่ได้จากเรือประมงโดยตรงและไม่ได้เคยผ่านการล้างเพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมาก่อน แสดงว่าชาวประมงไม่เห็นความสำคัญของเทคโนโลยีหลังการจับจึงไม่ได้เก็บรักษาปลาที่จับได้ให้มีคุณภาพดีก่อนถึงมือผู้บริโภค

5.2 การแยกเนื้อปลาจากกระดูก และล้าง

5.2.1 การแยกเนื้อปลาจากกระดูก

ปลาเป็ดประกอบด้วยปลาชนิดต่าง ๆ ปนกันอยู่ทั้งปลาหน้าดิน ปลาผิวน้ำ และปลาเป็ดแท้ ๆ ที่บริโภคได้และไม่ได้ ดังนั้นก่อนนำมาแปรรูปจึงต้องเลือกปลาส่วนที่บริโภค-ไม่ได้ เช่น ปลามีพิษ และปลาแป้นกระดานออก ปลาทั้ง 3 ชนิดที่กล่าวถึงมีปริมาณมากถึง 40-50% ของปริมาณปลาเป็ดทั้งหมด เนื่องจากปลาเป็ดเป็นปลาขนาดเล็กและก่อนแยกกระดูกต้องตัดหัว ควักไส้ ทำให้เสียน้ำหนักไปประมาณ 44% ของน้ำหนักตั้งต้น หลังตัดหัวและควักไส้แล้วจึงนำไปล้างให้สะอาดและผ่านเข้าเครื่องแยกกระดูกซึ่งจะได้เนื้อปลาประมาณ 46% ของน้ำหนักปลาทั้งตัว จากรายงานวิจัยของกองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ กรมประมงได้ศึกษาปริมาณเนื้อ-ปลาที่ผ่านเครื่องแยกกระดูกจากปลาเป็ดพบว่าจะได้เนื้อปลาระหว่าง 36-52% ซึ่งปริมาณที่ได้ขึ้นกับขนาด และชนิดของปลาที่ปนอยู่ในปลาเป็ด (58) เช่นกัน

ในระหว่างการเตรียมเนื้อปลาบดโดยการตัดหัวและควักไส้จะมีการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ทำให้ปริมาณจุลินทรีย์สูงจากเดิมประมาณ 1 log cycle (ตารางที่ 5) ดังนั้นจึงต้องล้างด้วยน้ำผสมคลอรีนที่ความเข้มข้น 5 ppm เพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ซึ่งพบว่าการปฏิบัติดังกล่าวเป็นผลให้ค่า TBC ลดลงไปประมาณ 1 log cycle

เนื้อปลาที่ผ่านออกมาจากเครื่องแยกกระดูกมีส่วนของไต และอวัยวะภายในติดมาด้วย อวัยวะเหล่านี้ทำหน้าที่ผลิตสาร formaldehyde และ dimethylamine สาร formaldehyde มีปฏิกิริยาเร่งการเสื่อมสลายของโปรตีนได้ (40) ดังนั้นปลาตัดหัวก่อนผ่านเข้าเครื่องแยกกระดูกควรล้างให้สะอาด นอกจากนั้นเนื้อปลาบดที่ผ่านเครื่องแยกกระดูกยังมีการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ในระหว่างขั้นตอนการแยกกระดูกอีกด้วยซึ่งเป็นเหตุให้ปริมาณจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นอีกประมาณ 1 log cycle Nickelson (15) รายงานว่าเนื้อปลาบดจะมีปริมาณบักเตรีเพิ่มขึ้นจากปลาตัดหัวก่อนเข้าเครื่องประมาณ 10-100 โคโลนี/กรัม เช่นกัน

5.2.2 การล้างเนื้อปลาบด

การล้างเนื้อปลาบดด้วยน้ำเกลือความเข้มข้น 0.01-0.3% เป็นขั้นตอนหนึ่งในการผลิตปลาบดแช่แข็ง (Surimi) เพื่อกำจัด เลือด ไขมัน สิ่งปนเปื้อน กลิ่นและช่วยเพิ่มความเหนียวของผลิตภัณฑ์แต่มีข้อเสียคือการสูญเสียโปรตีนที่ละลายในน้ำ (WSP) วิตามิน - เกลือแร่ และปริมาณผลผลิต (41, 42)

องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาที่ผ่านการล้างน้ำเกลือ และไม่ได้ล้างมีดังแสดงในตารางที่ 6 พบว่าเนื้อปลาที่ล้างและไม่ล้างมีปริมาณไขมัน และเถ้าต่างกันอย่างมีนัย-สำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แสดงว่าการล้างมีผลในการลดปริมาณไขมันและเกลือแร่ที่ละลายได้ในน้ำ แต่ปริมาณโปรตีนไม่ต่ำลงอาจเป็นเพราะในการทดลองนี้มีการปรับปริมาณความชื้นให้สูงขึ้นจนเท่ากับความชื้นที่มีในเนื้อปลาก่อนล้างและการล้างทำเพียงครั้งเดียว ปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ในน้ำอาจกำจัดไปได้น้อยมากแต่ในการผลิตเนื้อปลาบดแช่เยือกแข็งหรือซูริมิ โดยทั่วไปจะล้างเนื้อปลาอย่างน้อย 3 ครั้งเพื่อกำจัดโปรตีนที่ละลายในน้ำและไขมันจนเนื้อปลาสีขาวขึ้นกว่าเดิมอย่างเห็นได้ชัดและในน้ำล้างจะมีโปรตีนประมาณ 3.4 กรัม/ลิตร ซึ่งประมาณ 80% ของโปรตีนในน้ำล้างเป็นโปรตีนที่ละลายในน้ำคิดเป็นปริมาณการสูญเสียโปรตีนจากการล้างประมาณ 30% ของน้ำหนักเนื้อปลาบด อย่างไรก็ตามอัตราการสูญเสียน้ำหนักจะขึ้นอยู่กับปริมาตรน้ำที่ใช้

และจำนวนครั้งที่ล้างด้วย (41)

5.3 ผลการเก็บรักษาเนื้อปลาบดที่สภาวะต่าง ๆ

ได้ออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาสภาวะการเก็บรักษาเนื้อปลาที่แยกกระดูกด้วยเครื่องโดยมีปัจจัยหลัก 3 อย่างคือ การล้างเนื้อปลาด้วยน้ำเกลือ อุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษา และสารเคมีที่ใช้ผสม

5.3.1 ผลของการล้างด้วยน้ำเกลือต่อคุณภาพเนื้อปลาบดมีดังแสดงในรูปที่ 4-9 และผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติมีดังแสดงในตารางที่ 7-8

หลังจากปลาตายเมื่อเข้าสู่ระยะเกร็งตัวจะเกิดการสลายตัวของ ATP เป็น hypoxanthine ammonia และน้ำตาล ribose ซึ่ง ammonia จะทำให้ pH ของเนื้อปลาเพิ่มสูงขึ้นจนถึงระดับที่เหมาะแก่การเจริญเติบโตของบักเตรีที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย ซึ่งจะทำให้โปรตีนเปลี่ยนไปเป็น peptide amino acid และสารประกอบ TMA DMA และเอมีนอื่น ๆ จากกระบวนการ decarboxylation รวมทั้งกรดที่ระเหยได้ ดังนั้นจึงใช้ค่า TMA TVB และ TBC เป็นดัชนีชี้วัดความสดของปลาในการทดลองครั้งนี้ (26)

การล้างเนื้อปลาบดด้วยน้ำเกลือมีผลต่อความสดของปลาโดยจะเห็นได้จากการที่ค่า TVB TMA TBC และ pH ของเนื้อปลาที่ล้างต่ำกว่าเนื้อปลาที่ไม่ได้ล้างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางที่ 8) แสดงว่าการล้างเป็นเทคนิคที่สามารถรักษาหรือปรับปรุงคุณภาพของเนื้อปลาให้อยู่ในสภาพใช้งานได้เป็นเวลานานขึ้น ซึ่งตามรายงานการทดลองของ Rodger-(42) ระบุว่าการล้างทำให้ปริมาณสาร trimethylamine oxide (TMAO) ลดลง มีผลให้ pH ของเนื้อปลาล้างต่ำกว่าเนื้อปลาที่ไม่ผ่านการล้างเล็กน้อย ปริมาณสาร TMAO ที่ลดลงยังเป็นผลให้กลิ่นต่าง ๆ อ่อนลงด้วย และการล้างยังเป็นการกำจัดเลือดที่ปนในเนื้อปลาบด ซึ่งเลือดสามารถเร่งปฏิกิริยาการสลายของ TMAO เป็น TMA ได้อีก เนื้อปลาบดที่ได้จากเครื่องแยกกระดูกทั่วไปจึงมี pH สูงกว่าปกติ

การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญที่พบในเนื้อปลาที่ล้างด้วยน้ำเกลืออีกคือ การเพิ่มของโปรตีนที่ละลายในน้ำเกลือ (SSP) ทั้งนี้เพราะพวก Sarcoplasmic protein ที่ละลายได้ในน้ำจะถูกกำจัดไปบ้างระหว่างการล้าง Myofibrilla protein จึงมีปริมาณเพิ่มขึ้นใน

เนื้อปลาต่อหน่วยน้ำหนัก (ตารางที่ 8) ซึ่งจะมีผลดีในด้านการแปรรูปเนื้อปลาเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการเนื้อสัมผัสที่เหนียวแน่น เช่น ลูกชิ้น ทอดมัน หรือแฮ่กิ้น เพราะ SSP เป็นโปรตีนซึ่งทำหน้าที่ในการเกิดเจลซึ่งเป็นโครงสร้างที่มีความสำคัญต่อเนื้อสัมผัสและความเหนียวของผลิตภัณฑ์

นอกจากนี้ Rodger (42) อธิบายไว้ว่าการล้างยังช่วยลด heme - protein ในเนื้อปลาบด hemoglobin และ myoglobin เป็นสารซึ่งมีประสิทธิภาพในการเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการสลายตัวของไขมันเป็นกรดไขมันอิสระซึ่งจะมีผลทำให้โปรตีนสูญเสียสมบัติด้านการละลาย เนื่องจากปฏิกิริยาระหว่างสารทั้ง 2 ชนิดนี้ แต่จากการทดลองพบว่าค่า TBA ของเนื้อปลาล้างและไม่ล้างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 8) ซึ่งทั้งนี้อาจเป็นเพราะไขมันของตัวอย่างปลาเป็ดที่ใช้ในการทดลองมีปริมาณค่อนข้างต่ำ (0.62%) และอุณหภูมิของเนื้อปลาขณะล้างก็ค่อนข้างต่ำด้วย ($10^{\circ}C$) จึงไม่เห็นความแตกต่างในเรื่องของปฏิกิริยาดังกล่าว

5.3.2 ผลของอุณหภูมิที่เก็บรักษาต่อคุณภาพเนื้อปลาบดมีดังแสดงในรูปที่ 4-9 และผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติมีดังแสดงในตารางที่ 7-8

อุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษาเนื้อปลาบดมี 2 ระดับคือที่ $0^{\circ}C$ โดยใช้น้ำแข็งซึ่งมีคุณสมบัติในการลดอุณหภูมิในเนื้อปลาให้ต่ำใกล้เคียงจุดเยือกแข็งได้ (35) และที่ $7^{\circ}C$ โดยใช้ตู้เย็นในการควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งโดยทั่วไปโรงงานผลิตลูกชิ้นก็เก็บรักษาเนื้อปลาแล่ในน้ำแข็งและตู้เย็นเช่นกัน

อุณหภูมิการเก็บรักษาเนื้อปลาบดที่ $0^{\circ}C$ และ $7^{\circ}C$ มีผลต่อการรักษาความสดของเนื้อปลาแสดงโดยค่า TVB TMA และ TBC ซึ่งค่าต่าง ๆ ที่กล่าวถึงนี้ในเนื้อปลาบดเก็บที่ $0^{\circ}C$ ต่ำกว่าที่พบในเนื้อปลาซึ่งเก็บที่ $7^{\circ}C$ อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง แสดงว่าอุณหภูมิต่ำช่วยยับยั้งการเจริญของบักเตรีและชลอปฏิกิริยาจาก enzymes ต่าง ๆ ในเนื้อปลาได้ (26) นอกจากนั้นเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $0^{\circ}C$ สมบัติด้านการละลายในน้ำเกลือของ myofibrillar protein ดีกว่าเมื่อเก็บที่ $7^{\circ}C$ จึงเป็นผลให้ปริมาณ SSP สูงกว่า ส่วนค่า TBA ของเนื้อปลาเก็บที่ $0^{\circ}C$ และ $7^{\circ}C$ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญอาจเป็นเพราะตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองมีไขมันปริมาณค่อนข้างต่ำ (0.62%) การเกิดปฏิกิริยา hydrolytic และ oxidative - rancidity จึงไม่เห็นผลชัดเจน

6.3.3 ผลการใช้โซเดียมเบนโซเอท และโซเดียมอีรีธอเบทต่อคุณภาพเนื้อปลาบด มีดังแสดงในรูปที่ 4-9 และผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติมีแสดงในตารางที่ 7-8

การใช้สารเคมียับยั้งการเจริญของบักเตรีเป็นแนวทางหนึ่งที่ใช้รักษาความสดของเนื้อปลาไว้ (27) ในการทดลองนี้จึงใช้ โซเดียมเบนโซเอท ซึ่งเป็นสารเจือปนอาหารที่กระทรวงสาธารณสุขอนุญาตให้ใช้ในปริมาณ 1,000 ppm ผสมในเนื้อปลาบดเพื่อทดลองเก็บรักษา และนอกจากนี้การเกิดกลิ่นหืนเป็นปัญหาหนึ่งในการเก็บรักษาเนื้อปลา (20) และเนื้อปลาบดมีปริมาณความชื้นค่อนข้างสูงอยู่ในช่วง 80-85% จึงได้เลือกใช้ โซเดียมอีรีธอเบท ซึ่งเป็นสาร antioxidant ที่ละลายน้ำได้รวมทั้งเป็น reducing agent ที่มีฤทธิ์แรงและราคาไม่แพงผสมในเนื้อปลาเพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยา oxidative rancidity ในการศึกษาคุณภาพของเนื้อปลาบดร่วมด้วย

เมื่อเปรียบเทียบค่า TVB ในตัวอย่างเนื้อปลาที่เติม 0.1% โซเดียมเบนโซเอท และ 0.1% โซเดียมอีรีธอเบทกับตัวอย่างที่ไม่ได้เติมพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 8) โดยที่ค่า TVB ของตัวอย่างที่เติมโซเดียมเบนโซเอทจะต่ำที่สุด ซึ่งเป็นการชี้ให้เห็นว่าโซเดียมเบนโซเอทรักษาคุณภาพเนื้อปลาให้มีความสดได้ดี Nickerson (27) อธิบายว่า โซเดียมเบนโซเอท ยับยั้งการเจริญของบักเตรีโดยการทำลายเนื้อเยื่อที่หุ้มเซลของจุลินทรีย์ และยับยั้งการทำงานของ coenzyme บางชนิดอีกด้วยซึ่งปริมาณ TBC ในเนื้อปลาที่เติมโซเดียมเบนโซเอทต่ำสุดเช่นกัน

เนื้อปลาบดที่ไม่ผสม และผสมโซเดียมเบนโซเอทกับโซเดียมอีรีธอเบทมีค่า TMA ที่ไม่แตกต่างกัน แสดงว่าสารเคมีทั้ง 2 ชนิดไม่มีผลกับปฏิกิริยาในการเปลี่ยน TMAO เป็น TMA ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปริมาณ TMAO ในเนื้อปลาไม่สูงมากนัก โดยทั่วไปปริมาณ TMAO จะแปรปรวนไปตามอายุของปลาและฤดูกาล กล้ามเนื้อแดงที่อยู่ใต้เส้นข้างตัวจะมี TMAO มากกว่ากล้ามเนื้ออื่น ๆ และพบมากกว่าในปลาเนื้อขาว (26)

เนื้อปลาผสมโซเดียมอีรีธอเบทมี SSP ในปริมาณสูงกว่าตัวอย่างที่เติมโซเดียมเบนโซเอท ขณะที่ปริมาณ SSP ในเนื้อปลาที่ไม่ผสมสารทั้ง 2 ชนิดไม่แตกต่างจากเนื้อปลาที่ใช้โซเดียมเบนโซเอทหรือโซเดียมอีรีธอเบท (ตารางที่ 8) Rodger (42) อธิบายว่าโซเดียมอีรีธอเบทมีผลไปยับยั้งปฏิกิริยาลูกโซ่ในปฏิกิริยา lipid oxidation โดยการเกิด

nonactivated fatty acid และ nonactivated fatty acid เป็น species ที่ไม่ทำปฏิกิริยากับโปรตีน จึงเป็นผลให้การสูญเสีย SSP เกิดได้น้อยด้วยในตัวอย่างที่มี อีรีธอเบท ผสมอยู่

โซเดียมอีรีธอเบทมีผลในการป้องกันการเกิดกลิ่นหืนในเนื้อปลาบดได้ดีกว่าเนื้อปลาที่ไม่เติมสารเคมีอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Bilinski (59) ซึ่งทดลองแช่เนื้อปลาในโซเดียมอีรีธอเบทเข้มข้น 1% เป็นเวลา 2 นาที ก่อนแช่แข็งที่อุณหภูมิ $-28^{\circ}C$ และเก็บที่ $-15^{\circ}C$ เป็นเวลา 8 เดือน เขาพบว่าเนื้อปลาไม่เกิดกลิ่นหืนในช่วงเวลาดังกล่าว แต่ถ้ามีโซเดียมอีรีธอเบทในเนื้อถึง 0.2% จะทำให้เนื้อปลาเสียรสชาติไป

สำหรับ pH ของเนื้อปลานั้นพบว่าไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อเติมโซเดียมเบนโซเอทหรือโซเดียมอีรีธอเบท (ตารางที่ 8) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองข้างต้นคือ เนื้อปลาบดที่ไม่ผสมและผสมโซเดียมเบนโซเอท กับโซเดียมอีรีธอเบทมีค่า TMA ไม่ต่างกันด้วย

5.3.4 ผลของระยะเวลาการเก็บต่อคุณภาพเนื้อปลาบดมีดังแสดงในรูป 4-9 และผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติมีดังแสดงในตารางที่ 7-8

เมื่อระยะเวลการเก็บเพิ่มขึ้นค่า TVB TMA มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วย และจะเห็นผลเด่นชัดเมื่อเก็บไว้มากกว่า 9 วัน (รูปที่ 4 และ 5) แสดงว่าปฏิกิริยาจาก enzymes ต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดสารเหล่านี้ยังคงดำเนินต่อไปแม้ที่อุณหภูมิต่ำ ความสดของเนื้อปลาจึงลดลง แต่ระยะเวลาการเก็บที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลกับปริมาณโปรตีนที่ละลายในน้ำเกลือ (รูปที่ 6) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Laird (40) ที่สรุปไว้ว่าเนื้อปลาเก็บที่ $0^{\circ}C$ เป็นเวลา 15 วัน ค่า SSP ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก แต่ถ้าเก็บที่ $-15^{\circ}C$ ซึ่งเป็นอุณหภูมิในสภาวะเยือกแข็งจะมีผลให้ปริมาณ SSP ลดลงตามระยะเวลาการเก็บ

นอกจากนั้นในการทดลองนี้ยังพบว่าระยะเวลการเก็บรักษาที่เพิ่มมากขึ้นไม่มีผลต่อปฏิกิริยา lipid oxidation ที่ทำให้เกิดกลิ่นหืนในเนื้อปลา เพราะค่า TBA แปรผันขึ้นลงตลอดระยะเวลาการเก็บ (รูปที่ 7) ซึ่งอาจอธิบายได้ว่าเกิดเนื่องจากเนื้อปลาที่ใช้ทดลองมีปริมาณไขมันต่ำ (0.62%) หรือมีความแตกต่างในปริมาณและองค์ประกอบของไขมันของตัวอย่างที่ใช้ค่อนข้างสูง จึงมีผลให้ค่าดังกล่าวค่อนข้างผกผันและไม่มีแนวโน้มที่เห็นเด่นชัด

5.3.5 ปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ของการทดลอง

ค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ของการทดลองจะชี้ให้เห็นผลของสภาวะร่วมระหว่างการล้างเนื้อปลาด้วยน้ำเกลือ อุณหภูมิที่ใช้เก็บ สารเคมีที่ใช้ผสมและเวลาว่ามีผลต่อคุณภาพเนื้อปลาอย่างไร ค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแต่ละคู่ (two way interaction) มีดังนี้

จากการทดลองพบว่าการล้างและการเติมสารเคมีมีปฏิสัมพันธ์กันสำหรับค่า TVB SSP และ TBC กล่าวคือเนื้อปลาไม่ผ่านการล้างจะมีค่าความสดต่ำกว่าเนื้อปลาที่ผ่านการล้างไม่ว่าจะมีสารเคมีผสมหรือไม่ก็ตามซึ่งแสดงว่าการล้างและการเติมสารเคมีจะมีผลเสริมซึ่งกันและกันในการลดปริมาณจุลินทรีย์และรักษาความสดของเนื้อปลา (ตารางที่ 8)

เนื้อปลาที่ผ่านการล้างจะผสมสารเคมีหรือไม่ก็ตาม ปริมาณ SSP มีค่าไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่โซเดียมอีรีธอเบทมีผลเสริมต่อเนื้อปลาไม่ผ่านการล้าง โดยทำให้ปริมาณ SSP เพิ่มสูงขึ้น จนใกล้เคียงกับที่พบในเนื้อปลาที่ล้างแล้วจะผสมสารเคมีหรือไม่ก็ตาม

อุณหภูมิเก็บรักษาและการเติมสารเคมีมีปฏิสัมพันธ์กันสำหรับค่า TVB และ SSP คือเนื้อปลาที่ผ่านการเติมสารเคมีหรือไม่ก็ตามเมื่อเก็บที่ 0 °C จะมีการรักษาสภาพความสดได้ดีกว่าเมื่อเก็บที่ 7 °C ทั้งนี้เพราะอุณหภูมิต่ำช่วยยับยั้งการทำงานของน้ำย่อยและจุลินทรีย์ต่าง ๆ ได้ดี แต่โซเดียมแบนโซเอทมีผลเสริมต่อการรักษาความสดของเนื้อปลาเมื่อเก็บที่ 7 °C ทำให้มีความสดไม่ต่างกับเนื้อปลาเก็บที่ 0 °C อาจเป็นเพราะโซเดียมเบนโซเอทมีผลไปยับยั้งการเจริญของบักเตรีที่มีปริมาณค่อนข้างสูงในเนื้อปลาที่ไม่ผ่านการล้างได้ นอกจากนี้เนื้อปลาบดเก็บที่ 0 °C ถึงแม้จะเติมสารเคมีหรือไม่ก็ตามไม่มีผลต่อปริมาณ SSP แต่ถ้าเก็บที่อุณหภูมิ 7 °C และเติมโซเดียมอีรีธอเบทจะมีผลเสริมกันทำให้ปริมาณ SSP มีค่าสูงขึ้นด้วย

การล้างและระยะเวลาเก็บมีปฏิสัมพันธ์กันสำหรับค่า TVB TMA TBC และ SSP เนื้อปลาที่ผ่านการล้างจะมีการรักษาความสดได้ดีกว่าเนื้อปลาที่ไม่ผ่านการล้างในทุกระยะเวลาการเก็บรักษา 0-13 วัน แสดงโดยค่า TVB และ TMA สำหรับค่า TBC เห็นผลไม่เด่นชัดในช่วงวันแรก อาจเนื่องจากมีการปนเปื้อนเกิดขึ้น ระยะเวลาเก็บที่เพิ่มมากขึ้นมีผลให้เนื้อปลาที่ผ่านการล้างและไม่ผ่านการล้างมีความสดน้อยลงโดยค่า TVB TMA และ TBC มีแนวโน้มเพิ่ม

มากขึ้น นอกจากนี้ระยะ เวลาการ เก็บรักษาที่ เพิ่มมจกขึ้นไม่มีผลในการ เพิ่มหรือลดปริมาณ SSP ของ เนื้อปลาทั้งที่ล้างและไม่ได้ล้าง เพราะค่าแปรผันขึ้นลงตลอดระยะ เวลา เก็บแต่ทุกระยะการ เก็บ 0-13 วัน เนื้อปลาที่ผ่านการล้างมีปริมาณ SSP สูงกว่า เนื้อปลาที่ไม่ผ่านการล้าง

อุณหภูมิและระยะ เวลาการ เก็บจะมีปฏิสัมพันธ์สำหรับค่า TVB TMA และ TBC อุณหภูมิ $0^{\circ}C$ จะรักษาสภาพความสดของ เนื้อปลาได้ดีกว่าอุณหภูมิ $7^{\circ}C$ ในทุกระยะ เวลาการ เก็บ 0-13 วัน เพราะค่า TVB TMA และ TBC ของ เนื้อปลาที่ เก็บ $0^{\circ}C$ จะมีค่าต่ำกว่าและระยะการ เก็บที่ เพิ่มมากขึ้น มีผลให้ความสดของ เนื้อปลาลดลงไม่ว่า เนื้อปลา เก็บที่ $0^{\circ}C$ หรือ $7^{\circ}C$ ก็ตามโดยค่า TBC จะ เห็นผลชัด เจนมากคือจะ เพิ่มขึ้นตามระยะการ เก็บที่ เพิ่มขึ้นด้วย (ตารางที่ 8)

สาร เคมีและระยะ เวลาการ เก็บจะมีปฏิสัมพันธ์สำหรับค่า TVB และ TBC เมื่อระยะ เวลา เก็บ เพิ่มมากขึ้น ความสดของ เนื้อปลาจะลดลง เพราะค่า TVB TBC มีแนวโน้มในทาง เพิ่มขึ้นถึงแม้จะมีการ เติมสาร เคมีหรือไม่ก็ตามซึ่งอัตราการ เน่า เสียจะต่างกันไปถ้ามีการ เติมโซเดียม เบนโซเอทใน เนื้อปลาการ เน่า เสียจะ เป็นไปอย่างช้า ๆ เมื่อ เทียบกับ เนื้อปลาที่ไม่ เติมสาร เคมีหรือ เนื้อปลาที่ เติมโซเดียมอีรีธอเบทในทุกระยะ เวลาการ เก็บ 1-13 วัน แสดงว่าโซเดียม เบนโซเอทมีผล เสริมในการรักษาความสดของ เนื้อปลาตามระยะ เวลาการ เก็บรักษาได้อีก

ค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้ง 4 ที่ศึกษาคือ อุณหภูมิ สาร เคมี การล้าง และ เวลา เก็บมีดังนี้

เนื้อปลาที่ผ่านการล้าง ผสมโซเดียม เบนโซเอท เก็บที่อุณหภูมิ $0^{\circ}C$ นาน 13 วัน ยังมีความสดดี และมีค่า TVB เพียง 14.18 mg% (รูปที่ 4) ขณะที่ เนื้อปลาที่ไม่ผ่านการล้างการ เน่า เสีย เป็นไปอย่างรวด เร็วซึ่งจะ เห็นได้จากค่า TVB ที่ เพิ่มสูงขึ้น เกินกว่า 20 mg% (รูปที่ 5) เนื่องจาก เนื้อปลามีการปน เปื้อนของ เลือด และมีอวัยวะภายในติดมาด้วยระหว่างกระบวนการแยก เนื้อใน เวลา เพียง 5 วัน จึง เสียจากปฏิกิริยาของจุลินทรีย์และ enzyme ต่าง ๆ ได้ เร็วขึ้นแม้จะ เติมโซเดียม เบนโซเอท และ เก็บที่ $0^{\circ}C$ ก็ตาม ค่า TVB และ TMA ซึ่งใช้ เป็น เกณฑ์ตัดสินความสดของปลาจะแตกต่างกันไปตามชนิดของผลิตภัณฑ์ เช่นปลาที่ใช้บรรจุกระป๋องต้องมีค่า TVB ไม่ เกิน 20 mg% และค่า TMA ของปลาคอดสดจะสูงประมาณ 10-15 mg% (26) ผลการทดลองนี้แสดงว่า การล้างและใช้โซเดียม เบนโซเอท เก็บที่ $0^{\circ}C$ เป็นสภาวะร่วมที่สามารถรักษาความสดของ เนื้อปลาแยกกระดูกโดย เครื่องได้นานประมาณ 13 วัน

จากรูปที่ 6 จะเห็นได้ว่าในระหว่างการเก็บรักษาเนื้อปลาที่ผ่านการล้างซึ่งผสมสารเคมีหรือไม่ก็ตามที่ 0 °C และ 7 °C นาน 13 วัน มีปริมาณ SSP อยู่ในช่วง 15-20 mgN/gm ซึ่งนับว่าไม่เปลี่ยนแปลงมากนักแต่เนื้อปลาที่ไม่ผ่านการล้างปริมาณโปรตีนดังกล่าวจะต่ำกว่าและอยู่ในช่วง 10-16 mg% แต่ Sorensen (55) รายงายว่าผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความเหนียวควรทำจากเนื้อปลาที่มีค่า SSP ต่ำสุด 8.5-11 mg% แสดงได้ว่าทั้งเนื้อปลาที่ผ่านการล้าง และไม่ผ่านการล้างสามารถนำมาใช้ทำผลิตภัณฑ์ที่ต้องการเนื้อสัมผัสที่เหนียวได้ แต่พวกที่ผ่านการล้างจะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีกว่า เพราะมีปริมาณ SSP สูงกว่า

ในช่วงเวลา 0-13 วัน ที่เก็บเนื้อปลาบดจากทุกสภาวะการทดลอง พบว่าค่า TBA แปรปรวนขึ้นลง และโซเดียมอีรีธอเบทที่ผสมในเนื้อปลาให้ผลไม่ชัดเจนในการชลอปฏิกิริยา auto oxidation ผลดังกล่าวนี้อาจอธิบายได้ว่าเป็นเพราะปริมาณไขมันในเนื้อปลาบดค่อนข้างต่ำ (0.62%) ปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดกลิ่นหืนจึงไม่ใช่ปัญหาสำคัญในการเก็บผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ และแม้จะมีเกิดขึ้นก็ให้ผลไม่ชัดเจนสำหรับวิธีวิเคราะห์ที่ใช้ในการทดลองนี้

จากรูปที่ 8 จะเห็นว่า pH ของเนื้อปลาบดจากทุกสภาวะการเก็บค่อนข้างคงที่แต่ค่า pH ของเนื้อปลาที่ผ่านการล้างต่ำกว่าพวกที่ไม่ได้ล้างเล็กน้อย ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองข้างต้นคือ ปริมาณ TMA ของเนื้อปลาที่ผ่านการล้างจะต่ำกว่าที่พบในเนื้อปลาที่ไม่ได้ล้าง และค่า pH จะอยู่ระหว่าง 6.5-7.0 ซึ่งเท่ากับ pH ของเนื้อปลาบดโดยทั่วไป (41) และช่วง pH ที่เหมาะสมสำหรับทำผลิตภัณฑ์ให้ได้ความเหนียวที่ดี ไม่ควรเกิน 7 (41, 42) แสดงว่าเนื้อปลาบดจากปลาเป็ดที่ผ่านเครื่องแยกกระดูกนั้นทั้งค่า SSP และ pH อยู่ในช่วงที่สามารถนำมาใช้ทำผลิตภัณฑ์ที่ต้องการลักษณะเนื้อสัมผัสที่เหนียวได้

5.4 ผลการผลิตลูกชิ้นจากเนื้อปลาที่แยกกระดูกโดยเครื่อง

เนื้อปลาบดจากทุกสภาวะการทดลองได้นำมาผลิตลูกชิ้น และศึกษาคุณภาพโดยให้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนแล้วให้คะแนนลักษณะทั่วไปคือ สี ความเงามัน เป็นประกาย ลักษณะผิวภายนอกและผิวหน้าตัดเรียบ ตลอดจนตำหนิต่าง ๆ โดยมีคะแนนเต็มสำหรับแต่ละลักษณะ 5 คะแนน นอกจากนี้ยังทดสอบความเหนียวซึ่งเป็นลักษณะเด่นของลูกชิ้นและให้คะแนนเต็ม 10 คะแนน ลูกชิ้นที่ดีควรนุ่มและชุ่มน้ำด้วยโดยให้คะแนนเต็ม 5 คะแนนสำหรับลักษณะนี้ และกลิ่นรสของลูกชิ้นต้องสดไม่คาวหรือผิดปกติให้คะแนนเต็ม 5 คะแนนเช่นกัน

5.4.1 ผลของการล้างด้วยน้ำเกลือต่อคุณภาพลูกชิ้น มีดังแสดงในรูปที่ 10-33 และผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติมีแสดงในตารางที่ 9-12

ลูกชิ้นที่ผลิตจากเนื้อปลาที่ผ่านการล้าง และไม่ผ่านการล้างมีคะแนนลักษณะทั่วไป แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางที่ 9 และ 10) โดยผู้ทดสอบให้คะแนนลูกชิ้นจากเนื้อปลาที่ผ่านการล้างมากกว่า และจากรูปที่ 10 และ 12 จะเห็นได้ว่าสีผิวภายนอกและสีภายในของลูกชิ้นที่ผลิตจากเนื้อปลาที่ผ่านการล้างจะใช้หรือไม่ใช้สารเคมีก็ตามและเก็บที่อุณหภูมิใดก็ตามจะไม่แตกต่างกันคือทุกตัวอย่างมีสีขาวออกเทาเล็กน้อย ซึ่งผู้ทดสอบให้คะแนน 3.8-4.25 คะแนน แต่ถ้าเป็นลูกชิ้นจากเนื้อปลาที่ไม่ผ่านการล้างจะมีสีขาวคล้ำ และคะแนนสีอยู่ในช่วง 3.06-3.40 (รูปที่ 11 และ 13) ทั้งนี้เนื่องจากเนื้อปลาที่ไม่ได้ล้างจะมีส่วนของเลือดและอวัยวะภายในปนเปื้อนอยู่ในปริมาณค่อนข้างสูงทำให้สีผลิตภัณฑ์ที่ได้คล้ำจึงต้องล้างด้วยน้ำเกลืออย่างน้อย 3 ครั้ง เพื่อขจัดสีของเลือดและสิ่งปนเปื้อนอื่น ๆ (44) แต่ในการทดลองนี้เนื้อปลาผ่านการล้างเพียงครั้งเดียวลูกชิ้นที่ได้จึงมีสีขาวออกเทาเล็กน้อย นอกจากนั้นลูกชิ้นที่ผลิตจากเนื้อปลาที่ผ่านการล้างจะมีความเงามันมากกว่าพวกที่ผลิตจากเนื้อปลาที่ไม่ผ่านการล้าง (รูปที่ 14-15) ซึ่งทั้งนี้คงเนื่องจากความเรียบของผิวนอกและลักษณะการเกิดเจลที่แข็งแรงสม่ำเสมอทำให้อนุภาคของโปรตีนจับกันแน่นจนเกิดลักษณะเรียบและเป็นเงาขึ้นที่ผิวนอกของผลิตภัณฑ์

จากรูปที่ 16-19 และตารางที่ 12 จะเห็นได้ว่าลูกชิ้นที่ผลิตจากเนื้อปลาที่ผ่านการล้างมีลักษณะเนื้อสัมผัสแน่นเรียบได้คะแนนเนื้อสัมผัสเฉลี่ย 3.5 คะแนน ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญจากคะแนนเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นที่ผลิตจากเนื้อปลาไม่ได้ล้างซึ่งมีผิวหยาบและมีคะแนนเนื้อสัมผัส 3.2 คะแนน แสดงว่าการล้างเนื้อปลาทำให้สามารถขจัดสิ่งปนเปื้อนออกไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ลูกชิ้นที่ผลิตจากเนื้อปลาที่ผ่านการล้างและไม่ผ่านการล้างจะมีคะแนนรสชาติแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (รูปที่ 22 และ 23 และตารางที่ 9 และ 10) กล่าวคือลูกชิ้นที่ผลิตจากเนื้อปลาที่ผ่านการล้าง จะมีกลิ่นคาวเพียงเล็กน้อยแต่ลูกชิ้นจากเนื้อปลาไม่ผ่านการล้างจะมีกลิ่นคาวจัดกว่าอย่างเห็นได้ชัด แสดงว่าการล้างนอกจากจะมีผลในการปรับปรุงสีและลดปริมาณสิ่งปนเปื้อนในเนื้อปลาแล้วยังสามารถขจัดสารจำพวก TMAO และสารระเหยอื่น ๆ ที่ทำให้เกิดกลิ่นคาวในผลิตภัณฑ์จากเนื้อปลาบดอีกด้วย

สำหรับการทดสอบคุณภาพด้านความเหนียวของลูกชิ้น นอกจากใช้วิธีทางประสาทสัมผัสแล้วยังวัดโดยใช้เครื่อง Rheometer อีกด้วยซึ่งค่าที่ได้แสดงถึงแรงกดที่ทำให้เนื้อลูกชิ้นฉีกขาดและใช้เป็นตัวแทนของการฉีกขาดจากแรงกัดของฟัน (44) ผลจากการทดสอบแสดงว่าลูกชิ้นที่ผลิตจากเนื้อปลาที่ผ่านการล้างและไม่ผ่านการล้างมีความเหนียวและลักษณะเนื้อแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางที่ 11 และ 12) โดยความเหนียวของลูกชิ้นจากเนื้อปลาที่ผ่านการล้างอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างดีคือมีค่าความเหนียว 16.93-51.03 (gm.cm) (รูปที่ 24) และได้คะแนนความเหนียวจาก 4.1-7.5 (รูปที่ 26) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์พอใช้ถึงค่อนข้างดี แต่ลูกชิ้นที่ผลิตจากเนื้อปลาที่ไม่ผ่านการล้างจะมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ค่อนข้างร่วนจนถึงเหนียวพอใช้ คือได้คะแนนจากการทดสอบ 2.12-4.93 คะแนน (รูปที่ 27) และค่าความเหนียวจากเครื่อง Rheometer 18.73-37.73 gm.cm (รูปที่ 25) ผลดังกล่าวนี้สอดคล้องกับผลการทดลองข้างต้นในส่วนที่เกี่ยวข้องกับปริมาณ SSP ในเนื้อปลาที่ล้างและไม่ล้าง นอกจากปริมาณ SSP แล้วยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความเหนียวของลูกชิ้นอีกได้แก่ปริมาณเกลือ (43) วิธีการนวด และอุณหภูมิที่ทำให้เกิดเจล (41)

จากการคำณวนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พบว่าความเหนียวของลูกชิ้นที่วัดโดยเครื่อง Rheometer และโดยวิธีทดสอบทางประสาทสัมผัสมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับค่า SSP ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% (ตารางที่ 13) คือถ้าเนื้อปลาบดมีค่า SSP มากขึ้นลูกชิ้นจะมีความเหนียวมากขึ้นด้วย Cheng (45) รายงานว่าลักษณะการเกิดเจลของเนื้อปลาที่ทำให้เกิดความเหนียวในเนื้อเยื่อปลาดิบไม่สัมพันธ์กับค่า SSP แต่มีความสัมพันธ์กันกับค่าความเหนียวในเนื้อปลาที่สุกแล้ว เนื่องจากโปรตีนบางส่วนถูกทำลายด้วยความร้อนขณะเกิดเจลได้ทำให้ tropomyosin และ myosin เสื่อมสภาพไป แต่การทดลองของ Nakayama (46) พบว่าโปรตีนที่ละลายในน้ำเกลือ (myofibrillar protein) จะเป็นตัวที่ให้ความเหนียวในผลิตภัณฑ์เนื้อละเอียด (emulsion type comminuted product) แต่ในการทดลองนี้พบว่าค่า SSP ของเนื้อปลาที่ผ่านเครื่องแยกกระดูกแล้วมีความสัมพันธ์ต่อความเหนียวของลูกชิ้นสุก คาดว่าเป็นไปได้เพราะกระบวนการให้ความร้อนขณะผลิตลูกชิ้นได้ถูกควบคุมไว้ทุกขั้นตอน

ลักษณะเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นผลิตจากเนื้อปลาที่ผ่านการล้างจะเรียบและเป็นเนื้อเดียวกันมากกว่าลูกชิ้นจากเนื้อปลาไม่ผ่านการล้าง เหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะเนื้อปลาที่ล้างมี SSP ในปริมาณสูงกว่า และในขั้นตอนการล้างมีการแยกเศษก้าง พังผืดต่าง ๆ ออกไปด้วย

เนื้อปลาที่ผ่านการล้างจึงสะอาดและมีสิ่งปนเปื้อนน้อยกว่าเมื่อนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์จึงให้ลักษณะเนื้อสัมผัสเรียบ แน่น และเนียนดีกว่าด้วย

ความชุ่มน้ำของลูกชิ้นที่ผลิตจากเนื้อปลาที่ผ่านการล้างและไม่ผ่านการล้างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เพราะระหว่างทดลองได้ควบคุมปริมาณความชื้นของเนื้อปลาให้คงที่โดยเริ่มตั้งแต่ระหว่างผลิตเนื้อปลาบดหลังจากล้างด้วยน้ำเกลือจะนำมาบีบจนมีความชื้นเหลืออยู่ในเนื้อเยื่อประมาณ 84-85% และในขั้นตอนการผลิตลูกชิ้นระหว่างการนวดจะเติมน้ำ-แข็ง 15% ของน้ำหนักเนื้อปลาที่นำมาผลิตของทุกตัวอย่าง ซึ่งจะเป็นผลให้ได้ความชื้นสุดท้ายในผลิตภัณฑ์เท่า ๆ กันคือประมาณ 86%

5.4.2 ผลของอุณหภูมิเก็บรักษาเนื้อปลาบดต่อคุณภาพลูกชิ้นมีดังแสดงในรูปที่ 10-33 และผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแสดงในตารางที่ 9-12

ลูกชิ้นที่ผลิตจากเนื้อปลาบดและเก็บที่อุณหภูมิ $0^{\circ}C$ ถึง $7^{\circ}C$ มีคะแนนลักษณะทั่วไปไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 9 และ 10) แต่อุณหภูมิเก็บรักษาเนื้อปลาที่ต่างกันมีผลต่อคะแนนรสชาติ ความแน่น ความเหนียว และค่าความเหนียววัดโดยเครื่อง Rheometer ของลูกชิ้น คือผู้ทดสอบให้คะแนนรสชาติของลูกชิ้นที่ผลิตจากเนื้อปลาซึ่งเก็บที่ $0^{\circ}C$ สูงกว่าในทุกระยะเวลาเก็บ (รูปที่ 22 และ 23) เหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องจากเนื้อปลาที่ $0^{\circ}C$ มีความสดดีกว่าเนื้อปลาซึ่งเก็บที่ $7^{\circ}C$ คุณภาพและลักษณะทางกายภาพของลูกชิ้นจึงดีกว่าด้วย (26, 60)

จากผลการเก็บรักษาเนื้อปลาที่สภาวะการทดลองต่าง ๆ ข้างต้น พบว่าเนื้อปลาซึ่งเก็บที่ $0^{\circ}C$ สามารถรักษาสมบัติด้านการละลายในน้ำเกลือไว้ได้ดีกว่าเนื้อปลาซึ่งเก็บที่ $7^{\circ}C$ จึงเป็นผลให้ลูกชิ้นที่ผลิตจากเนื้อปลาเก็บที่อุณหภูมิดังกล่าว มีคะแนนความเหนียวสูงกว่าและลูกชิ้นซึ่งผลิตจากเนื้อปลาที่อุณหภูมิเก็บนี้ จะมีความนุ่มมากกว่าลูกชิ้นจากเนื้อปลาที่ $7^{\circ}C$ ซึ่งทั้งนี้อาจเนื่องจากในการเก็บเนื้อปลาที่ $0^{\circ}C$ ได้ใช้น้ำแข็งควบคุมอุณหภูมิ โดยนำเนื้อปลาบรรจุถุงพลาสติกปิดผนึกเรียบร้อยวางเป็นชั้น ๆ สลับกับน้ำแข็งในถังกรุโฟม สภาวะดังกล่าวนี้อาจจะช่วยรักษาระดับความชื้นภายในถังให้สูงพอที่จะทำให้ไม่เกิดการเสียน้ำจากเนื้อปลาหรือมิฉะนั้นก็มีการสูญเสียน้อยกว่าพวกซึ่งเก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ $7^{\circ}C$

5.4.3 ผลการใช้โซเดียมเบนโซเอท และโซเดียมอีรีธอเบทต่อคุณภาพลูกชิ้นมีดังแสดงในรูปที่ 10-33 และผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติมีแสดงในตารางที่ 9-12

สารเคมีเมื่อผสมในเนื้อปลาบดไม่มีผลต่อลักษณะทั่วไปของลูกชิ้นแต่อย่างใด โดยคะแนนจากผู้ทดสอบไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญแต่ลูกชิ้นที่ผลิตจากเนื้อปลาผสมสารเคมีจะมีคะแนนรสชาติดีกว่า (รูปที่ 22 และ 23) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองข้างต้น คือโซเดียม-เบนโซเอทมีผลต่อการรักษาความสดของเนื้อปลา ดังนั้นลูกชิ้นที่ผลิตจากเนื้อปลาผสมสารนี้จึงมีรสชาติดีกว่า

คะแนนความเหนียวของลูกชิ้นที่ผลิตจากเนื้อปลาเติมโซเดียมอีรีธอเบทเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ได้เติมพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 12) ซึ่งคงเป็นเพราะโซเดียมอีรีธอเบทมีปฏิกิริยาในการยับยั้ง catalytic activity ของโลหะหนักที่ปนเปื้อนในเนื้อปลา ทำให้ไม่มีกรดไขมันซึ่งไวต่อปฏิกิริยาเกิดขึ้นจึงเป็นผลให้ไม่มีการรวมตัว เป็นสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างโปรตีนกับกรดไขมัน (42) และมีโปรตีนที่สามารถละลายออกมาได้มากทำให้ผลิตภัณฑ์มีโครงสร้างเจลที่แข็งแรง จึงทำให้ลูกชิ้นที่ผลิตจากเนื้อปลาที่เติมโซเดียมอีรีธอเบทมีคะแนนความเหนียวดี (รูปที่ 26 และ 27)

5.4.4 ผลของเวลาเก็บต่อคุณภาพลูกชิ้นมีดังแสดงในรูปที่ 10-33 และผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติมีแสดงในตารางที่ 9-12

ระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อปลาบดมีผลทำให้คะแนนรสชาติของลูกชิ้นต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยลูกชิ้นที่ผลิตจากเนื้อปลาบดและเก็บเป็นเวลา 1 วัน จะมีกลิ่นคาวน้อยที่สุดและลูกชิ้นที่ผลิตจากเนื้อปลาบดซึ่งเก็บไว้ 3-9 วัน จะมีรสชาติไม่แตกต่างกัน แต่ลูกชิ้นที่ทำจากเนื้อปลาที่เก็บไว้นานกว่า 9 วัน จะมีกลิ่นรสคาวจัดมาก ซึ่งสอดคล้องกับค่า TVB ของเนื้อปลาบดคือถ้าเก็บไว้มากกว่า 9 วัน ค่า TVB เพิ่มขึ้นมากกว่า 15.62 mg% ซึ่งสูงกว่าค่า TVB ของเนื้อปลาสด (7.68 mg%) อย่างมีนัยสำคัญ

5.4.5 ปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ของการทดลอง

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าการล้างกับอุณหภูมิเก็บมีผลต่อลักษณะทั่วไป รสชาติ และเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นในลักษณะที่เป็นอิสระจากกัน แต่ในด้านความเหนียวที่วัดได้จากเครื่อง Rheometer พบว่าลูกชิ้นที่ผลิตจากเนื้อปลาที่ผ่านการล้างและเก็บที่ $0^{\circ}C$ จะมีความเหนียวดีที่สุด และต่างจากตัวอย่างที่ผลิตจากเนื้อปลาล้าง และเก็บที่ $7^{\circ}C$

กับเนื้อปลาไม่ผ่านการล้างที่ 0 °C หรือ 7 °C อย่างมีนัยสำคัญ แต่ผลดังกล่าวนี้ไม่ได้รับการยืนยันจากคะแนนความเหนียวซึ่งได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 11 และ 12) ซึ่งทั้งนี้อาจเป็นเพราะการทดสอบความเหนียวของผลิตภัณฑ์โดยเครื่องให้ผลชัดเจนและแม่นยำกว่าการทดสอบทางประสาทสัมผัสซึ่งมักจะมีปัจจัยต่าง ๆ เกี่ยวกับตัวบุคคลเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยเสมอ

การล้างและการเติมสารเคมีมีปฏิสัมพันธ์กันสำหรับคะแนนรสชาติของลูกชิ้น (ตารางที่ 9 และ 10) คือลูกชิ้นที่ผลิตจากเนื้อปลาที่ผ่านการล้างเติมสารเคมีหรือไม่ก็ตามจะมีคะแนนรสชาติสูงกว่าลูกชิ้นที่ผลิตจากเนื้อปลาไม่ผ่านการล้างถึงแม้จะเติมสารเคมี แสดงว่าการล้างและการเติมสารเคมีมีผลเสริมซึ่งกันและกันต่อคะแนนรสชาติ และลูกชิ้นที่ผลิตจากเนื้อปลาที่ผ่านการล้างผสมโซเดียมเบนโซเอทจะมีคะแนนรสชาติดีที่สุดคือมีรสคาวต่ำสุด ซึ่งคงเป็นเพราะทั้งสารเคมีและการล้างสามารถช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนตลอดจนสารที่ทำให้เกิดกลิ่นคาว-ต่าง ๆ ออกไปได้ ทั้ง 2 ปัจจัยจึงมีผลร่วมกันในลักษณะทวีคูณหรือมากกว่าเมื่อใช้เพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง

อุณหภูมิที่ใช้เก็บและการเติมสารเคมีมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันต่อคะแนนความเหนียวของลูกชิ้น (ตารางที่ 11 และ 12) ที่อุณหภูมิเก็บที่ 0 °C และ 7 °C ผู้ทดสอบให้คะแนนความ-เหนียวของลูกชิ้นจากเนื้อปลาผสมโซเดียมอีรีธอเบทสูงที่สุด และแตกต่างจากพวกที่ใช้โซเดียม-เบนโซเอท และไม่ได้ใช้สารเคมีที่อุณหภูมิเก็บ 7 °C แต่ผลดังกล่าวนี้ไม่สอดคล้องกับคะแนนความเหนียวที่ได้จากการวัดโดยใช้ Rheometer

5.5 การศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ที่สภาวะใช้งาน

อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เป็นสิ่งสำคัญในอุตสาหกรรมอาหารทุกประเภท เพราะมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์จากผู้ผลิตถึงผู้บริโภค สำหรับการเก็บรักษาลูกชิ้นในการทดลองนี้ได้เลือกเก็บที่ 0 °C โดยใช้น้ำแข็งเพราะเป็นสภาวะที่ทางโรงงานลูกชิ้นทั่วไปใช้อยู่ เกณฑ์ที่ใช้ในการกำหนดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ได้แก่ สภาวะที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับสมบัติดังต่อไปนี้คือ ลักษณะทั่วไป ลักษณะเนื้อสัมผัสเมื่อคะแนนต่ำกว่า 2.5 คะแนน โดย 5 เป็นคะแนนสูงสุด หมายถึงลูกชิ้นมีสีขาว ความเงามันเป็นประกาย ลักษณะผิวภายนอกและภายในเรียบ และสิ่งตำหนิที่ปนเปื้อนได้แก่ หนัง เลือด เกล็ดมีน้อย นอกจากนี้ลูกชิ้นต้องมีความเหนียว นุ่ม ลักษณะเนื้อเรียบ และมีความชุ่มน้ำ และ 1 เป็นคะแนนต่ำสุด คือลูกชิ้นมีสีน้ำตาลหรือซีด ไม่มีความเงามันขุ่นด้าน ลักษณะผิวภายนอกและภายในหยาบและสิ่งตำหนิสูง นอกจากนี้ลูกชิ้นจะร่วน แข็ง ลักษณะเนื้อหยาบและไม่มีความชุ่มน้ำ สำหรับรสชาติเกณฑ์ที่ไม่ยอมรับคือ คะแนนต่ำกว่า 2 จากคะแนนเต็ม 5 ซึ่งหมายถึง ลูกชิ้นมีรสชาติคล้ายปลาสด และ 1 เป็นคะแนนต่ำสุดคือลูกชิ้นมีรสชาติไม่น่ารับประทานหรือเน่า จากรายงานวิจัยของกองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ กรมประมง (38) ได้ทดลองนำเนื้อปลาเป็ดบดไปผลิตลูกชิ้นโดยผสมกับเนื้อปลาชนิดอื่น ๆ อาทิ ปลาลิ้นหมา ปลาตาหวาน ลูกชิ้นที่ได้มีรสชาติคาวน้อยลงและคะแนน 2 เป็นคะแนนที่ผู้บริโภคยอมรับ

การทดสอบคุณภาพลูกชิ้นนอกจากใช้วิธีประสาทสัมผัสแล้วยังได้เลือกใช้ค่า TVB ร่วมด้วย เพราะเมื่อลูกชิ้นเน่าเสียจะมีสารแอมโมเนียเกิดขึ้น จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่า TVB เนื้อปลาสดต่อรสชาติของลูกชิ้นปรากฏว่า มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99% โดยค่า R= -0.806 (ตารางที่ 13) คือถ้าเนื้อปลามีความสดน้อย ค่า TVB จะเพิ่มมากขึ้นและมีผลให้คะแนนรสชาติลูกชิ้นต่ำลง ดังนั้นค่า TVB ของเนื้อปลาสดน่าจะใช้เป็นดัชนีที่วัดความสดของลูกชิ้นได้

เนื้อปลาบดที่ผ่านการล้างผสมโซเดียมเบนโซเอทเก็บที่ 0 °C อายุ 13 วัน มีค่า TVB 14.18 mg% เมื่อนำไปผลิตลูกชิ้น ลูกชิ้นที่ได้มีค่า TVB 3.81 mg% และเก็บไว้ได้นานกว่า 12 วัน โดยค่า TVB เพิ่มขึ้นเป็น 5.72 mg% (รูปที่ 34) แต่ถ้าเป็นเนื้อปลาไม่ผ่านการล้างและผสมโซเดียมเบนโซเอทเช่นกัน เก็บที่ 0 °C เมื่อเก็บไว้ได้ 3 วัน มีค่า TVB 18.85 mg% ลูกชิ้นที่ผลิตได้มีค่า TVB 5.48 mg% และเพิ่มเป็น 6.45 mg% เมื่อเก็บครบ 12 วัน (รูปที่ 35)

นอกจากนี้เนื้อปลาที่ผ่านการล้าง ไม่ใช้สารเคมีเก็บที่ 7°C นาน 11 วัน (ค่า TVB เนื้อปลา 21.8 mg%) เมื่อผลิตเป็นลูกชิ้นจะมีรสและกลิ่นคาวมาก ผู้ทดสอบให้คะแนนเพียง 1.75-คะแนน (รูปที่ 44) ค่า TVB ของลูกชิ้น 7.4 mg% (รูปที่ 36) จากผลข้างต้นนี้แสดงว่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์แปรตามคุณภาพวัตถุดิบเป็นสำคัญ Bremmer (60) ทดลองผลิตปลาบดชุบขนมปังปั่นจากเนื้อปลาที่มีระดับความสดต่างกัน พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนสูงกว่า สำหรับ กลิ่นรส และลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากเนื้อปลาที่มีความสดมากกว่า

จากรูปที่ 38-41 ซึ่งแสดงคะแนนลักษณะทั่วไปของลูกชิ้น ที่ผลิตจากเนื้อปลาซึ่งเก็บเป็นเวลา 1-13 วัน ที่อุณหภูมิ 0°C หรือ 7°C และใช้หรือไม่ใช้สารเคมี จะเห็นได้ว่าเมื่อเก็บเป็นเวลา 12 วัน คะแนนลักษณะปรากฏของตัวอย่างจากทุกสภาวะจะมีแนวโน้มลดลง แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัยจะเห็นได้ว่า ตัวอย่างที่ทำจากเนื้อปลาซึ่งเก็บไว้ที่ 0°C เป็นเวลา 13 วัน จะมีคะแนนลักษณะปรากฏสูงกว่าพวกที่เก็บที่ 7°C ในเวลา 13 วันเท่ากัน และตัวอย่างลูกชิ้นที่ผลิตจากเนื้อปลาที่ผสมโซเดียมเบนโซเอทจะมีคะแนนลักษณะทั่วไปสูงกว่าพวกที่ผลิตจากเนื้อปลาที่ไม่ได้เติมสารเคมี หรือเติมโซเดียมอีรีธอเบท และลูกชิ้นจาก-เนื้อปลาที่มีอายุการเก็บนานกว่าจะมีคะแนนลักษณะปรากฏต่ำกว่าพวกที่ระยะเวลาเก็บสั้นกว่าอย่างเห็นได้ชัด ผลดังกล่าวข้างต้นแสดงให้เห็นว่า วัตถุดิบซึ่งมีสภาวะเก็บที่อุณหภูมิต่ำ ใช้สารเคมีในการช่วยรักษาความสด และมีอายุการเก็บสั้น จะให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะปรากฏที่ดีกว่าคือสีขาวกว่า และผิวเรียบมันแต่เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์หรือลูกชิ้นไว้เป็นเวลานานขึ้นสีจะค่อย ๆ คล้ำลง และผิวภายนอกจะมีลักษณะด้านจากการเสียน้ำระหว่างเก็บและการแปรสภาพของโปรตีน ทำให้คะแนนลักษณะปรากฏต่ำลงเมื่อเก็บไว้นานถึง 12 วัน

ในส่วนของคะแนนรสชาติ (รูปที่ 42-45) จะเห็นได้ว่าเมื่อเก็บลูกชิ้นไว้เป็นเวลาถึง 12 วัน คะแนนรสชาติจากทุกสภาวะมีแนวโน้มลดลง แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละ -ปัจจัยจะพบว่าลูกชิ้นที่ทำจากเนื้อปลาล้าง เติมสารเคมีหรือไม่ก็ตามและเก็บที่ 0°C เป็นเวลา 13 วัน จะมีคะแนนรสชาติอยู่ในช่วง 2.06-2.56 คะแนน (รูปที่ 42) ซึ่งยังอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้-บริโภคยอมรับ และคะแนนจะค่อย ๆ ลดลงระหว่างเก็บ แต่ลูกชิ้นที่ทำจากเนื้อปลาผสมโซเดียมเบนโซเอท และโซเดียมอีรีธอเบท จะมีคะแนนรสชาติสูงกว่าพวกที่ทำจากเนื้อปลาไม่ได้เติมสารเคมีส่วนพวกที่ทำจากเนื้อปลาซึ่งเก็บที่ 7°C เป็นเวลา 13 วันเท่ากัน ลูกชิ้นมีรสชาติที่

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผู้บริโภคไม่ยอมรับ เนื่องจากมีกลิ่นรสที่ผิดปกติจากปฏิกิริยาของจุลินทรีย์เกิดขึ้น (รูปที่ 44 และ 45) ส่วนลูกชิ้นที่ทำจากเนื้อปลาที่มีอายุการเก็บนานกว่าจะมีคะแนนรสชาติต่ำกว่าพวกที่ทำจากระยะเวลาเก็บสั้นกว่าอย่างเห็นได้ชัด ผลดังกล่าวข้างต้นแสดงให้เห็นได้ว่า วัตถุดิบที่ผ่านการล้างเก็บที่อุณหภูมิต่ำ ใช้สารเคมีช่วยรักษาความสด และมีอายุการเก็บสั้นจะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีรสชาติดีกว่าคือมีรสชาติคาวน้อยกว่า แต่เมื่อเก็บลูกชิ้นเป็นเวลานานขึ้น ลูกชิ้นจะค่อย ๆ มีกลิ่นรสที่ผิดปกติเกิดขึ้น ทำให้คะแนนรสชาติต่ำลงระหว่างการเก็บ

จากรูปที่ 46-49 ซึ่งแสดงลักษณะเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นที่ผลิตจากเนื้อปลาซึ่งเก็บเป็นเวลา 1-13 วันที่อุณหภูมิ $0^{\circ}C$ หรือ $7^{\circ}C$ และใช้หรือไม่ใช้สารเคมี จะเห็นได้ว่าเมื่อเก็บเป็นเวลานาน 12 วัน คะแนนลักษณะเนื้อสัมผัสของทุกตัวอย่างจากทุกสภาวะมีแนวโน้มลดลง แต่ยังเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบคือมีคะแนนมากกว่า 2.5 คะแนน แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัยจะเห็นได้ว่า ตัวอย่างที่ทำจากเนื้อปลาผสมโซเดียมเบนโซเอทหรือโซเดียมอีรีธอเบท เก็บที่ $0^{\circ}C$ เป็นเวลา 13 วันจะมีคะแนนลักษณะเนื้อสัมผัสสูงกว่าพวกที่ไม่ได้เติมสารเคมีและเก็บเป็นเวลา 13 วันเท่ากัน และลูกชิ้นที่ทำจากเนื้อปลาที่ผ่านการล้างไม่ว่าจะเติมสารเคมีหรือไม่ และเก็บที่อุณหภูมิใดก็ตามจะมีคะแนนลักษณะเนื้อสัมผัสสูงกว่าตัวอย่างที่ทำจากเนื้อปลาไม่ผ่านการล้างของทุกสภาวะการทดลอง แต่ระยะเวลาในการเก็บรักษาลูกชิ้นจากทุกสภาวะคะแนนลักษณะเนื้อสัมผัสมีแนวโน้มที่ต่ำลงแต่อยู่ในเกณฑ์การยอมรับของผู้บริโภคถึงแม้เก็บไว้ถึง 12 วันก็ตาม แสดงว่าระหว่างเก็บ ความเหนียวและความชุ่มน้ำของลูกชิ้นจะเปลี่ยนแปลงบ้าง อาจเป็นเพราะความเหนียวของลูกชิ้นซึ่งเกิดจากการฟอร์มเจลที่แข็งแรงแล้วจะเสถียร และถ้าไม่ผ่านสภาวะรุนแรง อาทิ ผ่านอุณหภูมิสูงเป็นเวลานาน หรือเสียความชื้นในปริมาณมาก ความเหนียวและความชุ่มน้ำจะไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงมากนัก

จากการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่า TVB TMA TBC และ TBA ของเนื้อปลาบดกับคะแนนรสชาติลูกชิ้นพบว่าค่า TVB และ TMA มีความสัมพันธ์กับคะแนนรสชาติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99% คือถ้าเนื้อปลามีความสดน้อยค่า TVB และ TMA จะเพิ่มมากขึ้นมีผลให้คะแนนรสชาตินอ้ยลง แต่ในการทดลองได้เลือกใช้ค่า TVB เป็นดัชนีความสดของลูกชิ้น เนื่องจากระหว่างการเน่าเสียจะมีกลิ่นแอมโมเนียเกิดขึ้นจึงใช้ค่า TVB ซึ่งวัดปริมาณด่างที่ระเหยได้เป็นเกณฑ์ซึ่งจะได้ผลดีกว่าการใช้ค่า TMA เพราะสาร TMA จะเกิดโดยการสลายตัวของ TMAO ในเนื้อปลาสดมากว่า และค่าไม่ค่อยแน่นอนต่างกันไปตามแต่ชนิดของปลา

ดังนั้นจากผลการทดลองที่กล่าวมาแล้วข้างต้นจะเห็นได้ว่าเมื่อคะแนนรสชาติลูกชิ้นต่ำกว่า 2 ลูกชิ้นจะมีค่า TVB ไม่เกิน 7 mg% โดยเนื้อปลาสดก่อนนำมาผลิตลูกชิ้นมีค่า TVB ไม่เกิน 20 mg% ดังนั้นจึงอาจใช้ค่า TVB เป็นตัวกำหนดคุณภาพวัตถุดิบและอายุการเก็บลูกชิ้นนอกเหนือจากการตรวจสอบทางประสาทสัมผัสอีกทางหนึ่ง โดยทั่วไป TVB ใช้เป็นเกณฑ์กำหนดคุณภาพของเนื้อปลาสดได้และต่างกันไปตามชนิดปลา และประเภทของผลิตภัณฑ์ (26) Sorensen (55) พบว่าถ้าค่า TVB ของเนื้อปลาสดมากกว่า 20 mg% ผู้ทดสอบจะไม่ยอมรับคุณภาพเมื่อนำไปผลิต fish cake และ fish finger

นอกจากนั้นพบว่าค่า TBC และ TBA มีความสัมพันธ์กับคะแนนรสชาติลูกชิ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99% (รูปที่ 13) แต่มีแนวโน้มว่าเมื่อค่า TBC และ TBA สูงขึ้นคะแนนการยอมรับรสชาติน้อยลง

ตารางที่ 14 จึงได้สรุปอายุการเก็บลูกชิ้นโดยใช้คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสร่วมกับค่า TVB ของเนื้อปลา และลูกชิ้นตามผลการทดลองข้างต้นเป็นเกณฑ์ตัดสิน พอสรุปได้ว่าถ้าลูกชิ้นผลิตจากเนื้อปลาที่มีคุณภาพดี อายุการเก็บรักษาของลูกชิ้นก็ยาวนาน เช่น ลูกชิ้นทำจากเนื้อปลาล้างเติมโซเดียมเบนโซเอท เก็บที่ 0 $^{\circ}$C นาน 13 วัน ลูกชิ้นที่ผลิตได้เก็บได้นานกว่า 12 วัน แต่ถ้าเนื้อปลาไม่เติมสารเคมี เวลาและสภาวะการเก็บเหมือนเติมลูกชิ้นจะเก็บได้น้อยกว่า 9 วัน ส่วนลูกชิ้นที่ทำจากเนื้อปลาไม่ผ่านการล้างเก็บที่ 7 $^{\circ}$C 3 วัน เติมหรือไม่เติมสารเคมีก็ตามจะมีอายุเก็บน้อยกว่า 3 วัน

5.6 การทดลองผลิตขนาดอุตสาหกรรมในโรงงานผลิตลูกชิ้น

จากผลการทดลองข้อ 5.3-5.5 ได้เลือกสภาวะการเก็บเนื้อปลาบดที่เหมาะสมไปใช้ในการผลิตลูกชิ้นในโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อเป็นแนวทางในการใช้ปฏิบัติจริง โดยเลือกเนื้อปลาที่ผ่านการล้างผสมโซเดียมเบนโซเอทเก็บที่อุณหภูมิ 0 $^{\circ}$C นาน 13 วัน เป็นตัวอย่างเพราะเป็นสภาวะที่เก็บรักษาเนื้อปลาได้ดีที่สุด โดยมีความสดดีอยู่และเมื่อนำไปผลิตลูกชิ้นในขนาดผลิตขนาดห้องทดลอง ลูกชิ้นที่ได้ก็มีรสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัสและลักษณะทั่วไปอยู่ในเกณฑ์การยอมรับของผู้ทดสอบและสามารถเก็บไว้ได้เป็นเวลานานเกินกว่า 12 วัน นอกจากนั้นถ้ามีการผลิตขนาดอุตสาหกรรมเพื่อจำหน่ายช่วงระยะเวลา 13 วัน น่าจะนานพอสำหรับการบรรจุ ขนส่งจำหน่ายถึงเวลาที่ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์จริง ดังนั้นจึงได้เตรียมตัวอย่างเนื้อปลาบดล้างน้ำเกลือผสมโซเดียม-

เบนโซเอท 0.1% และเก็บไว้ที่ 0 °C เป็นเวลา 13 วัน แล้วจึงไปผลิตลูกชิ้นที่โรงงานโดยใช้ตัวอย่างเนื้อปลาบดที่ผ่านการล้าง ไม่เติมโซเดียมเบนโซเอทเก็บที่ 0 °C นาน 13 วัน เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ เนื้อปลาบดที่เตรียมขึ้นทั้ง 2 ตัวอย่างได้นำมาวิเคราะห์ค่า TVB TMA TBA และ SSP เพื่อตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นและพบว่าแตกต่างกันเฉพาะค่า TVB เท่านั้น (ตารางที่ 15) ส่วนค่า TMA TBA และ SSP ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ในการทดลองผลิตขนาดอุตสาหกรรม ได้เลือกโรงงาน 2 ขนาดเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพ คือ โรงงานขนาดเล็ก (โรงงานชาญยงค์) ซึ่งมีผู้ปฏิบัติงานน้อยกว่า 5 คน อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบด้วย เครื่องบด และเครื่องนวดเนื้อปลาเท่านั้น ผลิตลูกชิ้นน้อยกว่าวันละ 100 กิโลกรัม ส่วนโรงงานขนาดกลาง (โรงงานฮวงเม้ง) มีผู้ปฏิบัติงานประมาณ 10 คน อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบด้วยเครื่องบดเนื้อปลา เครื่องโม่น้ำแข็ง เครื่องนวดเนื้อปลา เครื่องปั้นและต้มลูกชิ้น ผลิตลูกชิ้นมากกว่าวันละ 200 กิโลกรัม ส่วนกรรมวิธีการผลิตยึดถือวิธีของโรงงานโดยใช้เนื้อปลาจากการทดลอง 1 ส่วนผสมกับเนื้อปลาตาหวาน ปลาดาบเงิน และปลาลิ้นหมาในอัตราส่วน 5:3:1 อีก 1 ส่วนซึ่งเป็นอัตราส่วนที่ลูกชิ้นจะมีสมบัติด้านความเหนียว และสีดีกว่าการใช้เนื้อปลาเป็ดล้วน ๆ (38) ซึ่งสภาวะดังกล่าวนี้จะใกล้เคียงกับสภาพการใช้งานจริง ๆ ของอุตสาหกรรมการผลิตลูกชิ้นในประเทศไทย

ลักษณะทั่วไปของลูกชิ้นที่ผลิตจากโรงงานฮวงเม้ง และโรงงานชาญยงค์ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ และผู้ทดสอบให้คะแนน 3.7-4.0 คะแนน คือมีลักษณะทั่วไปค่อนข้างดี (ตารางที่ 16) แต่ความชุ่มน้ำ รสชาติ และค่าความเหนียวมีคะแนนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 16 และ 17) ซึ่งอาจเนื่องมาจากความแตกต่างของเครื่องปรุงรส และกรรมวิธีการผลิตของแต่ละโรงงาน โดยลูกชิ้นที่ผลิตจากโรงงานชาญยงค์ ได้คะแนนสมบัติต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้วจากผู้ทดสอบสูงกว่าตัวอย่างจากโรงงานฮวงเม้ง

ผลจากการทดลองพบว่าลูกชิ้นที่ผลิตจากโรงงานฮวงเม้งซึ่งเป็นโรงงานขนาดกลางมีอายุการเก็บที่อุณหภูมิ 0 °C เป็นเวลา 4-8 วัน เมื่อเก็บไว้ 4 วันลูกชิ้นที่มีค่า TVB 4.32-mg% (รูปที่ 50) และคะแนนรสชาติยังอยู่ในเกณฑ์ดี แต่เมื่อถึงวันที่ 8 ลูกชิ้นมีกลิ่นผิดปกติจากปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ (ตารางที่ 18 และรูปที่ 52) มีค่า TVB 8.3 mg% และตรวจพบเชื้อ Staphylococcus aureus 23 MPN/gm แต่ลูกชิ้นที่ผลิตจากเนื้อปลาที่สภาวะเก็บเดียวกันที่

โรงงานชาญยงค์ ซึ่งเป็นโรงงานขนาดเล็ก มีอายุการเก็บนานกว่าคือเก็บได้ถึง 11 วัน โดยตรวจไม่พบเชื้อ Staphylococcus aureus และมีค่า TVB เพียง 4.8 mg% และคะแนนลักษณะทั่วไป รสชาติ ยังอยู่ในเกณฑ์ซึ่งผู้บริโภคยอมรับ (ตารางที่ 18 รูปที่ 51-53) ความแตกต่างดังกล่าวนี้อาจเนื่องจากสุขลักษณะ และกรรมวิธีการผลิตของแต่ละโรงงาน ซึ่งมีผลต่อคุณภาพลูกชิ้นด้วยเช่นกัน นอกเหนือจากคุณภาพของวัตถุดิบ อย่างไรก็ตามอาจสรุปได้ว่าถ้าผลิตที่สภาวะซึ่งใช้โดยโรงงานอุตสาหกรรมผลิตลูกชิ้นในประเทศไทย โดยใช้กรรมวิธีผลิต ตลอดจนเครื่องปรุงแต่งกลิ่นรส ตามที่โรงงานใช้กันอยู่ ลูกชิ้นที่ผลิตจากเนื้อปลาบดที่เก็บรักษาที่สภาวะที่ดีที่สุด ซึ่งสรุปได้จากการทดลองนี้จะมีอายุการเก็บเป็นเวลาตั้งแต่ 4-11 วัน

ปลาเป็ดที่ใช้ทดลองราคา 2.50 บาท/กิโลกรัม มีส่วนที่ใช้บริโภคไม่ได้ 51.7% นำมาผ่านเครื่องแยกกระดูกจะได้เนื้อปลาเพียง 23.9% ต้นทุนการผลิตจะตกราคาประมาณกิโลกรัมละ 10.50 บาท หลังจากนำไปผ่านการล้างจะสูญเสียน้ำหนักไปประมาณ 30% (41) ดังนั้น เนื้อปลาบดที่ผ่านการล้างมีต้นทุนการผลิต 15 บาท/กิโลกรัม โดยไม่ได้รวมค่าน้ำแข็ง ค่าแรงคัดปลา ตัดหัวปลา แยกเนื้อ และการล้างรวมทั้งค่าเสื่อมราคาของอุปกรณ์ต่าง ๆ ด้วย เมื่อเปรียบเทียบกับราคาเนื้อปลาแล่จากปลาเศรษฐกิจที่ทางโรงงานลูกชิ้นใช้อยู่จะมีราคาอยู่ในช่วงดังนี้คือ ปลาดาบเงิน 10-13 บาท/กิโลกรัม ปลาลิ้นหมา 18-23 บาท/กิโลกรัม และปลาตาหวาน 14-17 บาท/กิโลกรัม (38) ดังนั้น เนื้อปลาบดมีแนวโน้มนำไปใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตลูกชิ้นได้ โดยนำไปใช้ผสมกับเนื้อปลาเศรษฐกิจในอัตราส่วน 1:1 คุณภาพลูกชิ้นที่ได้เป็นที่ยอมรับ แต่ในเรื่องของราคาคาดว่าน่าจะเป็นไปได้เช่นกันถ้าเนื้อปลาเศรษฐกิจมีปริมาณจำกัดมากยิ่งขึ้นและการผลิตเนื้อปลาบดเป็นอุตสาหกรรมต้นทุนการผลิตควรจะลดลงได้อีก