บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

แม้ว่าการแช่เยือกแข็งเป็นวิธียืดอายุการเก็บรักษาสัตว์น้ำ ที่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ ลดกิจกรรมของเอนไซม์ และสามารถรักษาคุณภาพให้ใกล้เคียงของสดมากที่สุด โดยที่สามารถรักษา กลิ่นรส สี และ คุณค่าทางอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่พบว่าสามารถรักษาเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไว้ได้ในระดับปานกลางเท่านั้น แม้จะเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า –21 องศาเซลเซียส (Kawisan *et al*, 1982) การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นดังกล่าวพบว่าเป็นผลมาจากการสูญเสียสภาพของโปรตีนและการจับตัวกันของโปรตีนในกล้ามเนื้อปลา ส่งผลให้โปรตีนสูญเสียคุณสมบัติเชิงหน้าที่ (Sikorski,1992: Shenouda, 1980) สำหรับในซูริมิมีไมโอไฟบริลล่าร์โปรตีนเป็นองค์ประกอบหลัก และเป็นโปรตีนที่มีความสำคัญต่อสมบัติเชิงหน้าที่ของซูริมิ ดังนั้นการสูญเสียสภาพจึงส่งผลให้คุณภาพของซูริมิและผลิตภัณฑ์จากซูริมิลดลง (Park *et al*, 1988: Shaban *et al*., 1985)

MacDonald และคณะ (1990) ได้รายงานว่าวัตถุดิบที่ผ่านการแช่เยือกแข็งสามารถผลิตซูริมิได้ โดยเจลที่ได้จากซูริมิที่ผลิตจากเนื้อปลา pacific whiting บดแช่เยือกแข็งซึ่งใช้ซูโครส ร้อยละ 12 และ พอลิฟอสเฟตร้อยละ 0.2 และผ่านการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ –20 และ -50 องศาเซลเซียส นาน 6 เดือน เจลมีคุณภาพไม่แตกต่างจากซูริมิที่ผลิตจากเนื้อปลาสด สอดคล้องกับรายงานของ Suvanich และคณะ (2000) กล่าวว่าการเก็บรักษาวัตถุดิบใช้ผลิตซูริมิไว้ในสภาพแช่เยือกแข็งอาจทำได้หลายวิธีเช่น ปลาทั้งตัว ปลาแล่ และเนื้อปลาบด การรักษาเนื้อปลาแล่โดยการแช่เยือกแข็งเป็นวิธีที่กำลังได้รับความสนใจด้วยเหตุผลที่ว่า สามารถลดปริมาณของเอนไซม์ที่ใช้ย่อยโปรตีนที่อยู่ในเครื่องในปลาซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการเน่าเสียของปลา Simpson และคณะ (1994) รายงานว่าการเติมซูโครส ร้อยละ 12 และ พอลิฟอสเฟตร้อยละ 0.2 ลงในเนื้อ

ปลาบด เพื่อเป็นสารป้องกันการสูญเสียสภาพของโปรตีน ก่อนที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ –20 องศาเซลเซียส จากนั้นนำวัตถุดิบดังกล่าวมาผลิตซูริมิ พบว่าเจลที่ได้มีคุณภาพดี ดังนั้นการเติมสารเติมแต่งอาหารที่มีคุณสมบัติป้องกันการสูญเสียสภาพของโปรตีน ลงในเนื้อปลาแล่ และปลาบดก่อนการแช่เยือกแข็ง จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถป้องกันการสูญเสียคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนได้ (Shenouda, 1980; Lee, 1984; MacDonald and Lanier, 1991)

Hanson และ Kowalewski (1992) รายงานว่าสารประกอบฟอสเฟตสามารถช่วยรักษาโครงร่างของโปรตีนในซูริมิระหว่างการแช่เยือกแข็ง และการเก็บรักษาแช่-เยือกแข็ง แต่ในการเกิดเจลของซูริมิ ไมโอไฟบริลล่าร์โปรตีนจำเป็นต้องผ่านการสูญเสียสภาพของโครงสร้างเดิม ดังนั้นยังมีข้อสงสัยว่าฟอสเฟตที่เติมในขั้นตอนการผลิตซูริมิและผลิตภัณฑ์จากซูริมินั้นมีบทบาทต่อการเกิดเจลในลักษณะใด

อุณหภูมิของห้องเย็น และความแปรปรวนของอุณหภูมิห้องเย็นขณะเก็บรักษาเป็นปัจจัยสำคัญ ที่มีผลต่อการลดคุณภาพของเนื้อปลาแล่ในระหว่างการเก็บรักษาในสภาพแช่เยือกแข็ง งานวิจัยในครั้งนี้จึงมุ่งเน้นเพื่อศึกษาบทบาทของไตรพอลิฟอสเฟตที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงไมโอไฟบริลล่าร์โปรตีนในเนื้อปลาแล่และซูริมิระหว่างการเก็บรักษาในสภาพแช่แข็ง-ทำละลายและรวมทั้งศึกษาผลของไตรพอลิฟอสเฟตที่มีผลต่อคุณภาพของเจลซูริมิ

ตรวจเอกสาร

1. ปลาทรายแดง และ องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลา

ปลาทรายแดง (*Nemipterus hexadon*) ชื่อสามัญ threadfin bream (Min *et al.*,1987) ซึ่งมีลำตัวแบนยาวมีแถบสีเหลืองสว่าง 5 แถบตามยาวด้านข้างลำตัว โดยเฉลี่ยแล้วจะมีขนาดลำตัวยาว 10-25 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 1 สามารถพบปลาทรายแดงได้ตามชายฝั่งทะเลอันดามัน และชายฝั่งทะเลประเทศเวียดนาม เนื้อปลาทรายแดงมีสีขาว มีกลิ่นรสดี และเมื่อนำมาเตรียมเจล เจลที่ได้มีความแข็งแรงสูง มีปริมาณไมโอไฟบริลล่าร์โปรตีนสูง และมีความคงตัวในระหว่างการเก็บรักษาในสภาพแช่เยือกแข็งทำให้สามารถผลิตซูริมิที่มีคุณภาพสูงได้ (Lanier and Lee , 1992)

องค์ประกอบหลักทางเคมีของเนื้อปลา ประกอบด้วยน้ำ โปรตีน และ ไขมัน ซึ่งคล้ายกับองค์ประกอบทางเคมีของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (Mackie, 1994) ปริมาณองค์ประกอบหลักของเนื้อปลาจะขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ อายุ สภาวะโภชนาการของปลา และรวมทั้งวงจรสืบพันธุ์ (Almas, 1981) Kongpun (1999) รายงานว่าองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาทรายแดงประกอบด้วย น้ำร้อยละ 78.9 โปรตีนร้อยละ 16.5 ไขมันร้อยละ 1.2 วิตามินและแร่ธาตุร้อยละ 0.9 โดยที่ น้ำ โปรตีน และไขมันเป็นองค์ประกอบที่มีผลกระทบต่อคุณค่าทางโภชนาการ คุณสมบัติเชิงหน้าที่ คุณสมบัติทางประสาทสัมผัส และความคงตัวระหว่างการเก็บรักษา

Suzuki และคณะ (1981) ได้รายงานว่าโปรตีนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของกล้ามเนื้อปลาซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ

1. ไมโอไฟบริลล่าร์โปรตีน (myofibrillar protein) มีอยู่ประมาณ ร้อยละ 70-80 ของโปรตีนทั้งหมด มีลักษณะเป็นเส้นทำหน้าที่ในการยืดหดของกล้ามเนื้อ ประกอบด้วยโปรตีนที่สำคัญ คือ

-ไมโอซิน (myosin) เป็นโปรตีนที่พบในส่วน thick filament มีประมาณร้อยละ 40-60 ของไมโอไฟบริลล่าร์โปรตีนทั้งหมด โดยมีน้ำหนักโมเลกุล 480,000 dalton (Bechtet, 1986) มีรูปร่างโมเลกุลดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งสามารถจำแนกโมเลกุลไมโอซิน

ออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนหัวของโมเลกุลเป็นด้านปลายไนโตรเจน (N-terminal) มีลักษณะเป็นทรงกลม สำหรับส่วนหางเป็นด้านปลายคาร์บอน (C-terminal) มีรูปร่างเป็นเส้นประกอบด้วยสายโพลีเปปไทด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุล 200,000 dalton จำนวน 2 เส้น และสายโพลีเปปไทด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ คือมีน้ำหนักโมเลกุล 20,000 dalton จำนวน 4 เส้น (Watabe *et al.*, 1982)

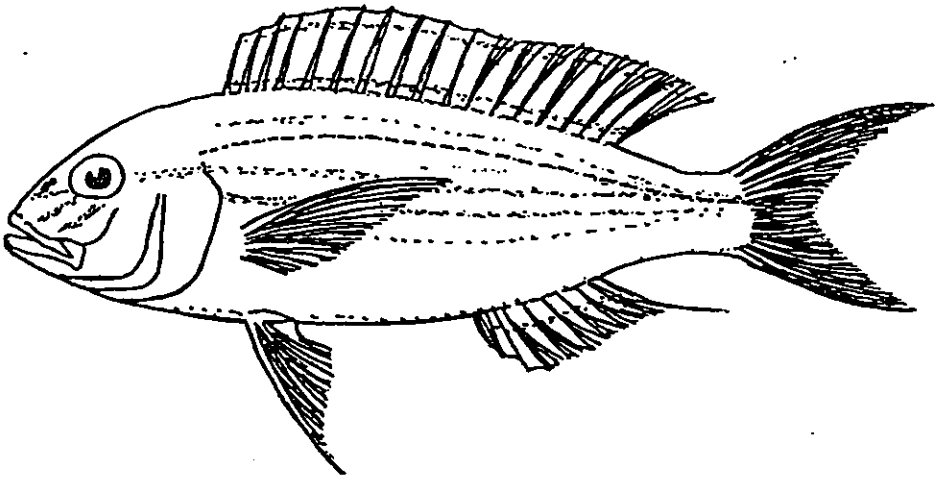
-แอคติน (actin) เป็นโปรตีนที่พบในส่วนของ thin filament มีอยู่ประมาณร้อยละ 15-30 ของไมโอไฟบริลล่าร์โปรตีนทั้งหมดของกล้ามเนื้อปลา โดยมีน้ำหนักโมเลกุล 42,000 dalton ทำหน้าที่ร่วมกับไมโอซินในการยืดหดกล้ามเนื้อ ซึ่งอยู่ในรูปของแอคโตไมโอซิน

-โทรโปนิน (troponin) เป็นโปรตีนที่พบใน thin filament มีประมาณ ร้อยละ 5 ของไมโอไฟบริลล่าร์โปรตีนโดยมีน้ำหนักโมเลกุล 76,000 dalton (Bechtel, 1986)

-โทโปรไมโอซิน (tropomyosin) เป็นโปรตีนที่พบใน thin filament มีประมาณร้อยละ 5 ของไมโอไฟบริลล่าร์โปรตีนโดยมีน้ำหนักโมเลกุล 37,000 dalton

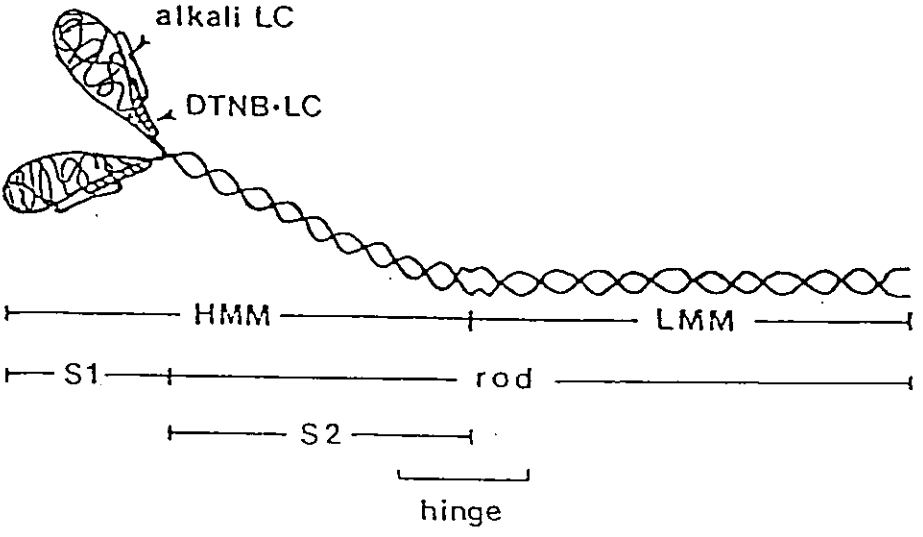
2. ซาร์โคพลาสมิกโปรตีน (sarcoplasmic protein) มีอยู่ประมาณร้อยละ 20-30 ของโปรตีนทั้งหมด ซึ่งเป็นโปรตีนที่ละลายน้ำได้ เช่น ไมโอโกลบิน และ ไซโตโครม

3. สโตรมา (stroma) เป็นโปรตีนที่อยู่ในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน มีประมาณร้อยละ 2-3 ในปลากระดูกแข็ง และร้อยละ 10 ในปลากระดูกอ่อน ประกอบด้วยคอลลาเจน (collagen) และอีลาสติน (elastin)



รูปที่ 1 ปลาทรายแดง (*Nemipterus hexadon*)

ที่มา : Lanier และ Lee (1992)



รูปที่ 2. รูปแบบจำลองของไมโอซิน

ที่มา : Watabe และคณะ (1982)

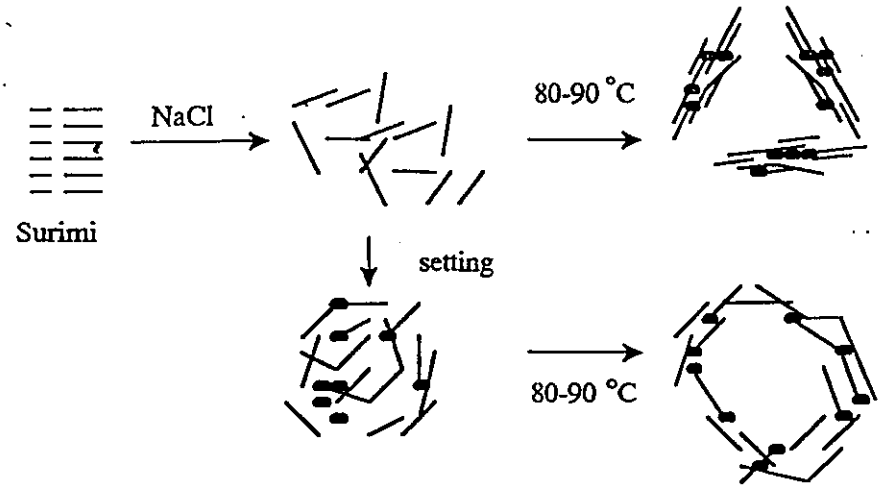
หมายเหตุ HMM : Heavy meromycsin ; LMM : Light meromyosin ;

S1 : Subfragment-1 ; S2 : Subfragment-2

ขั้นตอนการเกิดเจลประกอบด้วย 2 ขั้นตอนหลัก คือ

1. การสูญเสียสภาพของโปรตีน คือโปรตีนเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโมเลกุล เช่น โปรตีนเกิดการคลายตัว เมื่อใช้เกลือผสมในเนื้อปลาบดที่ผ่านการล้างน้ำ ทำให้ไมโอไฟบริลล่าร์โปรตีนซึ่งเป็นโปรตีนที่ละลายในเกลือเกิดการคลายตัว นอกจากนี้การให้ความร้อนกับโปรตีนมีผลให้โปรตีนเกิดการสูญเสียสภาพได้เช่นกัน (Smith,1991)

2. การจับตัวกัน เป็นผลมาจากการสูญเสียสภาพของโปรตีน แล้วมีการจับตัวกันอย่างเป็นระเบียบอย่างช้าๆ เกิดเป็นโครงสร้างตาข่ายที่ห่อหุ้มน้ำและองค์ประกอบอื่นๆ ไว้ภายในโครงสร้าง สำหรับการเตรียมเจลเริ่มจากการสับซูริมิกับเกลือประมาณร้อยละ 2-3 ก่อนเพื่อเพิ่มความสามารถละลายของไมโอไฟบริลล่าร์โปรตีนเพื่อทำให้เจลที่เตรียมได้มีคุณสมบัติยืดหยุ่น และมีความคงตัวที่ดี เรียกว่า โซล (Akahane and Shimisu , 1989) เมื่อให้ความร้อนแก่โซลที่อุณหภูมิต่ำ หรือการเก็บโซลไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิห้อง โซลจะเปลี่ยนเป็นเจลใสเรียกว่า ซูวาริ ในระยะนี้ ไมโอซินได้จับกันเป็นโครงสร้างตาข่าย 3 มิติ (Suzuki , 1981 ; Wu *et al* ., 1985) ทั้งนี้อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเกิดเจลซูวาริแตกต่างไปตามชนิดของปลา (Shimizu *et al* ., 1981 ; Hasting , 1990) เมื่อให้ความร้อนกับเจลซูริมิจนกระทั่งถึงอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส พบว่าโครงสร้างของเจลจะถูกทำลาย ปรากฏการณ์ดังกล่าวเรียกเจลในระยะเวลานี้ว่าเจลโมโดริ (Suzuki , 1981) สำหรับการเกิดเจลคามาโบโกะ เกิดขึ้นเมื่อให้ความร้อนผ่านระยะโมโดริ ในช่วงนี้โมเลกุลของไมโอไฟบริลล่าร์โปรตีนจัดเรียงตัวเป็นโครงสร้างที่แข็งแรงกว่าโครงสร้างเจลซูวาริ ลักษณะปรากฏของเจลจะไม่ใสเหมือนเจลซูวาริ (Niwa,1992) คุณสมบัติสำคัญของเจลคามาโบโกะ คือมีความยืดเกาะและยืดหยุ่นที่ดี และมีความสามารถในการอุ้มน้ำในปริมาณสูง คุณสมบัติเหล่านี้เป็นผลมาจากการจับตัวกันของโปรตีนเป็นโครงสร้างตาข่ายอย่างช้าๆในระยะซูวาริ (Niwa, 1985) (รูปที่ 4) ดังนั้นการเซ็ตตัวจึงมีบทบาทสำคัญต่อการเพิ่มความแข็งแรงของเจล (Chan *et al* .,1995)



รูปที่ 4 แบบจำลองโครงสร้างเจลที่ผ่านและไม่ผ่านการเตรียมเจลซูวาริ
ที่มา : ดัดแปลงจาก Niwa (1985)

4. การตรวจหาปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB)

การตรวจสอบหาด่างที่ระเหยได้ทั้งหมดเป็นวิธีหนึ่งที่ถูกนำมาใช้เป็นดัชนีบ่งบอกคุณภาพของสัตว์น้ำได้ การตรวจสอบหาปริมาณ TVB เป็นการตรวจค่ารวมทั้งค่า TMA, DMA, แอมโมเนีย เมื่อปลาเริ่มเสื่อมคุณภาพปริมาณ TVB จะสูงขึ้น Huss (1988) รายงานว่าในช่วงที่ปลามีคุณภาพยอมรับได้ค่า TVB จะมีค่าต่ำ จนกระทั่งมีคุณภาพลดลงใกล้จะไม่ยอมรับทางประสาทสัมผัส ค่า TVB เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

Al-Kahtani และคณะ (1996) กล่าวว่าเนื้อปลาที่มีความสดลดลงแต่การเน่าเสียยังไม่มากนักอาจประเมินคุณภาพได้จากค่า TVB ในขณะที่เมื่อการเน่าเสียมากขึ้นแล้วควรประเมินด้วยค่า TMA และแอมโมเนีย Banks และคณะ (1980) แนะนำว่าปลาสดควรมีปริมาณ TVB ต่ำกว่า 12 มิลลิกรัม / 100 กรัมตัวอย่าง ส่วนปลาที่ยังบริโภคได้

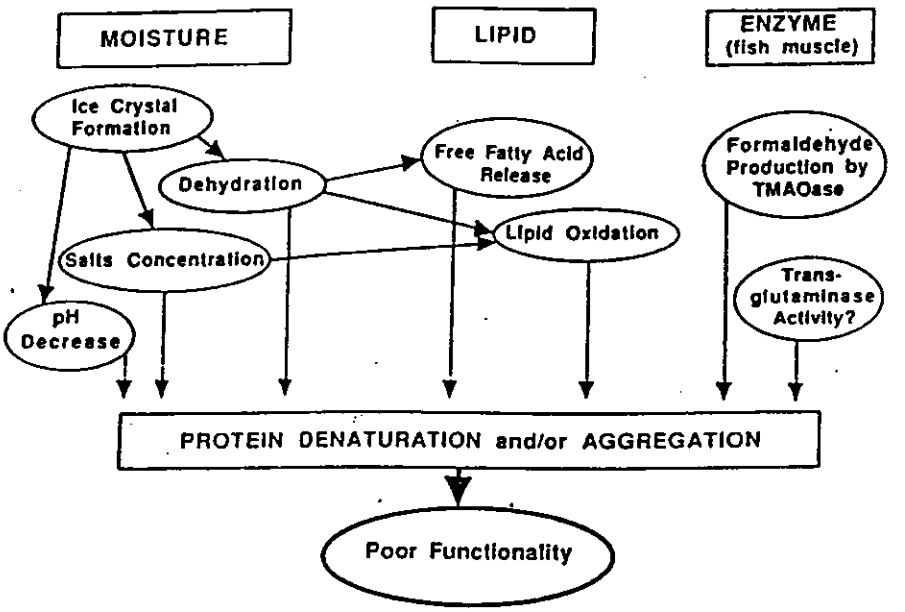
มีปริมาณ TVB 12 - 20 มิลลิกรัม / 100 กรัมตัวอย่าง และปลาที่เริ่มเกิดการเน่าเสียมีปริมาณ TVB มากกว่า 20 มิลลิกรัม / 100 กรัมตัวอย่าง

5. การตรวจหาระดับของไตรเมทธิลเอมีน (TMA)

ผลิตผลจากกิจกรรมของแบคทีเรียอีกชนิดหนึ่งคือไตรเมทธิลเอมีน การเกิดไตรเมทธิลเอมีนมีสาเหตุมาจากการสลายตัวของ ไตรเมทิลเอมีนออกไซม์ (TMAO) ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีแอมโมเนียเป็นองค์ประกอบสำคัญ พบมากในสัตว์น้ำเค็ม โดยทั่วไป TMAO จะแตกตัวให้ไตรเมทธิลเอมีน และฟอร์มัลดีไฮด์ โดยเอนไซม์จากทั้งเนื้อเยื่อและแบคทีเรีย การตรวจสอบค่า TMA นั้นให้ผลดีเมื่อปลาเสื่อมเสียคุณภาพระยะหลัง ซึ่งมีแบคทีเรียเข้ามามีบทบาทเพิ่มมากขึ้น Ng และคณะ (1982) รายงานว่าเมื่อปลา cod, haddock และ herring มีค่า TMA ประมาณ 5 มิลลิกรัมไนโตรเจน / 100 กรัมตัวอย่าง ปลาจึงเริ่มเสื่อมเสียคุณภาพ ส่วนปลาจะละเม็ด และปลาเก๋า TMA ประมาณ 2 – 3 มิลลิกรัมไนโตรเจน / 100 กรัมตัวอย่าง ก็เริ่มปรากฏกลิ่นคาวจัด

6. การสูญเสียสภาพของโปรตีนในระหว่างการเก็บรักษาโดยการแช่เยือกแข็ง

MacDonald และ Lanier (1991) ได้เสนอแบบจำลองเพื่ออธิบายปัจจัยที่มีผลต่อการสูญเสียสภาพของโปรตีนระหว่างการเก็บรักษาโดยการแช่เยือกแข็งว่า เกิดจากปัจจัยที่สำคัญ 3 ประการ คือ ผลจากการแช่เยือกแข็งและสภาวะในการเก็บรักษา ผลจากการเปลี่ยนแปลงของไขมัน และ ผลจากการเกิดปฏิกิริยากับฟอร์มัลดีไฮด์ (รูปที่ 5)



รูปที่ 5. ปัจจัยที่มีผลต่อการสูญเสียสภาพของโปรตีน ระหว่างการเก็บรักษาโดยการแช่เยือกแข็ง

ที่มา : MacDonald และ Lanier (1991)

6.1 ผลของการแช่เยือกแข็ง และสภาวะที่ใช้ในการเก็บรักษา

การเก็บรักษาเนื้อปลาโดยการแช่เยือกแข็งก่อให้เกิดเนื้อสัมผัสที่แข็งและแห้งมากขึ้นตามระยะเวลาของการเก็บรักษา เป็นผลมาจากการสูญเสียสภาพและการเกิดการรวมตัวกันของโปรตีนในระหว่างการแช่เยือกแข็ง (Subramanian, 1997) คือน้ำจะถูกเปลี่ยนเป็นน้ำแข็งทำให้ของเหลวที่ไม่ผ่านการแช่แข็งมี ionic strength สูงขึ้น นอกจากนี้โปรตีนเกิดการสูญเสียน้ำในช่วงการแช่แข็ง เกิดการรวมตัวกันของหมู่ซัล-ไฮดริล การกำจัดหมู่เอมีน (deamination) และการเกิดออกซิเดชั่นของหมู่อะมิโนอิสระ ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของโปรตีน เช่น การเพิ่มขึ้นของพันธะไดซัลไฟด์ อัลดีไฮด์ การเชื่อมต่อกันของหมู่เอสเทอร์ และหมู่อะมิโนอิสระ ทำให้ปริมาณหมู่ไฮโดร-โฟบิคมากขึ้นและเป็นสาเหตุให้เกิดการสูญเสียน้ำ เนื่องจากปริมาณหมู่ไฮโดรฟิลลิค

ลดลง ทำให้หมู่ไฮโดรโฟบิคที่สามารถเกิดปฏิกิริยาภายในหรือระหว่างโมเลกุลโปรตีนอยู่ใกล้ชิดกันมากขึ้นและเกิดการรวมตัวกันของโปรตีน มีผลให้กล้ามเนื้อมีความเหนียวเพิ่มขึ้น (Lablanc , 1992)

การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ในห้องเย็นที่มีอุณหภูมิต่ำและ การควบคุมอุณหภูมิของห้องเย็นให้เกิดความผันแปรน้อยที่สุด เป็นปัจจัยสำคัญต่อการรักษาคุณภาพที่ดีของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากความแปรปรวนของอุณหภูมิห้องเย็น มีผลกระทบต่อโครงสร้างเนื้อเยื่อของเซลล์กล้ามเนื้อปลา คือก่อให้เกิดการทำลายออร์แกนเนล เช่นไมโตคอนเดียและไลโซโซม จึงทำให้เกิดการปลดปล่อยของเหลวออกจากเซลล์ (Foegeding *et al.*, 1996) Koning และ Mon (1991) รายงานว่า ในระหว่างการเก็บรักษาปลาเฮกแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ –18 องศาเซลเซียส ทั้งที่ในรูปเนื้อปลาแล่ และปลาบด ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ลดลงตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นซึ่งการลดลงของโปรตีนมีผลให้มีค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสลดลง

Connell (1961) กล่าวว่าโปรตีนของกล้ามเนื้อปลาโดยเฉพาะไมโอไฟบริลล่าร์-โปรตีนจะเกิดการสูญเสียสภาพได้ง่ายกว่าโปรตีนในสัตว์เลือดอุ่น ความคงตัวของโปรตีนในกล้ามเนื้อปลามีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิแหล่งน้ำที่ปลาอาศัย โดยพบว่าโปรตีนของปลาที่จับได้จากแหล่งน้ำในเขตร้อนมีความคงตัวที่สูงกว่าโปรตีนของปลาที่จับได้จากแหล่งน้ำเขตหนาว (Hashimoto *et al* ., 1982)

6.2 ผลของไขมัน

Connell และคณะ (1975) ระบุว่าการเกิดกรดไขมันอิสระ และฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสาเหตุสำคัญต่อการสูญเสียสภาพของโปรตีน Konning และ Mol (1991) กล่าวว่าการเปลี่ยนแปลงของไขมันและโปรตีน ในระหว่างการเก็บรักษาปลาเฮกทั้งที่ในรูปเนื้อปลาแล่ และปลาบดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ –18 องศาเซลเซียส นั้นมีความสัมพันธ์กันโดยที่ไขมันที่ถูกออกซิไดซ์ มีบทบาทสำคัญต่อการสูญเสียสภาพของโปรตีน เนื่องจากสามารถเกิดปฏิกิริยากับหมู่ที่มีความจำเพาะต่อกัน เช่น หมู่ซัลไฮดริลของกรดอะมิโนซิสเตอีน หมู่อะมิโนของไลซีน และปลายด้านอะมิโนของกรดแอสปาร์ติก ไทโรซีน

เมทไทโอนีน และอาร์จีนีน ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนั้นมีผลทำให้ความไม่ชอบน้ำบนผิวหน้าโมเลกุลโปรตีนเพิ่มขึ้น และมีผลให้ความสามารถในการละลายของโปรตีนลดต่ำลง (Kussi *et al.*, 1975)

6.3 ผลของฟอร์มัลดีไฮด์

Babbitt และ Castell (1973) รายงานว่าโปรตีนในปลาตระกูล Gadoid เกิดการสูญเสียสภาพของโปรตีนได้ง่ายกว่าปลาในตระกูลอื่นๆ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากปลาในตระกูลนี้มีเอนไซม์ ไตรเมทิลเอมีนออกไซด์ดีเมทิลเลส (TMAOase) ซึ่งเร่งให้เกิดการย่อยสลายไตรเมทิลเอมีนออกไซม์ (TMAO) เป็นไดเมทิลเอมีน (DMA) และฟอร์มัลดีไฮด์ (HCHO) ได้เร็วขึ้น (Gill, 1979) Mackie (1993) กล่าวว่าฟอร์มัลดีไฮด์ สามารถทำปฏิกิริยากับโปรตีน โดยเชื่อมประสานกันด้วยพันธะโควาเลนท์ของหมู่เมทธิลีน ทำให้น้ำหนักโมเลกุลเพิ่มขึ้นกลายเป็นโพลีเมอร์ที่ไม่สามารถละลายในสารละลายที่มีคุณสมบัติทำละลายพันธะไฮโดรเจน การทำปฏิกิริยาของฟอมัลดีไฮด์กับโปรตีนเกิดได้สูงขึ้น เมื่ออุณหภูมิในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น และระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ทำให้เนื้อสัมผัสมีลักษณะเหนียว (Connell , 1975) นอกจากนี้ปริมาณของฟอร์มัลดีไฮด์จะเพิ่มขึ้น เมื่อสัตว์น้ำเน่าเสียมากขึ้น (Hultin, 1992 ; Lanier, 2000) Ang และ Hultin (1989) พบว่าการเติมฟอร์มัลดีไฮด์ในปริมาณเพียงเล็กน้อยในปลาคอด ที่ทำการเก็บรักษาโดยการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ –80 องศาเซลเซียส มีผลให้ความสามารถในการละลายของโปรตีนลดลง เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

7.การป้องกันการสูญเสียสภาพของไมโอไฟบริลล่าร์โปรตีนโดยใช้พอลิฟอสเฟต

Lee (1984) ได้รายงานว่าการสูญเสียสภาพ หรือการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโมเลกุลไมโอไฟบริลล่าร์โปรตีน ในเนื้อปลาและผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาในสภาพแช่เยือกแข็ง เป็นสาเหตุสำคัญของการสูญเสียคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีน โดยเฉพาะความสามารถในการละลายและความสามารถในการเกิดเจลของโปรตีนปลา Matsumato (1980) รายงานว่าการสูญเสียคุณภาพของซูริมิจากปลาเรดเฮก

จากการเก็บรักษาโดยการแช่เยือกแข็งนั้นตรวจสอบได้จากการที่เจลมีค่าความแข็งแรงและความยืดหยุ่นลดลง Park และคณะ (1988) กล่าวว่าการเติมสารเติมแต่งอาหารที่มีคุณสมบัติป้องกันการสูญเสียสภาพของโปรตีนลงในซูริมิก่อนการแช่เยือกแข็งมีผลให้ซูริมิหลังการละลายยังคงมีความสามารถในการเกิดเจลที่ดี

Hanson และ Kowalewski (1992) ได้กล่าวว่าการใช้สารพอลิฟอสเฟต ในผลิตภัณฑ์อาหารทะเลนั้นได้รับการรับรองให้เป็นส่วนประกอบที่ใช้กับอาหารได้อย่างปลอดภัย ซึ่งในสหรัฐอเมริกาให้การรับรองว่าพอลิฟอสเฟตเป็นสารที่เติมลงไปในอาหารเพื่อประโยชน์ในการทำให้กระบวนการผลิตดีขึ้น โดยสารประกอบฟอสเฟตที่ใช้ในอุตสาหกรรมในการผลิตซูริมิ คือ ไดโซเดียมฟอสเฟต โซเดียมไตรพอลิฟอสเฟต และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต ซึ่งโซเดียมไตรพอลิฟอสเฟตเป็นสารประกอบที่นิยมใช้มากที่สุดในอุตสาหกรรมอาหารทะเล

Bendall (1954) ได้กล่าวถึงบทบาทและคุณสมบัติของไตรพอลิฟอสเฟต ว่ามีผลต่อโปรตีนในกล้ามเนื้อ คือสามารถแยกไมโอซินออกมาจากโปรตีนแอคโตไมโอซิน จึงทำให้สามารถจับกับน้ำได้ง่ายขึ้น ดังนั้นการใช้ฟอสเฟตจึงมีผลช่วยรักษาโปรตีน เกลือแร่ และวิตามินในผลิตภัณฑ์อาหารทะเลได้ Ellinge (1972) รายงานว่าการเติมสารประกอบพอลิฟอสเฟตสามารถยับยั้งการสูญเสียสภาพของโปรตีนได้ด้วยกลไก 2 ประการ คือเกลือฟอสเฟตจะจับกับโปรตีน มีผลต่อการเพิ่มจำนวนหมู่ที่มีขั้วบนโปรตีน ดังนั้นการละลายจึงเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ฟอสเฟตสามารถจับกับอนุมูลต่างๆ เช่น แคลเซียม สังกะสี ส่งผลให้ความมีขั้วเพิ่มสูงขึ้น คุณสมบัติในการจับกับน้ำจึงมีค่าเพิ่มขึ้น เพราะในการแช่เยือกแข็งหรือการเก็บรักษาแบบแช่เยือกแข็ง มักทำให้เซลล์แตก โปรตีนสูญเสียสภาพทำให้เกิดการสูญเสียน้ำเพิ่มมากขึ้น การเติมสารประกอบฟอสเฟตจึงเป็นการเพิ่มความเป็นขั้วของโปรตีนทำให้โปรตีนสามารถดูดซับของเหลวที่เกิดขึ้นระหว่างการละลาย (Chang and Regenstein, 1997) สำหรับบทบาทของสารประกอบฟอสเฟต ต่อการป้องกันการสูญเสียสภาพของโปรตีนนั้น Lee(1984) ได้อธิบายว่าฟอสเฟตช่วยรักษาค่าพีเอชให้มีความเป็นกลาง ซึ่งเป็นสภาพที่โปรตีนมีความ

คงตัวมากที่สุด นอกจากนี้ฟอสเฟตยังสามารถจับกับอิออนของโลหะที่มีประจุ +2 ชนิดต่างๆ เช่น Fe^{+2}และ Cu^{+2} ที่เกี่ยวข้องกับการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชั่นได้ (Kumazawa *et al* ., 1990) นอกจากนี้สารประกอบฟอสเฟตสามารถแตกตัว แยกแอคโตไมโอซินเนื่องจากฟอสเฟตมีคุณสมบัติคล้าย ATP ทำให้สามารถสกัดไมโอซิน ส่งผลให้มีการสลาย A-band จากบริเวณด้านปลายของไมโอฟิลาเมนท์เส้นหนา (Nauss *et al*., 1969) การแตกตัวของแอคโตไมโอซินจะทำให้ไมโอไฟบริลล่าร์โปรตีนสามารถอุ้มน้ำได้มากขึ้น โดยน้ำจะเข้าไปแทรกซึมอยู่ระหว่างช่องว่างที่เกิดการแตกตัว (Xiong *et al*., 2000)

Park และคณะ (1987) ศึกษาความคงตัวของโปรตีนด้วยเครื่อง ดิฟเฟอเรนเชียน สแกนนิ่ง แคลอริเมททรี (Differential Scanning Calorimetry : DSC) พบว่าการเติมสารผสมระหว่างน้ำตาล ร่วมกับ ซอร์บิทอล และสารประกอบพอลิฟอสเฟตในซูริมิมีผลให้ค่า Tmax ซึ่งเป็นระดับอุณหภูมิที่แสดงการเปลี่ยนแปลงสภาพของไมโอซิน มีค่าเพิ่มขึ้นจากค่า Tmax ของโปรตีนในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าสารป้องกันการสูญเสียสภาพของโปรตีน มีผลให้ไมโอซินมีความคงตัวเพิ่มขึ้นแต่ไม่มีผลต่อการเพิ่มความคงตัวให้โมเลกุลแอคตินแต่อย่างใด

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาผลของไตรพอลิฟอสเฟตต่อการเกิดเจลของซูริมิจากปลาทรายแดงแล่ระหว่างการแช่เยือกแข็ง-ทำละลาย

2. ศึกษาผลของการแช่เยือกแข็ง-ทำละลาย ต่อการเปลี่ยนแปลงไมโอไฟบริล-ล่าร์โปรตีน