หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

ปลาสลิดมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Trichogaster pectoralis (Regan)* แต่เพื่อนบ้านของไทยโดยเฉพาะในกลุ่มประชาชาติเอเชียตะวันออกเฉียงใต้นิยมเรียกว่า *Sepat-siam* (5)

แหล่งการผลิตปลาสลิดที่สำคัญ ส่วนใหญ่อยู่ในท้องที่อำเภอบางบ่อ และบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ และอำเภอบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา (5)

การแปรรูปปลาสลิด ปกติคนไทยไม่นิยมบริโภคปลาสลิดในลักษณะสด แต่จะนำไปแปรรูปเป็นปลาเค็มแห้ง ซึ่งจากสถิติการใช้ประโยชน์ปลาสลิดในปี 2526 (3) ปริมาณปลาสลิดที่จับได้ทั้งหมด 20,094 ตัน นำไปบริโภคสด 5,025 ตัน (ร้อยละ 25) นำไปทำเค็มตากแห้ง 14,678 ตัน (ร้อยละ 73.04) นอกนั้นเป็นผลิตภัณฑ์อื่น ได้แก่ ปลานึ่งย่าง 65 ตัน ปลาร้าและปลาเจ่า 138 ตัน น้ำปลา 3 ตัน และอื่น ๆ 5 ตัน

2.1 หลักการถนอมรักษาปลาด้วยกระบวนการทำเค็มตากแห้ง

ในการทำเค็มตากแห้ง เกลือจะทำหน้าที่ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยเกลือจะทำให้เกิดการ *plasmolysis* ที่เซลของจุลินทรีย์ และทำให้จุลินทรีย์ตาย (7) และเกลือจะไปดึงน้ำจากตัวปลาทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ (8, 9) และขัดขวางการสร้างโปรตีนของนิวเคลียสของเซลจุลินทรีย์ ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเติบโตขยายพันธุ์ได้ และยับยั้งการทำงานของ *proteolytic enzyme* ภายในเซลจุลินทรีย์บางชนิด เพิ่มแรงดันออสโมซิสในเซลเป็นผลให้เซลจุลินทรีย์แตกและอนุมูลคลอไรด์ที่เกิดจากการแตกตัวของเกลือถ้ามีมากจะยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ (10) โดยทั่วไปจุลินทรีย์ที่ทำให้ปลาเสื่อมคุณภาพและเน่าเสียจะไม่เติบโตเมื่อความเข้มข้นของเกลือในเนื้อปลาประมาณร้อยละ 7 (11) แต่บักเตรีพวก *putrefactive rod* จะหยุดการเจริญเติบโตที่ความเข้มข้นของเกลือร้อยละ 10 และพวก *putrefactive cocci* สามารถพบในปลาที่มีปริมาณเกลือร้อยละ 15 (12)

การตากแห้งจะเป็นการลดความชื้นในอาหารลงเพื่อให้อยู่ในระดับที่ไม่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่จะทำให้อาหารเน่าเสีย ราจะไม่เจริญเติบโตในอาหารแห้งที่มีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 15 ส่วนบักเตรีและยีสต์จะหยุดการเจริญเติบโตเมื่อผลิตภัณฑ์มีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 25 (13) แต่ปลาที่ทำเค็มก่อนตากแห้งนั้น การลดความชื้นลงเหลือร้อยละ 35 - 45 ก็เพียงพอที่จะรักษาผลิตภัณฑ์ให้ปลอดจากจุลินทรีย์ที่ทำให้เน่าเสียได้ (14)

ขั้นตอนของกระบวนการทำเค็มและตากแห้งประกอบด้วยการทำเค็มและการตากแห้ง ซึ่งการดำเนินการของกระบวนการผลิตทั้งสองขั้นตอนจะมีผลต่อคุณภาพ เช่น การเกิดกลิ่นหืน *(rancidity)* และอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ (15) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการผลิตในเขตร้อน *(Tropical climates)* ซึ่งปลาจะเกิดการเน่าเสียได้รวดเร็ว จึงจำเป็นต้องดำเนินการผลิตในแต่ละขั้นตอนอย่างรวดเร็ว (8, 15)

2.2 <u>กระบวนการทำเค็ม</u>

วิธีการทำเค็มสำหรับปลาเค็มแห้งโดยทั่ว ๆ ไปแบ่งได้เป็น 2 วิธี คือ

2.2.1 การทำเค็มโดยใช้เกลือแห้ง *(dry salting)* เป็นวิธีการที่ทำได้ง่ายและสะดวกที่สุดโดยนำปลาเคล้ากับเกลือให้ทั่วแล้วนำไปเรียงเก็บเป็นชั้น ๆ สลับกับเกลือในถังดองปลา วิธีการนี้จะให้ผลดีเมื่อเกลือสามารถดึงน้ำจากตัวปลาเพื่อละลายตัวเองเกิดเป็นน้ำเกลือแล้วซึมเข้าสู่ตัวปลาอย่างรวดเร็วก่อนที่ปลาจะเกิดเน่าเสีย ดังนั้นในการทำเค็มด้วยเกลือแห้งจะต้องคำนึงถึงขนาดของผลึกเกลือที่ใช้ และความหนาของชิ้นปลาที่นำมาทำเค็ม (8) กล่าวคือ เกลือผลึกใหญ่จะละลายได้ช้ากว่าเกลือผลึกเล็กละเอียด ทำให้การดูดซึมสู่เนื้อปลาเกิดขึ้นช้า แต่ถ้าผลึกเกลือละเอียดมาก เกลือจะไปดึงน้ำที่เนื้อเยื่อชั้นนอกรวดเร็วมาก จนทำให้โปรตีนที่เนื้อเยื่อชั้นนอกเกิดรวมตัวกันเป็นก้อน *(coagulate)* ทำให้เกลือไม่สามารถซึมเข้าไปในเนื้อเยื่อชั้นใน (16) และทำให้ปลาเกิดเน่าเสียได้ ขนาดของผลึกเกลือที่เหมาะสมสำหรับวิธีการทำเค็มโดยใช้เกลือแห้งในเขตร้อน ควรจะมีขนาดผลึกที่ผ่านรูตะแกรงมาตรฐานขนาด 3 - 5 มิลลิเมตร และควรใช้ผสมกับเกลือป่นในอัตราส่วน 2 : 1 โดยที่เกลือป่นละลายได้น้ำเกลือก่อน ทำให้เกลือซึมสู่เนื้อปลาได้เร็ว ส่วนเกลือผลึกใหญ่ซึ่งละลายได้ช้า จะช่วยรักษาระดับความเข้มข้นของน้ำเกลือที่เกิดขึ้นในตอนแรกให้คงที่ตลอดกระบวนการทำเค็ม (8, 9) การทำเค็มโดยใช้เกลือแห้งเหมาะสำหรับปลาที่มีไขมันต่ำคือ มีปริมาณไขมันไม่เกินร้อยละ 2 ส่วนปลาที่มี

ไขมันสูงกว่านี้สามารถทำเค็มโดยวิธีนี้ได้เช่นกัน แต่ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีคุณภาพไม่ดี เนื่องจากจะมีปัญหาเกี่ยวกับการเติมออกซิเจนของไขมัน *(lipid oxidation)* (8, 9, 12, 13, 17) สำหรับปริมาณเกลือที่ใช้ในการทำเค็มนั้นอาจใช้ปริมาณเกลือในอัตราส่วนปลาต่อเกลือ ตั้งแต่ 8 : 1 ถึง 2 : 1 (17) ประเสริฐ (18) ได้แนะนำว่าปริมาณเกลือที่เหมาะสมที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารหมักพื้นบ้านของไทยอันได้แก่ ปลาเค็ม, ปลาร้า, น้ำปลาและกะปิ ฯลฯ มีกลิ่นรสชาติดี มีคุณภาพสม่ำเสมอและปลอดภัยต่อผู้บริโภคนั้นควรใช้เกลือร้อยละ 18 - 22 หรือคืออัตราส่วนปลาต่อเกลือ 4.5 - 5.5 : 1 ในการทำปลาเฮ็ค *(hake)* เค็มนั้นพบว่าการใช้เกลือในอัตราส่วนปลาต่อเกลือ 10 : 3 จะทำให้การซึมของเกลือในเนื้อปลาสม่ำเสมอดี (19) และในการทดลองทำปลาทูเค็มซึ่งใช้อัตราส่วนปลาต่อเกลือตั้งแต่ 3 : 1 ถึง 5 : 1 นั้น พบว่าปลาทูเค็มจากการทำเค็มโดยใช้อัตราส่วนปลาต่อเกลือ 5 : 1 จะเกิดการหืนในระหว่างการเก็บรักษาช้ากว่าการใช้อัตราส่วนเกลือสูง (20) ในการทำกะปิ *(Bagoong)* ในประเทศ-ฟิลิปปินส์ (21) พบว่าถ้าใช้อัตราส่วนเคยต่อเกลือสูงกว่า 8 :1 กะปิจะเสียเนื่องจากปริมาณเกลือต่ำเกินไป จนไม่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียและที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภคได้

2.2.2 การทำเค็มโดยใช้น้ำเกลือ *(brine salting)* โดยนำปลาไปแช่ในน้ำเกลือที่มีความเข้มข้นตามต้องการ วิธีนี้เหมาะสำหรับปลาที่มีไขมันสูงคือ มีปริมาณไขมันเกินร้อยละ 2 (8, 9, 12, 14, 17) การทำเค็มด้วยวิธีนี้เกลือจะสามารถซึมเข้าสู่เนื้อปลาได้ทันทีและสามารถซึมได้ทั่วถึงตลอดตัวปลาอย่างสม่ำเสมอดีกว่าการทำเค็มโดยใช้เกลือแห้ง และน้ำเกลือจะป้องกันปลาจากการรบกวนของบักเตรีที่ชอบเกลือ *(halophilic bacteria)* แมลงและการเติมออกซิเจนของไขมัน (12, 14, 17) โดยความเข้มข้นของน้ำเกลือที่ใช้ควรใช้น้ำเกลือเข้มข้นอิ่มตัว *(saturated brine)* และใช้อัตราส่วนน้ำเกลือต่อปลาเท่ากับ 1 : 1 เพื่อให้การซึมของเกลือเข้าสู่เนื้อปลาเกิดได้รวดเร็วและสม่ำเสมอทุกครั้งที่ทำการผลิต (14, 17) การใช้น้ำเกลือความเข้มข้นต่ำกว่าร้อยละ 12 ปลาจะดูดน้ำเข้าไปในเนื้อปลาทำให้ความชื้นในปลาเพิ่มขึ้นและชิ้นปลาจะบวมเป่งมีขนาดเพิ่มขึ้น และเมื่อทิ้งไว้นาน ๆ ปลาจะยุ่ยตัว ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัสด้อยลง (12, 17)

2.3 ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในกระบวนการทำเค็ม

ในกระบวนการทำเค็มไม่ว่าจะใช้วิธีใดก็ตาม มีปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงหลายประการ คือ

2.3.1 ความสดของปลาที่ใช้เป็นวัตถุดิบ อัตราการซึมของเกลือสู่เนื้อปลาจะขึ้นอยู่กับความสดของปลา (12, 13, 14) ปลาที่อยู่ในสภาพแข็งตัวหลังตาย *(rigor mortis)* จะใช้เวลาในการทำเค็มนานกว่าปลาที่อยู่ในระยะการย่อยสลายตัวเอง *(autolysis)* ทั้งนี้เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและความหนืด *(viscosity)* ของของเหลวในเนื้อเยื่อของปลา ปลาที่ผ่านการแช่แข็ง *(frozen)* และทำให้คืนตัว *(thaw)* น้ำเกลือซึมผ่านได้รวดเร็วกว่าปลาสดประมาณร้อยละ 30 (12) อย่างไรก็ตามการใช้ปลาที่มีคุณภาพดี จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี (13)

2.3.2 ขนาดของปลาและการตัดแต่ง *(trimming)* อัตราการซึมของเกลือสู่เนื้อปลาจะขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวและความหนาของปลา ปลาที่มีขนาดใหญ่ต้องมีการชำแหละและตัดแต่งให้มีพื้นที่ผิวในการสัมผัสกับเกลือเพิ่มขึ้นเพื่อให้เกลือสามารถซึมได้ทั่วทั้งตัวปลา และความหนาของชิ้นปลาไม่ควรเกิน 1.5 - 2.0 เซนติเมตร จึงจะทำให้การซึมของเกลือเกิดได้เร็วก่อนเกิดการเน่าเสีย (8) นอกจากนี้เนื้อเยื่อไขมัน, เกล็ด และเยื่อบุผิวของปลา จะมีความต้านทานการซึมของเกลือ ดังนั้นจึงต้องกำจัดออกไป เพื่อให้เกิดการซึมของเกลือเข้าสู่เนื้อปลาได้ดีขึ้น (12)

2.3.3 คุณภาพของเกลือและน้ำเกลือที่ใช้ในการทำเค็ม เกลือที่ใช้ในการทำเค็มในเขตร้อน ส่วนใหญ่เป็นพวกเกลือแกง *(solar salt)* ซึ่งหาซื้อได้ง่ายและราคาถูก (8, 17) เกลือแกงที่ใช้ในประเทศไทยมีปริมาณโซเดียมคลอไรด์ต่ำประมาณร้อยละ 85 ความชื้นร้อยละ 11 (22) ซึ่งเมื่อเทียบกับเกลือที่ใช้ในการทำปลาเค็มในประเทศแคนาดามีปริมาณโซเดียมคลอไรด์ถึงร้อยละ 97 (16) สารเจือปน *(impurity)* ในเกลือซึ่งได้แก่ แคลเซียมซัลเฟต แมกนีเซียมคลอไรด์ และซัลเฟต จะทำให้การซึมของเกลือเข้าสู่เนื้อปลาได้ช้าลงและยังทำให้ปลาเค็มแห้งที่ได้มีลักษณะแข็งกระด้าง ผิวนอกจะมีฝ้าขาวและมีรสขม (8, 9, 12, 13, 16, 17) นอกจากนี้ถ้ามีสารเจือปนพวกโลหะหนัก เช่น ทองแดงและเหล็ก จะทำให้เกิดกระบวนการเติมออกซิเจนของไขมันและเกิดการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล *(browning)* ของผลิตภัณฑ์ (12, 17) เกลือโดยทั่วไปจะพบจุลินทรีย์โดยเฉลี่ยประมาณ 10^2 - 10^3 เซลต่อกรัม จุลินทรีย์ที่พบส่วนใหญ่จะเป็นพวก *Bacillus sp.* *Micrococcus sp.* และ *Sarcina* (23)

ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้จะมีส่วนเกี่ยวข้องกับการทำให้ปลาและอาหารเค็มแห้งอื่น ๆ เกิดการเน่าเสีย โดยจะปรากฏเป็นเมือกสีแดงหรือชมพู ที่ผิวของผลิตภัณฑ์ และทำให้เกิดกลิ่นเหม็นเนื่องจากเป็นบักเตรีชนิดย่อยสลายโปรตีน (8, 9, 17)

2.3.4 อุณหภูมิในระหว่างการทำเค็ม อัตราการซึมของเกลือสู่เนื้อปลาจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการทำเค็มสูงขึ้น แต่ในขณะเดียวกันปฏิกิริยาการย่อยสลายตัวเองของปลาและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จะเพิ่มขึ้นเช่นกัน (13, 24) การทำเค็มปลาที่อุณหภูมิต่ำจะช่วยให้การสูญเสียน้ำหนักของปลาเค็มแห้งเกิดน้อยกว่าการทำเค็มปลาที่อุณหภูมิสูง (12)

2.4 กระบวนการตากแห้ง *(drying)*

การตากแห้งมีจุดประสงค์เพื่อลดความชื้นของอาหารลงจนไม่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์ในอาหารและของจุลินทรีย์ที่จะทำให้เกิดการเสื่อมเสียคุณภาพของอาหาร (10, 24)

เมื่อนำปลามาตากแห้งในบรรยากาศปกติ *(natural drying)* การระเหยของน้ำจากตัวปลาแบ่งได้ 2 ช่วง (12, 24, 25) ในช่วงแรกเป็นการระเหยของน้ำจากเนื้อเยื่อชั้นนอกของปลา ซึ่งจะมีอัตราการระเหยน้ำคงที่ที่อุณหภูมิหนึ่ง ๆ ซึ่งช่วงนี้เรียกว่า *constant - rate period* การตากแห้งในช่วงนี้จะต้องดำเนินการเพื่อลดความชื้นให้รวดเร็ว เนื่องจากปริมาณความชื้นของปลายังสูงเพียงพอที่จุลินทรีย์จะเจริญเติบโตทำให้เกิดการเน่าเสียขึ้นได้ และพวกแมลงจะสามารถมาวางไข่ในผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะมีผลต่อการเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์ต่อไป (25) การเพิ่มอัตราการระเหยของน้ำในช่วงนี้ ทำได้โดยการเพิ่มอุณหภูมิและความเร็วของอากาศที่ใช้เป็นตัวถ่ายเทความชื้นจากตัวปลารวมทั้งลดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ผ่านตัวปลาให้อยู่ในระดับต่ำ (9, 14) อัตราการระเหยของน้ำในช่วงหลังของกระบวนการตากแห้งจะเกิดได้ช้า เนื่องจากเป็นระยะที่น้ำจะต้องซึม *(diffuse)* จากภายในเนื้อปลามาที่ผิวก่อนที่จะระเหย (26) การตากแห้งในช่วงนี้เรียกว่า *falling rate period* โดยอัตราการระเหยของน้ำจากตัวปลาในช่วงนี้จะขึ้นอยู่กับการซึมของน้ำจากภายในเนื้อปลามาที่ผิว ซึ่งการเพิ่มอุณหภูมิของอากาศจะทำให้อัตราการซึมของน้ำเกิดได้เร็วขึ้น ปริมาณไขมันในเนื้อปลาก็มีผลต่อการซึมของน้ำโดยที่เนื้อเยื่อไขมันจะขัดขวางการซึมผ่านของน้ำสู่ภายนอก ดังนั้นการซึมของน้ำจากภายในเนื้อปลาที่มีไขมันต่ำจะเกิดได้เร็วกว่าปลาที่มีไขมันสูง นอกจากนี้เกลือในเนื้อปลาจะสามารถดูดน้ำไว้ทำให้น้ำซึมออกมาได้ช้า (9, 14) ดังนั้นการตากแห้งปลาที่มีความเค็มจัด

จึงทำได้ช้าและยากกว่าปลาที่มีความเค็มน้อยกว่า

2.5 สภาวะในการตากแห้งแบบต่าง ๆ

2.5.1 การตากแห้งในสภาวะธรรมชาติ *(natural drying)* เป็นการตากแห้งซึ่งต้องอาศัยความร้อนจากแสงแดดและการถ่ายเทความชื้นโดยกระแสลม ดังนั้นระยะเวลาในการตากแห้ง จะขึ้นกับสภาวะภูมิอากาศซึ่งไม่สามารถควบคุมได้ จึงทำให้กำลังผลิตจำกัดไม่ต่อเนื่องและต้องอาศัยพื้นที่ในการตากแห้งมาก (14, 25) ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพต่ำและไม่สม่ำเสมอรวมทั้งมีปริมาณการเสื่อมเสียในระหว่างการผลิตและเก็บรักษาสูง เพราะระยะเวลาในการผลิตแต่ละวันมีจำกัดไม่ต่อเนื่องทำให้ต้องใช้เวลาในการตากแห้งนาน และมีการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรก จุลินทรีย์และการรบกวนจากแมลงและสัตว์อื่น ๆ ได้ง่าย นอกจากนี้ปลาที่มีไขมันสูงเมื่อนำมาตากแดดโดยตรง แสงแดดจะช่วยเร่งปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนในไขมัน ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดการหืน *(rancidity)* ในผลิตภัณฑ์ (9, 12) แต่การตากแห้งในสภาวะธรรมชาติมีข้อดีคือ ต้นทุนในการผลิตต่ำ และการดำเนินการง่ายไม่ซับซ้อน (9, 14, 25)

2.5.2 การตากแห้งโดยการใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ *(solar drier)* เป็นการพัฒนาวิธีการตากแห้งที่ได้รับความสนใจและศึกษาทดลองกันมากในประเทศเขตร้อน ซึ่งมีพลังงานแสงอาทิตย์ตลอดปี (27) การตากแห้งในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์จะใช้เวลาในการอบแห้งน้อยกว่าการตากแห้งในสภาวะธรรมชาติ เพราะอุณหภูมิในตู้อบจะสูงเกินกว่า 50 °ซ. (25) และเป็นการอบแห้งในตู้อบซึ่งจะช่วยลดการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรก จุลินทรีย์และการรบกวนจากแมลงและสัตว์อื่น ๆ นอกจากนี้พวกแมลงและตัวอ่อนของแมลงที่ปนเปื้อนในปลาจากกระบวนการทำเค็มนั้นจะถูกทำลายในระหว่างการอบแห้ง (27, 28) การสร้างตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์สามารถสร้างได้ง่ายโดยดัดแปลงวัสดุในท้องถิ่นมาใช้ในการสร้างได้ ทำให้ค่าใช้จ่ายถูกและการบำรุงรักษาทำได้ง่าย (14, 25) แต่อย่างไรก็ดีสภาวะการอบแห้งของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ยังคงขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศภายนอกและช่วงการทำงานจำกัดเฉพาะช่วงกลางวันที่มีแสงแดดเท่านั้น (27) ทำให้การอบแห้งไม่ต่อเนื่อง และนอกจากนี้ตู้อบแห้งที่ทำการศึกษาในปัจจุบันส่วนใหญ่ยังมีปัญหาเกี่ยวกับระบบการถ่ายเทอากาศและความชื้นออกจากตู้อบ (25)

2.5.3 การอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้ง *(artificial drier)* เป็นการพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและแก้ไขข้อบกพร่องของการตากแห้งในสภาวะธรรมชาติ (9, 13, 14, 16)

คือเป็นการอบแห้งซึ่งสามารถควบคุมสภาวะการอบแห้งให้เป็นไปตามต้องการได้ และทำงานได้อย่างต่อเนื่องไม่จำกัดเวลาและประหยัดเนื้อที่ที่ต้องใช้ในการทำงาน ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ปลอดจากการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรก, จุลินทรีย์, แมลงและสัตว์อื่น ๆ ทำให้มีอายุการเก็บรักษานานขึ้น และสามารถควบคุมผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพสม่ำเสมอทุกครั้งที่ทำการผลิต (9, 13, 14, 16, 29) เครื่องอบแห้งที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมสัตว์น้ำส่วนใหญ่เป็นเครื่องอบแห้งแบบใช้ลมร้อน (14) ซึ่งประกอบด้วยระบบให้ความร้อน *(heating system)* และระบบการไหลเวียนของอากาศเพื่อถ่ายเทความชื้นจากตัวปลา *(air circulating system)* โดยปัจจัยที่จะต้องคำนึงถึงในการอบแห้งด้วยเครื่องอบ คือ อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วของลมที่ผ่านเครื่องอบแห้ง ซึ่งจะมีผลต่อระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ การใช้อุณหภูมิในการอบแห้งสูงจะลดเวลาในการอบแห้งได้ แต่อุณหภูมิที่สูงเกินไป จะทำให้เกิด *case-hardening* โดยโปรตีนที่ผิวนอกของปลาเกิดการจับตัวเป็นก้อนเนื่องจากเกิด *heat denaturation* ทำให้ผิวนอกของปลากลายเป็นเปลือกกันไม่ให้น้ำภายในซึมออกมาได้ ปลาที่ได้จะเกิดการเน่าเสียภายใน (12, 14) จากการวิจัยการอบแห้งปลาในแถบอบอุ่น *(temperate-zone)* พบว่าควรใช้อุณหภูมิประมาณ 27 °ซ. และไม่เกิน 35 °ซ. (13) แต่จากการทดลองอบแห้งปลาหลายชนิดในน่านน้ำประเทศอินเดีย พบว่าสามารถใช้อุณหภูมิในการอบแห้งสูงถึง 45 - 50 °ซ. โดยที่ไม่เกิดปัญหาเกี่ยวกับการเกิด *case-hardening* และทำให้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยลง (30, 31)

ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ผ่านเข้าเครื่องอบแห้งจะต้องต่ำเพียงพอที่จะทำให้น้ำระเหยจากปลาได้เร็ว อัตราการระเหยของน้ำจะต่ำลงเมื่ออากาศมีความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้น (13) แต่ถ้าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศต่ำเกินไปก็จะทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับ *case-hardening* ได้เช่นกัน ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่เหมาะสมในการอบแห้งปลาในเขตร้อนอยู่ระหว่างร้อยละ 45 - 55 และอาจสูงได้ถึงร้อยละ 65 โดยขึ้นอยู่กับความเร็วของอากาศที่ถ่ายเทภายในเครื่องอบ (30, 31) และปลาที่ทำเค็มก่อนการตากแห้งจะไม่สามารถทำให้แห้งได้ถ้าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเกินร้อยละ 75 (14)

ความเร็วของอากาศที่ถ่ายเทภายในเครื่อง มีผลต่อการอบแห้งปลาโดยอากาศจะรับความชื้นที่ระเหยจากตัวปลาและถ่ายเทออกสู่ภายนอก ดังนั้นถ้าการถ่ายเทอากาศในเครื่องเกิดได้เร็ว การระเหยน้ำจากปลาจะเร็ว (13) ในขณะเดียวกันจะต้องควบคุมมิให้เกิดการเสีย

ความชื้นจากเนื้อปลารวดเร็วเกินไป เนื่องจากจะทำให้เกิดการจับตัวกันของโปรตีนซึ่งจะเกิดปัญหา *case-hardening* เช่นกัน (14) ดังนั้นจะต้องมีการควบคุมความเร็วของลมให้พอเหมาะ จากการวิจัยพบว่าความเร็วของอากาศที่ถ่ายเทภายในเครื่องที่เหมาะสมเท่ากับ 60 - 120 เมตรต่อนาที (30, 31)

อย่างไรก็ตามการอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งนั้น จะต้องคำนึงถึงต้นทุนในการผลิตและการตลาดของผลิตภัณฑ์ที่ได้ เพราะต้องใช้เชื้อเพลิงในการผลิตและค่าใช้จ่ายในการสร้างและบำรุงรักษาซึ่งแพงกว่าการตากแห้งในสภาวะธรรมชาติมาก นอกจากนี้จะต้องมีบุคลากรที่มีความรู้ในการดูแลบำรุงรักษาอีกด้วย (14)

2.6 อายุการเก็บรักษาของปลาเค็มแห้ง

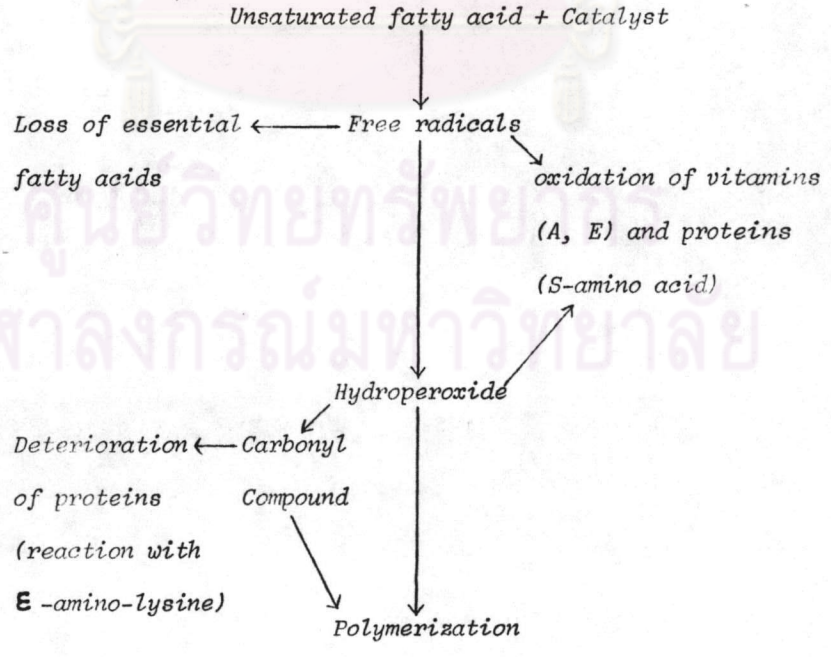
การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของปลาเค็มแห้งในระหว่างการเก็บรักษามีสาเหตุจาก

2.6.1 การเสื่อมเสียคุณภาพเนื่องจากจุลินทรีย์ จุลินทรีย์ที่ทำความเสียหายแก่ปลาเค็มแห้งมากที่สุดนั้นได้แก่ เชื้อรา โดยเฉพาะราจำพวกที่ชอบหรือทนเกลือได้ *(halophilic* หรือ *halotolerant fungi)* ที่พบมากคือ *Wallemia*, *Oospora*, *Aspergillus* ซึ่งโดยทั่วไปจะเรียกว่า *"dun"* (32, 33, 34) โดยมากจะพบที่ผิวของปลาเค็มแห้งซึ่งสามารถมองเห็นเป็นจุดสีดำหรือน้ำตาลที่ผิวของปลา แต่จะไม่มีผลเสียหายกับคุณภาพเนื้อสัมผัส กลิ่นและรสชาติของปลาเค็มแห้ง เพียงแต่ทำให้คุณลักษณะปรากฏ *(appearance)* ต่ำลง ซึ่งจะทำให้ราคาผลิตภัณฑ์ตกลง (35) นอกจากนี้ราพวกนี้จะสร้างพวก *mycotoxin* ซึ่งอาจมีอันตรายต่อผู้บริโภคได้ (32) ในกระบวนการ *metabolism* ของราเหล่านี้จะมีการคายน้ำ ทำให้ความชื้นในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้จุลินทรีย์พวกอื่น เช่น บักเตรีที่ชอบเกลือ *(halophilic bacteria)* เจริญเติบโตซึ่งจะเห็นเป็นสีชมพูหรือแดงที่ผิวและทำให้เกิดการย่อยสลายของเนื้อปลาเกิดกลิ่นเหม็น ทำให้การเสื่อมคุณภาพลุกลามต่อไปอย่างรวดเร็ว ดังนั้นโดยทั่วไปอายุการเก็บรักษาของปลาเค็มแห้งจะสิ้นสุดเมื่อพบการปรากฏของเชื้อราบนตัวปลา (36)

2.6.2 การเสื่อมเสียคุณภาพเนื่องจากปฏิกิริยาทางเคมีขององค์ประกอบทางอาหารของปลาเค็มแห้ง ซึ่งเป็นผลทำให้เกิดการเหม็นหืน *(rancidity)* การเปลี่ยนแปลงสี *(discoloration)* และการสูญเสียคุณค่าทางอาหารของโปรตีน, ไขมัน และวิตามิน (14, 37, 38) โดยพบว่ากระบวนการผลิตปลาเค็มแห้งด้วยความร้อนสูง เช่นการอบแห้งที่อุณหภูมิ

75 ซ. นั้น จะทำลายโปรตีนโดยทำให้ปริมาณของ *lysine* และค่า *net protein utilization (NPU)* ลดลง (38) แต่ยังไม่พบรายงานที่ชัดเจนเกี่ยวกับการเสื่อมคุณภาพของโปรตีนในกระบวนการตากแห้งโดยแสงแดด ซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่า 50 ซ. (14) อย่างไรก็ตาม *Carpenter and Booth* (39) สรุปว่าการสูญเสีย *lysine* ในโปรตีนของปลาเค็มแห้งส่วนใหญ่เกิดเนื่องจากการเกิดปฏิกิริยากับ *oxidized fat* มากกว่าที่ถูกทำลายด้วยความร้อนจากกระบวนการผลิต

การเสื่อมคุณภาพของไขมัน เนื่องจากไขมันในปลาส่วนใหญ่ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวจึงทำให้เกิดปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนได้ง่าย (40) ซึ่งจะทำให้ผลิตภัณฑ์ปลาเค็มแห้งเกิดเหม็นหืนได้ง่ายในระหว่างกระบวนการผลิต โดยเฉพาะเมื่อกระบวนการผลิตไม่เหมาะสม (15) การหืนของปลาเค็มแห้งจะมีผลทำให้คุณภาพเกี่ยวกับกลิ่น รสชาติและสีต่ำลง แต่อย่างไรก็ตาม คุณลักษณะของกลิ่น, รสชาติและสีของปลาเค็มแห้งที่หืนนั้นเป็นคุณลักษณะ *(characteristic)* ของผลิตภัณฑ์พื้นเมืองที่ผู้บริโภคยอมรับ (8, 13) นอกจากนี้การเติมออกซิเจนของไขมันยังทำให้คุณค่าทางอาหารของไขมันและโปรตีนลดลงรวมทั้งเกิดการสูญเสียวิตามิน *A* และ *E* อีกด้วย ดังปฏิกิริยาที่แสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 *Loss of nutrients by lipid oxidation* (41)

Woolfe (42) พบว่าปลาแห้งที่มีความชื้นต่ำจะมีอัตราการเติมออกซิเจนของไขมันสูง โดยมีความร้อน แสง ปริมาณเกลือ และ *haemo-protein* เป็นตัวเร่งการเกิดปฏิกิริยา- (9, 43)

2.6.3 การเสื่อมคุณภาพทางกายภาพ เนื่องจากถูกกัดกินและเจาะไชจากการแพร่กระจายแมลง *(infestion)* ซึ่งได้แก่ แมลงวัน, มด, ตัวขมวน *(Dermestes spp.)* ฯลฯ วงจรชีวิตของแมลงที่ก่อให้เกิดการเสียหายแก่ผลิตภัณฑ์มากที่สุดได้แก่ระยะที่ฟักตัวเป็นหนอน *(larvae)*, (14) ซึ่งจะกัดกินและเจาะไชจนเนื้อปลาพรุนและเป็นโพรงเสียหาย โดยที่แมลงจะวางไข่ในระหว่างกระบวนการทำเค็มและตากแห้งซึ่งปลายังมีความชื้นสูงและเมื่อได้รับความร้อนในการตากแห้งซึ่งจะทำให้ไข่เกิดการฟักตัวได้ในเวลาต่อมาขณะเก็บรักษา (14) ปลาที่เกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากเชื้อรา มักจะมีการแพร่ของแมลงติดตามมาด้วย เพราะในระหว่าง *metabolism* ของราขณะเติบโตจะมีการคายน้ำออกซึ่งจะเพิ่มความชื้นที่ผิวทำให้แมลงแพร่กระจายในปลา การแพร่กระจายของแมลงในเนื้อปลาจะส่งเสริมให้เกิดการกระจายของเชื้อราได้ โดยที่เชื้อราจากภายนอกจะปนเปื้อนจากตัวแมลงสู่ตัวปลาเค็มแห้ง (14)

2.7 สภาวะการเก็บรักษาปลาเค็มแห้ง

สถานที่เก็บรักษาปลาเค็มแห้งควรจะเป็นที่แห้งและเย็น อากาศถ่ายเทได้สะดวก สภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเก็บรักษา คืออุณหภูมิ 10 °ซ ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65 - 70 ในสภาวะนี้จะสามารถเก็บรักษาปลาเค็มแห้งได้นาน 3 - 6 เดือน (13) ถ้าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าร้อยละ 65 ปลาเค็มแห้งจะเสียน้ำหนักและมีลักษณะแห้งแข็งมีผลึกเกลือจับที่ผิวนอก แต่ถ้าเก็บในที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงเกินกว่าร้อยละ 75 ปลาจะดูดความชื้นจากอากาศซึ่งจะทำให้จุลินทรีย์โดยเฉพาะเชื้อราจะเจริญเติบโตได้ (14) และสำหรับปลาเค็มแห้งที่มีไขมันสูง ซึ่งจะเสื่อมคุณภาพเนื่องจากการเติมออกซิเจนของไขมันได้ง่ายนั้น จะต้องเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ที่สามารถป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจน (14) ดังนั้นบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการเก็บรักษาปลาเค็มแห้งควรมีลักษณะที่สามารถป้องกันการเปลี่ยนแปลงความชื้นของปลาเค็มแห้ง และป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนได้ดี มีความแข็งแรงทนทานต่อการทิ่มแทงจากส่วนแหลมคมของปลาเค็มแห้ง และแรงกระทบกระแทกที่เกิดขึ้นในระหว่างการขนส่ง นอกจากนี้จะต้องมีราคาเหมาะสมกับต้นทุนการผลิตของปลาเค็มแห้ง (14)

บรรจุภัณฑ์ที่ใช้โดยทั่วไปในปัจจุบันได้แก่ เข่งไม้ไผ่ ลังไม้ กล่องกระดาษลูกฟูก *(corrugated box)* กระสอบปอและกระสอบใยสังเคราะห์ *(polyethylene woven sack)* โดยบรรจุภัณฑ์เหล่านี้จะทำหน้าที่ป้องกันการเสียหายจากแรงกระทบกระแทก *(mechanical damage)* ขณะทำการขนส่งเท่านั้น แต่ไม่สามารถป้องกันการเปลี่ยนแปลงความชื้นของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ แมลงและสัตว์อื่น ๆ ที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์เสียหาย (13, 14) ซึ่งอาจแก้ไขได้โดยการใช้บรรจุภัณฑ์จำพวกพลาสติกเข้าไปเสริมเพื่อให้ประสิทธิภาพของบรรจุภัณฑ์เพียงพอที่รักษาผลิตภัณฑ์ได้อย่างเหมาะสม (14) บรรจุภัณฑ์พวกพลาสติกที่มีแพร่หลายหาได้ง่ายในท้องตลาดและมีราคาถูกนั้น ได้แก่ ถุงโพลีเอทธิลีนทั้งชนิด *HDPE (high density polyethylene)* และ *LDPE (low density polyethylene)* ซึ่งมีคุณสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของความชื้นได้ดี และสามารถป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนได้พอใช้ โดยที่ *HDPE* จะมีคุณสมบัติดังกล่าวเหนือกว่า *LDPE* (รายละเอียดในภาคผนวก ก) แต่ *LDPE* มีความแข็งแรงทนการกระแทก *(impact strength)* ที่อุณหภูมิต่ำได้ดีกว่า *HDPE* (44)

การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลาเค็มแห้งในบรรจุภัณฑ์ซึ่งมีสภาวะสูญญากาศ จะช่วยป้องกันการเติมออกซิเจนในไขมัน ซึ่งจะลดการหืนของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษา (14) และยังป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อรา ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ต้องใช้อากาศในการเจริญเติบโต *(aerobic microorganism)* บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ควรมีคุณสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนได้ดี และมีลักษณะ *flexible* ซึ่งจะช่วยป้องกันการเกิดช่องว่างระหว่างบรรจุภัณฑ์กับผลิตภัณฑ์ (44)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย