เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การตากแห้ง (salting) อาจใช้วิธีธรรมชาติ โดยการตากแดด (sun drying) หรือการใช้ mechanical drier (เครื่องอบแห้ง) เช่น evaporator หรือตู้อบ (kiln) เป็นต้น ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โดยการตากแห้งมักทำควบคู่ไปกับการทำเค็มแล้วจึงนำมาตากแห้งจนเหลือความชื้นประมาณร้อยละ ๓๐.๐๐ แต่ก็ขึ้นอยู่กับตัวอย่างสัตว์น้ำที่นำมาแปรรูปด้วย

การทำปลาเค็ม (salted fish) ปลาเค็มส่วนใหญ่หมายถึง ปลาที่ดองเกลือแล้วนำมาตากแห้ง สิ่งที่สำคัญที่ควรระวังคือ ในตอนแรก จะต้องให้ตัวปลาสัมผัสกับน้ำเกลือโดยทั่วถึง หลังจากนั้นจึงคลุกเกลือกับตัวปลาหรือแช่ปลาในน้ำเกลือ ขึ้นอยู่กับปริมาณความเค็มที่ต้องการ (Zaitsev *et al.,* ๑๙๖๙) ปลาเค็มแบ่งเป็นปลาเค็มน้อย (light cure) มีเกลือต่ำกว่าร้อยละ ๑๐.๐๐ (ใช้น้ำเกลือร้อยละ ๑๗.๐๐) ปลาเค็มปานกลาง (medium cure) มีเกลือร้อยละ ๑๐.๐๐-๑๔ .๐๐ และปลาเค็มจัด (heavy cure) มีเกลือเกินกว่าร้อยละ ๑๔.๐๐ (ใช้น้ำเกลือร้อยละ ๒๒.๐๐ ขึ้นไป) (ประเสริฐ สายสิทธิ์, ๒๕๒๔)

วิธีการทำเค็มมีอยู่หลายวิธี ทั้งใช้เกลือเม็ด หรือใช้น้ำเกลือ (กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ, ๒๕๔๙)

การทำเค็มแบบแห้ง การซึมผ่านของเกลือเข้าสู่ตัวปลาจะช้า จึงไม่เหมาะสำหรับปลาที่มีไขมันสูง เพราะไขมันจะทำให้การซึมผ่านของเกลือช้า การทำเค็มแบบแห้งต้องขอดเกล็ดปลาแล้วผ่าเอาเหงือก ไส้พุงออกจากตัว อาจตัดหัวหรือไม่ตัดหัวก็ได้ ล้างปลาให้สะอาด นำปลาที่ล้างไปแช่ในน้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ ๑๐.๐๐ นาน ๓๐.๐๐ นาที จึงนำไปหมักกับเกลือ โดยวางสลับกับเกลือ ทิ้งไว้หนึ่งวัน แต่ถ้าไม่ต้องการเค็มมากก็วางหมักเกลือไว้ ๖-๑๒ ชั่วโมง

การดองเค็ม ใช้ได้กับปลาทุกรูปแบบ วิธีการทำเหมือนกับการทำเค็มแบบแห้งต่างกันตรงที่ปลาที่ทำเค็มจะวางในภาชนะที่ป้องกันไม่ให้น้ำไหลออกไป ดังนั้นปลาจะแช่อยู่ในน้ำที่ซึมออกจากตัวปลาและละลายเกลือที่ใช้ทำ กระบวนการผลิตจะต้องใช้ภาชนะที่สะอาดและสามารถกันน้ำได้

การแช่ในน้ำเกลือ วิธีนี้เป็นการแช่ชิ้นปลาในน้ำเกลือเข้มข้น โดยการเตรียมน้ำเกลือใส่ในภาชนะกันน้ำได้ ใส่ชิ้นปลาที่เตรียมลงไป ต้องให้น้ำเกลือท่วมปลา อาจมีการคนบ้างครั้งคราว แช่ไว้จนกว่าจะเค็มตามที่ต้องการ

การเสื่อมเสียของปลาเค็ม

การเสื่อมเสียคุณภาพของปลาเค็มเกิดขึ้นได้โดยสาเหตุหลัก ๓ ประการคือ

๑. การเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์

การเสื่อมเสียของปลาเค็มสาเหตุหนึ่งมาจากจุลินทรีย์ โดยจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญได้ที่ a_w ต่ำกว่า ๐.๗๕ จะเป็นสาเหตุทำให้ปลาเค็มเสื่อมสภาพ ได้แก่ แบคทีเรียซึ่งแบ่งเป็น ๒ กลุ่มคือ พวกแกรมบวก เซลล์รูปกลม ไม่เคลื่อนที่ เช่น *Sarcina littoralis* และแกรมบวก เซลล์รูปแท่ง เคลื่อนไหว เช่น *Pseudomonas salinaria* ส่วนแบคทีเรียชอบเกลือจะมีเอนไซม์ย่อยโปรตีนทำให้เกิดกลิ่นเหม็น เรียกการเสียดังกล่าวว่า reddening ซึ่งมีสาเหตุจากการปนเปื้อนของเชื้อที่ติดมากับเกลือ นอกจากนี้การเสียของปลาเค็มอาจเกิดจากยีสต์และราได้เช่นกัน เช่น ยีสต์ที่เป็นสาเหตุของการเสียปลาคอด (cod) เรียกการเสียแบบนี้ว่า dun spoilage เนื่องจากลักษณะของปลาเค็มจะเป็นจุด ๆ สีเทาเข้มหรือสีดำตามลำตัว (นงนุช รักสกุลไทย, ๒๕๓๘)

ตาราง ๑ ค่า a_w ต่ำสุดที่จุลินทรีย์สามารถเจริญได้

ชนิดจุลินทรีย์	ค่า a_w ต่ำสุดที่จุลินทรีย์สามารถเจริญได้
แบคทีเรีย	๐.๙๑
ยีสต์	๐.๘๘
รา	๐.๘๐
halophilic bacteria	๐.๗๕
xerohilic molds	๐.๖๕
Osmophilic yeasts	๐.๖๐

ที่มา : Zaitsev et al. (๑๙๖๙)

๒. การเสื่อมเสียจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation)

การเสื่อมเสียจากปฏิกิริยา oxidation เป็นการเสื่อมเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากไขมันปลาส่วนใหญ่ประกอบด้วยกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวสูง ซึ่งขั้นแรกจะเกิดที่ชั้นของไขมันใต้ผิวหนัง และจะเกิดสีเหลืองหรือสีน้ำตาล ซึ่งอาจเป็น non-enzymatic browning reaction (Maillard reaction) ในปลาที่ไขมันสูงจะเกิดปฏิกิริยา oxidation ได้เร็วมาก (Castell *et al.*, ๑๙๖๕)

การเกิดการหืนนั้น มีผลเสียต่อผู้บริโภค โดย Castell et al. (๑๙๖๕) และ Eriksson (๑๙๘๗) รายงานว่า คุณค่าทางโภชนาการของไขมัน โปรตีนลดลง รวมทั้งจะสูญเสียวิตามิน เอ และ วิตามิน อี ด้วย

ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

๑. ออกซิเจน โดยปกติออกซิเจนจะไม่ไวต่อปฏิกิริยา ทั้งนี้เนื่องจาก unpaired electron ๒ คู่ที่ทำหน้าที่ป้องกันการทำปฏิกิริยากับโมเลกุล (spin-forbidden) ซึ่งอยู่ในลักษณะ ground state เซลล์สิ่งมีชีวิตจะประกอบด้วยสารประกอบต่าง ๆ ซึ่งจะสามารถทำหน้าที่กระตุ้นออกซิเจน ซึ่งโลหะทรานสิชันก็เป็นองค์ประกอบหนึ่งที่สามารถเร่งปฏิกิริยาได้

๒. โลหะทรานสิชัน โลหะทรานสิชันในสัตว์น้ำที่สำคัญได้แก่ เหล็ก นอกจากนี้ยังมีทองแดง โดยโลหะทรานสิชันในรูปอนุมูลอิสระนั้น (unpaired electron) สามารถทำปฏิกิริยากับออกซิเจนอย่างรวดเร็ว ดังนั้นเฟอร์รัสสามารถกระตุ้นออกซิเจนได้

๓. เหล็กที่เป็นองค์ประกอบของฮีม โปรตีนฮีมที่มีเหล็กในสภาวะที่เป็นเฟอร์ริก เช่น เมทไมโอโกลบิน หรือเมทฮีโมโกลบิน สามารถทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ แล้วเกิดเป็นสารผลิตภัณฑ์ที่สามารถก่อให้เกิดหรือเร่งปฏิกิริยาเพอร์ออกซิเดชันได้

๔. Singlet oxygen ออกซิเจนชนิด singlet oxygen เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาของออกซิเดชันไขมันและน้ำมันในสัตว์น้ำได้ โดยออกซิเจนชนิดนี้อยู่ในสภาวะที่ถูกกระตุ้นและมีพลังงานสูง (excited high energy state) ส่วนใหญ่ปฏิกิริยาออกซิเดชันในกล้ามเนื้อสัตว์น้ำอันมีสาเหตุมาจาก singlet เกิดจากกระบวนการ photosensitization โมเลกุลบางชนิดสามารถดูดซับแสง และถูกเปลี่ยนเป็นสภาวะถูกกระตุ้นที่มีพลังงานสูง เรียกโมเลกุลเหล่านั้นว่า sensitizer ประกอบด้วย riboflavin

๕. เอนไซม์ เอนไซม์ไลพอกซีจีเนส (lipoxygenase) หรือ ไดออกซีจีเนส (dioxygenase) เป็นเอนไซม์ที่เติมโมเลกุลออกซิเจน ๑ โมเลกุลที่ตำแหน่งพันธะคู่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัว ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากการทำงานของเอนไซม์ เช่น ไฮโดรเปอร์ออกไซด์ เป็นต้น

๓. การเสื่อมเสียจากแมลง

ปัญหาการเสื่อมเสียจากแมลงวันในปลาเค็มเป็นปัญหาที่ผู้ผลิตส่วนใหญ่ในประเทศเขตร้อน ต้องประสบปัญหาอยู่โดยเฉพาะในฤดูฝน ทำให้มีการใช้ยาฆ่าแมลงในปลาเค็ม (นงนุช รักสกุลไทย, ๒๕๓๘) ซึ่งเป็นอันตรายแก่ผู้บริโภค

นอกจากนี้ปัญหาความปลอดภัยในการบริโภคเป็นอีกประเด็นหนึ่งที่สำคัญที่ผู้ผลิตหรือผู้ที่เกี่ยวข้องทุกระดับจะต้องคำนึงถึง เนื่องจากหลายประเทศได้ออกกฎหมายควบคุมอาหาร ทั้งอาหารที่ผลิตภายในประเทศและนำเข้าจากต่างประเทศ เพื่อให้เกิดความมั่นใจในความปลอดภัย โดยหนึ่งในข้อกำหนดดังกล่าวก็คือ สุขลักษณะที่ดีในการผลิต (Good Manufacturing Practice: GMP) ซึ่งเป็นการควบคุมการผลิตขั้นพื้นฐาน ที่สามารถป้องกันการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ สารเคมี หรือสิ่งแปลกปลอมทางกายภาพต่างๆ ที่เกิดจากสิ่งแวดล้อมในระหว่างการผลิตและอาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ไม่ให้เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์

การบรรจุและภาชนะบรรจุภัณฑ์

Subasingle (๑๙๙๒) กล่าวว่า จุดประสงค์หลักของการใช้ภาชนะบรรจุคือ ป้องกันการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ภาชนะบรรจุยังควรมีคุณสมบัติดังนี้คือ สามารถจัดจำหน่ายและสร้างผลิตภัณฑ์ที่พร้อมสำหรับการบริโภค เพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์เพิ่มมูลค่าของวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์ดูน่าสนใจมากขึ้น ให้ประโยชน์ในด้านข้อมูลของผลิตภัณฑ์บนฉลากและอายุการเก็บรักษา บรรจุภัณฑ์สมัยใหม่สามารถนำเสนอผลิตภัณฑ์ประมงให้ดูน่าสนใจมากขึ้นนอกเหนือไปจากเดิม และสามารถทำให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่พร้อมจะรับประทานได้ทันที อาจโดยการอุ่นในไมโครเวฟ เตาอบ หรือในน้ำร้อน ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้

พรรณทิพย์ สุวรรณสาครกุล (๒๕๒๙) ได้พัฒนากระบวนการผลิตปลาสลิดเค็มแห้งและศึกษาภาชนะภาชนะที่เหมาะสม โดยพบว่า สภาวะการผลิตปลาสลิดเค็มแห้งที่เหมาะสมคือ การทำเค็มแบบใช้น้ำเกลืออิ่มตัว เป็นเวลา ๒ ชั่วโมง และการอบแห้งในเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่ความเร็วลม ๘๐-๘๕ เมตรต่อนาที ที่อุณหภูมิ ๕๐.๐๐ องซาเซลเซียส เป็นเวลา ๑๒ ชั่วโมง และเก็บรักษาปลาสลิดเค็มแห้งในถุง HDPE ที่อุณหภูมิ ๓๐.๐๐ $\pm$ ๒.๐๐ องศาเซลเซียส

สุปราณี เกิดวาจา (๒๕๔๔) ศึกษาการผลิตและการเก็บรักษาปลาอินทรีเค็ม พบว่าเมื่อเปรียบเทียบการทำเค็มโดยวิธีการดองปลาในเกลือเม็ดที่อัตราส่วนปลาต่อเกลือ ๑: ๔ โดยเก็บปลาไว้ที่อุณหภูมิห้องก่อนทำเค็มนาน ๑๒ ชั่วโมงและการทำเค็มโดยวิธีดองปลาในน้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ ๒๐.๐๐ โดยเก็บปลาไว้ที่อุณหภูมิห้องก่อนทำเค็มนาน ๑๖ ชั่วโมง ได้รับการยอมรับสูงสุด และการเก็บรักษาโดยบรรจุในถุง PA/LDPE ในสภาพบรรยากาศปกติ สภาพสุญญากาศ และสภาพสุญญากาศแบบแผ่นฟิล์มแนบผิว พบว่า การเก็บรักษาในสภาพสุญญากาศแบบแผ่นฟิล์มแนบผิวมีอายุการเก็บรักษาไม่เกิน ๕๖ วัน สภาพสุญญากาศมีอายุการเก็บรักษาไม่เกิน ๔๒ วัน และสภาพบรรยากาศปกติมีอายุการเก็บรักษาไม่เกิน ๒๑ วัน

Yanar และคณะ (๒๐๐๖) ได้ศึกษาความเข้มข้นของน้ำเกลือต่ออายุการเก็บรักษาปลานิลรมควันร้อนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ ๔ องศาเซลเซียส โดยพบว่า การใช้น้ำเลกือที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ ๕ จะสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลานิลรวมควันร้อนได้มากกว่า ๓๕ วัน ซึ่งถือว่าเป็นระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม

Bellagha และคณะ (๒๐๐๗) ศึกษาการทำเค็มและการตากแห้งปลาซาร์ดีน โดยศึกษาในรูปแบบของสมการจลน์ศาสตร์และแบบจำลอง ศึกษาที่สภาวะความเข้มข้นของเกลือแห้งและน้ำเกลือร้อยละ ๒๑.๐๐ และสภาวะการทำแห้งที่อุณหภูมิ ๔๐ องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ ๑๕.๐๐ และความเร็วลม ๑.๕๐ เมตรต่อวินาที พบว่า เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเกลือจะทำให้การสูญเสียน้ำเพิ่มขึ้น และวิธีการทำแห้งนั้นจะสามารถแบ่งระยะการทำแห้งออกได้ ๒ ช่วง ซึ่งจะไม่คงที่

Gallart-Jornet และคณะ (๒๐๐๗) ศึกษาผลความเข้มข้นของน้ำเกลือต่อชิ้นปลาแซลมอน โดยพบว่าน้ำหนักของชิ้นปลาแซลมอนจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของน้ำเกลือลดลง และคุณสมบัติทางด้านเนื้อสัมผัส ซึ่งได้แก่ ความแข็งกระด้าง ความเหนียวจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของน้ำเกลือเพิ่มขึ้น