

การตรวจเอกสาร

1. ปลาโอลาย

ปลาโอลาย เป็นปลาทูน่าขนาดเล็กจัดอยู่ในวงศ์ Scombridae มีชื่อสามัญภาษาอังกฤษว่า bonito มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Euthynnus affinis* (Cantor, 1849) ขนาดความยาวลำตัวที่พบทั่วไป 30-50 เซนติเมตร มีรายงานว่าพบความยาวสูงสุดประมาณ 100 เซนติเมตร น้ำหนักประมาณ 14 กิโลกรัม ซึ่งถือว่ามีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับชนิดอื่นๆ ในวงศ์เดียวกัน มีลักษณะลำตัวเรียวยาวและป้อมรูปกระสวย ครีบหลังสองตอนติดกัน ก้านครีบแข็งของครีบหลัง 11-14 ก้าน ก้านครีบก้น 13-14 ก้าน มีเกล็ดขนาดเล็กพบเฉพาะบริเวณลำตัวด้านข้างหลังแนวครีบอก (corselet) และแนวเส้นข้างลำตัว ลำตัวส่วนบนเป็นสีน้ำเงินเข้มแกมเทา ลำตัวส่วนท้องเป็นสีขาวเหลืองเงิน ลำตัวส่วนบนมีแถบสีดำเข้มเรียงเป็นแนวเฉียงก่อนมาทางท่อนหาง (ภาพที่ 1) และมีการจัดลำดับทางอนุกรมวิธานตามระบบของ Nelson (1994) ไว้ดังนี้

Phylum Chordata

Subphylum Verte

Class Actinopterygii

Order Perciformes

Family Scombridae

Genus *Euthynnus*

Species *affinis*

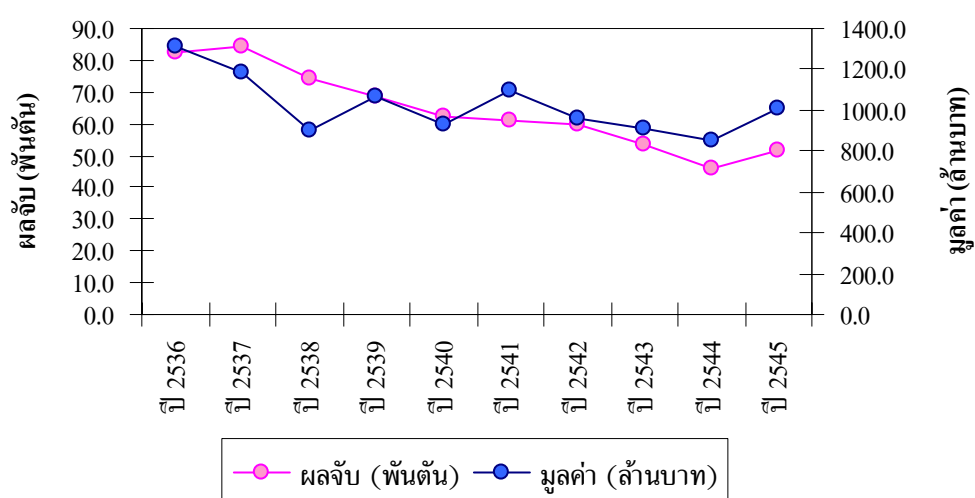


ภาพที่ 1 ปลาโอลาย *Euthynnus affinis* (Cantor, 1849)

ที่มา: FishBase (2006)

ปลาโอลายเป็นปลาผิวน้ำที่มีพฤติกรรมการอพยพระหว่างมหาสมุทรและทะเลเปิด และอาจพบลูกปลาในบริเวณชายฝั่ง โดยอาศัยอยู่รวมกันเป็นฝูงร่วมกับปลาโอและปลาทูน่าชนิดอื่นๆ ซึ่งอาจพบฝูงปลาโอขนาดเล็กประมาณ 100 ตัว หรือขนาดใหญ่ที่มีจำนวนมากกว่า 5,000 ตัว กินปลาผิวน้ำขนาดเล็ก ลูกปลา กุ้ง ปลาหมึก และแพลงก์ตอนสัตว์เป็นอาหาร

การทำประมงปลาโอและปลาทูน่าส่วนใหญ่เป็นการทำประมงด้วยอวนล้อม และเบ็ดราว โดยการทำประมงด้วยเครื่องมืออวนล้อมส่วนใหญ่จะได้ปลาที่มีขนาดต่างๆ กันและจับได้ในปริมาณมากกว่าเมื่อเทียบกับการทำประมงด้วยเครื่องเบ็ดราว ในส่วนที่เป็นขนาดเล็กจะถูกคัดและจำหน่ายในราคาที่ต่ำกว่าปลาขนาดใหญ่ ปลาโอลายของประเทศไทยได้มาจากการทำประมงทั้งหมด ในแต่ละปีปริมาณการจับปลาโอลายอยู่ในช่วง 50,000 ถึง 60,000 ตัน หรือคิดเป็นมูลค่า 800-1,400 ล้านบาท จากรายงานปริมาณการจับปลาโอลายในช่วงปี 2536-2545 ของกองเศรษฐกิจการประมง (2547) พบว่ามีแนวโน้มลดลงซึ่งแสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ปริมาณการจับปลาโอลาย (พันตัน) และมูลค่า (ล้านบาท) ของประเทศไทยในช่วงปี 2536-2545
ที่มา : กองเศรษฐกิจการประมง (2547)

2. คุณค่าทางโภชนาการและการใช้ประโยชน์ของปลาโอลาย

เนื้อปลาโอลายมีปริมาณไมโอโกลบินโปรตีน (myoglobin protein) สูง ซึ่งเป็นโปรตีนที่ประกอบด้วยธาตุเหล็กและสารประกอบไนโตรเจนที่ทำให้เนื้อปลามีสีคล้ำ Frimodt (1995) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของปลาโอลาย พบว่ามีปริมาณความชื้นร้อยละ 72.7 โปรตีนร้อยละ 23.0 ไขมันร้อยละ 2.7 และเถ้าร้อยละ 1.4 ปลาโอลายนอกจากนำมาบริโภคสดยังสามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์นักเก็ตแซ่บเยือกแข็งจากปลาโอลาย ปลาแผ่นอบแห้งจากปลาโอลาย และผงปรุงสำเร็จรูปจากปลาโอลาย

3. สมุนไพรและเครื่องเทศ

สมุนไพร ตาม พระราชบัญญัติยา หมายถึง “ยาที่ได้จากพืช สัตว์ หรือแร่ ซึ่งยังไม่ได้ผสมปรุง หรือเปลี่ยนแปลง” เช่น พืชก็ยังเป็นส่วนของ ราก ลำต้น ใบ ดอก ผล ฯลฯ ซึ่งยังไม่ได้ผ่านขั้นตอนการแปรรูปใดๆ แต่ในทางการค้าสมุนไพรมักจะถูกดัดแปลงในรูปต่างๆ เช่น หั่นให้เป็นชิ้นเล็กกลบ บดเป็นผงละเอียด หรืออัดเป็นแท่ง ส่วนสมุนไพรตามพจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542 นั้น หมายถึงผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ ได้จาก พืช สัตว์ และแร่ธาตุ ที่ใช้เป็นยา ยาพิษ เช่น กระเทียม น้ำผึ้ง รากดิน (ไส้เดือน) เขากวางอ่อน กำมะถัน ขางนอง โล่ดิน อย่างไรก็ตามในความรู้สึกรสของคนที่ไป เมื่อกล่าวถึงสมุนไพร มักจะนึกถึงเฉพาะต้นไม้ที่นำมาใช้เป็นยาเท่านั้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าสัตว์ หรือแร่ มีการนำมาใช้น้อยและใช้ในโรคบางชนิดเท่านั้น สำหรับพืชสมุนไพร หมายถึง พันธุ์ไม้ต่างๆ ที่สามารถนำมาใช้ปรุงหรือประกอบเป็นยารักษาโรคต่าง ๆ ใช้ในการส่งเสริมสุขภาพร่างกายได้

พืชสมุนไพรเป็นผลผลิตจากธรรมชาติ ที่มนุษย์รู้จักนำมาใช้เป็นประโยชน์เพื่อการรักษาโรคภัยไข้เจ็บตั้งแต่โบราณกาลแล้ว เช่นในเอเชียมีหลักฐานแสดงว่ามนุษย์รู้จักใช้พืชสมุนไพร มากกว่า 6,000 ปี แต่หลังจากที่ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ มีการพัฒนาเจริญก้าวหน้ามากขึ้น มีการสังเคราะห์ และผลิตยาจากสารเคมี ในรูปที่ใช้ประโยชน์ได้ง่าย สะดวกสบายในการใช้มากกว่าสมุนไพร ทำให้ความนิยมใช้ยาสมุนไพรลดลง ในปัจจุบันทั่วโลกได้ยอมรับว่าผลที่ได้จากการสกัดสมุนไพร ให้คุณประโยชน์ดีกว่ายาที่ได้จากการสังเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบกับประเทศไทยเป็นแหล่งทรัพยากรธรรมชาติอันอุดมสมบูรณ์ มีพืชต่างๆ ที่ใช้เป็นสมุนไพรได้

อย่างมากมายนับหมื่นชนิด ยังขาดแต่เพียงการค้นคว้าวิจัยในทางที่เป็นวิทยาศาสตร์มากขึ้นเท่านั้น (รังสรรค์, 2545)

เครื่องเทศ ตามพจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542 หมายถึง “ของหอมฉุนและเผ็ดร้อนที่ได้มาจากพืช โดยมาจากต่างประเทศสำหรับใช้ทำยาไทยและปรุงอาหาร เช่น ลูกผักชี ยี่หระ” และส่วนต่างๆ ของพืช เช่น เมล็ด เปลือกเมล็ด ผล ผิวนอกของผล ใบ ราก ลำต้น ฯลฯ ที่ทำให้แห้ง เมื่อนำมาเป็นเครื่องปรุงแต่งกลิ่นและรสชาติในอาหารให้น่ารับประทาน และช่วยดับกลิ่นคาวของเนื้อสัตว์ เพราะในเครื่องเทศส่วนใหญ่ นั้น จะประกอบด้วยน้ำมันหอมระเหยในตัวเอง เพื่อให้ได้รสชาติ สี สัน กลิ่น หรือคุณสมบัติอื่นๆ ที่ต้องการและนอกจากนี้เครื่องเทศบางชนิดยังมีคุณสมบัติเป็นทั้งเครื่องเทศและสมุนไพร การแยกประเภทขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้ประโยชน์จากพืชชนิดนั้น พืชที่มีคุณสมบัติเป็นทั้งเครื่องเทศและสมุนไพรเรียกว่า “เครื่องเทศสมุนไพร” ซึ่งให้ประโยชน์ต่อสุขภาพ ช่วยให้อาหารที่ปรุงจากเครื่องเทศสมุนไพรเหล่านี้กลายเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ น่าสนใจต่อผู้บริโภค เครื่องเทศสมุนไพรบางชนิดที่นิยมใช้ในการปรุงอาหาร (รุ่งรัตน์, 2540) ได้แก่

3.1 ตะไคร้ (lemon grass) เป็นพืชล้มลุกอยู่ในวงศ์ Graminae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cymbopogon citralus* เหง้า ลำต้น ใบ สามารถใช้ประกอบอาหารได้ ส่วนเหง้าและกาบใบสามารถนำมาสกัดน้ำมันหอมระเหย (volatile oil) ซึ่งประกอบด้วยสารซิทรัล (citral) ยูจีนอล (eugenol) เจอรานิโอล (geraniol) ซิโตรเนลลอล (citronellol) เมอร์ซีน (myrcene) และการบูร (camphor) ซึ่งมีคุณสมบัติออกฤทธิ์ขับลมและแก้อาการจุกเสียดได้ดี ตะไคร้มีฤทธิ์อุ่น รสเผ็ด ช่วยลดความดันโลหิตสูง ขับเหงื่อ แก่หวัด ลมเย็น ปวดศีรษะ แก้อาการขัดเบา ช่วยขับปัสสาวะ แก้ปัสสาวะเป็นเลือด และระงับอาการปวดเกร็งตามร่างกาย (ธารา และ กนกวรรณ, 2544 และ สุพจน์, 2543)

3.2 มะกรูด (leech lime หรือ kaffir) เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางในวงศ์ Rutaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Citrus hystrix* ส่วนที่ใช้ประกอบอาหารได้ ได้แก่ ใบ ผล และน้ำมะกรูด ผิวลูกมะกรูดมีน้ำมันหอมระเหยซึ่งประกอบด้วยสารหลัก คือ เบต้าไพเนน (β -pinene) ลิโมนีน (limonene) ซาบินีน (sabinene) และในใบมีน้ำมันหอมระเหยชนิดซิโตรเนลลา (citronella) ไอโซพูลิโกล (isopulegol) และไลนาลูอล (linalool) น้ำมะกรูดประกอบด้วยกรดซิตริก (citric acid) วิตามินซี และกรดอินทรีย์ชนิดต่างๆ มีสรรพคุณช่วยให้เจริญอาหาร แก้อาการท้องอืดท้องเฟ้อ และใช้ดองยา

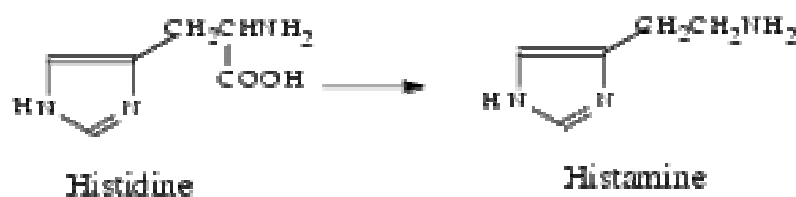
เพื่อใช้เป็นยาบำรุงโลหิตสตรี และฟอกเลือด ช่วยขับเสมหะ บรรเทาอาการไอ จุกเสียด และขับลมในลำไส้ (ธารา และ กนกวรรณ, 2544 และ สุพจน์, 2543)

3.3 ลูกผักชี เป็นส่วนของผลผักชี ซึ่งเมื่อแก่จะแตกออกเป็น 2 ซีก ขนาดเท่าๆ กันแต่ละซีกมี 1 เมล็ด สำหรับในประเทศไทยมี 2 พันธุ์ คือ พันธุ์พื้นเมือง ซึ่งมีเมล็ดเล็ก กลิ่นฉุน และพันธุ์แอฟริกา มีกลิ่นหอมเพียงเล็กน้อย ลูกผักชีแก่จะมีน้ำมันหอมระเหยที่เรียกว่าน้ำมันลูกผักชี (coriander oil) ซึ่งมีสารที่สำคัญคือ น้ำมันคอเรียนดรอ (coriandrol oil) และ ดี-ไลนาลูอล (d-linalool) ซึ่งเป็นน้ำมันใส ไม่มีสี คงทนไม่สลายตัวและมีกลิ่นหอม นอกจากนี้ลูกผักชียังมีสาร fatty oil ซึ่งมีกลิ่นเหมือนน้ำมันลูกผักชี มีสรรพคุณในการช่วยย่อยอาหาร บำรุงกระเพาะ แก้ไข้หวัด ขับเหงื่อ ขับปัสสาวะ บำรุงธาตุ แก้อาการน้ำดีเป็นพิษ การเคี้ยวแก้อาการเมาเหล้า และทำให้มีลมหายใจมีกลิ่นหอม (ธารา และ กนกวรรณ, 2544 และ สุพจน์, 2543)

4. ฮิสตามีน

ฮิสตามีนเป็นสารเอมีนที่ระเหยไม่ได้ พบได้ในเซลล์ของร่างกายมนุษย์ มีหน้าที่ควบคุมการหลั่งกรดในกระเพาะอาหารและทำให้หลอดเลือดขยายตัว เป็นสารที่พบมากในปลาทะเล โดยเฉพาะปลาทูน่า ปลาโอ ปลาแมคเคอเรล เนื่องจากปลากลุ่มนี้มีปริมาณกรดอะมิโนฮิสเทรีน (histidine) สูงกว่าปลาชนิดอื่น ซึ่งจะถูกเปลี่ยนเป็นฮิสตามีนโดยเอนไซม์ฮิสติดีนดีคาร์บอกซิเลส (histidine decarboxylase) ที่สร้างมาจากแบคทีเรียที่อาจปนเปื้อนมาจากเหงือก เมือก เกลือ อากาศ หรือการขนส่ง โดยกระบวนการ decarboxylation หรืออาจเกิดจากกระบวนการย่อยสลายตัวเอง (autolysis) ในตัวปลาเอง นอกจากนี้ยังสามารถพบฮิสตามีนในอาหารประเภทอื่นๆ ได้ เช่น อาหารและเครื่องดื่มที่ผ่านกระบวนการหมัก (fermented foods and beverages) เบียร์ อาหารกระป๋อง เนยแข็ง แยม โยเกิร์ต ไวน์ มะเขือเทศ อะโวคาโด ฯลฯ (เขาวลัษณ์, 2543; Arnold and Brown, 1978 และ Ababouch, 1991)

สูตรโครงสร้างทางเคมีของฮิสตามีน คือ 2-(4-imidazolyl) ethylamine หรือ $C_5H_9N_3$ ซึ่งสังเคราะห์ได้โดยกระบวนการ decarboxylation กรดอะมิโนฮิสติดีน (histidine) โดยเอนไซม์ L-histidine decarboxylase ที่สร้างขึ้นโดยแบคทีเรีย และจากกระบวนการย่อยสลายตัวเองในปลาดังสมการในภาพที่ 3 (เขาวลัษณ์, 2543; Emanuel, 1999 และ Janeway *et al.*, 1999)



ภาพที่ 3 สูตรโครงสร้างทางเคมีและกระบวนการสังเคราะห์ฮีสตามีน

ที่มา: Allain (2004)

อาการเป็นพิษของฮีสตามีนมีผลต่อระบบภูมิคุ้มกันภายในร่างกาย (immune response) ส่งผลให้เกิดอาการภูมิแพ้ (allergic reaction) เช่นเดียวกันกับฝุ่นละอองหรือเกสรดอกไม้ และยังมีผลต่อระบบทางเดินอาหาร ระบบหมุนเวียนโลหิต และระบบประสาท ปริมาณฮีสตามีนที่พบในเนื้อปลา มีผลต่อระดับความรุนแรงของพิษที่เกิดขึ้น ในหลายประเทศได้กำหนดปริมาณฮีสตามีนในผลิตภัณฑ์ประมงระดับที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค (Hazard Action Level; HAL) ในปลาทูน่าที่ 50 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง และระดับฮีสตามีนที่ทำให้อาหารมีข้อบกพร่อง (Defect Action Level; DAL) ที่ 20 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง (Emanuel, 1999; Janeway *et al.*, 1999 และ Sikorski, 1990)

5. อาหารกึ่งแห้ง

5.1 ความหมายและลักษณะ

อาหารกึ่งแห้ง หมายถึง อาหารที่ลดค่าปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ (water activity: a_w) ลงให้อยู่ในช่วง 0.65-0.85 และมีความชื้นประมาณร้อยละ 15-30 (ไพโรจน์, 2539) อาหารกึ่งแห้งเป็นอาหารที่ผ่านกระบวนการลดความชื้นเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง มีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.60-0.90 แต่ในทางการค้ามักจะควบคุมค่า a_w ให้อยู่ในช่วง 0.70-0.85 (Brockmann, 1969) การผลิตผลิตภัณฑ์กึ่งแห้งมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อต้องการยืดอายุการเก็บรักษาให้ยาวนานที่สุดเท่าที่จะทำได้ ซึ่งต้องผ่านกระบวนการลดความชื้น (Robson, 1976 และ Leistner *et al.*, 1981)

อาหารประเภทกึ่งแห้งเป็นอาหารที่มีลักษณะค่อนข้างอ่อนนุ่ม (soft-moist texture) เป็นอาหารที่สามารถรับประทานได้เลยโดยไม่ต้องนำไปกึ่งนึ่งรูป และมีความคงทนโดยไม่จำเป็นต้องเก็บรักษาในตู้เย็น อาหารกึ่งแห้งที่มีจำหน่ายในท้องตลาด ได้แก่ กุนเชียง เนยแข็งบ่ม แสมแห้ง อาหารสำหรับสัตว์เลี้ยง เป็นต้น (ไพโรจน์, 2539 และ ปรียา, 2528)

5.2 หลักการผลิตและการพัฒนา

การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแห้งเริ่มขึ้นจากการที่มนุษย์พยายามที่จะแปรรูปอาหารโดยการตากแห้ง มีการนำมามากแดดเพื่อให้ความชื้นลดลง ทำให้สามารถเก็บรักษาอาหารได้นานขึ้นและได้มีการคิดหาวิธีการเพื่อที่จะนำน้ำออกจากอาหารให้เหมาะสมต่อการคงทนต่อการเสื่อมเสียโดยจุลินทรีย์ เช่น การเติมเกลือหรือน้ำตาล และการใช้เกลือกับน้ำตาลร่วมกัน อาหารกึ่งแห้งที่ได้จัดเป็นอาหารกึ่งแห้งแบบดั้งเดิม (traditional types of intermediate moisture foods) เช่น แยม ลูกกวาดกลืนผลไม้ เยลลี่ และไส้กรอก เป็นต้น ต่อมาได้มีการพัฒนาอาหารกึ่งแห้งแบบที่มีการพัฒนาใหม่ โดยการพัฒนาคัดค้นเอาเทคนิคและหลักวิชาการทางวิทยาศาสตร์เข้ามาเกี่ยวข้อง เพื่อนำน้ำออกจากอาหารให้ความชื้นและ a_w ต่ำลงในระดับที่จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้หรือใช้วิธีการอื่นๆ โดยอาศัยหลักการดังต่อไปนี้ (ไพโรจน์, 2539)

5.2.1 การลดปริมาณความชื้นให้ต่ำหรือลดปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ให้ต่ำลงโดยใช้สารประกอบประเภท humectants

5.2.2 การเติมสารยับยั้งเชื้อรา และแบคทีเรียที่มีต่ออาหาร

5.2.3 การเติมสารเคมีบางประเภทลงไปเพื่อปรับปรุงความคงทน และคุณสมบัติทางด้านกลิ่น รสชาติ ของอาหาร

6. ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ (water activity: a_w)

a_w หมายถึง ปริมาณความชื้นที่จุลินทรีย์ต้องการในการเจริญหรืออัตราส่วนของความดันไอของสารละลายต่อความดันไอน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิเดียวกัน เป็นการประมาณปริมาณน้ำอิสระที่มีอยู่ในระบบนั้น ทั้งนี้ไม่รวมถึงปริมาณน้ำที่อาหารดูดซับไว้ หรืออัตราส่วนการดูดซับว่ามีมากน้อยเพียงไร ค่า a_w เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญในการผลิตอาหารกึ่งแห้ง เกี่ยวข้องโดยตรงกับการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและจุลชีววิทยา อาหารที่มีค่า a_w ต่ำจะมีน้ำที่เป็นประโยชน์ในการทำปฏิกิริยาทางเคมีและเพื่อการเจริญของจุลินทรีย์เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ฉะนั้นอาหารจึงมีคุณสมบัติในการคงตัวดี (Scott, 1957 และ ไพโรจน์, 2539) ในการพัฒนาอาหารกึ่งแห้งได้มีผู้ศึกษาและกำหนดค่า a_w ที่ระดับความเหมาะสมที่แตกต่างกัน ได้แก่ 0.65-0.70 (Karel, 1976) 0.75-0.85 (Brockmann, 1970) 0.65-0.85 (Plitman et al., 1973) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดดังตัวอย่างในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่า a_w ปริมาณความชื้น และค่า pH ในอาหารกึ่งแห้งบางชนิด

ชนิดของอาหาร	ค่า a_w	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	ค่า pH
IMF – Catfish	0.80	26.60	6.4
IMF – Coconut milk	0.75-0.80	30–35	7.0
IMF – Cheese	0.82	25	5.2

ที่มา: Karel (1976)

ค่า a_w ในระดับที่ไม่เกิน 0.85 จะทำให้ปลอดภัยจากแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ที่เป็นสาเหตุของอาหารเป็นพิษ เนื่องจากแบคทีเรียชนิดนี้สามารถเจริญเติบโตได้ที่ a_w สูงกว่า 0.85 อย่างไรก็ตามอาหารที่มีค่า a_w ที่ต่ำกว่า 0.70 จะมีความคงตัวดีเก็บได้นานโดยไม่เสีย แต่อาหารจะมีลักษณะแห้งเกินไป (Pawsey and Davies, 1976 และ Corry, 1976)

7. สารดูดความชื้น

สารดูดความชื้นเป็นสารที่ช่วยดูดซับความชื้นของอาหาร เพื่อคงลักษณะเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่มไว้ ดังนั้นสารดูดความชื้นจึงถูกนำมาใช้ในการพัฒนาการผลิตอาหารกึ่งแห้งเพื่อให้ปริมาณน้ำหรือน้ำที่เป็นประโยชน์เหมาะสมและเป็นที่ยอมรับ ในอาหารกึ่งแห้งแบบดั้งเดิมนั้นมีการนำเกลือและน้ำตาลมาใช้เป็นสารดูดความชื้นแต่มีข้อจำกัดในเรื่องปริมาณการใช้ ต่อมาได้มีการพัฒนาการใช้สารดูดความชื้น ที่มีคุณสมบัติละลายน้ำได้ง่ายมีความคงตัว ไม่ระเหย สามารถบริโภคได้ มีคุณค่าทางโภชนาการ ไม่ทำปฏิกิริยาเคมีกับอาหารที่เติมลงไป และมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ (Taylor, 1980 และ Ledward, 1981)

สารดูดความชื้นที่นิยมใช้กันทั่วไป ได้แก่ เกลือ น้ำตาล ซอร์บิทอล กลีเซอรอล โพรพิลีนไกลคอล แป้งข้าวโพด 1,3-บิวทิลีนไกลคอล เจลาติน คาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส เป็นต้น (Sloan and Labuza, 1975; Karel, 1976 และ Chirife *et al.*, 1980) สำหรับการศึกษาในครั้งนี้เลือกใช้ซอร์บิทอลเป็นสารดูดความชื้น เนื่องจากมีคุณสมบัติเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์

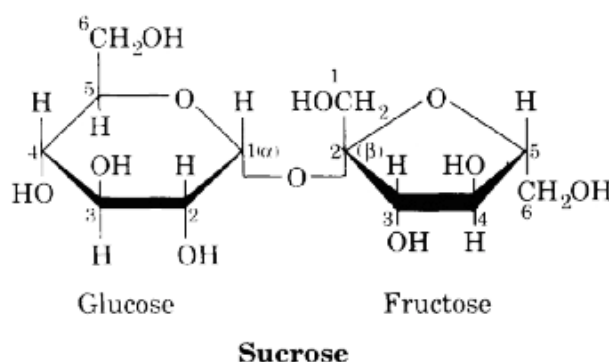
7.1 น้ำตาลทราย

น้ำตาลทรายหรือน้ำตาลซูโครส จัดเป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่ (disaccharide) มีสูตรโครงสร้าง ดังภาพที่ 4 ซึ่งประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว 2 ตัว คือ น้ำตาลกลูโคสจับตัวกับน้ำตาลฟรักโทส มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 342 มีคุณสมบัติเป็นสารให้ความหวานและสารดูดความชื้น นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ยา (กล้าณรงค์, 2542) สามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ตาม มอก. 56-2516 ดังนี้

7.1.1 น้ำตาลทรายดิบ หมายถึง ผลึกซูโครสที่มีความบริสุทธิ์ต่ำ สีนํตาลอ่อนหรือเข้ม ตามสีกานํตาล (molasses) ที่หุ้มอยู่รอบผลึก

7.1.2 น้ำตาลทรายขาวชั้นหนึ่ง หมายถึง ผลึกซูโครสที่มีความบริสุทธิ์สูง สีขาวมีกานํตาลติดอยู่เป็นส่วนน้อย

7.1.3 น้ำตาลทรายขาวชั้นพิเศษหรือนํตาลทรายขาวบริสุทธิ์ หมายถึง ผลึกซูโครสที่มีความบริสุทธิ์สูงมาก สีขาวสะอาด มีกานํตาลติดอยู่เป็นส่วนน้อยที่สุด



ภาพที่ 4 สูตรโครงสร้างของน้ำตาสูโครส

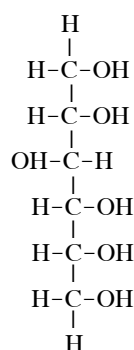
ที่มา: ACCESS TO ENERGY NEWSLETTER ARCHIVE (1996)

7.2 ซอร์บิทอล

ซอร์บิทอล (sorbitol) เป็นสารที่จัดอยู่ในพวก polyol หรือ polyhydric alcohol หรือนํตาลแอลกอฮอล์ (Taylor, 1980) สามารถเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า D-glucitol มีสูตรโครงสร้างดังภาพที่ 5 มีคุณสมบัติเป็นสารดูดความชื้นและให้ความหวาน (ประมาณ 0.5-0.6 เท่าของนํตาล) ซอร์บิทอล

ที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ยา สกัดได้จากผลของ mountain ash (*Sorbus aucuparia*) แต่ในทางการค้าจะผลิตโดยการไฮโดรจีเนทหรือการรีดิวซ์กลูโคสและฟรุคโตส แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดแรกเป็นผลึกปริซึมรูปเข็มขนาดเล็ก และอีกชนิดเป็นผลึกแผ่นแคบ ผลึกของซอร์บิทอลมีความคงตัวสูงไม่เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดและไม่เกิดคาราเมลแม้จะได้รับความร้อนเป็นเวลานาน นอกจากนี้ยังสามารถละลายน้ำได้ 235 กรัมในน้ำ 100 กรัม และมีความคงตัวต่อความร้อนดีแม้จะอยู่ในรูปสารละลาย (Forster, 1974 และ Emodi, 1978, 1982)

ซอร์บิทอลจัดอยู่ในรายชื่อของ GRAS (Generally Recognized As Safe) จึงถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารอย่างแพร่หลาย เช่น การทำขนมอบเพื่อช่วยรักษาความชื้นตลอดอายุการเก็บรักษา ป้องกันการเกิดคาราเมลและการไหม้ในผลิตภัณฑ์เนื้อ และการลดค่า a_w ในอาหารสุนัขเพื่อป้องกันการเกิดเชื้อรา



ภาพที่ 5 สูตรโครงสร้างของซอร์บิทอล

ที่มา: กล้าณรงค์ (2542)

การนำซอร์บิทอลมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ประมงยังไม่แพร่หลายมากนัก Destura and Haard (1999) พบว่าการใช้ซอร์บิทอลร้อยละ 10 ในการพัฒนาแพตตี้ปลาถึงแห้งจากปลา rock fish ผู้ทดสอบให้การยอมรับดีที่สุด ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่า a_w เท่ากับ 0.8 และจากการเก็บรักษาโดยการเติมโปรแตสเซียมซอร์เบต และ TBHQ (tert-BUTYLHYDROQUINONE) บรรจุแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 38 และ -20 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 เดือน ผลิตภัณฑ์มีค่า a_w ลดลงเล็กน้อยและยังได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบ ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการศึกษาของ สวามินี (2546) ที่พบว่าปริมาณซอร์บิทอลที่เหมาะสมในการพัฒนาแพตตี้ปลาถึงแห้งจากปลาดุกอุยเทศ คือ ร้อยละ 10 ของส่วนผสมทั้งหมด ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่า a_w เท่ากับ 0.82

8. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพและการเก็บรักษาอาหารกึ่งแห้ง

8.1 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหารกึ่งแห้ง

อาหารกึ่งแห้งมีการเปลี่ยนแปลงได้ทั้งทางเคมี และจุลชีววิทยา ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกี่ยวข้องกับค่า a_w โดยตรง อาหารแต่ละประเภทประกอบด้วยสารอาหารที่แตกต่างกันและมีค่า a_w ที่แตกต่างกัน ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจึงมีความแตกต่างกันด้วย โดยเฉพาะอาหารกึ่งแห้งที่มีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.60-0.90 (ปรียา, 2528 และ ไพโรจน์, 2539)

การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของอาหารกึ่งแห้งจะเกิดโดยมีอนุมูลอิสระ (free radical) ที่เกิดจากปฏิกิริยาของรังสี และการตากแห้ง โดยมีโลหะหนักปริมาณเล็กน้อยทำหน้าที่เป็นตัวเร่ง ซึ่งส่วนใหญ่จะต้องมีไขมันและออกซิเจนอยู่ด้วย Labuza (1982) รายงานว่าการเกิดปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนของไขมัน (lipid oxidation) จะทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดกลิ่นเหม็นหืนและกลิ่นรสที่ไม่ต้องการ (off-flavor) และกลิ่นหืนอาจถูกเร่งให้เกิดขึ้นด้วยโลหะหนัก นอกจากนั้นปริมาณน้ำ และขนาดของอาหารกึ่งแห้ง ทำให้โลหะหนักดังกล่าวเกิดการเคลื่อนตัวทั่วขึ้นของอาหารจึงเป็นการเร่งการเกิดกลิ่นหืนให้มากขึ้น ข้อสังเกตที่น่าสนใจพบว่า เมื่อค่า a_w สูงขึ้นจะมีผลทำให้อัตราการหืนลดลง เนื่องจากโลหะหนักจะมีการรวมตัวกับน้ำในรูป hydrate และ hydroxide ที่ไม่ละลายน้ำ ทำให้โลหะหนักมีความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาการเหม็นหืนได้ลดลง นอกจากนี้ช่วงค่า a_w ของอาหารกึ่งแห้งยังทำให้ผนังเซลล์ของอาหารมีการพองตัวและทำให้ออกซิเจนสามารถซึมเข้าไปได้ทำให้เกิดการเหม็นหืนได้เช่นกัน (Karel, 1976 และ Williams, 1976)

ช่วงค่า a_w ของอาหารกึ่งแห้งที่ 0.60-0.85 เป็นช่วงที่มีอัตราการเกิดสีน้ำตาล (non-enzymic browning reaction) สูงที่สุด จึงเป็นสิ่งที่ต้องให้ความสำคัญเป็นอย่างยิ่งในการผลิตอาหารกึ่งแห้ง การเติมสารถูกละลาย เช่น การใช้ซอร์บิทอล เพื่อลดค่า a_w จะมีผลต่ออัตราการเกิดสีน้ำตาล นอกจากนี้ยังพบว่าการลดความเป็นกรดของอาหารลงประมาณ 6-5 หรือน้อยกว่า และการนำซัลเฟอร์ไดออกไซด์หรือซัลไฟต์มาใช้ในการผลิตยังเป็นการช่วยลดอัตราการเกิดสีน้ำตาลของอาหารกึ่งแห้งได้เช่นกัน (Labuza, 1980)

การเปลี่ยนแปลงทางจุลชีววิทยาในอาหารกึ่งแห้ง การเจริญของจุลินทรีย์และการสร้างสารพิษหรือสารที่ไม่พึงปรารถนามีความเกี่ยวข้องกับค่า a_w ด้วยเช่นกัน โดยทั่วไปจุลินทรีย์สามารถ

เจริญได้ดีในอาหารที่มีค่า a_w ในระดับที่พอเหมาะ และการเจริญจะลดลงเมื่อ a_w ลดลงจนถึงช่วงหนึ่งที่จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้ (Scott, 1957 และ Troller and Christian, 1978) อาหารกึ่งแห้งที่มีค่า a_w ต่ำกว่า 0.90 สามารถป้องกันการเจริญของแบคทีเรียบางชนิดได้ โดยค่า a_w ในช่วง 0.82-0.84 จะยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้ อย่างไรก็ตาม a_w ที่ระดับดังกล่าวยังไม่สามารถยับยั้งการเจริญของราและยีสต์ได้ โดยราและยีสต์ทั่วไปสามารถเจริญได้ที่ a_w ต่ำถึง 0.85 แต่มียีสต์และราบางชนิดที่สามารถเจริญได้ที่ a_w ต่ำกว่า 0.85 นอกจากนี้ยังพบว่าค่า a_w ที่ต่ำกว่า 0.85 หรือค่าความเป็นกรดค่าที่น้อยกว่า 5.0 จะสามารถป้องกันการเจริญของ *Staphylococcus aureus* ได้ (Bone, 1969; Kaplow, 1970; Karel, 1976 และ Beuchat, 1981)

8.2 การเก็บรักษาอาหารกึ่งแห้ง

อายุการเก็บรักษา หมายถึง ช่วงระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ ตั้งแต่เริ่มผลิตจนกระทั่งผลิตภัณฑ์นั้นอยู่ในสภาพที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ ได้มีการศึกษาและพัฒนาวิธีการที่จะเก็บรักษาอาหารกึ่งแห้งให้อยู่ในสภาพที่ผู้บริโภคยอมรับได้นานที่สุด และเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์นั้นๆ ผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแห้งควรบรรจุในภาชนะที่สามารถป้องกันการเข้าออกของแก๊สและความชื้นเนื่องจากราไม่สามารถเจริญได้ในผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ จึงช่วยป้องกันการเสี่ยงที่อาจเกิดจากสารพิษจากเชื้อรา (ปรีชา, 2528 และ Labuza, 1982) นอกจากนี้ บรรจุภัณฑ์ก็มีส่วนสำคัญที่ช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยการป้องกันตัวเร่งปฏิกิริยา คือ แสง ออกซิเจน และการปนเปื้อนของโลหะได้ และยังสามารถควบคุมกลิ่นเหม็นหืนได้ด้วยหากมีการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม และเก็บรักษาในที่อุณหภูมิต่ำหรือมีการใช้ antioxidants (Williams, 1976 และ Fritsch and Gale, 1977) ส่วนปัจจัยที่สำคัญในการเก็บรักษาอาหารกึ่งแห้ง คือ ค่า a_w ซึ่งมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ดังที่ได้กล่าวไปแล้ว ปรีชา (2528) กล่าวว่าควรเก็บอาหารกึ่งแห้งไว้ในที่อุณหภูมิห้อง ถ้าต้องการยืดอายุการเก็บให้นานขึ้นควรเก็บไว้ในที่อุณหภูมิต่ำ

8.3 บรรจุภัณฑ์และการบรรจุ

การใช้บรรจุภัณฑ์มีวัตถุประสงค์หลัก คือ เพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ นอกจากนี้ควรมีคุณสมบัติช่วยรักษาคุณภาพและลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ไว้ได้ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีมูลค่าและน่าสนใจมากยิ่งขึ้น (มยุรา, 2546 และ Subasinghe, 1992) วัสดุที่นิยมใช้ทำบรรจุภัณฑ์อาหาร ได้แก่ พลาสติก (plastic) ฟิล์มพลาสติกหลายชั้น (laminated film) เนื่องจากมีคุณสมบัติป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำและก๊าซต่างๆ ได้ (ปุ่น และสมพร, 2541)

และฟิล์มเคลือบโลหะ (metallized film) มีคุณสมบัติเป็นมันเงา เบา และอ่อนตัวป้องกันการซึมผ่านของก๊าซ ความชื้น แสงได้ดี อัตราการซึมผ่านของออกซิเจนน้อยกว่า 1 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อตารางเมตรต่อ 24 ชั่วโมง และอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ 0.5-0.9 กรัมต่อตารางเมตรต่อ 24 ชั่วโมง (David, 1970)

สำหรับบรรจุภัณฑ์พลาสติกทำมาจากโพลิเมอร์หรือโคโพลิเมอร์ของพลาสติก ที่นิยมนำมาใช้เป็นบรรจุภัณฑ์สำหรับอาหารกึ่งแข็งส่วนใหญ่อยู่ในรูปของฟิล์มโพลิเอทิลีน (PE) ซึ่งมีคุณสมบัติโปร่งแสง นิ่ม และยืดหยุ่นสูง มีความเหนียวทนต่อกรดด่างและป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดี ดูดซึมน้ำได้ต่ำมาก ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซ มีความปลอดภัยในการใช้กับอาหารและยา ปัจจุบันได้มีการดัดแปลงบรรจุภัณฑ์ให้มีความเหมาะสมกับการบรรจุผลิตภัณฑ์มากยิ่งขึ้น โดยการใช้พลาสติกลามิเนต (laminate) ประกบกับแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ ทำให้ได้บรรจุภัณฑ์ที่เป็นพลาสติกชนิดที่ไม่ยอมให้อากาศซึมผ่านได้ ซึ่งนิยมนำใช้สำหรับการบรรจุในสภาพบรรยากาศควบคุม (วัลย์ดา และ นฤมล, 2533; มยุรา, 2546 และ Kondo, 1990)

ส่วนวิธีการบรรจุผลิตภัณฑ์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาอาหารนั้น งามทิพย์ (2537) ได้ให้รายละเอียดไว้ดังนี้

- การบรรจุแบบสุญญากาศ (Vacuum packaging) คือ การบรรจุผลิตภัณฑ์ให้อยู่ภายใต้สุญญากาศ โดยการดึงอากาศภายในภาชนะและ/หรือภายในผลิตภัณฑ์ออกไป โดยไม่มีการพ่นก๊าซใดๆ เข้าไปแทนที่ เป็นวิธีที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันและทำให้ลักษณะปรากฏของอาหารดีขึ้น สามารถประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารทะเลที่ผ่านการทำให้สุกแล้วแช่เย็น

- การบรรจุในสภาพบรรยากาศดัดแปลง (Modified Atmosphere Packaging: MAP) คือ การบรรจุผลิตภัณฑ์ให้อยู่ภายใต้บรรยากาศที่มีอัตราส่วนของก๊าซชนิดต่างๆ แตกต่างไปจากบรรยากาศปกติ และอัตราส่วนนี้อาจเปลี่ยนแปลงได้ตามเวลา ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุ อัตราส่วนของก๊าซแรกเริ่ม วัสดุบรรจุที่ใช้ และสภาวะการเก็บผลิตภัณฑ์นั้นๆ เป็นวิธีการที่อาศัยหลักการของการควบคุมปริมาณอากาศภายในบรรจุภัณฑ์ ลดปริมาณการเจริญของแบคทีเรียในผลิตภัณฑ์ และลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านกลิ่นรส สี และการเกิดกลิ่นหืน

- การบรรจุในสภาพบรรยากาศควบคุม (Controlled Atmosphere Packaging: CAP) คือ การบรรจุผลิตภัณฑ์ให้อยู่ภายใต้สภาพบรรยากาศที่มีอัตราส่วนของก๊าซชนิดต่างๆ แตกต่างกันออกไปจากบรรยากาศปกติ และอัตราส่วนนี้จะคงที่ตลอดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ มีลักษณะคล้ายกับการบรรจุในสภาพบรรยากาศดัดแปลง แต่การควบคุมปริมาณก๊าซต่างๆ ภายในสถานที่เก็บรักษา ต้องมีการควบคุมให้มีความเข้มข้นของก๊าซชนิดต่างๆ คงที่อยู่ในระดับที่สามารถชะลอกระบวนการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ภายในผลิตภัณฑ์ให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด ซึ่งวิธีนี้อาจใช้บรรจุภัณฑ์ที่เป็นพลาสติกชนิดที่ไม่ยอมให้อากาศซึมผ่านได้ เช่น พลาสติกประกบกับแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์

- การบรรจุในสภาพบรรยากาศชนิดใดชนิดหนึ่ง (Gas-Flush Packaging) คือ การบรรจุผลิตภัณฑ์ให้อยู่ภายใต้บรรยากาศของก๊าซชนิดใดชนิดหนึ่ง เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หรือก๊าซไนโตรเจน โดยการพ่นก๊าซนั้นๆ เข้าไปแทนที่อากาศภายในภาชนะ วิธีนี้นิยมใช้สำหรับใส่ก๊าซออกซิเจนในภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์ที่ไวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชัน เช่น อาหารที่มีไขมันมาก น้ำผลไม้ เป็นต้น

- การบรรจุแบบ Sous vide เป็นวิธีการสำหรับบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารที่สุกแล้วแช่เย็นบรรจุอยู่ในสุญญากาศ ทำให้ผลิตภัณฑ์คงสภาพดีจนถึงมือผู้บริโภค เหมาะสมสำหรับอุตสาหกรรมอาหารที่ผ่านความร้อน

เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ทดลองเป็นอาหารกึ่งแข็ง จึงมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพได้ทั้งทางด้านเคมีและจุลชีววิทยา การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของอาหารกึ่งแข็งส่วนใหญ่จะเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันโดยมีแสงสว่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ส่วนการเปลี่ยนแปลงทางด้านจุลชีววิทยาในอาหารกึ่งแข็งนั้น ได้แก่ การเจริญของจุลินทรีย์และการสร้างสารพิษหรือสารที่ไม่พึงปรารถนา จะเกี่ยวข้องกับค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ด้วย ดังนั้นการบรรจุผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติไม่ยอมให้อากาศความชื้น และแสงผ่านได้ เช่น ฟิล์มเคลือบโลหะจะช่วยลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านกลิ่นรส สี การเกิดกลิ่นหืนรวมถึงการป้องกันการดูดกลับของความชื้นด้วย