บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 การทอด

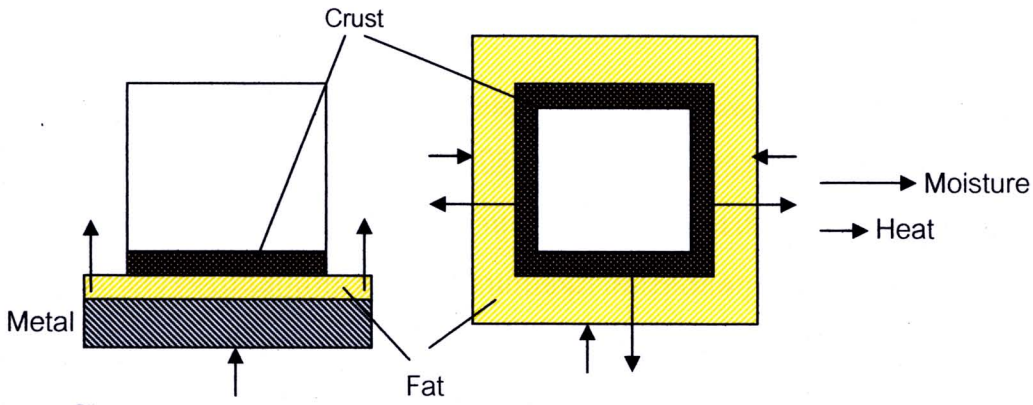
การทอด (Frying) หมายถึง การนำอาหารวางในน้ำมันที่ร้อน โดยอุณหภูมิที่ผิวหน้าของอาหารจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและน้ำที่ผิวหน้าอาหารก็จะกลายเป็นไอระเหยออกไป ทำให้ผิวหน้าของอาหารเริ่มแห้ง จากนั้นน้ำจากภายในชิ้นอาหารจะเคลื่อนที่ออกมาที่บริเวณผิวหน้าอาหารและระเหยกลายเป็นไอ โดยอุณหภูมิที่ผิวหน้าของอาหารจะเพิ่มขึ้นจนเท่ากับอุณหภูมิของน้ำมันและอุณหภูมิภายในชิ้นอาหารจะเพิ่มขึ้นช้าๆ จนถึง 100 องศาเซลเซียส การทอดทางอุตสาหกรรมโดยทั่วไปมี 2 วิธี ได้แก่ การทอดโดยใช้น้ำมันน้อย (shallow frying) และการทอดโดยใช้น้ำมันท่วม (deep fat frying) (Fellow, 1990)

<u>การทอดโดยใช้น้ำมันน้อย</u>

การทอดด้วยวิธีนี้เหมาะกับอาหารที่มีอัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรสูง เช่น ไข่ เบคอน เป็นต้น โดยความร้อนจากผิวของกระทะร้อนจะเคลื่อนที่ผ่านชั้นน้ำมันบางๆ ไปยังชิ้นอาหารดังแสดงในรูปที่ 2.1a นอกจากนี้ไอน้ำที่เกิดขึ้นในระหว่างการทอดจะทำให้ชิ้นอาหารบางส่วนไม่สัมผัสกับผิวของกระทะ เป็นสาเหตุให้อุณหภูมิในการทอดไม่สม่ำเสมอ ส่งผลให้ผิวของชิ้นอาหารที่ได้มีสีน้ำตาลไม่สม่ำเสมอ

<u>การทอดโดยใช้น้ำมันท่วม</u>

การทอดด้วยวิธีนี้เป็นการถ่ายเทความร้อนทั้งการพาความร้อนในน้ำมันร้อนและการนำความร้อนจากภายในอาหาร ซึ่งผิวหน้าของอาหารจะได้รับความร้อนอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งชิ้นทำให้สีของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความสม่ำเสมอ ดังแสดงในรูปที่ 2.1b การทอดวิธีนี้เหมาะกับอาหารทุกรูปร่าง แต่อาหารที่มีรูปร่างไม่สม่ำเสมอจะอมน้ำมันมากกว่าอาหารที่รูปร่างสม่ำเสมอ เนื่องจากมีพื้นที่ผิวต่อปริมาตรสูงกว่าและยังอาจเนื่องมาจากความเป็นรูพรุน (porosity) ของผิวอาหารโดยเฉพาะพวกที่ผ่านการชุบแป้งทอด (battering)



รูปที่ 2.1 a) การถ่ายเทความร้อนและมวลในการทอดโดยใช้น้ำมันน้อย
b) การถ่ายเทความร้อนและมวลในการทอดโดยใช้น้ำมันมาก
ที่มา: ดัดแปลงจาก Fellow (1990)

การทอดแบบน้ำมันท่วมเป็นวิธีที่นิยมใช้สำหรับการเตรียมอาหาร เนื่องจากมีความรวดเร็วในการเตรียมและทำให้อาหารมีกลิ่นรสและเนื้อสัมผัสที่ดี (Holownia *et al.*, 2001) ในช่วง 40 ปีที่ผ่านมา อัตราการบริโภคอาหารทอดเพิ่มขึ้นมาก (Mallikarjunan *et al.*, 1997) ทำให้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ๆ รวมถึงผลิตภัณฑ์อาหารฟาสต์ฟู้ดส์ (fast food) และอาหารทอดแช่เยือกแข็ง (frozen prefried food) (Marquez-Ruiz and Dobarganes, 1996)

2.2 การแช่เยือกแข็ง

การแช่เยือกแข็ง (Freezing) เป็นกรรมวิธีการลดอุณหภูมิของอาหารให้ต่ำลงกว่าจุดเยือกแข็ง (freezing point) นิยมใช้ที่ -18 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า น้ำจะเปลี่ยนสภาพไปเป็นผลึกน้ำแข็งทำให้ความเข้มข้นของตัวถูกละลาย (ใน aqueous phase) สูงขึ้นเป็นผลให้ค่า water activity (a_w) ของอาหารลดลงถือว่าเป็นการถนอมอาหารโดยการลดอุณหภูมิร่วมกับการลดค่า a_w (Fellow, 1990) และหากใช้วิธีการแช่เยือกแข็งที่เหมาะสม โดยการใช้อัตราการแช่เยือกแข็งที่รวดเร็วช่วยให้ผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นมีขนาดเล็กซึ่งจะลดการฉีกขาดของเนื้อเยื่ออาหาร ส่งผลให้ลดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการและสามารถรักษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส และเนื้อสัมผัสได้ดี อย่างไรก็ตาม การตรียมวัตถุดิบ เช่น การล้างทำความสะอาด การตัดแต่ง การลวก และอื่นๆ ก็อาจทำให้เนื้อเยื่ออาหารเกิดการสูญเสียคุณภาพไปได้บ้าง (วิไล รังสาดทอง, 2543)

2.3 การให้ความร้อนด้วยเตาไมโครเวฟ (Microwave Heating)

ไมโครเวฟเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic wave) มีความถี่ในช่วง 300 เมกกะ-เฮิร์ตซ์ (MHz) ถึง 300 จิกะเฮิร์ตซ์ (GHz) (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2544; Siripatawan *et al.*, 2001) พลังงานไมโครเวฟทำให้เกิดความร้อนในอาหารได้ โดยการสั่นสะเทือนของอนุภาคที่มีประจุและ/หรือการหมุนตัวของโมเลกุลที่มีขั้ว ทำให้ชนกับอนุภาคหรือโมเลกุลที่อยู่ข้างเคียง ส่งผลให้เกิดความร้อนขึ้น การอุ่นหรือปรุงอาหารด้วยเตาไมโครเวฟเป็นที่นิยมมากในปัจจุบัน เนื่องจากทำให้เกิดความร้อนขึ้นอย่างรวดเร็วและมีการสูญเสียคุณภาพทางด้านต่างๆ เช่น กลิ่นรส สี เนื้อสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการน้อยกว่าการให้ความร้อนแบบดั้งเดิม (ธีรพร กงบังเกิด, 2546) ส่งผลให้ในปัจจุบันอาหารแช่เยือกแข็งสำหรับอุ่นด้วยเตาไมโครเวฟกับ quick cooking dish หรือ TV dinner เป็นที่นิยมอย่างมากและมีความหลากหลายตามความต้องการของผู้บริโภค

2.4 ความสำคัญของความชื้นและ water activity (a_w)

ค่า water activity (a_w) เป็นอัตราส่วนของความดันไอของน้ำในอาหารที่ภาวะสมดุล (p) ต่อความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิเดียวกัน (p_0) ดังแสดงในสมการที่ 2.1 นอกจากนี้ที่ภาวะสมดุลค่า a_w มีความสัมพันธ์กับค่าความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศ (Equilibrium relative humidity, ERH) ที่อยู่ล้อมรอบอาหาร (Eskin and Robinson, 2001) ดังแสดงในสมการที่ 2.2

$$a_w = p/p_0 \qquad (2.1)$$

$$ERH = a_w \times 100 \qquad (2.2)$$

การควบคุมปริมาณน้ำของอาหารและการแพร่ผ่านของความชื้นระหว่างอาหารกับอาหารหรืออาหารกับสิ่งแวดล้อม มีความสำคัญต่อคุณภาพและความปลอดภัยของอาหาร (Labuza and Hyman, 1998) โดยอาหารที่มีปริมาณน้ำเป็นองค์ประกอบมากและมีการจัดเรียงตัวของน้ำที่ไม่เป็นระเบียบ (Fennema *et al.*, 1993) และความแตกต่างของค่า a_w ระหว่างองค์ประกอบที่ต่างกันภายในอาหาร หรือระหว่างอาหารกับสภาพแวดล้อมรอบๆ ชิ้นอาหาร (Kamper and Fennema, 1984) ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของน้ำจากส่วนที่มีค่า a_w สูงไปยังส่วนที่มีค่า a_w ต่ำ (Fennema *et al.*, 1993) เช่น ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมปัง (sandwich bread) ที่ทาด้วยซอสมะเขือเทศ (tomato-base sauce) ไว้ด้านบน พบว่ามีการเคลื่อนที่ของน้ำจากซอสมะเขือเทศซึ่งมี

ความชื้นสูงไปสู่ขนมปังที่มีความชื้นต่ำ ส่งผลให้เนื้อสัมผัสของขนมปังเปลี่ยนแปลง (Kester and Fennema, 1989b)

ความกรอบเป็นลักษณะเนื้อสัมผัสเฉพาะของผลิตภัณฑ์อาหารว่างหรือขนมขบเคี้ยวที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบหลัก โดยผลิตภัณฑ์เหล่านี้มักสูญเสียความกรอบ เมื่อมีการดูดความชื้น ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ผู้บริโภคปฏิเสธผลิตภัณฑ์ อาจเนื่องจากน้ำทำให้ส่วนที่เป็น starch-protein matrix ของอาหารอ่อนนุ่มและยืดหยุ่นขึ้น ส่งผลให้ความต้านทานแรงกลของผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลง (ความกรอบลดลง) (Katz and Labuza, 1981) คุณภาพด้านความกรอบสามารถประเมินได้โดยการทดสอบทางประสาทสัมผัสและจากการวัดทางกายภาพด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส ทั้งนี้สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพด้านความกรอบกับค่าที่วัดได้จากเครื่องวัดเนื้อสัมผัส โดย Vincent (2004) รายงานว่า ความกรอบสามารถคำนวณจากอัตราส่วนระหว่างแรงที่ใช้ในช่วงที่เกิดการแตก (เปราะ) กับระยะทางที่เกิดการแตกที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส และ Jackson และคณะ (1996) รายงานว่า ค่าความชัน(slope) ที่ได้จากการวัดเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส เป็นตัวบ่งชี้ถึงความกรอบของผลิตภัณฑ์ banana chips และพบว่าค่า slope ของผลิตภัณฑ์แปรผันตรงกับความกรอบ

Katz และ Labuza (1981) ศึกษาผลของค่า a_w ที่มีต่อคุณสมบัติทางด้านแรงกล (ค่า slope ที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส) ควบคู่กับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบของผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด คือ ขนมปังกรอบรสเค็ม (saltines) แผ่นมันฝรั่งทอด (potato chip) ขนมข้าวโพดพองอบกรอบ (puffed corn curl) และข้าวโพดคั่ว (popcorn) โดยเก็บผลิตภัณฑ์ใน desiccator ซึ่งมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่างๆ ในช่วง a_w= 0-0.85 นาน 3 สัปดาห์ จนกระทั่งค่า a_w ของผลิตภัณฑ์สมดุลกับความชื้นสัมพัทธ์ใน desiccator พบว่า เมื่อค่า a_w ของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น คะแนนความกรอบและคะแนนความชอบความกรอบของผลิตภัณฑ์ทุกชนิดจะลดลง เมื่อวัดทางกายภาพด้านความกรอบของผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบรสเค็ม พบว่า เมื่อค่า a_w เพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์มีค่าความกรอบลดลง (ค่า slope ลดลง) เช่นเดียวกันกับ Heidenreich และคณะ (2004) ซึ่งศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่า a_w กับความกรอบของข้าวพองกรอบ (extruded rice crisps) โดยเก็บผลิตภัณฑ์ใน desiccator ซึ่งมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่างๆ ในช่วง a_w= 0-0.743 นาน 3 สัปดาห์ จนกระทั่งค่า a_w ผลิตภัณฑ์สมดุลกับความชื้นสัมพัทธ์ใน desiccator เมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า คะแนนความกรอบลดลงเมื่อค่า a_w ของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น

Katz และ Labuza (1981) และ Heidenreich และคณะ (2004) รายงานว่า เมื่อค่า a_w ของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์มีความกรอบลดลง โดยอาหารที่มีหลายองค์ประกอบ (multi-domain food) เช่น แป้งพิซซ่าราดซอส (pizza crust with sauce) และ baked cone filled with ice cream เป็นต้น มักเกิดการเคลื่อนที่ของน้ำจากองค์ประกอบที่มีค่า a_w สูงไปยังองค์ประกอบที่มี

ค่า a_w ต่ำกว่า ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์โดยรวม โดยเฉพาะส่วนที่มีแป้ง (flour) เป็นองค์ประกอบหลักมีความกรอบลดลง (Labuza and Hyman, 1998)

การควบคุมหรือชะลอการเคลื่อนที่ของน้ำในอาหารที่มีองค์ประกอบที่แตกต่างกัน (heterogeneous foods) อาจทำได้โดย (1) ลดความแตกต่างของค่า a_w เช่น การทำให้แต่ละองค์ประกอบในอาหารมีค่า a_w ใกล้เคียงกัน (Kamper and Fennema, 1984) หรือการใช้สารลดค่า a_w (humectant) (Kester and Fennema, 1989a) (2) แยกหรือกั้นองค์ประกอบที่มีค่า a_w แตกต่างกันด้วยการใช้วัสดุที่มีสมบัติในการป้องการแพร่ผ่านของความชื้น อย่างไรก็ตามการเคลื่อนที่ของน้ำยังคงเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องหากมีความแตกต่างของค่า a_w ในอาหาร (Kamper and Fennema, 1984)

2.5 สารลดค่า a_w

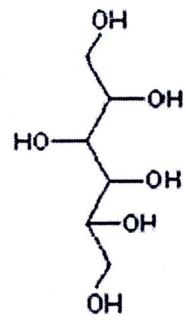
ในอุตสาหกรรมอาหารมีการใช้สารลดค่า a_w ที่มีสมบัติในการจับหรือตรึงน้ำเป็นองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์อาหาร เพื่อให้มีค่า a_w ลดลง (Sloan and Labuza, 1976) สารลดค่า a_w ที่ใช้อยู่ทั่วไปได้แก่ น้ำตาลแอลกอฮอล์ (polyol) น้ำตาลและเกลือ เป็นต้น (Sloan *et al.*, 1976) การเลือกใช้สารลดค่า a_w ต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้บริโภคและข้อจำกัดทางด้านประสาทสัมผัสโดยเฉพาะกลิ่นรสของอาหาร (Kester and Fennema, 1989a)

สารลดค่า a_w แต่ละชนิดมีความสามารถในการลดค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ได้แตกต่างกัน (Sloan and Labuza, 1976) ซึ่งค่า a_w ที่ได้จะขึ้นอยู่กับมวลโมเลกุล ปริมาณการแตกตัวเป็นอิออน ความสามารถในการละลายและความเข้มข้นของสารลดค่า a_w ที่ใช้ ทั้งนี้สารลดค่า a_w ที่มีมวลโมเลกุลน้อยกว่า มีความสามารถในการแตกตัวเป็นอิออนและละลายน้ำได้ดีกว่า ทำให้สามารถลดค่า a_w ในผลิตภัณฑ์ได้มากกว่า โดย Labuza และ Hyman (1998) พบว่าสารละลายซอร์บิทอลอิ่มตัวความเข้มข้น 70% มีค่า a_w เท่ากับ 0.79 ในขณะที่น้ำตาลทรายหรือซูโครสที่ความเข้มข้นของสารละลายอิ่มตัว 69% มีค่า a_w เท่ากับ 0.86 นอกจากนี้การใช้สารลดค่า a_w ชนิดเดียวกัน สามารถลดค่า a_w ในผลิตภัณฑ์ได้มากขึ้น เมื่อใช้ความเข้มข้นของสารลดค่า a_w สูงขึ้น (ศิรินทิพย์ แสงสว่าง, 2547)

ซอร์บิทอล (Sorbitol)

ซอร์บิทอลเป็นโพลิไฮดริกแอลกอฮอล์หรือโพลีออลที่มีอยู่ในธรรมชาติ ผลิตภัณฑ์ทางการค้ามีลักษณะเป็นผงผลึกสีขาว หรือเป็นเกล็ด ไม่มีกลิ่น (สุกิจ นววงศ์, 2548) และมีโครงสร้างดังแสดงในรูปที่ 2.2 พบในผลไม้พวกเบอร์รี่หลายชนิด เช่น แอปเปิ้ล เชอร์รี่ เป็นต้น ซอร์บิทอลมีความ

หวานเป็น 60% ของน้ำตาล ให้พลังงานเพียงหนึ่งในสามของน้ำตาล ละลายน้ำได้ดีและให้ความรู้สึกเย็นระหว่างที่รับประทาน (cooling effect) รวมทั้งทำหน้าที่เป็นสารลดค่า a_w ได้ (O'Neil *et al.*, 2001) นอกจากนี้ sorbitol มีคุณสมบัติเป็นยาระบาย (laxative effect) เมื่อรับประทานในปริมาณตั้งแต่ 50 กรัมขึ้นไปต่อวัน (Smith, 1991) โดย Buchanan และ Bagi (1997) ศึกษาผลของการใช้สารลดค่า a_w 3 ชนิด คือ แมนนิทอล (mannitol) ซอร์บิทอล และซูโครส (sucrose) ในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิด brain–heart infusion broth (BHI) พบว่า sorbitol สามารถลดค่า a_w ของอาหารเลี้ยงเชื้อได้มากกว่าซูโครส นอกจากนี้ Wang (2000) พบว่า เมื่อเติม sorbitol 3% ลงในผลิตภัณฑ์ Chinese-style sausage ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่า a_w ลดลงจาก 0.937 เป็น 0.912



รูปที่ 2.2 โครงสร้างโมเลกุลของ sorbitol
ที่มา: O'Neil *et al.* (2001)

2.6 ฟิล์มบริโภคได้

ฟิล์มบริโภคได้ (edible film) หมายถึง วัสดุแผ่นบางที่ผู้บริโภคสามารถรับประทานได้ (Guilbert, 1986) การใช้กับอาหารอาจทำในรูปแบบต่างๆ เช่น การห่อหุ้ม (enrobing) การจุ่ม (dipping) การทา (brushing) หรือการฉีดพ่น (spraying) (มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด, 2535) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันการแพร่ผ่านของความชื้น ก๊าซออกซิเจน และสารละลายอื่นๆ ไม่ให้ทำปฏิกิริยากับองค์ประกอบของอาหาร (Guilbert, 1986)

ฟิล์มบริโภคได้มีองค์ประกอบหลัก คือ โพลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ตัวทำละลาย สารที่เติมลงไปเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของฟิล์ม (ปรมาภรณ์ เกิดทรัพย์, 2545) ฟิล์มที่ได้เกิดจากแรงโคฮีชัน (cohesion) ระหว่างโมเลกุลโพลิเมอร์ด้วยกันเองและแรงแอดฮีชัน (adhesion) ระหว่างโมเลกุลโพลิเมอร์กับสารอื่นที่เกี่ยวข้องกับการเกิดฟิล์ม (Guilbert, 1986)

การเลือกใช้ฟิล์มบริโภคได้

การใช้ฟิล์มบริโภคได้ไม่สามารถใช้แทนวัสดุบรรจุภัณฑ์สังเคราะห์หรือพลาสติกเพื่อบรรจุวัตถุประสงค์หลักต่างๆ ได้ครบถ้วน แต่สามารถนำฟิล์มดังกล่าวมาเป็นส่วนประกอบในการปรับปรุงคุณภาพอาหาร หรือยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ โดยทั่วไปการใช้ฟิล์มบริโภคได้กับฟิล์มพลาสติกเป็นบรรจุภัณฑ์ของอาหารมีวัตถุประสงค์ที่คล้ายคลึงกัน คือ เพื่อลดการแพร่ผ่านของความชื้นและก๊าซ ป้องกันการสูญเสียกลิ่นรสที่ดีของอาหาร และป้องกันการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ เป็นต้น (มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด, 2535) โดยข้อดีของฟิล์มบริโภคได้ (Gennadios and Weller, 1990) มีดังนี้

- สามารถบริโภคฟิล์มได้พร้อมกับผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นจุดเด่นที่สำคัญของฟิล์มชนิดนี้
- สามารถย่อยสลายทางชีวภาพ จึงช่วยลดปัญหาทางมลพิษ
- ใช้เป็นแผ่นกั้นระหว่างอาหารที่มีองค์ประกอบแตกต่างกัน เพื่อป้องกันการเสื่อมคุณภาพเนื่องจากการแพร่ผ่านของความชื้นและสารต่างๆ ระหว่างองค์ประกอบภายในอาหาร เช่น พิซซ่า พาย เป็นต้น
- มีหน้าที่เป็นตัวกลางในการเก็บสารป้องกันจุลินทรีย์ สารกันหืน และควบคุมอัตราการแพร่ของสารกันเสียจากฟิล์มเข้าสู่อาหาร
- สามารถทำฟิล์มให้เป็นแคปซูล แล้วบรรจุสารให้กลิ่นรส (flavoring agent) และสารทำให้ขึ้นฟู (leavening agent) เพื่อควบคุมการเติมสารที่ใส่ในอาหารอย่างมีประสิทธิภาพ

ชนิดของฟิล์มบริโภคได้

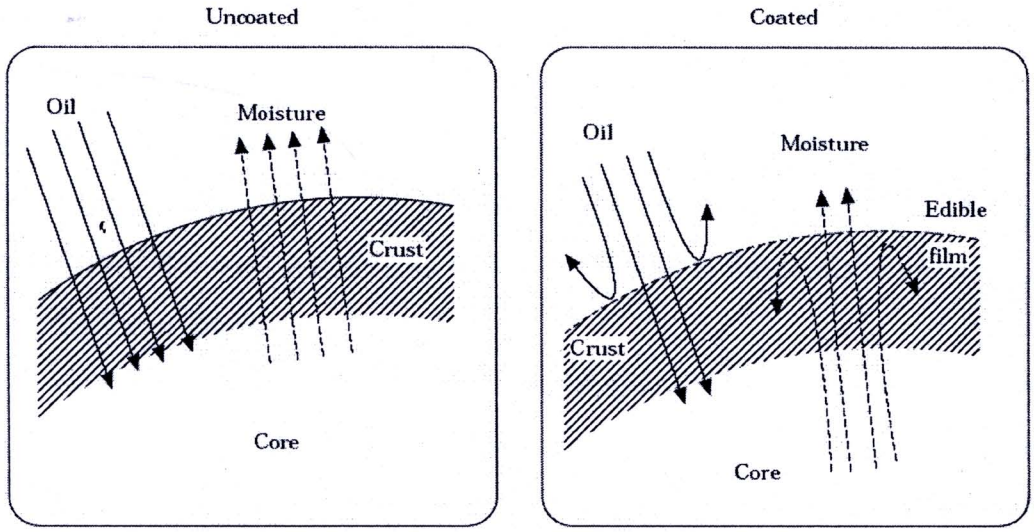
ฟิล์มบริโภคได้แบ่งออกเป็น 3 ชนิดหลักๆ คือ ฟิล์มโพลิแซคคาไรด์ (polysaccharide film) ฟิล์มลิพิด (lipid film) และฟิล์มโปรตีน (protein film)

ฟิล์มโพลิแซคคาไรด์

โพลิแซคคาไรด์หลายชนิดสามารถนำมาใช้ในการผลิตเป็นฟิล์มบริโภคได้ เช่น แอลจิเนท เพกทิน คาราจิแนน สตาร์ช สตาร์ชไฮโดรไลเซต (starch hydrolysate) ฟิล์มโพลิแซคคาไรด์บางชนิด สามารถใช้ป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของลิพิด (lipid oxidation) แต่เนื่องจากธรรมชาติของโพลิเมอร์เหล่านี้มีส่วนที่ชอบน้ำ (hydrophilic) จึงไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ป้องกันการแพร่ผ่านของความชื้น อย่างไรก็ตาม โพลิแซคคาไรด์บางชนิดมีลักษณะเหมือนวุ้นเมื่อใช้เคลือบอาหารจะชะลอการสูญเสียความชื้นของอาหารบางอย่างได้ (มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด, 2535)

Mallikarjunan และคณะ (1997) พบว่า การเคลือบ mashed potato ball ที่ทอดแบบน้ำมันท่วมด้วยฟิล์มบริโภคได้ที่ทำจาก methyl cellulose (MC) และ hydroxypropyl methyl

cellulose (HPMC) ช่วยรักษาความชื้น (moisture retention) และลดการดูดซับไขมัน (fat uptake) ของผลิตภัณฑ์ได้ ผู้วิจัยอธิบายสมมติฐานผลของ edible film ที่มีต่อการแพร่ผ่านของความชื้นและไขมันระหว่างการทอดแบบน้ำมันท่วมของผลิตภัณฑ์ประเภทแป้งไว้ว่า ฟิล์มบริโภคได้สามารถขัดขวางการแพร่เข้าออกของความชื้นและไขมัน จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่เคลือบด้วยฟิล์มบริโภคได้สามารถรักษาปริมาณความชื้นไว้ได้ดีและมีปริมาณสูงกว่าและลดการดูดซับไขมันได้ดีกว่าทำให้มีปริมาณลดลง เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านการเคลือบ (รูปที่ 2.3)



รูปที่ 2.3 แผนภาพสมมติฐานผลของ edible film ที่มีต่อการแพร่ผ่านของความชื้นและไขมันระหว่างการทอดแบบน้ำมันท่วมของผลิตภัณฑ์ประเภทแป้ง

ที่มา : Mallikarjunan และคณะ (1997)

Williams และ Mittal (1999) ศึกษาสมบัติในการแพร่ผ่านของน้ำและไขมันของฟิล์มบริโภคได้ 3 ชนิด คือ gellan gum, hydroxypropyl cellulose (HPC) และ MC ใน pastry mix ที่ทอดแบบน้ำมันท่วม พบว่า เมื่อเคลือบ pastry ด้วยฟิล์มบริโภคได้ทั้ง 3 ชนิด สามารถลดปริมาณการดูดซับไขมันในผลิตภัณฑ์ แต่การเคลือบด้วยฟิล์ม HPC และ MC เท่านั้นที่สามารถลดการสูญเสียของความชื้นได้

ฟิล์มลิพิด

ฟิล์มลิพิดมักใช้เป็นสารเคลือบอาหารหรือใช้เป็นองค์ประกอบในการผลิตฟิล์มประกอบ (composite film) ร่วมกับโพลิแซคคาไรด์หรือโปรตีน เพื่อป้องกันการแพร่ผ่านของความชื้น แต่ในกรณีที่เคลือบผลไม้ด้วยลิพิด อาจมีวัตถุประสงค์ที่ให้ผลอย่างอื่นด้วย เช่น ลดการเสียดสีของผิวผลไม้ในระหว่างการขนส่งทำให้ไม่เกิดรอยช้ำ เป็นต้น โดยสารประกอบลิพิดหลายชนิดรวมทั้ง

แอซีทิลเลตโมโนกลีเซอไรด์ (acetylate monoglyceride) ไขธรรมชาติ (natural wax) และสารตึง-ผิว (surfactant) สามารถนำมาใช้เป็นสารเคลือบได้ (มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด, 2535)

Kester และ Fennema (1989b) ศึกษาผลของการใช้ฟิล์มบริโภคได้ที่มีองค์ประกอบของลิพิดร่วมกับเซลลูโลสอีเทอร์ (lipid-cellulose ether composite film) ในตัวอย่างอาหารแช่เยือกแข็ง โดยแทรกฟิล์มที่ได้ระหว่างชั้นของขนมปังและซอสพิซซ่า พบว่า ฟิล์มสามารถป้องกันการแพร่ผ่านของความชื้นจากซอสไปยังขนมปังได้ในระหว่างการเก็บแช่เยือกแข็ง

<u>ฟิล์มโปรตีน</u>

ปัจจุบันมีการศึกษาฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนมากขึ้น เนื่องจากฟิล์มที่ได้มีความแข็งแรงและมีคุณสมบัติในการป้องกันการแพร่ผ่านของก๊าซออกซิเจนได้ นอกจากนี้โปรตีนยังมีคุณค่าทางอาหาร (ปรมาุภรณ์ เกิดทรัพย์, 2545) ชนิดของฟิล์มโปรตีนที่กำลังเป็นที่สนใจ ได้แก่ ฟิล์มจากโปรตีนถั่วเหลือง ฟิล์มจากโปรตีนข้าวโพด ฟิล์มจากโปรตีนไข่ขาว ฟิล์มจากโปรตีนข้าวสาลี และฟิล์มจากโปรตีนนม เป็นต้น

Albert และ Mittal (2002) ศึกษาชนิดของฟิล์มบริโภคได้ในการป้องกันการแพร่ผ่านของไขมันและน้ำในผลิตภัณฑ์ biscuit mix ที่ทอดแบบน้ำมันท่วม โดยเลือกใช้ฟิล์มโปรตีนและฟิล์มอื่นๆ ที่บริโภคได้ 12 ชนิด คือ gelatin, nutricol, locust bean gum, methylcellulose (MC), microcrystalline cellulose (MCC), low methoxyl (LM) pectin, rapid-set pectin, sodium caseinate, soy protein isolate (SPI), wheat gluten, whey protein isolate (WPI) และ gellan gum พบว่า WPI ลดการสูญเสียน้ำ (35.97%) และการดูดซับไขมัน (86.01%) ของผลิตภัณฑ์ได้มากที่สุด

Aminlari และคณะ (2005) ศึกษาผลของการเคลือบผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดด้วยฟิล์มโปรตีน 3 ชนิด คือ sodium caseinate, whey protein concentrate (WPC) และ egg white protein พบว่า ฟิล์มโปรตีนทั้ง 3 ชนิด สามารถลดปริมาณไขมันที่ถูกดูดซับและรักษาน้ำไว้ในผลิตภัณฑ์ได้ โดยฟิล์ม WPC สามารถรักษาน้ำไว้ในผลิตภัณฑ์ได้มากที่สุด

<u>เวย์โปรตีนไอโซเลต</u> (whey protein isolate)

เวย์โปรตีนไอโซเลต มีเวย์โปรตีนเป็นองค์ประกอบสูงกว่า 90% มีปริมาณไขมันและแลคโตส (lactose) ต่ำ เวย์เป็นของเหลวที่ได้หลังจากการตกตะกอนของเคซีน (casein) ในน้ำนม อาจแบ่งเวย์ได้เป็น 2 ชนิด ได้แก่ แอซิดเวย์ (acid whey) คือ เวย์ที่ได้จากการตกตะกอนของเคซีนด้วยกรดเพื่อปรับ pH ของนมให้ลดลงเป็น 4.6 ซึ่งเป็นจุดไอโซอิเลคตริค (isoelectric point) ของเคซีน และ สวีทเวย์ (sweet whey) คือ เวย์ที่ได้จากการเติมเรนเนท (rennet) ร่วมกับ

$CaCl_2$ เพื่อตกตะกอนเคซีนในนมในกระบวนการผลิตเนยแข็งโดยวิธีปกติทั่วไป (Gary, 2002) เวย์โปรตีนมีองค์ประกอบหลัก คือ β-lactoglobulin, α-lactalbumin, bovine serum albumin, immunoglobulins และ proteose- peptones (McHugh and Krochta, 1994)

β-lactoglobulin เป็นองค์ประกอบหลักของเวย์โปรตีน มีอยู่ประมาณ 10 % ของโปรตีนทั้งหมดในนม หรือ 58% ของโปรตีนในเวย์ (Yada, 2004) β-lactoglobulin ประกอบด้วยพันธะไดซัลไฟด์ (disulfide) 2 พันธะและหมู่ซัลไฟดริลอิสระ (free sulfhydryl group) 1 หมู่ มีรูปร่างเป็นทรงกลมโดยมีส่วนที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) อยู่ภายใน และจะสูญเสียสภาพธรรมชาติ เมื่อได้รับความร้อนที่สูงกว่า 65°C ในเวลาที่เหมาะสม (McHugh and Krochta, 1994) ส่วน α-lactalbumin มีอยู่ประมาณ 2 % ของโปรตีนทั้งหมดในนม หรือ 13% ของโปรตีนในเวย์ (Yada, 2004) โดย α-lactalbumin ประกอบด้วยพันธะไดซัลไฟด์ 4 พันธะ เมื่อ α-lactalbumin เกิดพันธะกับแคลเซียม (calcium) อาจทำให้คงตัวอยู่ได้เมื่อเกิดการสูญเสียสภาพธรรมชาติ ส่วน bovine serum albumin เป็นโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่ ประกอบด้วยพันธะไดซัลไฟด์ 17 พันธะ และหมู่ซัลไฟดริลอิสระ 1 หมู่ (McHugh and Krochta, 1994) ส่วน immunoglobulins จะพบอย่างน้อย 2 % ของโปรตีนทั้งหมดในนมและมี 4 ชนิด คือ IgG1, IgG2, IgA และ IgM ซึ่งทั้ง 4 ชนิดนี้ มีโครงสร้างพื้นฐานเหมือนกัน (Yada, 2004) ซึ่ง immunoglobulins จะไม่เสถียรต่อความร้อน ส่วน proteose-peptones สามารถพบได้ทั้งในเวย์และเคซีน (McHugh and Krochta, 1994)

<u>การผลิตฟิล์มจากเวย์โปรตีนไอโซเลต</u>

การขึ้นรูปฟิล์มโปรตีนนั้น ทำได้โดยอาศัยหลักการเกิดเจลของโปรตีนซึ่งถือว่าเป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ชนิดหนึ่งจนได้โครงสร้างตาข่ายของโปรตีนนั้นๆ ซึ่งเจลของโปรตีนจะเกิดขึ้นเมื่อโมเลกุลของโปรตีนมารวมตัวกัน (ปรมาภรณ์ เกิดทรัพย์, 2545) โดยเวย์โปรตีนตามธรรมชาติเป็นโปรตีนรูปทรงกลม มีทั้งส่วนที่เป็น hydrophilic และส่วนที่เป็น hydrophobic ซึ่งอยู่ทางด้านในของโครงสร้าง เมื่อได้รับความร้อนทำให้สูญเสียสภาพธรรมชาติจะเกิดการ unfolding ออกมา (McHugh and Krochta, 1994) และเกิดเป็นพันธะ hydrophobic ระหว่างโมเลกุลในช่วงการทำแห้งฟิล์ม (Perez-Gago and Krochta, 2001) โดย Guckian และคณะ (2006) ศึกษาคุณสมบัติของฟิล์มที่ทำจากสารละลายเวย์โปรตีนที่ผ่านและไม่ผ่านการให้ความร้อน โดยอัตราส่วนของสารละลายเวย์โปรตีนที่ผ่านการให้ความร้อนต่อสารละลายเวย์โปรตีนที่ไม่ผ่านการให้ความร้อนเป็น 20:80, 40:60, 60:40, 80:20 และ 100:0 w/w พบว่า เมื่ออัตราส่วนของสารละลายที่ผ่านการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น ความสามารถในการละลายน้ำของฟิล์มโปรตีนที่ได้และค่าการแพร่ผ่านของไอน้ำลดลง ซึ่งงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าเมื่อมีการให้ความร้อนทำให้โปรตีนเสียสภาพ ส่วนที่ไม่ชอบน้ำเกิดการ unfolding ส่งผลให้ค่าการแพร่ผ่านของไอน้ำลดลง

<u>พลาสติไซเซอร์</u> (plasticizer)

พลาสติไซเซอร์ เป็นสารที่ใส่ในฟิล์มเพื่อลดแรงภายในโมเลกุลระหว่างสายโซ่ของโพลิเมอร์ ส่งผลให้แรงโคฮีชันและค่าการต้านทานแรงดึงขาด (tensile strength) ลดลง แต่เพิ่มความยืดหยุ่น ความเหนียวและการต้านทานการฉีกขาด (tear resistance) ของฟิล์ม พลาสติไซเซอร์ควรมีสมบัติในการรวมเป็นเนื้อเดียวกันกับโพลิเมอร์ที่ใช้เป็นฟิล์ม และสามารถละลายในตัวทำละลายได้ดี เพื่อไม่ให้เกิดการแยกตัวของพลาสติไซเซอร์ระหว่างการทำแห้งฟิล์ม (มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด, 2535) พลาสติไซเซอร์ที่นิยมใช้มีหลายประเภท เช่น a) mono-, di-, และ oligo-saccharides ได้แก่ น้ำตาลกลูโคส ฟรุกโตส ไซรัป น้ำผึ้ง b) พวกโพลิออล (polyols) ได้แก่ ซอร์บิทอล กลีเซอรอล โพลิ-เอทิลีนไกลคอล c) ลิพิดและอนุพันธ์ของลิพิด ได้แก่ โมโนกลีเซอไรด์และอนุพันธ์ของเอสเทอร์ (Guilbert, 1986)