บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

อาหารว่างหรืออาหารขบเคี้ยว (snack food)

ผลิตภัณฑ์อาหารว่างหรืออาหารขบเคี้ยว คือ อาหารที่ใช้รับประทานเล่นระหว่างมื้อหลัก จัดเป็นอาหารที่ให้พลังงานสูง เนื่องจากมีส่วนผสมของคาร์โบไฮเดรตอยู่มากจึงช่วยให้อิ่มท้อง เป็นผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูป (ready to eat) ได้แก่ คอร์นชิพ (corn chip) มันฝรั่งทอด (potato chip) ป๊อปคอร์น (pop corn) ผลิตภัณฑ์ประเภทพองตัว (expanded product) ถั่วและผลิตภัณฑ์ถั่วต่างๆ (nut and nut product) (Gutch, 1970)

อรอนงค์ นัยวิกุล (2536) กล่าวว่าอาหารว่างหมายถึง อาหารที่ใช้รับประทานเล่นระหว่างมื้อหลัก

Blendford (1982) ได้ให้คำจำกัดความว่า อาหารว่างคือ อาหารที่ผ่านกระบวนการแปรรูปมาแล้ว พร้อมบริโภคได้ทันที หรือมีการเตรียมเพียงเล็กน้อย

Tettwiler (1991) อธิบายว่าอาหารขบเคี้ยว มีลักษณะรูปร่างขนาดเล็ก ผลิตภัณฑ์มีลักษณะร้อนหรือเย็น ในรูปของแข็งหรือของเหลว ซึ่งอาศัยการเตรียมเพียงเล็กน้อยหรือบริโภคโดยตรง และสามารถทำให้เราพึงพอใจได้เมื่อเกิดความรู้สึกหิว

ดังนั้นเราจะพบได้ว่า อาหารว่างควรมีลักษณะพื้นฐานดังนี้ คือ มีความสะดวกสบายในการใช้หรือบริโภค สามารถแบ่งเป็นส่วนเล็กส่วนน้อยได้ ช่วยประทังความหิวและรสชาติตอบสนองความพึงพอใจของความหิวในช่วงระยะเวลาสั้นๆ มีน้ำหนักเบาหรือเนื้อแน่น เก็บรักษาง่าย นำติดตัวไปในที่ต่างๆ ได้สะดวก ช่วยให้เกิดความเพลิดเพลิน สามารถใช้เป็นกับแกล้มในงานสังสรรค์ได้ นอกจากนี้อาหารว่างยังง่ายต่อการเตรียมเพื่อรับประทานอีกด้วย

ประเภทของอาหารขบเคี้ยว แบ่งตามวิธีการผลิตได้ 4 ชนิด

1. Deep fat fried เป็นการทอดในน้ำมันจะใช้เวลานานในการทอด ลักษณะผลิตภัณฑ์มีทั้งแบบแผ่น แท่ง วงแหวน และรูปแบบอื่นๆ
2. Quick fried ใช้เวลาในการทอดสั้น อุณหภูมิประมาณ 200°C เวลา 10 – 15 นาที ผลิตภัณฑ์เป็นแผ่นบาง

3. Extrusion cooked ใช้ธัญพืชทั้งเมล็ด หรือแป้งมันฝรั่งผสมน้ำนวดจนเกิดโด (dough) ทำให้สุกภายใต้ความดันและอุณหภูมิสูง ทำให้แห้งแล้วนำเข้าเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีรูปร่างเป็นแผ่นบาง สามารถปรับขนาดตามต้องการได้
4. Roasted เป็นการอบ นิยมใช้กับถั่ว

อาหารว่างส่วนใหญ่ทำจากวัตถุดิบที่มีส่วนประกอบเป็นแป้ง 60 – 70% และผ่านกรรมวิธีใช้ความดันสูงๆ ในการนึ่ง (cooking) และการเอ็กซ์ทรูด (extruding) ออกมาเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีขนาดและรูปร่างต่างๆ กัน คุณภาพของผลิตภัณฑ์ขึ้นกับชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ เทคนิคในการผสมและการควบคุมระบบการทำงานของเครื่องจักร (Sanderude, 1969) องค์ประกอบทางเคมีของอาหารว่างคือแป้ง ซึ่งอาจได้จากพืชหัว เช่น มันฝรั่ง ธัญพืช เช่น ข้าวสาลี ถั่วเปลือกแข็ง (nuts) เช่น อัลมอนด์ ถั่ว (legumes) เช่น ถั่วเหลือง ผลไม้ เช่น มะละกอ พืชน้ำมัน เช่น งา เนื้อสัตว์ ปลา และอาหารทะเล (fish and seafood) ผลิตภัณฑ์นม (dairy product) แป้งสามารถทำอาหารว่างได้หลายรูปแบบ มีลักษณะเนื้อแตกต่างกันตั้งแต่ เบานุ่ม (light) เปราะหักง่าย (fragile) พองมาก (highly puffed) จนกระทั่งแข็ง (densed) อาหารว่างที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสกรอบ (crisp) จะได้รับความชอบมากกว่าลักษณะอื่น

มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบเป็นผลิตภัณฑ์อาหารว่างที่มีวิธีการผลิตแตกต่างกันไป อาจทำมาจากมันฝรั่งสดฝานเป็นชิ้นบางๆ หรือมีการผสมแป้งจากธัญพืชเป็นบางส่วน แล้วทำให้แห้งกรอบด้วยการทอดในน้ำมันที่ร้อนและมีอุณหภูมิ 163 – 191 $^{\circ}$C เวลา 3 – 4 นาที ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความกรอบ ซึ่งน้ำมันที่ใช้ทอดจะถูกดูดซับในชิ้นมันฝรั่งบางส่วน จึงเป็นการช่วยเพิ่มกลิ่นรสและพลังงานในอาหาร (Brown,1960) และมันฝรั่งทอดนี้จัดเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางอาหารสูงด้วย ดังจะเห็นได้จากตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณค่าทางอาหารของมันฝรั่งทอดในส่วนที่กินได้ 100 กรัม

Composition	Potatoes	Potato chips
Moisture (gm.)	78.3	4.2
Calorie (unit)	82.0	562
Fat (gm.)	0.1	43.8
Carbohydrate (gm.)	18.7	45.9
Fiber (gm.)	0.4	0.9
Protein (gm.)	2.0	3.6
Calcium (mg.)	9.0	18.0
Phosphorus (mg.)	52.0	74.0
Iron (mg.)	0.8	1.6
Vitamin (mg.)		
A (International unit)	-	-
B1 (mg.)	0.1	-
B2 (mg.)	0.04	0.02
Niacin (mg.)	1.6	0.5
C (mg.)	18.0	0

ที่มา : กองโภชนาการ , 2535

กระบวนการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบแบบขึ้นรูป

กระบวนการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบแบบขึ้นรูป ประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญได้แก่ การเตรียมวัตถุดิบและส่วนผสมต่างๆ การขึ้นรูป การทอด

<u>การเตรียมวัตถุดิบและส่วนผสมต่างๆ</u>

วัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบแบบขึ้นรูป ได้แก่ เกล็ดมันฝรั่ง แป้งมันฝรั่ง แป้งข้าวโพด น้ำตาลเด็กโตรส เกลือและน้ำ วัตถุดิบเหล่านี้มีคุณสมบัติและมีความเกี่ยวข้องกับขั้นตอนในการเตรียมดังนี้

1. <u>มันฝรั่ง</u> (Potato หรือ Irish Potato) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Solanum toberosum* อยู่ในตระกูล Solanaceae เป็นพืชล้มลุกที่ชอบอากาศหนาวเย็น อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตอยู่ระหว่าง 15 - 20 °C มีถิ่นกำเนิดในที่ราบสูงของเทือกเขาแอนดีส ในทวีปอเมริกาใต้ จัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของโลก เป็นพืชที่มนุษย์นำไปบริโภคได้ดี รองลงมาจากข้าว ข้าวสาลี ข้าวโพดและถั่วเหลือง มันฝรั่งที่เกษตรกรเพาะปลูกแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทดังนี้ คือ (ธนาคารกสิกรไทย จำกัด, 2535)

ก. มันฝรั่งเพื่อการบริโภคสด ใช้เป็นส่วนประกอบในอาหาร พันธุ์ที่นิยมปลูกคือ พันธุ์ Spunta ให้ผลผลิตค่อนข้างสูง เนื้อมีสีเหลือง มีปริมาณน้ำและน้ำตาลในเนื้อมาก จึงไม่เหมาะที่จะนำมาแปรรูปเป็นมันแผ่น เพราะจะทำให้ผลิตภัณฑ์มันแผ่นที่ได้มีสีคล้ำ ไม่สวย และยังทำให้น้ำหนักมันแผ่นที่ได้ลดลง เนื่องจากผลของการระเหยของน้ำในเนื้อที่มีอยู่มากนั่นเอง

ข. มันฝรั่งเพื่อป้อนโรงงานแปรรูป ทั้งในรูปมันฝรั่งแผ่นและมันทอดแบบแท่ง พันธุ์ที่นิยมปลูกคือ พันธุ์ Kennebac และพันธุ์ Atlantic (กรมวิชาการเกษตร, 2536) เนื่องจากมีปริมาณน้ำและน้ำตาลน้อยกว่าพันธุ์ Spunta เนื้อมีสีขาว เมื่อนำไปแปรรูปทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีสวยและมีผลผลิตสูง

ผลิตภัณฑ์จากมันฝรั่งซึ่งเป็นที่รู้จักกันดีในหมู่ชาวยุโรปและอเมริกาได้แก่

1. มันฝรั่งบดแห้ง (dehydrated mashed potatoes-potato ganules)
2. เกล็ดมันฝรั่ง (potato flakes)
3. ชิ้นมันฝรั่งทอดแช่แข็ง (frozen potatoes)
4. มันฝรั่งกระป๋อง (canned white potatoes)

5. แป้งมันฝรั่ง (potato flours)
6. มันฝรั่งแผ่นทอด (potato chips)

องค์ประกอบทางเคมีของมันฝรั่ง โดยปกติองค์ประกอบทางเคมีของมันฝรั่งจะแปรตามชนิดของพันธุ์ พื้นที่ใช้เพาะปลูก วิธีการปลูก ความแก่อ่อนของมันฝรั่งขณะเก็บเกี่ยว วิธีการเก็บรักษาภายหลังการเก็บเกี่ยว และสภาพแวดล้อม (Smith, 1968)

ตารางที่ 2 องค์ประกอบโดยปริมาณของหัวมันฝรั่ง (Kerr, 1950)
อ้างโดย กล้าณรงค์ ศรีรอต (2542)

องค์ประกอบ	ช่วงเปอร์เซ็นต์
ความชื้น	75.80
แป้ง	19.90
น้ำตาล	0.40
โปรตีน	2.08
ไขมัน	0.20
เยื่อใย	1.10
เถ้า	0.92

จากตารางที่ 2 ซึ่งแสดงองค์ประกอบที่สำคัญของมันฝรั่ง พบว่า แป้งเป็นองค์ประกอบที่เป็นสารอาหารให้พลังงานที่พบมากที่สุดในมันฝรั่ง โดยแป้งประกอบด้วย อะมิโลส (amylose) และอะมิโลเปคติน (amylopectin) อัตราส่วน 1:3 ขณะที่หัวมันฝรั่งกำลังเจริญเติบโต น้ำตาลจากใบของต้นมันฝรั่งจะเคลื่อนลงมาสู่หัวมันฝรั่งและเปลี่ยนเป็นแป้ง (Badenhutzeb and Dutton, 1956) โดยเอนไซม์ ADPG – alphaglucan glucosyl transferase จะต่อ glucosyl unit จาก adenosine diphosphate glucose เกิดเม็ดแป้งในหัวมันฝรั่ง (Recondo and Leloir, 1961)

1.1 เกล็ดมันฝรั่ง (potato flake)

เกล็ดมันฝรั่ง คือ มันฝรั่งบดละเอียดที่ผ่านการทำให้สุก ก่อนนำไปทำให้แห้งอย่างรวดเร็วโดยใช้ drum drier สะดวกในการนำมาใช้เป็น ingredient ในอาหารพวก frozen dinners,

fabricated snacks จะให้กลิ่นรสและเนื้อสัมผัสที่ดี (Smith, 1982) การผลิตเกล็ดมันฝรั่งแสดงดังภาพที่ 1

ตามภาพที่ 1 หัวมันฝรั่งที่ผ่านการล้างแล้วจะนำมาปอกเปลือกหั่นเป็นชิ้นบางๆ หนาประมาณ ½ นิ้ว เพื่อให้เม็ดแป้งในเซลล์เกิดเจลได้ทั่วถึงในช่วงการ precooking ที่อุณหภูมิ 160–165°C เวลา 20 นาที การทำให้เย็นจะป้องกันการเหนียวติดหรือไหม้เกรียมระหว่างการดึงน้ำออก (dehydration) การทำให้สุกใช้ไอน้ำที่ความดันปกติ เวลาประมาณ 30 นาที แล้วนำไปทำแห้งให้มีความชื้น 6 – 8% บดให้ละเอียด แล้วบรรจุ

ภาพที่ 1 การผลิตเกล็ดมันฝรั่ง (Smith, 1982)

สิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงในการผลิตเกล็ดมันฝรั่ง (potato flake) คือ

ให้มีการแตกของเซลล์มันฝรั่งน้อยที่สุด เพราะการแตกของเซลล์มันฝรั่งจะทำให้แป้งอิสระ (free starch) ออกมาจะทำให้เกล็ดมันฝรั่งที่ได้มีความเหนียวข้นเกินไป

1.2 แป้งมันฝรั่ง (potato starch)

กระบวนการผลิตแป้งมันฝรั่งมีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1.2.1 การทำความสะอาด โดยล้างมันฝรั่งให้สะอาดปราศจากโคลนหรือเศษดิน การทำความสะอาดนี้อาจทำงานโดยเครื่องจักรโดยเฉพาะโรงงานขนาดใหญ่ เครื่องมือมีลักษณะเป็นตะแกรงรูปทรงกระบอกมีลักษณะหมุนอยู่ตลอดเวลา ในขณะที่มันฝรั่งเคลื่อนเข้าไปสู่ตะแกรงนั้นมันฝรั่งจะถูกพลิกกลับไปกลับมา ในขณะเดียวกันก็จะมีน้ำฉีดล้างด้วยความเร็วสูง (Smith, 1968)

1.2.2 การบดให้ละเอียด นำมันฝรั่งที่ล้างสะอาดแล้วมาบดให้ละเอียดเพื่อทำลายเซลล์ของพืชให้แตกออกและปล่อยเม็ดแป้งออกมา การบดอาจทำได้โดยใช้เครื่องบดที่มีลักษณะคล้ายตะไบหยาบๆ (rasp mill) หรือใช้เครื่องบดที่มีลักษณะคล้ายค้อนทุบ (hammer mill) ซึ่งจะทำให้มันฝรั่งที่บดแล้วมีลักษณะเป็นของเหลวข้น (Smith, 1968) ในขั้นตอนนี้จะมีการใช้น้ำผสมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ มีความเข้มข้น 0.075-0.20% (Roy, 1964) ซึ่งจะให้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพื่อหยุดปฏิกิริยาของออกซิเดทีฟเอนไซม์ และมีผลทำให้แป้งขาวขึ้น น้ำที่ใช้นี้จะเป็นตัวพามันฝรั่งที่ผ่านการบดเข้าเครื่องกรองเอากากและเส้นใยออกจากแป้ง เครื่องมือที่ใช้กรองมีหลายชนิด เช่น ผ้าไหมหรือไนล่อน ตะแกรง เครื่องกรองชนิดใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง เป็นต้น ตะแกรงที่มีขนาด 10 เมช (mesh) และ 200 เมช ตามลำดับ ส่วนของกากและสิ่งปนเปื้อนที่มีขนาดใหญ่กว่า 75 ไมโครเมตร จะติดค้างบนตะแกรง น้ำแป้งจะผ่านตะแกรงสู่ถังพัก กากที่ได้จะนำเข้าเครื่องบดอีกครั้งเพื่อให้พาเรนไคมาเซลแตกออก และปล่อยส่วนที่เป็นแป้งออกมามากขึ้น (Radley, 1976)

1.2.3 การทำให้แป้งบริสุทธิ์ ขั้นตอนนี้สามารถใช้เครื่องมือได้หลายแบบตามความเหมาะสมของโรงงาน เช่น การตกตะกอนในถังขนาดใหญ่ (setting vat) การใช้โต๊ะลาดเอียง (table) การใช้เครื่องแยกส่วนโดยใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (centrifugal separator) เป็นต้น ซึ่งน้ำแป้งที่ผ่านการกรองแล้วจะนำมาผ่านขั้นตอนนี้ เพื่อแยกสิ่งปนเปื้อนที่ละลายในน้ำ เช่น เกลือ กรดอะมิโน และสารละลายอื่นๆ ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ วิธีการตกตะกอนในถังเป็นวิธีการที่ง่าย โดยตั้งน้ำแป้งทิ้งไว้จนแป้งทั้งหมดตกตะกอนแยกส่วนที่ใสออกไป ตะกอนที่ได้จะมี 3 – 4 ชั้น คือ ชั้นแป้งขาวพวกที่เม็ดแป้งมีขนาดเล็กอยู่ผิวบนสุด ต่อมาเป็นชั้นแป้งสีน้ำตาล (brown starch) และชั้นของแป้งขาว (white starch) แป้งขาวชั้นบน และแป้งสีน้ำตาลจะถูกคัดทิ้งและนำแป้งที่

เหลือมาตกตะกอนซ้ำอีก 1 – 2 ครั้ง พร้อมทั้งผ่านตะแกรงเอากากละเอียดออกเพื่อให้แป้งสะอาด ในกระบวนการนี้ควรให้ความเข้มข้นน้ำแป้งแต่ละครั้งที่นำมาตกตะกอนใกล้เคียงกัน เพื่อความสะดวกในการระบายน้ำส่วนใสชั้นบนทิ้ง ขั้นตอนนี้ไม่ควรใช้ระยะเวลานานเกินไป เพราะอาจทำให้เกิดการหมัก เกิดแอลกอฮอล์ กรดแลคติก หรือกรดบิวทีริคขึ้น การใช้สารส้ม หรือกรดกำมะถันเล็กน้อย จะช่วยให้การตกตะกอนเป็นไปอย่างรวดเร็ว แต่แป้งที่ได้จะให้แป้งที่มีความหนืดลดลงเล็กน้อย (Radley, 1976)

1.2.4 การทำให้แป้งที่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์แล้วนำเข้าเครื่องกรองระบบสุญญากาศแยกเอาน้ำออกได้ แป้งมีความชื้นประมาณ 30 – 40% และนำไปทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งชนิดต่างๆ หรือผึ่งบนลานตากแห้ง อุณหภูมิที่ทำให้แห้งไม่ควรสูงเกินไป เพราะจะทำให้เม็ดแป้งแตกสูญเสียความเงามัน ความชื้นสุดท้ายของแป้งหลังจากอบประมาณ 18% (Smith, 1968 ; Radley, 1976)

1.2.5 การบรรจุ นำแป้งที่แห้งแล้วมาบดให้ละเอียดบรรจุลงในถุงปิดให้สนิทเพื่อป้องกันการดูดความชื้น และสิ่งสกปรกจากภายนอก (Smith, 1968)

1.3 แป้งข้าวโพด (corn starch) ทำให้เสถียรภาพของเจลดีขึ้น โดยจะเกิดเจลสีขาวทึบเมื่อให้ความร้อนสูงกว่า 75 °C ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความกรอบหลังการทอด Berg (1978) รายงานว่า การเติมแป้งข้าวโพด และเกลือลงในโดที่เกิดเจลาติไนเซชั่นขณะต้มอยู่ นำไปทำแห้งจนมีความชื้นเหลือประมาณ 10% ก่อนนำไปทอด จะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดีขึ้น มีการพองตัวดี กรอบ ผิวหน้าพอง (bubble outer surface) มีกลิ่นของข้าวโพดและ cell structure ดี

ตารางที่ 3 คุณสมบัติและหน้าที่ของวัตถุดิบต่างๆ ที่ใช้ผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบแบบขึ้นรูป ดัดแปลงจาก Reinder (1984)

วัตถุดิบ	คุณสมบัติและหน้าที่ในการใช้ประโยชน์
เกล็ดมันฝรั่ง (potato flake)	ให้รสชาติของมันฝรั่ง ถ้าใช้ปริมาณมากจะทำให้มีโอกาสเกิดการไหม้ (burning effect) มีสีและรสชาติผิดปกติ การพองตัวของผลิตภัณฑ์สุดท้ายจะลดลง และเนื้อสัมผัสนุ่มกว่า ถ้าใช้ในปริมาณน้อยจะทำให้รสชาติของมันฝรั่งลดน้อยลง ลักษณะเนื้อสัมผัสจะแข็งและโครงสร้างของผลิตภัณฑ์จะไม่สม่ำเสมอ
แป้งมันฝรั่ง (potato starch)	ทำให้เกิดการพองตัวหรือขยายตัวได้ดี เกิดการเจลาติไนเซชั่นได้ง่ายและเร็ว ปริมาณที่แนะนำให้ใช้ 30 – 40% ถ้าใช้ปริมาณมากจะทำให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์หลังการทอดแล้วแข็ง การพองตัวเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ กลิ่นรสของมันฝรั่งลดน้อยลงและสีจะอ่อน
แป้งข้าวโพด (corn starch)	ช่วยในด้านความกรอบและการพองตัว
น้ำตาลเด็กโตรส (dextrose)	ควบคุมรสชาติ สี และการพองตัว
เกลือ	ทำให้การพองตัวดีขึ้น และทำให้รสชาติของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่ได้สม่ำเสมอ

การขึ้นรูป

Willard (1973) รายงานว่าการผลิตมันฝรั่งทอดกรอบแบบขึ้นรูปทำได้ 4 วิธี

1. Dry collet เป็น process ที่เกิดจากการทำให้ dried starch กลายเป็นเจลก่อน แล้วทำให้พองหรือ puffed โดยการทอดในน้ำมันที่อุณหภูมิสูง ใช้ได้กับวัตถุดิบที่สุกพองได้ง่าย เช่น มันฝรั่งแห้งบด (ground dehydrated potato) แป้งมันฝรั่ง (potato flour) นำมาผสมกับแป้งอื่นๆ เช่น แป้งมันสำปะหลัง แป้งมันฝรั่ง (potato starch) นำแป้งผสม (dough) ที่ได้ไปนึ่งให้สุก เพื่อให้แป้งผสมเกิดการเจลาติไนซ์ ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิแช่เย็น เพื่อให้ความเหนียวลดลง นำก้อนเจลไปหั่นเป็นแผ่นบางๆ และอบแห้ง ได้เป็น hard pellet ซึ่งสามารถเก็บได้นาน เมื่อจะทานนำมาทอดในน้ำมันที่ร้อน ผลิตภัณฑ์พองตัวได้มากถึง 6 เท่าของความหนาก่อนทอด เช่น ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ ผลิตภัณฑ์ Nibb-it

2. Dry extrusion เป็น process ที่เกิดจากการใช้ extruder ทำให้ผลิตภัณฑ์มีรูปร่างและขนาดที่แตกต่างกันตามชนิดของหน้าแปลน และความเร็วของใบมีดที่ใช้ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการเอ็กทรูชั่นต้องนำมาทอดก่อนรับประทาน และมีรสชาติดีเนื่องจากมีการใส่สารปรุงรสผสมในวัตถุดิบอยู่แล้ว และสามารถเก็บผลิตภัณฑ์ได้นาน

3. Wet dough มีลักษณะการ form ให้เป็นโด (dough) ก่อนแล้วทอดในน้ำมัน Reinertson (1964) ศึกษาการทำ chips โดยใช้ dried potato product ผสมกับแป้ง และ flavoring ingredients ประเภทเกลือ หรือผักบด (ground vegetable) ในสัดส่วนที่เหมาะสมกันแล้ว form เป็น dough เติม yeast เพื่อให้ก้อนโดแข็งแรงและคงรูปได้ จากนั้นนำ dough ไปนึ่ง ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิแช่เย็นให้โดแข็งตัว นำมาหั่นให้เป็นแผ่นบางขนาด 0.03-0.1 นิ้ว นำไปทอดทันทีในน้ำมันที่ร้อนประมาณ 10-30 วินาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะกรอบ พองที่ผิวหน้าคล้าย "Lefsa" ซึ่งเป็นขนมปังที่ทำจาก potato และ wheat flour ของชาวสแกนดิเนเวีย ต่อมาในยุโรป ศึกษาการทำ dough จากมันฝรั่งและส่วนผสม form เป็น dough และอบแห้ง dough ให้มีความชื้นให้มี 40 - 55% โดยน้ำหนัก นำไปทอดทันที จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อสัมผัสคล้าย potato chips ที่ทำจากมันฝรั่งสด เนื่องจากเกิดโครงสร้างของแป้งในช่วงการเกิดเจลาติไนซ์ในขณะทอด ทำให้ผลิตภัณฑ์พองตัว ในการผลิตแบบนี้สามารถเติมชิ้นผักหรือ ผงผัก เช่น spinach ลงใน dough ได้ ถ้าต้องการให้มีเนื้อสัมผัส กลิ่นรส และลักษณะปรากฏแตกต่างออกไป แต่ไม่ควรใช้ผักที่มี reducing sugar สูง เช่น แครอท เพราะทำให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีสีเข้มเกินไป Willard (1972) รายงานว่า การผลิต potato snack โดยใช้ cooked potato solid ผสมกับน้ำและแป้งดิบ form เป็น dough ที่มีความชื้น 50-60% นำไปทอดในน้ำมันที่ร้อน ผลิตภัณฑ์มีการพองตัวไม่น้อยกว่า 1.6 เท่า แต่ไม่เกิน 3 เท่า นอกจากนี้ Michael (1990) กล่าวว่า การใช้ไขมันพืชในการผลิต ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความ

นุ่มและความรู้สึกหลังเคี้ยวดีขึ้น และยังพบว่าการเติมแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวประมาณ 10% ของส่วนผสมทั้งหมดจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์ puff ได้มากขึ้น

4. Thin sheet เป็นการรีดแป้งเป็นแผ่นบางก่อน หากรีดแป้งหลายครั้งเกินไปทำให้เซลล์แตก ได้แผ่นแป้งที่เหนียว ยากต่อการตัด จากนั้นนำไปทอดในน้ำมันให้มีความชื้นเหลือในผลิตภัณฑ์ไม่น้อยกว่า 2 % วิธีนี้สามารถเติมเกลือหรือกลิ่นรสอื่นๆ ได้ตามต้องการก่อนนำไปบรรจุ และยังทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีรูปร่างและเนื้อสัมผัสที่แตกต่างกันไป แต่ประสิทธิภาพด้านการผลิตยังต่ำ

Liepa (1971) กล่าวว่าการเตรียมมันฝรั่งแผ่นก่อนทอด (potato chips) จากโด (dough) จะทำให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีลักษณะสม่ำเสมอเป็นเนื้อเดียวกันมากกว่าการเตรียมมันฝรั่งแผ่นทอดจากมันฝรั่งสด

<u>การทอด</u>

การทอดเป็นกระบวนการแปรรูปอาหารโดยใช้น้ำมัน ซึ่งจะเปลี่ยนคุณภาพของอาหารโดยความร้อนจะทำลายเชื้อจุลินทรีย์ ยับยั้งเอนไซม์ และลดปริมาณน้ำที่ผิวของอาหาร เมื่ออาหารถูกปล่อยลงในน้ำมันที่ร้อน อุณหภูมิที่ผิวของชิ้นอาหารจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และน้ำที่ผิวจะระเหยกลายเป็นไอ ผิวหน้าของอาหารจะเริ่มแห้ง จากนั้นจะเกิดการระเหยของน้ำภายในชิ้นอาหาร ทำให้เกิดเปลือกแข็ง (crust) ขึ้นที่ผิวนอกของอาหาร อุณหภูมิที่ผิวนอกของอาหารจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนเท่ากับอุณหภูมิของน้ำมัน โดยอุณหภูมิภายในชิ้นอาหารจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นถึง 100 $^{\circ}$C อย่างช้าๆ การทอดโดยทั่วๆ ไปจะมี 2 วิธี ซึ่งมีอัตราการถ่ายเทความร้อนต่างกัน คือ (Fellows, 1990)

1. <u>การทอดโดยใช้น้ำมันน้อย</u> (shallow หรือ contact frying) เหมาะแก่ผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรสูง เช่น เบคอน ไข่ การถ่ายเทความร้อนสู่ชิ้นอาหารส่วนใหญ่เกิดจากการนำความร้อนจากพื้นกระทะที่ร้อนผ่านชั้นบางๆ ของน้ำมันเข้าสู่ชิ้นอาหาร ความหนาของชั้นน้ำมันจะต่างกันไปไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากผิวของอาหารจะไม่เรียบและฟองที่เกิดจากการระเหยของน้ำมันในการทอด จะช่วยดันชิ้นอาหารขึ้นจากพื้นที่ผิวกระทะเป็นครั้งคราว ทำให้อุณหภูมิที่ผิวของชิ้นอาหารไม่สม่ำเสมอเท่ากันทุกจุด เกิดสีน้ำตาลที่ผิวไม่สม่ำเสมอ

2. <u>การทอดน้ำมันท่วม</u> (deep fat frying) เป็นวิธีการทอดที่ใช้น้ำมันมากในกระทะก้นลึก อาหารจะจมในน้ำมันที่อุณหภูมิ 150 - 220 $^{\circ}$C การทอดใช้เวลาไม่นาน ระหว่างทอดจะเกิดการถ่ายโอนความร้อนและการถ่ายโอนมวลสารขึ้นพร้อมกัน การถ่ายโอนความร้อนจะเกิดขึ้นทั้ง 2 แบบ คือการนำความร้อน (conduction) การพาความร้อน (convection) ซึ่งการพาความร้อนจะเกิดขึ้นระหว่างอาหารกับน้ำมันที่อยู่รอบๆ ส่วนการนำความร้อนจะเกิดขึ้นภายในอาหารโดยความ

ร้อนจากน้ำมันหรือไขมันจะถูกส่งผ่านไปยังชิ้นอาหารจนสุกและลอยขึ้นบนผิวน้ำมัน อุณหภูมิของน้ำมันหรือไขมันจะลดลงขณะใส่อาหารลงไปจึงต้องมีการเพิ่มพลังงานความร้อนเพื่อให้อุณหภูมิกลับมาเท่ากับอุณหภูมิที่ตั้งไว้ ขณะทอดอาหารความชื้นจะกลายเป็นไอและระเหยออกมาทำให้เกิดฟองผุดอย่างรุนแรง ซึ่งการเกิดฟองผุดนี้จะค่อยๆ ลดลงจนอาหารสุก อัตราเร็วของการถ่ายโอนความร้อนจากน้ำมันไปสู่อาหารจะขึ้นอยู่กับความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของน้ำมันและของชิ้นอาหาร รวมถึงค่าของสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อนที่ผิวของอาหารนั้นๆ แต่ในส่วนของอัตราการทะลุทะลวงของความร้อน (heat penetration) จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติการนำความร้อนของอาหารที่ทอด การถ่ายโอนความร้อนจากน้ำมันไปสู่ชิ้นอาหารเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพ เช่น การเกิดเจลาติไนเซชั่นของแป้ง การเสียสภาพของโปรตีน การระเหยของน้ำในอาหารและการสร้างเปลือก ส่วนการถ่ายโอนมวลสารระหว่างการทอด คือ การเคลื่อนที่ของน้ำจากอาหารไปสู่น้ำมันในรูปของไอน้ำและการเคลื่อนที่ของน้ำมันเข้าสู่อาหาร (Singh, 1995)

ส่วนของ crust ภายนอกชิ้นอาหารนั้นมีลักษณะเป็นโพรง ซึ่งประกอบด้วยท่อเล็กๆ มากมายหลายขนาด น้ำและไอน้ำที่ระเหยออกมาระหว่างการทอดนั้น จะออกมาตามท่อเล็กๆ เหล่านี้โดยจะเริ่มผ่านออกมาตามท่อที่มีขนาดใหญ่ก่อน เมื่อน้ำผ่านออกมาแล้ว น้ำมันจะเคลื่อนที่เข้ามาแทนที่ซึ่งการเคลื่อนที่ของน้ำผ่านออกมาจากอาหารนั้น จะเคลื่อนที่ผ่านชั้นฟิล์มของน้ำมันซึ่งมีอิทธิพลต่ออัตราการถ่ายโอนความร้อน และการถ่ายโอนมวลของน้ำ โดยขึ้นกับความหนืดและอัตราเร็วของน้ำมัน การสูญเสียความชื้นจากชิ้นอาหาร และกับค่าความแตกต่างของความดันไอน้ำระหว่างชิ้นอาหาร จะเกิดการถ่ายเทความร้อนโดยการพาความร้อนซึ่งเกิดขึ้นในน้ำมัน และการนำความร้อนที่เกิดขึ้นภายในชิ้นอาหาร ผิวอาหารทุกจุดจะได้รับความร้อนสม่ำเสมอ เกิดการระเหยของน้ำบางส่วน สีและลักษณะปรากฏที่ผิวของชิ้นอาหารจึงสม่ำเสมอมากกว่า เหมาะกับอาหารที่มีรูปร่างทุกแบบ อุณหภูมิที่ใช้เหมาะกับผลิตภัณฑ์ อยู่ในช่วง 177 - 190 °C (Smith and David, 1968) Reeve และ Neel (1960) พบว่าการทอดน้ำมันท่วมมีความสำคัญโดยทำให้อาหารสุก ซึ่งแป้งที่อยู่ในเซลล์จะเกิดเจลาติไนซ์ และเกิดการระเหยของน้ำทำให้น้ำที่อยู่ในเนื้อเยื่อถูกแทนที่ด้วยน้ำมัน และพบว่าโครงสร้างของเซลล์และผนังเซลล์จะไม่ถูกทำลายในช่วงการทอดน้ำมันท่วม

สภาวะในการทอดจะมีผลต่อผลิตภัณฑ์มาก โดยการทอดจะทำให้เกิดการพองตัวของแป้ง (starch gel) ขึ้น ซึ่งจะมีผลต่อสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ การพองตัวขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 อย่าง คือ ความดัน และความต้านทาน ความดันเกิดจากการให้พลังงานเข้าไปในอาหารเนื่องจากน้ำที่แทรกอยู่ในอาหารเกิดการขยายตัวดันให้เนื้ออาหารเป็นรูพรุนหรือโพรงเพื่อให้ความชื้นหลุดออกจากเนื้ออาหารได้ ในขณะเดียวกันก็จะเกิดแรงต้านหรือแรงยึดมิให้น้ำขยายตัวหรือหลุดตัวไป ถ้าใช้พลังงานพอเหมาะจะทำให้ความดันเท่ากับความต้านทาน การพองตัวที่ได้จะสม่ำเสมอทั่วทั้ง

ชิ้นอาหาร ทำให้ความชื้นที่เหลืออยู่พอเหมาะที่จะทำให้มีความกรอบพอเหมาะพอดี มีโครงสร้างเนื้อสัมผัสดี แต่ถ้าความดันน้อยกว่าความต้านทาน ลักษณะเนื้อสัมผัสจะไม่ดี มีรูพรุนไม่สม่ำเสมอ ส่วนที่ไม่เป็นรูพรุนก็จะแห้ง (Eakew, Cording and Sullvivan, 1963)

กลไกการเปลี่ยนแปลงขณะทอดอาหารแบบน้ำมันท่วม มี 4 ขั้นตอน คือ (Paul and Mittal, 1997)

1. การถ่ายโอนความชื้น (moisture transfer)
2. การถ่ายโอนน้ำมัน (fat transfer)
3. การสร้างเปลือก (crust formation)
4. การสุกของอาหาร (cooking of interior)

1. <u>การถ่ายโอนความชื้น</u> เป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการทอด ทันทีที่อาหารสัมผัสกับน้ำมัน จะมีการถ่ายโอนความร้อนจากน้ำมันที่อยู่รอบๆ สู่ผิวอาหารเป็นผลให้น้ำที่อยู่บริเวณผิวด้านนอกระเหยออกไป การลดลงของความชื้นที่ผิวภายนอกทำให้น้ำที่อยู่ภายในชิ้นอาหารเคลื่อนมาอยู่ที่ผิว น้ำที่แพร่อยู่ที่ผิวจะได้รับความร้อนจากน้ำมันที่อยู่ใกล้อาหารเปลี่ยนเป็นไอน้ำ ชิ้นอาหารจะมีอุณหภูมิเพียง 100 °C แม้ว่าน้ำมันจะมีอุณหภูมิสูง 180 °C ก็ตาม ยิ่งไปกว่านั้นการเกิดไอน้ำที่ผิวของอาหารจะป้องกันไม่ให้น้ำมันเข้าไปในชิ้นอาหาร ดังนั้นอาหารจึงไม่ไหม้เกรียม

2.<u>การถ่ายโอนของน้ำมัน</u> หลังจากที่อาหารสูญเสียความชื้น 60% น้ำมันภายนอกเริ่มเข้าไปในชิ้นอาหารโดยผ่านทางรูเล็ก (capillaries) ที่น้ำแพร่ออกมา ซึ่งอัตราการเข้าสู่อาหารของน้ำมันขึ้นกับความหนืด และแรงตึงผิวของน้ำมัน

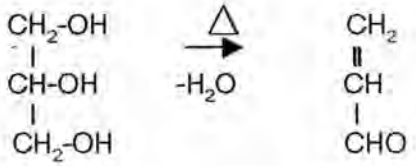
3. <u>การเกิดเปลือก</u> การเกิดเปลือกเป็นลักษณะอย่างหนึ่งที่ทำให้อาหารน่ารับประทาน ซึ่งเป็นกลไกการแพร่ของน้ำมันมีผลอย่างสูงต่อการสร้างเปลือก ความร้อนจากน้ำมันทอดจะผลักดันน้ำภายในเซลล์หรือน้ำในรูเล็กภายในอาหารออกจากอาหาร การสูญเสียความชื้นนี้เป็นสาเหตุให้เกิดการสร้างเปลือกที่มีโพรง รูพรุนจำนวนมาก และทำให้พื้นที่ผิวมากขึ้น จากนั้นน้ำมันทอดจะเริ่มแพร่เข้าไปในอาหารทางรูเล็กๆ ในเปลือก ผิวของเปลือกจะมีสีน้ำตาลทองซึ่งเป็นผลจากปฏิกิริยาสีน้ำตาลหรือปฏิกิริยามิลลาร์ด (Maillard reaction) ซึ่งระยะเวลาและอุณหภูมิการทอดร่วมกับองค์ประกอบทางเคมีของอาหารจะมีอิทธิพลต่อระดับการเกิดสีน้ำตาลมากกว่าชนิดของน้ำมันที่ใช้ทอด ปรากฏการณ์ของการเกิดเปลือกสามารถสังเกตพบได้ใน 3 - 6 นาที น้ำมันที่ถูกดูดกลืนส่วนใหญ่จะอยู่ในเปลือกและบริเวณผิวนอกของอาหาร

4. การสุกของอาหาร ในขั้นตอนสุดท้ายของการทอด ชิ้นอาหารจะสุก ซึ่งความร้อนที่ได้ส่วนใหญ่มาจากการแพร่ของความร้อนจากการแพร่เข้ามาของน้ำมัน

การทอดแบบน้ำมันท่วม ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ทางเคมีของน้ำมันที่ใช้ทอด โดยจะไปมีผลต่อคุณภาพในการใช้ทอดอาหารและคุณภาพทางโภชนาการของไขมัน เนื่องจากการใช้ภาวะที่รุนแรง มีความร้อนและความชื้นสูง ซึ่งจะเร่งให้เกิดปฏิกิริยาสำคัญ 3 แบบ

1.ไฮโดรไลซิส (Hydrolysis)

เกิดขึ้นเมื่อน้ำมันได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงประมาณ 177 °C น้ำจากการทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของไตรกลีเซอร์ไรด์ (Triglycerides) เกิดกรดไขมันอิสระ, โมโนกลีเซอร์ไรด์ (Monoglyceride), ไดกลีเซอร์ไรด์ (Diglycerides) และกลีเซอรีน (Glycerine) เมื่อได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นจะสลายตัวได้สารพวกอะโครลีน (Acrolein) ซึ่งปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสจะถูกเร่งในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูง มีน้ำมาก สารที่ได้จากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสมีผลทำให้จุดเกิดควันต่ำและลดแรงตึงผิวระหว่างน้ำมันกับอาหารทำให้มีการดูดกลืนน้ำมันมากขึ้น (Lawson, 1995)



กลีเซอรอล acrolein

2.ออกซิเดชั่น (Oxidation)

เป็นปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างออกซิเจนกับกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรกลีเซอร์ไรด์ ทำให้อาหารเสื่อมคุณภาพ (deterioration) ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นจะเกิดขึ้นตลอดเวลา โดยปกติการเกิดออกซิเดชั่นสามารถเกิดได้ที่อุณหภูมิต่ำ เรียกว่าออโตออกซิเดชั่น (auto oxidation) จะเกิดอย่างช้าๆ แต่ถ้าน้ำมันอยู่ในภาวะที่อุณหภูมิสูงมีการสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศได้มาก การมีโลหะพวกทองแดง เหล็ก ซึ่งเป็นโปร-ออกซิเดนท์ (pro – oxidants) จะไปกระตุ้นให้เกิดสารตั้งต้นของปฏิกิริยาออกซิเดชั่น คือ อนุมูลอิสระของไขมัน ทำให้เกิดปฏิกิริยาได้เร็วขึ้น ซึ่งกลไกการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นมี 3 ขั้นตอน คือ

1.Initation เป็นขั้นตอนการเกิดอนุมูลอิสระ (free radical)

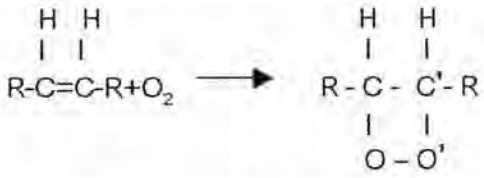
2.Propagation เป็นปฏิกิริยาต่อเนื่องของอนุมูลอิสระ

3.Termination เป็นปฏิกิริยาขั้นสุดท้ายที่ทำให้เกิด non-radical product

โดย Unsaturated hydrocarbon จะสูญเสีย H-atom ทำให้เกิดอนุมูลเป็นอิสระ

$$RH \longrightarrow R' + H'$$

และออกซิเจนจะเข้าไปทำปฏิกิริยาที่พันธะคู่เกิดเป็น diradical



หลังจากนั้นจะเกิดปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระกับออกซิเจนต่อเนื่องไปเรื่อยๆ

$$R' + O_2 \longrightarrow ROO'$$

$$ROO' + RH \longrightarrow ROOH + R'$$

ได้เป็น peroxy radical (ROO') hydroperoxide (ROOH) และ hydrocarbon radical (R')

ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นจะเกิดอย่างรวดเร็ว และการสลายตัวของสารไฮโดรเปอร์ออกไซด์จะทำให้ได้สารพวกอัลดีไฮด์, คีโตนและไฮโดรคาร์บอน ซึ่งเป็นสารที่ทำให้เกิดกลิ่นหืนในน้ำมัน (Lawson, 1995) เรียกโดยรวมว่า carbonyl compound ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่ทำให้เกิด กลิ่นรสในมันฝรั่งทอด

3. <u>โพลีเมอไรซ์เซชั่น</u> (Polymerization)

ปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นเมื่อทอดที่อุณหภูมิ 163 – 190 °C และเร่งให้เกิดได้ดีเมื่ออุณหภูมิสูง ปฏิกิริยานี้จะเกิดร่วมกับปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ทำให้เกิดการรวมตัวของโมเลกุลไตรกลีเซอไรด์ได้สารโพลีเมอร์ ผลจากปฏิกิริยานี้ทำให้น้ำมันมีลักษณะเป็นยางเหนียว (gumming) เพิ่มความหนืดของน้ำมันและน้ำมันจะมีสีเข้มขึ้น (Lawson, 1995)

ปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซับในมันฝรั่งเป็นปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งต่อคุณภาพมันฝรั่งแผ่นทอด ถ้ามีปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซับสูง ทำให้กลิ่นและรสเสื่อมเสียได้เร็วขึ้น

ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับน้ำมันของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอด

ความชื้นของอาหาร ความชื้นที่อยู่ในอาหารจะเป็นเกณฑ์บอกปริมาณน้ำมันที่จะดูดกลืนเข้าไปในเนื้อเยื่ออาหาร โดยทั่วไปพบว่าอาหารที่มีความชื้นสูงจะอมน้ำมันมากขึ้น ด้วยเหตุผลด้านกลไกในการเสียน้ำระหว่างทอดของอาหาร ขณะเริ่มทอดปริมาณผิวของอาหารซึ่งมีทั้งน้ำอิสระ (free water) และน้ำที่ยึดติดอยู่กับโมเลกุลของโปรตีน (bound water) เมื่อสัมผัสกับน้ำมันที่มีอุณหภูมิสูง น้ำอิสระจะเริ่มระเหยทำให้ปริมาณลดลงอย่างรวดเร็ว ขณะเดียวกันโมเลกุลของน้ำที่อยู่ด้านในถัดเข้ามาจะเริ่มกลายเป็นไอ และพยายามหาช่องทางเพื่อที่จะผ่านออกไป ดังนั้นการระเหยของน้ำที่อยู่ภายในเนื้อเยื่อทำให้น้ำมันที่อยู่บริเวณผิวของอาหารแทรกเข้าไปในช่องว่างที่เกิดขึ้น ดังนั้นถ้ามีน้ำอิสระระเหยออกมามากก็จะทำให้เกิดช่องว่างที่น้ำมันเข้าไปแทรกอยู่ได้มาก (Saguy and Pinthus, 1995) Lulai และ Orr (1979) พบว่า การดูดซับน้ำมันจะเกิดขึ้นขณะที่ความชื้นที่อยู่ในอาหารเคลื่อนที่และระเหยเป็นไอน้ำระหว่างการทอด ยิ่งมีความชื้นในผลิตภัณฑ์เริ่มต้นมาก จะทำให้มีปริมาณไขมันในอาหารเพิ่มมากขึ้น

รูปร่างและองค์ประกอบของอาหาร รูปร่างของชิ้นอาหารมีผลต่อการอมน้ำมัน ถ้าอาหารมีรูปร่างที่ทำให้มีพื้นที่ผิวสัมผัสกับน้ำมันได้มากจะอมน้ำมันมาก นอกจากนี้ลักษณะผิวหน้าของอาหารก็มีผลด้วยเช่นกัน ถ้าอาหารมีผิวหน้าขรุขระ พื้นที่ผิวที่จะสัมผัสกับน้ำมันเพิ่มมากขึ้น และส่วนประกอบของอาหารมีผลต่อการอมน้ำมัน โดยอาหารที่มีน้ำตาลสูงจะอมน้ำมันได้มากเนื่องจากน้ำตาลมีผลในการเพิ่มความชื้นของอาหาร ทำให้มีผลทางอ้อมต่อการอมน้ำมัน ดังได้อธิบายกลไกไปแล้ว สำหรับโปรตีนมีรายงานว่า การใช้โปรตีนถั่วเหลืองในโดนัทช่วยลดปริมาณการอมน้ำมันของผลิตภัณฑ์ทั้งนี้เป็นผลจากการที่โปรตีนมีความสามารถในการละลายต่ำ ทำให้ความชื้นของอาหารไม่สูงการอมน้ำมันจึงลดลง (Saguy and Pinthus, 1995) Pinthus, Weinberg และ Saguy (1993) รายงานว่า ถ้าเติมเซลลูโลสผงและอนุพันธ์ของเซลลูโลส เช่น เมทธิลเซลลูโลส (methylcellulose) ไฮดรอกซี่โพรเมทธิลเซลลูโลส (hydroxypropyl methylcellulose) เป็นต้นลงไปในโดนัทจะช่วยลดการดูดกลืนของน้ำมันระหว่างการทอด

เปลือกนอกของอาหาร เปลือกนอกถูกสร้างขึ้นระหว่างการทอดโดยขณะทอดอาหารที่อุณหภูมิสูงมีการดึงพลังงานความร้อนแฝงออกมาซึ่งมีผลให้ปริมาณน้ำบริเวณผิวหน้าเปลี่ยนสถานะเป็นไอและระเหยออกมาอย่างรวดเร็ว (Fennema, 1996) ดังนั้นบริเวณผิวหน้าของอาหารจึงมีลักษณะแห้งและแข็งซึ่งเป็นลักษณะที่ต้องการในการทอด การเกิดเปลือกนอกมีผลต่อการส่งผ่านความร้อน มวลสาร และการอมน้ำมันของชิ้นอาหาร มีรายงานว่า ประมาณ 35 – 38% และ 60 – 65% ของน้ำมันที่ถูกดูดกลืนในชิ้นอาหารจะอยู่ที่บริเวณเปลือกนอก หลังจากการทอดอาหาร

เป็นเวลา 1 และ 5 นาทีตามลำดับ การดูดกลืนน้ำมันของเปลือกนอก เป็นผลมาจากความแข็งของเปลือกนอก การที่เปลือกนอกมีความแข็งสูงจะสัมพันธ์กับการที่มีรูพรุนขนาดใหญ่ ซึ่งการมีรูพรุนมากขึ้นจะทำให้การดูดกลืนน้ำมันเพิ่มขึ้น (Pinthus, Weinberg and Saguy, 1995b)

<u>รูพรุนของอาหาร</u> การอมน้ำมันจะเกี่ยวข้องกับ รูพรุนเริ่มต้นของอาหาร เนื่องจากรูพรุนเป็นตัวแสดงถึงปริมาตรส่วนที่ว่างของอาหาร ซึ่งจะมีผลถึงปริมาตรของน้ำมันที่สามารถเข้ามาอยู่ในชิ้นอาหาร (Pinthus, Weinberg and Saguy, 1995a)

<u>คุณภาพของน้ำมันที่ใช้ทอด</u> คุณภาพของน้ำมันที่ใช้ทอดเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการดูดกลืนน้ำมันของอาหาร น้ำมันที่เสื่อมคุณภาพแล้ว เมื่อนำมาใช้ทอดจะเป็นผลให้มีการดูดกลืนน้ำมันได้มากกว่าน้ำมันที่ยังไม่ผ่านการใช้

คุณภาพของอาหารและคุณภาพของน้ำมันขณะทอด แบ่งเป็นช่วงต่างๆ ได้เป็น 5 ช่วง ดังนี้ คือ (Blumenthal, 1991)

1.break-in oil เป็นช่วงที่อาหารยังดิบ ไม่มีกลิ่นที่เกิดจากการทอด บริเวณผิวหน้ายังไม่มีลักษณะกรอบ น้ำมันจะค่อยๆ ซึมเข้าในชิ้นอาหาร

2.fresh oil เป็นระยะที่อาหารเกิดสีน้ำตาลเล็กน้อยบริเวณขอบชิ้น มีการสุกเป็นบางส่วน มีความกรอบเล็กน้อย บริเวณผิวมีการดูดกลืนน้ำมันเล็กน้อย

3.optimum oil เป็นช่วงที่อาหารจะเกิดสีน้ำตาลทอง มีความกรอบที่ผิวหน้า มีกลิ่นหอม อาหารสุกเต็มที่และการดูดกลืนน้ำมันในปริมาณที่พอเหมาะ

4.degrading oil ผิวหน้าของอาหารเกิดสีคล้ำและ/หรือจุดสีดำ มีน้ำมันในชิ้นอาหารมาก อาหารจะมีผิวนอกที่แข็งมากแต่ภายในยังนิ่ม

5.runaway oil อาหารมีสีดำ ผิวนอกแข็งมาก มีน้ำมันเยิ้มในชิ้นอาหาร เกิดการยุบตัวของผิวนอก มีกลิ่นและรสไหม้

ลักษณะที่ต้องการสำหรับน้ำมันหรือไขมันที่นำมาใช้ทอดอาหารนั้น ต้องไม่มีรสชาติแปลกปลอมที่ส่งผลต่ออาหาร หรือต้องไม่มีรสชาติ หรือมีรสชาติตามธรรมชาติของน้ำมันแต่ละชนิด มีอายุการใช้งานได้นาน มีอุณหภูมิเกิดควันสูง ต้านทานการเกิดยางเหนียวซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาโพลีเมอไรซ์เซชั่นของน้ำมัน มีความต้านทานการส่งผ่านรสชาติของอาหารชนิดหนึ่งไปยังอาหารอีกชนิดหนึ่ง เช่น เมื่อนำน้ำมันที่ใช้ทอดปลาไปทอดมันฝรั่งจะต้องไม่มีรสชาติปลาปนในมันฝรั่ง ต้านทานการเกิดกลิ่นหืนภายใต้สภาวะปกติและย่อยได้ง่ายโดยน้ำย่อยในกระเพาะอาหารและลำไส้

<u>ความหนาของชิ้นมันฝรั่ง</u> มีผลต่อปริมาณน้ำมันในมันฝรั่งทอด (Smith, 1975) Johnson (1957) พบว่าเมื่อความหนาของชิ้นมันฝรั่งลดลง การดูดซับน้ำมันจะเพิ่มขึ้นดังนี้

ความหนาของชิ้นมันฝรั่ง (มิลลิเมตร)	2.1	1.8	1.5	1.3	1.1
ร้อยละของน้ำมันที่ดูดซับ (%)	43.85	44.68	46.81	47.61	49.93

การดูดซับน้ำมันที่เพิ่มขึ้นเกิดขึ้นเนื่องจาก พื้นที่ผิวหน้าที่สัมผัสกับน้ำมันต่อน้ำหนักมากกว่า (Saguy and Pinthus, 1995)

<u>ชนิดของน้ำมันที่ใช้ทอดมันฝรั่ง</u> Vandervet (1968) กล่าวว่า น้ำมันที่เหมาะในการทอดแบบน้ำมันท่วม ควรเป็นน้ำมันที่ใช้ในการหุงต้ม มีกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวน้อยและใช้เพื่อการทอดโดยตรง น้ำมันที่ใช้เพื่อการทอดที่ดีที่สุดควรจะเป็นน้ำมันพืชที่ไฮโดรจิเนตแล้ว (hydrogenated vagetable oil) Ong, Choo และ Ooi (1995) กล่าวว่า น้ำมันปาล์มโอเลอินเป็นน้ำมันที่เหมาะสมที่จะใช้ทอด เมื่อเทียบกับน้ำมันข้าวโพด และน้ำมันถั่วเหลือง เนื่องจากมีปริมาณกรดลิโนเลอิก ซึ่งเป็นกรดไขมันที่ไวต่อการเกิดออกซิเดชั่นในปริมาณที่ต่ำกว่า และน้ำมันปาล์มยังมีวิตามินอี (tocopherols) เป็นสารกันหืนตามธรรมชาติ ทำให้อาหารที่ทอดในน้ำมันปาล์ม มีอายุการเก็บรักษายาวนานกว่า นอกจากนี้ King, Cording and Sullvivan (1936) ทดลองทอดมันฝรั่งด้วยน้ำมันพืชหลายชนิดเช่น น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันถั่วลิสง น้ำมันเมล็ดฝ้าย พบว่าการดูดซับน้ำมันในชิ้นมันฝรั่งทอดจะอยู่ในปริมาณใกล้เคียงกัน

<u>อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการทอด</u> โดยทั่วไปการทอดแบบน้ำมันท่วม จะใช้อุณหภูมิในช่วง 150 – 220 °C ในการทอดควรเลือกอุณหภูมิสูงสุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อที่จะใช้เวลาในการทอดน้อยที่สุด แต่ไม่ควรใช้อุณหภูมิสูงเกินไป เพราะจะทำให้ด้านนอกเกิดสีน้ำตาลอย่างรวดเร็ว ขณะที่ภายในยังไม่สุก การใช้อุณหภูมิต่ำและเวลาน้อยจะมีผลทำให้อาหารดูดกลืนน้ำมันน้อยกว่าการทอดที่ใช้อุณหภูมิต่ำและใช้ระยะเวลานานในการทอด เพราะขณะที่น้ำมันร้อนความหนาแน่นของน้ำมันจะลดลง ทำให้น้ำมันส่วนน้อยถูกดูดซับในเวลาที่จำกัด และอาหารจะมีเวลาในการสัมผัสกับน้ำมันได้น้อยกว่า (Thorner, 1973) ส่วน Smith (1975) กล่าวว่า ถ้าอุณหภูมิของน้ำมันที่ใช้ในการทอดมันฝรั่งสูง จะทำให้การดูดซับน้ำมันในชิ้นมันฝรั่งต่ำ

<u>แรงตึงผิวที่หน้าสัมผัสเริ่มต้น</u> (initial interfacial tension) เมื่อ interfacial tension มีค่าต่ำ จะทำให้การดูดซับน้ำมันเพิ่มขึ้น น้ำมันที่ใช้แล้วจะมีค่า interfacial tension ต่ำกว่าน้ำมันใหม่ เมื่อนำมาใช้เป็นตัวกลางให้ความร้อน จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีการดูดซับน้ำมันมากกว่า และถ้าพื้นที่ผิวมีลักษณะเป็น hydrophilic จะทำให้การดูดกลืนน้ำมันลดลงขณะที่ทำการทอด (Pinthus and Saguy, 1994)

<u>ความเป็นรูพรุน</u> (porosity) ความเป็นรูพรุนจะมีผลต่อการดูดซับน้ำมัน โดยพบว่า เมื่อผลิตภัณฑ์มีความเป็นรูพรุนเริ่มต้นต่ำหรือมีความหนาแน่นต่ำ จะทำให้การดูดซับน้ำมันสูงขึ้นในช่วงแรกของการทอด (Pinthus, Weinberg and Saguy, 1995)

ภาชนะบรรจุสำหรับอาหารขบเคี้ยว

ผลิตภัณฑ์จะประกอบไปด้วยตัวผลิตภัณฑ์และภาชนะบรรจุ สองสิ่งนี้มีความสัมพันธ์กันในหลายด้าน การพิจารณาศึกษาสิ่งใดสิ่งหนึ่งโดยไม่สนใจอีกสิ่งหนึ่งจะก่อให้เกิดความสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย และการเกิดความผิดพลาดที่เกี่ยวกับระยะเวลาการบริโภค (Matz, 1984) สำหรับภาชนะบรรจุอาหารขบเคี้ยวต้องมีคุณสมบัติ คือ ป้องกันความชื้นได้ ป้องกันออกซิเจนได้ เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีปริมาณไขมันมากพอสมควร ถ้าออกซิเจนซึมผ่านได้จะเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ป้องกันไขมันได้เพราะถ้าวัสดุป้องกันไขมันไม่ได้ เมื่อซึมออกนอกภาชนะจะเกิดการหืนเมื่อสัมผัสกับอากาศซึ่งส่งผลต่อไปยังผลิตภัณฑ์ข้างใน ป้องกันแสงได้ เนื่องจากเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของวิตามิน และไขมันในผลิตภัณฑ์ ป้องกันการซึมผ่านของกลิ่นต่างๆ ได้ ภาชนะบรรจุต้องมีความแข็งแรงพอสมควรเพื่อป้องกันการแตกหักของผลิตภัณฑ์ และภาชนะบรรจุควรทึบแสงในส่วนล่างของภาชนะเพื่อป้องกันมิให้เห็นส่วนแตกหักที่รวมกันอยู่ด้านล่าง ควรมีการลดออกซิเจนในบริเวณปากถุง (head space) (Matz, 1984; Sacharow and Griffin, 1980 ; อนุวัตร แจ้งชัด, 2533) ภาชนะบรรจุอาหารขบเคี้ยวควรมีออกซิเจนซึมผ่านได้น้อยกว่า 1 มิลลิลิตร ต่อ 1.6 ตารางเซนติเมตรต่อ 24 ชั่วโมง ที่ความดัน 1 บรรยากาศ 23.9 °C และมีค่าอัตราการซึมผ่านของความดันไอ (water vapour transmission rate, WVTR) ต่ำกว่า 0.4 กรัมต่อ 1.6 ตารางเซนติเมตรต่อ 24 ชั่วโมง ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 95%, อุณหภูมิ 37.7 °C และค่าความชื้นในอาหารขบเคี้ยวควรน้อยกว่า 3.5% ซึ่งถ้ามากกว่านี้จะทำให้ความกรอบลดลง (Sacharow and Griffin, 1980)

ภาชนะที่ใช้สำหรับอาหารขบเคี้ยวสามารถแบ่งแยกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. กล่องซึ่งพับได้ (folding carton) ภายในบุด้วยอลูมิเนียมฟอยล์ ซึ่งเคลือบด้วยฟิล์มชนิดต่างๆ (laminated aluminium foil) ภาชนะบรรจุแบบนี้จะช่วยรักษาผลิตภัณฑ์ภายในไม่ให้แตกหักได้ง่ายเพราะมีโครงสร้างที่แข็งแรง

2. ภาชนะบรรจุที่อ่อนตัว ซึ่งมีแบบขุ่นและแบบใส แบบขุ่นจะป้องกันแสงแดดและส่วนที่แตกหักได้ วัสดุที่ใช้ทำได้แก่ พวกฟิล์มที่เคลือบต่างๆ (laminated aluminium foil) เช่น พีวีดีซีที่เคลือบด้วยกลาสซีน (PVDC coated glassine) พีวีดีซีที่เคลือบด้วยกลาสซีนลามิเนทกับโอเรียนเต็ดโพลีโพรพิลีน (PVDC coated glassine laminated with oriented polypropylene) และถุงอลูมิเนียมฟอยล์ซึ่งเคลือบด้วยฟิล์มต่างๆ (laminated aluminium foil)

ถุง เป็นภาชนะที่สามารถบิดงอได้ (flexible containers) หรือเรียกว่าเพาช์ (pouches) สามารถที่จะขึ้นรูปได้โดยใช้วัสดุพวกฟิล์ม พลาสติก ฟอยล์ หรือกระดาษ แต่โดยปกติถุงพวกนี้จะประกอบด้วย โครงสร้างภายในฟิล์ม 2 ชนิด หรือมากกว่านี้รวมกัน การที่ภาชนะบรรจุชนิดนี้มี

ต้นทุนวัสดุบรรจุต่ำ มีความรวดเร็วสูงในการบรรจุและป้องกันคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ทำให้ถุงเพาช์ (pouches) เป็นภาชนะบรรจุที่นิยมนำมาบรรจุอาหารขบเคี้ยว (Matz, 1984)

กล่อง (carton) กล่องประเภทไฟเบอร์บอร์ด (fiber board) เป็นภาชนะบรรจุที่ไม่นิยมนำมาบรรจุอาหารเนื่องจากมีการถ่ายเทอากาศ ความชื้นเข้าสู่วัตถุได้อย่างรวดเร็ว ยิ่งไปกว่านั้นการดูดซับน้ำมันเข้าสู่บอร์ดจะทำให้เกิดพื้นที่ใหญ่และเร่งให้เกิดการหืนแบบออกซิเดชั่น (oxidation rancidity) ดังนั้น จึงได้มีการนำถุงที่ปิดผนึกจนอากาศเข้าไปไม่ได้ (hermetically sealed bags) มาใช้บรรจุภายในกล่อง การรวมวัสดุ 2 ชนิดจะทำให้กล่องสามารถต้านทานการทำลายที่รุนแรงและพื้นที่ด้านกว้างของกล่องสามารถนำมาใช้ออกแบบทางกราฟฟิกได้ เพื่อช่วยให้สามารถแสดงสินค้าบนหิ้งวางของได้ แต่มีข้อเสียคือ ต้นทุนและอุปกรณ์จะมีราคาแพง (Matz, 1984)

กระป๋องกระดาษ (composit can) จัดเป็นกระป๋องที่ประกอบไปด้วยวัสดุหลาย ๆ อย่าง กระป๋องชนิดนี้ปัจจุบันเพิ่มมากขึ้นในผลิตภัณฑ์อาหารว่าง เนื่องจากความแข็งแรงของตัวกระป๋องทำให้สามารถป้องกันการเสื่อมเสียทางคุณภาพของอาหารว่างและกระป๋องกระดาษนี้สามารถที่จะจัดวางให้เป็นจุดเด่นทางสายตาได้ (Baker และคณะ, 1988) ด้านในของกระป๋องชนิดนี้จะเคลือบด้วยอลูมิเนียมฟอยล์ ซึ่งสามารถป้องกันการซึมผ่านของน้ำ ไขมัน และความสว่างได้ ชั้นอื่นๆ อาจเป็นพลาสติก ส่วนด้านนอกจะประกอบไปด้วย กระดาษหนา 2 – 3 ชั้น และอาจจะพ่นทับด้วยไข (wax) (รัตติกรณ์ เสาร์คำ, 2533 ; Baker และคณะ, 1988)

พลาสติกชนิดแข็ง (rigid plastic containers) มีลักษณะเป็นถ้วยหรือถาดพลาสติกที่ขึ้นรูปร้อน (thermo forming) พลาสติกที่นิยมนำมาใช้เป็นพวกโพลีสเตรียรีน เซลลูโลสอะซีเตท PVC, PP และ HDPE ภาชนะบรรจุชนิดนี้ไม่ได้ออกแบบมาเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บที่ยาวนาน วิธีการที่ดีที่สุดก็คือ ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยวัสดุชนิดนี้จะต้องมีการหมุนเวียนออกไปจำหน่ายอย่างรวดเร็ว โดยที่เมื่อผลิตภัณฑ์ถึงมือผู้บริโภคจะต้องอยู่ในสภาพที่ยอมรับได้ การปิดผนึกด้วยความร้อนจะช่วยป้องกันความชื้นได้บ้างเล็กน้อย (Matz, 1984 ; มยุรี ภาคลำเจียกและ อมรรัตน์ สวัสดิพัต, 2533)

กระป๋องโลหะ จะเหมาะกับอาหารขบเคี้ยวมากที่สุด เพราะสามารถป้องกันผลิตภัณฑ์ได้เป็นอย่างดี แต่มีข้อเสียก็คือ ราคาแพงและการใช้งานไม่สะดวกสบายเพราะต้องมีที่เปิดกระป๋องวิธีการแก้ไขอาจจะใช้ที่เปิดกระป๋องที่มีที่ดึง (ring-pull) ที่ฝากระป๋อง แต่ก็ยังมีข้อเสียคือ เพิ่มต้นทุน

กระป๋องที่ใช้มีช่วงรัศมีหรือเส้นผ่าศูนย์กลางที่จำกัด และเมื่อเปิดกระป๋องแล้วจะเกิดขอบแหลมคมรอบๆ ที่เปิด ทำให้ผู้บริโภคอาจบาดเจ็บเมื่อหยิบอาหารขึ้นมา (Matz, 1984)

กระดาษ (papers) เกิดจากการเกาะจับกันของเยื่อเซลลูโลส ซึ่งมีการใช้สารเคมีต่างๆ และเคลือบหรือเติมด้วยแร่ธาตุ พลาสติกและอื่นๆ เพื่อที่จะให้มีความแข็งแกร่ง คุณภาพเนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏที่ดี และคุณลักษณะต่างๆ ที่ปรารถนา เพื่อที่จะลามิเนทโครงสร้างไว้ใช้สำหรับอาหารขบเคี้ยว อย่างไรก็ตามเมื่อมีการใช้เพียงลำพังจะไม่สามารถต่อต้านการถ่ายเท ไวต่อความร้อนและเกิดจุดไขมันได้ (grease spotting) (Matz, 1984)

กระดานกระดาษ (paper boards) จะนำมาใช้สำหรับทำกล่องกระดาษที่พับได้ (Matz, 1984)

ฟิล์มพลาสติก ที่มีใช้หลายชนิด สำหรับที่ใส่อาหารขบเคี้ยวมีดังนี้

<u>โพลีเอทธิลีน</u> (polyethylene, PE) ทั้งชนิดความหนาแน่นปานกลางและสูง ความหนาของถุงที่ใช้มีตั้งแต่ 1 – 1.5 มิล (Mil) ถุงชนิดที่มีความหนาแน่นสูงมากกว่า 0.935 เท่า จะทนต่อการทิ่มแทงของผลิตภัณฑ์ได้ดี อัตราการซึมผ่านไอน้ำต่ำ (MVTR) และต้านทานไขมันได้ดี ส่วนถุง PE ชนิดความหนาแน่นต่ำจะมีการปิดผนึกที่ดี แต่การต้านทานไขมันและน้ำมันต่ำ ในปัจจุบันถุงโพลีเอทธิลีนที่นิยมใช้กันมากคือ LLDPE (linear low density polyethylene) และ LDPE (low density polyethylene) (Matz, 1984)

<u>โพลีโพรพิลีน</u> (polypropylene, PP) มีความทนทานต่ออุณหภูมิสูงใช้ได้ดีกับผลิตภัณฑ์ที่ค่อนข้างแข็ง ซึ่งจะทำให้ภาชนะบรรจุเป็นรูได้ (Matz, 1984) โพลีโพรพิลีนยอมให้ความชื้นผ่านได้เล็กน้อยเท่ากับโพลีเอทธิลีนชนิดความหนาแน่นปานกลาง ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ไม่ดีที่อุณหภูมิต่ำมีความต้านทานการซึมผ่านของไขมันสูงกว่าโพลีเอทธิลีน ไม่ทำปฏิกิริยากับกรด และไม่มีกลิ่นรส

เซลโลเฟน ข้อดีก็คือ มีความโปร่งใสเป็นมันเงาและให้เนื้อสัมผัสที่มีความรู้สึกกรอบ เซลโลโฟนที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันจะเป็นเซลโลโฟนที่ลามิเนทด้วยฟอยล์หรือเคลือบด้วยพลาสติกชนิดต่างๆ (Matz, 1984)

ฟอยล์ (foil) สำหรับอาหารขบเคี้ยวจะหมายถึง ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ ข้อดีสำหรับถุงภาชนะบรรจุชนิดนี้คือ อัตราการซึมผ่านของความชื้นเกือบจะเท่ากับศูนย์ มีการทึบแสงจึงสามารถ

ป้องกันแสงให้กับผลิตภัณฑ์ได้ ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ที่ใช้กับอาหารขบเคี้ยวจะมีความหนาตั้งแต่ 0.00025 – 0.00050 นิ้ว ชนิดที่มีความหนามากกว่า 0.00035 นิ้ว จะเป็นฟอยล์ที่มีคุณภาพดีจะมีค่ารูเข็ม (pin hole) น้อยกว่า 20 รู ต่อตารางฟุต และถ้ามีการลามิเนทด้วยฟิล์มพลาสติก ปัญหาเรื่องรูเข็มจะหมดไป (Matz, 1984) ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ไม่ทำปฏิกิริยากับไขมัน และตัวทำลายหลายชนิดทนความร้อนได้ถึง 176.67 °C ทนแดดได้ดี พับตามรอยได้ง่าย และถ้าลามิเนทกับวัสดุอื่นจะเพิ่มค่าแรงดึงยืด (tensile strength) และค่าความแข็ง (stiffness) ที่ใช้สำหรับทำภาชนะบรรจุควรมีความหนาอย่างน้อย 0.005 มิลลิเมตร ซึ่งยอมให้แก๊สผ่านได้บ้าง (อนุวัตร แจ้งชัด, 2533)

ฟิล์มลามิเนท ฟิล์มที่ใช้กับอาหารขบเคี้ยวที่บรรจุเป็นถุง (pouches) จะทำจากวัสดุ 2 ชนิด หรือมากกว่ามาลามิเนทกัน มีวิธีพื้นฐาน 4 แบบ ที่ใช้ลามิเนทคือ 1) การลามิเนทแบบร้อน (thermal lamination) 2) การลามิเนทแบบดาร์ยบอนด์ (dry-bond lamination) 3) การเคลือบฟิล์มด้วยสารยึดจับที่ไม่ละลาย แล้วทำการไล่สารละลายโดยใช้วิธีให้ความร้อนหลังจากนั้นจะทำการเชื่อมฟิล์มอีกชนิดหนึ่งโดยอาศัยความร้อนที่ไปกระตุ้นสารยึดจับ (adhesive) 4) การลามิเนทแบบเอ็กซ์ทรูด (extrusion lamination) (Matz, 1984)

อายุการเก็บรักษาของอาหารขบเคี้ยว

อายุการเก็บรักษา หมายถึง ช่วงระยะเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ตั้งแต่เริ่มผลิตเป็นผลิตภัณฑ์จนกระทั่งผลิตภัณฑ์นั้นอยู่ในสภาพที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ (Labuza, 1986) อายุการเก็บรักษาจะมีความสำคัญมากสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารชนิดใหม่ไม่ว่าผลิตภัณฑ์นั้นจำหน่ายในสภาวะที่เย็น แช่แข็ง หรือในกระป๋องโลหะ เนื่องจากจำเป็นที่จะต้องทราบว่าผลิตภัณฑ์นั้นจะเก็บรักษาไว้ได้นานเท่าใด ภายใต้อุณหภูมิและสภาวะแวดล้อมต่างๆ กัน (Baker และคณะ, 1988) และ Smith (1967) กล่าวว่า มันฝรั่งทอดประเภทชิพ (potato chips) ควรจะมีความชื้นอยู่ประมาณร้อยละ 3 หรือน้อยกว่าซึ่งจะมีค่า a_w (water activity) ประมาณ 0.2 ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวอื่นๆ เช่น คอร์นชิพ ผลิตภัณฑ์จากซีส ประเภทเคอล (curls) พัฟ (puffs) แท่ง (sticks) เป็นต้น ควรจะมีความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 3 และจากการศึกษาในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดประเภทชิพ ผู้บริโภคจะไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นสูงกว่าร้อยละ 3.57 เนื่องจากเนื้อสัมผัสเสื่อมเสียไป เนื้อสัมผัสที่เปลี่ยนแปลงไม่สามารถป้องกันได้โดยใช้ เซลโลเฟนที่ฉาบด้วยวัสดุกันความชื้น (Labuza, 1982) การกระทำเช่นนี้จะทำให้ชิพมีอายุการเก็บรักษานานประมาณ 4 – 6 สัปดาห์ที่อุณหภูมิ 21 °C การที่จะทำให้อายุการเก็บรักษามากกว่า 6 เดือนนั้น สามารถทำได้โดยใช้วัสดุภาชนะบรรจุหลายอย่างร่วมกับการลามิเนทจะประกอบด้วยวัสดุ ดังเช่น

อลูมิเนียมฟอยล์ กระดาษเคลือบโพลีเอทธีลีน (polyetyelene waxed paper) โพลีไวนิลิดีนคลอไรด์ และวัสดุอื่นรวมทั้งกระดาษ จะมีการนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว บางผลิตภัณฑ์จะมีการไล่อากาศและไล่ก๊าซไนโตรเจน ซึ่งจะช่วยป้องกันการดูดซึมความชื้นและก๊าซเฉื่อยจะช่วยให้การเกิดกลิ่นหืนช้าลง สิ่งนี้จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษา 6 เดือน ที่ความชื้นสัมพัทธ์ปกติ ยิ่งถ้าผลิตภัณฑ์เก็บรักษาในตู้เย็นจะทำให้มีอายุการเก็บรักษายาวนานขึ้นเป็น 2 – 3 เท่า เมื่อเทียบการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง Dornseifer และ Power (1965) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสารระเหยได้ในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดประเภทชิพ โดยนำมาเก็บรักษาภายใต้สภาวะต่อไปนี้ 1) 35°C ในที่มืด 2) 60 °C ในที่มืด 3) ที่อุณหภูมิห้องและมีแสงสว่าง และ 4) ตัวอย่างควบคุมที่เก็บที่ห้องเย็นชนิดลมเย็นเป่าผ่าน (blast freezer) และนำมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสเกี่ยวกับความหืนเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ผลปรากฏว่า ชิพที่เก็บในที่ที่มีแสงสว่างจะเกิดกลิ่นหืนใน 5 วัน ชิพที่เก็บในที่มืดที่อุณหภูมิ 60 °C จะเกิดกลิ่นหืนในสัปดาห์ที่ 5 ชิพที่เก็บในที่มืดที่อุณหภูมิ 35 °C จะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงเลยในสัปดาห์ที่ 5 เป็นที่ทราบกันดีว่ากรดบิวทีริค (butyric acid) จะเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษาโดยเฉาะอย่างยิ่งเมื่ออาหารถูกแสง Morgan (1935) กล่าวว่า การเหม็นหืนจะถูกเร่งให้เกิดขึ้นโดยแสงสีน้ำเงินและแสงที่มองไม่เห็น (invisible light) ขณะที่แสงสีเหลืองจะมีผลเล็กน้อย นอกจากอุณหภูมิและแสงแล้ว Labuza (1982) กล่าวว่า ควรจะมีการพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำมันหรือไขมันเป็นองค์ประกอบขณะที่มีการขนส่งหรือกระจายสินค้าไป สิ่งสำคัญที่ควรพิจารณาก็คือ ความชื้นและอุณหภูมิในช่วงเวลาที่แตกต่างกันไป รถขนสินค้าควรมีวัสดุกันความร้อนและระบายอากาศได้ดี และควรมีการควบคุมอุณหภูมิของรถเมื่อมีการขนส่งไปเป็นระยะทางยาวไกล ในคลังสินค้าควรจะพิจารณาเกี่ยวกับการหมุนเวียนของสินค้าร่วมกับการควบคุมอุณหภูมิและสุขาภิบาลด้านสิ่งแวดล้อม การนำสินค้าออกมาจำหน่ายควรมีการควบคุมดังนี้ คือ ควรจะขายสินค้าให้ทันก่อนสินค้าหมดอายุ ควรจะมีการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในห้องเย็นก่อนนำมาจำหน่ายบนชั้นวางสินค้า และบนชั้นวางสินค้าจะต้องมีการป้องกันจากพื้นที่ที่ร้อน แสงทั้งจากแสงแดดและแสงไฟฟ้า แต่อย่างไรก็ตามผู้ผลิตมักจะไม่สนใจว่า ผลิตภัณฑ์จะมีอายุการเก็บรักษายาวนานเท่าไร ผู้ผลิตจะมุ่งความสนใจว่าผลิตภัณฑ์จะมีการคืนกำไรได้สูงเพียงไร

จากการสำรวจอายุการเก็บรักษาอาหารขบเคี้ยวพบว่า มันฝรั่งทอดแบบชิพบรรจุในถุงเก็บไว้ ณ อุณหภูมิห้อง ความชื้นสัมพัทธ์ปานกลางในสภาพมืดจะมีอายุการเก็บรักษาน้อยกว่า 1 เดือน ถ้าเก็บในกระป๋องในสภาพที่มีอากาศจะมีอายุการเก็บยาวนานประมาณ 2 เดือน และการเก็บในกระป๋องในสภาพที่มีความก๊าซเฉื่อยจะมีการเก็บ 6 เดือนที่อุณหภูมิห้อง ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวอื่นๆ ที่เก็บในถุง ณ อุณหภูมิห้องจะมีผลเช่นเดียวกัน มันฝรั่งทอดประเภทชิพที่เก็บในถุงจะมีอายุการเก็บประมาณ 15 วัน หรือน้อยกว่า