บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 อาหารว่าง

อาหารว่าง หรือ snack food ในความหมายทั่วไปจะหมายถึง ขนมต่างๆไม่ว่าจะผ่านการนึ่ง ทอด หรืออบ ที่รับประทานเล่นระหว่างมื้อ โดยอาจเป็นของคาวหรือของหวานก็ได้ Blendford (1982) ได้ให้คำจำกัดความของ snack food ว่า เป็นอาหารสำเร็จรูปที่มีขนาดเล็กบริโภคได้ทันที หรือก่อนบริโภคต้องนำมาผ่านกรรมวิธีเล็กน้อย เป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่ใช้บริโภคระหว่างมื้อหลัก หรือเป็นอาหารที่ใช้บริโภคแทนมื้อหลัก อาจจะเป็นอาหารที่มีลักษณะเป็นของเหลวหรือของแข็งและมีรสหวานหรือเค็มก็ได้ Tettweiler (1991) ได้ให้คำจำกัดความของ snack food ว่า เป็นอาหารที่เตรียมง่าย มีขนาดเล็กจะมีสมบัติที่ร้อน เย็น แข็ง เหลว เป็นอาหารคาวหรือหวานก็ได้ เป็นอาหารที่สามารถบริโภคได้ทันทีหรืออาจจะต้องนำมาปรุงแต่งอีกเล็กน้อย ส่วนประกอบใน snack food ส่วนใหญ่เป็นคาร์โบไฮเดรตที่ได้จากข้าวโพด ข้าวเจ้า แป้งข้าวเจ้า แป้งสาลี ฯลฯ ส่วนในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 1534 – 2541) ได้ให้นิยามของขนมกรอบจากธัญชาติว่า หมายถึง ผลิตภัณฑ์ขนมกรอบที่มีธัญชาติเป็นส่วนประกอบหลัก ทำเป็นรูปร่างต่างๆ เช่น เส้นเกลียว แผ่น แท่ง หลอด ทรงกลม วงแหวน โดยอาศัยการทำด้วยวิธีต่างๆ คือ การนำส่วนประกอบทั้งหมดมาทำเป็นแป้งนวดสุก ทำเป็นรูปร่างต่างๆ แล้วทำให้แห้ง สุก พอง แล้วนำไปปรุงแต่งรส หรือนำส่วนประกอบทั้งหมดผ่านกระบวนการแบบเอกซ์ทรูชัน โดยทำให้ชื้นสุก อัดให้พองเป็นรูปร่างต่างๆ อบแห้งให้กรอบ หรือนำส่วนประกอบทั้งหมดผ่านกระบวนการเอกซ์ทรูชัน โดยทำให้ชื้นสุก หรือกึ่งสุกบางส่วน อัดเป็นรูปต่างๆ อบแห้ง แล้วทำให้พองกรอบโดยการคั่ว หรือทอดอีกครั้งหนึ่ง ลักษณะทั่วไปของผลิตภัณฑ์อาหารว่างที่ดีคือ ต้องมีรูปร่างและขนาดใกล้เคียงกัน มีสีตามธรรมชาติของผลิตภัณฑ์หรือส่วนประกอบที่ใช้ ไม่มีกลิ่นหืน กลิ่นไหม้ รสขม หรือกลิ่นรสที่ไม่พึงประสงค์ เนื้อสัมผัสต้องกรอบสม่ำเสมอ ปราศจากสิ่งแปลกปลอมต่างๆ เนื่องจากผลิตภัณฑ์อาหารว่างเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีวัตถุดิบได้หลากหลาย และมีการผลิตได้หลายวิธี จึงมีการจำแนกชนิดของผลิตภัณฑ์อาหารว่างไว้หลายลักษณะเช่น Blendford (1982) ได้จัดจำแนกตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหารว่างไว้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงการจัดจำแนกตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหารว่าง

SNACK CLASSIFICATION MATRIX	1. FRYING	2. ROASTING	3. EXPANDED	4. INSTANTISED	5. EXTRUSION	6. BAKED	7. FERMENT
A. POTATOES a. Sliced Whole b. Flour							
B. CEREALS a. Wheat Flour b. Rice Whole c. Rice Flour d. Maize Whole e. Maize Flour f. Oat Flake g. Oat flour							
C. NUTS a. Groundnuts b. Almonds							
D. LEGUMES a. Peas b. Beans c. Carrots							
E. FRUIT a. Raisins b. Bananas c. Papayas							
F. SEED a. Soya b. Sesame							
G. MEAT a. Cured b. Fabricated							
H. FISH / SEA FOOD a. Cured b. Fabricated							
I. DAIRY PRODUCE a. Protein b. Whey c. Casein							
J. STARCH							

Tettweiler (1991) ได้จำแนกตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหารว่างไว้ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงการจัดจำแนกตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหารว่าง

Category	Product
Hot snacks	Minipizzas , Pizza Baguettes, ect.
	Toasts au gratin
	Cup noodles
Cold snacks	
Milk and dairy products	Yogurts, plain and/or with fillings
	Mini cheese-cubes
Bakery products	Cake bars
	Minitarts
	Cookies
	Biscuits
Bars	Granola / muesli bars
	Chocolate bars
	Minibreak bars
Savory products	Chips, sticks
	Extruded products
	Crackers
	Pretzels, salt sticks
	Nuts, nut mixtures
Other products	Popcorn
	Rice snacks
	Fruit sticks / rolls

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 <u>เนื้อไก่แยกกระดูกด้วยเครื่อง</u> (Mechanically Deboned Chicken Meat : MDCM)

MDCM เป็นผลิตผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรมไก่สดแช่แข็ง เป็นเนื้อที่ได้จากส่วนคอ หลัง และโครงลำตัวของไก่ที่แยกออกด้วยเครื่องแยกกระดูก (mechanical deboning machine) มีลักษณะเป็นเนื้อละเอียด มีสีเข้ม ปริมาณไขมัน แคลเซียมสูงกว่าเนื้อไก่ธรรมดา เนื่องจากกรรมวิธีในการแยกกระดูกออกมักมีเศษกระดูก และ bone marrow ปะปนมา Ang และ Hamm (1982) ได้วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของ MDCM พบว่าองค์ประกอบหลักโดยประมาณของ MDCM มีความชื้น 62.7 – 73.4% โปรตีน 9.5 – 13.2% ไขมัน 13.2 – 25.2% เถ้า 0.74 – 0.94% Kumar และ Pederson (1983) ศึกษาปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นที่มีใน MDCM พบว่า MDCM มีกรดอะมิโนจำเป็นอยู่ในช่วง 38.17 – 42.50 % ของปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมด ซึ่งใกล้เคียงกับเนื้อไก่แยกกระดูกด้วยมือ (hand deboned chicken meat , HDCM) ที่มีกรดอะมิโนประมาณ 42.49% ของปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมด กรดอะมิโนจำเป็นที่พบใน MDCM ได้แก่ ไลซีน (lysine) , ทรีโอนีน (threonine) , วาลีน (valine) , เมทไธโอนีน (methionine) , ไอโซลิวซีน (isoleusine) , ลิวซีน (leusine) และเฟนนิลอะลานีน (phenylalanine) Simon and Gandemer (1986) ศึกษาองค์ประกอบของกรดอะมิโนใน MDCM โดยใช้สารละลายคลอโรฟอร์มและเอธทานอล ในอัตราส่วน 2 : 1 สกัดไขมันจาก MDCM พบว่า MDCM มีไขมันทั้งหมด 24.2% โดยประกอบด้วยไขมันที่เป็นกลาง 23.4% และไขมันที่มีขั้ว 0.8% Froning (1976) พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของ MDCM มักจะเปลี่ยนแปลงไปไม่คงที่ โดยจะขึ้นอยู่กับอายุของสัตว์ กรรมวิธีในการตัดแต่ง ปริมาณหนังที่ปนขณะแยกกระดูก และชนิดของเครื่องมือที่ใช้ในการแยกกระดูก Satterlee , Froning และ Janky (1971) ได้ศึกษาพบว่าปริมาณหนังในเนื้อ MDCM ที่มีปริมาณมากจะทำให้ปริมาณไขมัน และ solids มากขึ้น แต่จะทำให้ความชื้น ปริมาณโปรตีน และความเข้มของสี (ปริมาณ heme pigment) ลดลง โดยมีสีแดงลดลงและมีสีเหลืองเพิ่มขึ้น Essary (1979) กล่าวว่า MDCM มีปริมาณ heme pigment และ unsaturated fatty acids สูงกว่าเนื้อไก่ธรรมดา และเนื้อไก่แยกกระดูกด้วยมือ (HDCM) ซึ่งจะมีผลกระทบต่อสี กลิ่นรส และอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ MDCM เป็นส่วนผสม ดังนั้นจึงควรมีการปรับปรุงคุณภาพของ MDCM ก่อนนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์

Froning และ Johnson (1973) ได้ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพของ MDCM โดยวิธีการ centrifuge ที่ 5 $^{\circ}$C เป็นเวลา 15 นาที พบว่าเนื้อที่ได้จากการ centrifuge แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนเนื้อ ส่วนสารละลาย และส่วนไขมัน เมื่อนำส่วนของสารละลายและไขมันออกไป heme pigment ก็จะถูกกำจัดออกไปด้วยทำให้เนื้อส่วนที่เหลือมีสีที่จางลง เมื่อนำเนื้อที่ได้มาวิเคราะห์ค่า emulsifying

stability และ emulsifying capacity พบว่า MDCM ที่ผ่านการ centrifuge มีค่าเหล่านี้สูงขึ้น และเมื่อวิเคราะห์ค่า TBA พบว่าเนื้อที่ผ่านการ centrifuge จะมีค่า TBA ลดลง เนื่องจากไขมันบางส่วนถูกกำจัดออกไป Dawson , Sheldon และ Ball (1989) ศึกษาการล้างไขมันและรงควัตถุออกจาก MDCM ที่ดิบและสุก โดยใช้สารละลาย 0.75% sodium bicarbonate (pH 8.0) และน้ำล้าง พบว่าการล้างด้วยสารละลายดังกล่าวมีผลในการลดความเข้มของสีและปริมาณไขมัน โดย MDCM ทั้งดิบและสุก มีความสว่างเพิ่มขึ้น ปริมาณไขมันใน MDCM ดิบลดลงจาก 12.8% เป็น 1.5% ปริมาณไขมันใน MDCM สุกลดลงจาก 13.0% เป็น 2.5% Yang และ Froning (1992a) ศึกษาการล้าง MDCM ด้วยน้ำ , 0.5% sodium bicarbonate , 0.5% sodium phosphatate buffer (pH 7.2) , 0.1M sodium chloride พบว่าสารละลายทั้งหมดมีผลในการลดปริมาณไขมันใน MDCM อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับ MDCM ที่ไม่ผ่านการล้าง Yang และ Froning (1992b) ศึกษาผลของ pH และเวลาที่ใช้ในการล้าง MDCM โดยแปร pH ของสารละลาย sodium bicarbonate ที่ระดับ 5.0 , 6.0 , 7.0 และ 8.0 เวลาในการผสมสารละลายกับ MDCM ที่ระดับ 10 , 20 และ 30 นาที พบว่า pH และเวลาในการผสมที่สูงขึ้นมีผลทำให้สกัดรงควัตถุและโปรตีนที่ละลายน้ำออกได้มากขึ้น Mac Neil , Dimick และ Mast (1973) ศึกษาการเก็บรักษา MDCM โดยใช้ rosemary spice extract polyphosphate และ BHA กับ citric acid พบว่าทำให้ค่า TBA ต่ำลง และ total plate count ลดลง ปัจจุบันผลิตภัณฑ์อาหารที่ใช้ MDCM เป็นส่วนผสมได้แก่ผลิตภัณฑ์ประเภทเนื้อสัตว์ต่างๆ โดยใช้ MDCM ทดแทนปริมาณเนื้อแดงในสัดส่วนต่างๆ Dhillon และ Maurer (1975) ใช้ MDCM จากส่วนคอและหลังผสมกับ HDCM ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก พบว่าในสูตรที่ใช้ MDCM จะช่วยทำให้สีของผลิตภัณฑ์ดีขึ้น และเมื่อใช้ MDCM และ HDCM ผสมในสูตรทดแทนปริมาณเนื้อแดง 50% ขึ้นไป ผลิตภัณฑ์ที่ได้ยังมีสีและลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดี

2.3 ข้าว

ข้าว มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Oryza sativa L.* เมล็ดที่สุกเต็มที่แล้วประกอบด้วยสารอาหารหลักคือ คาร์โบไฮเดรตประมาณ 77-87% โปรตีน 9 –16% ไขมัน 1 – 5% เส้นใยหยาบ 2 –10% และแร่ธาตุ 1 – 7% จะพบว่าองค์ประกอบหลักของข้าวคือ คาร์โบไฮเดรต (แป้ง) แป้งในข้าวจะอยู่ในรูปของอะมัยโลส และอะมัยโลเพคติน โดยปริมาณอะมัยโลสและอะมัยโลเพคติน ก็จะแตกต่างกันไปตามชนิดของแป้งดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.3 (จิตธนา แจ่มเมฆ อรอนงค์ นัยวิกุล และปริศนา สุวรรณาภรณ์ , 2539)

ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงปริมาณอะมัยโลส และอะมัยโลเพคตินของแป้งแต่ละชนิด

ชนิดของแป้ง	อะมัยโลส(%)	อะมัยโลเพคติน(%)
แป้งมันสำปะหลัง	18	82
แป้งข้าวโพด	26	74
แป้งข้าวสาลี	25	75
แป้งข้าวเจ้า	16	84
แป้งมันฝรั่ง	23	77
แป้งมันเทศ	20	80
แป้งข้าวฟ่าง	27	73

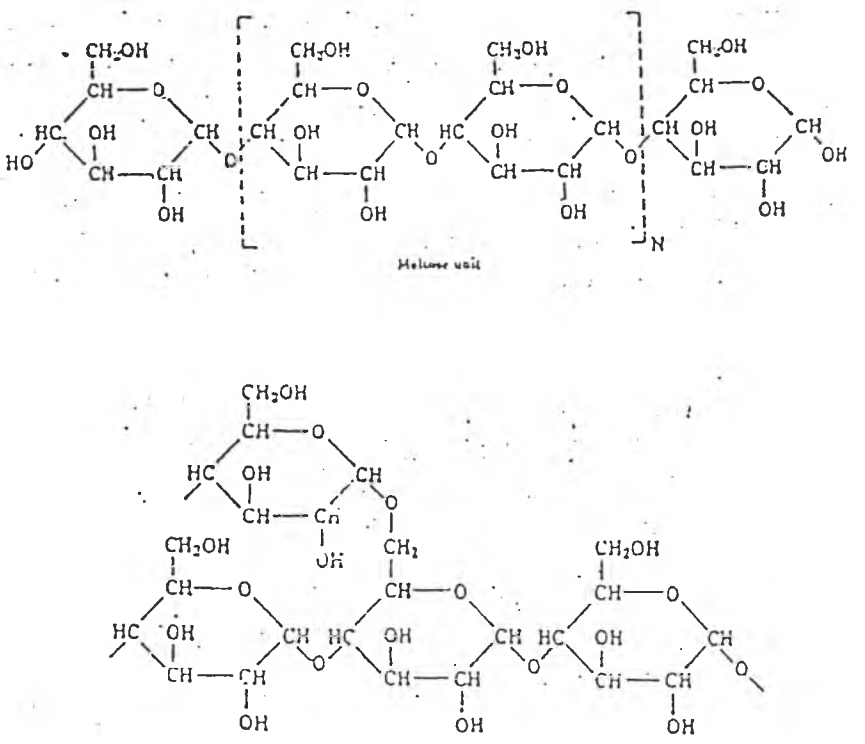
แป้งแต่ละชนิดมีอัตราส่วนอะมัยโลสและอะมัยโลเพคตินต่างกัน อะมัยโลสจะลดการพองตัวหรือทำให้ค่า specific volume ลดลง และจะมีผลไปลดการดูดซึมน้ำมันระหว่างทอดในผลิตภัณฑ์ที่ต้องผ่านการทอด อะมัยโลเพคตินจะช่วยในการพองตัว ลดความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นแป้งที่มีอะมัยโลสสูงจะใช้ทำ crunch snack เนื่องจากโมเลกุลอะมัยโลสอัดแน่นทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความแข็งแรงและต่อต้านการแตกหักได้มาก ส่วนอะมัยโลเพคตินซึ่งลดความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์จะให้ความกรอบและลักษณะปรากฏที่เบาจึงใช้ทำผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความพองตัวสูง ในผลิตภัณฑ์อาหารว่างแต่ละชนิดอัตราส่วนของอะมัยโลส และอะมัยโลเพคตินที่เหมาะสมจะแตกต่างกันออกไป แป้งที่มีปริมาณอะมัยโลส 5 –20% จะให้คุณสมบัติของผลิตภัฑณ์ที่ดีและไม่ทำให้เกิดการดูดซึมน้ำมันมากเกินไป Badrie and Mellowes (1992) ศึกษาผลของอะมัยโลสที่มีต่อผลิตภัณฑ์

อาหารว่างที่ผลิตจากแป้งมันสำปะหลัง พบว่าการเติมอะมัยโลสลงไปในปริมาณ 10 – 80% โดยน้ำหนักแห้ง จะเพิ่มความเรียบความสม่ำเสมอของผิวหน้าของผลิตภัณฑ์

2.3.1 การเกิดการเปลี่ยนแปลงของแป้งระหว่างการให้ความร้อน

<u>อะมัยโลส</u> เป็นพอลิเมอร์ที่ประกอบด้วยกลูโคสประมาณ 200 – 20,000 หน่วย (anhydroglucose unit : AGU) เกาะกันเป็นเส้นเดียวเชื่อมกันด้วยพันธะ α 1 , 4 – glucosidic แสดงไว้ดังรูปที่ 2.1

<u>อะมัยโลเพคติน</u> เป็นพอลิเมอร์ที่ประกอบด้วยกลูโคสที่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α 1 , 4 – glucosidic เป็นส่วนใหญ่ และยังมีส่วนที่แตกสาขาซึ่งเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ β 1 , 6 – glucosidic โดยแต่ละสาขาจะประกอบด้วยกลูโคสประมาณ 20 –25 AGU แสดงไว้ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของอะมัยโลสและอะมัยโลเพคติน

แป้งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่เป็นพอลิเมอร์ของ α - D – glucose ประกอบด้วยอะมัยโลส และอะมัยโลเพคติน ซึ่งมีหน่วยพื้นฐานคือ D – glucose และการรวมตัวกันของกลูโคสเป็นพอลิเมอร์จะมีการเสียน้ำ ดังนั้นหน่วยกลูโคสในพอลิเมอร์ของแป้งที่แท้จริงคือ หน่วย anhydrous glucose ส่วนประกอบทั้งสองชนิดของแป้งจะเรียงตัวในแนวรัศมีภายในเม็ดแป้งโดยโมเลกุลจะขนานกัน สายโมเลกุลทั้งแบบตรงและมีสาขาจะจับกันไว้ด้วยพันธะไฮโดรเจนเป็นผลึกเล็กๆ เรียกว่า crystalline micelles สายพอลิเมอร์ดังกล่าวจะถูกอัดแน่นในรูปของ starch granules ซึ่งเกาะกันด้วยพันธะไฮโดรเจนอ่อนๆ ในระหว่างการให้ความร้อนพันธะไฮโดรเจนจะอ่อนลงและในที่สุดจะแตกออก ซึ่งเรียกว่าเกิดเจลาติไนเซชัน ที่จุดนี้ starch granules จะดูดน้ำเข้าไปแล้วเกิดการบวมขึ้น ลักษณะของแป้งจะเกิดเป็นโด (dough) ระหว่างการเกิดเจลาติไนเซชันโมเลกุลของอะมัยโลสจะหลุดออกจาก granules และจะเรียงตัวกันแล้วจับกันด้วยพันธะไฮโดรเจนใหม่เมื่อโดเย็นลง ส่วนอะมัยโลเพคตินไม่สามารถออกจาก granules ได้เนื่องจากโครงสร้างที่มีกิ่งก้านสาขา (Glickman , 1969)

2.4 กระบวนการเอกซ์ทรูชัน

กระบวนการเอกซ์ทรูชัน เป็นกระบวนการที่เริ่มต้นใช้ในอุตสาหกรรมขึ้นรูปพลาสติก การทำแก้ว และ เซรามิก หลักการของกระบวนการนี้ คือการบังคับวัตถุดิบผ่านช่องเปิดภายหลังจากการให้ความร้อนเพื่อให้มีรูปร่างตามต้องการ ในอุตสาหกรรมอาหารหน้าที่ของกระบวนการเอกซ์ทรูชันได้แก่ ผสม ทำให้สุก ขึ้นรูป เคลื่อนย้าย ทำให้พอง หรือทำให้แห้ง โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่าเอกซ์ทรูเดอร์

เอกซ์ทรูเดอร์เป็นเครื่องจักรที่รวมเอาขั้นตอนการผลิตหลายขั้นตอน เช่นการผสม การทำให้ร้อน และสุก แล้วทำให้เป็นรูปทรงของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปออกมาภายในตัวเครื่องอันเดียวกัน ตัวเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ประกอบด้วยตัวสกรูเป็นเกลียว หรือเป็นเกลียวตัวหนอน หมุนอยู่ในปลอกเหล็กผนังสองชั้นที่เรียกว่าแบร์เรล หน้าที่ของสกรู คือ หมุนผลักพาให้วัตถุดิบซึ่งหยุ่นเหนียวที่อยู่ภายในเครื่องเคลื่อนไปข้างหน้าเพื่อผ่านรูเปิดพิเศษบนหน้าแปลนออกมา

การผลิตแบบเอกซ์ทรูชัน (Extrusion Cooking) เป็นกระบวนการที่ทำให้วัตถุดิบชื้นก่อนทำให้สุก และอัดเป็นรูปออกมา ความร้อนที่ให้กับวัตถุดิบนั้นได้จากขดลวดที่ผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปหรือใช้ความร้อนจากไอน้ำ และยังได้จากการเปลี่ยนรูปของพลังงานกลอันเป็นผลมาจากแรงเฉือนหรือแรงเสียดทานที่เกิดระหว่างวัตถุดิบกับวัตถุดิบ หรือระหว่างวัตถุดิบกับสกรูหรือผนังของแบร์เรล ความร้อนที่เกิดขึ้นนี้จะเปลี่ยนให้แป้งในวัตถุดิบที่ชื้นเกิดเป็นเจลที่สมบูรณ์ โปรตีนก็เปลี่ยนสภาพกลายเป็นโปรตีนที่ย่อยสลายได้ง่ายขึ้น อุณหภูมิที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการเอกซ์ทรูชันอาจจะสูงถึง 200°C โดยใช้เวลาเพียง 5 – 10 วินาที จึงจัดว่ากระบวนการนี้เป็นแบบ high temperature and short time (HTST)

2.4.1 ปัจจัยสำคัญในการผลิตแบบเอกซ์ทรูชัน

2.4.1.1 ส่วนประกอบของวัตถุดิบ

องค์ประกอบหลักของวัตถุดิบต้องเป็นคาร์โบไฮเดรต วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตส่วนใหญ่จะเป็นแป้งที่ได้จากธัญชาติและพืชหัว เช่น ข้าวเจ้า ข้าวสาลี ข้าวโพด มันฝรั่งมันเทศ มันสำปะหลัง ฯลฯ Fondevila , Liuzzo และ Rao (1988) ได้ศึกษาการผลิต snack food ด้วยเครื่อง pasta extruder โดยใช้ปลายข้าวเจ้าโม่มาเป็นวัตถุดิบ พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากแป้งข้าวเจ้า 100% ให้ลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ดีที่สุด โดยผลิตที่สภาวะ 196 °C และความชื้นเริ่มต้น 12 – 15% Badrie และ Mellowes (1992) ศึกษาผลของแป้งมันสำปะหลังที่มีผลต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ พบว่าการเติม

cassava starch ในปริมาณ 25 – 75% โดยน้ำหนักลงใน cassava flour เป็นการเพิ่มปริมาณคาร์โบไฮเดรตในวัตถุดิบ ซึ่งมีผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าความหนาแน่นลดลง และมีอัตราการพองตัวเพิ่มขึ้น

2.4.1.2 ความชื้นของวัตถุดิบ

ความชื้นเป็นปัจจัยที่สำคัญ เนื่องจากถ้าวัตถุดิบมีความชื้นสูงเกินไปจะเกิดการเกาะตัวเป็นก้อนในถังป้อน (feed hopper) ทำให้ส่วนผสมเข้าเครื่องไม่สม่ำเสมอ แต่ถ้าความชื้นของวัตถุดิบน้อยไปจะเกิดการไหม้ได้ นอกจากนี้ความชื้นยังมีผลต่ออัตราการพองตัว โดยถ้าต้องการให้ผลิตภัณฑ์มีการพองตัวเต็มที่ความชื้นของวัตถุดิบตั้งต้นไม่ควรเกิน 20% (Camire,Camire และ Kurmhar,1990) Mercier และ Feillet (1975) ศึกษาผลของปริมาณความชื้นของวัตถุดิบที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ corn grit พบว่าเมื่อปริมาณความชื้นของวัตถุดิบเพิ่มขึ้นจาก 10.5 เป็น 28.5% โดยน้ำหนัก ทำให้ค่าอัตราการพองตัวลดลง ค่าแรงตัดขาดจะเพิ่มขึ้น Badrie and Mellowes (1991) พบว่าความชื้นมีผลต่อค่าอัตราการพองตัวของผลิตภัณฑ์จากแป้งมันสำปะหลัง และค่าความหนาแน่นอย่างมาก โดยปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นมีผลให้ค่าอัตราการพองตัวลดลงและค่าความหนาแน่นสูงขึ้น และปริมาณความชื้น 11% จะให้ค่าอัตราการพองตัวสูงสุด

2.4.1.3 ขนาดอนุภาคของวัตถุดิบ

ขนาดอนุภาคของส่วนประกอบต่างๆ ในวัตถุดิบที่นำมาผสมกันควรจะต้องมีขนาดไล่เลี่ยกัน เพราะถ้ามีขนาดไม่เท่ากันจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ออกมาไม่ดี เกิดการสุกเป็นบางจุดไม่สม่ำเสมอ นอกจากนี้การใช้วัตถุดิบที่มีขนาดใหญ่เกินไป จะทำให้วัตถุดิบสุกไม่ทั่วถึงเกิดเป็นเม็ดแข็งขึ้นในบางจุดในผลิตภัณฑ์ ผิวของผลิตภัณฑ์ไม่เรียบสม่ำเสมอและขนาดของ air cell ในผลิตภัณฑ์มีขนาดใหญ่ และมีขนาดไม่สม่ำเสมอด้วย ถ้าวัตถุดิบที่มีขนาดละเอียดถึงขั้นเป็นแป้ง (flour) จะเกิดการจับติดเป็นก้อนได้ง่าย ทำให้การเดินเครื่องลำบากและอาจทำให้เกิดการไหม้ได้ด้วย (พอใจ ลิ้มพันธ์อุดม, 2531) Desrumaux , Bouvier และ Burri (1998) ได้ศึกษาผลของขนาดของวัตถุดิบที่มีผลต่อลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ corn grit พบว่าขนาดของวัตถุดิบมีส่วนสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยถ้าวัตถุดิบมีขนาดใหญ่จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้แข็ง และมีอัตราการพองตัวที่ลดลง

2.4.1.4 ความเร็วสกรู

สกรูเป็นตัวพาส่วนผสมของวัตถุดิบเข้าไปภายในเครื่อง โดยระหว่างนั้นจะมีการบดผสมนวดให้วัตถุดิบเกิดการผสมเป็นเนื้อเดียวกัน เกิดแรงอัด แรงเฉือน และทำให้เกิดความร้อนซึ่งจะทำให้เกิดการสุกของแป้ง และโปรตีน Badrie และ Mellowes (1991) ศึกษาผลของความเร็วสกรูที่มี

ต่ออัตราการพองตัวของผลิตภัณฑ์ พบว่าการเพิ่มความเร็วสกรูจาก 425 เป็น 560 รอบ / นาที โดยใช้เครื่อง twin screw extruder จะทำให้อัตราการพองตัวลดลง

2.4.1.5 อุณหภูมิภายในเครื่อง

เครื่องเอกซ์ทรูเดอร์มีการแบ่งการให้ความร้อนแก่วัตถุดิบออกเป็น 3 โซน โซนที่ 1 เป็นช่วงที่ต่อจากสกรูป้อน ซึ่งในช่วงนี้เป็นการให้ความร้อนเบื้องต้นกับส่วนผสม โซนที่ 2 อุณหภูมิที่ใช้จะสูงขึ้นเพื่อให้วัตถุดิบเริ่มเกิดการสุก และเกิดการเปลี่ยนสภาพ และในโซนที่ 3 อุณหภูมิที่ใช้นั้นจะทำให้วัตถุดิบเกิดการสุกอย่างสมบูรณ์ คือการทำให้แป้งที่เป็นวัตถุดิบหลักเกิดเจลาติไนเซชัน ซึ่งจะมีผลต่อการพองตัวและลักษณะของผลิตภัณฑ์ Mercier และ Feillet (1975) ศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่ออัตราการพองตัวและแรงตัดของผลิตภัณฑ์ corn grit พบว่าเมื่ออุณหภูมิในการผลิตเพิ่มขึ้นจาก 65 - 250°C ค่าแรงตัดขาดของผลิตภัณฑ์จะลดลง และอัตราการพองตัวสูงสุดของผลิตภัณฑ์จะเกิดในช่วงการผลิตที่อุณหภูมิ 180 – 200 °C Chiang และ Johnson (1977) ศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อการเจลาติไนเซชันของแป้งข้าวสาลี พบว่าการเพิ่มอุณหภูมิในการผลิตจาก 65 - 110°C จะเพิ่มการเจลาติไนเซชันของแป้ง ซึ่งการเจลาติไนเซชันที่เพิ่มขึ้นของแป้งจะมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพดีขึ้น Artz , Warren และ Villota (1990) ศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อการเจลาติไนเซชันของแป้งข้าวโพด โดยแปรอุณหภูมิจากช่วง 90 - 150°C พบว่าการเพิ่มอุณหภูมิในการผลิตจะเพิ่มการเจลาติไนเซชันของแป้งข้าวโพด มีผลทำให้อัตราการพองตัวของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น Park et al., (1993) ศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่ออัตราการพองตัว แรงตัดขาดของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจาก defatted soy flour , corn starch และ raw beef พบว่า เมื่อใช้อุณหภูมิในการผลิตช่วง 140 – 160°C ค่าการพองตัวของผลิตภัณฑ์จะเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าแรงตัดขาดจะลดลง แต่เมื่ออุณหภูมิเพิ่มจาก 160 -180°C ค่าอัตราการพองตัวจะลดลง ส่วนค่าแรงตัดขาดจะเพิ่มขึ้น

2.4.1.6 อัตราส่วนการอัดของสกรู

การใช้แรงอัดสูงมีผลทำให้วัตถุดิบเกิดการสุกง่ายและเร็วกว่าการใช้แรงอัดต่ำ แต่มีผลเสียคือ เครื่องจักรต้องใช้กำลังเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงไม่ควรใช้อัตราส่วนการอัดของสกรูมากเกินไป เพื่อเป็นการประหยัดและลดต้นทุนการผลิต

2.4.1.7 ขนาดแม่แบบ (die)

หัวไดเป็นส่วนประกอบสุดท้ายที่ต่อจากเครื่อง เป็นส่วนที่ตีบหรือเรียวเล็ก เพื่อให้วัตถุดิบถูกบีบหรือขับออกมา หน้าที่สำคัญของไดคือ การจำกัดการไหล และทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ออกมามีรูปร่างต่างๆ ตามต้องการ Park et al., (1993) ศึกษาผลของขนาดของหัวไดที่มีผลต่อลักษณะของ

ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจาก defatted soy flour , corn starch และ raw beef พบว่าขนาดหัวไดที่ทำให้ผลิตภัณฑ์พองตัวออกมาได้เต็มที่คือหัวไดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.175 มิลลิเมตร และถ้าใช้หัวไดขนาดเล็กเกินไป ผลิตภัณฑ์ที่ออกมาบางส่วนจะเกิดการแห้งแข็ง เกาะติดบริเวณรูของหัวได ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ตามมาทีหลังไม่สามารถออกมาได้ ทำให้เกิดการไหม้ภายในเครื่อง พอใจ ลิ้มพันธ์อุดม (2531) ใช้หัวไดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร ในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวโปรตีนสูง พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีการพองตัวที่ดี

จากปัจจัยต่างๆที่กล่าวมาข้างต้นทุกๆ ปัจจัยมีความสำคัญและมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ดังนั้นในการผลิตจึงต้องศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่เหมาะสมในการผลิตไปพร้อมๆกัน ประชา บุญญสิริกุล , จุฬาลักษณ์ จารุนุช และมาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์ (2539) ศึกษาการผลิตอาหารขบเคี้ยวจากแป้งถั่วเขียวและแป้งข้าวเจ้าโดยใช้เครื่องเอกซ์ทรูเดอร์สกรูคู่ โดยศึกษาสูตรที่เหมาะสมและสภาวะที่เหมาะสมในการผลิต โดยแปรปริมาณความชื้นเริ่มต้นของวัตถุดิบที่ 14 – 18% ความเร็วรอบสกรู 250 – 300 รอบต่อนาที และอุณหภูมิแบร์เรลที่ 120 –140 °C พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัตถุดิบที่ใช้คือ แป้งถั่วเขียว : แป้งข้าวเจ้า เท่ากับ 70 : 30 สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตคือ ความชื้นเริ่มต้น 16% ความเร็วรอบสกรู 300 รอบต่อนาที และอุณหภูมิแบร์เรล 135 °C Suknark , Phillips และ Huang (1999) ศึกษาผลของอุณหภูมิ ความเร็วรอบสกรูที่มีผลต่ออัตราการพองตัว ความหนาแน่นปรากฏ และแรงตัดขาดของผลิตภัณฑ์ fish snack และ peanut snack พบว่าการเพิ่มอุณหภูมิ และความเร็วรอบของสกรูจะมีผลให้อัตราการพองตัวในผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิดเพิ่มขึ้น ส่วนค่าความหนาแน่นปรากฏและแรงตัดขาดจะลดลง

2.5 การเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์อาหารว่างจะมีการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญจนไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้แก่ การเหม็นหืน และการสูญเสียความกรอบ (Matz , 1993)

2.5.1 การเหม็นหืน

คือการเปลี่ยนแปลงของไขมันที่ทำให้เกิดกลิ่นเหม็น เป็นที่ไม่พอใจของผู้บริโภค โดยอาจเกิดได้จากปฏิกิริยา 2 แบบ คือ

2.5.1.1 hydrolytic rancidity สาเหตุเกิดจากการ hydrolysis ของ triglycerides โดยมี enzyme lipases เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา การตรวจวัดความหืนทำได้โดยการหาค่า acid value ซึ่งเป็นค่าที่แสดงการเกิดกรดไขมันอิสระ

2.5.1.2 oxidative rancidity (autoxidation) มีสาเหตุจาก O_2 เข้าไปทำปฏิกิริยากับกรดไขมัน เกิด oxidised products ซึ่งต่อมาจะแตกตัวให้ off-flavour การตรวจวัดค่าความหืนทำได้หลายวิธี ตัวอย่างเช่น วิธี TBA test (Thiobarbituric acid test) มีหลักการคือ oxidised products ของกรดไขมันที่เกิด autoxidation จะไปทำปฏิกิริยากับสารละลาย 2 – thiobarbituric acid เมื่อให้ความร้อนจะเกิดเป็นสารสีชมพูแดง ซึ่งเกิดจากกระบวนการ condensation ของ 2 โมเลกุลของ TBA กับ 1 โมเลกุลของ malonicdialdehyde ตรวจวัดความเข้มของสีโดยใช้เครื่อง spectrophotometer วัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ที่ 532 nm (Melton ,1983)

ปัจจัยที่สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันมีหลายอย่าง เช่น แสง โดยเฉพาะแสงที่มีความยาวคลื่นต่ำซึ่งให้พลังงานสูง เช่น รังสีเหนือม่วง (ultraviolet) หรือแสงจากหลอด fluorescence นอกจากนี้ความเข้มของแสงและระยะเวลาที่ผลิตภัฑณ์ได้สัมผัสกับแสงก็มีส่วนทำให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้น โลหะบางอย่างก็เร่งปฏิกิริยาได้โดยเฉพาะพวกที่มีประจุตั้งแต่บวก 2 ขึ้นไป เช่น โคบอลต์ (Co) , ทองแดง (Cu) , เหล็ก (Fe) , แมงกานีส (Mn) และนิเกิล (Ni) เป็นต้น สารประกอบบางอย่างที่มีโลหะเป็นองค์ประกอบในธรรมชาติ เช่น hemoglobin , myoglobin และ cytochrome ก็สามารถเร่งปฏิกิริยานี้ได้เช่นกัน (Igene และ Pearson , 1978)

2.5.2 การสูญเสียความกรอบ

เนื่องจากผลิตภัณฑ์อาหารว่างมีปริมาณความชื้นต่ำ ดังนั้นหากเก็บผลิภัณฑ์ในบรรยากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่าความชื้นภายในผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์จะดูดความชื้นจากบรรยากาศเข้าไป จนกระทั่งความชื้นภายในผลิตภัณฑ์อยู่ในสมดุลกับระดับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ซึ่งเรียกสภาวะนี้ว่า ความชื้นสมดุล (equilibrium moisture content) หรือ ความชื้นสัมพัทธ์สมดุล (equilibrium relative humidity) หรืออาจอธิบายความชื้นสมดุลของอาหารในรูปของ water

activity (a_w) ซึ่งหมายถึงสัดส่วนของความดันไอน้ำในอาหารต่อความดันไอน้ำบริสุทธิ์ที่อิ่มตัวในบรรยากาศที่มีอุณหภูมิคงที่ และคิดเป็นอัตราส่วน 1 : 100 ของความชื้นสมดุล ในผลิตภัณฑ์ประเภท snack ควรจะมีค่า a_w ประมาณ 0.35 เพราะจะมีความกรอบและได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค (Katz and Labuza ,1981)

จากการที่ผลิตภัณฑ์ดูดความชื้นจากบรรยากาศเข้าไป จะส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์เสื่อมคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส คือผลิตภัณฑ์เดิมซึ่งมีลักษณะกรอบ จะกลายเป็นเหนียวขึ้นจนไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ความชื้นของอาหารยังมีผลต่อกระบวนการออกซิเดชันของไขมัน ซึ่งมีผลทำให้เกิดความเหม็นหืนในผลิตภัณฑ์ ซึ่งการจะป้องกันการเหม็นหืนและการสูญเสียความกรอบของผลิตภัณฑ์จะต้องอาศัยบรรจุภัณฑ์ที่สามารถป้องกัน การซึมผ่านของไอน้ำ อากาศ (ที่มีออกซิเจน) และแสงได้พร้อมๆ กัน นอกจากนี้บรรจุภัณฑ์ยังต้องป้องกันการรั่วซึมของไขมันจากอาหารสู่ภายนอก เพื่อลดพื้นที่ผิวของไขมันที่จะสัมผัสกับอากาศ จึงมีผลทำให้ยับยั้งการเกิดกลิ่นหืน รวมทั้งทำให้บรรจุภัณฑ์มีลักษณะน่ามอง

ปัจจุบันมีฟิล์มพลาสติกที่สามารถป้องกันปัญหาสำคัญทั้งสองดังกล่าวมาแล้วและนิยมใช้ในการทำถุงบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารว่างทั่วไปในท้องตลาดอยู่ 2 ประเภท คือ ฟิล์มพลาสติกธรรมดา เช่น PP , PE , OPP / PP ฯลฯ และฟิล์มพลาสติกประเภท metallized เช่น OPP / Metallized PP , OPP / Metallized PET , OPP / MPEP / CPP ฯลฯ โดยที่ถุงบรรจุที่ทำจากฟิล์มประเภท metallized จะมีคุณสมบัติกันความชื้นและก๊าซออกซิเจนได้ดีกว่าถุงที่ทำจากฟิล์มพลาสติกธรรมดา (อัญชลี,2537) ประชา และคณะ (2539) ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวจากถั่วเขียว โดยใช้ถุงพลาสติก 3 ประเภท คือ คือ OPP / PP , OPP / Metallized PP และ OPP / Metallized PET พบว่าถุงประเภท OPP / Metallized PP และ OPP / Metallized PET เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่าถุง OPP / PP และพบว่าคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่เก็บไว้ในถุงประเภท OPP / Metallized PP และ OPP / Metallized PET เป็นเวลา 3 เดือนได้คะแนนการยอมรับใกล้เคียงกับตอนเริ่มต้นเก็บ

2.6 <u>การผลิตผลิตภัณฑ์อาหารว่างโปรตีนสูง</u>

ผลิตภัณฑ์อาหารว่างโดยส่วนใหญ่ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตและไขมัน ปัจจุบันมีการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการโดยการเสริมโปรตีนเข้าไปในสูตร ซึ่งวัตถุดิบที่ใช้มักเป็นธัญพืชชนิดต่างๆ หรือเนื้อสัตว์ Almeida-Dominiguez , Valencia และ Higuera-Ciapara (1990) ได้ศึกษาสูตรอาหารว่างโปรตีนสูงที่ผลิตโดยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน วัตถุดิบที่ใช้คือ corn flour , soybean meal และ chickpea เป็นส่วนประกอบหลัก และเติม methionine และ lysine เพื่อเสริมคุณค่าทางโภชนาการ พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีโปรตีนสูงถึง 13.16 – 18.11% Konstance และคณะ (1998) ศึกษาการผลิตอาหารว่างโปรตีนสูงโดยเครื่องเอกซ์ทรูชัน วัตถุดิบคือ corn meal , soy isolates และ soy concentrates ผสมในอัตราส่วนต่างๆ พบว่าได้ผลิตภัณฑ์อาหารว่างที่มีปริมาณโปรตีนประมาณ 20% Suknark , Phillips และ Huang (1999) ได้ศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารว่างเสริมโปรตีนจากถั่ว และปลา โดยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน พบว่า การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและความเร็วรอบมีผลในการเพิ่มอัตราการพองตัว แต่ลดความหนาแน่นปรากฏและแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์