บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 ข้าวโพดและสถานภาวะการผลิต

ข้าวโพด(Zea mays) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของโลก มีเมล็ดขนาดใหญ่ จึงสามารถนำมาใช้ประโยชน์เป็นอาหารสำหรับมนุษย์หรือสำหรับสัตว์ได้โดยตรง(3) นอกจากนั้นยังสามารถนำส่วนของเมล็ดเช่น ส่วน Germ มาสกัดเป็นน้ำมันพืช เมื่อผ่านขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์จะได้น้ำมันบริโภคที่มีคุณภาพสูง หรือส่วน Endosperm มาสกัดจะได้ Starch และส่วนของเมล็ดข้าวโพดยังนำมาใช้แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่างๆ(2)

ในหลายประเทศที่กำลังพัฒนาใช้ข้าวโพดเป็นอาหารหลักสำหรับครอบครัวที่มีรายได้ต่ำ (8) แต่ข้าวโพดจัดเป็นอาหารประเภทแป้ง มีโปรตีนต่ำ และโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบของข้าวโพดยังขาดกรดอะมิโนชนิดไลซีน(lysine) และชนิดทริพโตแฟน(tryptophane) ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นแก่ร่างกาย(ดูตารางที่ 3 และ 4)(3) อย่างไรก็ตามได้มีการค้นพบข้าวโพดพันธุ์ที่มีกรดอะมิโนชนิดไลซีนสูง จึงทำให้คาดหวังว่าข้าวโพดอาจจะมีคุณค่าทางอาหารเท่าๆกับอาหารพวกเนื้อสัตว์หรือถั่วเหลืองที่เหมาะสำหรับใช้เป็นอาหารของมนุษย์ เพื่อแก้ปัญหาเรื่องการขาดโปรตีน โดยเฉพาะในประเทศที่กำลังพัฒนา(2)

สำหรับการผลิตข้าวโพดของประเทศไทยมีการเพิ่มผลผลิตมากขึ้นทุกปี โดยการขยายพื้นที่เพาะปลูกและการเพิ่มผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ ซึ่งในระยะหลังนี้การเพิ่มผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่มีแนวโน้มมากขึ้น(29) พบว่าข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ-1 และพันธุ์สุวรรณ-2 ได้รับการส่งเสริมให้มีการเพาะปลูกกันมาก(30) เพราะให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงถึง 500-700 กิโลกรัมต่อไร่ นอกจากนี้ยังย่นอายุของการเก็บเกี่ยว มีความต้านทานโรคราน้ำค้างได้ดีและทนต่อสภาพแห้งแล้งได้ดีกว่าพันธุ์ดั้งเดิมอื่นๆ(31) จังหวัดที่เพาะปลูกข้าวโพดกันมากได้แก่ นครราชสีมา สระบุรี(30)

เมื่อพิจารณาถึงการผลิตข้าวโพดและผลผลิตของประเทศส่งออกที่สำคัญต่างๆ จะพบว่าประเทศไทยเป็นประเทศผู้ส่งออกข้าวโพดเป็นอันดับที่ 4 รองจากสหรัฐอเมริกา อาร์เยนตินา และแอฟริกาใต้(ดูตารางที่ 5)(32) แม้ว่าจะมีผลผลิตรวมเพียงประมาณร้อยละหนึ่งของผลผลิตโลก แต่ส่วนใหญ่ของผลผลิตข้าวโพดของประเทศไทยประมาณร้อยละ 60-70 ส่งเป็นสินค้าออก

ตารางที่ 3 องค์ประกอบและการให้พลังงานของข้าวโพดส่วนที่บริโภคได้ 100 กรัม

องค์ประกอบ	ข้าวโพดเหลือง	ข้าวโพดเหลืองบดชนิดมีล
พลังงานอาหาร (แคลอรี)	349	355
ความชื้น(ร้อยละ)	13.6	12.0
โปรตีน(กรัม)	9.1	9.2
ไขมัน(กรัม)	4.2	3.9
คาร์โบไฮเดรท(รวมกับเส้นใย,กรัม)	71.7	73.7
เส้นใย(กรัม)	2.3	1.6
เถ้า(กรัม)	1.4	1.2
แคลเซี่ยม(มิลลิกรัม)	14	20
ฟอสฟอรัส(มิลลิกรัม)	245	256
เหล็ก(มิลลิกรัม)	2.8	2.4
โซเดียม(มิลลิกรัม)	5	1
โปตัสเซียม(มิลลิกรัม)	-	284
ไธอะมีน(มิลลิกรัม)	0.29	0.38
ไรโบฟลาวิน(มิลลิกรัม)	0.11	0.11
ไนอะซีน(มิลลิกรัม)	2.1	2.0

ที่มา: Boonyasirikul และคณะ (3)

ตารางที่ 4 ปริมาณกรดอะมิโนของข้าวโพดส่วนที่บริโภคได้ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)

ชนิดของกรดอะมิโน	ปริมาณ
ไอโซลูซีน(Isoluecine)	335
ลูซีน(Luecine)	1203
ไลซีน(Lysine)	258
เมทธีโอนีน(Metheonine)	122
ซิสตีน(Cystine)	216
ฟีนิลอะลานีน (Phenylalane)	393
ไทโรซีน(Tyrosine)	207
โธรนีน(Thronine)	381
ทริพโตแฟน(Tryptophane)	31
วาลีน(Valine)	400
กรดอะมิโนจำกัด(Limit amino acid)	ทริพโตแฟน

ที่มา: Boonyasirikul และคณะ(3)

ตารางที่ 5 ปริมาณการผลิตข้าวโพดของประเทศผู้ผลิตที่สำคัญของโลกในช่วงปีพ.ศ.2525-2529

ประเทศ	2525/26	2526/27	2527/28	2528/29
สหรัฐอเมริกา	209.2	106.0	194.5	200.0
จีน	60.3	68.2	72.4	70.0
ยุโรปตะวันออก	36.5	3.4	35.2	35.7
บราซิล	19.5	21.0	20.0	21.5
ประชาคมเศรษฐกิจยุโรป	19.8	19.6	20.1	20.9
อาร์เยนตินา	9.0	9.2	12.0	12.1
รัสเซีย	13.5	12.0	12.5	11.0
เม็กซิโก	7.0	9.3	9.7	9.0
แอฟริกาใต้	4.1	4.4	7.1	8.0
ไทย	3.4	4.0	4.5	4.5
อื่นๆ	56.4	58.5	62.0	63.7
รวม	438.7	345.7	450.0	456.4

ที่มา: ดำรงค์ศักดิ์และก่อเกียรติ(32)

ในรูปที่นำไปเป็นอาหารสัตว์(1) ซึ่งต้องแข่งขันกับประเทศผู้ผลิตที่สำคัญของโลกอื่นๆ ปัจจุบันสภาวะข้าวโพดในตลาดโลกมีปริมาณมาก จึงมีผลกระทบต่อการตลาดข้าวโพดของไทยเป็นอย่างมากทำให้มีแนวโน้มว่าปริมาณการส่งออกจะต้องลดลงเรื่อยๆ(33) ประกอบกับผลจากการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ข้าวโพดภายในประเทศ และปริมาณการส่งออกข้าวโพด รวมถึงสถานการณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 5 และแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ทำให้ประมาณศักยภาพของปริมาณการใช้ข้าวโพดใน ประเทศไทยในช่วงของ

แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 6 ว่า ในปีพ.ศ.2530 มี ปริมาณการใช้ผลผลิตข้าวโพดภายในประเทศไทยในระดับ 1.14 ล้านตัน และ 1.38 ล้านตัน ในปีพ.ศ.2534 โดยมีอัตราเพิ่มเฉลี่ยร้อยละ 5 ต่อปี สำหรับปริมาณการส่งออกข้าวโพดในปี พ.ศ.2530 และ 2534 จะอยู่ในระดับ 3.2 และ 3.5 ล้านตัน ตามลำดับ หรือมีอัตราเพิ่มเฉลี่ยร้อยละ 2.57 ต่อปี ดังนั้นปริมาณการผลิตจึงเป็น 4.3 และ 4.9 ล้านตันในปีพ.ศ.2530 และ 2534 ตามลำดับ ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 6 โดยกำหนดเป้าหมายการผลิตเป็นพื้นที่เพาะปลูกโดยประมาณไว้ในตารางที่ 7 (29)

ตารางที่ 6 ปริมาณผลผลิตของข้าวโพดในประเทศไทยในช่วงปี พ.ศ.2530-2534

ปี พ.ศ.	2530	2531	2532	2533	2534
ผลผลิต(ล้านตัน)	4.3	4.5	4.7	4.8	4.9

ที่มา: ฝ่ายพืชไร่(29)

ตารางที่ 7 เป้าหมายการผลิตข้าวโพดของประเทศไทยเป็นพื้นที่เพาะปลูกในช่วงปี พ.ศ.2530-2534

ปี พ.ศ.	2530	2531	2532	2533	2534
พื้นที่ปลูก(ล้านไร่)	11.3	11.7	12.0	12.0	12.0
ผลผลิตเฉลี่ย(กก./ไร่)	380	385	392	400	408

ที่มา: ฝ่ายพืชไร่(29)

2.2 ข้าวโพดแผ่นกรอบ(corn chips)

ข้าวโพดแผ่นกรอบเป็นผลิตภัณฑ์อาหารว่างสำเร็จรูปที่ทำจากข้าวโพด หรืออาจผสมแป้งจากธัญพืชชนิดอื่นเป็นบางส่วน มีลักษณะเป็นแผ่นๆ ลักษณะเนื้อมีความกรอบ มีกลิ่นรสข้าวโพดส่วนใหญ่มีสีเหลืองตามสีของข้าวโพด องค์ประกอบทางเคมีส่วนใหญ่ของข้าวโพดเป็นพวกคาร์โบไฮเดรท(ดูตารางที่ 1) ดังนั้นถ้าหากต้องการปรับปรุงให้มีคุณค่าทางอาหารสูงขึ้นก็อาจทำได้โดยการเติมเกลือแร่ วิตามินที่ต้องการลงไป หรือจะเสริมโปรตีนโดยการใช้โปรตีนถั่วเหลืองหรือโปรตีนจากแหล่งอื่นๆ และยังสามารถทำข้าวโพดแผ่นกรอบให้มีกลิ่น และรสชาติต่างๆได้โดยการใช้เครื่องปรุงรสชนิดต่างๆเติมลงไป ข้าวโพดแผ่นกรอบเป็นผลิตภัณฑ์ที่รับประทานง่ายสะดวกแก่การนำไปทุกสถานที่ ให้ความเพลิดเพลินในเวลาขบเคี้ยว และให้ความอิ่มเมื่อรับประทานเป็นจำนวนมาก(2)

2.3 การผลิตข้าวโพดแผ่นกรอบ

Gutcho(34) ได้รวบรวมกรรมวิธีการผลิตข้าวโพดแผ่นกรอบจากผู้ผลิตหลายท่านดังนี้คือ

Cunningham และคณะ(34) ได้ผลิตข้าวโพดแผ่นกรอบโดยต้มข้าวโพดในน้ำเดือดที่เป็นกลางในเวลาจำกัด รินน้ำทิ้งและทำให้เย็น แล้วนำไปบดด้วยเครื่องบดแบบ stone mill จนได้สารที่หนืดเหนียวเรียกว่ามาซา(masa) นำมาซาป้อนเข้าเครื่องเอกซ์ทรูดเดอร์ที่มีความดันสูงเพื่ออัดมาซาออกมาเป็นลักษณะแบบแถบ(ribbon) และตัดออกเป็นชิ้นให้มีความยาวตามต้องการแล้วจิ้งทอดในน้ำมัน

Berg(34) ได้รายงานว่าการเติมแป้งข้าวโพด(corn starch) เกลือ และคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลส(carboxy methyl cellulose หรือ CMC)ลงในมาซาที่ต้มสุก เมื่อนำไปทำให้แห้งจนมีความชื้นประมาณร้อยละ 10 ก่อนนำไปทอด จะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดีขึ้น มีการพองตัวดี กรอบ ผิวหน้าพอง(bubble outer surface) มีกลิ่นรสของข้าวโพดและโครงสร้างเซล(cell structure)ดี

Weiss(34) ได้ปรับปรุงรสชาติของข้าวโพดแผ่นกรอบ โดยการใช้เกลืออัลคาไลน์(alkali salt) และพบว่าการใช้ส่วนผสมของแป้งข้าวโพด น้ำ น้ำตาลซูโครส และส่วนผสมที่

ให้รสชาติ จำพวกโซเดียมไบคาร์บอเนต($NaHCO_3$) โปตัสเซียมไบคาร์บอเนต($KHCO_3$) โซเดียมคาร์บอเนต(Na_2CO_3) โปตัสเซียมคาร์บอเนต(K_2CO_3) และโปตัสเซียมไตรฟอสเฟต(K_3PO_4) โดยใช้ชนิดใดชนิดหนึ่งหรืออาจใช้ร่วมกัน จะช่วยให้ข้าวโพดแผ่นกรอบมีคุณภาพดี เป็นที่ยอมรับแก่ผู้บริโภคมากขึ้น

Brown และคณะ(34) ได้ใช้กระบวนการเปลี่ยนเมล็ดข้าวโพดไปเป็นโด(dough)โดยตรง แล้วรีดให้เป็นแผ่น ตัดให้เป็นชิ้นขนาดตามต้องการ นำไปทอดในน้ำมันและบรรจุหีบห่อ

Chafoori(34) ได้ใช้ข้าวโพดร่วมกับมันฝรั่งในการทำอาหารว่าง โดยใช้ข้าวโพดร้อยละ 40 โดยน้ำหนักร่วมกับมันฝรั่งร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก จะได้อาหารแผ่น(snack chips) ที่มีรสชาติและลักษณะเนื้อสัมผัสดี และอาจใช้ข้าวสาลี ข้าวเจ้าหรือธัญพืชชนิดอื่นๆจำนวนเล็กน้อยเติมเข้าไปก่อนนำไปบดด้วยเครื่องบดแบบหิน จะทำให้มีกลิ่นรสหลายๆแบบได้

Oono(34) ได้ผลิตข้าวโพดแผ่นกรอบโดยนำ corn flour ที่ร่อนแล้ว นึ่งด้วยไอน้ำ ปล่อยให้เย็นแล้วจึงเติมยีสต์ลงไป นวดให้เข้ากันและนำไปบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 0-10 °ซ สักระยะหนึ่ง นำไปตัดให้เป็นแผ่นๆตามขนาดที่ต้องการ และทอดในน้ำมัน

Pitlet และคณะ(34) ได้ปรับปรุงกลิ่นรสและสามารถเก็บรักษากลิ่นรสไว้ได้นาน โดยเตรียมสารปรุงกลิ่นรสเข้มข้นเป็นสารประกอบพวกโพรลีนไซคลิก(proline cyclic)กับไดคีโตน(diketone) ซึ่งเป็นกลิ่นรสอย่างเดียวกับข้าวโพดคั่วอบเนย(buttered pop corn) และพบว่าผู้ชิมส่วนมากยอมรับ

2.4 การผลิตอาหารว่างโดยการใช้เครื่องคุกเกอร์เอกซ์ทรูดเดอร์

อาหารว่าง(snack foods)เป็นผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปแบบหนึ่งได้แก่ ข้าวโพดแผ่นกรอบ(corn chips) มันฝรั่งแผ่นกรอบ(potato chips) ข้าวโพดคั่ว(pop corn) ผลิตภัณฑ์ขนมพอง(expanded products) ถั่วและผลิตภัณฑ์ถั่วต่างๆ(nut and nut products)(25) วัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตอาหารว่างได้แก่ แป้งข้าวโพด แป้งข้าวเจ้า แป้งสาลี แป้งมันเทศ แป้งมันสำปะหลัง แป้งมันฝรั่ง เป็นต้น วัตถุดิบเหล่านี้อาจเป็นชนิดเดียวหรือสองชนิดขึ้นไป นำไปผสมและผ่านเครื่องคุกเกอร์เอกซ์ทรูดเดอร์(cooker extruder) ทำให้ผลิตภัณฑ์มีรูปร่างต่างๆกัน และมีลักษณะเนื้อหลายๆแบบ(35) การที่แป้งเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตอาหารว่างเพราะสามารถทำอาหารว่างได้หลายๆรูปแบบ และมีลักษณะเนื้อต่างๆกันตั้งแต่เบานุ่ม เปราะหัก

ง่าย พองมาก และแข็ง ผู้บริโภคจะรู้สึกชอบอาหารว่างที่มีลักษณะเนื้อที่กรอบ(crisp)มากกว่าลักษณะอื่นๆ(36)

แป้งซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตผลิตภัณฑ์จะดูดน้ำเข้าไปเป็นจำนวนมากขณะที่เกิดการเจลาติไนเซชั่น จึงเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการออกแบบด้านโครงสร้าง(structure) และลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์สุดท้าย(37) Feldberg(36)ได้อธิบายไว้ว่า อัตราส่วนของอะมัยโลสต่ออะมัยโลเพคตินในแป้งมีอิทธิพลต่อลักษณะเนื้อสัมผัส และการพองตัวของผลิตภัณฑ์คือแป้งที่มีอะมัยโลเพคตินสูง จะให้ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่พองตัว เปราะและเบา นอกจากนี้ยังมีผลทางอ้อมต่อการดูดซับน้ำมันของอาหารระหว่างการทอด ขนาดอนุภาคของแป้ง(particle size of flour)เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ได้ จากการศึกษาของ Padua และ Padua(38) เกี่ยวกับลักษณะทางกายภาพของโดที่ใช้ทำขนมปังข้าวโพดจากแป้งข้าวโพดสุก พบว่า เมื่อบดแป้งข้าวโพดสุกนี้อีกครั้งด้วยเครื่องบดแบบ pulverizing mill จะมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะของโดด้านความหนืด ความคงตัว(consistency) และ ความเหนียว(adhesiveness)แบบ drastic Eliason และ Bohlin(39)ได้พบว่าการกระจายขนาดอนุภาคของเม็ดแป้งบริสุทธิ์มีอิทธิพลต่อคุณสมบัติด้านการไหล(rheology)ของเจลที่ได้ และในรายงานของ Cuevas และคณะ(40)ได้บ่งชี้ว่า เม็ดข้าวโพดที่มีขนาดเล็ก(fine)จะมีระดับการเกิดเจลาติไนเซชั่น(degree of gelatinization) ต่ำกว่าเม็ดข้าวโพดที่มีขนาดปานกลาง(medium) และขนาดใหญ่(coarse)ตามลำดับ แต่ในการบดเมล็ดธัญพืชให้แตกเป็นเม็ดเล็กๆ จะสามารถควบคุมขนาดได้เพียงเล็กน้อย โดยที่ส่วนเนื้อแป้งอ่อนและเปราะ(brittle and floury endosperm)จะแตกเป็นเม็ดๆที่เล็กกว่าส่วนเปลือกและส่วนต้นอ่อนซึ่งเหนียว(tough)(41) ในด้านเวลาที่ใช้บดจะขึ้นอยู่กับขนาด พันธุ์และความชื้นของเมล็ดธัญพืช(42) ขนาดอนุภาคของ corn flours สามารถลดขนาดได้โดยการบดซ้ำด้วยเครื่องบดแบบ roller mill หรือแบบ pin mill เป็นต้น(43)

Lachman(44) พบว่าขนาดของแป้งข้าวโพดบด ที่ให้ลักษณะโดที่สามารถรีดเป็นแผ่นได้มีขนาดใหญ่ที่สุดประมาณ 0.04 นิ้ว

การเติมด่างเช่น แคลเซียมไฮดรอกไซด์ หรือแคลเซียมออกไซด์ ลงในโดแป้งข้าวโพดจะช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นรสเฉพาะ และช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในโดนี้ได้ เช่น ในการนำโดนี้ไปทำเป็นข้าวโพดแผ่นแบบทอร์ทิลลา(12) ในกรณีที่ต้มเมล็ดข้าวโพดในน้ำด่างแคลเซียมไฮดรอกไซด์ เพื่อนำไปทำข้าวโพดแผ่นกรอบ หรือข้าวโพดแผ่นแบบทอร์ทิลลา จะช่วยทำ

ให้เมล็ดข้าวโพดอ่อนนุ่ม พองตัวดี(13) ช่วยให้เปลือหลุดออกได้ง่าย และให้ลักษณะของกลิ่นรสเฉพาะกับผลิตภัณฑ์(4) นอกจากนี้ Khan และคณะ(14) ได้รายงานว่า การใช้แป้งข้าวโพดที่ผ่านการเติมด่างจะทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ดีกว่าการใช้แป้งข้าวโพดที่บดแบบแห้งธรรมดาทั่วไป จากการทดลองผลิตแป้งข้าวโพดสุกเพื่อใช้ทำข้าวโพดแผ่นแบบทอร์ทิลลาโดยการใช้เครื่องเอกซ์ทรูดเดอร์ของ Bazua และคณะ(45) พบว่า การเติมแคลเซียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 0.2 กรัมต่อแป้งข้าวโพด 1 กรัม ข้าวโพดแผ่นแบบทอร์ทิลลาจะมีกลิ่นรสเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ และเมื่อเติมในปริมาณที่เข้มข้น 0.5 กรัมต่อแป้งข้าวโพด 1 กรัม ทำให้ผู้ทดสอบรู้สึกได้ และไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์

อาหารว่างส่วนใหญ่ทำจากวัตถุดิบที่มีแป้งร้อยละ 60-70 และผ่านการทำให้สุก (cooking)ด้วยการใช้ความดันไอสูงๆ แล้วจึงนำมาทำให้มีขนาดและรูปร่างต่างๆด้วยการอัดรีด (extruding) คุณภาพของผลิตภัณฑ์จะดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ เทคนิคในการผสม และการควบคุมการทำงานของเครื่องจักร(46) สำหรับการผลิตอาหารว่างโดยใช้เครื่องเอ็กซ์ทรูดเดอร์ กระทำได้โดยการป้อนวัตถุดิบหรือส่วนผสมต่างๆผ่าน hopperเข้าสู่ screw conveyer จะเกิดแรงอัดและเสียดสีกันอย่างรุนแรงระหว่างส่วนผสมที่เคลื่อนที่ไปตาม screw conveyer กับผนัง extruder barrel ประกอบกับการให้ความร้อนโดยใช้ไฟฟ้าและใช้ไอน้ำผ่านเข้าไปในผนัง barrel จึงทำให้อุณหภูมิของส่วนผสมที่อยู่ภายในสูงขึ้นและสุกไปด้วยภายในตัว คุณค่าทางอาหารจะถูกทำลายไปน้อยมาก เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ใช้อุณหภูมิสูง ระยะเวลาสั้นๆ และสามารถผลิตได้ครั้งละมากๆ เครื่องเอกซ์ทรูดเดอร์จึงเป็นเครื่องมือที่นิยมผลิตอาหารว่างในอุตสาหกรรม(47) และเหตุผลสำคัญที่นิยมใช้ก็คือสามารถใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ได้หลายๆชนิด เช่น อาหารว่างเสริมโปรตีน(protein enriched snacks) อาหารเช้าหรืออาหารจากธัญพืชที่เป็นผง(cereal and breakfast powder) dry soup mixes ขนมปัง อาหารเด็กอ่อน (infant foods) และโปรตีนเทียมจากพืช(textured vegetable protein extender and analogs) เป็นต้น

โดยปกติการผลิตอาหารว่างจะใช้กระบวนการเอกซ์ทรูชชั่น(extrusion) แล้วจึงนำไปอบ(baking)หรือทอดในน้ำมันแบบ deep-fat frying การผลิตอาหารว่างจากแป้งโดยการใช้เครื่องคุกเกอร์เอกซ์ทรูดเดอร์ทำได้ 2 วิธีคือ(37)

2.4.1 การใช้ pregelatinized flours ผสมกับส่วนผสมอื่นๆเช่น กลิ่นรส สีเครื่องเทศ และอื่นๆ เติมน้ำประมาณร้อยละ 15-25(พอเหมาะร้อยละ 20) ผสมให้เข้ากัน

จิงปันเข้าเครื่องเอกซ์ทรูดเดอร์ เพื่ออัดรีดออกมาให้มีรูปร่างและขนาดตามต้องการ นำไปอบให้พองในเตาอบที่มีอุณหภูมิ 375-425 °ฟ หรือนำไปอบแห้งให้ความชื้นเหลือประมาณร้อยละ 10-15 แล้วทอดในน้ำมัน

2.4.2 การใช้แป้งดิบ(starch)ผสมไขมันหรือโมโนกลีเซอร์ไรด์(monoglyceride) เติมสีหรือส่วนผสมอื่นๆที่ต้องการ และน้ำร้อยละ 16 ผสมให้เข้ากัน แล้วนำไปเข้าเครื่องเอกซ์ทรูดเดอร์ที่มีอุณหภูมิ 250-350 °ฟเพื่อทำให้เม็ดแป้งแตกออกแล้วเจลาติไนซ์(gelatinize) และอัดรีดออกมาให้มีรูปร่างและขนาดตามต้องการ แล้วจึงนำไปอบให้พองในเตาอบ ที่มีอุณหภูมิ 375-425 °ฟ หรือนำไปอบแห้งให้ความชื้นเหลือประมาณร้อยละ 10-15 แล้วทอดในน้ำมัน ก่อนทอดอาหารจะมีลักษณะแข็งและคงตัวทำให้สามารถเก็บไว้ได้นาน

2.5 ตัวแปรที่สำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์โดยการใช้เครื่องเอกซ์ทรูดเดอร์

ในการแปรรูปโดยการใช้เครื่องเอกซ์ทรูดเดอร์จะมีตัวแปรที่สำคัญ 3 ประการที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์(37) คือ

2.5.1 ส่วนผสมที่คัดเลือก(ingredient selection)เนื่องจากระบบการทำให้สุกโดยใช้เครื่องเอกซ์ทรูดเดอร์สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ และลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์จากธัญพืช คือ เมื่อส่วนผสมที่เป็นวัตถุดิบผ่านเข้าไปในระบบเอกซ์ทรูชั่น ส่วนของแป้งที่ชื้น(moistened floury)จะเปลี่ยนไปเป็นโด(dough) โดยมีการเกิดการเจลาติไนเซชั่นของเม็ดแป้ง(starch) และการสูญเสียสภาพธรรมชาติ(denaturation)ของโปรตีน ดังนั้นการคัดเลือกส่วนผสมต่างๆเพื่อเป็นวัตถุดิบ จึงสามารถบอกถึงลักษณะเนื้อสัมผัสและคุณค่าทางอาหาร รวมทั้งกรรมวิธีผลิตของผลิตภัณฑ์อาหารในรูปแบบต่างๆได้ เช่น ถ้าต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเบาฟู ต้องเลือกใช้วัตถุดิบที่มีความแข็งแรงของกลูเตนต่ำและมีไขมันต่ำเช่น แป้งข้าวโพดที่เอาส่วนต้นอ่อนออกแล้ว(degermed corn meal) เม็ดข้าวบด(rice grits) และแป้งข้าวโพดที่สกัดโดยวิธีบดแบบเปียก(wet milled corn starch)เป็นต้น

นอกจากแป้งซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักแล้ว อาจมีการเสริมด้วยโปรตีนถั่วเหลือง(soy protein) เพื่อให้เกิดการสมดุลย์ของกรดอะมิโน หรือเพิ่มคุณค่าทางอาหารให้กับผลิตภัณฑ์อาหาร เพราะว่าโปรตีนถั่วเหลืองมีปริมาณกรดอะมิโนชนิดไลซีนสูงแต่ค่อนข้างจะขาดกรดอะมิโนชนิดเมทธีโอนีน(methionine) ขณะที่เมล็ดธัญพืชส่วนมากมีกรดอะมิโนชนิดไลซีนต่ำแต่มีกรดอะมิ

โนชนิดเมทธีโอนีนสูง นอกจากนี้อาจมีการเติมส่วนผสมอื่นๆ เช่น อิมัลซิฟลายเออร์ (emulsifier) น้ำมัน เกลือ น้ำตาล กัม(gum) สารฟอกสี(bleaching agents) และสารปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง(pH modifier)ลงไปด้วย ซึ่งจะช่วยให้เกิดรูปแบบกับผลิตภัณฑ์สุดท้ายได้ เช่น การเติมน้ำตาลหรือโปรตีนนม(milk protein) จะทำให้เกิดการไหม้ (caramelization) หรือเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลกับผลิตภัณฑ์สุดท้ายได้เป็นต้น

2.5.2 สภาวะของการแปรรูป(processing condition) การนำส่วนผสมที่เป็นวัตถุดิบ รวมทั้งส่วนที่เป็นของเหลวต่างๆซึ่งอาจอยู่ในรูปของ น้ำ ไอน้ำ สารปรุงกลิ่นรสแบบน้ำหรืออื่นๆ เข้าไปในระบบการเอกซ์ทรูชชั่น จะสามารถบอกถึงลักษณะของผลิตภัณฑ์สุดท้ายได้แบบกว้างๆ เช่น เมื่อผ่านการทำให้สุกด้วยการใช้วัตถุดิบที่มีความชื้นค่อนข้างสูง(ร้อยละ18-22) ที่อุณหภูมิปานกลาง(88-104 °ซ) จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะค่อนข้างแข็งซึ่งมีโครงสร้างเซลเล็กเหนียว และบางทีอาจมีลักษณะเนื้อสัมผัสแบบ chewy texture หรือในอีกกรณีหนึ่งถ้าผ่านการทำให้สุกด้วยความชื้นต่ำ(ร้อยละ 10-14) ที่อุณหภูมิสูง(93-121 °ซ) จะได้ผลิตภัณฑ์ที่พองฟู เบา และมีโครงสร้างเซลเปิดกว้าง เมื่อนำไปอบแห้งจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะกรอบนุ่ม

สภาวะการแปรรูปที่ใช้ความร้อนสูง จะทำให้โปรตีนเกิดการสูญเสียสภาพธรรมชาติ โดยพบว่า การใช้ความร้อนที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ และการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนในระยะต้นๆ ไม่สามารถลด biological value ของโปรตีนบริสุทธิ์ในอาหารได้ แต่ถ้าใช้ความร้อนที่สูงเกินพออาจจะทำลายกรดอะมิโนบางชนิด หรือทำให้ไม่สามารถย่อยกรดอะมิโนนั้นได้ และจะลด biological value ของโปรตีนนั้นลง ในการวางแผนผลิตผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆจะต้องพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิที่ใช้

2.4.3 รูปแบบทางกล(Mechanical configuration) เนื่องจากเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ ได้มีการออกแบบมาให้มีความเหมาะสมกับการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารต่างกัน เพราะว่าผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ต่างกัน ต้องการสภาวะการทำให้สุกต่างกัน

ในการควบคุมเวลาที่อยู่ในเครื่อง(retention time)ของวัตถุดิบ สามารถทำได้โดยการใช้ความยาวของกระบอกเครื่องที่ต่างกันขึ้นกับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ เช่น ผลิตภัณฑ์ที่ทำจาก degerminated corn flours ต้องการเวลาอยู่ในเครื่องเพียงเล็กน้อยเพื่อทำให้เม็ดแป้งเกิดเจลาติไนเซชั่น และได้ผลิตภัณฑ์ที่พองตัวจนมีขนาดและความหนาแน่นตามต้องการ ในขณะที่แป้งถั่วเหลืองต้องใช้เวลาอยู่ในเครื่องนานกว่า เพื่อทำให้น้ำรวมตัวกับแป้งแห้ง แล้วเปลี่ยนลักษณะเป็นคล้ายโด โปรตีนเกิดการสูญเสียสภาพธรรมชาติ และสุดท้ายจะได้ chewy gel

การเปลี่ยนแปลงระดับสกรูในเครื่อง จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของแรงเสียดทานและแรงเฉือนที่จะเกิดขึ้นกับวัตถุดิบตลอดความยาวของกระบอกเครื่อง และมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติด้านการไหล(rheological properties)ของผลิตภัณฑ์สุดท้าย สำหรับหัวได(die)มีหน้าที่อยู่ 2 ประการ คือ ทำให้เกิดรูปร่างและขนาดของผลิตภัณฑ์ และทำให้เกิดความดันภายในเครื่องเอกซ์ทรูดเดอร์ซึ่งช่วยในการทำให้สุกด้วย รูปร่างของหัวไดจะมีอิทธิพลต่อรูปร่างและลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่อัดรีดออกมา(26)

2.6 การทอด(frying)

การทอด(Frying)เป็นขั้นตอนหนึ่งของการแปรรูปอาหารที่ทำให้ผิวหน้าแห้ง การเกิดสีน้ำตาลที่เปลือกเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีอุณหภูมิผิวหน้าสูงกว่า 100 °ซ การทอดจึงให้ลักษณะผิวของผลิตภัณฑ์ที่น่ารับประทานและดึงดูดใจ(48) การทอดที่นิยมกันมากเป็นการทอดแบบ deep-fat frying อาหารที่ทอดจะจมในน้ำมันที่อุณหภูมิสูงและจะเกิดฟองผุดขึ้นอย่างแรง น้ำบริเวณผิวอาหารระเหยออกไป จึงทำให้ผิวด้านนอกของอาหารพองกรอบ และเป็นสีน้ำตาลทองในเวลาอันสั้น(49) ปริมาณน้ำที่จะระเหยออกไปจะขึ้นอยู่กับความหนาและโครงสร้างทางกายภาพของชิ้นอาหารนั้นๆ(50) แต่การทอดแบบ deep frying อาจทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ต่ำได้ ถ้าใช้อุณหภูมิที่ไม่ถูกต้องและใช้น้ำมันที่ใช้แล้ว(51)

ตัวแปรที่มีผลต่อการทอด

2.6.1 ชนิดของน้ำมันที่ใช้ น้ำมันเป็นตัวนำความร้อนที่ทำให้อาหารสุก ช่วยหล่อลื่นไม่ให้อาหารติดภาชนะที่ใช้ทอด ทั้งยังช่วยให้เกิดสีและเพิ่มรสชาติแก่อาหารอีกด้วย ขณะทอดน้ำมันจะสัมผัสกับอาหารตลอดเวลา คุณสมบัติของน้ำมันที่ใช้จึงมีผลต่อเนื่องไปถึงคุณภาพของอาหารได้(47) น้ำมันที่เหมาะสมสำหรับการทอดควรเป็นน้ำมันที่บริโภคได้และใช้เพื่อทอดโดยตรง ควรเป็นน้ำมันที่มีกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวน้อยที่สุดเช่น น้ำมันพืชที่เติมไฮโดรเจน(hydrogenated vegetable oil)(52) นอกจากนี้น้ำมันที่ใช้จะต้องบริสุทธิ์ ทนความร้อนที่อุณหภูมิสูงได้ดีโดยไม่เกิดการสลายตัว(49) เวลาและการเก็บรักษาก็มีส่วนทำให้ไขมันและน้ำมันค่อยๆเสื่อมคุณภาพไปเรื่อยๆ ทั้งนี้การเสื่อมคุณภาพของไขมันและน้ำมันอาจเกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา ขณะ

เริ่มทอดและระหว่างการทอดที่เกิดจากการให้ความร้อนกับน้ำมันหรือไขมันที่ใช้ทอด สำหรับปัจจัยที่มีผลต่อการเสื่อมคุณภาพของไขมันหรือน้ำมัน คือ อากาศ น้ำ และอาหาร ซึ่งจะทำให้ไขมันหรือน้ำมันเกิดการสลายตัว เปลี่ยนแปลงกลิ่นรส และเกิดควันขึ้น(53)

2.6.2 อัตราส่วนของอะมัยโลสต่ออะมัยโลเพคตินในแป้ง Feldberg(36) ได้อธิบายไว้ว่า อัตราส่วนของอะมัยโลสและอะมัยโลเพคตินในแป้งมีอิทธิพลต่อลักษณะเนื้อ การพองตัวของผลิตภัณฑ์ แป้งที่มีปริมาณอะมัยโลเพคตินสูงจะให้ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่พองตัว เปราะ และเบา แต่ถ้ามีมากจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความหนาแน่นต่ำและเปราะ ถ้ามีการเชื่อมข้าม(cross-linking) ระหว่างโมเลกุลของแป้งเพิ่มขึ้น รวมทั้งการเติมอะมัยโลสลงไป จะทำให้ค่าปริมาตรจำเพาะและปริมาณการดูดซับน้ำมันระหว่างการทอดลดลง ถ้าหากมีอะมัยโลสในปริมาณที่เหมาะสมจะช่วยลดปัญหาการแตกหัก โดยทั่วไปแป้งที่มีปริมาณอะมัยโลเพคตินตั้งแต่ร้อยละ 50 ขึ้นไป จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัสดี และแป้งที่มีปริมาณอะมัยโลสระหว่างร้อยละ 5-20 จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดีที่สุด เพราะว่าอัตราส่วนของอะมัยโลสต่ออะมัยโลเพคตินมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการพองตัวซึ่งจะไปมีอิทธิพลต่อการดูดซับน้ำมันของอาหารระหว่างการทอด คือ ถ้าระดับการพองตัวเพิ่มขึ้น การดูดซับน้ำมันจะเพิ่มขึ้นด้วย และในการควบคุมการดูดซับน้ำมันทำได้โดยการอบให้ผิวชั้นนอกแห้งก่อนที่จะนำไปทอด(36)

2.6.3 ความชื้น Sanderude(46) ได้อธิบายว่า ความชื้นของผลิตภัณฑ์อาหารก่อนที่จะนำไปทอดแบบ deep fat frying หรืออบ(baking) มีความสำคัญอย่างยิ่ง อาหารว่างควรจะอบขณะที่มีความชื้นประมาณร้อยละ 20-26 ซึ่งจะได้การพองตัวมากที่สุด ถ้าต้องการให้ผลิตภัณฑ์ที่มีการฉาบผิวหน้า(pan coated products) มีลักษณะโครงสร้างเซลปิด(closer cell structure) มากขึ้น ควรมีความชื้นต่ำๆ ส่วนผลิตภัณฑ์อาหารว่างที่เป็นวง(onion ring snacks) หรือที่เป็นแผ่น(chips) ซึ่งปกติจะทอดแบบลักษณะที่มีความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 8-15 โดยจะมีปริมาตรจำเพาะสูงขึ้นเมื่อใช้ความชื้นก่อนทอดที่สูงขึ้น แต่ลักษณะผิวหน้าของผลิตภัณฑ์จะหยาบและเปราะ ซึ่งลักษณะผิวหน้าที่หยาบนี้สามารถแก้ให้เกิดเป็นบางส่วนได้ โดยการอบชิ้นผลิตภัณฑ์ให้ผิวหน้าแห้งก่อนที่จะนำไปทอด และปัญหานี้จะไม่เกิดขึ้นเมื่อมีความชื้นก่อนทอดร้อยละ 1-12

Robert(54) กล่าวว่า ความชื้นที่เหมาะสมสำหรับการทำให้พองควรมีประมาณร้อยละ 45 แล้วทำให้เหลือประมาณร้อยละ 6-7 ก่อนทอด สำหรับอาหารที่มีแป้งอยู่ด้วยควรมีความชื้นสุดท้ายประมาณร้อยละ 6-11 จากการทดลองนำเจลที่เติมแป้งร้อยละ 10 และมีความชื้นต่างๆ

ไปทอดที่อุณหภูมิ 400 °ฟ พบว่า การพองตัวมีค่ามากที่สุดที่ความชื้นร้อยละ 14-16 แต่ที่ความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 7-8 จะไม่เกิดการพองตัว เพราะว่าน้ำที่ยึดแน่น(bound water) ไม่สามารถหลุดออกมาจากเนื้ออาหาร หรือออกมาได้ช้า ทำให้เกิดความดันไม่ได้ และถ้าความชื้นเกินร้อยละ 14-16 ชิ้นอาหารที่พองตัวจะแตกเป็นชิ้นเล็กๆ(disintegrate)

Reesman(55) ได้อธิบายกระบวนการทำอาหารพองไว้ว่า เมื่อทำให้แป้งสุกมีรูปร่างตามที่ต้องการแล้ว จะต้องอบแห้งชิ้นอาหารนั้นภายใต้สภาวะที่ทำให้ความชื้นเริ่มระเหยจากภายในชิ้นอาหาร ด้วยอัตราที่เท่ากับอัตราการระเหยความชื้นจากผิวหน้าชิ้นอาหาร และระเหยต่อไปจนกระทั่งมีความชื้นเหลือประมาณร้อยละ 9 ปกติอุณหภูมิที่ใช้อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนประมาณ 71 °ฟ 180 °ฟ(ขึ้นกับอัตราการหมุนเวียนของลมร้อน) ต่อจากนั้นจึงนำไปอบหรือทอดให้ความชื้นระเหยออกไปอย่างรวดเร็วและพองตัว เช่นในการทำ corn curls เมื่อทำให้ส่วนผสมที่มีแป้งข้าวโพดอยู่สุกและมีความชื้นร้อยละ 29 นำไปอัดรีดออกมาเป็นรูป curl ที่มีความหนาแบบมิติ(thick in their dimension) 0.5 นิ้ว อบแห้งบนถาดที่อุณหภูมิห้องประมาณ 75 °ฟ จนกระทั่งมีความชื้นเหลือร้อยละ 9 จึงนำไปทำให้พองในตู้อบแบบฟลูอิดไดซ์เบด(fluidize bed drier)ด้วยอุณหภูมิลมร้อนประมาณ 525-550 °ฟ เป็นเวลา 16 วินาที จะได้ corn curls ที่มีการพองตัวต่อปริมาตรประมาณ 3 ต่อ 1.5 เท่าของปริมาตรเริ่มต้น และมีความชื้นเหลือประมาณร้อยละ 2

2.6.4 <u>อุณหภูมิที่ใช้ทอด</u> จากคำอธิบายของ FoxและCox(49) จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิที่ใช้ทอดเป็นปัจจัยที่สำคัญมาก เพราะคุณภาพของอาหารอาจต่ำได้ ถ้าใช้อุณหภูมิที่ไม่ถูกต้องและใช้น้ำมันที่ใช้แล้ว(51) จึงควรใช้อุณหภูมิทอดที่สูงจะทำให้การดูดซับน้ำมันต่ำ เพราะขณะที่น้ำมันร้อนขึ้นความหนาแน่นของน้ำมันจะต่ำลง ทำให้น้ำมันส่วนน้อยถูกดูดซับในเวลาจำกัด สำหรับเวลาที่ใช้ในการทอดก็มีผลต่อการดูดซับน้ำมันในอาหาร ถ้าใช้อุณหภูมิต่ำในการทอด จะต้องใช้เวลานานซึ่งทำให้อาหารดูโซับน้ำมันไว้ได้มาก ดังนั้นจึงควรใช้อุณหภูมิสูงในการทอด ซึ่งจะใช้เวลาน้อยลงและอาหารจะดูดซับน้ำมันน้อยลง(52) แต่อุณหภูมิที่ใช้ทอดจะต้องไม่สูงกว่าจุดเกิดควันของน้ำมันที่ใช้ทอด เพราะถ้าอุณหภูมิสูงเกินจุดเกิดควัน จะทำให้เกิดการสลายตัวของน้ำมันอย่างรวดเร็ว(49) ปกติน้ำมันหรือไขมันที่ใช้ทอดจะมีจุดเกิดควันที่อุณหภูมิประมาณ 230 °ซ และจะมีค่าต่ำลงเมื่อใช้ไปแล้ว(50)

Smith(50) ได้อธิบายถึงกระบวนการผลิตมันฝรั่งแผ่นกรอบ(potato chips) ไว้ว่าการควบคุมอุณหภูมิของน้ำมันที่ใช้ทอดแผ่นมันฝรั่งจะมีผลดีที่สุดต่ออุณหภูมิที่ใช้ทอด และพบว่า การดูดซับน้ำมันจะมีค่าเพิ่มขึ้นถ้าใช้อุณหภูมิต่ำลง ในขณะที่การเกิดปฏิกริยาออกซิเดชั่นของน้ำมันซึ่งนำ

ไปสู่การหืน จะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิของน้ำมันที่สูงขึ้น

Williams(56) ได้แนะนำกระบวนการปรับปรุงการผลิตอาหารพองด้วยการทอดชิ้นโดให้มีลักษณะโครงสร้างภายในเป็นรูพรุนมาก แต่รูพรุนที่ภายนอกน้อย และมีอัตราการพองตัวในช่วง 1.6-3.0 เท่าของความหนาของชิ้นโดก่อนทอด โดยการนำแป้งสุกที่ทำจากข้าวโพดหรือแป้งจากธัญพืชอื่นๆผสมกับแป้งดิบ(raw starch)จากแป้งมันสำปะหลังประมาณร้อยละ 10 เติมน้ำลงไปเพื่อทำให้ส่วนผสมมีความชื้นร้อยละ 40-45 ของน้ำหนักทั้งหมด นำไปอัดรีดออกมาและตัดเป็นชิ้นให้มีความหนา 0.02-0.08 นิ้ว และนำไปทอดในน้ำมันร้อนอุณหภูมิประมาณ 350 °ฟ เป็นเวลา 90 วินาที

2.7 การปรุงแต่งกลิ่นรส

สิ่งที่ควรคำนึงถึงนอกเหนือจากลักษณะเนื้อ สี ขนาดและรูปร่างของผลิตภัณฑ์อาหารว่างก็คือ เรื่องกลิ่นรส เพราะกลิ่นและรสเป็นสิ่งที่จะทำให้ผู้บริโภคพอใจและประทับใจ ดังนั้นเครื่องปรุงรส(seasoning)จึงเป็นสิ่งที่สำคัญมากสำหรับผลิตภัณฑ์แบบนี้ การนำกลิ่นรสสำเร็จรูปมาใช้เป็นเครื่องปรุงรสในอาหาร อาจทำได้ 2 วิธี(57) คือ

2.7.1 การฉาบผิวหน้า(surface coating)ทำได้โดยการโรยเครื่องปรุงรสลงบนอาหารที่ผ่านการทอดหรืออบ หรืออาจใช้วิธีการผสมเครื่องปรุงรสกับน้ำมันก่อนฉีดพ่นลงบนอาหาร แต่วิธีนี้มีข้อเสียคือ เทคนิคการฉีดสารแขวนลอยที่มีเครื่องปรุงรสกับน้ำมันต้องใช้เครื่องมือพิเศษและต้องระวังด้านเชื้อจุลินทรีย์

2.7.2 การผสมเครื่องปรุงรสลงในส่วนผสมก่อนป้อนเข้าเครื่องเอกซ์ทรูดเดอร์ วิธีนี้มีข้อเสียคือ สารให้กลิ่นรสที่ระเหยได้ของส่วนผสมจะสูญเสียไปได้ในระหว่างการให้ความร้อนในเครื่อง การทอดหรืออบ และบางครั้งอาจเกิดกลิ่นรสไม่ดีได้

2.8 การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหารว่างและการป้องกันระหว่างการเก็บรักษา

ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารว่างจะมีการเสื่อมเสียที่สำคัญ 2 ประการ คือ การสูญเสียความกรอบ และการหืน(58)

2.8.1 การสูญเสียความกรอบ อาหารว่างที่กรอบแห้งสามารถดูดซึมสิ่งแปลกปลอม

จากอากาศได้ง่าย ทำให้เกิดปัญหาการจับตัวเป็นก้อนแข็ง กลิ่นรสเปลี่ยนไป ไม่น่ารับประทาน เหมือนเช่นก่อนบรรจุหรือเก็บไว้(59) การสูญเสียความกรอบของอาหารว่างอันเนื่องมาจากการดูดซับความชื้นเข้ามานี้เป็นสาเหตุใหญ่ที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ โดยความชื้นจะมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารว่างที่กรอบแห้ง โดยการทำให้แมททริกซ์ของแป้ง-โปรตีนเกิดลักษณะพลาสติก (plasticizing)และอ่อนตัวลง(softening) ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงความแข็งทางกล (mechanical strength)ของอาหารว่างนั้น(60)

ความชื้นที่ทำให้คุณภาพทางลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารว่าง ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคจะขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ เช่น มันฝรั่งแผ่นกรอบที่มีความชื้นมากกว่าร้อยละ 3 จะไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค(61) ในขณะที่ biscuit cracker ที่จำหน่ายในประเทศอังกฤษจะไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เมื่อมีความชื้นมากกว่าร้อยละ 3.5 (62) และถ้าพิจารณาด้านค่าปริมาณความชื้นวิกฤติ(a_c)พบว่า มันฝรั่งแผ่นทอดและข้าวโพดแผ่นกรอบจะไม่เป็นที่ยอมรับเมื่อมีค่า a_c เท่ากับ 0.40 (63)

วิธีการวัดคุณสมบัติด้านความกรอบของผลิตภัณฑ์อาหารว่างมีหลายวิธี เช่น วิธีตรวจสอบ punch test การใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อ(General Food Texturometer) หรือใช้เครื่อง Instron Universal Testing Machine(60)

2.8.2 <u>การหืน</u>(Rancidity)ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรส โดยเฉพาะที่เกิดขึ้นกับส่วนที่เป็นไขมันของอาหาร การเกิดกลิ่นหืนของไขมัน รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ต้องการซึ่งอาจเกิดจากการดูดเอากลิ่นอื่นเข้ามา จากปฏิกิริยาของเอนไซม์ หรือ ปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ หรือ ปฏิกิริยาออกซิเดชั่น(64) ผลิตภัณฑ์ที่เกิดการหืนจะไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้

ผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปที่ทำจากธัญพืชจะเกิดการหืนอย่างรวดเร็ว ถ้าธัญพืชนั้นมีปริมาณไขมันสูง และมีการเติมเกลือด้วยในกระบวนการผลิต เพราะการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารประเภทนี้จะมีการทำให้น้ำมันออกมาจากเซลน้ำมันและกระจายอยู่ที่ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ เมื่อผิวหน้าอาหารสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ จะทำให้เกิดปฏิกิริยาการหืนได้ง่าย โดยเกลือที่เติมลงไปจะเป็นตัวเร่งการเกิดการหืน ได้มีรายงานว่า ถ้าไม่มีการเติมเกลือในกระบวนการผลิต และไม่มีการนำผลิตภัณฑ์ไปทำการอบหรือปิ้ง จะสามารถเก็บผลิตภัณฑ์นั้นได้โดยไม่เกิดการหืนแม้แต่ที่อุณหภูมิ 38 °ซ (65)

ในผลิตภัณฑ์อาหารว่างต่างๆ พบว่าส่วนผสมที่สำคัญอย่างหนึ่งคือ น้ำมันพืชที่บริโภคได้ จะเป็นส่วนที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์จากการหืน เช่น มันฝรั่งทอดกรอบ(potato

crisps)ที่มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 2 และมีปริมาณไขมันร้อยละ 35 ถ้าเก็บไว้ภายใต้สภาวะที่ดีพอ(resonable conditions) จะมีอายุการเก็บได้มากที่สุดประมาณ 12 สัปดาห์ เนื่องจากมีความชื้นเพิ่มขึ้น และเกิดการหืนซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค(66)

2.9 การป้องกันการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหารว่างระหว่างการเก็บรักษา

การป้องกันการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหารว่างดังกล่าว สามารถทำได้โดยวิธีดังนี้

2.9.1 การใช้สารกันหืน(antioxidant)โดยการใช้สารกันหืนที่ Federal Food and Drug Administration(FDA)ของประเทศสหรัฐอเมริกาอนุญาตให้ใช้ในน้ำมันและไขมันบริโภคได้แก่ Butylated Hydroxyanisol หรือ BHA Butylated Hydroxytoluene หรือ BHT Propyl Gallate หรือ PG และ Di-Tert-Butyl-hydroquinone หรือ TBHQ เป็นต้น(67) แต่ที่นิยมใช้กันในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์อาหารว่างได้แก่ BHA และ BHT(57)

2.9.2 การใช้ภาชนะบรรจุ(packaging) ภาชนะบรรจุที่เหมาะสมจะป้องกันการเกิดการหืน การเปลี่ยนแปลงความชื้น การเปลี่ยนแปลงของกลิ่นรส และการแตกหักของผลิตภัณฑ์ได้(68) ควรใช้ภาชนะบรรจุที่มีคุณสมบัติที่กันการส่องผ่านของแสง การซึมผ่านเข้าออกของไอน้ำกลิ่น และกาซออกซิเจนได้ดี(69) ทั้งนี้ภาชนะบรรจุที่ทึบแสงมีคุณสมบัติที่ดีกว่าภาชนะบรรจุที่โปร่งแสงโดยจะป้องกันไม่ให้ผลิตภัณฑ์ถูกแสงซึ่งทำให้การหืนเกิดขึ้นน้อย ทำให้ไม่สามารถเห็นส่วนของผลิตภัณฑ์ที่แตกหักหรือมีสีน้ำตาล และสามารถทำให้มีอายุการเก็บที่นานขึ้น(70) ภาชนะบรรจุที่นิยมใช้บรรจุผลิตภัณฑ์อาหารว่างได้แก่ ถุงพลาสติกที่ทำด้วย Polyolefin-Coated Oriented Polypropylene PVDC-Lacquered Oriented Polypropylene หรือ Cellophane และถุงเคลือบอะลูมิเนียมฟอยล์(aluminium foil bag)เป็นต้น ซึ่งภาชนะบรรจุเหล่านี้มีการซึมผ่านของไอน้ำได้น้อยกว่า 1 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน(71) อย่างไรก็ตามสุคนธ์ชื่นและชุมสาย(7) ได้แนะนำให้เก็บข้าวโพดแผ่นที่มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 3 ในถุงพลาสติกเคลือบอะลูมิเนียมในการเก็บรักษา เพราะว่าป้องกันความชื้นและอากาศได้ดี