บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

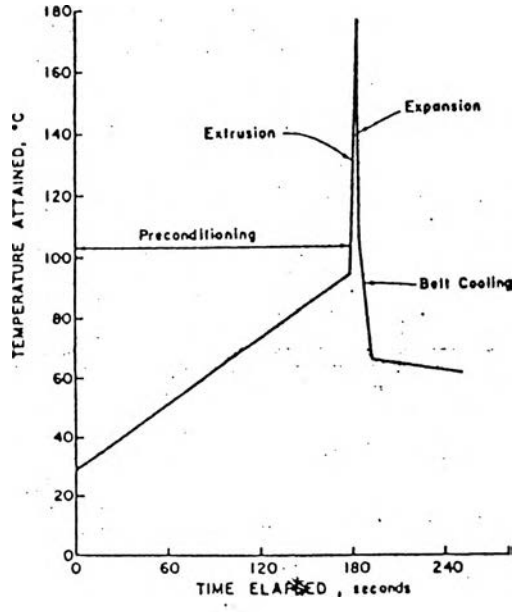
2.1 กระบวนการเอกซ์ทรูชัน (Extrusion Process) (2)

กระบวนการเอกซ์ทรูชัน (Extrusion Process) ได้ถูกนำมาใช้นานแล้วในอุตสาหกรรมการขึ้นรูปพลาสติก อุตสาหกรรมการทำแก้ว เซรามิค โดยหลักการของกระบวนการนี้คือ การบังคับวัตถุดิบให้มีรูปร่างตามต้องการโดยผ่านช่องเปิด ภายหลังจากการให้ความร้อนสูง โดยเครื่องมือที่ใช้เรียกว่า เอกซ์ทรูเดอร์ (extruder)

เครื่องเอกซ์ทรูเดอร์มีการออกแบบได้หลายอย่าง อย่างง่ายที่สุดคือ แบบลูกสูบในกระบอกสูบ (ram or piston type extruder) โดยมีสกรู (screw) เคลื่อนที่อยู่ภายในกระบอก (barrel)เพื่อส่งวัตถุดิบ และเพิ่มความดัน จนกระทั่งถึงช่องเปิด (die) และผ่านออกสู่ความดันบรรยากาศ

ในอุตสาหกรรมอาหาร เพิ่งมีผู้ดัดแปลงกระบวนการนี้มาใช้เพียง 45 ปี โดยอาหารจะถูกทำให้สุก โดยใช้ความร้อน และมีลักษณะคล้ายพลาสติก (plastic-like dough) ซึ่งการทำอาหารให้สุกภายในเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์นั้น จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ คือ เกิดการเจลาติไนเซชัน (gelatinization) ของแป้ง การเปลี่ยนสภาพ (denaturation) ของโปรตีน การยับยั้งเอนไซม์ (enzyme) บางชนิดที่มีอยู่ในอาหาร ซึ่งจะมีผลต่ออาหารในระหว่างการเก็บ การทำลายสารพิษ (toxic substances) ที่มีในอาหารบางชนิด เช่น trypsin inhibitor ในถั่วเหลือง การลดจำนวนจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เนื่องจากการใช้อุณหภูมิสูง

อุณหภูมิที่ใช้ทำอาหารให้สุกนั้นค่อนข้างสูง (~200 °ซ) แต่ระยะเวลาที่อาหารอยู่ที่อุณหภูมินั้นสั้นมาก (5-10 วินาที) ดังแสดงในรูปที่ 2.1 จึงทำให้กระบวนการเอกซ์ทรูชันนี้มักถูกเรียกว่า กระบวนการ HTST (high-temperature/short-time)ทำให้สามารถใช้ประโยชน์จากความร้อนได้สูงสุด เกิดผลเสียซึ่งอาจเกิดจากความร้อนน้อยที่สุด เช่น การเกิดสีน้ำตาล (browning) การสูญเสียวิตามิน และกรดอะมิโน การเกิดรสชาติที่ไม่ต้องการ (off flavour)



รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการเอกซ์ทรูชัน

เมื่ออาหารถูกบังคับให้เคลื่อนที่มาถึงช่องเปิด จะเกิดความแตกต่างระหว่างความดันภายในระบบและความดันบรรยากาศภายนอก ไอน้ำที่อยู่ในรูปไอน้ำร้อนยิ่งยวด (superheated steam) จะระเหยอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดการพองตัวของอาหาร ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีโครงสร้างคงตัว (rigid) พองตัว (puffed) มีลักษณะเป็นรูพรุน (porous)

ขั้นตอนการเกิดโครงสร้างที่เป็นรูพรุน (porous structure) (3)

1. วัตถุดิบซึ่งส่วนใหญ่เป็นแป้ง ถูกเปลี่ยนเป็น colloidal gel

2. น้ำภายใน gel มีสภาพเป็นไอน้ำร้อนยิ่งยวด (superheated steam) เนื่องจากความดันที่สูง

3. เมื่อวัตถุดิบเคลื่อนที่ออกจากช่องเปิดความดันจะลดลงทันที ทำให้ไอน้ำร้อนยิ่งยวดเกิดการระเหยอย่างรวดเร็ว เกิดเป็นรูพรุนที่มีขนาดเล็กมากมาย

ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดการพองตัว (puffed) ของผลิตภัณฑ์คือการระเหยของน้ำโดยที่ 1 ปอนด์ของน้ำที่อุณหภูมิ 300 °ฟ สามารถที่จะระเหยให้ไอน้ำที่มีปริมาตรถึง 6.5 ลูกบาศก์ฟุต ไอน้ำจะดันโครงสร้างของแป้งให้ยืดออก และระเหยตัวออกไปในที่สุด และคงรูปร่างของแป้งไว้ สาเหตุรองลงมาคือ การเปลี่ยนแปลงความดันอย่างรวดเร็วระหว่างภาย

ในและภายนอกเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงจากความดันสูงถึง 200 - 600 ปอนด์/ตารางนิ้ว มาเป็นความดันบรรยากาศจะทำให้เกิดการพองตัว (swell) มีปริมาตรเพิ่มขึ้นเช่นกัน (3)

ประโยชน์ของกระบวนการเอกซ์ทรูชัน

1. สามารถใช้ได้กว้างขวาง ผลิตผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิด โดยใช้ส่วนผสมและสภาวะการผลิตที่ต่างกันไป เช่น การผลิตอาหารขบเคี้ยว เนื้อเทียม อาหารเช้าจากธัญญพืช (breakfast cereal) มักกะโรนี เป็นต้น

2. กำลังการผลิตสูง เนื่องจากเป็นกระบวนการผลิตที่ต่อเนื่อง จึงทำให้มีความสามารถในการผลิตสูงกว่าการผลิตโดยใช้เครื่องมืออื่น ๆ

3. ต้นทุนการผลิตต่ำเนื่องจากการใช้แรงงานและพื้นที่ในการติดตั้งเครื่องมือเพียงเล็กน้อย จึงทำให้สามารถใช้งบประมาณได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะตามต้องการ โดยการออกแบบช่องเปิด ทำให้ได้เปรียบกว่าเครื่องมืออื่น ๆ

5. ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพสูง เนื่องจากเป็นกระบวนการแบบ HTST จึงมีการสูญเสียวิตามินและคุณค่าทางโภชนาการเพียงเล็กน้อย

6. สามารถทำลายสารพิษบางตัวที่มีอยู่ในอาหาร เช่น trypsin inhibitor, hemagglutinins และ gossypol และยังทำลายเอนไซม์บางตัวที่ไม่ต้องการ เช่น lipase, lipoxidases

7. ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์น้อยมาก

8. ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความชื้นต่ำ จึงทำให้การนำไปทำแห้งต่อไปใช้พลังงานเพียงเล็กน้อย

9. ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ได้มากมาย

เมื่อป้อนวัตถุดิบเข้าไปในเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ วัตถุดิบจะถูกพาหรือผลักดันไปข้างหน้าโดยการเคลื่อนที่ของสกรู ในระหว่างนี้วัตถุดิบจะถูกนวด บด ผสมคลุกเคล้า ทำให้เกิดแรงเฉือนขึ้นภายในเครื่อง แรงเฉือนนี้จะทำให้เกิดความร้อน ซึ่งความร้อนนี้จะก่อให้วัตถุดิบเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพไปมีลักษณะเหมือนกับโดของขนมปัง (dough like mass) และเมื่อเคลื่อนที่ไปยังช่วงสุดท้ายจะเป็นช่วงของการหุงต้ม (cooking) วัตถุดิบจะเริ่มสุก พร้อมที่จะถูกขึ้นรูปให้เป็นไปตามลักษณะรูเปิดของเครื่อง และเมื่อเคลื่อนที่ผ่านพ้นรูเปิดก็จะมีใบมีดที่ติดตั้งไว้พร้อมที่จะตัดให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดตามต้องการ จะเห็นว่ากระบวนการเอกซ์ทรูชันมีความสามารถสูงในการผลิต

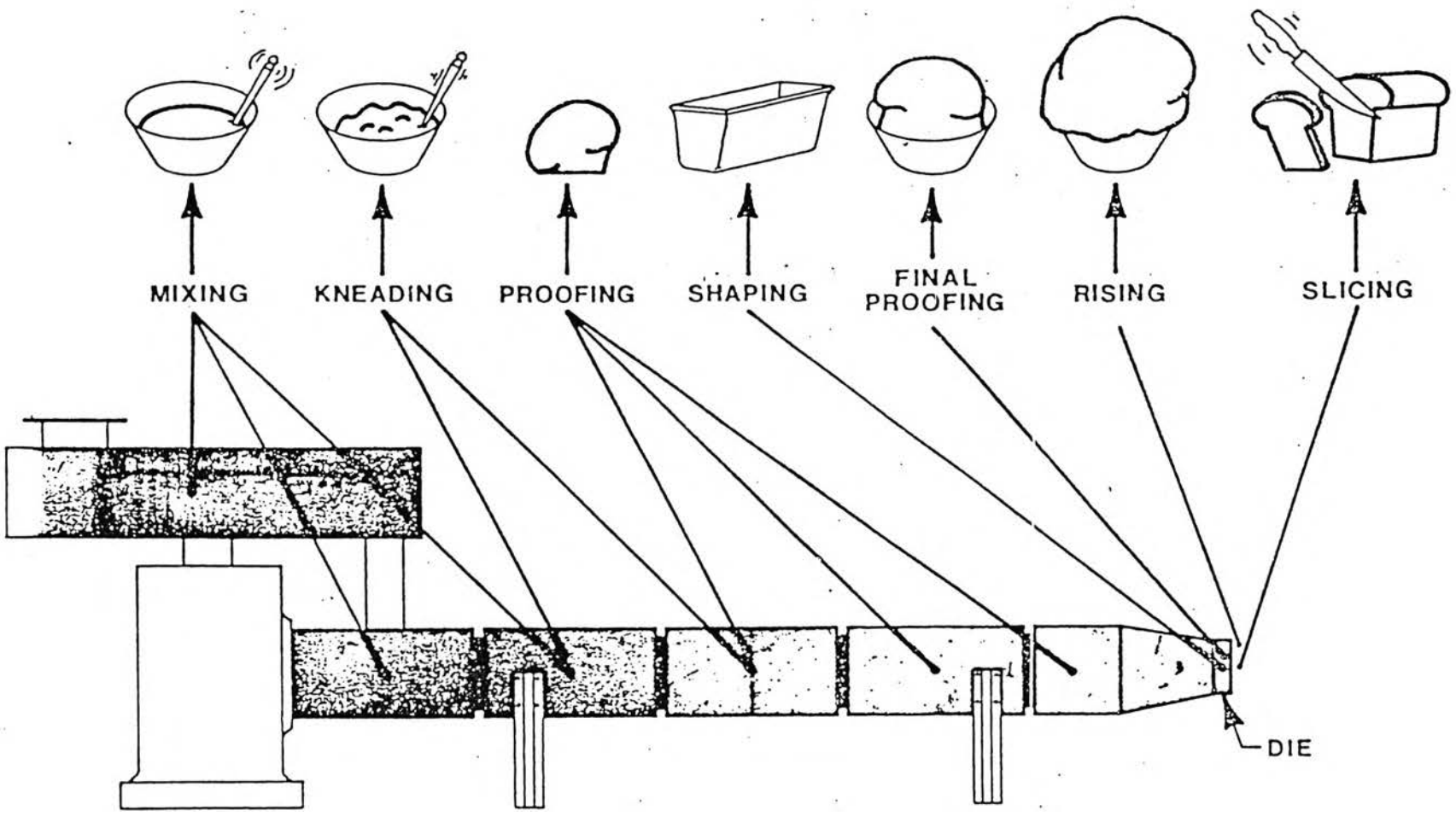
โดยสามารถทำหน้าที่ได้หลายอย่าง ผลิตได้อย่างต่อเนื่อง มีประสิทธิภาพสูง เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีการผลิตขนมปังแบบธรรมดา ดังแสดงได้ชัดเจนในรูปที่ 2.2

2.2 ชนิดของเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์

สามารถแบ่งชนิดของเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ ตามปริมาณความชื้นของวัตถุดิบได้ดังแสดงในตารางที่ 2.1 (2) ซึ่งความชื้นของวัตถุดิบจะมีผลต่อการทำงานของเครื่อง และต่อลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ได้

การใช้วัตถุดิบที่มีความชื้นต่ำ ๆ การทำงานของเครื่องจำเป็นต้องใช้พลังงานสูง ทำให้ค่าใช้จ่ายในการผลิตสูง นอกจากนี้การสึกหรอของเครื่องก็สามารถเกิดขึ้นได้ง่ายกว่าการใช้วัตถุดิบที่มีความชื้นปานกลาง หรือความชื้นสูง จึงทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเครื่องสูงกว่าด้วย (4)

โดยทั่วไป การผลิตอาหารที่ต้องการให้เกิดการพองตัวนั้น จะใช้วัตถุดิบที่มีความชื้นค่อนข้างต่ำ พบว่าถ้าความชื้นประมาณ 15% จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความคงตัว (rigid) ไม่เกิดการยุบตัว (collapse) และมีความกรอบกว่า และในความชื้นที่สูงถึงประมาณ 30% จะได้ผลิตภัณฑ์ที่อ่อนตัวและยุบตัวลงได้ ทำให้เกิดผิวเหนียวรอบ ๆ (tough skin around the surface) และภายหลังการทำให้แห้งแล้ว จะทำให้เหนียว และเคี้ยวลำบาก (3)



รูปที่ 2.2 เปรียบเทียบกรรมวิธีการผลิตขนมปังกับการผลิตโดยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน

CLASSIFICATION OF EXTRUSION EQUIPMENT ON THE BASIS OF THE MOISTURE CONTENT OF THE FEED INGREDIENTS

Feature	Low moisture	Intermediate moisture	High moisture
Ingredient moisture	M ≤ 20%	28% > M > 20%	M ≥ 28%
Source of input energy	Most energy input from viscous dissipation of mechanical energy input	About half of energy input comes from viscous dissipation of mechanical energy input, other half comes from steam injection or heat transfer	Majority of energy comes from steam injection and heat transfer with very little energy coming from conversion of mechanical energy to heat
Mechanical energy	0.10 kW-hr/kg	0.04 kW-hr/kg	<0.02 kW-hr/kg
Product drying	Minimal requirement; product cooling results in 6% moisture loss	Some product drying required to remove moisture in excess of 12% in finished product	Extensive product drying is required to reduce finished product moisture
Product shape	Minimal number of shapes available beyond highly expanded pieces or flakes	Many product shapes available	Maximum flexibility of product shapes and textures
Product density	Low density expanded product	Moderate density	Range of density possible
Ingredients	Low moisture cereals and/or oil seeds	Few limitations	Few limitations
Capacity	Lower range, 0.1—0.8 MT/hr	Moderate range, 0.2—3.6 MT/hr	Wide range, 0.4—10.0 MT/hr
Capital cost (extruder, boiler, and dryer/MT)	Low to high, $60,000—$350,000/MT	Moderate, $80,000—$300,000/MT	Highest capital cost, $90,000—$270,000/MT
Maintenance costs	High, $1.20/MT	Moderate, $0.50—$0.60/MT	Low to moderate, $0.40—$0.50/MT
Operating costs	Variable	Variable	Variable

From Harper, J. M., *Low-Cost Extrusion Cookers*, Wilson, D. W. and Tribelhorn, R. E., Eds., Colorado State University, Fort Collins, 1979. With permission.

ตารางที่ 2.1 การแบ่งชนิดของเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ตามปริมาณความชื้นของวัตถุดิบ (2)

2.3 อาหารขบเคี้ยวที่ผลิตโดยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน

ในปัจจุบันอาหารขบเคี้ยวเป็นที่นิยมกันอย่างกว้างขวาง และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากเป็นอาหารที่ใช้รับประทานในระหว่างกิจกรรมต่าง ๆ เช่น ระหว่างมีงานเลี้ยง ดูโทรทัศน์ เล่นกีฬา อ่านหนังสือ และเป็นอาหารที่เสริมระหว่างอาหารมื้อหลัก

ในอดีตอาหารขบเคี้ยวที่ได้รับความนิยมมากคือ ข้าวโพดคั่ว (popcorn) ชิ้นมันฝรั่งทอด (potato chips) ข้าวเกรียบต่างๆ แต่ในปัจจุบันเทคโนโลยีทางเอกซ์ทรูชันได้มีบทบาทมากขึ้น สามารถผลิตอาหารขบเคี้ยวได้หลายชนิด แตกต่างกันไปทั้งรูปแบบและลักษณะเนื้อสัมผัส ซึ่งอาหารที่ผ่านกระบวนการเอกซ์ทรูชันแล้วจะผ่านการอบแห้งให้มีความชื้นต่ำกว่า 5% เพื่อให้มีความกรอบและปรุงแต่งรสชาติ ซึ่งพบว่าอาหารขบเคี้ยวประเภทนี้ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคมาก และในปัจจุบันก็มีอยู่หลายชนิดที่มีอยู่ในท้องตลาด มีรสชาติต่าง ๆ กันไป แต่พบว่ายังมีอาหารขบเคี้ยวบางส่วนที่สั่งเข้ามาจากต่างประเทศ ทำให้ประเทศไทยขาดดุลย์การค้ากับต่างประเทศ นอกจากนี้อาหารขบเคี้ยวในท้องตลาดยังขาดคุณค่าทางด้านโภชนาการอยู่ นั่นคือ มีปริมาณคาร์โบไฮเดรท หรือไขมันสูง แต่มีโปรตีนในปริมาณต่ำ โดยมีโปรตีนอยู่เพียง 5-8% มีปริมาณคาร์โบไฮเดรทในปริมาณ 60-80% นอกนั้นเป็นส่วนของไขมันและอื่น ๆ (4)

อาหารขบเคี้ยวที่ผลิตโดยกระบวนการเอกซ์ทรูชันนี้มักมีแป้งจากธัญพืช เป็นส่วนผสมหลักอยู่ เช่น แป้งจากข้าวโพด ข้าวเจ้า ข้าวสาลี ข้าวโอ๊ต เป็นต้น ซึ่งจะให้ลักษณะกลิ่นและรสชาติต่างกันไป สำหรับข้าวเจ้านั้นใช้รับประทานเป็นอาหารหลักของคนไทย มีการเพาะปลูกมาก และสามารถพองตัวได้ดี ได้ผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีรสชาติ จึงสามารถปรุงแต่งรสชาติได้ตามต้องการเหมาะสำหรับนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารขบเคี้ยวโดยใช้กระบวนการเอกซ์ทรูชัน

ประชา และคณะ (4) ได้ทดลองใช้วัตถุดิบหลักคือ ข้าวโพด ข้าวสาลี ข้าวเจ้า ผสมกับแหล่งโปรตีนจากแป้งถั่วเหลือง ชนิดไขมันเต็ม (full fat soy flour) แป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน (defatted soy flour) และ wheat gluten ผลิตอาหารขบเคี้ยวโปรตีนสูงโดยใช้เครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ พบว่าสูตรที่สามารถให้ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่มีปริมาณโปรตีนสูงพอที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหาการขาดอาหารโปรตีนได้ ซึ่งควรมีปริมาณโปรตีนอยู่ประมาณ 15% นั่นคือ สูตรที่มีการผสมระหว่างข้าวสาลีและแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็ม ในปริมาณ 83% และ 16% ตามลำดับ และสูตรที่มีการผสมระหว่างข้าวเจ้าและแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน ในปริมาณ 69% และ 28% ตามลำดับ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัส สี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับ

ในเกณฑ์ดี และมีราคาต้นทุนที่ต่ำอีกด้วย

2.4 ธัญพืชที่ใช้ในการผลิตอาหารชบเคี้ยว

2.4.1 ข้าวเจ้า จัดเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย ใช้เป็นอาหารสำหรับมนุษย์ถึง 95% ของปริมาณการผลิตทั้งหมด ปลูกได้ดีในเขตร้อน โดยประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกรายใหญ่เป็นที่ 2 รองจากสหรัฐอเมริกา ในปี 2525 ประเทศไทยสามารถผลิตข้าวได้ถึง 16,879,000 เมตริกตัน เปรียบเทียบกับประเทศสหรัฐอเมริกาผลิตข้าวได้เพียง 6,995,000 เมตริกตันในขณะที่ผลผลิตรวมทั้งโลก 411,275,000 เมตริกตัน แต่ที่ประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกรายใหญ่รองจากสหรัฐอเมริกา เพราะประชากรไทยบริโภคข้าวเจ้าเป็นอาหารหลัก (4)

พบว่าข้าวเจ้าที่ผ่านการสีแล้วมีปริมาณโปรตีนประมาณ 7% มีค่า chemical score 56-57 มี lysine เป็น limiting amino acid มีปริมาณอะไมโลส (amylose) 17-30% แตกต่างกันไปตามชนิดพันธุ์ข้าว ซึ่งทำให้เม็ดแป้งของข้าวเจ้าดูดซึมน้ำได้ช้าและต้านทานต่อการแตกตัวได้ดี ทำให้เมื่อผ่านกระบวนการเอกซ์ทรูชันแล้วได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสค่อนข้างแข็ง

2.4.2 ข้าวเหนียว ในประเทศไทยข้าวเหนียวเป็นอาหารหลักของคนไทยรองจากข้าวเจ้า เพราะประชากรบางส่วนของประเทศ เช่น ทางภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ บริโภคข้าวเหนียวแทนข้าวเจ้า และคนไทยทั่วไปก็ยังนิยมใช้ข้าวเหนียวทำผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่าง ๆ อีกมากจึงนับได้ว่าข้าวเหนียวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอันหนึ่ง บริเวณที่มีการปลูกข้าวเหนียวกันมากคือ ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ข้าวเหนียวมีปริมาณอะไมโลสต่ำมากคือประมาณ 1% หรือน้อยกว่านอกนั้นจะเป็นอะไมโลเพคติน (amylopectin) ทำให้สามารถ ดูดซึมน้ำได้มาก มี swelling power สูง สามารถพองตัวได้ดี

ในเม็ดแป้งโมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน จะจัดเรียงตัวกันเป็นกลุ่มแบ่งได้ 2 กลุ่ม กลุ่มหนึ่งมีการจัดเรียงตัวอย่างมีระเบียบเหมือนผลึก เป็นส่วนของอะไมโลส มีการพองตัวจำกัด เนื้อค่อนข้างแข็ง เรียกส่วนนี้ว่า crystalline region อีกกลุ่มหนึ่งมีการจัดตัวกันอย่างไม่เป็นระเบียบ ดูดน้ำได้ดี เรียกส่วนนี้ว่า amorphour region เป็นส่วนที่อยู่รอบ ๆ ผลึก ซึ่งประกอบด้วยอะไมโลเพคตินเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นในแป้งที่มีอะไมโลเพคตินสูงจะมีส่วนที่เป็น crystalline region น้อย จึงทำให้สามารถดูดน้ำได้รวดเร็ว พองตัวได้ดีเมื่อเทียบกับแป้งที่มีอะไมโลสสูง (5)

ตารางที่ 2.2 ปริมาณอะไมโลสในวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองและในแป้งชนิดต่าง ๆ (5)

	ปริมาณอะไมโลส (%)
ข้าวขาวดอกมะลิ 105*	12-17
ข้าวเหนียว กข.6*	น้อยมาก
ข้าวโพด	23-24
มันสำปะหลัง	17-18
มันฝรั่ง	18-20
มันเทศ	18
ถั่วเขียว	19.5

* ที่มา : เอกสารเผยแพร่ของกองการข้าว กรมวิชาการเกษตร

จากตารางที่ 2.2 จะแสดงถึงปริมาณอะไมโลสในวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองและในแป้งชนิดต่างๆ ในข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีปริมาณอะไมโลสอยู่ 12-17 % และมีอะไมโลสในข้าวเหนียว กข.6 อยู่ในปริมาณน้อยมาก

2.4.3 ถั่วเขียว นับเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศ มีการปลูกเป็นพืชนำหรือพืชตาม หรือหมุนเวียนกับพืชหลักชนิดอื่นๆ สามารถใช้ประโยชน์ได้หลายทาง เช่น ใช้ประกอบอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ใช้เป็นอาหารสัตว์ และเป็นวัตถุดิบในโรงงานอุตสาหกรรม ถั่วเขียวเป็นพืชในเขตร้อน เป็นพืชล้มลุกที่มีการเจริญเติบโตเร็ว แหล่งปลูกในประเทศไทย คือ จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดลพบุรี มีองค์ประกอบโดยทั่วไป มีโปรตีน 26.48% คาร์โบไฮเดรท 63.23% เถ้า 3.96% ไขมัน 1.47% เส้นใย 4.86% เนื่องจากเป็นธัญพืชที่มีปริมาณโปรตีนค่อนข้างสูง มีราคาถูก จึงได้รับความสนใจในการที่จะนำมาผสมกับข้าวเจ้า ข้าวเหนียว เพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์

2.4.4 ถั่วเหลือง เป็นพืชที่ปลูกมากในภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย มีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกันไปตามพันธุ์ของถั่วเหลืองที่ปลูก โดยพบว่ามีปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วง 30-46% ไขมัน 12-29% สำหรับกรดอะมิโนนั้นพบว่ามี methionine

ในปริมาณน้อย ในขณะที่ข้าวเจ้าและข้าวเหนียวมีปริมาณ lysine น้อย ดังแสดงในตารางที่ 2.3 ดังนั้น การผสมถั่วเหลืองกับข้าวเจ้าหรือข้าวเหนียว ก็จะทำให้ผู้บริโภคได้รับกรดอะมิโนครบถ้วน ช่วยเสริมคุณค่าทางด้านโภชนาการของผลิตภัณฑ์ และช่วยแก้ปัญหาการขาดอาหารโปรตีนในประเทศได้ ถั่วเหลืองมีกรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid) ประมาณ 15 % ส่วนใหญ่เป็นกรด palmitic และ stearic มีกรด oleic 25% , linoleic 55% และ linolenic 5%

ในประเทศสหรัฐอเมริกาใช้ถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบในการสกัดน้ำมัน กากที่เหลือจากการสกัดน้ำมันจะใช้เป็นอาหารสัตว์ และนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ หลายชนิด แบ่งตามปริมาณโปรตีนที่ได้ เช่น แป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน (defatted soy flour) ซึ่งมีปริมาณโปรตีนประมาณ 50% โปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น (soy protein concentrate) มีปริมาณโปรตีนอย่างน้อย 70% โปรตีนถั่วเหลืองแบ่งแยก (soy protein isolate) มีปริมาณโปรตีนอย่างน้อย 90% นอกจากนี้ก็ยังมีแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็ม (full fat soy flour) แป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันต่ำ (low fat soy flour) และอื่นๆ อีก แล้วแต่ลักษณะการนำไปใช้งาน ดังนั้นการใช้ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองจึงใช้ได้กว้างขวางในการปรับปรุงคุณภาพของอาหารต่างๆ ใช้ในการเพิ่มปริมาณโปรตีนอาหารเด็กอ่อน อาหารเช้าจากธัญพืช อาหารขบเคี้ยว เป็นต้น

ในการทดลองให้ทารกดื่มส่วนผสมของโปรตีนจากถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็ม แป้งข้าวเจ้าสุก น้ำตาลซูโครส น้ำมันถั่วเหลือง เกลือ และวิตามิน พบว่าส่วนผสมหรือเครื่องดื่มดังกล่าวให้ผลต่อเด็กทารกดีทัดเทียมกับการบริโภคนมวัว ในแง่ปริมาณโปรตีน และคุณค่าทางอาหาร จึงได้รับการสนับสนุนให้ผลิตเป็นอาหารเสริมสำหรับทารกและเด็ก (6)

อย่างไรก็ตาม พบว่าในถั่วเหลืองมีสารยับยั้งการเจริญเติบโต ได้แก่ trypsin inhibitor และ hemagglutinin ซึ่งสารทั้งสองจำพวกนี้จะสลายตัวเมื่อได้รับความร้อน ดังนั้นการให้ความร้อนที่เหมาะสม จะช่วยปรับปรุงคุณค่าทางอาหารที่มีถั่วเหลืองเป็นองค์ประกอบ โดยจะต้องเป็นความร้อนที่สามารถทำลายความเป็นพิษของสาร แต่ต้องไม่เป็นความร้อนที่สูงเกินไป หรือนานเกินไปที่จะทำให้องค์ประกอบอื่นๆ หรือคุณค่าทางอาหารลดลง ดังนั้นการควบคุมการให้ความร้อนที่เหมาะสมเป็นสิ่งจำเป็นยิ่งในกระบวนการผลิตอาหาร

ในการใช้กระบวนการหุงต้มแบบเอ็กซ์ทรูชันเพื่อทำลายหรือควบคุมสารที่ยับยั้งการเจริญเติบโตของร่างกายที่พบในถั่วเหลืองนั้น พบว่า จะต้องใช้อุณหภูมิที่สูงพอสมควร เพื่อทำลายสารที่ยับยั้งการเจริญเติบโตชนิดนี้ แต่ทำลายโปรตีนและองค์ประกอบอื่นที่มีคุณประโยชน์ให้น้อยที่สุด

ดังนั้นต้องเพิ่มอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว และให้คงที่ที่อุณหภูมิที่ต้องการในระยะเวลาสั้น ๆ โดยจะใช้เวลาเพียง 2 - 3 วินาทีเท่านั้น

ตารางที่ 2.3 ปริมาณกรดอะมิโนในวัตถุดิบ (มิลลิกรัม) ในอาหารที่กินได้ 100 กรัม

	ข้าวเจ้า	ข้าวเหนียว	ถั่วเขียวซีก	แป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็ม
Protein (g/100 gm)	6.0	6.7	24.4	48.7
Isoleucine	222	237	1060	1374
Leucine	444	489	1878	1797
Lysine	202	211	1628	1913
Methionine	72	88	131	260
Cystine	85	99	79	393
Phenylalanine	261	274	1116	1257
Tyrosine	128	137	456	809
Threonine	232	238	977	1356
Tryptophan	101	74	294	371
Valine	246	310	1497	1482
Chemical Score A/T	62	56	20	37
Limiting amino acid	Lysine	Lysine	S-containing Met + Cys	S-containing Met + Cys