บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน บริบูรณ์ สมฤทธิ์ (2538) รายงานว่า ข้าวเป็นพืชอาหารหลักของคนไทย และสินค้าเกษตรที่ส่งออกของประเทศไทย ข้าวจึงเป็นรายได้หลักของประเทศอย่างหนึ่ง ข้าวที่ผลิตได้ในแต่ละปีประมาณ 19-20 ล้านตัน เป็นข้าวเปลือกร้อยละ 60 จะใช้เพื่อการบริโภค ใช้ทำพันธุ์ และใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ภายในประเทศ ส่วนอีกร้อยละ 35-40 สีเป็นข้าวสารและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวส่งออกจำหน่ายต่างประเทศ ดังแสดงในตารางที่ 2.1 (ศูนย์สถิติการเกษตร, 2542) ปัจจุบันประเทศไทยส่งข้าวออกไปยังทุกภูมิภาคในโลก มีตลาดข้าวของไทยในประเทศต่าง ๆ มากกว่าร้อยประเทศทั่วโลก เนื่องจากข้าวมีบทบาทในระบบเศรษฐกิจของประเทศไทย ประเทศไทยจึงพยายามเพิ่มผลผลิตข้าวให้มากขึ้นเพื่อให้เพียงพอกับความต้องการที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

ตารางที่ 2.1 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกข้าวและผลิตภัณฑ์ข้าวในปี พ.ศ. 2541

	ปริมาณ (ตัน)	มูลค่า (ล้านบาท)	ราคา/ตัน (บาท)
ข้าว (รวม)	6,540,235	86,805.347	13,270
ข้าวขาว 100 %-5%	2,480,947	42,073.410	16,960
ข้าวขาว 10 %-25%	2,217,861	23,528.756	10,610
ข้าวขาว 35%-ปลายข้าว	657,861	5,596.332	8,910
ข้าวเหนียว	153,510	2,454.828	15,990
ข้าวกล้อง	131,510	2,159.588	16,440
ข้าวนึ่ง	922,309	10,940.045	11,860
ผลิตภัณฑ์ข้าว(รวม)	117,117	2,630.733	22,460
แป้งข้าวเจ้า	20,194	396.080	19,610
แป้งข้าวเหนียว	58,838	1,292.351	21,960
แป้งข้าวอื่น ๆ	174	6.316	36,300
เส้นหมี่-ก๋วยเตี๋ยว	37,911	939.986	24,790

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2542)

2.1 การบริโภคข้าวในประเทศ

โดยปกติแล้วปริมาณความต้องการบริโภคข้าวในปัจจุบันของคนไทยอยู่ในราว 14 ล้านตันข้าวเปลือกในขณะที่ผลผลิตจะมีอยู่ประมาณ 19-20 ล้านตันข้าวเปลือก (มาฆะสิริ เชาวกุล, 2538) ส่วนการบริโภคและการใช้ประโยชน์จากข้าวแบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือบริโภคโดยตรง การเก็บไว้ทำพันธุ์ การใช้ในอุตสาหกรรม และการส่งออก ในส่วนของการบริโภคโดยตรงนั้น จากการศึกษาของสถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย ได้ชี้ให้เห็นว่าการบริโภคข้าวของไทยมีแนวโน้มลดลงอันเนื่องมาจากการปรับเปลี่ยนวิถีชีวิต การเพิ่มขึ้นของรายได้ และการขยายตัวของชุมชนเมือง ปัจจุบันโดยเฉลี่ยแล้วคนไทยบริโภคข้าวสารเฉลี่ยปีละ 120 กิโลกรัม/คน สำหรับการใช้ประโยชน์ในด้านการเก็บไว้ทำพันธุ์นั้นเฉลี่ย ปีละประมาณ 600,000-700,000 ตันข้าวเปลือก การใช้ประโยชน์ในด้านอุตสาหกรรมก็มีปริมาณน้อยเช่นกัน คือมีเพียง 900,000 ตันต่อปีคือไม่ถึงร้อยละ 5 ของปริมาณของผลผลิตทั้งประเทศ ซึ่งการแปรรูปส่วนใหญ่ จะเป็นการแปรรูปที่ใช้เทคโนโลยีที่ไม่สูงนัก และมีวิธีการแปรรูปมาเป็นเวลานานแล้ว เช่น การทำแป้งข้าวเจ้า การทำแป้งข้าวเหนียว การทำก๋วยเตี๋ยว (ศูนย์สถิติการเกษตร, 2539)

2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับข้าว

ความหมายของข้าว

ตามพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2525 "ข้าว" คือชื่อไม้ล้มลุกหลายชนิดหลายสกุล ในวงศ์ *Gramineae* โดยเฉพาะชนิด *Oryza sativa* Linn. ซึ่งใช้เมล็ดเป็นอาหารหลัก มีหลายพันธุ์ เช่น ข้าวเจ้า ข้าวเหนียว

ชาญ มงคล (2536) ได้กล่าวไว้ว่า ข้าวเป็นพืชวงศ์หญ้า (Family *Gramineae*) เผ่า (trible) *Oryzae* พืชเผ่าพันธุ์นี้มีอยู่ประมาณ 25 ชนิด (species) ในจำนวนนี้มีอยู่สองชนิดเท่านั้นที่ปลูกเพื่อใช้เป็นอาหารคือ *Oryza sativa* ที่ปลูกกันทั่วไปในประเทศผู้ปลูกข้าว และ *Oryza glaberrima* ที่ปลูกกันในบางส่วนของทวีปแอฟริกา ชนิดที่เหลือถือเป็นข้าวป่า

หอสมุดกลาง สำนักงานวิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3 การจำแนกชนิดของข้าว

2.3.1 การจำแนกข้าวประเภท *Oryza sativa* ตามความแตกต่างในด้านรูปร่าง อุณหภูมิ และระยะเวลาในการเพาะปลูกแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

2.3.1.1 อินดิคา (indica) มีลักษณะเมล็ดยาว แคบ และร่วงง่าย ส่วนใหญ่ปลูกในเขตร้อน เช่น ศรีลังกา จีนตอนใต้และตอนกลาง อินเดีย บังคลาเทศ เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ รวมทั้งประเทศไทย

2.3.1.2 จาปอนนิคา (japonica) มีลักษณะเมล็ดสั้น ป้อม และร่วงยาก ปลูกในประเทศเขต อบอุ่น เช่น ญี่ปุ่น เกาหลี

2.3.1.3 จาวานิคา (javanica) มีลักษณะเมล็ดยาว กว้าง หนา และร่วงยาก ปลูกในประเทศอินโดนีเซีย

2.3.2 การจำแนกข้าวชนิดต่าง ๆ โดยแบ่งตามลักษณะพื้นที่เพาะปลูก ความยาวของเมล็ด ลักษณะเนื้อข้าวที่หุงสุก และฤดูกาลที่ปลูก ดังนี้

2.3.2.1 ชนิดของข้าวตามลักษณะพื้นที่เพาะปลูก

2.3.2.1.1 พันธุ์ข้าวลูกผสม ปลูกในบริเวณที่น้ำท่วมไม่ถึง ส่วนใหญ่ต้นเตี้ย ไม่ไวแสง ให้ผลผลิตสูง ชื่อพันธุ์นำด้วย กข. เช่น กข.7 กข. 23 ฯลฯ

2.3.2.1.2 พันธุ์ข้าวนาสวน ปลูกในที่ลุ่ม มีระดับน้ำไม่เกิน 80 องศาเซลเซียส ลำต้นค่อนข้างสูง เป็นข้าวไวแสง เช่น พันธุ์หอมมะลิ

2.3.2.1.3 พันธุ์ข้าวฟางลอยหรือข้าวขึ้นน้ำ ปลูกในที่ลุ่ม มีระดับน้ำตั้งแต่ 80 เซนติเมตรขึ้นไปจนถึง 3-4 เมตร ลำต้นยืดยาวได้ตามระดับน้ำ สามารถขึ้นได้ในระดับน้ำลึก มีความสามารถพิเศษในการทนต่อน้ำท่วมได้ดี เป็นข้าวไวแสง

2.3.2.2 ชนิดของข้าวตามความยาวของเมล็ด

2.3.2.2.1 ข้าวชนิด "เมล็ดสั้น" ปลูกกันมากในเขตอบอุ่น เช่น ญี่ปุ่น เกาหลี และจีนตอนเหนือ ส่วนใหญ่เป็นพวก japonica เมื่อหุงสุกแล้วจะเหนียวติดกันและนุ่มกว่าชนิดอื่น ข้าวชนิดนี้นิยมบริโภคกันมากในหมู่ชาวเปอร์โตริโก

2.3.2.2.2 ข้าวชนิด " เมล็ดขนาดกลาง " เมื่อทำให้สุกจะเหนียวติดกันเล็กน้อย ข้าวชนิดนี้นิยมบริโภคกันมากในญี่ปุ่น เกาหลี ตลอดจนถึงประเทศต่าง ๆ ในย่านเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น ประเทศไทย เป็นต้น

2.3.2.2.3 ข้าวชนิด "เมล็ดยาว" เมื่อทำให้สุกจะร่วนไม่ติดกันและมีความนุ่มพอควรข้าวชนิดนี้นิยมกันมากในแถบยุโรป อเมริกาใต้ และตะวันออกกลาง

2.3.2.3 ชนิดของข้าวตามลักษณะเนื้อของข้าวที่หุงสุก

ตามหลักการนี้จะใช้อะไมโลสเป็นเกณฑ์ ผู้บริโภคจะใช้การสัมผัสข้าวที่หุงสุกแล้ว โดยข้าวที่มีลักษณะเหนียวติดมือเรียกว่าข้าวเหนียว ข้าวที่มีลักษณะร่วนไม่ติดมือเรียกว่าข้าวเจ้า แบ่งได้ดังนี้

2.3.2.3.1 ข้าวที่มีอะไมโลสต่ำประมาณร้อยละ 2 จะเหนียวมาก จึงเรียกข้าวเหนียว

2.3.2.3.2 ข้าวที่มีอะไมโลสร้อยละ 2-9 เป็นข้าวเจ้าที่เหนียวปานกลาง จับตัวเป็นก้อนมากเมื่อจับรู้สึกเหนียวคล้ายข้าวเหนียว

2.3.2.3.3 ข้าวที่มีอะไมโลสร้อยละ 9-20 เป็นข้าวเจ้าที่เหนียวเล็กน้อยจับตัวเป็นก้อนได้ปานกลาง

2.3.2.3.4 ข้าวที่มีอะไมโลสร้อยละ 20-25 เป็นข้าวเจ้าที่ค่อนข้างร่วน จับตัวกันเป็นก้อนได้เล็กน้อย

2.3.2.3.5 ข้าวที่มีอะไมโลสร้อยละ 25-33 เป็นข้าวเจ้าที่ร่วนมาก ไม่มีการจับตัว

2.3.2.4 ชนิดของข้าวตามฤดูกาล ประเทศไทยมีการปลูกข้าวปีละ 2 ครั้ง

2.3.2.4.1 การทำนาปี เริ่มช่วงต้นฝนและเก็บเกี่ยวหลังน้ำลด มีเนื้อที่ปลูกประมาณ 57 ล้านไร่ ได้ผลผลิตประมาณ 16 ล้านเกวียน

2.3.2.4.2 การทำนาปรัง เริ่มหลังเก็บเกี่ยวนาปีและไปเก็บเกี่ยวช่วงต้นฝนใช้น้ำชลประทาน มีเนื้อที่ปลูกประมาณ 4 ล้านไร่ ได้ผลผลิตประมาณ 3 ล้านเกวียน

ผลผลิตต่อไร่ของการทำนาปรังมีปริมาณสูงกว่าการทำนาปีประมาณ 1 เท่าตัว แต่คุณภาพของข้าวจากกการทำนาปรังด้อยกว่าเมล็ดข้าวที่ได้จากการทำนาปี เพราะมีปัญหาความชื้นในเมล็ดข้าว (ณรงค์ นิยมวิทย์, 2538)

2.4 **ข้าวเหนียว** (*Oryza sativa*)

ข้าวเหนียวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย ปลูกกันมากในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เพราะประชาชนบริโภคข้าวเหนียวเป็นหลัก จังหวัดที่ปลูกข้าวเหนียวมากที่สุด คือ อุดรธานี อุบลราชธานี และเชียงราย

พันธุ์ข้าวเหนียวพื้นเมืองของไทยเป็นประเภทอินดิคา (indica) ชื่อพันธุ์จะต่างกันไปตามท้องถิ่น ตามสถิติแสดงให้เห็นว่าพันธุ์ข้าวเหนียวมีชื่อพันธุ์ไม่น้อยกว่า 4,000 ชื่อ บางครั้งพันธุ์ข้าวเหนียวเดียวกันที่ปลูกต่างท้องที่กันก็จะมีชื่อแตกต่างกันด้วย พันธุ์ข้าวเหนียวที่นิยมปลูกกันมากได้แก่ พันธุ์ข้าวเหนียวสันป่าตอง รองลงมาก็เป็น พันธุ์ดอนางนวล และเขี้ยวงู นอกจากนี้ยังมีข้าวพันธุ์ กข ซึ่งเกิดจากการผสมพันธุ์ข้าวพื้นเมืองไทยซึ่งมีคุณภาพดีในแง่ของการบริโภคกับพันธุ์ IR ของฟิลิปปินส์ ซึ่งให้ผลผลิตสูง

ตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ย เพื่อให้ได้ข้าวที่มีคุณภาพดี ผลผลิตมาก ปัจจุบันพันธุ์ข้าว กข ที่ส่งเสริม และเกษตรกรนิยมปลูกได้แก่พันธุ์ กข 6 และ กข 10 ตามลำดับ (ประพาส และ งามชื่น, 2529)

กระบวนการผลิตแป้งข้าวเหนียวในโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศไทยจะมีลักษณะเหมือนกันกับแป้งข้าวเจ้า โดยมีขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้ (ศิริพรรณ และ นพรัตน์, 2529)

1. การแช่ข้าว โดยใช้ปลายข้าวที่มีขนาดเล็ก เช่น ข้าวหัก ปลายข้าว แช่กับน้ำด่าง 24 ชั่วโมง อาจใช้โซดาไฟ หรือแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ก็ได้

2. บดให้ละเอียด นำข้าวที่แช่ไว้แล้วมาล้างให้สะอาด บดด้วยโม่หิน หรือ hammer mill อาจใส่สารฟอกสี เช่น โซเดียมไฮโปคลอไรท์ ลงไปด้วยเพื่อให้แป้งขาวขึ้น

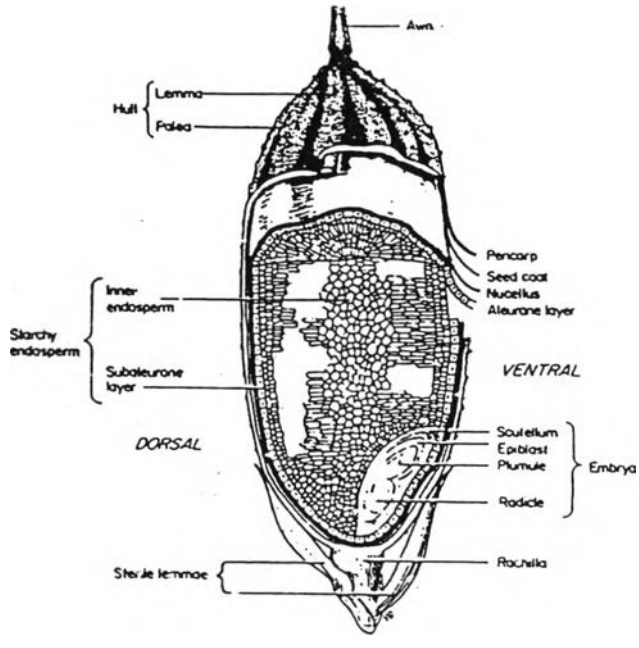
3. ทำให้แห้งและบรรจุ นำแป้งที่ได้ไปทำแห้ง แล้วบรรจุลงถุง

แป้งข้าวเหนียวที่ผลิตได้เป็นแป้งที่บดจากข้าวเหนียวทั้งเมล็ด ส่วนการที่จะแยกเอาแป้งออกมาจากเอนโดสเปอร์มจริง ๆ นั้นทำได้ยาก เพราะแป้งจะเกาะติดอยู่กับโปรตีนซึ่งเรียกว่า glutelin ซึ่งมีโครงสร้างที่แข็งแรง แต่กระจัดกระจายไม่เกาะกัน รวมทั้งขนาดของเม็ดแป้งก็เล็กมาก การแยกจะต้องปรับสารละลายแป้งให้เป็นด่างแล้วใช้แรงเหวี่ยงเพื่อแยกโปรตีนออกก่อน แล้วจึงนำแป้งข้าวที่ได้มาบดต่อไป อย่างไรก็ดีคุณสมบัติของแป้งที่ผลิตจากทั้ง 2 วิธีค่อนข้างใกล้เคียงกัน ดังนั้นการใช้แป้งข้าวเหนียวโดยทั่วไปจะใช้ในรูปของข้าวบดมากกว่าแป้งสกัด เพราะวิธีแรกต้นทุนต่ำกว่ามาก (Radley, 1976)

2.5 คุณภาพการหุงต้มและรับประทานของข้าวเหนียว

ข้าวเหนียวประกอบด้วยแป้งที่เป็นอะไมโลเพคตินทั้งหมดหรือเกือบทั้งหมด ดังนั้นจึงใช้ปริมาณอะไมโลสในการตัดสินคุณภาพการหุงต้มและคุณสมบัติในการรับประทานไม่ได้ ข้าวเหนียวที่ปลูกในไทยมี อุณหภูมิในการเกิดเจล (gelatinization temperature) ระดับต่ำเกือบทั้งหมด จากการศึกษาคุณภาพการหุงต้มและรับประทานของข้าวเหนียว 5 พันธุ์ ปรากฏว่า คุณภาพการหุงต้มและการรับประทานของผู้ชิมขึ้นอยู่กับความนุ่มและความเกาะตัวของข้าวสุก ($r=0.911$ และ 0.860 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p\leq0.05$) ข้าว กข4 ซึ่งไม่เป็นที่นิยมบริโภคกัน มีอุณหภูมิในการเกิดเจล (gelatinization temperature) สูง (75.6 องศาเซลเซียส) ในขณะที่พันธุ์อื่น (เหนียวสันป่าตอง หางยี 71 เหมยนอง62 เอ็ม และ กข2) มีอุณหภูมิในการเกิดเจล ในระดับต่ำ และ ความคงตัวของแป้งสุก (gel consistency) สั้นกว่าพันธุ์อื่น ๆ ด้วย อุณหภูมิในการเกิดเจล การสลายของเมล็ดในด่าง และความคงตัวของแป้งสุก (gel consistency) มีความสัมพันธ์

กับความนุ่มและความเกาะตัว ดังนั้นจึงอาจใช้ค่าดังกล่าวเพื่อคาดคะเนคุณภาพข้าวเหนียวได้ โดยทั่ว ๆ ไปการหุงต้มข้าวเหนียวมักจะใช้วิธีนึ่งโดยแช่น้ำไว้ระยะเวลาหนึ่ง การดูดน้ำของข้าวเหนียวก่อนนึ่งอาจมีผลต่อคุณภาพการหุงต้มและรับประทานได้ แต่เมื่อศึกษาอัตราการดูดน้ำของเมล็ดข้าวเหนียวปรากฏว่าการดูดน้ำของเมล็ดข้าวมีอัตราสูงในระยะแรกและคงที่เมื่อแช่ไว้ 8 ชั่วโมง ข้าว กข4 มีอัตราการดูดน้ำเหมือนพันธุ์อื่น ๆ ดังนั้นความชื้นภายในเมล็ดข้าวก่อนนึ่งไม่เกี่ยวข้องกับคุณภาพในการหุงต้มของข้าว และการนึ่งข้าวทำให้ความชื้นของเมล็ดเพิ่มขึ้นเพียงร้อยละ 4-6 (งามชื่น และกาญจนา, 2518)



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของเมล็ดข้าว
ที่มา : Houston (1972)

เมล็ดข้าวประกอบด้วยโครงสร้าง 2 ส่วนใหญ่ ๆ ดังรูปที่ 2.1 คือ

1. เปลือกหุ้มเมล็ด (hull) หรือ แกลบ (husk) เป็นส่วนที่ถูกกำจัดออกระหว่างการขัดสี ซึ่งส่วนนี้ประกอบด้วย

1.1 เปลือกข้าว (lemma & palea) จะมีเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส เป็นองค์ประกอบ บางชนิดมีขนอยู่ที่ผิว ส่วนปลายแหลมของเมล็ด (apiculus or apex) จะมีสีต่างกันคือ สีม่วง และสีดำ บางพันธุ์บริเวณนี้ยาวออกไปมากเรียกว่า awn ถือว่าเป็นลักษณะที่ดีในขณะทำการแปรรูป

1.2 ขั้วเมล็ด (rachilla)

1.3 ฐานรองดอก (sterile lemma)

2. ส่วนผล (caryopsis) หรือ ผลแท้ (true fruit) หรือข้าวกล้อง (brown rice) เป็นส่วนที่เก็บสารอาหารอยู่ภายในสุด เนื้อผลทั้งหมดส่วนใหญ่เป็นแป้ง มีส่วนประกอบดังนี้คือ

2.1 เยื่อชั้นนอก (pericarp) มีสารอาหารที่เป็น เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส มีเส้นใยสูง มีโปรตีน มีเม็ดสีอยู่ โดยส่วนใหญ่เป็นเม็ดสีน้ำตาลแดงและสีดำ

2.2 เยื่อชั้นกลาง (testa) ส่วนนี้จะประกอบไปด้วยไขมันสูง

2.3 เยื่อชั้นใน (aleurone layer) ส่วนนี้จะประกอบด้วย โปรตีนและไขมันสูง

2.4 เอนโดสเปอร์ม (endosperm) เป็นส่วนที่มีแป้งอยู่สูง ยังมีโปรตีนแทรกอยู่ระหว่างมล็ดแป้ง

2.5 คัพภะ (embryo) จะอยู่ด้านล่างของเมล็ด เป็นแหล่งสารอาหารโปรตีน ไขมัน และวิตามินสูง คัพภะมักจะถูกขัดสีออกไปทำให้สารอาหารหลายชนิดสูญเสียไปรวมอยู่กับชั้นอัลลูโรนเป็นรำ ซึ่งนำมาใช้ประโยชน์ในการสกัดน้ำมันรำและทำเป็นอาหารสัตว์ (วุฒิชัย นาครักษา, 2535) ส่วนของข้าวสาร (starchy endosperm) ส่วนนี้ประกอบด้วยแป้งร้อยละ 75-80 ที่มีความชื้นร้อยละ 14 อาจมีโปรตีนอยู่ประมาณร้อยละ 4.5-14 แป้งข้าวมีลักษณะผลึกเล็กมาก (2-9 ไมครอน) เรียกว่าผลึกแป้ง (starch granule) อัดตัวกันเป็นกลุ่มแป้ง (starch compound) โดยมีกลุ่มโปรตีน (protein body) แทรกอยู่ระหว่างกลุ่มแป้ง (งามชื่น คงเสรี, 2533)

2.6 คุณภาพทางโภชนาการ (nutritive value) ของข้าว

จากการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์หลายท่าน พบว่าองค์ประกอบที่สำคัญและมีอยู่มากในเมล็ดข้าวได้แก่ คาร์โบไฮเดรตซึ่งสะสมอยู่ในรูปของผลึกแป้งและในส่วนของเอนโดสเปอร์ม รองลงมาคือโปรตีน และไขมัน

<u>คาร์โบไฮเดรต</u> องค์ประกอบส่วนนี้จะถูกสะสมอยู่ในรูปของสตาร์ชและน้ำตาล รวมทั้งเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และเพนโตแซน ซึ่งอยู่ในส่วนของเยื่อใย ในการขัดสีข้าวนั้นจะพบองค์ประกอบเหล่านี้มากในข้าวกล้อง ข้าวสาร รำหยาบ (rice bran) และรำละเอียด (rice police) โดยเฉพาะในข้าวสารจะมีส่วนที่เป็นสตาร์ชอยู่ร้อยละ 90.2

สตาร์ชที่มีอยู่ในเมล็ดข้าวโดยทั่วไปประกอบด้วยอะไมโลสประมาณร้อยละ 12-35 นอกจากนั้นเป็นอะไมโลเพคตินร้อยละ 65-68 (Ryum และคณะ, 1978) ข้าวเหนียวเป็นข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำที่สุด

องค์ประกอบที่เป็นน้ำตาลพบมากในส่วนของคัพภะปริมาณร้อยละ 20.7 รองลงมาพบในส่วนของรำข้าวร้อยละ 6.4-6.5

ส่วนเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และเพนโตแซน พบมากในส่วนของแกลบ ที่ได้จากการขัดสีข้าวถึงร้อยละ 40.1-53.4 ส่วนในรำหยาบพบประมาณร้อยละ 9.5-13.2 (Kongseree and Juliano, 1972)

<u>โปรตีน</u> เป็นสารอาหารที่มีเป็นอันดับรองลงมา พบมากในส่วนที่เป็นเอมบริโอ ประมาณร้อยละ 19-27 ของน้ำหนักของเอมบริโอ โปรตีนที่พบแบ่งได้เป็น 4 ชนิด ตามลักษณะการละลายในตัวทำละลายดังนี้

1. กลูเตลิน (glutelin) เป็นโปรตีนที่ละลายได้ดีในตัวทำละลายที่เป็นด่างพบในข้าวประมาณร้อยละ 80-85 ของโปรตีนทั้งหมดมีชื่อเรียกว่า โอไรซินิน (oryzenin)

2. อัลบูมิน (albumin) เป็นโปรตีนที่ละลายได้ดีในน้ำมีกรดอะมิโนไลซีน (lysine) อยู่สูง

3. โกลบูลิน (globulin) เป็นโปรตีนที่ละลายได้ดีในตัวทำละลายที่เป็นสารละลายเกลือแอมโมเนียมซัลเฟต มีปริมาณกรดอะมิโนไลซีนร่วมกับกรดอะมิโนในโปรตีนส่วนที่เป็นอัลบูมินประมาณร้อยละ 10-15 ของโปรตีนทั้งหมด

4. โพรลามิน (prolamin) เป็นโปรตีนที่ละลายได้ดีในตัวทำละลายแอลกอฮอล์ มีปริมาณไลซีนต่ำประมาณร้อยละ 5 เท่านั้น (Chavan และ Duggal, 1978)

โปรตีนที่สะสมอยู่ ในเมล็ดข้าวประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย (essential amino acid) อยู่หลายชนิดโดยมีกรดอะมิโนลิวซีน (leucine) สูงที่สุด รองลงมาได้แก่วาลีน (valine) และไลซีน (lysine) ตามลำดับ (IRRI, 1974)

<u>ไขมัน</u> เป็นองค์ประกอบที่พบมากในเอมบริโอหรือคัพภะประมาณร้อยละ 19.33-23.8 รำหยาบประมาณร้อยละ 17.0-22.9 และรำละเอียดประมาณร้อยละ 11.7-14.4 ตามลำดับ เป็นวัตถุดิบในการสกัดน้ำมันรำข้าวโดยที่ไขมันส่วนใหญ่ประกอบด้วยกรดไขมัน (fatty acid) ได้แก่ กรดพาลมิติก (palmitic acid) กรดโอเลอิค (oleic acid) และกรดลิโนเลอิค (linoleic acid) (Fugino, 1978)

วิตามิน ส่วนของรำหยาบ รำละเอียด และเอมบริโอที่ได้จากการขัดสีเป็นแหล่งสำคัญของวิตามินบี 1 บี2 และไนอาซิน ซึ่งมีส่วนสำคัญต่อร่างกายในการควบคุมเมตาโบลิซึมต่าง ๆ และเสริมสร้างซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของร่างกายอีกด้วย โดยพบวิตามินบี1 ประมาณ 10.1-27.9 ไมโครกรัม/กรัม บี2 ประมาณ 3.6-30 ไมโครกรัม/กรัม และไนอาซินประมาณ 45.3-76 ไมโครกรัม/กรัม นอกจากนี้ยังพบวิตามินอี 149.2 ไมโครกรัม/กรัม ซึ่งเป็นสารช่วยป้องกันการเหม็นหืน (Hearting และ Druy, 1969)

เกลือแร่ เป็นองค์ประกอบที่พบมากที่สุดในส่วนของแกลบคือมีอยู่ 15.3-22.4 ไมโครกรัม/กรัม รองลงมาคือรำหยาบมีประมาณ 9.2-11.5 ไมโครกรัม/กรัม คัพภะมีประมาณ 6.8-10.2 ไมโครกรัม/กรัม และรำละเอียดมีประมาณ 6.1-8.5 ไมโครกรัม/กรัม แร่ธาตุที่พบมากที่สุดได้แก่ฟอสฟอรัส โปตัสเซียม แมกนีเซียม ซิลิกอน และแคลเซียม

2.7 สมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวและตัวบ่งชี้คุณภาพเกี่ยวกับการหุงต้มและการรับประทาน

คุณภาพการหุงหมายถึงลักษณะปรากฏของเมล็ดข้าวภายหลังจากผ่านการหุง เกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาคุณภาพการหุงต้มของข้าวจะแตกต่างไปตามบริโภคนิสัยในการรับประทานข้าวของผู้บริโภคแต่ละท้องถิ่น เช่น ชาวญี่ปุ่นและเกาหลีนิยมข้าวนุ่มเหนียวและจับกันเป็นก้อน ชาวอินเดียนิยมข้าวแข็งและร่วน ส่วนชาวไทยนิยมข้าวนุ่ม เมล็ดไม่เกาะกัน และเมื่อทิ้งไว้ให้เย็นก็ไม่แข็ง ซึ่งคุณภาพการหุงเหล่านี้จะแตกต่างกันไปในข้าวแต่ละพันธุ์ สาเหตุสำคัญที่ทำให้ข้าวมีคุณภาพการหุงแตกต่างกันดังกล่าวคือ สมบัติทางชีวเคมีของเมล็ดข้าว ได้แก่

2.7.1 อัตราส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพคติน

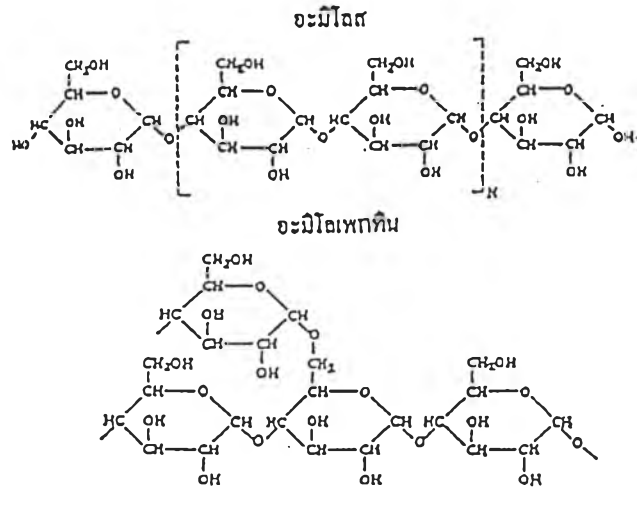
ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพในการหุงต้มและการบริโภคนั้น คือคุณสมบัติของแป้งในเมล็ดข้าว ซึ่งมีผลต่อคุณภาพทางด้านการดูดซึมน้ำ (water absorption) ปริมาตรที่เพิ่มขึ้น (volume expansion) และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ คุณภาพทางด้านสี ความแวววาว ความเหนียว ความนุ่มของข้าวที่หุง ซึ่งขึ้นกับปริมาณของอะไมโลสนั่นเอง (Juliano, 1984) อะไมโลสในเมล็ดข้าวจะสัมพันธ์กับลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุกได้แก่ ลักษณะความนุ่มหรือแข็ง และลักษณะความเหนียวหรือร่วน ซึ่ง Juliano (1985) ได้ใช้ปริมาณอะไมโลสเป็นเกณฑ์ในการแบ่งประเภทของข้าวสุกและคุณภาพการหุงของข้าว ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 การจำแนกลักษณะข้าวสุกตามปริมาณอะไมโลส

ปริมาณอะไมโลส (ร้อยละ)	ชนิดข้าว	ลักษณะข้าวสุก
1 – 2	ข้าวเหนียว	เหนียวมาก
2 – 9	ข้าวเจ้าอะไมโลสต่ำมาก	เหนียว นุ่ม
9 – 20	ข้าวเจ้าอะไมโลสต่ำ	เหนียว นุ่ม
20 – 25	ข้าวเจ้าอะไมโลสปานกลาง	นุ่ม ค่อนข้างเหนียว
25 – 33	ข้าวเจ้าอะไมโลสสูง	ร่วน แข็ง

ที่มา : Juliano (1985)

ข้าวเหนียว (glutinous rice) พันธุ์ข้าวพวกนี้มีลักษณะของ endosperm เป็นสีขาวขุ่นและมีความเลื่อมมัน เมื่อนำไปหุงต้มจะเหนียว เมล็ดเกาะตัวกันดีมาก หากหุงต้มในน้ำมากเมล็ดจะบานออกและยังมีความคงตัวดีเหมือนเดิม พันธุ์ข้าวพวกนี้แป้งในเมล็ดส่วนใหญ่เป็น อะไมโลเพคติน (amylopectin) และส่วนน้อยหรืออาจไม่มีเลยเป็นอะไมโลส (amylose) ซึ่งมีโครงสร้างโมเลกุลดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 โครงสร้างโมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน

ที่มา : Hoseney (1996)

โดยปกติเม็ดแป้งสามารถดูดน้ำเย็นได้ปริมาณจำกัดเนื่องจากการจับตัวกันอย่างแข็งแรงระหว่างอะไมโลสและอะไมโลเพคตินด้วยพันธะไฮโดรเจนใน crystalline region แต่เมื่อได้รับความร้อนจนมีพลังงานเพียงพอที่จะทำให้พันธะไฮโดรเจนแตกออกจากกัน การจับตัวระหว่างอะไมโลสและอะไมโลเพคตินจะคลายตัวลง ทำให้น้ำสามารถแทรกเข้าไปในเม็ดแป้งได้มากขึ้น เม็ดแป้งจึงเกิดการพองตัว เมล็ดข้าวที่มีอะไมโลสสูงจะพองตัวได้ยากเนื่องจากมีการจับตัวกันในส่วนของ crystalline region อย่างแข็งแรง ดังนั้นเมล็ดข้าวเหล่านี้จึงหุงสุกยากเนื่องจากต้องใช้พลังงานสูงในการทำให้เม็ดแป้งเกิดการพองตัว (Tester และ Morrison, 1990) ในขณะที่เม็ดแป้งพองตัว อะไมโลสจะมีการจัดเรียงตัวอย่างไม่เป็นระเบียบ การดูดซึมน้ำของเม็ดแป้งจะดีขึ้นเนื่องจากมีหมู่ไฮดรอกซิลอิสระเพิ่มมากขึ้น แต่ถ้าหากลดอุณหภูมิลง โมเลกุลของอะไมโลสที่อยู่ใกล้กันจะเคลื่อนที่เข้าหากันและเกิดการจับตัวกันใหม่ด้วยพันธะไฮโดรเจน ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า การคืนตัวของแป้งสุก (retrogradation) ข้าวที่มีอะไมโลสสูงโอกาสที่จะเกิดการคืนตัวของแป้งก็มีมาก และการที่แป้งเกิดการคืนตัวจะทำให้เม็ดข้าวสุกที่ได้แข็ง เนื่องจากน้ำที่ถูกอะไมโลสดูดซึมไว้จะถูกปลดปล่อยออกมา

2.7.2 <u>ความคงตัวของแป้งสุก (gel consistency)</u>

เนื่องจากในระหว่างข้าวที่มีอะไมโลสสูงด้วยกันยังมีความแตกต่างในคุณภาพการหุงต้มและรับประทาน การใช้ปริมาณอะไมโลสเพียงอย่างเดียวจึงไม่สามารถตัดสินคุณภาพข้าวอะไมโลสสูงได้ นอกจากนี้ปริมาณอะไมโลสของข้าวพันธุ์เดียวกันอาจแตกต่างกันได้ถึงร้อยละ 6 เมื่อปลูกในแหล่งต่าง ๆ สถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (IRRI) จึงได้คิดค้นวิธีการทดสอบคุณภาพการรับประทานขึ้นใหม่เรียกว่า gel consistency โดยต้มแป้งในสารละลาย KOH เข้มข้น 0.2 นอร์มัล แล้วทำให้เย็นจัด หาระยะทางที่แป้งสามารถไหลไปได้เมื่อวางหลอดทดลองในแนวนอน ข้าวที่นุ่มเมื่อหุงสุกแล้วจะไหลได้ระยะทางยาวคือมี gel consistency ต่ำ ส่วนข้าวแข็งจะไหลได้ระยะทางสั้นหรือมี gel consistency สูง อาจแบ่งข้าวตามลักษณะ gel consistency ได้ดังตารางที่ 2.3

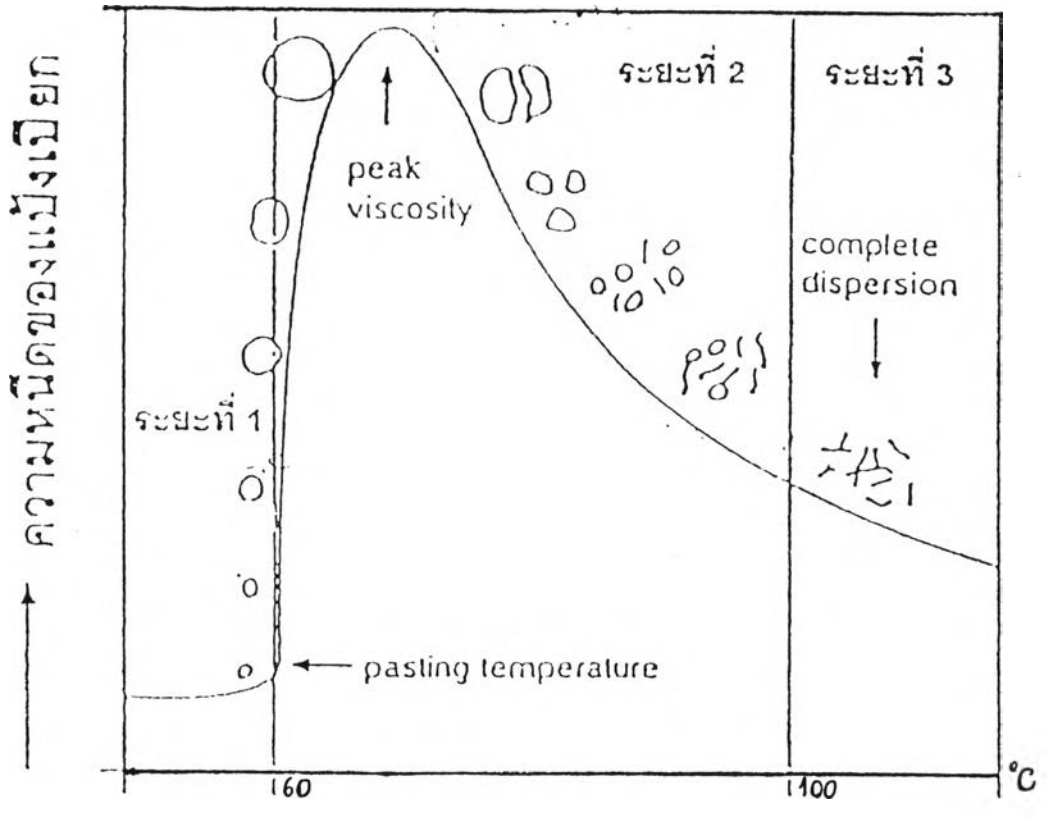
ตารางที่ 2.3 การแบ่งประเภทแป้งสุกตามระยะทางการไหลของแป้ง

ประเภทแป้งสุก	ระยะทางที่แป้งไหล (มม.)
แป้งสุกแข็ง	26 – 40
แป้งสุกนุ่มปานกลาง	41 – 60
แป้งสุกอ่อนหรือนุ่ม	61 – 100

ที่มา : Perez (1979)

2.7.3 <u>อุณหภูมิในการเกิดเจล (gelatinization temperature) หรืออุณหภูมิแป้งสุก</u>

อุณหภูมิในการเกิดเจล (GT) คืออุณหภูมิที่ทำให้เม็ดแป้งที่แขวนลอยอยู่ในน้ำดูดน้ำและขยายตัวจนกระทั่งการจัดตัวภายในเม็ดแป้งเปลี่ยนแปลงจากลักษณะทึบแสงเป็นโปร่งแสง ดังแสดงในรูปที่ 2.3 ในระยะที่ 1 เม็ดแป้งที่ยังมีความสมบูรณ์จะละลายน้ำได้น้อย ดูดน้ำและพองตัวได้เล็กน้อย แต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น โมเลกุลของแป้งจะมีการสั่นอย่างรุนแรง บางส่วนของ intermolecular bond จะถูกทำลาย เกิดพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของน้ำที่อยู่รอบ ๆ ตัวมันเอง การที่น้ำสามารถซึมเข้าไปในเม็ดแป้งจะทำให้ส่วนต่าง ๆ ภายในเม็ดแป้งห่างกันเพิ่มขึ้น ทำให้ส่วนของ crystalline region ลดลง ในระยะที่ 2 เมื่อเพิ่มความร้อนต่อไปจนถึงอุณหภูมิประมาณ 60-70 องศาเซลเซียส โมเลกุลของแป้งในส่วน crystalline จะคลายตัวลง เกิดปฏิกิริยาการดูดซึมน้ำ และเกิดการขยายตัวของเม็ดแป้งจนไม่สามารถผันกลับ (Osman, 1967) ในระยะที่ 3 เม็ดแป้งที่ได้รับความร้อนจะแตกออกทำให้ส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินละลายออกสู่สารละลายแป้งทำให้เจลที่ได้มีลักษณะใส (Leach, 1965)



รูปที่ 2.3 ระยะในการเกิด gelatinization ของเม็ดแป้ง

ที่มา : กล้าณรงค์ ศรีรอต (2542)

2.7.4 ค่าการสลายตัวของเมล็ดในด่าง (alkaline digestibility)

ในกลุ่มข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสใกล้เคียงกันแต่มีคุณภาพการหุงต้มและการแปรรูปต่างกัน จะใช้สมบัติอุณหภูมิแป้งสุกเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพ นอกจากนี้อาจประมาณระดับอุณหภูมิแป้งสุกโดยวิธี alkaline digestibility test ได้โดยจะแช่เมล็ดข้าวในสารละลาย KOH ความเข้มข้น 1.3 – 1.7 % W/V นาน 23 ชม. ที่อุณหภูมิห้อง ค่า alkaline digestibility ที่ได้สามารถใช้ประมาณระดับอุณหภูมิแป้งสุกได้ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 การประมาณอุณหภูมิแป้งสุกตามวิธี alkaline digestibility test

อุณหภูมิแป้งสุก (องศาเซลเซียส)	ระดับ	Alkaline digestibility
< 70	ต่ำ	6 – 7
70 – 74	ปานกลาง	4 – 5
> 74	สูง	1 - 3

ที่มา : Perez และคณะ (1979)

2.7.5 ลักษณะความข้นหนืด (pasting characteristics)

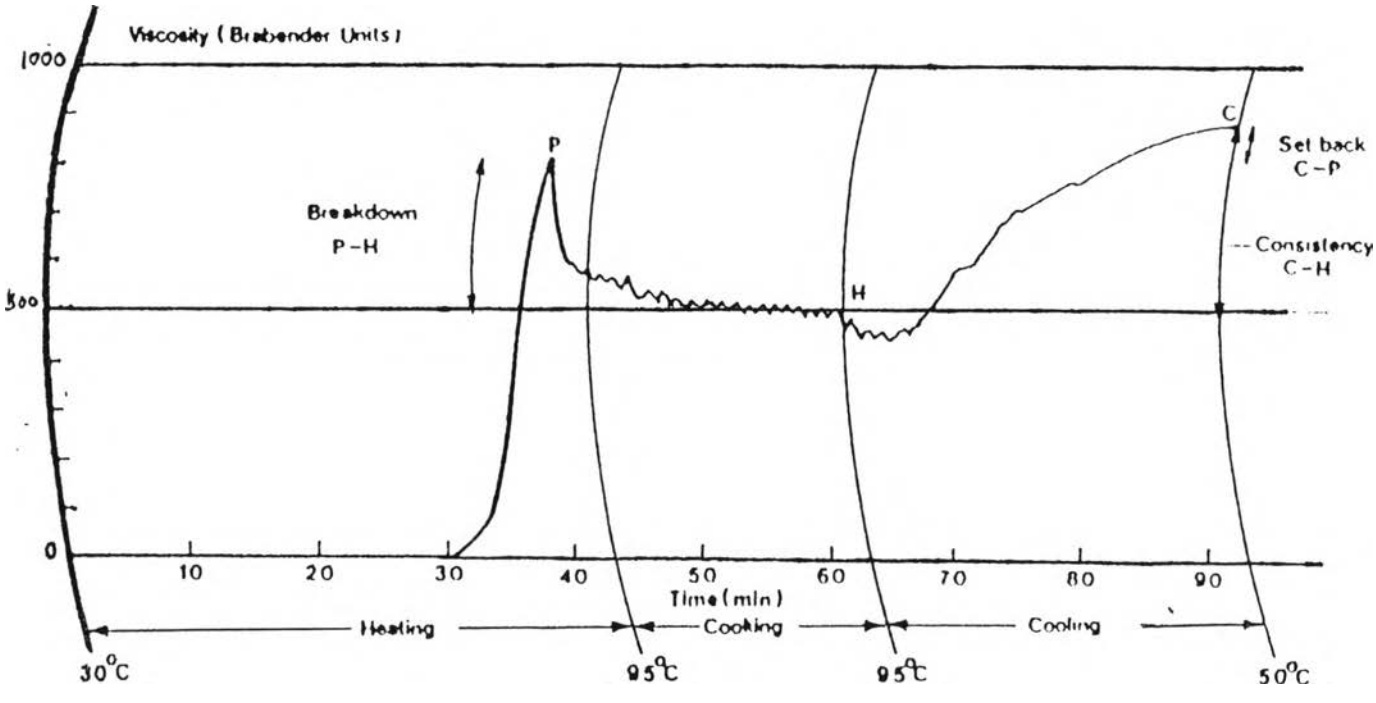
คุณสมบัติที่สำคัญและเป็นประโยชน์มากที่สุดของแป้ง คือ เมื่อให้ความร้อนจะสามารถพองตัวในน้ำและเกิดความหนืด การหาความหนืดของแป้งสุก (paste) มีหลายวิธี การเลือกใช้เครื่องมือประเภทใด ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ (Kerr, 1950) วิธีที่ใช้กันแพร่หลายที่สุดคือการติดตามลักษณะความหนืด (pasting characteristics) ของแป้งสุก โดยใช้เครื่องมือ Brabender visco/amylograph โดยเครื่องจะเพิ่มอุณหภูมิในอัตรา 1.5 องศาเซลเซียสต่อนาทีจนถึง 95 องศาเซลเซียส และคงอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียสนาน 20 นาทีสำหรับตัวอย่างแป้งข้าว และค่อย ๆ ลดอุณหภูมิลงในอัตราเดียวกันจนถึง 50 องศาเซลเซียสดังแสดงในรูปที่ 2.4 โดยแบ่งอุณหภูมิเป็น 3 ช่วงด้วยกันคือ

1. Heating เป็นช่วงเริ่มต้นของการให้ความร้อนแก่น้ำแป้ง โดยความร้อนที่ให้จะค่อย ๆ เพิ่มสูงขึ้นอย่างสม่ำเสมอ จนกระทั่งถึงจุดหนึ่งเป็นจุดที่เม็ดแป้งเริ่มเกิดการพองตัว ซึ่งจะทำให้ความหนืดเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากปริมาณของน้ำเริ่มลดลงซึ่งเกิดจากน้ำที่อยู่รอบ ๆ เม็ดแป้งถูกดูดเข้าไปใน

เม็ดแป้งทำให้ขนาดของเม็ดแป้งมีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งในช่วงนี้จะมีการเพิ่มอุณหภูมิขึ้นจนถึง 95 องศาเซลเซียส

2. Cooking จะเป็นช่วงที่เม็ดแป้งเกิดการพองตัวอย่างเต็มที่และมีการแตกของเม็ดแป้งด้วยทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น ขณะที่การพองตัวของเม็ดแป้งยังเพิ่มขึ้นอยู่ ซึ่งถ้าหากการพองตัวของเม็ดแป้งมีน้อยกว่าการแตกตัวของเม็ดแป้งก็จะทำให้ความหนืดลดลง

3. Cooling เป็นช่วงที่ความหนืดของน้ำแป้งสุกเริ่มเพิ่มขึ้นเนื่องจากเกิดการจับตัวกันของอะไมโลสหรืออะไมโลเพคตินอิสระอีกครั้ง



P=ความหนืดสูงสุด

H=ความหนืดสุดท้ายที่ 95 องศาเซลเซียส

C=ความหนืดสุดท้ายที่ 50 องศาเซลเซียส

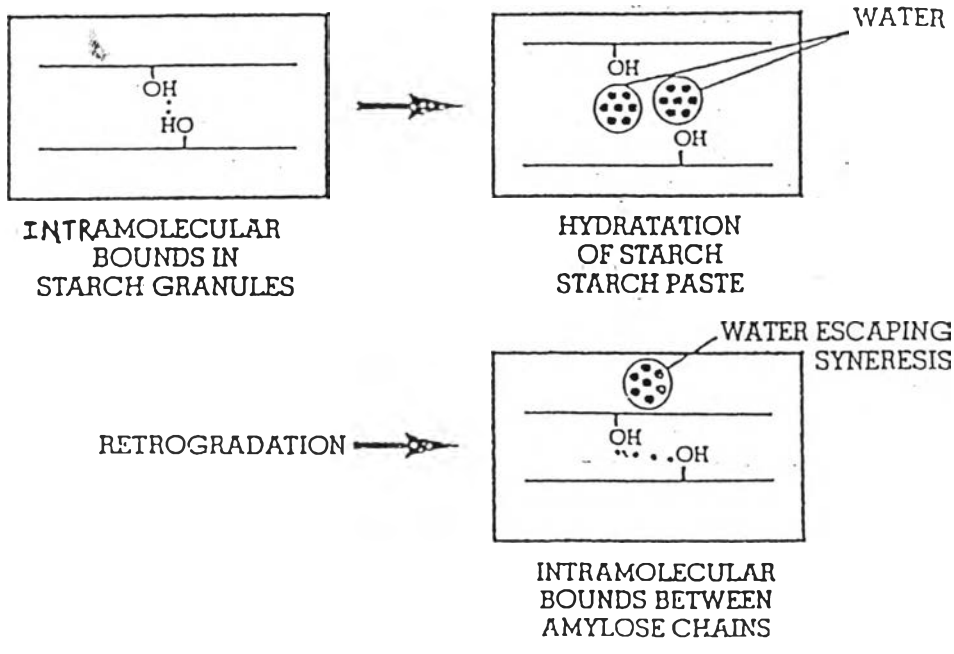
รูปที่ 2.4 แผนภูมิความหนืดของแป้งข้าว

ที่มา : Juliano (1985)

2.7.6 การคืนตัวของแป้งสุก (retrogradation)

การคืนตัวของแป้งสุกเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อแป้งสุกซึ่งร้อนมีอุณหภูมิต่ำลง ขณะที่อุณหภูมิลดลงนั้น โมเลกุลอิสระของอะไมโลสซึ่งอยู่ใกล้กันจะเคลื่อนที่เข้ามาชิดกัน และจับกันด้วยพันธะไฮโดรเจน ทำให้เกิดสภาพการจัดเรียงตัวของโมเลกุลขึ้นใหม่โดยเปลี่ยนจากลักษณะการกระจายตัวของโมเลกุลในน้ำแป้งหรือการเป็น amorphous ในเม็ดแป้งมาเป็นส่วนของ crystalline การคืนตัวของน้ำแป้งสุกโดยทั่วไปจะเกิดได้ดีเมื่อน้ำแป้งมีความเข้มข้นสูงและทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิต่ำ แต่แป้งแต่ละชนิดมีอัตราการคืนตัวของน้ำแป้งสุกแตกต่างกัน จากการทดลองของ Whistler และ Johnson (1948) พบว่าแป้งจากพืชราก พืชหัว จะมีอัตราการคืนตัวช้ากว่าแป้งจากธัญพืช ทั้งนี้เป็นเพราะแป้งจากพืชราก พืชหัวเมื่อได้รับความร้อนจะพองตัวมากและเร็ว และเม็ดแป้งแตกง่าย ทำให้โมเลกุลแป้งทั้งหมดกระจายอยู่ทั่วไปในน้ำแป้ง จึงเป็นการยากที่โมเลกุลอะไมโลสจะมาจัดเรียงตัวกันได้ใหม่ แต่แป้งจากธัญพืช เมื่อได้รับความร้อนจะพองตัวน้อยกว่า เม็ดแป้งแตกน้อยกว่า โมเลกุลที่คลายตัวยังคงอยู่ใกล้ชิดกันจึงเคลื่อนที่จับกันใหม่ได้ง่ายกว่า ซึ่งอาจมีการจับกันระหว่างเม็ดแป้งที่พองตัวซึ่งอยู่ใกล้กันหรือระหว่างชิ้นส่วนของเม็ดแป้งหรือโมเลกุลอะไมโลสอิสระที่หลุดออกมา ทำให้เกิดสภาพเป็น matrix ซึ่งยึดอยู่ด้วยกันด้วยพันธะไฮโดรเจน และสามารถเก็บกักน้ำไว้ได้ การมีอะไมโลเพคติน อยู่ด้วยทำให้อัตราการคืนตัวของแป้งสุกช้าลง เนื่องจากโมเลกุลของอะไมโลเพคตินจะมีกิ่งก้านสาขาทำให้เกะกะและยากต่อการที่โมเลกุลจะเคลื่อนที่เข้ามาจับกันใหม่ได้ จึงพบว่าแป้งประเภท waxy มีอัตราการคืนตัวของแป้งสุกน้อยกว่าแป้งชนิดอื่น (Whistler และ Johnson, 1948)

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพที่กล่าวมานี้เกิดเนื่องจากการเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลแป้งที่ตำแหน่งหมู่ไฮดรอกซิล ทำให้โมเลกุลของแป้งรวมตัวกันเอง ซึ่งโมเลกุลที่เป็นสายตรงหรืออะไมโลสจะมีแนวโน้มสูงที่จะรวมตัวกันและสูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำ ทำให้มีน้ำแยกตัวออกมา (syneresis) เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า retrogradation ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 การเกิด retrogradation ของโมเลกุลแป้ง

ที่มา : Tressler และคณะ (1968)

2.8 คุณภาพของแป้งข้าวที่มีผลต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ

ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากข้าวมักใช้ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสแตกต่างกันไป ข้าวเหนียวซึ่งแทบไม่มีอะไมโลสอยู่เลย มักใช้สำหรับเป็นของหวาน ขนมพุดดิ้งและซอสต่าง ๆ ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำนิยมนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์อาหารแห้งรับประทานตอนเช้า (dry breakfast cereal) และอาหารสำหรับเด็กอ่อน เนื่องจากปริมาณอะไมโลสต่ำทำให้เกิดความคงตัวอยู่ในสภาพเจล (stable gel) ได้นาน ซึ่งจะทำให้แข็งตัวช้าในระหว่างการเก็บรักษา โรงงานผลิตข้าวพองจากข้าวนึ่งก่อนสีและข้าวตอกซึ่งผลิตจากข้าวสารนิยมใช้ข้าวเหนียวและข้าวที่มีอะไมโลสต่ำ เนื่องจากความสามารถในการพองตัวดีมาก ข้าวที่มีอะไมโลสปานกลางนิยมใช้ทำซุปกระป๋อง และส่วนผสมซุปแห้ง (dry soup mix) ในฟิลิปปินส์ทำเค้กข้าวหมักจากข้าวที่มีอะไมโลสปานกลางและมีความคงตัวของเจลอ่อน (soft gel consistency) เพราะแป้งดังกล่าวมีคุณสมบัติในการขยายปริมาตรที่พอเหมาะระหว่างนึ่งด้วย

ไอน้ำและมีลักษณะเนื้อที่อ่อนนุ่ม ข้าวอะไมโลสสูงมีคุณลักษณะความคงตัวของเจลแข็ง (hard gel consistency) เหมาะสำหรับอุตสาหกรรมผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวเนื่องจากมีความคงตัวสูงมาก ทนทานต่อการสลายตัวในระหว่างหุงต้มและทำให้เป็นแผ่นได้ดีมาก (เสนอ ร่วมจิต, 2522)

2.9 การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากข้าว

ข้าวสามารถนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ มากมายทั้งในรูปขนมไทย อาหารขบเคี้ยว หรืออาหารกึ่งสำเร็จรูป เพื่อบริโภคภายในและส่งขายไปยังต่างประเทศ ซึ่งการพัฒนาผลิตภัณฑ์มีจุดมุ่งหมายเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าของข้าวและเป็นแนวทางแก้ปัญหาการส่งออกข้าวของประเทศ ในปัจจุบันมีการแข่งขันกันสูงมาก ดังนั้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเพื่อเป็นอาหารคนในอนาคต มีแนวทางไว้ดังนี้คือ

1. การใช้ประโยชน์จากข้าวที่เป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ เช่นการพัฒนาผลิตภัณฑ์เหล้าสาเกจากข้าวหอมของไทย และการผลิตน้ำส้มสายชูจากข้าวเหนียว
2. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมจีนข้าวหมักกึ่งสำเร็จรูป
3. การพัฒนาข้าวหมากกึ่งสำเร็จรูป ข้าวหมากปรุงรส
4. การพัฒนาแผ่นข้าวกึ่งพลาสติก เพื่อเป็นภาชนะบรรจุอาหาร/ห่ออาหาร เช่น แผ่นฟิล์มรังนก กระทงทอง
5. การเสริมอาหารและกลิ่นในข้าวหอมกึ่งสำเร็จรูป
6. การผลิตข้าวงอก เพื่อเป็นวัตถุดิบในการผลิตเครื่องดื่มชนิดแป้งผสมซอคโกแลต อาหารเช้าชนิดแผ่น อาหารเด็กอ่อน และอาหารว่างชนิดต่าง ๆ
7. การเสริมสารอาหารในอาหารประเภทเส้น เช่น การเพิ่มเส้นใย เกลือแร่ วิตามิน และโปรตีน โดยผสมเนื้อสัตว์และผัก เป็นต้น
8. การปรับปรุงคุณภาพและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจานเดียวจากข้าวและเก็บถนอมโดยการแช่เย็นหรือบรรจุกระป๋อง เช่น ข้าวมันไก่กระป๋อง ข้าวหมกไก่กระป๋อง ข้าวราดแกงกระป๋อง ขนมจีนน้ำยาแช่แข็ง
9. การเสริมอาหารในผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว (snack food) ทั้งชนิด extruded products และ non extruded products เช่น ข้าวนางเล็ด และข้าวต้มเครื่อง
10. การปรับปรุงคุณภาพและการพัฒนาขนมไทยจากข้าวเชิงอุตสาหกรรม เช่น ข้าวหลาม ข้าวเกรียบงา ข้าวเหนียวแก้ว และกาละแม เป็นต้น

2.10 ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่ทำจากข้าว

ขนมขบเคี้ยว (snacks) เป็นอาหารว่างที่รับประทานระหว่างเวลาของอาหารหลัก มีลักษณะเป็นอาหารที่บริโภคง่ายและบริโภคได้บ่อยครั้ง บางชนิดทำจากข้าวเหนียว บางชนิดทำจากข้าวเจ้า หรือทั้งข้าวเหนียวและข้าวเจ้าผสมกัน ขนมขบเคี้ยวที่ทำจากข้าวเหนียวจะมีลักษณะเนื้อสัมผัสเป็นรูพรุนและขยายปริมาตรได้มากกว่าข้าวเจ้า ผลิตภัณฑ์อาหารว่างจากข้าวมีการบริโภคมากในประเทศญี่ปุ่น จีน และประเทศในแถบเอเชียเป็นส่วนใหญ่

เนื่องจากข้าวไทยมีคุณสมบัติของแป้งแตกต่างกันตั้งแต่ข้าวเหนียว ข้าวเจ้าอะไมโลสต่ำ-สูง ดังนั้นการแปรรูปข้าวเป็นผลิตภัณฑ์จึงมีหลากหลาย ผลิตภัณฑ์ในระดับอุตสาหกรรมสามารถพัฒนาจากข้าวที่มีอยู่ในปัจจุบัน ได้แก่อาหารประเภทพองกรอบ (expanded product) ซึ่งมีอาหารพองกรอบหลายประเภทที่สามารถใช้ข้าวเป็นวัตถุดิบ โดยใช้เทคโนโลยีในการผลิตแตกต่างกัน เช่น

(1) <u>การพองด้วยการย่างบนความร้อน (baking)</u> ได้แก่ ผลิตภัณฑ์อะราเร่ (arare) ที่ทำจากข้าวเหนียว และเซมเบ (senbei) ที่ทำจากข้าวเจ้าอะไมโลสต่ำ เทคโนโลยีการทำผลิตภัณฑ์ 2 ชนิดนี้นำมาจากชาวญี่ปุ่น ในการทำผลิตภัณฑ์อะราเร่ ข้าวเหนียวพันธุ์ที่นิยมใช้ คือ กข6 สำหรับผลิตภัณฑ์เซมเบ ข้าวที่เหมาะสมคือข้าวอะไมโลสต่ำ

(2) <u>การพองที่เกิดจากแรงอัดที่อุณหภูมิสูง (extrusion)</u> ในปัจจุบันมีการนำ extrusion technology มาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารอย่างแพร่หลาย การพองตัวของแป้งเกิดจากการที่แป้งได้รับความร้อนจากขดลวดและความดันสูงจากการขับเคลื่อนของแท่งเกลียว ทำให้แป้งและองค์ประกอบอาหารเกิดการหลอมตัว เมื่อแป้งเหลวนี้เคลื่อนตัวออกสู่บรรยากาศ ความดันจะลดลงกระทันหัน ไอน้ำที่อยู่ในก้อนแป้งเหลวจะกระจายระเหยออกทันทีและดันก้อนแป้งเกิดรูพรุนกระจายทั่ว เมื่อเย็นลงจะคงความกรอบของผลิตภัณฑ์ไว้ เครื่อง extruder นี้ มีทั้งชนิด single screw และ twin screw เทคโนโลยีนี้สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ได้หลายรูปแบบและยังเอื้ออำนวยต่อการเติมสารอาหารเพื่อเสริมคุณค่าทางโภชนาการอีกด้วย

(3) <u>การพองตัวที่เกิดจากแผ่นความร้อน (puffing machine)</u> หลักการของเทคโนโลยีนี้เกิดขึ้นในทำนองเดียวกันกับ extrusion แต่ความดันที่ได้รับเกิดจากแรงกดและการเคลื่อนกลับของแผ่นให้ความร้อน 2 แผ่นประกบกัน ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ได้แก่ rice cake

หอสมุดกลาง สำนักงานวิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(4) การพองที่เกิดจากการอบหรือทอดในน้ำมันร้อน (oven or deep fry puffing) เช่น ข้าวตังทอด ขนมนางเล็ด จากการศึกษาการพองของข้าวที่ทอดในน้ำมันพบว่า ข้าวที่เหมาะสมควรเป็นข้าวสุกอบแห้ง ข้าวอะไมโลสต่ำและข้าวเหนียวจะมีการพองตัวได้ดีกว่าข้าวชนิดอื่น ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้หากได้รับการพัฒนาบรรจุภัณฑ์จะช่วยให้มีมูลค่าสูงขึ้น