



วารสารปริทัศน์

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับพันธุ์ข้าว

ข้าวเจ้าอยู่ใน genus Oryza มี 23 species เป็นข้าวป่า (wild rice) 21 species ส่วนอีก 2 species ใช้เพาะปลูก ได้แก่ Oryza sativa ใช้ปลูกกันทั่วไป และ Oryza glaberrima ใช้ปลูกเฉพาะในแอฟริกา O. sativa มี 3 sub-species คือ

- อินเดีย (indica) มีเมล็ดยาวเรียวยาว ให้ผลผลิตค่อนข้างต่ำ ตอบสนองต่อปุ๋ยน้อย แต่ปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ง่าย ปลูกมากในประเทศที่อยู่ในเขตร้อน เช่น อินเดีย ปากีสถาน บังคลาเทศ ศรีลังกา จีนตอนใต้และกลาง อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ เวียดนาม พม่าและไทย

- จาпонิกา (japonica) มีเมล็ดป้อมสั้น ให้ผลผลิตสูง ตอบสนองต่อปุ๋ยดีมาก ปลูกในเขตอบอุ่น เช่น ญี่ปุ่น เกาหลี สหรัฐอเมริกา ประเทศจีนตอนเหนือและกลาง

- จาวานิกา (javanica) มีลักษณะอยู่ระหว่างอินดิกากับจาпонิกา ไม่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ปลูกเฉพาะในประเทศอินโดนีเซีย

2.1.1 การจำแนกข้าว

การจำแนกข้าวขึ้นอยู่กับปัจจัยและสิ่งแวดล้อมหลายประการด้วยกัน เฉพาะในประเทศไทยมีการจำแนกข้าวออกเป็นหลายรูปแบบด้วยกันดังนี้

2.1.1.1 จำแนกตามคุณสมบัติทางเคมีภายในเมล็ด

1. ข้าวเจ้า (non-glutinous rice) ประกอบด้วยแป้ง (starch) ประมาณ 90% ซึ่งแป้งนี้มีส่วนประกอบใหญ่ๆ 2 ส่วนด้วยกันคือ อะไมโลเพคติน (เป็นโพลีเมอร์ของ D-glucose ที่ต่อกันเป็นกิ่งก้าน) ประมาณ 60-90% และอะไมโลส (โพลีเมอร์ของ D-glucose ที่ต่อกันแบบเส้นตรง) ประมาณ 10-30%

2. ข้าวเหนียว (glutinous rice) ประกอบด้วยอะไมโลเพคติน 95% มีอะไมโลสน้อยมาก บางครั้งพบว่าไม่มีเลย

2.1.1.2 จำแนกตามสภาพพื้นที่ปลูก

1. ข้าวไร่ (upland rice) คือข้าวที่ปลูกได้ทั้งบนที่ราบและลาดชัน ไม่ชอบน้ำขัง นิยมปลูกกันมากในบริเวณที่ราบสูง ตามไหล่เขาทั้งภาคเหนือ ใต้ ตะวันออก และตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย คิดเป็นพื้นที่เพาะปลูกประมาณร้อยละ 10

ของพื้นที่ปลูกข้าวทั่วประเทศ

2. ข้าวนาสวนหรือนาดำ (lowland rice) คือข้าวที่ปลูกในที่ราบลุ่มทั่วไปในสภาพที่มีน้ำหล่อเลี้ยงต้นข้าวตั้งแต่ปลูกจนกระทั่งก่อนเก็บเกี่ยว โดยที่สามารถที่จะรักษาระดับน้ำได้ และระดับน้ำต้องไม่สูงเกินกว่า 1 เมตร นิยมปลูกมากแทบทุกภาคของประเทศไทยคิดเป็นพื้นที่เพาะปลูกประมาณร้อยละ 80 ของพื้นที่ปลูกข้าวทั่วประเทศ

3. ข้าวขึ้นน้ำหรือข้าวนาเมือง (floating rice) คือข้าวที่ปลูกกันในแหล่งที่ไม่สามารถรักษาระดับน้ำได้ บางครั้งระดับน้ำในบริเวณที่ปลูกสูงกว่า 1 เมตร ต้องปลูกข้าวพันธุ์พิเศษที่เรียกว่าข้าวขึ้นน้ำหรือข้าวลอย เพราะข้าวพวกนี้มีลักษณะพิเศษในการยึดตัวหนีน้ำได้ ส่วนมากปลูกกันแถบจังหวัดอยุธยา สุพรรณบุรี ลพบุรี นิจิตร อ่างทอง ชัยนาท และสิงห์บุรี คิดเป็นพื้นที่ปลูกประมาณร้อยละ 10 ของพื้นที่ปลูกข้าวทั่วประเทศ

2.1.1.3 จำแนกตามอายุการเก็บเกี่ยว

1. ข้าวเบา (early variety) คือข้าวที่มีอายุการเก็บเกี่ยวตั้งแต่ 90-100 วัน นับตั้งแต่เพาะกล้าหรือหว่านข้าวในนาจนเก็บเกี่ยว

2. ข้าวกลาง (medium variety) คือข้าวที่มีอายุการเก็บเกี่ยวตั้งแต่ 100-120 วัน นับตั้งแต่เพาะกล้าหรือหว่านข้าวในนาจนเก็บเกี่ยว

3. ข้าวหนัก (late variety) คือข้าวที่มีอายุการเก็บเกี่ยวตั้งแต่ 120 วันขึ้นไป นับตั้งแต่เพาะกล้าหรือหว่านข้าวในนาจนเก็บเกี่ยว

2.1.1.4 จำแนกตามลักษณะความไวต่อช่วงแสง

1. ข้าวที่ไวต่อช่วงแสง (photoperiod sensitive variety) ข้าวพวกนี้มีอายุการเก็บเกี่ยวที่ไม่แน่นอน เพราะจะออกดอกในช่วงเดือนที่มีความยาวของกลางวันสั้นกว่ากลางคืน ในประเทศไทยช่วงดังกล่าวเริ่มเดือนตุลาคม ฉะนั้นข้าวพวกนี้จะต้องปลูกในนาปี (ฤดูฝน) เท่านั้น ถ้านำไปปลูกในฤดูแล้งก็จะมาออกดอกในเดือนตุลาคมหรือเดือนพฤศจิกายนเช่นกัน

2. ข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสง (non-photoperiod sensitive variety) ข้าวพวกนี้จะมีอายุการเก็บเกี่ยวที่แน่นอน จะออกดอกและเก็บเกี่ยวได้เมื่อครบอายุการเจริญเติบโต โดยที่ช่วงแสงจะไม่มีอิทธิพลในการบังคับให้ออกดอก ข้าวพวกนี้จึงสามารถปลูกได้ทุกฤดูกาล แต่ข้อควรระวังคืออย่าปลูกให้ตรงกับช่วงเก็บเกี่ยวที่มีฝนตกชุก เพราะจะทำให้มีผลต่อการเก็บเกี่ยวเนื่องจากน้ำฝน ผลผลิตจะสูญเสียได้

2.1.1.5 จำแนกตามรูปร่างของเมล็ดข้าวสาร

1. ข้าวเมล็ดสั้น (short grain) ความยาวของเมล็ดไม่เกิน 5.50 มิลลิเมตร
2. ข้าวเมล็ดยาวปานกลาง (medium-long grain) ความยาวเมล็ดตั้งแต่ 5.51-6.60 มิลลิเมตร
3. ข้าวเมล็ดยาว (long grain) ความยาวเมล็ดตั้งแต่ 6.61-7.50 มิลลิเมตร
4. ข้าวเมล็ดยาวมาก (extra-long grain) ความยาวเมล็ดตั้งแต่ 7.51 มิลลิเมตรขึ้นไป

2.1.1.6 จำแนกตามฤดูปลูก

1. ข้าวนาปีหรือข้าวหน้าน้ำฝน (rainfed rice) คือข้าวที่ปลูกในฤดูทำนาสำหรับในประเทศไทยเริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนตุลาคม และจะเก็บเกี่ยวเสร็จสิ้นแล้วสุดไม่เกินเดือนกุมภาพันธ์
2. ข้าวนาปรัง (off-season rice) คือข้าวที่ปลูกนอกฤดูกาลทำนา จะเริ่มตั้งแต่เดือนมกราคมในบางท้องที่ และเก็บเกี่ยวอย่างช้าที่สุดไม่เกินเดือนเมษายน นิยมปลูกในท้องที่ที่มีการชลประทานดี

2.1.2 การจำแนกข้าวตามปริมาณอะไมโลส

เมื่อพิจารณาการจำแนกตามคุณสมบัติทางเคมีภายในเมล็ด ซึ่งแบ่งเป็นข้าวเจ้าและข้าวเหนียว จะพบว่าข้าวเจ้ามีองค์ประกอบที่สำคัญ 2 ชนิด คือ อะไมโลสและอะไมโลเพคติน ซึ่งปริมาณของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินที่มีในเมล็ดข้าวทำให้คุณภาพการหุงต้มของข้าวพันธุ์ต่างๆ แตกต่างกันไป ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงแบ่งข้าวเจ้าออกเป็นกลุ่มๆตามปริมาณอะไมโลส ซึ่งแบ่งได้ดังนี้

2.1.2.1 ข้าวอะไมโลสต่ำ คือ ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสน้อยกว่า 19% ได้แก่

1. ข้าวชาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวที่ปลูกมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือ มีปริมาณอะไมโลสประมาณ 12-16% มีความยาวเมล็ด 7.4 มิลลิเมตร มีกลิ่นหอม รสชาติดี นิยมบริโภคมากที่สุด มีพื้นที่เพาะปลูกมากถึง 15% ของพื้นที่เพาะปลูกข้าวทั้งหมด
2. ข้าว กข 15 เป็นพันธุ์ที่ได้จากการนำเมล็ดข้าวชาวดอกมะลิ 105 ไปอาบรังสีแกมมา ปลูกมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีปริมาณอะไมโลส

14-17% มีความยาวเมล็ด 7.5 มิลลิเมตร มีกลิ่นหอม ให้ผลผลิตสูงกว่าและมีอายุก่อนเก็บเกี่ยวสั้นกว่าข้าวชาวดอกมะลิ 105 มีพื้นที่เพาะปลูกมากถึง 10% ของพื้นที่เพาะปลูกข้าวทั้งหมด

3. ข้าว กข 21 เป็นข้าวลูกผสมได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างข้าวชาวดอกมะลิ 105 ข้าวนางมลเอส 4 และโออาร์ 26 ปลูกในเขตที่ควบคุมน้ำได้ทุกภาค มีปริมาณอะไมโลส 18-20% มีความยาวเมล็ด 7.3 มิลลิเมตร

2.1.2.2 ข้าวอะไมโลสปานกลาง คือข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสระหว่าง 20-25% ได้แก่

1. ข้าวนางมลเอส 4 ปลูกมากในภาคกลาง มีปริมาณอะไมโลส 19-27% มีความยาวเมล็ด 7.8 มิลลิเมตร มีกลิ่นหอม

2. ข้าวชาวปากหม้อ 148 ปลูกมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีปริมาณอะไมโลส 24-25% มีความยาวเมล็ด 7.7 มิลลิเมตร

2.1.2.3 ข้าวอะไมโลสปานกลางค่อนข้างสูง คือข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสระหว่าง 25-29% ได้แก่

1. ข้าวแก้วรวง 88 ปลูกมากในภาคกลาง มีความยาวเมล็ด 7.5 มิลลิเมตร มีปริมาณอะไมโลส 25-29%

2. ข้าว กข 7 เป็นพันธุ์ที่ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างข้าวแก้วรวง 88 กับข้าวจากอินโดนีเซียชื่อ ซิกาตีส และข้าวจากฟิลิปปินส์ชื่อ ซี 4-63 ปลูกในเขตที่ควบคุมน้ำได้ทุกภาค มีปริมาณอะไมโลส 24-29% มีความยาวเมล็ด 7.2 มิลลิเมตร

3. ข้าว กข 23 เป็นพันธุ์ที่ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างข้าว กข 7 ข้าวโออาร์ 32 และข้าว กข 1 ปลูกในเขตที่ควบคุมน้ำได้ทุกภาค มีปริมาณอะไมโลส 26-29% มีความยาวเมล็ด 7.3 มิลลิเมตร

ข้าว กข 7 และ ข้าว กข 23 มีพื้นที่ปลูกรวมกันถึง 10% ของพื้นที่เพาะปลูกข้าวทั้งหมด

4. ข้าว กข 27 เป็นพันธุ์ที่ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างข้าว ตากับข้าวชาวดาแห่ง 17 ปลูกมากในภาคกลาง มีปริมาณอะไมโลส 25-29% มีความยาวเมล็ด 7.5 มิลลิเมตร

2.1.2.4 ข้าวอะไมโลสสูง คือข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสระหว่าง 29-34% ได้แก่

1. ข้าว กข 1 เป็นพันธุ์ที่ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างข้าว เหลืองทองนาปรังกับข้าวโออาร์ 8 ปลูกในเขตที่ควบคุมน้ำได้ทุกภาค มีปริมาณอะไมโลส 28-31% มีความยาวเมล็ด 7.1 มิลลิเมตร มีท้องไข่เล็กน้อยซึ่งคือจุดขาวกับแสงที่เกิดขึ้นในเอนโดสเปิร์ม (endosperm) และข้าวสุกแข็งมาก

2. ข้าว กข 5 เป็นพันธุ์ที่ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างข้าว พวงนาค 16 กับข้าวพันธุ์ชีกาตีส์จากอินโดนีเซีย ปลูกในเขตที่ควบคุมน้ำได้ทุกภาค มีปริมาณอะไมโลส 29% มีความยาวเมล็ด 7.2 มิลลิเมตร มีท้องไข่เล็กน้อย

3. ข้าว กข 11 เป็นพันธุ์ที่ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างข้าว ชาวดอกมะลิ 105 กับข้าวโออาร์ 661 ปลูกในเขตที่ควบคุมน้ำได้ทุกภาค มีปริมาณอะไมโลส 29-32% มีความยาวเมล็ด 7.6 มิลลิเมตร ไม่มีกลิ่นหอม

4. ข้าว กข 13 เป็นพันธุ์ที่ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างข้าว นางพญา 132 กับข้าวฝักเสี้ยน 39 ปลูกมากในภาคใต้ มีปริมาณอะไมโลส 30-32% มีความยาวเมล็ด 6.9 มิลลิเมตร

5. ข้าว กข 17 เป็นพันธุ์ที่ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างข้าว ปิ่นแก้ว 56 กับข้าวโออาร์ 262 ปลูกในเขตที่ไม่สามารถควบคุมน้ำได้ มีปริมาณอะไมโลส 32% มีความยาวเมล็ด 7.5 มิลลิเมตร มีท้องไข่มาก

6. ข้าว กข 19 เป็นพันธุ์ที่ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างข้าว ปิ่นแก้ว 56 กับข้าวโออาร์ 262 ปลูกในเขตที่ไม่สามารถควบคุมน้ำได้ มีปริมาณอะไมโลส 32% มีความยาวเมล็ด 7.5 มิลลิเมตร

7. ข้าว กข 25 เป็นข้าวลูกผสมเกิดจากการผสมข้ามของ ลูกผสมระหว่างข้าวชาวดอกมะลิ 105 กับพันธุ์โออาร์ 2061 กับลูกผสมของพันธุ์ชาวดอกมะลิ 105 กับข้าวโออาร์ 26 ปลูกในเขตที่ควบคุมน้ำได้ทุกภาค มีปริมาณอะไมโลส 30-33% มีความยาวเมล็ด 7.4 มิลลิเมตร มีท้องไข่เล็กน้อย

8. ข้าวเหลืองประทิว 123 ปลูกมากแถบจังหวัดนครสวรรค์ พิจิตร พิษณุโลก มีปริมาณอะไมโลส 28-32% มีความยาวเมล็ด 7.4 มิลลิเมตร (7)

2.2 ข้าวหุงสุกเร็ว

ข้าวหุงสุกเร็ว คือ ข้าวที่ถูกทำให้สุกบางส่วนในน้ำ และ/หรือ ไอน้ำ ให้เกิด เกล็ดที่ในเซชันถึงระดับหนึ่ง อาจเกิดบางส่วนหรือเกิดอย่างสมบูรณ์ แล้วทำให้แห้ง โดยมี โครงสร้างที่พรุน เพื่อให้คืนน้ำกลับได้ง่ายในระยะเวลาอันสั้น (8)

ลักษณะข้าวหุงสุกเร็วเมื่อเป็นผลิตภัณฑ์แห่งควรมีลักษณะดังนี้

- ผลิตภัณฑ์ควรแห้ง แยกตัวจากกันไม่เกาะเป็นก้อน (6)
- ควรมีสีเป็นที่ยอมรับได้ รูปร่างเมล็ดสมบูรณ์ไม่แตกหัก ไม่มีกลิ่นแปลกปลอม
- มีค่า bulk density ประมาณ 0.4-0.42 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ค่า

bulk density เกี่ยวข้องกับความพรุนของข้าว ข้าวเจ้าที่มีค่า bulk density ต่ำตามต้องการ จะมีความพรุนมาก สามารถคืนรูปได้อย่างรวดเร็ว การจะทำผลิตภัณฑ์แห้งให้มีค่า bulk density ต่ำ สามารถทำได้โดยในช่วงกระบวนการผลิต ต้องให้ข้าวสุกคุดน้ำเป็นปริมาณมากก่อนที่จะนำมาทำแห้ง และต้องทำแห้งโดยระเหยน้ำออกอย่างรวดเร็ว แต่ถ้าใช้เวลาในการให้ความร้อนก่อนการทำแห้งนานเกินไป ข้าวเจ้าจะคุดน้ำมากเกินไป เมื่อนำไปทำแห้งจะให้ผลิตภัณฑ์ที่มี bulk density ต่ำมากไป เมื่อคืนรูปจะให้ผลิตภัณฑ์ที่แฉะและคุณภาพไม่เป็นที่ต้องการ (9)

การเตรียมข้าวหุงสุกเร็ว ควรรีใช้เวลาสั้นประมาณ 5-15 นาที คือน้ำควรแทรกเข้าไปในเมล็ดในเวลาสั้นๆ (6) เมล็ดที่พรุนมากกว่าจะใช้เวลาในการคืนรูปสั้นกว่า อาจพิจารณาจากค่า rehydration ratio (น้ำหนักของข้าวที่คืนรูปแล้ว/น้ำหนักเริ่มต้นของตัวอย่าง) ถ้าค่า rehydration ratio มากแสดงว่าข้าวมีความพรุนมาก จะคืนรูปได้เร็วกว่าข้าวที่มีค่า rehydration ratio ต่ำกว่า (10)

ผลิตภัณฑ์ที่คืนรูปแล้ว ควรมีลักษณะดังนี้

- มีค่า bulk volume 1.5-3.0 เท่าของผลิตภัณฑ์ก่อนคืนรูป
- ควรมีรสชาติ สี กลิ่น ลักษณะเนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏ เหมือนข้าวหุงด้วยวิธีธรรมดา ไม่มีแป้งดิบหรือจุดกลางแข็ง

- มีคุณค่าทางอาหาร ดังนั้นต้องหลีกเลี่ยงการนึ่งขาดของเมล็ดข้าว ทำให้สูญเสียแป้งและสารอาหาร (8)

2.3 สมบัติทางเคมีและกายภาพของข้าวสารที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของข้าวหุงสุกเร็ว

วัตถุประสงค์ในการผลิตข้าวหุงสุกเร็วในการวิจัยนี้คือ ข้าวสาร ซึ่งได้จากการขัดสีข้าวเปลือก ข้าวเปลือกประกอบด้วยเปลือกแข็งที่อยู่นอกสุด (hull) เยื่อหุ้มบางๆ (pericarp layer) เปลือกหุ้มเมล็ดชั้นใน (seed coat) เยื่อบางๆ (aleurone layer) จมูกข้าว (embryo) เอนโดสเปอร์ม ชั้นแรกของการขัดสีจะเอาเปลือกแข็งที่อยู่นอกสุดจนถึงเยื่อหุ้มเมล็ดบางส่วนออก ข้าวที่เหลือเรียกว่าข้าวกล้อง ข้าวกล้องยังมีชั้นรำที่เหนียวและชุ่มน้ำข้าว ทำให้ใช้เวลาหุงนานเกือบ 2 เท่าของข้าวสาร แต่มีโปรตีน วิตามิน เกือบร่วมากกว่าและมีรสชาติที่รุนแรง

เมื่อตัดชั้นร้าวออกจะได้ข้าวสารที่มีสีขาวของเอนโดสเปอรัม (11) องค์ประกอบของข้าวสารแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของข้าวสาร (1)

องค์ประกอบ	ปริมาณ (%)
ความชื้น	10.52
โปรตีน	7.56
ไขมัน	0.34
เส้นใย	0.14
เถ้า	0.39
คาร์โบไฮเดรต	81.05

สมบัติทางกายภาพของข้าวสารที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของข้าวหุงสุกเร็ว มีดังนี้

2.3.1 ความยาวเมล็ด การแบ่งความยาวเมล็ดจะแบ่งตามเกณฑ์ซึ่งได้กล่าวมาแล้วในความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับพันธุ์ข้าวในหัวข้อการจำแนกข้าวตามรูปร่างของเมล็ดข้าวสาร ความยาวของเมล็ดมีผลต่อข้าวสุกดังนี้

ข้าวเมล็ดยาว เมื่อสุกจะให้เมล็ดที่อ่อนนุ่ม แต่ละเมล็ดแยกจากกัน
 ข้าวเมล็ดปานกลาง มีแนวโน้มจะเกิดการติดกัน และเล็กน้อย
 ข้าวเมล็ดสั้น ค่อนข้างเหนียว ติดกัน

ข้าวที่มีเมล็ดยาวมาก เมล็ดจะหักได้ง่าย

2.3.2 ท้องไข้ เป็นจุดขาวชุ่นคล้ายชอล์กที่เกิดขึ้นในเอนโดสเปอรัมของเมล็ด เกิดจากการจับตัวอย่างหลวมๆของเม็ดแป้งกับโปรตีน มีผลให้เกิดช่องอากาศเล็กๆขึ้นภายในเมล็ด ทำให้เกิดเป็นจุดขาวทึบแสง การเกิดท้องไข้ถูกควบคุมโดยลักษณะทางพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อม หากท้องไข้มีขนาดใหญ่จะทำให้แครงน้อยกว่าส่วนอื่น ทักง่ายระหว่างขัดสีและเมื่อนำมาผ่านกระบวนการต่างๆ

2.3.3 การขัดสี หลังจากการขัดสีแล้วข้าวที่ได้ควรเป็นข้าวสารเต็มเมล็ด ข้าวหัก

น้อย และส่วนที่หักเหลือยาวมากกว่าครึ่งหนึ่งของเมล็ด มีสิ่งเจือปนน้อย

2.3.4 การถูกทำลายโดยแมลง เมล็ดข้าวที่ถูกทำลายโดยแมลง จะสูญเสียน้ำหนัก

2.3.5 สี สีปกติของข้าว คือ ขาวใส เมื่อเก็บไว้อาจเปลี่ยนเป็นสีเหลืองซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากเก็บข้าวที่อุณหภูมิมากกว่า 20 องศาเซลเซียส และมีปัจจัยเร่งคือความชื้นสูง ข้าวสารที่ดีไม่ควรมีความชื้นสูงมาก ควรอยู่ในช่วง 11-14% ข้าวที่มีสีเหลืองจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีที่ไม่ดี

2.3.6 กลิ่นหอมของข้าว ข้าวบางพันธุ์เป็นที่นิยมเนื่องจากมีกลิ่นหอม เรียกว่าข้าวหอม ได้แก่ ข้าวชาวดอกมะลิ 105 ข้าว กข 15 กลิ่นนี้พบว่าเกิดจากสาร 2-acetyl-1-pyrroline ซึ่งมีกลิ่นคล้ายแครกเกอร์ (5)

2.3.7 ค่า amylograph breakdown เป็นความแตกต่างของความหนืด ซึ่งบันทึกบน amylograph curve ระหว่างความหนืดที่ค่าสูงสุดและความหนืดที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส 30 นาที ซึ่งชี้ค่าปริมาณเม็ดแป้งซึ่งแตก ทำให้โมเลกุลของแป้งอิสระถูกปล่อยออกมา เป็นผลให้ความหนืดลดลง ถ้าปริมาณเม็ดแป้งแตกมีมากความหนืดจะลดลงอย่างมาก ทำให้ความแตกต่างมีค่ามาก นั่นคือค่า amylograph breakdown มีค่ามากด้วย การที่โมเลกุลอิสระของแป้งถูกปล่อยออกจากเม็ดแป้งนี้ จะทำให้ข้าวที่สุกแล้วเหนียวติดกัน ดังนั้นค่า amylograph breakdown เป็นสัดส่วนโดยตรงกับการเหนียวติดกันของข้าวที่สุกแล้ว (12)

2.3.8 อุณหภูมิแป้งสุก เป็นอุณหภูมิที่ทำให้เม็ดแป้งสุก 90 % หรือพองตัวในน้ำร้อน ที่อุณหภูมิแป้งสุกอย่างไม่ย้อนกลับ (irreversible) อุณหภูมิแป้งสุกจะมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับเวลาในการทำให้สุก ถ้าข้าวมีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ จะใช้เวลาในการทำให้สุกน้อย โดยอาศัยค่าอุณหภูมิแป้งสุกนี้สามารถแบ่งข้าวเจ้าได้เป็น 3 ชนิด ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การแบ่งชนิดของข้าวตามค่าอุณหภูมิแป้งสุก (5)

อุณหภูมิแป้งสุก	อุณหภูมิที่เม็ดแป้งเกิดการเปลี่ยนแปลง (องศาเซลเซียส)
ต่ำ	น้อยกว่า 69
ปานกลาง	70-74
สูง	มากกว่า 75

2.3.9 ความคงตัวของแป้งสูก ในการบอกคุณภาพข้าวสูกที่ได้ว่าจะนุ่มหรือแข็ง โดยปกติจะวัดการเปลี่ยนแปลงความข้นหนืดโดยใช้ Brabender amylograph เพื่อพิจารณาค่าการคืนตัวของแป้ง (ผลต่างความหนืดที่ทิ้งไว้ที่ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที กับความหนืดที่ 50 องศาเซลเซียส) แต่การทำ Brabender amylograph จะใช้เวลามาก จึงนิยมที่จะใช้วิธีหาค่าความคงตัวของแป้งสูกแทน โดยวัดระยะทางที่น้ำแป้งสูกเคลื่อนที่ ดังแสดงในตารางที่ 3 แต่ค่าความคงตัวของแป้งสูกจะใช้บอกความแตกต่างของข้าวสูกว่าจะนุ่มหรือแข็งได้เฉพาะกับข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูง 24-30% ถ้าข้าวมีปริมาณอะไมโลสต่ำหรือปานกลาง จะใช้ค่าความคงตัวของแป้งสูกบอกคุณภาพข้าวสูกไม่ได้ เนื่องจากค่าใกล้เคียงกันมาก

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างความคงตัวของแป้งสูกกับระยะทางที่แป้งเคลื่อนที่ (13)

ความคงตัว	ระยะทางที่แป้งเคลื่อนที่ (มิลลิเมตร)	ค่าการคืนตัวของแป้ง set back viscosity (BU)	ลักษณะข้าวสูก
สูง	27-35	มากกว่า 400	แข็ง
ปานกลาง	36-49	0-400	แข็งปานกลาง
ต่ำ	50 และมากกว่า	ค่าติดลบ	อ่อนนุ่ม

BU = Brabender unit

สมบัติทางเคมีของข้าวสารที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของข้าวหุงสุกเร็ว มีดังนี้

2.3.10 ปริมาณอะไมโลส อะไมโลสเป็นองค์ประกอบที่สำคัญภายในเม็ดแป้ง มีความสัมพันธ์กับความนุ่มหรือแข็ง รวมทั้งความเหนียวหรือร่วนของเมล็ดข้าว ซึ่งแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะไมโลสกับลักษณะข้าวสุก (5)

ปริมาณอะไมโลส	%	ลักษณะข้าวสุก	ความต้องการน้ำในการหุงต้ม (เท่าโดยน้ำหนักข้าว)
ต่ำ	<19	เหนียว นุ่ม แฉะง่าย	1.5-1.7
ปานกลาง	20-25	ค่อนข้างนุ่ม เหนียว	1.9-2.1
สูง	25-34	ร่วน ค่อนข้างแข็ง	2.0-2.3

เนื่องจากว่าข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูง จะเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลอะไมโลสมาก ทำให้มีหมู่ไฮดรอกซิลอิสระน้อย จึงเกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้น้อย จึงไม่เกิดความเหนียวเหนอะหนะ แต่ถ้าข้าวมีอะไมโลสต่ำจะเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลน้อย มีหมู่ไฮดรอกซิลอิสระมากจึงเกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้มาก เกิดความเหนียวขึ้น

เมื่อมีการให้ความร้อนแก่เมล็ดข้าวเม็ดแข็งจะแตก อะไมโลสจะถูกปล่อยออกมา เมื่ออุณหภูมิลดลงอะไมโลสที่มีขนาดโมเลกุลพอเหมาะจะสานตัวเป็นเจล สำหรับข้าวเจ้าโมเลกุลของอะไมโลสมีขนาดพอเหมาะที่จะเกิดการสานตัว ถ้าข้าวเจ้ามีอะไมโลสต่ำจะให้เจลที่อ่อนนุ่ม ถ้ามีอะไมโลสสูงจะให้เจลที่ค่อนข้างแข็ง

นอกจากนี้ปริมาณอะไมโลสยังมีผลต่อระยะเวลาในการสุกของข้าว เนื่องจากในเมล็ดแข็งประกอบด้วยโมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน ซึ่งมีการจัดเรียงตัวเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มหนึ่งมีการจัดเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบเหมือนผลึก มีการพองตัวจำกัด ประกอบด้วยอะไมโลสเป็นส่วนใหญ่ อีกกลุ่มหนึ่งมีการจัดเรียงตัวกันอย่างไม่เป็นระเบียบ ตู้น้ำได้ดี ประกอบด้วยอะไมโลเพคตินเป็นส่วนใหญ่ ถ้าข้าวมีปริมาณอะไมโลสมาก จะมีส่วนที่เป็นผลึกมาก น้ำจะเข้าได้ยาก จึงทำให้ใช้เวลาานกว่าข้าวจะสุก

2.3.11 ปริมาณโปรตีน มีความสัมพันธ์กับกระบวนการผลิตเนื่องจากโครงสร้างภายในของข้าวมีส่วนที่เป็นโปรตีนอยู่ โดยโปรตีนในข้าวจะอยู่เป็นกลุ่มๆ (protein bodies) แทรกอยู่ตามกลุ่มเม็ดแข็ง มีความหนาแน่นบริเวณขอบนอกของเมล็ด และค่อยบางลงเมื่อเข้าไปถึงกลางเมล็ด โปรตีนโดยเฉพาะส่วนที่อยู่นอกของเมล็ดมีส่วนทำให้ระยะเวลาหุงต้มเมล็ดนานขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากโปรตีนจะเป็นตัวขัดขวางการซึมของน้ำเข้าไปภายในเมล็ดข้าว (7) ทำให้แบ่ง

ดูดน้ำเพื่อใช้ในการพองตัวได้ยาก จะต้องใช้เวลาในการหุงข้าวในน้ำเดือด เพราะต้องทำให้โปรตีนส่วนนี้เสียสภาพ (denature) ก่อน ข้าวที่มีปริมาณโปรตีนสูงจะใช้เวลาหุงต้มนานกว่าข้าวที่มีปริมาณโปรตีนต่ำ ในกระบวนการผลิตข้าวหุงสุกเร็วจะเปลี่ยนแปลงโปรตีนส่วนนี้โดยใช้ความร้อนและสารเคมี ทำให้แบ่งภายในดูดซึมน้ำได้ง่ายขึ้น (14) นอกจากนี้ข้าวที่มีโปรตีนสูงเมื่อหุงสุกแล้วจะมีสีคล้ำกว่าข้าวที่มีโปรตีนต่ำ ดังนั้นจึงควรเลือกข้าวที่มีโปรตีนต่ำ โปรตีนในข้าวเป็น albumin 5% globulin 10% prolamine น้อยกว่า 5% glutelin มากกว่าหรือเท่ากับ 80 % (ละลายได้ในต่าง)

2.4 ตัวแปรที่สำคัญในกระบวนการผลิตข้าวหุงสุกเร็ว

การผลิตข้าวหุงสุกเร็วมีด้วยกันหลายวิธีคือ Soak-cook-dry, Stepwise hydration and cooking process-dry, Expanded and pregelatinized rice, Dry heat treatment, Freeze-thaw process, Gun puffing, Freeze drying (8) จากการศึกษาพบว่า Gun puffing, Freeze drying และ Freeze-thaw process ไม่สามารถทำเป็นอุตสาหกรรมได้เพราะการลงทุนเริ่มต้นสูงมากในการติดตั้งเครื่องมือ และอัตราการผลิตต่ำเมื่อเทียบกับวิธีอื่น ส่วนวิธี Expanded and pregelatinized rice นิยมทำกับข้าวเหนียวซึ่งมีความทนทานมากกว่าข้าวสาร เพราะในกระบวนการผลิตต้องใช้อุณหภูมิสูงมาก ส่วนวิธีที่เหลือไม่นิยมทำวิธีใดวิธีหนึ่งเพียงอย่างเดียว มักจะใช้ร่วมกัน 2 วิธีขึ้นไป คือ รวมวิธี Soak-cook-dry เข้ากับ Dry heat treatment หรือรวมวิธี Stepwise hydration and cooking process-dry เข้ากับ Dry heat treatment ซึ่งการรวมวิธี Stepwise hydration and cooking process-dry เข้ากับ Dry heat treatment ซับซ้อนและเหมาะกับข้าวที่สามารถทนต่อการแช่และการใช้ไอน้ำซ้ำกันได้ เช่น ข้าวเหนียว ในการวิจัยนี้จึงเลือกใช้วิธี Soak-cook-dry รวมกับ Dry heat treatment ซึ่งเป็นวิธีที่สะดวก ประหยัดและเครื่องมือหาได้ง่าย ขั้นตอนการผลิตมีดังนี้ คือ นำข้าวสารมาให้ความร้อนขั้นต้น แช่ แล้วนำไปให้ความร้อนโดยทำให้สุกบางส่วน และทำให้สุกอย่างสมบูรณ์ หลังจากนั้นจะนำไปทำแห้ง ซึ่งในแต่ละขั้นตอนมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องต่างกัันดังนี้

2.4.1 การให้ความร้อนขั้นต้น (preheating)

เป็นการทำให้ข้าวสารเกิดรอยแตกเล็ก ๆ หรือที่เรียกว่า fissure ขยายจากผิวเข้าไปภายในเมล็ดจนทั่วทั้งเมล็ด ก่อนการแช่หรือทำให้สุกบางส่วน เชื่อว่าทำให้ง่ายต่อการให้น้ำและไอน้ำซึมเข้าสู่เมล็ด (15) ดังนั้นเวลาในการแช่ การทำให้สุกบางส่วนหรือการ

ทำให้สุกอย่างสมบูรณ์จะลดลง (8) การให้ความร้อนขั้นต้นอาจใช้วิธีใช้ลมร้อน ซึ่งจะเป็น forced air หรือ hot air (16) อุณหภูมิที่ใช้อยู่ในช่วง 50-350 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ 2-15 นาที

2.4.2 การแช่ เพื่อให้เมล็ดข้าวดูดน้ำ ช่วยลดเวลาในขั้นตอนการให้ความร้อน ขึ้นต่อไปในการที่จะดูดน้ำเพิ่มขึ้นอีกให้เพียงพอแก่การสุกของแป้ง เมื่อนำเมล็ดข้าวแช่ในน้ำ น้ำ จะเข้าสู่เอนโดสเปอรัม ทำให้ส่วนของเอนโดสเปอรัมกระจายในน้ำ ทำให้เมล็ดชุ่มชื้น

อัตราเร็วการดูดซึมน้ำเข้าสู่เมล็ดขึ้นกับพันธุ์ข้าว ปริมาณที่ถูกขัดสี ถ้าขัดสี มากน้ำจะเข้าเร็ว นอกจากนี้ยังขึ้นกับอุณหภูมิของน้ำที่แช่ ถ้าอุณหภูมิสูงจะเพิ่มการดูดซึมน้ำ ดีขึ้นและช่วยลดเวลาในการแช่ข้าวลง การแช่น้ำที่อุณหภูมิสูงต้องควบคุมไม่ให้อุณหภูมิสูงมากจน แป้งสุก เพราะจะทำให้มีแป้งบางส่วนละลายออกมากับน้ำที่แช่ และถ้าเวลาในการแช่นาน ข้าวจะดูดน้ำได้สะดวก การแช่จะลดแนวโน้มของข้าวที่แตกหรือฉีกขาดอันเนื่องมาจากแรงดัน ออสโมซิสภายในระหว่างการต้มเดือด มีผลให้แป้งสูญเสียออกมาในน้ำ นอกจากนี้การแช่เมล็ด ข้าวในน้ำจะทำให้เมล็ดข้าวเกิดรอยร้าวขึ้นด้วยเป็นการลดเวลาในการทำให้ข้าวสุก เพราะ ความชื้นสามารถซึมผ่านเข้าสู่เมล็ดข้าวได้มากขึ้น

การล้างและการแช่เป็นเวลานานๆ ก่อนการให้ความร้อนจะทำให้เมล็ดข้าว เสียน้ำหนัก 25% ของน้ำหนักเริ่มต้น นอกจากนี้ยังสูญเสียวิตามิน เกือบครึ่งส่วนมากไป เสีย รสชาติเกือบหมดด้วย การสูญเสียน้ำหนักนี้จะลดลงเมื่อทำการล้างและแช่ในน้ำปริมาณ จำกัด (17) อุณหภูมิที่ใช้แช่อยู่ในช่วง 10-100 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ 3-60 นาที ค่าความชื้นที่เพียงพอที่จะทำให้เกิดเจลลาทีโนเซชันในขั้นตอนการให้ความร้อนต่อไป และอีกทั้ง เป็นการลดเวลาในการทำให้ข้าวสุกคือ 35-40%

2.4.3 การให้ความร้อน ขั้นตอนนี้เป็นทำให้แป้งที่ดูดน้ำไว้เกิดการพองตัวและ สุก โดยทั่วไปมักใช้วิธีเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นเท่ากับหรือสูงกว่าอุณหภูมิแป้งสุก ซึ่งมักจะเกิดปัญหา ไม่สามารถควบคุมระดับความสุกได้ มีผลให้เมล็ดเกิดการแตกบานและเหนียวติดกัน สาเหตุที่ไม่ สามารถควบคุมระดับความสุกได้เนื่องจากไม่ได้มีการควบคุมปริมาณน้ำที่จะดูดเข้าไปใช้ในการสุก ของแป้ง ไม่ได้ควบคุมเวลาที่ใช้ในการทำให้สุก ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงควบคุมปริมาณน้ำที่ใช้ เวลาในการทำให้สุก และมีการให้ความร้อนเป็น 2 ช่วง เพื่อควบคุมระดับความสุกให้เป็นไป ตามต้องการ

2.4.3.1 การทำให้สุกบางส่วน เป็นการทำให้เกิดเจลลาทีโนเซชันบาง ส่วน และเป็นการเพิ่มความชื้นให้แก่เมล็ดข้าว เพื่อให้มีปริมาณความชื้นที่เหมาะสม การทำให้สุก

บางส่วนใช้การต้มในน้ำ (18) ถ้าอุณหภูมิต่ำไปอัตราการให้ความร้อนจะช้า ถ้าอุณหภูมิสูงไปจะทำให้เสียคุณค่าทางอาหารมากขึ้น เนื่องจากการแตกของเม็ดแป้งที่ผิวของข้าว การป้องกันการแตกของเม็ดแป้งทำได้โดยเทน้ำทิ้งหมดออกในช่วงหลังของการทำให้สุกบางส่วน (17) การทำให้สุกบางส่วนจะใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 1-50 นาที (15) ต้องการความชื้นสุดท้าย 50-75% (8) และเกิดเจลลาทีโนเซชันต่ำกว่า 80% เล็กน้อย

2.4.3.2 การทำให้สุกอย่างสมบูรณ์ จุดประสงค์หลักเพื่อให้ได้ลักษณะเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่ม เหนียวเล็กน้อยของข้าวสุก และทำให้เกิดเจลลาทีโนเซชันต่อ เนื่องจากขั้นตอนการทำให้สุกบางส่วนการเกิดเจลลาทีโนเซชันยังไม่เพียงพอ ในขั้นตอนนี้จะเพิ่มการเกิดเจลลาทีโนเซชันอีกเล็กน้อย การทำให้สุกอย่างสมบูรณ์ใช้การนึ่งด้วยไอน้ำ เวลาที่เหมาะสมในการใช้ไอน้ำขึ้นกับ ชนิดของเครื่องมือ ชนิดของพันธุ์ข้าว ส่วนมากใช้เวลาประมาณ 5-15 นาที (17) ไอน้ำควรมีอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ความเร็วไอน้ำถ้าสูงเกินไปจะทำให้เมล็ดแตก ในช่วงการทำให้สุกอย่างสมบูรณ์ต้องการความชื้นสุดท้าย 80% (19) เมื่อนำไปทำแห้งจะเกิดรูพรุนในเมล็ดได้ดี และเม็ดแป้งเกิดการเจลลาทีโนเซชันประมาณ 80% (20) เนื่องจากว่าถ้าข้าวเกิดเจลลาทีโนเซชันมากเกินไปเมล็ดมักจะแตกบาน เหนียวติดกัน ทำให้เกิดลักษณะปรากฏที่ไม่ดีแก่ผลิตภัณฑ์

2.4.4 การทำแห้ง เป็นการลดความชื้นให้ต่ำพอที่จะเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้ การทำแห้งในขั้นแรกต้องการลดความชื้นจากบริเวณผิวให้เร็วกว่าที่ดูดซึมจากข้างใน ทำให้เกิดขอบแข็งเรียกว่า case hardening จะช่วยทำให้โครงสร้างอยู่ตัว เพื่อป้องกันการหดตัว ซึ่งการหดตัวจะทำให้สมบัติการดูดน้ำคืนได้เร็วลดลง นอกจากนี้การทำแห้งในขั้นแรกนี้ยังทำให้ข้าวแห้งที่ได้เกิดรูพรุนและพอง ซึ่งจะทำให้ดูดน้ำได้เร็วในขณะคืนรูป (17) ในขั้นแรกนี้จึงใช้อุณหภูมิสูง แล้วจึงลดอุณหภูมิการทำแห้งในขั้นต่อไปจนได้ความชื้นตามต้องการ

ดังนั้นการทำแห้งจึงควรทำเป็น 2 ขั้นตอน โดยขั้นแรกใช้อากาศร้อนความเร็วสูงที่อุณหภูมิสูง ทำให้โครงสร้างอยู่ตัว แต่ใช้เวลาสั้นๆเพื่อป้องกันการไหม้ของเมล็ดขณะพอง อุณหภูมิที่ใช้ในช่วง 200-250 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ 1-5 นาที หลังจากนั้นใช้อุณหภูมิต่ำลงเพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดสีน้ำตาลอ่อนที่ไม่ต้องการ อุณหภูมิที่ใช้ในช่วง 30-150 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ 2-4 ชั่วโมง (8) ควรหยุดทำแห้งเมื่อมีความชื้น 7-14% เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดสีน้ำตาลอ่อนที่ไม่ต้องการ (19)