



การทดลอง

4.1 การคัดเลือกพันธุ์ข้าวที่เหมาะสม

เมื่อพิจารณาสมบัติทางกายภาพของข้าวสารที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของข้าวหุงสุกเร็ว พบว่าการทำข้าวหุงสุกเร็วควรใช้ข้าวเมล็ดยาว เนื่องจากว่าข้าวเมล็ดยาวให้ข้าวสุกที่อ่อนนุ่มและแต่ละเมล็ดแยกจากกัน แต่ข้าวเมล็ดยาวมีทั้งแบบยาวธรรมดา คือความยาว 6.61-7.50 มิลลิเมตร และมีความยาวมาก คือมีความยาวเกินกว่า 7.51 มิลลิเมตร ขึ้นไป จากการศึกษาพบว่าข้าวเจ้าที่มีความยาวเมล็ดมากมีโอกาสที่จะเกิดเมล็ดหักได้ง่าย (7) ดังนั้นในการทดลองนี้จึงเลือกเมล็ดข้าวที่มีความยาวธรรมดา ข้าวเจ้าเมล็ดยาวพันธุ์ดีของไทยมีหลายพันธุ์ ซึ่งแบ่งตามปริมาณอะไมโลสได้ดังนี้

- ข้าวที่มีอะไมโลสต่ำ (น้อยกว่า 19%) ได้แก่ข้าวชาวดอกมะลิ 105 มีความยาวเมล็ด 7.4 มิลลิเมตร ข้าว กข 15 มีความยาวเมล็ด 7.5 มิลลิเมตร และข้าว กข 21 มีความยาวเมล็ด 7.3 มิลลิเมตร เป็นต้น ข้าว กข 21 เมื่อหุงสุกแล้วจะนุ่มมากจนค่อนข้างเละ ส่วนข้าว กข 15 แม้ว่าจะมีกลิ่นหอมแต่ว่ามีน้ำหนักเมล็ดต่ำ การที่ใช้น้ำหนักเมล็ดเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกด้วย เนื่องจากว่าน้ำหนักเมล็ดเป็นลักษณะที่คงที่ที่สุดในลักษณะประจำพันธุ์ และมีผลต่อราคาซื้อขาย เพราะการขายใช้น้ำหนักเมล็ดเป็นหลัก ดังนั้นในกลุ่มนี้จึงเลือกข้าวชาวดอกมะลิ 105 ซึ่งเป็นข้าวที่มีกลิ่นหอม เมล็ดข้าวสารใส แกร่ง น้ำหนักเมล็ดดี นิยมบริโภคทั่วไป และมีพื้นที่ปลูกมากถึง 15%

- ข้าวที่มีอะไมโลสปานกลาง (20-25%) ได้แก่ ข้าวนางมลเอส 4 ข้าวชาวปากหม้อ 148 เป็นต้น ทั้ง 2 พันธุ์นี้มีความยาวเมล็ด 7.8 มิลลิเมตร และ 7.7 มิลลิเมตร ตามลำดับ จะเห็นได้ว่ามีความยาวเมล็ดมากเกินไป ดังนั้นจึงไม่ใช้ข้าวในกลุ่มนี้

- ข้าวที่มีอะไมโลสปานกลางค่อนข้างสูง (25-29%) ได้แก่ ข้าวแก้วรวง 88 มีความยาวเมล็ด 7.5 มิลลิเมตร ข้าว กข 7 มีความยาวเมล็ด 7.2 มิลลิเมตร ข้าว กข 23 มีความยาวเมล็ด 7.3 มิลลิเมตร และข้าว กข 27 มีความยาวเมล็ด 7.5 มิลลิเมตร เป็นต้น ข้าวแก้วรวง 88 มีน้ำหนักเมล็ดน้อยมาก ส่วนข้าว กข 7 ข้าว กข 23 และข้าว กข 27 มีลักษณะข้าวสุกคล้ายคลึงกัน แต่ข้าว กข 7 และข้าว กข 23 มีผลผลิตมาก มีพื้นที่ปลูกรวมกันถึง 10% และข้าว กข 23 ให้คุณภาพการหุงต้มที่ดี ได้ข้าวสุกที่มีความอ่อนนุ่ม

พอเหมาะและรสชาติดีกว่า ดังนั้นในกลุ่มนี้จึงเลือกข้าว กข 23

- ข้าวที่มีอะไมโลสสูง (29-34%) ได้แก่ ข้าว กข 1 มีความยาวเมล็ด 7.1 มิลลิเมตร ข้าว กข 5 มีความยาวเมล็ด 7.2 มิลลิเมตร ข้าว กข 11 มีความยาวเมล็ด 7.6 มิลลิเมตร ข้าว กข 13 มีความยาวเมล็ด 6.9 มิลลิเมตร ข้าว กข 17 มีความยาวเมล็ด 7.5 มิลลิเมตร ข้าว กข 19 มีความยาวเมล็ด 7.5 มิลลิเมตร ข้าว กข 25 มีความยาวเมล็ด 7.4 มิลลิเมตร และข้าวเหลืองประทิว 123 มีความยาวเมล็ด 7.4 มิลลิเมตร เป็นต้น ข้าว กข 1 ข้าว กข 5 และข้าว กข 25 มีท้องไข่ ข้าว กข 17 และ ข้าว กข 19 มีท้องไข่มาก ข้าว กข 11 และ ข้าว กข 13 ข้าวสุกแข็งมาก ดังนั้นในกลุ่มนี้จึงเลือกข้าวเหลืองประทิว 123 ซึ่งมีคุณภาพการขัดสีที่ดี ข้าวสารเลื่อมมัน และแกร่ง

จากนั้นนำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ข้าว กข 23 และข้าวเหลืองประทิว 123 มาบดด้วยเครื่อง pin mill แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.075 มิลลิเมตร ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี เพื่อคัดเลือกพันธุ์ข้าวที่เหมาะสมในการเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตข้าวหุงสุกเร็ว องค์ประกอบทางเคมีที่ศึกษามีดังนี้

- | | |
|--------------------------------|---------------------------------------|
| 4.1.1 ปริมาณความชื้น | (ตั้งรายละเอียดในภาคผนวก ก 1) |
| 4.1.2 ปริมาณโปรตีน | (ตั้งรายละเอียดในภาคผนวก ก 2) |
| 4.1.3 ปริมาณอะไมโลส | (ตั้งรายละเอียดในภาคผนวก ก 3) |
| 4.1.4 อุณหภูมิแป้งสุก | (ตั้งรายละเอียดในภาคผนวก ก 4 และ ก 5) |
| 4.1.5 ค่า amylograph breakdown | (ตั้งรายละเอียดในภาคผนวก ก 5) |
| 4.1.6 ค่าความคงตัวของแป้งสุก | (ตั้งรายละเอียดในภาคผนวก ก 6) |

พันธุ์ข้าวที่เหมาะสมในการเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตข้าวหุงสุกเร็ว ควรมีเกณฑ์ดังนี้ มีปริมาณความชื้น 11-14% เนื่องจากถ้าข้าวมีปริมาณความชื้นสูงอาจมีแมลงหรือจุลินทรีย์ปนเปื้อนได้มาก แต่ถ้าความชื้นต่ำไปจะทำให้เมล็ดหักง่าย ควรมีปริมาณโปรตีนต่ำ เนื่องจากปริมาณโปรตีนมีผลต่อระยะเวลาในการหุงต้ม โดยโปรตีนจะเป็นตัวขัดขวางการซึมของน้ำเข้าไปภายในเมล็ดข้าว นอกจากนี้ข้าวที่มีโปรตีนสูงเมื่อหุงสุกแล้วจะมีสีคล้ำกว่าข้าวที่มีโปรตีนต่ำ ควรมีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ เพราะอุณหภูมิแป้งสุกมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาในการสุกของเมล็ดข้าว ข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำย่อมใช้เวลาในการทำให้สุกน้อย และควรเลือกข้าวที่มีค่า amylograph breakdown ต่ำ เนื่องจากค่า amylograph breakdown เป็นสัดส่วนโดยตรงกับการติดกันของข้าวที่หุงสุกแล้ว นอกจากนี้ควรเลือกข้าวที่มีความคงตัวของแป้งสุกต่ำ เพื่อจะได้ข้าวสุกที่อ่อนนุ่ม ซึ่ง

จากการศึกษาในช่วงนี้จะสามารถคัดเลือกพันธุ์ข้าวที่เหมาะสมในการเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตข้าวหุงสุกเร็วได้

4.2 การศึกษาสภาวะการให้ความร้อนขึ้นต้น

การให้ความร้อนขึ้นต้นมีจุดประสงค์เพื่อทำให้เกิดรอยร้าวทั่วทั้งเมล็ด ทำให้ลดเวลาในการแช่และให้ความร้อนในขั้นต่อไป จากการศึกษาพบว่าการให้ความร้อนขึ้นต้นอาจใช้วิธีใช้ลมร้อนซึ่งอาจจะเป็น forced air หรือ hot air อุณหภูมิที่ใช้อยู่ในช่วง 50-350 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ 2-15 นาที ดังนั้นในการทดลองนี้จึงนำข้าวสารที่คัดเลือกได้จากข้อ 4.1 ใส่ในตู้อบลมร้อนซึ่งเป็น hot air โดยแปรอุณหภูมิในการให้ความร้อนเป็น 4 ระดับคือ 50 100 150 และ 200 องศาเซลเซียส เนื่องจากอุณหภูมิที่มากกว่า 200 องศาเซลเซียส เมล็ดข้าวจะเริ่มเป็นสีเหลือง และแปรเวลาในการให้ความร้อนเป็น 3 ระดับ คือ 5 10 และ 15 นาที ใช้แผนการทดลองแบบ Asymmetric Factorial Design (21) ซึ่งมีสภาพการทดลองทั้งสิ้น $4 \times 3 = 12$ สภาพ (treatment) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ (replicate) การประเมินผลจะใช้สมบัติทางกายภาพด้านสี โดยข้าวสารยังคงควรมีเมล็ดสีขาว พิจารณาสภาวะที่ให้ปริมาณความชื้นมากที่สุดเมื่อนำไปแช่น้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 นาที สำหรับข้าวขาวดอกมะลิ 105 และพิจารณาสภาวะที่ให้ปริมาณความชื้นมากที่สุดเมื่อนำไปแช่น้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 60 นาที สำหรับข้าวเหลืองประทิว 123 (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก 7) เนื่องจากการทดลองเบื้องต้นพบว่าที่เวลาแช่ 20 นาที สำหรับข้าวขาวดอกมะลิ 105 และที่เวลาแช่ 60 นาที สำหรับข้าวเหลืองประทิว 123 จะทำให้ข้าวทั้งสองพันธุ์ที่แช่แล้วมีความชื้นอยู่ในช่วง 35-40% (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก 1) และพิจารณาปริมาณเมล็ดหักหลังการแช่น้ำ ควรมีปริมาณเมล็ดหักหลังการแช่น้ำต่ำ (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก 8)

4.3 การศึกษาสภาวะการแช่

การทดลองทำโดยนำข้าวสารที่คัดเลือกได้จากข้อ 4.2 แช่ลงในน้ำ โดยมีอัตราส่วนระหว่าง ข้าว:น้ำ เป็น 1:2 โดยน้ำหนัก อุณหภูมิที่ใช้แช่ไม่ควรเกินอุณหภูมิแบ่งสุก เพราะจะทำให้มีแป้งบางส่วนละลายออกมากับน้ำที่ใช้แช่ และควรเริ่มต้นที่อุณหภูมิห้องเพื่อเป็นการประหยัดพลังงานและสะดวก ดังนั้นอุณหภูมิที่ใช้ในการแช่สำหรับข้าวขาวดอกมะลิ 105 จะแปรเป็น 3 ระดับคือ อุณหภูมิห้อง 45 และ 60 องศาเซลเซียส เนื่องจากอุณหภูมิแบ่งสุกของข้าวขาวดอกมะลิ 105 คือ 68 องศาเซลเซียส (จากข้อ 4.1.4) ส่วนข้าวเหลืองประทิว 123 จะแปรอุณหภูมิในการแช่เป็น 4 ระดับคือ อุณหภูมิห้อง 45 60 และ 65 องศาเซลเซียส

เนื่องจากอุณหภูมิแบ่งสุกของข้าวเหลืองประทิว 123 คือ 74 องศาเซลเซียส (จากข้อ 4.1.4) และข้าวทั้ง 2 พันธุ์จะแปรเวลาในการแช่เป็น 2 ระดับคือ 30 และ 60 นาที โดยใช้แผนการทดลองแบบ Asymmetric Factorial Design (21) ซึ่งมีสภาพการทดลองทั้งสิ้น $3 \times 2 = 6$ สภาพสำหรับข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ $4 \times 2 = 8$ สภาพสำหรับข้าวเหลืองประทิว 123 ทำการทดลอง 2 ซ้ำ การประเมินผลจะใช้ปริมาณเมล็ดหัก (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก 8) ซึ่งควรเลือกข้าวที่มีปริมาณเมล็ดหักต่ำ วิเคราะห์ปริมาณความชื้น (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก 1) ควรอยู่ในช่วง 35-40% ซึ่งเป็นปริมาณความชื้นที่เพียงพอในการฟองตัวและสุกของแป้งในขั้นต่อไป

4.4 การศึกษาสภาวะการให้ความร้อน

ขั้นตอนการให้ความร้อนนี้แบ่งการทดลองเป็น 2 ช่วง คือ

4.4.1 การทำให้สุกบางส่วน

การทดลองทำโดยนำข้าวสารที่คัดเลือกได้จากข้อ 4.3 เกลงบนตะแกรง สะเด็ดน้ำ 5 นาที แล้วนำมาให้ความร้อนที่ 100 องศาเซลเซียส เพื่อให้สูงกว่าอุณหภูมิแบ่งสุกและเป็นอุณหภูมิที่ควบคุมให้คงที่ได้ง่าย โดยใช้อัตราส่วนข้าว:น้ำ เป็น 1:12.5 ส่วนโดยน้ำหนัก ส่วนเวลาจะแปรเป็น 5 ระดับคือ 1 2 3 4 และ 5 นาที เนื่องจากเมื่อเวลาเกิน 5 นาที ข้าวจะเริ่มแตกบานและเหนียวติดกันมาก โดยใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (21) ซึ่งมีสภาพการทดลองทั้งสิ้น 5 สภาพ ทำการทดลอง 2 ซ้ำ การประเมินผลจะใช้ลักษณะทางกายภาพด้านการติดกันของเมล็ด และวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก 1) ซึ่งปริมาณความชื้นควรอยู่ในช่วง 50-75% ซึ่งเป็นปริมาณความชื้นที่เพียงพอ เนื่องจากเมล็ดข้าวจะต้องดูดน้ำเพิ่มขึ้นอีกในขั้นตอนการทำให้สุกอย่างสมบูรณ์ นอกจากนั้นวิเคราะห์ร้อยละของการเกิดเจลลาทีในเซชัน (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก 9) โดยร้อยละของการเกิดเจลลาทีในเซชันไม่ควรเกิน 80%

4.4.2 การทำให้สุกอย่างสมบูรณ์

เนื่องจากขั้นตอนการทำให้สุกบางส่วนอาจมีการแตกของเม็ดแป้งที่ผิวของเมล็ดข้าว ซึ่งป้องกันได้โดยเทน้ำทั้งหมดออกหลังจากการทำให้สุกบางส่วน ดังนั้นในการทดลองจึงนำข้าวสารที่คัดเลือกแล้วจากข้อ 4.4.1 ที่ผ่านการทำให้สุกบางส่วนแล้ว มาเทลงบนตะแกรง สะเด็ดน้ำ เป็นเวลา 1 นาที แล้วจึงนำไปผ่านไอน้ำที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส โดยแปรเวลาเป็น 5 ระดับ คือ 1 2.5 5 10 และ 15 นาที โดยใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (21) มีสภาพการทดลองทั้งสิ้น 5 สภาพ ทำการทดลอง 2 ซ้ำ การประเมินผลจะใช้ลักษณะทางกายภาพด้านการติดกันของเมล็ด วิเคราะห์ปริมาณความชื้น (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก 1) ซึ่งปริมาณ

ความชื้นที่เหมาะสมก่อนจะนำไปทำแห้งคือ 80% เพื่อให้เกิดรูพรุนในเมล็ดได้ดี นอกจากนั้นยังวิเคราะห์ร้อยละของการเกิดเจลลาทีโนเซชัน (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก 9) ซึ่งร้อยละของการเกิดเจลลาทีโนเซชันควรเป็น 80% ซึ่งเป็นระดับที่เหมาะสมที่ทำให้เมล็ดข้าวไม่แตกบานและเหนียวติดกัน

4.5 การศึกษาสภาวะการทำแห้ง

ในการทดลองแบ่งการศึกษาเป็น 2 ช่วงคือ

4.5.1 การทำแห้งขั้นแรก ใช้อุณหภูมิสูง จากการศึกษาพบว่าอุณหภูมิที่ใช้อยู่ในช่วง 200-250 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ 1-5 นาที ดังนั้นในการทดลองจึงนำข้าวที่เลือกได้จากข้อ 4.4.2 มาใส่เครื่องอบที่มีลมร้อนหมุนเวียนได้ โดยแปรอุณหภูมิในการทำแห้งเป็น 2 ระดับ คือที่ 200 และ 250 องศาเซลเซียส แปรเวลาในการทำแห้งเป็น 3 ระดับคือ 1 3 และ 5 นาที โดยใช้แผนการทดลองแบบ Asymmetric Factorial Design (21) ซึ่งมีสภาพการทดลองทั้งสิ้น $2 \times 3 = 6$ สภาพ ทำการทดลอง 2 ซ้ำ การประเมินผลจะใช้ลักษณะทางกายภาพด้านสี กลิ่น การเกาะตัวของเมล็ด ลักษณะผิวนอกของเมล็ด โดยที่ถ้าผิวนอกของเมล็ดแห้งแสดงว่าอาจเกิดขอบแข็งเล็กน้อย ลักษณะคล้าย case hardening จะทำให้โครงสร้างอยู่ตัว และการหดตัวของเมล็ดซึ่งพิจารณาโดยใช้สายตา

4.5.2 การทำแห้งขั้นสุดท้าย ในการทดลองจะนำข้าวที่เลือกได้จากข้อ 4.5.1 ใส่ในเครื่องอบที่มีลมร้อนหมุนเวียนได้ โดยแปรอุณหภูมิในการทำแห้งเป็น 3 ระดับคือที่ 60 80 และ 100 องศาเซลเซียส เนื่องจากที่อุณหภูมิต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส ข้าวจะแห้งช้ามากและที่อุณหภูมิมากกว่า 100 องศาเซลเซียสข้าวจะเริ่มเป็นสีเหลือง และแปรเวลาในการทำแห้งเป็น 3 ระดับคือ 2 3 และ 4 ชั่วโมง โดยใช้แผนการทดลองแบบ Symmetric Factorial Design (21) ซึ่งมีสภาพการทดลองทั้งสิ้น $3 \times 3 = 9$ สภาพ ทำการทดลอง 2 ซ้ำ การประเมินผลจะใช้ลักษณะทางกายภาพด้านสี การเกาะตัวของเมล็ด และวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก 1) โดยปริมาณความชื้นควรอยู่ในช่วง 7-14% เนื่องจากปริมาณความชื้นที่ต่ำกว่า 7% จะทำให้เกิดสีน้ำตาลอ่อนที่ไม่ต้องการ ส่วนปริมาณความชื้นที่มากกว่า 14% เป็นปริมาณความชื้นซึ่งไม่ต่ำพอที่จะเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้ อาจมีการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ได้ในภายหลัง

4.6 การประเมินคุณภาพข้าวหุงสุกเร็วที่ผลิตได้ จะแบ่งเป็น 2 ช่วงคือ

4.6.1 ก่อนคั้นรูป สมบัติที่ศึกษาคือ

1. ค่า bulk density (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก 10) จาก

การศึกษาค่า bulk density ควรอยู่ในช่วง 0.4-0.42 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (9)

2. คุณภาพด้านประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภค คุณภาพด้านประสาทสัมผัสจะตรวจสอบ 2 ลักษณะคือ สี รูปร่าง (ซึ่งแบ่งเป็นการแตกของเมล็ดข้าว ความสมบูรณ์ของเมล็ดข้าว และการเกาะตัวของเมล็ดข้าว) โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนแล้ว 10 คน ใช้วิธีให้คะแนน ผู้ทดสอบจะให้คะแนนตามรายละเอียดที่ระบุไว้ในแบบสอบถามในภาคผนวก ข

4.6.2 หลังคั้นรูป สมบัติที่ศึกษาคือ

1. คุณภาพด้านประสาทสัมผัสและการยอมรับรวมของผู้บริโภค ตรวจสอบ 5 ลักษณะ คือ สี รูปร่าง (แบ่งเป็น การแตกของเมล็ดข้าว ความสมบูรณ์ของเมล็ดข้าว การเกาะตัวของเมล็ดข้าว) กลิ่น รสชาติ และลักษณะเนื้อสัมผัส (แบ่งเป็น ความนุ่มของเมล็ดข้าวที่อยู่ในปาก และความเหนียวของเมล็ดข้าวเวลาเคี้ยว) โดยนำผลิตภัณฑ์ก่อนคั้นรูปบรรจุในถุงผ้าขาวบาง ต้มในน้ำเดือด โดยข้าวขาวดอกมะลิ 105 ใช้เวลา 7 นาที ข้าวเหลืองประทิว 123 ใช้เวลา 9 นาที สะเด็ดน้ำ ใส่ภาชนะที่เตรียมไว้เพื่อให้ผู้ทดสอบชิม โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนแล้ว 10 คน ใช้วิธีให้คะแนน ผู้ทดสอบจะให้คะแนนตามรายละเอียดที่ระบุไว้ในแบบสอบถามในภาคผนวก ข

2. ค่า bulk volume (ตั้งรายละเอียดในภาคผนวก ก 11) จากการศึกษาค่า bulk volume ควรมีค่า 1.5-3.0 เท่าของผลิตภัณฑ์ก่อนคั้นรูป

3. ค่า rehydration ratio (ตั้งรายละเอียดในภาคผนวก ก 12)

4. ค่า hardness โดยเครื่อง Texturometer (ตั้งรายละเอียดในภาค

ผนวก ก 13)