



รายงานฉบับสมบูรณ์
โครงการ “ระบบฐานข้อมูลคุณภาพข้าวหอมมะลิที่ผลิตในเขตทุ่งกุลาร้องไห้”

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริธร ศิริอมรพรรณ และคณะ

25 มิถุนายน 2550

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์
โครงการ "ระบบฐานข้อมูลคุณภาพข้าวหอมมะลิที่ผลิตในเขตทุ่งกุลาร้องไห้"



คณะผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริธร ศิริอมรพรรณ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ดร.อัศวิน อมรสิน มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาคุณภาพของข้าวหอมมะลิ หรือข้าวขาวดอกมะลิ 105 จากแหล่งผลิตที่แตกต่างกันในเขตทุ่งกุลาร้องไห้ซึ่งอยู่ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยตัวอย่างข้าวเก็บจากแปลงผลิตของเกษตรกรในปีการเก็บเกี่ยว พ.ศ. 2547-2549 โดยทำการศึกษาคูณภาพทางเคมี กายภาพ และคุณภาพการบริโภคของผู้บริโภค ในปีการเก็บเกี่ยว พ.ศ. 2547 – 2548 ได้เก็บตัวอย่างข้าวจาก 9 แปลงการผลิต ในสามอำเภอ ดังนี้คือ พัทธภูมิพิสัย เกษตรวิสัย และโพนทราย เพื่อทำการศึกษาคูณภาพของข้าว พบว่าคุณภาพทางเคมีของข้าวที่มาจากต่างแหล่งผลิตมีองค์ประกอบแตกต่างกันเล็กน้อย โดยในปี พ.ศ. 2547 มีปริมาณโปรตีน อะไมโลส ไขมัน และเถ้า อยู่ในช่วง 6.89-7.18, 19.32-19.76, 0.41-0.51 และ 0.22-0.24 % ตามลำดับ ในขณะที่ปี พ.ศ. 2548 มีปริมาณโปรตีน อะไมโลส ไขมัน และเถ้า อยู่ในช่วง 6.25 - 7.83, 14.64-19.28, 0.35-0.66 และ 0.16-0.67 % ตามลำดับ และที่น่าสนใจคือสารให้กลิ่นหอมซึ่งบ่งชี้โดยปริมาณความเข้มข้นของสาร 2-acetyl-1-pyrroline (2 AP) พบว่าข้าวกล้องในปีการเก็บเกี่ยว พ.ศ. 2547 มีปริมาณสารหอมสูงที่สุด อยู่ในช่วง 5.34-5.91 พีพีเอ็ม และในปี พ.ศ. 2548 มีปริมาณสารหอมลดลงเล็กน้อย อยู่ในช่วง 4.24 - 4.71 พีพีเอ็ม ในปี พ.ศ. 2549 สามารถเก็บตัวอย่างข้าวหอมมะลิจากแปลงการผลิตของเกษตรกรได้จำนวนเพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถเป็นตัวแทนของข้าวหอมมะลิที่ผลิตในเขตทุ่งกุลาร้องไห้ได้เป็นอย่างดี ข้าวหอมมะลิจาก 17 แปลงการผลิต ถูกเก็บจากอำเภอเกษตรวิสัย โพนทราย สุวรรณภูมิ และสุรินทร์ เพื่อนำมาศึกษาคูณภาพทางเคมี และกายภาพ องค์ประกอบทางเคมีที่น่าสนใจ เช่น ปริมาณอะไมโลส อยู่ในช่วง 14.97-20.58 และปริมาณสาร 2 AP อยู่ในช่วง 2.27-4.37 พีพีเอ็ม ผลของคูณภาพทางกายภาพของข้าวจากต่างแหล่งผลิตพบว่า ขนาดและรูปร่างของเมล็ด (ความยาว และความกว้าง) มีความแตกต่างกันเล็กน้อย ขณะที่ความขาวของข้าวจะขึ้นอยู่กับแหล่งที่ปลูก คูณภาพการบริโภคเป็นการศึกษาโดยใช้เครื่องมือ และการใช้ผู้ทดสอบชิม โดยศึกษาลักษณะปรากฏ กลิ่นหอม สี เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมของผู้ทดสอบชิม การศึกษาผลของการเก็บรักษาต่อคุณภาพของข้าวโดยใช้ตัวอย่างข้าวหอมมะลิในปี 2547 ผลการศึกษาพบว่าปริมาณสารหอม 2 AP มีปริมาณลดลงเป็นลำดับ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน และพบว่าข้าวที่เก็บในอุณหภูมิห้องจะมีการลดลงของสาร 2 AP มากกว่าเก็บในอุณหภูมิห้องเย็น (0 °C)

จากงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงคุณภาพของข้าวหอมมะลิจากต่างแหล่งที่ปลูกในเขตทุ่งกุลาร้องไห้ที่มีความแตกต่างกัน ข้อมูลด้านคุณภาพของข้าวหอมมะลิจากทุ่งกุลาร้องไห้ ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ สามารถเป็นประโยชน์ต่อ นักวิจัย ผู้ส่งออกข้าว เกษตรกร และนักปรับปรุงพันธุ์

ABSTRACT

This research investigated the quality of Hom Mali or Khao Dawk Mali 105 (KDML 105) grown in different sites in Tung Kula Rong Hai, North Eastern Thailand. Paddy were collected directly from rice fields during harvesting season in 2004, 2005 and 2006. Chemical, physical and eating quality as well as acceptance of consumers were studied. Rice grown at nine fields, three sites in each district, namely, Payakkapumpisai, Kasetwisai and Ponsai, were selected for quality investigation in 2004 and 2005. Most chemical properties were slightly different among the sites. In 2004, protein, amylose, lipid and ash contents were ranged between 6.89 – 7.18, 19.32-19.76, 0.41-0.51 and 0.22-0.24 % respectively. Whilst, in 2005 the contents of protein, amylose, lipid and ash were ranged between 6.25 – 7.83, 14.64 - 19.28, 0.35-0.66 and 0.16 - 0.67 % in rice samples collected from the same fields with the previous year. The most remarkable attribute was aromatic content, which was expressed as 2 acetyl-pyrroline (2 AP) content. Brown rice harvested in 2004 had the highest amount of 2AP content ranging from 5.34 – 5.91 ppm however a slight decrease (4.24-4.71 ppm) was found in 2005. In 2006, a greater number of rice samples was studied in order to obtain more rice representative of Tung Kula Ronghai. Seventeen rice samples were collected from Kasetwisai, Ponsai, Suwannaphum and Surin. Wider ranges of quality attributes were found i.e. amylose content ranged from 14.97 – 20.58 and 2 AP content ranged from 2.27 – 4.37 ppm. The results of physical quality of paddy grown at different sites were found similar to those of chemical quality. Grain size (length and width) were slightly different while whiteness was found to be varied greatly among different sites. Eating quality was evaluated using both instrument and panel. Sensory tests evaluating appearance, aroma, colour texture and overall acceptance were performed. Effect of storage condition was also studied in rice harvested in 2004. The results indicated that 2 AP content was stepwise decreased during 12 month storage and that a greater decrease was observed in ambient temperature than cold room (0 °C). The results obtained from this research demonstrated that quality of Hom Mali rice grown at different sites in Tung kula was varied greatly. Database of rice quality from this study could be beneficial for researchers, rice exporters, farmers and breeders.

Executive Summary

โครงการ “ระบบฐานข้อมูลข้าวหอมมะลิที่ผลิตในเขตทุ่งกุลาร้องไห้” มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพทางเคมี กายภาพ และคุณภาพการบริโภคของข้าวหอมมะลิในเขตทุ่งกุลาร้องไห้ โดยทำการศึกษาเป็นเวลาสามปีการเก็บเกี่ยว ได้แก่ ในปี พ.ศ. 2547 – 2549 ซึ่งในปี พ.ศ. 2547 และ 2548 ได้ศึกษาในเขตพื้นที่อำเภอพยัคฆภูมิพิสัย เกษตรวิสัย และโพนทราย แต่ในปีการเก็บเกี่ยวปี พ.ศ. 2549 ได้ทำการเก็บตัวอย่างแบบสุ่มพื้นที่ จากเกษตรกรในเขตทุ่งกุลาร้องไห้ ซึ่งได้แก่ อำเภอ เกษตรวิสัย โพนทราย สุวรรณภูมิ และสุรินทร์ จากนั้นทำการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบคุณภาพข้าวหอมมะลิจากแหล่งการผลิตที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังศึกษาคุณภาพตัวแทนโรงสีหรือผู้ประกอบการส่งออกข้าว การศึกษาระบบการจัดกลุ่มคุณภาพข้าวหอมมะลิจากพื้นที่การผลิตในเขตทุ่งกุลาร้องไห้ ที่มีความเป็นไปได้ทางปฏิบัติ ตลอดจนการจัดทำฐานข้อมูลคุณภาพข้าวหอมมะลิตามระบบพื้นที่การผลิต ที่สามารถสืบค้นไปหาแหล่งผลิตในเขตทุ่งกุลาร้องไห้ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับนำไปเชื่อมโยงกับ ภูมิสารสนเทศ : ทุ่งกุลาร้องไห้ 1.0 (ระบบกลาง) จากการวิจัยพบว่า คุณภาพทางเคมี กายภาพ และคุณภาพการบริโภคของข้าวหอมมะลิ ในปีการผลิต 2547 ข้าวหอมมะลิจากสามแหล่งผลิต มีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันเล็กน้อย คือมีโปรตีนอยู่ในช่วง 6.89-7.18 % อะไมโลสอยู่ในช่วง 19.32-19.76 % ปริมาณไขมันอยู่ในช่วง 0.41-0.51 % ปริมาณเถ้าอยู่ในช่วง 0.22-0.24 % และพบว่าปริมาณสารให้กลิ่นหอมหลักในข้าว (2-acetyl-1-pyrroline : 2 AP) อยู่ในช่วง 5.34-5.91 พีพีเอ็ม โดยข้าวจากโพนทรายมีความเข้มข้นของสารหอมสูงที่สุด คือ 5.91 พีพีเอ็ม เมื่อนำตัวอย่างข้าวทั้งสามแหล่งผลิตมาศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพด้านกายภาพ พบว่า ข้าวเปลือกจากสามแหล่งการผลิตมีความยาวอยู่ในช่วง 10.50-10.60 มม. มีความกว้างอยู่ในช่วง 2.30-2.50 มม. และมีความยาวของข้าวขาวอยู่ระหว่าง 93.74-93.81 การศึกษาอุณหภูมิในการเกิดเจล พบว่า อยู่ในช่วง 72.42-73.58 องศาเซลเซียส โดยพบว่าข้าวหอมมะลิ จากโพนทรายมีอุณหภูมิในการเกิดเจลต่ำที่สุด คือ 72.42 องศาเซลเซียส จากนั้นเมื่อนำตัวอย่างข้าวหอมมะลิ ไปศึกษาคุณภาพการบริโภคพบว่าข้าวหอมมะลิจากโพนทรายได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบชิมมากที่สุด ทั้งทางด้านความนุ่ม ลักษณะปรากฏ ได้แก่ มีความขาว ความมันวาว และผู้บริโภคยอมรับด้านกลิ่นหอมของข้าวจากโพนทรายสูงสุด และเมื่อนำข้าวมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิห้องเย็นเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บรักษา พบว่า ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีโดยรวมไม่มีการเปลี่ยนแปลง ปริมาณความเข้มข้นของสารให้กลิ่นหอม 2 AP มีปริมาณลดลงเรื่อยๆ เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาผ่านไป มีอุณหภูมิการเกิดเจล และความแข็งของข้าวเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

ในปีการผลิต 2548 ได้ทำการศึกษาคุณภาพด้านเคมี และกายภาพ ของข้าวหอมมะลิจากแปลงการผลิตตามอำเภอในเขตทุ่งกุลาร้องไห้ เช่นเดียวกับปีการผลิต 2547 โดยศึกษาจากแปลงการผลิตของเกษตรกร 9 แปลงการผลิต พบว่า ปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วง 6.25-7.83 % ข้าวจากแปลงพักณภูมิพิสัย 3 มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด เท่ากับ 7.83 % ไขมันอยู่ในช่วง 0.35-0.66 % แปลงการผลิตที่มีปริมาณไขมันสูงที่สุดคือ แปลงพักณภูมิพิสัย 2 คือมีปริมาณไขมันเท่ากับ 0.66 % ปริมาณอะไมโลส อยู่ในช่วง 14.64 - 19.28 % แปลงที่มีปริมาณอะไมโลสสูงคือ แปลงการผลิตเกษตรกรวิสัย 1 พบว่าปริมาณอะไมโลสเท่ากับ 19.28 % แปลงที่มีปริมาณอะไมโลสดำคือ แปลงโพนทราย 1 เท่ากับ 14.64% ปริมาณเถ้าอยู่ระหว่าง 0.16-0.67 % แปลงที่มีปริมาณเถ้าสูงที่สุดคือแปลงพักณภูมิพิสัย 1 เท่ากับ 0.67 % ความชื้นของข้าวอยู่ในช่วง 11.20 -14.12 % และในการศึกษารสให้กลิ่นหอมหลักในข้าวคือ สาร 2 AP ของข้าวทั้ง 9 แหล่งผลิต พบว่าอยู่ในช่วง 4.24-4.71 ฟิฟิเอ็ม โดยข้าวจากโพนทรายมีความเข้มข้นของสารให้กลิ่นหอมสูงที่สุด เท่ากับ 4.71 ฟิฟิเอ็ม การศึกษาคุณภาพด้านกายภาพ ซึ่งได้แก่ ความยาว และความกว้างของข้าวเปลือก พบว่าข้าว จาก 9 แปลงการผลิตมีความยาวของข้าวเปลือกอยู่ในช่วง 10.36-10.53 มม. มีความกว้างอยู่ในช่วง 2.35-2.40 มม. ความขาวของข้าวขาว มีเปอร์เซ็นต์อยู่ในช่วง 93.49-94.06 เปอร์เซนต์ การศึกษาคุณสมบัติของแป้งพบว่า มีอุณหภูมิในการเกิดเจลอยู่ระหว่าง 72.63-76.17 องศาเซลเซียส โดยข้าวจากโพนทรายมีอุณหภูมิในการเกิดเจลต่ำสุด คือ 72.63 องศาเซลเซียส

ในปีการเก็บเกี่ยว พ.ศ. 2549 เก็บตัวอย่างข้าวจากแปลงการผลิตของเกษตรกรจำนวน 17 แปลงการผลิตในเขตทุ่งกุลาร้องไห้ โดยทำการศึกษาคุณภาพทางเคมี (โปรตีน ไขมัน อะไมโลส ความชื้น และเถ้า) ปริมาณสารหอม 2 AP คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ความยาว ความกว้าง ของเมล็ดข้าวเปลือก และศึกษาคุณสมบัติความหนืดของแป้งข้าว พบว่า โปรตีนอยู่ในช่วง 6.82-8.84 % โดยข้าวจากแปลงการผลิตสุวรรณ 494 มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุดเท่ากับ 8.84 % ไขมันอยู่ในช่วง 0.35-1.37 % ข้าวจากโพนทราย 493 มีปริมาณไขมันสูงที่สุดเท่ากับ 1.37 % ปริมาณอะไมโลสอยู่ในช่วง 14.97-20.58 % โดยพบว่าข้าวจากสุวรรณ 491 เท่ากับ 14.97 % ปริมาณเถ้าอยู่ในช่วง 0.27-0.57% โดยข้าวจากแปลงเกษตร 494 มีปริมาณเถ้าสูงที่สุด เท่ากับ 0.57% ข้าวหอมมะลิที่เก็บในปี พ.ศ. 2549 จากแหล่งที่ต่างกันมีปริมาณสารหอม 2 AP อยู่ในช่วง 2.27-4.37 ฟิฟิเอ็ม โดยพบว่า ข้าวจากสุวรรณภูมิมีปริมาณสารหอมสูงกว่าแปลงการผลิตอื่นๆ คือมีปริมาณ 4.37 ฟิฟิเอ็ม รองลงมาคือข้าวจากโพนทราย เท่ากับ 4.14 ฟิฟิเอ็ม การศึกษาคุณสมบัติด้านความหนืดของแป้งพบว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่มาจากแหล่งผลิตที่ต่างกัน มีคุณสมบัติของแป้งต่างกัน โดยพบว่ามีอุณหภูมิที่ทำให้เกิดเจลของข้าวอยู่ในช่วง 72.85-86.77 °C ความยาวของข้าวเปลือกอยู่ในช่วง 7.15-10.40 มม. โดยพบว่าข้าวจากเกษตร 494 มีความยาวมากที่สุดคือ 10.40 ความกว้างของข้าวเปลือกอยู่ระหว่าง 2.25-3.03 มม. โดยข้าวจากเกษตร 493 มีความกว้างสูงที่สุด เท่ากับ 3.03 มม.

จากงานวิจัยนี้สามารถสรุปได้ว่าข้าวหอมมะลิที่ปลูกในเขตทุ่งกุลาร้องไห้ มีคุณภาพทางเคมี
กายภาพ และคุณภาพการบริโภคแตกต่างกัน ข้อมูลด้านคุณภาพของข้าวหอมมะลิจากทุ่งกุลาร้องไห้
ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้สามารถเป็นประโยชน์สำหรับ นักวิจัย ผู้ส่งออกข้าว เกษตรกร และนักปรับ
ปรุงพันธุ์

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ภูมิหลัง	1
วัตถุประสงค์ของโครงการ	3
ขอบเขตการวิจัย	3
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
ข้าว	5
ข้าวหอม	6
คุณภาพข้าวหอม	6
ข้าวหอมในประเทศไทย	7
ข้าวขาวดอกมะลิ 105	7
ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของข้าว	8
คุณสมบัติทางเคมีของข้าว	10
คุณภาพและมาตรฐานข้าวไทย	17
คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพ	22
คุณภาพการหุงต้มและการรับประทาน	24
คุณภาพของข้าวขณะเก็บรักษา	28
หุงถูกร้องไห้	29
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	30
3 วิธีดำเนินการวิจัย	37
แผนการวิจัย	37
วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย	37
วิธีดำเนินการวิจัย	40
สถิติที่ใช้ในการวิจัย	48

บทที่	หน้า
4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล	49
ผลการทดลองและวิจารณ์ผล	49
5 สรุป	111
สรุป	111
บรรณานุกรม	113
ภาคผนวก	121
Output	122

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของสตรัซข้าวเจ้าและข้าวเหนียว	12
2 คุณภาพข้าวหุงสุกแบ่งตามปริมาณอะไมโลส	13
3 รูปร่างของเมล็ดข้าว	18
4 เปรียบเทียบขนาดและรูปร่างของเมล็ดข้าวเปลือก ข้าวกล้อง และข้าวสาร	19
5 ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของข้าวสายพันธุ์ ขาวดอกมะลิ 105 จาก ทุ่งกุลาร้องไห้	49
6 ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของข้าวสายพันธุ์ ขาวดอกมะลิ 105 จาก ทุ่งกุลาร้องไห้	50
7 ขนาดและรูปร่างของเมล็ดข้าวขาว	50
8 ขนาดและรูปร่างของเมล็ดข้าวกล้อง	51
9 ขนาดและรูปร่างของเมล็ดข้าวเปลือก	51
10 Cooking time %Water uptake และElongation	52
11 คุณสมบัติของแป้ง (Rheological properties)	52
12 การศึกษาความขาวของข้าวสาร ข้าวหุงสุก และ เปอร์เซ็นต์ solid loss	53
13 ค่า Texture analysis	53
14 ค่า Texture analysis	53
15 ทดสอบประสาทสัมผัส QDA ผู้ทดสอบ 20 คน	54
16 ทดสอบประสาทสัมผัส QDA ผู้ทดสอบ 20 คน	54
17 ค่าทดสอบความชอบ ผู้ทดสอบ 50 คน	55
18 คุณภาพทางเคมีของข้าว กข 15 จากทุ่งกุลาร้องไห้	57
19 ขนาดและรูปร่างของเมล็ดข้าวเปลือก กข 15	57
20 แสดงความยาว ความกว้าง ความสูง และอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้าง เมล็ดข้าวกล้อง ของข้าว กข 15 ในเขตทุ่งกุลาร้องไห้	58
21 แสดงความยาว ความกว้าง ความสูง และอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้าง เมล็ดข้าวขาวเต็มเมล็ด ของข้าว กข 15 ในเขตทุ่งกุลาร้องไห้	59

22	แสดงค่า Aw และค่า Moisture content ของข้าว กข 15 ในเขตพื้นที่ ทุ่งกุลาร้องไห้	59
23	แสดงเวลาที่ใช้ในการทำให้เมล็ดข้าวสุก (Cooking time) %water uptake และ % solid loss ของข้าว กข 15 ในเขตทุ่งกุลาร้องไห้	60
24	เปอร์เซ็นต์ความขาวของข้าวสารและข้าวหุงสุกของข้าว กข 15 ในเขตทุ่งกุลาร้องไห้ที่วัดได้ จากเครื่อง chromameter	60
25	แสดงค่า Break down, Final Viscosity, Setback , Pasting Temp(°C)	61
26	การทดสอบทางประสาทสัมผัสข้าว กข 15 (RD 15)	61
27	การทดสอบทางประสาทสัมผัสข้าว กข 15 RD15)	62
28	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าว กข 15 โดยใช้วิธีการทดสอบแบบ Hedonic scale scoring tests	62
29	แสดงค่าลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุก กข 15 จากแหล่งผลิตต่างๆ ในเขต ทุ่งกุลาร้องไห้ โดยเครื่อง Texture analyzer (Model TA-XT2)	63
30	แสดงค่าลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุก กข 15 จากแหล่งผลิตต่างๆ ในเขตทุ่งกุลาร้องไห้ โดยเครื่อง Texture analyzer (Model TA-XT2)	63
31	ศึกษาผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของข้าว สายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในอุณหภูมิห้อง	64
32	ปริมาณความเข้มข้นของสารหอม 2-acetyl-pyrroline ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เก็บใน ระยะเวลาและอุณหภูมิต่างกัน	65
33	น้ำหนักของเมล็ดข้าวเปลือกและวอเตอร์แอคทีวิตีของข้าวหอมมะลิเมื่อระยะเวลาการเก็บ เพิ่มขึ้น	66
34	ปริมาณความชื้นของข้าวหอมมะลิ 105 ที่เก็บในอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บ รักษารข้าวเปลือกต่างกัน	70
35	ความคงทนต่อการกวนของแป้งข้าวหอมมะลิ 105 ที่เก็บในอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ใน การเก็บรักษารข้าวเปลือกต่างกัน	71
36	การคืนตัวของแป้งข้าวหอมมะลิ 105 ที่เก็บในอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษารข้าวเปลือกต่างกัน	72

37	อุณหภูมิที่ทำให้เกิดเป็ยของแป้งข้าวหอมมะลิ 105 ที่เก็บในอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษาข้าวเปลือกต่างกัน	73
38	ความแข็งของข้าวหอมมะลิ 105 ที่เก็บในอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษาข้าวเปลือกต่างกัน	74
39	ความชอบต่อลักษณะปรากฏของข้าวหอมมะลิ 105 ที่เก็บในอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษาข้าวเปลือกต่างกัน	75
40	ความชอบต่อรสชาติของข้าวหอมมะลิที่เก็บในอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษาข้าวเปลือกต่างกัน	76
41	ความชอบต่อความนุ่มของข้าวหอมมะลิ 105 ที่เก็บในอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษาข้าวเปลือกต่างกัน	77
42	ความชอบต่อความเหนียวของข้าวหอมมะลิ 105 ที่เก็บในอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษาข้าวเปลือกต่างกัน	77
43	ความชอบโดยรวมของข้าวหอมมะลิ 105 ที่เก็บในอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษาข้าวเปลือกต่างกัน	78
44	ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของข้าวคอกมะลิ 105 จากทุ่งกุลาร้องไห้	78
45	ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของข้าวคอกมะลิ 105 จากทุ่งกุลาร้องไห้	79
46	ความขาวของเมล็ดข้าวขาวคอกมะลิ 105	80
47	การหาความหนืดของแป้ง	81
48	ขนาดเมล็ดข้าวเปลือก	83
49	ขนาดเมล็ดข้าวกล้อง	84
50	ขนาดของเมล็ด และ Elongation ratio ของข้าวขาว	85
51	ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของข้าวคอกมะลิ 105 จากทุ่งกุลาร้องไห้	86
52	ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของข้าวคอกมะลิ 105 จากทุ่งกุลาร้องไห้.....	87
53	องค์ประกอบทางเคมีของข้าวขาวคอกมะลิ 105 จากโรงสีต่างๆ	89
54	องค์ประกอบทางเคมีของข้าวขาวคอกมะลิ 105 จากโรงสีต่างๆ	89
55	องค์ประกอบทางเคมีของข้าว กข 15 จากทุ่งกุลาร้องไห้	90
56	องค์ประกอบทางเคมีของข้าว กข 15 จากทุ่งกุลาร้องไห้	90
57	ความขาวของเมล็ดข้าวขาวคอกมะลิ 105	91

58 การหาความหนืดของแป้งข้าวสาลีพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ต่างแหล่งที่ปลูก	92
59 ขนาดและรูปร่างข้าวกล้องขาวดอกมะลิ 105 จากทุ่งกุลาร้องไห้	95
60 ขนาดและรูปร่างข้าวเปลือกขาวดอกมะลิ 105 จากทุ่งกุลาร้องไห้.....	96
61 ขนาดและรูปร่างข้าวขาวของข้าวขาวดอกมะลิ 105 จากทุ่งกุลาร้องไห้	97
62 ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของข้าวขาวดอกมะลิ 105 จากทุ่งกุลาร้องไห้	99
63 ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของข้าวขาวดอกมะลิ 105 จากทุ่งกุลาร้องไห้	100
64 ค่าความหนืดของแป้งข้าวสาลีพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จากแหล่งปลูกในเขต ทุ่งกุลาร้องไห้	103
65 ลักษณะทางกายภาพข้าวเปลือกของข้าวขาวดอกมะลิ 105 จากทุ่งกุลาร้องไห้	106
66 ลักษณะทางกายภาพข้าวกล้องของข้าวขาวดอกมะลิ 105 จาก ทุ่งกุลาร้องไห้	107
67 ลักษณะทางกายภาพข้าวขาวของข้าวขาวดอกมะลิ 105 จาก ทุ่งกุลาร้องไห้	109

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 โครงสร้างของเมล็ดข้าว	10
2 โครงสร้างสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline	16
3 ตัวอย่างกราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ความหนืดของแป้งโดยเครื่อง RVA	27
4 เปรียบเทียบขนาดและรูปร่างของเมล็ดข้าวเปลือก ข้าวกล้อง และข้าวสาร	19
5 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่าออสโมติกแอคติวิตีของข้าวหอมมะลิ	67
6 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของเวลาในการหุงต้มของข้าวหอมมะลิ	68
7 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอัตราการอุ้มน้ำของเมล็ดข้าวสุกต่อเมล็ดข้าวสาร ของข้าวหอมมะลิ	68
8 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอัตราการบีดออกของเมล็ดข้าวสุกต่อเมล็ดข้าวสาร ของข้าวหอมมะลิ เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น	69
9 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้นของข้าวหอมมะลิ 105 ที่เก็บใน อุณหภูมิห้องเย็น (CRTK) และอุณหภูมิห้อง (RTK) เมื่อระยะเวลาการ เก็บเพิ่มขึ้น	70
10 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของความคงทนต่อการกวน (breakdown) ของแป้งข้าว หอมมะลิ 105 ทั้งที่เก็บในอุณหภูมิห้องเย็น (CRTK) และอุณหภูมิห้อง (RTK) เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น	71
11 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของการคืนตัว (Setback) ของแป้งข้าวหอมมะลิ 105 ทั้งที่ เก็บในอุณหภูมิห้องเย็น (CRTK) และอุณหภูมิห้อง (RTK) เมื่อระยะเวลาการเก็บ เพิ่มขึ้นเป็น 3 6 9 และ 12 เดือน	72
12 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่ทำให้เกิดแป้งเปื่อย (pasting temperature) ของแป้งข้าวหอมมะลิ 105 ทั้งที่เก็บในอุณหภูมิห้องเย็น (CRTK) และอุณหภูมิห้อง (RTK) เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น โครงสร้างของเมล็ดข้าว	73
13 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของความแข็ง ของข้าวหอมมะลิ 105 ทั้งที่เก็บในอุณหภูมิห้อง เย็น (CRT) และอุณหภูมิห้อง (RT) เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น	74
14 โครมาโทแกรมของสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline (2-AP) Retention Time ที่ 8.23 นาที่ ในเมล็ดข้าวกล้องขาวดอกมะลิ 105 วิเคราะห์โดยเทคนิค Gas Chromatography	102

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ข้าวหอมมะลิเป็นข้าวที่มีคุณภาพดีราคาแพงที่สุดในประเทศไทย เป็นข้าวเปลือกที่ได้มาตรฐานข้าวชั้นหนึ่งและเป็นข้าวสารที่มีลักษณะเรียวยาว ขาวใสเป็นเงา มีท้องไข่น้อย และมีกลิ่นหอม เมื่อหุงสุกแล้วจะได้เมล็ดข้าวสุกเลื่อมมัน อ่อนนุ่ม มีกลิ่นหอมและมีรสชาติดี

เป็นที่ทราบกันดีว่า “ทุ่งกุลาร้องไห้” เป็นแหล่งปลูกข้าวหอมมะลิที่มีคุณภาพดีที่สุดในประเทศไทยมีพื้นที่การผลิตประมาณ 2.1 ล้านไร่ ครอบคลุมพื้นที่ 5 จังหวัด คือ ร้อยเอ็ด สุรินทร์ มหาสารคาม ศรีสะเกษ และยโสธร อย่างไรก็ตามแม้ว่าคุณภาพข้าวหอมมะลิจากทุ่งกุลาร้องไห้จะเป็นที่ยอมรับกันทั่วไปว่าคุณภาพดีกว่าแหล่งการผลิตเขตอื่น แต่ก็พบว่าคุณภาพข้าวหอมมะลิที่ปลูกในพื้นที่ต่างๆ ของเขตทุ่งกุลาร้องไห้ ก็ยังมีความแตกต่างกันทั้งด้านความหอมและด้านคุณภาพซึ่งเป็นองค์ประกอบทางเคมี ทั้งนี้เนื่องจากคุณภาพข้าวหอมมะลินั้นอยู่กับหลายปัจจัยซึ่งเป็นสิ่งแวดล้อมในการผลิตที่มีอยู่ตามธรรมชาติ เช่น สภาพความอุดมสมบูรณ์ของดิน ปริมาณของเกลือที่มีอยู่ในดิน การกระจายของปริมาณน้ำฝน ฯลฯ ซึ่งมีความแตกต่างกันไปแต่ละพื้นที่ นอกจากนั้นขั้นตอนต่างๆ หลังการเก็บเกี่ยว การลดความชื้น และการเก็บรักษา ตั้งแต่ในระดับไร่นาจนถึงระดับธุรกิจ ก็ต่างมีผลต่อคุณภาพข้าวหอมมะลิ แต่ขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวเหล่านี้เป็นสิ่งที่สามารถจะควบคุมและจัดการได้ ถ้าผู้ดำเนินการมีความรู้และความเข้าใจในกระบวนการเหล่านี้ดีพอ

ในระหว่างที่ผ่านมามีงานวิจัยเกี่ยวกับข้าวหอมมะลิในทุ่งกุลาร้องไห้ดำเนินการโดยหน่วยงานต่างๆ หลายโครงการ แต่ส่วนใหญ่เป็นงานวิจัยด้านการเพิ่มผลผลิตข้าวหอมมะลิ ส่วนงานวิจัยที่เกี่ยวกับคุณภาพข้าวหอมมะลิ ส่วนงานวิจัยที่เกี่ยวกับคุณภาพข้าวหอมมะลิ (ทางเคมี กายภาพ การสี และในด้านการบริโภค) โดยเฉพาะการศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพข้าวหอมมะลิกับแหล่งผลิตต่างๆ ในเขตทุ่งกุลาร้องไห้นั้นมีอยู่น้อยมาก ทั้งๆ ที่เป็นสิ่งที่ยอมรับกันทั่วไปในหมู่เกษตรกร ผู้บริโภค และในวงการค้าขายข้าว ว่าในเขตทุ่งกุลาร้องไห้นั้นแต่ละพื้นที่จะผลิตข้าวหอมมะลิที่มีคุณภาพแตกต่างกัน มีงานวิจัยที่ได้เก็บตัวอย่างข้าวหอมมะลิผลิตจากเขตทุ่งกุลาร้องไห้ 45 แห่ง และนำไปวิเคราะห์ปริมาณความหอมในห้องปฏิบัติการเคมี พบว่ามีปริมาณสารหอมระเหย 2-AP ที่วัดได้จากตัวอย่างข้าวหอมมะลิทั้งหมดแตกต่างกันมาก เช่น มีข้าวหอมมะลิที่มาจากทุ่งนาแห่งหนึ่งใน อำเภอเมืองสรวง จังหวัดร้อยเอ็ด ที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณสารหอม 2-AP สูงมากถึง 5.17 ส่วน

ต่อล้านส่วน (ppm) ในขณะที่ข้าวที่มาจากแหล่งหนึ่งในอำเภอบึงสามพัน จังหวัดร้อยเอ็ด มีค่าเฉลี่ยของปริมาณสารหอม 2AP ต่ำสุด คือ 1.22 ส่วนต่อล้านส่วน (ppm) (ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา และคณะ. 2546) นอกจากนั้นงานวิจัยในโครงการเดียวกันนี้ได้ทำการศึกษาเบื้องต้นด้านคุณภาพทางเคมีของข้าวอย่างข้าวหอมมะลิดังกล่าวด้วย พบว่านอกจากความหอมของข้าวที่มาจากพื้นที่แตกต่างกันแล้ว ข้าวเหล่านี้ยังมีเปอร์เซ็นต์ Amylose และ Crude Fat ที่แตกต่างกันด้วย ซึ่งในทางทฤษฎีความแตกต่างขององค์ประกอบนี้จะมีผลต่อคุณภาพด้านการบริโภคด้วย ถึงแม้ว่าการศึกษาในโครงการวิจัยข้างต้นนี้จะยังไม่มีข้อมูลเพียงพอที่จะนำไปหาความสัมพันธ์ระหว่างความหอมและองค์ประกอบทางเคมีต่างๆ ได้อย่างชัดเจน แต่ผลการวิจัยนี้ก็จะเป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนความเชื่อที่มีกันตลอดว่าข้าวหอมมะลิที่ผลิตในแหล่งต่างๆ ของทุ่งกุลาร้องไห้มีคุณภาพที่แตกต่างกัน และเนื่องจากข้าวหอมมะลิเป็นข้าวคุณภาพสูงที่มีความต้องการของตลาดเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ ประกอบกับเป็นข้าวที่อยู่ในตลาดระดับสูงที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับคุณภาพเป็นอย่างมาก จึงสมควรอย่างยิ่งที่มีข้อมูลว่าข้าวที่ผลิตจากแหล่งต่างๆ ในเขตทุ่งกุลาร้องไห้มีคุณภาพเป็นอย่างไร ให้สามารถสืบค้นหาแหล่งผลิตข้าวหอมมะลิในคุณภาพตามที่ต้องการได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ทั้งในด้านการวางแผนพัฒนาผลิตข้าวหอมมะลิที่มีคุณภาพที่ต้องการ และเป็นข้อมูลเชิงรุกที่พร้อมจะรองรับเงื่อนไขทางการตลาด ที่ในอนาคตมีความเป็นไปได้สูงที่ผู้บริโภคอาจจะต้องการข้าวหอมมะลิที่มีคุณภาพเฉพาะเจาะจงมากยิ่งขึ้น หรือเพื่อการใช้ประโยชน์ในทางด้านอุตสาหกรรมที่คุณภาพในด้านเคมีเป็นเงื่อนไขที่สำคัญยิ่ง

โครงการ “ระบบฐานข้อมูลข้าวหอมมะลิที่ผลิตในเขตทุ่งกุลาร้องไห้” นี้เป็นการศึกษาคุณลักษณะด้านคุณภาพข้าวหอมมะลิจากพื้นที่การผลิตแหล่งต่างๆ ในเขตทุ่งกุลาร้องไห้ เพื่อนำมาจัดเป็นฐานข้อมูลด้านคุณภาพข้าว และจำแนกคุณภาพที่สามารถนำไปใช้ในทางปฏิบัติได้สะดวก เช่น ข้าวหอมมะลินุ่มมาก ข้าวหอมมะลิที่หอมมาก เป็นต้น โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มโครงการ “ระบบสนับสนุนการตัดสินใจฯ ทุ่งกุลาร้องไห้ 1.0” ที่ดำเนินการโดย คณะวิจัยจาก มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ได้เริ่มดำเนินการไปแล้ว ซึ่งเมื่อนำฐานข้อมูลด้านคุณภาพข้าวนี้ไปเชื่อมโยงกับระบบฯ ข้างต้นแล้วก็จะช่วยให้สามารถระบุพื้นที่การผลิตข้าวหอมมะลิในเขตทุ่งกุลาร้องไห้ เป็นแผนที่แหล่งผลิตข้าวหอมมะลิตามกลุ่มคุณภาพที่กำหนดได้ (Quality Mapping) ซึ่งเป็นการขยายขีดความสามารถของระบบฯ ให้สามารถระบุได้ทั้งพื้นที่ที่มีศักยภาพในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต และพื้นที่ที่สามารถผลิตข้าวหอมมะลิในกลุ่มคุณภาพต่างๆ ตามที่ตลาดต้องการได้ ในขณะเดียวกันโครงการก็ศึกษาคุณภาพข้าวหอมมะลิจากโรงสีข้าวส่งออกหลักในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เพื่อเป็นฐานข้อมูลข้าวที่ส่งออกไปยังตลาดต่างๆ นั้นมีคุณภาพอย่างไร ซึ่งเชื่อว่าจะจะเป็นข้อมูลพื้นฐานด้านคุณภาพที่แสดงถึงความต้องการของผู้บริโภคในตลาดต่างๆ จะเป็นประโยชน์ต่อไปได้

วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. สํารวจและศึกษาคุณภาพข้าวหอมมะลิ (คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ คุณสมบัติของแป้ง และ คุณภาพการบริโภค) ที่ผลิตจากแหล่งต่างๆ ในเขตทุ่งกุลาร้องไห้
2. วิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบคุณภาพข้าวหอมมะลิจากตัวแทนโรงสีหรือผู้ประกอบการส่งออกข้าว
3. ศึกษากระบวนการจัดกลุ่มคุณภาพข้าวหอมมะลิจากพื้นที่การผลิตในเขตทุ่งกุลาร้องไห้ ที่มีความเป็นไปได้ทางปฏิบัติ
4. จัดทำฐานข้อมูลคุณภาพข้าวหอมมะลิตามระบบพื้นที่ในข้อ (3) ที่สามารถสืบค้นไปหาแหล่งผลิตในเขตทุ่งกุลาร้องไห้ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับนำไปเชื่อมโยงกับภูมิสารสนเทศ: ทุ่งกุลาร้องไห้ 1.0 (ระบบกลาง)

ขอบเขตการวิจัย

โครงการทำการสำรวจและรวบรวมตัวอย่างข้าวหอมมะลิที่ผลิตในเขตทุ่งกุลาร้องไห้ ในเขตพื้นที่อำเภอเกษตรวิสัย อำเภอโพนทราย และอำเภอยักษ์ภูมิพิสัย โดยพยายามรวบรวมตัวอย่างให้มีอายุหลังการเก็บเกี่ยวที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด และทำการลดความชื้นในวิธีและลักษณะที่ใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เพื่อลดผลกระทบต่อคุณภาพข้าวที่เป็นผลจากวิธีลดความชื้นและอายุการเก็บรักษาข้าวเปลือก การวิเคราะห์ข้าวหอมมะลิคุณภาพด้านความหอมจะทำได้โดยใช้ Gas Chromatography การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีได้แก่ โปรตีน (Protein) ไขมัน (Fat) อะไมโลส (Amylose) เถ้า (Ash) ความชื้น (Moisture content) และสารให้กลิ่นหอม วิเคราะห์คุณภาพแป้ง เช่น อุณหภูมิในการเกิดแป้งเปื่อย (Pasting Temperature) ความสามารถในการคืนตัว (Retrogradation) ความคงทนต่อการกวน (Resistant to break down) และคุณสมบัติการบริโภค (Eating quality) ประกอบด้วย ความสามารถในการดูดน้ำ (Water uptake) เวลาในการหุงต้ม (Cooking time) การสูญเสียในขั้นตอนการหุงต้ม (Cooking loss) เนื้อสัมผัส (Texture) โดยการวิเคราะห์ใช้วิธีมาตรฐานในระบบของ AOAC และ AOCS

ส่วนแนวความคิดในการแบ่งกลุ่มคุณภาพของข้าวนั้น ภายหลังจากได้ทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพข้าวในด้านต่างๆ และทำการวิเคราะห์ทางสถิติแล้ว จะนำผลการวิเคราะห์มาศึกษาการจัดกลุ่มคุณภาพข้าวหอมมะลิตามคุณสมบัติทางการค้า คุณภาพการบริโภค วิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Correlation) ทางสถิติระหว่างคุณภาพข้าวหอมมะลิ 105 ด้านต่างๆ และปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม เช่น

สภาพความอุดมสมบูรณ์ของดิน ปริมาณของเกลือที่มีอยู่ในดิน การกระจายของปริมาณน้ำฝน ฯลฯ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของข้าวหอมมะลิ ตลอดจนการรวบรวมข้อมูลจากผู้ประกอบการโรงสีในเรื่องของคุณภาพของข้าวหอมมะลิที่ผู้บริโภคต้องการ เพื่อเป็นฐานข้อมูลเชิงพื้นที่สำหรับนำไปเชื่อมโยงกับระบบ ทุงกุลฯ 1.0 (ระบบกลางต่อไป)

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งแบ่งได้เป็นหัวข้อต่อไปนี้

1. ข้าว
 - 1.1 ข้าวหอม
 - 1.2 คุณภาพข้าวหอม
 - 1.3 ข้าวหอมในประเทศไทย
 - 1.4 ข้าวขาวดอกมะลิ 105
2. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของข้าว
3. คุณสมบัติทางเคมีของข้าว
4. คุณภาพของข้าวขณะเก็บรักษา
5. ท่วงท่าร้องไห้
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ข้าว

ข้าว (*Oryza sativa* L.) เป็นอาหารหลักของประชากรมากกว่าครึ่งหนึ่งของโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทวีปเอเชีย (เอเชียตะวันออก, เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และเอเชียใต้) ข้าวเป็นธัญชาติ ของพืชใบเลี้ยงเดี่ยววงศ์หญ้า (Family : *Grammineae* หรือ *Poaceae*) เรียกว่า ธัญพืช สกุลออริซา (Genus : *Oryza*) เจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อนและเขตอบอุ่น ตั้งแต่เส้นรุ้งที่ 50 องศาเหนือ ถึง 40 องศาใต้ และสามารถขึ้นได้ตั้งแต่ระดับน้ำทะเลจนถึงระดับประมาณ 3,000 เมตร นอกจากนี้ยังทนต่อสภาพดินหลากหลาย ตั้งแต่พื้นดินที่น้ำท่วมสูง จนถึงพื้นที่สูงที่ไหล่เขา ทนดินที่มีแร่ธาตุเหล็ก อะลูมิเนียม ดินเค็ม เป็นต้น ดังนั้นจึงมีหลายประเทศทั่วโลกมากกว่า 100 ประเทศที่สามารถปลูกข้าวเพื่อบริโภคได้ (สงกรานต์ จิตรากร. 2544)

1. ข้าวหอม

ข้าวหอมเป็นข้าวที่อยู่ในกลุ่มเล็ก แต่มีความพิเศษและเป็นข้าวคุณภาพดี (Singh, Singh and Khush. 2000) ข้าวหอมอาจเป็นข้าวเจ้าหรือข้าวเหนียวก็ได้ ซึ่งมีลักษณะพิเศษที่แตกต่างไปจากข้าวชนิดอื่น คือ มีสารระเหยที่มีกลิ่นหอมทั้งตอนที่เมล็ดและเมื่อหุงสุก ข้าวหอมส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ที่ไวต่อแสง มีลำดับสูงการตอบสนองต่อปุ๋ยคาว ผลผลิตที่ได้จึงต่ำ ข้าวหอมแต่ละพันธุ์จะมีความหอมแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบบางประการที่ทำให้เกิดความหอมภายในเมล็ด อย่างไรก็ตาม ข้าวพันธุ์เดียวกันที่ปลูกในพื้นที่แตกต่างกันมีความหอมที่แตกต่างกันด้วย (อนันต์ พลธานี. 2533 : 55) ในตลาดโลกมีข้าวหลากหลายสายพันธุ์ ข้าวที่มีกลิ่นหอมเป็นข้าวที่ได้รับความนิยมในเอเชีย และกำลังได้รับความนิยมในยุโรปและสหรัฐอเมริกาบางส่วน เนื่องจากมีกลิ่นหอม และเนื้อสัมผัสที่ดีจึงทำให้ข้าวชนิดนี้เป็นข้าวอันดับหนึ่งในตลาด (Singh, Singh and Khush. 2000 ; Wongpornchai and others. 2004 ; Yoshihashi, Nguyen and Kabaki. 2004) เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวสายพันธุ์ที่ไม่หอม (non-fragrant rice) (Laksanalamai and Ilangantileke. 1993) ข้าวหอมที่มีการขายมากที่สุดในโลก คือ ข้าว พันธุ์บาสมาติ (Basmati) ซึ่งปลูกในเขตปัญจาบสองฝั่งแม่น้ำอินดัส (Indus river) ในประเทศปากีสถานและอินเดีย ในประเทศปากีสถานส่วนมากจะส่งขายประเทศตะวันออกกลาง ส่วนอินเดียจะขายให้กับสหภาพโซเวียต ประเทศที่มีการส่งออกข้าวหอมอีกประเทศหนึ่ง คือ สหรัฐอเมริกา ได้แก่ พันธุ์ Della ส่งขายภายใต้ชื่อ Della aromatic และ Pecan rice เป็นต้น (Singh, Singh and Khush. 2000) นอกจากนี้ข้าวหอมที่มีขายในตลาดโลกยังมาจากประเทศไทย ซึ่งมีการผลิตข้าวหอมหลายสายพันธุ์ ข้าวหอมที่สำคัญคือ สายพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 การผลิตข้าวหอมของประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นการใช้บริโภคภายในประเทศ และมีการส่งออกแต่ยังมีปริมาณน้อย ตลาดข้าวหอมที่สำคัญของประเทศไทย คือ ส่องกง สิงคโปร์ และมาเลเซีย ซึ่งมีการให้ราคาที่สูง (อนันต์ พลธานี. 2533)

2. คุณภาพข้าวหอม

คุณภาพข้าวหอมรวมไปถึง คุณภาพการสี ขนาดเมล็ด รูปร่างลักษณะปรากฏ และคุณลักษณะการหุงต้ม ลักษณะคุณภาพของข้าวหอมสามารถบ่งบอกได้ตามคุณสมบัติเหล่านี้คือ ความกว้าง ขาว ของเมล็ด การขยายตัวหลังผ่านการหุงต้ม ปริมาณอะไมโลส และอุณหภูมิการเกิดเจล และสิ่งที่ใช้ในการพิจารณาที่สำคัญคือกลิ่นหอม ในบางประเทศให้ความสำคัญต่อข้าวที่มีกลิ่นหอมว่า ถ้าข้าวปราศจากกลิ่นหอมเปรียบเหมือนอาหารที่ขาดเกลือ แต่ในทางตรงข้ามผู้บริโภคชาวยุโรปบางกลุ่มไม่ชอบรับในกลิ่นหอมและให้ความเห็นว่าเป็นการปนเปื้อนของอาหารมากกว่า ข้าวหอมแต่ละสายพันธุ์สามารถเจริญและมีคุณภาพดีในพื้นที่แตกต่างกัน เช่น ข้าวบาสมาติ ของประเทศอินเดีย และ ปา

กีสถาน ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ของประเทศไทย เป็นต้น (อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547 ; Singh, Singh and Khush. 2000)

3. ข้าวหอมในประเทศไทย

ในประเทศไทยมีการปลูกข้าวมาแล้วมากกว่า 5000 ปี ข้าวหอมที่ทรงราชการส่งเสริมให้ปลูก และมีการปลูกอย่างแพร่หลายในประเทศไทย ได้แก่ พันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 (ข้าวเจ้า) กข 15 (ข้าวเจ้า) นางมณี 4 (ข้าวเจ้า) และ กข 6 (ข้าวเหนียว) แต่สายพันธุ์ที่เป็นที่รู้จักและปลูกกันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คือ สายพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ซึ่งเป็นที่ต้องการของตลาด แต่ผลผลิตยังไม่เพียงพอส่วนมากเป็นการเพราะปลูกในครัวเรือนเพื่อการบริโภค (อนันต์ พลธานี. 2533) ข้าวหอมในประเทศไทยประกอบด้วยข้าวเจ้าและข้าวเหนียว ในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือบริโภคข้าวเหนียว และปลูกข้าวเจ้าข้าวขาวดอกมะลิ 105 เพื่อการส่งออกเป็นหลัก ข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวอะไมโลสต่ำ มีความนุ่มและมิกกลิ่นหอม เป็นข้าวที่มีคุณภาพสูงจึงเป็นที่ต้องการของตลาดข้าว (Singh, Singh and Khush. 2000)

4. ข้าวขาวดอกมะลิ 105

ข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Oryza Sativa L.* ชื่อสามัญ Jasmine Rice หรือ ข้าวหอม ข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวไวต่อแสงออกรวงประมาณวันที่ 20-25 ตุลาคม เก็บเกี่ยวในช่วง 20-25 พฤศจิกายน (ไพฑูรย์ อุไรรงค์ และกิตติยา กิจควรดี. 2541) เป็นข้าวนาปี จัดเป็นข้าวที่สามารถทนต่อสภาวะแวดล้อมได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาพนาคอนทั่วไปก่อนข้างทนแล้ง ทนทานต่อสภาพดินเค็มและดินเปรี้ยวปานกลาง ในฤดูกาลเก็บเกี่ยวมีสภาพอากาศค่อนข้างแล้งและหนาวเย็นทำให้ข้าวสารที่มีคุณภาพดี เมล็ดใส แข็งแรง มีความเลื่อมมัน (อนันต์ คาโลคม และคณะ. 2542) ข้าวขาวดอกมะลิมีขนาดเมล็ดข้าวกล้อง ยาว 7.5 มิลลิเมตร กว้าง 2.1 มิลลิเมตร ลักษณะที่ดีของข้าวขาวดอกมะลิ 105 คือ มีกลิ่นหอมอ่อนนุ่ม ทนต่อความแห้งแล้ง ดินเปรี้ยวและเค็ม มีคุณภาพการสีดี เมล็ดข้าวสารใส มีข้าวท้องไข่น้อย อย่างไรก็ตามข้าวชนิดนี้มีข้อจำกัดคือ ไม่ต้านทานโรคขอบใบแห้ง โรคใบสีส้ม โรคใบจุดสีน้ำตาล ถ้าปลูกในพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงทำให้ดินอ่อนล้นง่าย พื้นที่ที่เหมาะสมในการปลูกข้าวหอมมะลิ 105 ได้แก่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ และภาคกลางบางพื้นที่ แต่ในปัจจุบันมีการส่งเสริมการปลูกข้าวหอมมะลิทุกภูมิภาคของประเทศ

ประวัติข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นพันธุ์ข้าวหอมที่ได้มาจากการนำพันธุ์ข้าวพื้นเมืองจากนาของเกษตรกร อำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา จำนวน 199 รวง มาปลูกศึกษาพันธุ์ ได้รวงที่ 105 ซึ่งมีกลิ่นหอมและมีคุณภาพการหุงต้มอ่อนนุ่ม จึงนำมาปรับปรุงให้เป็นพันธุ์บริสุทธิ์ตามหลักวิชาการ จนได้พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 รัฐบาลประกาศขยายพันธุ์ออกส่งเสริมเมื่อวันที่ 25 พฤษภาคม 2502

(วรรณลดา สุันทพงษ์ศักดิ์ และคณะ. 2546) โดยให้ชื่อพันธุ์ว่า ข้าวดอกมะลิ 4-2-105 ต่อมาจึงได้เปลี่ยนเป็น ข้าวดอกมะลิ 105 ชื่อภาษาอังกฤษ คือ Khao Dawk Mali 105 Rice จังหวัดฉะเชิงเทรา (อำเภอบางคล้า) เป็นที่ปลูกข้าวข้าวดอกมะลิเดิม คือนาเป็นดินเหนียว มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ระหว่าง 4.0-5.5 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุและธาตุฟอสฟอรัสปานกลาง แต่มีธาตุโพแทสเซียมสูงจึงทำให้ข้าวข้าวดอกมะลิ 105 มีกลิ่นหอม (สุขสันต์ สิทธิผลไพบุลย์. 2530) ความหอมของข้าวข้าวดอกมะลิ 105 นั้นกลิ่นหอม (Aroma) ที่ได้เป็นคุณสมบัติพิเศษที่ผู้บริโภคบางกลุ่มนิยม เกิดจากสารหอมระเหยที่มีอยู่ในเมล็ดที่ชื่อว่า 2-acetyl-1-pyrroline (2-AP) (สุกัญญา มหาธีรานนท์. 2540) ความหอมของข้าวสูงที่สุดเมื่อข้าวเปลือกมี ฟอสฟอรัส 0.28 เปอร์เซ็นต์ (อำนาจ สุวรรณฤทธิ์ และคณะ. 2539) ข้าวหอมมะลิมีความหอมซึ่งเป็นลักษณะเด่น ความหอมจะมีมากน้อยแตกต่างกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบภายในเมล็ด และสภาพดินฟ้าอากาศ ความหอมจะชัดเจนเมื่อข้าวหุงสุก ข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวหอมมะลิที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภค ทั้งในและต่างประเทศ (Singh, Singh and Khush. 2000)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของข้าว

ข้าวจัดเป็นพืชตระกูลหญ้าชนิดหนึ่งจัดอยู่ในวงศ์ (Family) *Gramineae* Genus *Oryza* ซึ่งสามารถเจริญได้ทั้งในเขตร้อนและเขตอบอุ่น ข้าวที่ปลูกเป็นอาหารของมนุษย์มี 2 ชนิดคือ *Oryza Sativa* ที่ปลูกกันทั่วไปกับ *Oryza Glaberrima* ที่ปลูกเฉพาะในแอฟริกาเท่านั้น (อรรควฒิ ทศน์สองชั้น. 2536) ข้าวชนิด *Oryza Sativa* มีจำนวนพันธุ์และความแตกต่างในลักษณะของพันธุ์มากกว่า *Oryza Glaberrima* จึงใช้เป็นพันธุ์ที่ปลูกทั่วไป ทั้งในเอเชีย แอฟริกา ยุโรป อเมริกา และออสเตรเลีย (ณรงค์ นิยมวิทย์. 2538 ; สุมิตรรา สัตถารมณ. 2534) ข้าวชนิด *Oryza Sativa* ที่ผลิตและขายกันในท้องตลาดในโลก ปัจจุบันแบ่งออกเป็น 3 ชนิด (Subspecies) ตามแหล่งที่ปลูก คือ (อรรควฒิ ทศน์สองชั้น. 2536)

ข้าวอินดิกา (Indica) เป็นข้าวที่ปลูกในภูมิภาคเอเชียเขตร้อนคือทางเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น ไทย จีน ฟิลิปปินส์ ลาว กัมพูชา พม่า มาเลเซีย อินโดนีเซีย แอฟริกาใต้ เช่น อินเดีย ศรีลังกา และต่อมาถูกนำไปปลูกในทวีปอเมริกาด้วย ข้าวพวกนี้จะมีลักษณะเมล็ดยาว ค่อนข้างยาว ใต้วงแสง ใบมากและโค้งงอ โดยปกติจะไม่ตอบสนองต่อปุ๋ยจึงให้ผลผลิตค่อนข้างต่ำ แต่สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี

ข้าว Japonica (Japonica) หรือ Sinica เป็นข้าวที่ปลูกในเขตอบอุ่น เช่น ญี่ปุ่น จีน เกาหลี ข้าวพวกนี้เป็นข้าวที่มีเมล็ดป้อม ต้นเตี้ย ใบดกและสั้น ไม่ค่อยไวต่อช่วงแสง และตอบสนองต่อการปลูกได้ดี ถ้าใส่ปุ๋ยจะให้ผลผลิตค่อนข้างสูงเพราะเมื่อต้นงามจากการใส่ปุ๋ยต้นจะไม่ค่อยสูงและล้ม

ข้าว Javanica (Javanica) มีปลูกไม่มากนักในประเทศไทยอินโดนีเซียและฟิลิปปินส์ ข้าวประเภทนี้มีต้นสูงและเมล็ดที่ป้อมใหญ่ แต่ให้ผลผลิตต่ำกว่าข้าวอินดิกาและไม่ค่อยตอบสนองต่อการปลูกจึงไม่นิยมปลูกกันในปัจจุบัน

1. โครงสร้างของเมล็ดข้าว (Rice grain)

เมล็ดข้าว (Rice Fruit, Rice Grain, Rice Seed) เป็นผลชนิด Caryopsis เนื่องจากส่วนที่เป็นเมล็ดเดี่ยว (Single Seed) ติดแน่นอยู่กับผนังของรังไข่หรือเยื่อหุ้มผล (Pericarp) เมล็ดข้าวประกอบด้วยส่วนใหญ่ๆ 2 ส่วนคือ (อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547 ; Juliano. 1993)

1.1 ส่วนที่ห่อหุ้ม เรียกว่า แกลบ (Hull หรือ Husk) แกลบ ประกอบด้วย เปลือกใหญ่ (Lemma) เปลือกเล็ก (Palea) หาง (Awn) ขั้วเมล็ด (Rachilla) และกลีบรองเมล็ด (Sterile Lemmas)

1.2 ส่วนที่รับประทานได้ เรียกว่า ข้าวกล้อง (Caryopsis หรือ Brown Rice) ข้าวกล้องหรือเมล็ดข้าวที่เอาเปลือกออกแล้ว ประกอบด้วย

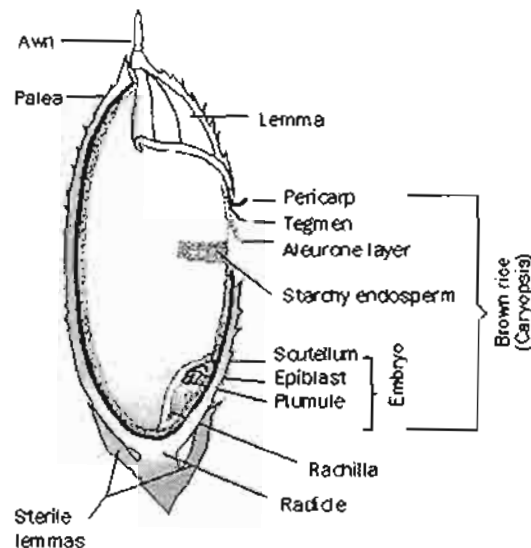
1.2.1 เยื่อหุ้มผล (Pericarp) หรือ Fruit Coat ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้นด้วยกัน คือ Epicarp, Mesocarp และ Endocarp, Pericarp มีลักษณะเป็น Fibrous ผนังเซลล์ประกอบด้วย Protein, Cellulose และ Hemicellulose

1.2.2 เยื่อหุ้มเมล็ด (Tegmen หรือ Seed Coat) อยู่ถัดจาก Pericarp เข้าไป ประกอบด้วย เนื้อเยื่อสองชั้นเรียงกันเป็นแถวเป็นที่อยู่ของสารประเภทไขมัน (Fatty Material)

1.2.3 เยื่อaleurone (Aleurone) อยู่ต่อจาก Tegmen ห่อหุ้ม Starchy Endosperm (ข้าวสาร) และ Embryo (คัพภะ) Aleurone Layer มี Protein สูง นอกจากนี้ยังประกอบไปด้วย Oil, Cellulose และ Hemicellulose

1.2.4 ส่วนที่เป็นแป้ง (Starch Endosperm) หรือส่วนที่เป็นข้าวสาร อยู่ชั้นในสุดของเมล็ดประกอบด้วยแป้งเป็นส่วนใหญ่และมีโปรตีนอยู่บ้าง แป้งในเมล็ดข้าวมี 2 ชนิด คือ อะไมโลเพคติน (Amylopectin) ซึ่งเป็น Polymer ของ D-Glucose ที่ต่อกันเป็นสายโซ่กิ่ง (Branch Chain) และอะไมโลส (Amylose) ซึ่งเป็น Polymer ของ D-Glucose ที่ต่อกันเป็นพอลิเมอร์เชิงเส้น (Linear Chain) (อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547) ส่วนประกอบของแป้งทั้ง 2 ชนิด มีสัดส่วนแตกต่างกันไปตามชนิดของข้าว ในข้าวเหนียวจะมีอะไมโลเพคติน (Amylopectin) เป็นส่วนใหญ่และมีปริมาณอะไมโลสน้อยมาก คือประมาณ 5-7 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเมล็ดข้าวเจ้าประกอบด้วยอะไมโลส (Amylose) มากกว่าคือ ประมาณ 15-30 เปอร์เซ็นต์ (ประพาส วีระแพทย์. 2531)

1.3 คัพพะ (Embryo) อยู่ติดกับ Endosperm ทางด้าน Lemma เป็นส่วนที่จะเจริญเป็นต้นต่อไป Embryo ประกอบด้วย ต้นอ่อน (Plumule) รากอ่อน (Radicle) เชื้อหุ้มต้นอ่อน (Coleoptile) เชื้อหุ้มรากอ่อน (Coleorhiza) ท่อน้ำท่ออาหาร (Epiblast) และใบเลี้ยง (Scutellum) Embryo เป็นส่วนที่มี โปรตีนและไขมันสูง (กล้านรงค์ ศรีวรรค และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ. 2543)



ภาพประกอบ 1 โครงสร้างของเมล็ดข้าว

คุณสมบัติทางเคมีของข้าว

องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดข้าวที่สำคัญ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และน้ำหรือความชื้น ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้มีผลต่อคุณภาพของข้าว ทั้งข้าวเปลือก ข้าวกล้อง และข้าวสาร โดย คาร์โบไฮเดรตจะประกอบไปด้วย สตาร์ชเป็นหลักซึ่งจะประกอบไปด้วยอะมิโลสและอะมิโลเพกติน ซึ่งจะบ่งบอกถึงคุณภาพการบริโภค คือ ความนุ่มไม่นุ่มของข้าว และในข้าวแต่ละชนิดมีปริมาณที่แตกต่างกัน สำหรับโปรตีนในข้าวยังนับว่าเป็นแหล่งอาหารหลักซึ่งประชาชนในทวีปเอเชียได้รับจากอาหาร เนื่องจากบริโภคข้าวเป็นจำนวนมากกว่า แหล่งโปรตีนจากอาหารอื่น ส่วนไขมันในข้าว จะอยู่เป็นกลุ่มไขมัน (Lipid Bodies) หรือหยดกลม (Spherosome) โดยรวมอยู่กับสตาร์ช และโปรตีน ในชั้นแอลิวโรน และคัพพะ จะมีผลในการเสื่อมเสียขณะเก็บรักษามะลิตรวมทั้งเมล็ดที่แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์

องค์ประกอบทางเคมีของข้าวมีผลมาจากพันธุ์ สภาพการปลูก การเก็บเกี่ยว และกระบวนการแปรรูป จากข้าวเปลือกเป็นข้าวกล้องและข้าวสาร การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยทั่วไปใช้วิธีการวิเคราะห์ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (Proximate Analysis) เพื่อให้ทราบองค์ประกอบทางเคมี หรือสารอาหารหลักที่มีในข้าว คือ โปรตีน ไขมัน เส้นใยหยาบ เถ้า และ คาร์โบไฮเดรต เป็นหลัก นอกจากนี้เป็นการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ที่ให้คุณค่าทางอาหารและโภชนาการ ได้แก่ วิตามิน แร่ธาตุ และปริมาณกรดอะมิโนที่มีอยู่ในโปรตีนของข้าว (Juliano, 1993 ; อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547)

1. คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate)

คาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบทางเคมีที่มีอยู่ในข้าวซึ่งมีสตาร์ชเป็นหลัก และสตาร์ชนี้ประกอบไปด้วยอะไมโลสและอะไมโลเพกติน ในอัตราส่วนแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของข้าวทำให้ข้าวมีลักษณะในการหุงต้ม และคุณภาพในการกินต่างกันไป ตลอดจนมีผลต่อคุณค่าทางอาหาร เนื่องจากเป็นแหล่งสะสมพลังงาน (Henry and Kettlewell, 1996)

สตาร์ช แหล่งเกิดของสตาร์ชจะอยู่ในเมล็ดสตาร์ชซึ่งมีลักษณะเป็นรูปห้านเหลี่ยมขนาด 3-9 ไมโครเมตร รวมกันเป็นกลุ่มภายในอะไมโลพลาสต์ (Amyloplast) มีลักษณะกลมหรือรี มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7-39 ไมโครเมตร โดยภายในแต่ละอะไมโลพลาสต์มีเมล็ดสตาร์ชเกาะรวมกันอยู่ประมาณ 20-60 เม็ด และระหว่างเมล็ดสตาร์ชจะมีกลุ่มโปรตีนแทรกอยู่เห็นเป็นร่องเมล็ดสตาร์ช (Champage, 1996) สตาร์ชจากข้าวประกอบด้วยอะไมโลส 7-33 เปอร์เซนต์ ของน้ำหนักเมล็ดข้าวสาร หรือ 8-37 เปอร์เซนต์ ของปริมาณสตาร์ชทั้งหมด ส่วนที่มีมากคืออะไมโลเพกตินซึ่งในข้าวเหนียวอาจมีถึง 100 เปอร์เซนต์ แต่การเกาะกันอยู่ของโมเลกุลอะไมโลสและอะไมโลเพกตินเป็นสตาร์ชนั้นมีลักษณะอย่างไร นักวิทยาศาสตร์ยังต้องศึกษาและวิจัยต่อไป แต่สันนิษฐานว่าส่วนที่ให้โครงสร้างและเป็นผลึก นั้นเกิดจากอะไมโลเพกติน การสกัดเมล็ดสตาร์ชออกจากเมล็ดข้าว โดยใช้วิธีการบดแบบเปียกด้วยน้ำ หรือค่างอ่อนเพื่อสกัดแยกโปรตีนออกไป และสารละลายช่วยไม่ให้เกิดสตาร์ชเสียหายในการบด แยกส่วนสตาร์ชจากสารละลาย ทำให้แห้งแล้วบดให้ละเอียดก็จะได้สตาร์ชจากข้าว ซึ่งสตาร์ชจากข้าวเจ้าและข้าวเหนียวจะมีคุณสมบัติทางเคมี-กายภาพที่แตกต่างกันดังแสดงในตาราง 1 (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2538)

คุณภาพของข้าวสุกนั้นขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสตาร์ชที่เป็นองค์ประกอบเป็นสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณอะไมโลส ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ ข้าวสุกจะมีลักษณะนุ่ม และเหนียว ส่วนข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูงข้าวสุกจะมีลักษณะร่วนและแข็ง (ตาราง 2) (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547) สตาร์ชเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของข้าวในระหว่างการแปรรูปและหลังการแปรรูป คือ การเกิดเจลาติไนเซชัน (Gelatinization) และการเกิดรีโทรกราเดชัน (Retrogradation) การเกิดรี

โทรกราเดชันเป็นปรากฏการณ์ที่ขึ้นอยู่กับเวลาและอุณหภูมิ เกิดขึ้นเมื่อองค์ประกอบของแป้งที่ถูกเจลาติไนซ์แล้วมารวมกันอีกครั้งในโครงสร้างที่เป็นระเบียบในภาวะที่เหมาะสมมีผลทำให้เกิดผลึกขึ้น (Atwell and others. 1988)

ตาราง 1 คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของสตาร์ชข้าวเจ้าและข้าวเหนียว

คุณสมบัติ	สตาร์ชข้าวเจ้า	สตาร์ชข้าวเหนียว
อุณหภูมิสุดท้ายของการเกิดเจล ($^{\circ}\text{C}$)	58-79	58-78.5
ขนาดเม็ดสตาร์ช (ไมโครเมตร)	1.6-8.7	1.9-8.1
ความหนาแน่น (แทนที่โดยไลซีน) (กรัม/มิลลิกรัม)	1.49-1.51	1.48-1.50
ความสามารถในการจับไออนิโน (เปอร์เซ็นต์)	2.36-6.96	0.15-0.86
โปรตีนที่เหลืออยู่ (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง)	0.02-0.12	0.01-1.64

พอลิแซ็กคาไรด์ที่ไม่ใช่สตาร์ช พบมากในเปลือกหุ้มผลและเปลือกหุ้มเมล็ด มากกว่าในเนื้อและคัพพะ จะเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ในรูป เส้นใยอาหาร ซึ่งประกอบไปด้วย เฮมิเซลลูโลส เซลลูโลส สารเพคติน ลิกนิน และ โปรตีนที่ติดอยู่ ปริมาณเส้นใย (Crude Fiber) เส้นใยในข้าวกล้อง ข้าวสารและข้าวเหนียวเป็น 0.9 0.3 และ 0.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากการวิเคราะห์แต่ละส่วนของข้าว (โปรตีนสูง) ที่จัดสีในห้องปฏิบัติการและข้าวในท้องตลาด พบว่า มีปริมาณเส้นใยตั้งแต่

1.5-3 เปอร์เซ็นต์ (Juliano. 1993) เส้นใยหยาบและเส้นใยอาหารมีมากในรำและคัพพะ แต่ถ้าวิเคราะห์ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์จากผนังเซลล์ที่เตรียมได้จะมีมากในข้าวสารเพราะปริมาณเนื้อเมล็ดมีมากกว่าส่วนรำและคัพพะในเมล็ดนอกจากนี้ยังเหลือส่วนที่ละลายได้ในน้ำร้อนและค่างมากกว่ารำและคัพพะอีกด้วย (อรอนงค์ นัยวิกุล. 2538)

จากตาราง 2 เห็นได้ว่า ข้าวเหนียวมีปริมาณอะไมโลเพคตินในส่วนประกอบของโมเลกุลสตาร์ชทั้งหมด หรือเกือบทั้งหมด เมื่อหุงเป็นข้าวสุกมีลักษณะเหนียวมาก ติดมือ เมื่อปริมาณอะไมโลสเพิ่มขึ้นในสตาร์ชของข้าวเจ้าจะทำให้ข้าวหุงสุกมีความนุ่มเหนียวลดลงตามลำดับ จนถึงปริมาณอะไมโลสที่มากกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ จัดเป็นข้าวเจ้าแข็ง ที่ร้อนแข็ง หุงขึ้นหม้อ

ตาราง 2 คุณภาพข้าวหุงสุกแบ่งตามปริมาณอะไมโลส

ปริมาณอะไมโลส (% น้ำหนักแห้ง)	ชนิดข้าว	ลักษณะข้าวสุก
0-5	ข้าวเหนียว	เหนียวมาก
5.1-12.0	ข้าวเจ้าอะไมโลสต่ำมาก	เหนียว, นุ่ม
12.1-20.0	ข้าวเจ้าอะไมโลสต่ำ	เหนียว, นุ่ม
20.1-25.0	ข้าวเจ้าอะไมโลสปานกลาง	นุ่ม, ค่อนข้างเหนียว
> 25	ข้าวเจ้าอะไมโลสสูง	ร่วน, แข็ง

2. โปรตีน (Protein)

โปรตีนในข้าวมีปริมาณเล็กน้อยแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ข้าว และมีน้อยกว่าในธัญชาติชนิดอื่น โปรตีนเป็นสารอาหารที่มีในข้าวมากเป็นที่สองรองจากคาร์โบไฮเดรต (ณรงค์ นิยมวิทย์, 2538) โดยคิดคำนวณจากการวิเคราะห์วิธีเจลดาล์ (Kjeldahl) โปรตีนในข้าวมีอยู่ประมาณ 6-14 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักข้าวสาร โปรตีนในข้าวอยู่กันเป็นกลุ่มมีลักษณะเป็นเม็ด (Granular Protein) มีมากในบริเวณเอนโดสเปิร์มภายนอก ซึ่งแทรกระหว่าง Starch Granule มีขนาด 1-4 ไมโครเมตร ปริมาณกรดอะมิโนแต่ละชนิดในโปรตีนจากข้าวเปลือกไม่ต่างจากข้าวขาวและข้าวกล้องมากนัก เนื่องจากในส่วนเปลือกมีปริมาณโปรตีนไม่มากนัก (2-3 เปอร์เซ็นต์) แต่อย่างไรก็ตาม ในเปลือกมีปริมาณกรดอะมิโนไลซีนอยู่มากกว่าส่วนอื่น และในข้าวกล้องจะมีไลซีนมากกว่าข้าวสารเล็กน้อย ซึ่งไลซีนจัดเป็นอะมิโนจำเป็นที่มีไม่เพียงพอในโปรตีนจากข้าวและธัญพืชอื่น และปริมาณไลซีนจะมีในรำและคัพพะมากกว่าในส่วนของเนื้อเมล็ด แต่ถ้าคิดโดยปริมาณรวมของโปรตีนทั้งหมด เราจะได้รับจากเนื้อเมล็ดมาก เนื่องจากสัดส่วนของเนื้อเมล็ดมีมากกว่าส่วนอื่น และแหล่งที่มีโปรตีนอีกส่วนหนึ่งคือชั้นเอนโดสเปิร์มและชั้นถัดจากชั้นเอนโดสเปิร์ม โดยสะสมเป็นกลุ่มโปรตีน ซึ่งมีองค์ประกอบต่างกันขึ้นอยู่กับแหล่งที่เกิดของกลุ่มโปรตีนนั้น โปรตีนแบ่งตามลักษณะการละลายได้ 4 ชนิด คือ

- 2.1 โปรตีนที่ละลายได้ในน้ำ เรียกว่า แอลบูมิน (Albumin)
- 2.2 โปรตีนที่ละลายได้ในน้ำเกลือ เรียกว่า โกลบูลิน (Globulin)
- 2.3 โปรตีนละลายได้ในแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ เรียกว่า ไกลอะดิน (Gliadin)

หรือ โปรลามิน (Prolamin)

- 2.4 โปรตีนที่ละลายได้ในกรดและด่างเจือจาง เรียกว่า กลูเตนิน (Glutenin)

แต่โลซินมีปริมาณค่อนข้างสูง การที่ข้าวมีปริมาณโปรตีนกลูเตนินและโพรลามีน ในระดับที่แตกต่างกันมากและโปรตีนส่วนใหญ่เป็นแบบเม็ด จึงทำให้ข้าวไม่เกิดกลูเตนเมื่อผสมกับน้ำ ส่วนเนื้อเยื่อที่อยู่ใกล้เปลือกของเมล็ดข้าวในชั้น รำ คัพพะและรำละเอียดจะมีแอลบูมิน และโกลบูลิน มากกว่าโปรตีนอื่น สำหรับในเนื้อเมล็ดจะมีกลูเตลิน มากที่สุดแต่โพรลามีนจะมีน้อยในทุกส่วนของเมล็ด (Juliano, 1993)

3. ไขมัน (Lipid)

ไขมันของข้าวอยู่ในรำเป็นส่วนใหญ่ (ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง) ซึ่งไขมันที่อยู่ในเมล็ดข้าวจะอยู่ในลักษณะเป็นก้อนกลม (Lipid Droplets) แทรกอยู่ในชั้นเอนโดสเปิร์มขนาดเล็กกว่า 1.5 ไมโครเมตร อยู่ในชั้นถัดจากเอนโดสเปิร์มมีขนาดเล็กกว่า 1 ไมโครเมตร และอยู่ในส่วนคัพพะขนาดเล็กกว่า 0.7 ไมโครเมตร สำหรับในส่วนเนื้อเมล็ดจะอยู่ร่วมกับกลุ่มโปรตีน และในเมตาสตาร์ชก็จะมีไขมันชนิดที่มีโครงสร้างร่วมกับสารอื่น (Bound Lipids) ไขมันในเมล็ดส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณเยื่อ Aleurone Layer และคัพพะ ซึ่งขจัดออกไปเมื่อผ่านกระบวนการสีข้าว สำหรับองค์ประกอบกรดไขมัน มีกรดไขมันปาล์มมิก โอเลอิก และ ลิโนเลนิกใกล้เคียงกัน โดยในเมล็ดมีโอเลอิกมากที่สุด ข้าวสารมีปาล์มมิกและลิโนเลนิกมากที่สุด ถ้าเปรียบเทียบองค์ประกอบของไขมันจากส่วนที่ไม่ใช่สตาร์ชกับไขมันจากสตาร์ช พบว่า ไขมันจากสตาร์ชข้าวเจ้ามีปาล์มมิกมากกว่าไขมันที่ไม่ได้มาจากสตาร์ช แต่มีโอเลอิกน้อยกว่าในขณะที่มีลิโนเลนิกใกล้เคียงกัน (ณรงค์ นิยมวิทย์, 2538 ; อรอนงค์ นัยวิกุล, 2538)

ประเภทของไขมันในข้าวส่วนใหญ่ คือ ไตรกลีเซอไรด์ รองลงมา คือ ฟอสโฟลิพิด, โกลโคลิพิด และเทอร์ปีนอยด์ ทั้งไขมันภายนอก และภายในเมตาสตาร์ชเป็นไขมันประเภทสารประกอบมอลิโนเอซิด ซึ่งกลุ่มของมอลิโนเอซิดจะเป็นกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัว โดยเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากกว่า สำหรับไขมันภายในเมล็ดสตาร์ชยังมีไลโซเลซิทิน และกรดไขมันอีกด้วย (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547) ไขมันที่อยู่กับสตาร์ชจากข้าวกล้องของข้าวเจ้าจะมีประมาณ 0.6-0.7 เปอร์เซ็นต์ และข้าวเหนียวประมาณ 0.2 เปอร์เซ็นต์ ในทำนองเดียวกันปริมาณไขมันที่อยู่ในสตาร์ชจากข้าวสารข้าวเจ้าจะมีประมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์ และข้าวเหนียวประมาณ 0.1 เปอร์เซ็นต์ แต่อย่างไรก็ตามปริมาณไขมันโดยรวมในข้าวเจ้าและข้าวเหนียวจะไม่ต่างกันมากนัก และลักษณะไขมันที่แทรกอยู่ในสตาร์ชอาจจะอยู่ร่วมกับส่วนอะมิโลสคิงแกนของกลีเซอรอลโมโนสเทียรีนกับอะมิโลส (Juliano, 1993)

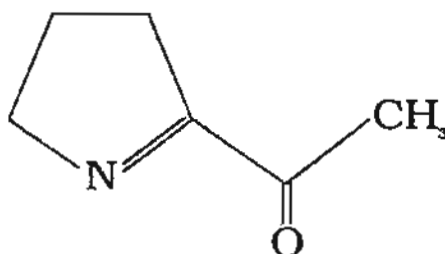
4. ปริมาณความชื้น (Moisture Content)

องค์ประกอบที่สำคัญและเกี่ยวข้องกับคุณภาพของเมล็ดข้าวทั้งทางตรงและทางอ้อมคือ ปริมาณความชื้นทั้งในข้าวเปลือกและข้าวสาร ซึ่งใช้เป็นเกณฑ์ในการซื้อขาย เนื่องจากปริมาณความชื้นสามารถบ่งชี้ถึงน้ำหนักของเนื้อข้าวที่ผู้ซื้อ และผู้ขายเกี่ยวข้องโดยตรงในการกำหนดการซื้อขาย และในทางอ้อมนั้นความชื้นสามารถบ่งชี้ถึงอายุการเก็บรักษาข้าว หรือสามารถบ่งบอกถึงความปลอดภัยในการเก็บรักษาให้ข้าวมีคุณภาพที่ดี (อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547) ข้าวที่มีความชื้นสูงจะเสื่อมเสียเร็วกว่าข้าวที่มีความชื้นต่ำ (ณรงค์ นิยมวิทย์. 2538) ความชื้นที่ยอมรับกันทั่วไปประมาณ 13-14 เปอร์เซ็นต์ การตากข้าวเปลือกเพื่อลดความชื้นลงให้อยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยในการเก็บรักษา (ไม่เกิน 14 เปอร์เซ็นต์) จนถึงเวลาสี ข้าวที่มีการเก็บรักษาที่มีความชื้นที่เหมาะสมเมื่อสีจะได้ข้าวเต็มเมล็ด และข้าวหักน้อย (Juliano. 1985)

5. กลิ่นสารระเหยของข้าว

กลิ่นของข้าวมีความสำคัญมาก ข้าวที่มีกลิ่นหอมมีหลายชนิด เป็นข้าวที่ตลาดต้องการ และมีราคาแพง เป็นที่นิยมรับประทานทั้งในและต่างประเทศ (ณรงค์ นิยมวิทย์. 2538) กลิ่นหอมในข้าวอยู่ในรูปของสารน้ำมันที่สามารถระเหยได้ (Essential oil) เช่น ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ Basmati 370 จะมีกลิ่นหอมตั้งแต่เป็นต้นกล้า แดกกอ ออกดอก เม็ดทั้งข้าวเปลือก ข้าวกล้อง และข้าวสาร รวมถึงขณะที่กำลังหุงต้ม หรือข้าวที่หุงสุกใหม่ และเมื่อเดินผ่านแปลงที่ปลูกข้าวหอมทั้ง 2 พันธุ์นี้ จะได้กลิ่นหอมจากใบและดอกข้าว จึงคาดว่าสารกำเนิดกลิ่นหอมต้องสะสมอยู่ในใบ แล้วเคลื่อนย้ายไปสู่เมล็ดข้าว เพราะจะได้กลิ่นหอมเมื่อเคี้ยวเมล็ดหรือนำไปหุงต้ม เพื่อให้สารหอมระเหยนั่นระเหยออกมา (วาสนา วรมิสร์. 2538) ข้าวที่มีกลิ่นหอมนี้ผู้บริโภคบางกลุ่มชอบ แต่บางกลุ่มไม่ชอบซึ่งเป็นกลิ่นที่มีอยู่ประจำพันธุ์ เช่น ข้าวที่มีขายในตลาดโลกในปัจจุบัน คือข้าวที่มีสาร 2-AP ซึ่งเป็นสารให้กลิ่นหอมหลักในข้าว (Juliano. 1993 ; Juliano. 1985 ; Buttery, Ling and Juliano. 1982) ความหอมในเมล็ดข้าวหอมจะสูญหายไปถ้าการเก็บรักษาไม่ดีหรือทิ้งไว้เป็นเวลานาน ทำให้สารหอมค่อยๆ ระเหยออกไป และหมดไปในที่สุด (อัมมาร สยามวาลา และ วิโรจน์ วรรณอง. 2533) สารหอม 2-AP มีโครงสร้างลักษณะคือ เป็นสารประกอบในกลุ่ม Pyrrole ซึ่งเป็นวง 5 เหลี่ยม (5-ring) มีไนโตรเจนเกาะอยู่ในวง มีพันธะคู่เชื่อมระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจน (C=N) และมีหมู่ Acetyl เกาะกับคาร์บอนที่พันธะคู่ แสดงดังภาพประกอบ 2

นอกจากนี้สาร 2-AP มีชื่อเรียกอย่างอื่นคือ 5-acetyl-3, 4-dihydro-2H-pyrrole และ 1-(3, 4-dihydro-2H-pyrrole-5-yl) ethanone สูตรโมเลกุลคือ C_8H_9NO และมีมวลโมเลกุลเท่ากับ



ภาพประกอบ 2 โครงสร้างของสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline (2-AP)

สารหอม 2-AP มีลักษณะเป็นของเหลวใสไม่มีสี และเนื่องจากเป็นสารประกอบในโตรเจน ทำให้สารหอมนี้มีสมบัติเป็นเบสเล็กน้อย นอกจากนี้ยังเป็นสารที่ระเหยง่าย และไม่ค่อยเสถียร บางครั้งทำให้เกิดความยุ่งยากในการวิเคราะห์สารหอมนี้ในตัวอย่างข้าว (สุกัญญา เขียวสะอาด. 2543)

6. อิทธิพลของสภาพแวดล้อมที่มีต่อองค์ประกอบทางเคมีของข้าว

สิ่งแวดล้อมเป็นอีกปัจจัยที่มีผลต่อองค์ประกอบของข้าว โปรตีนที่เป็นองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ และมีปริมาณมากเป็นแหล่งที่สอง รองจากคาร์โบไฮเดรตหรือสตาร์ชโดยไม่ได้คิดปริมาณน้ำในข้าว และจัดเป็นแหล่งโปรตีนสำหรับผู้บริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก จากผลการวิจัยของนักวิจัยหลายกลุ่ม พบว่า สภาพแวดล้อมในการปลูกข้าวเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อปริมาณโปรตีนในข้าว เช่น การใส่ปุ๋ยในโตรเจนในระยะต่างๆ ขณะที่ข้าวเจริญเติบโต มีผลต่อการสร้างโปรตีนในเมล็ด โดยเฉพาะในขณะที่ข้าวออกดอกจะเพิ่มปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวได้ นอกจากนี้ระยะเวลาในการปลูกที่สั้น สภาพอากาศที่เมฆปกคลุม มากในขณะที่สร้างเมล็ด เช่น ฤดูฝน จะมีผลให้มีโปรตีนในเมล็ดข้าวสูงขึ้น สภาพแวดล้อมที่ผิดปกติบางช่วง เช่น มีเกลือ หรือเบส ในดินสูง อุณหภูมิสูงหรือต่ำมาก จะทำให้เมล็ดข้าวมีโปรตีนสูงขึ้นได้ และเมื่อปริมาณโปรตีนในเมล็ดเพิ่มขึ้นจะมีผลให้ปริมาณ สตาร์ชในเมล็ดข้าวลดลง (Juliano. 1993) เมื่อทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของข้าวเปลือก และส่วนที่ได้จากการกะเทาะเปลือก ขั้วข้าว และขัดมัน พบว่าแต่ละส่วนมีองค์ประกอบทางเคมี คือ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เส้นใยหยาบ เส้นใยอาหารที่ร่างกายสามารถย่อยได้ เถ้า และพลังงาน ที่แตกต่างกัน (อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547)

คุณภาพและมาตรฐานข้าวไทย

1. คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพ

1.1 น้ำหนักเมล็ด กำหนดได้ 2 แบบ คือน้ำหนักต่อปริมาณ หมายถึงการชั่งน้ำหนักข้าว ด้วยปริมาตรที่คงที่ เช่น กรัม/ลิตร หรือ กิโลกรัม/ถัง และแบบที่สองเป็นน้ำหนักต่อจำนวนเมล็ด หมายถึงการชั่งน้ำหนักข้าวด้วยจำนวนเมล็ดที่คงที่ เช่น กรัม/100 เมล็ด หรือกรัม/1000 เมล็ด น้ำหนักเมล็ดถือเป็นลักษณะหนึ่งในการจำแนกพันธุ์ข้าว เพราะควบคุมโดยลักษณะทางพันธุกรรม เป็นลักษณะที่คงที่มากที่สุด อาจแปรปรวนได้บ้างจากสภาพแวดล้อม เช่น ชนิดของดิน การใส่ปุ๋ย หรือ สภาพภูมิอากาศ (เครือวัลย์, 2536, อ้างโดย อรอนงค์, 2547)

1.2 สีเปลือกของข้าวเปลือก เป็นลักษณะประจำพันธุ์ข้าว มีหลายสีตั้งแต่สีขาว ฟาง น้ำตาลอ่อนถึงน้ำตาลเข้ม น้ำตาลทอง ร่องน้ำตาล กระน้ำตาล น้ำตาลแดง ม่วง หรือดำ เป็นต้น สำหรับพันธุ์ข้าวของประเทศไทยมีสีเปลือกส่วนใหญ่เป็นสีขาว หรือสีฟาง และสีน้ำตาล ส่วนสีน้ำตาลแดง สีเขียวแกมเทา และดำมีเป็นส่วนน้อย พันธุ์ข้าวที่มีคุณภาพดีควรมีเปลือกสีอ่อน (สีฟางหรือน้ำตาล) เพราะเปลือกสีเข้ม เมื่อนำไปสีจะได้เปอร์เซ็นต์แกลบสูง (เครือวัลย์, 2536; อังคณาและเครือวัลย์, 2539, อ้างโดย อรอนงค์, 2547)

1.3 สีข้าวกล้อง เป็นลักษณะประจำพันธุ์เช่นเดียวกับสีเปลือกของข้าวเปลือก ที่ควบคุมโดยยีน (gene) หลายคู่ สร้างสารสีประเภท แอนโทไซยานิน (anthocyanin) อยู่ในส่วนเยื่อหุ้มผล (pericarp) ซึ่งประเทศไทยพบพันธุ์ข้าวที่ให้สีข้าวกล้องจัดกลุ่มได้ 4 สี คือ ขาว น้ำตาล แดง และดำ (ม่วงดำ) คุณภาพข้าวกล้องที่เกี่ยวข้องกับสีขึ้นกับกลุ่มผู้บริโภคสูง (เครือวัลย์, 2536; อังคณาและเครือวัลย์, 2539, อ้างโดย อรอนงค์, 2547)

1.4 ขนาดและรูปร่าง เป็นลักษณะประจำพันธุ์ เพื่อจำแนกพันธุ์ข้าว และใช้เป็นเกณฑ์มาตรฐานในการซื้อขายข้าวของประเทศไทย โดยวัดขนาดเป็นความยาว วัดรูปร่างจากอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้าง และการวัดความหนาของเมล็ด ได้ดังนี้สูง (เครือวัลย์, 2536, อ้างโดย อรอนงค์, 2547)

ความยาวของเมล็ด หมายถึง ระยะทางจากปลายยอดสุดของเมล็ดถึงโคนเมล็ด
ความกว้างของเมล็ด หมายถึง ระยะทางส่วนที่กว้างที่สุดระหว่างเปลือกใหญ่ถึงเปลือกเล็ก
ความหนาของเมล็ด หมายถึง ระยะทางที่มากที่สุดระหว่างเปลือกใหญ่ด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างข้าวสาร ข้าวกล้องและข้าวเปลือก รูปร่างของเมล็ดข้าวสามารถแบ่งได้เป็น 3 แบบ คือ เรียว ปานกลาง และป้อม (ตารางที่ 1) ซึ่งผลที่ได้จะบอกถึงคุณภาพและ

ประสิทธิภาพของการคัดเลือกข้าวเปลือกเป็นข้าวกล้องและแกล้วสารแต่ละชนิด (USDA. 1982 , อ้างโดย อรอนงค์. 2547)

ตาราง 3 รูปร่างของเมล็ดข้าว

รูปร่าง	ข้าวเปลือก	ข้าวกล้อง	ข้าวสาร
เรียวยาว	3.4 or >	3.1 or >	3.0 or >
ปานกลาง	2.3-3.3	2.1-3.0	2.0-2.9
ป้อม	2.2 or <	2.0 or <	1.9 or <

ที่มา : USDA. 1982 (อ้างโดย อรอนงค์, 2547)

ขนาดและรูปร่างของเมล็ดข้าว เป็นลักษณะที่มีความสำคัญที่นักปรับปรุงพันธุ์ คำนึงถึงในด้านคุณภาพเมล็ด เป็นลักษณะหนึ่งที่ใช้จำแนกพันธุ์ข้าว เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มอินดิกา มีรูปร่างเมล็ดเรียวยาว นิยมปลูกในเขตร้อนของทวีปเอเชีย เช่น ประเทศไทย พม่า และปาकिสถาน เป็นต้น กลุ่มจาวันิกา มีรูปร่างเมล็ดปานกลาง เป็นข้าวที่มีแหล่งกำเนิดจากประเทศมาเลเซีย และที่มีหมู่เกาะ เช่น อินโดนีเซีย เป็นต้น จะมีความกว้าง และความหนาของกลุ่มอินดิกา และกลุ่มจาปอนิกา ซึ่งมีรูปร่างเมล็ดป้อม ปลูกกันมากในประเทศเขตอบอุ่น เช่น ไต้หวัน เกาหลี และญี่ปุ่น เป็นต้น (เครือวัลย์. 2536, อ้างโดย อรอนงค์. 2547)

ตาราง 4 เปรียบเทียบขนาดและรูปร่างของเมล็ดข้าวเปลือก ข้าวกล้อง และข้าวสาร

ชนิดเมล็ด	ลักษณะ เมล็ด	ความยาว มม.	ความกว้าง มม.	ยาว/กว้าง อัตราส่วน	ความหนา มม.	น้ำหนักเมล็ด มก./เมล็ด
ขาว ปานกลาง สั้น	ข้าวสาร	6.5-7.5	1.9-2.2	3.01-3.7:1	1.5-1.8	15-21
		5.4-6.0	2.3-2.7	2.11-2.6:1	1.7-1.9	17-21
		5.0-5.2	2.5-2.9	1.71-2.0:1	1.8-2.0	18-22
ขาว ปานกลาง สั้น	ข้าวกล้อง	6.8-8.0	2.0-2.3	3.01-3.8:1	1.6-1.9	16-20
		5.8-6.3	2.4-2.8	2.21-2.7:1	1.8-2.1	18-22
		5.2-5.4	2.6-3.0	1.81-2.0:1	1.9-2.1	20-23
ขาว ปานกลาง สั้น	ข้าวเปลือก	8.7-9.9	2.3-2.5	3.41-4.0:1	1.8-2.0	21-24
		7.8-8.4	2.9-3.2	2.51-2.8:1	1.9-2.0	23-25
		7.2-7.3	2.9-3.4	2.11-2.4:1	2.0-2.3	24-29

ที่มา : Web (1991) (อ้างโดย อรอนงค์, 2547)

1.5 ข้าวท้องไข หมายถึง จุดขาวขุนคล้ายขอลูกที่เกิดขึ้นในเนื้อของเมล็ดข้าวสาร มี 3 ลักษณะ คือ จุดขาวขุนตรงกลางของเนื้อเมล็ดข้าวสาร (white center) จุดขาวขุนด้านข้างและด้านท้องของเมล็ด ซึ่งเป็นด้านเดียวกับคัพพะ (white belly) และจุดขาวขุนด้านหลังของเมล็ดข้าวสาร ซึ่งเป็นด้านตรงข้ามกับคัพพะ (white back) ข้าวท้องไขนี้เกษตรกรทั่วไปอาจเรียกว่า ข้าวท้องปลาฉิว ข้าวท้องขาว หรือข้าวจอกก็ เป็นต้น จัดเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่บ่งบอกคุณภาพ และราคาข้าวเปลือก เนื่องจากเมล็ดข้าวที่เป็นข้าวท้องไขมาก เมื่อนำไปสีจะทำให้เมล็ดหัก จึงมีผลต่อคุณภาพการสีโดยตรง นอกจากนั้นยังเป็นลักษณะที่บ่งบอกถึงคุณภาพในด้านลักษณะปรากฏแก่ผู้บริโภคซึ่งส่วนใหญ่ต้องการเมล็ดข้าวสารเจ้าที่ใสมากกว่าที่มีจุดขาวภายในเนื้อเมล็ด เมื่อข้าวสารเจ้านั้นมีข้าวท้องไขมากจะทำให้ขายไม่ได้ราคาดี Fitzgerald et al. (2000) (อ้างโดย อรอนงค์, 2547) ได้ทำงานเพื่อหาสาเหตุพบว่า ข้าวที่ปลูกในบริเวณที่อากาศร้อน (อุณหภูมิสูง กลางวัน 38 °C และกลางคืน 21 °C) จะทำให้ข้าวมีลักษณะท้องไขมากกว่าข้าวที่ปลูกในบริเวณที่อากาศเย็น (อุณหภูมิกลางวัน 26 °C และกลางคืน 15 °C) ซึ่งเป็นข้าวพันธุ์เดียวกัน (อรอนงค์, 2547)

วิธีประเมินลักษณะท้องไขของสถาบันวิจัยข้าวระหว่างประเทศ (IRRI) ใช้การมองดูเมล็ดข้าวที่วางบนช่องที่แสงจากหลอดไฟส่องผ่าน เพื่อบอกปริมาณของจุดขาวขุน เป็นระดับคะแนนจาก 0-5 ซึ่งหมายถึง 0 = ไม่มีจุดขาวขุนในเมล็ดข้าวสาร, 1 = มีจุดขาวขุนเล็กน้อย (<20% ของเนื้อเมล็ด

ข้าวสาร), 2-3 = มีจุดขาวขุ่นปานกลาง (10-20% ของเนื้อเมล็ดข้าวสาร), 4-5 = มีจุดขาวขุ่นมาก (>20% ของเนื้อเมล็ดข้าวสาร) ทำการวัดทั้ง 3 ลักษณะ คือ ท้องไข่ที่เกิดกลางเมล็ด (white center) ท้องไข่ที่เกิดด้านข้าง (white belly) หรือด้านท้องของเมล็ดด้านเดียวกับคัพพะ และท้องไข่ที่เกิดด้านหลัง (white back) หรือด้านตรงข้ามกับคัพพะ คิดปริมาณเมล็ดข้าวท้องไข่เป็นเปอร์เซ็นต์จากจำนวนเมล็ด 50 เมล็ด ที่นำมาตรวจวัด (Ikehashi and Khush. 1979, อ้างโดย อรอนงค์. 2547)

1.6 ความเลื่อมมันของเมล็ด เป็นปัจจัยที่ใช้ประเมินคุณภาพและราคาข้าว เนื่องจากข้าวกล้องที่มีความเลื่อมมันดี เมื่อนำไปสีจะทำให้ข้าวไม่หัก ได้ข้าวเต็มเมล็ดมาก ข้าวหักน้อย ได้ข้าวเต็มเมล็ดมาก ลักษณะความเลื่อมมันของเมล็ดเป็นผลจากการปฏิบัติดูแลรักษาข้าวขณะปลูกเป็นอย่างดี (เครือวัลย์. 2536, อ้างโดย อรอนงค์. 2547)

1.7 ความขาวของข้าวสาร เมื่อนำข้าวกล้องไปขัดขาวจนได้ข้าวสารที่มีสีขาวเสมอ แต่อาจมีความขาวแตกต่างกันขึ้นอยู่กับระดับการสี ถ้าขัดเบาๆ จะมีสีคล้ำกว่าเมื่อขัดหนักๆ เพราะยังมีส่วนของรำติดอยู่ที่ผิวของเมล็ดข้าว สำหรับข้าวเปลือกที่เก็บไว้นาน ถ้านำไปสีจะได้ข้าวสารสีคล้ำกว่าข้าวเปลือกที่เก็บเกี่ยวใหม่ๆ ดังนั้นความขาวของข้าวสารจึงเป็นปัจจัยหนึ่งในการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานของข้าว (เครือวัลย์. 2536, อ้างโดย อรอนงค์. 2547) วัดความขาวนี้ได้ด้วยเครื่องวัดความขาว เช่นเครื่องความขาวแบบเค็ตต์ (Kett Whiteness Meter) เป็นต้น

1.8 ความใสของเมล็ด เป็นลักษณะความโปร่งแสง โดยแสงต้องผ่านได้ทั้งเมล็ดข้าว ต่างจากข้าวท้องไข่ ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะจุด ในข้าวเจ้าด้วยกันหรือแม้แต่พันธุ์เดียวกันจะมีความใสหรือขุ่นต่างกันได้ขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อมที่ปลูก ในขณะที่ข้าวเหนียวทั่วไปจะมีความทึบแสง ซึ่งตรวจสอบได้จากการดูด้วยตาเช่นเดียวกับการวัดข้าวท้องไข่ หรือใช้เครื่องมือวัด

2. คุณภาพการสี

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณภาพการสี 3 ปัจจัยหลัก คือ พันธุ์ข้าวหรือลักษณะประจำพันธุ์ การปฏิบัติการทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว และกระบวนการสีข้าว

2.1 พันธุ์ข้าว มีลักษณะประจำพันธุ์ซึ่งเป็นคุณสมบัติทางกายภาพในด้านขนาด รูปร่าง สีเปลือก สีข้าวกล้อง ข้าวท้องไข่ หรือความเลื่อมมันของเมล็ดข้าวแต่ละพันธุ์ จะมีต่อคุณภาพการสี เช่น พันธุ์ข้าวที่มีเมล็ดข้าวยาวมาก หรืออ้วน หรือมีข้าวท้องไข่มาก เมื่อนำไปสีจะให้ปริมาณข้าวเต็มเมล็ด และคืนข้าวต่ำ ส่วนพันธุ์ข้าว ที่ให้เมล็ดข้าวค่อนข้างยาว เรียว และเมล็ดใส จะให้ปริมาณข้าวเต็มเมล็ด และข้าวคืนสูง สำหรับพันธุ์ข้าวที่ให้ข้าวเปลือกที่มีเปลือกบาง สีอ่อน หรือปริมาณเปลือกน้อย เมื่อนำไปสีจะให้ปริมาณข้าวสารสูง และถ้าพันธุ์ข้าวให้ลักษณะข้าวกล้องสีเข้ม ต้องใช้แรงในการขัดขาวสูง และนานเพื่อให้ได้ข้าวสารขาว จึงอาจเป็นผลทำให้เกิดข้าวหักมากได้ (เครือวัลย์. 2536 ; อังคณา และ เครือวัลย์. 2539, อ้างโดย อรอนงค์. 2547)

2.2 การปฏิบัติก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว

2.2.1 การปฏิบัติก่อนการเก็บเกี่ยว ควรระบายน้ำออกจากนาก่อนการเก็บเกี่ยว 7-10 วัน เพื่อให้ข้าวสุกสม่ำเสมอ นาไม่แฉะขณะเก็บเกี่ยว ทำการเก็บเกี่ยวได้สะดวก ข้าวที่เกี่ยวสะอาด ตากได้ง่าย ข้าวแห้งสม่ำเสมอ ระยะเวลาเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม คือ ระยะเวลาที่นับจากการออกดอกของข้าวแล้ว 80% ต่อไปอีกประมาณ 30-35 วัน จะเป็นระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวข้าว ถ้าเก็บเกี่ยวข้าวช้าหรือเร็วเกินไปจะมีผลต่อปริมาณและคุณภาพการสี วิธีการเก็บเกี่ยวทำได้สองวิธี คือ การเก็บเกี่ยวด้วยแรงคน (โดยใช้เกี่ยวหรือแคะ) และการเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องเกี่ยวนวด

2.2.2 การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว การตากข้าวก่อนการนวด เป็นการลดความชื้นขั้นต้น ด้วยวิธีการสูบลม ทำเป็นกอง ทำราวแขวนในนาหรือบนคันทนา หรือบริเวณลานนวดเป็นเวลา 2-3 วัน หลังจากนั้นนำข้าวมาผ่านกระบวนการนวด ซึ่งเป็นการทำให้เมล็ดข้าวหลุดออกจากรวง ซึ่งทำได้หลายวิธี คือ โดยใช้แรงคน นวดด้วยการฟาด การย่ำด้วยเทคน หรือควาย หรือรถไถ ในปัจจุบันนิยมใช้เครื่องนวด และเครื่องเกี่ยวนวด แล้วนำข้าวเปลือกมาตาก เป็นการลดความชื้นข้าวเปลือกให้เหลือประมาณ 14% แต่ถ้าต้องการเก็บข้าวเปลือกไว้นานหลายเดือนควรตากให้เหลือความชื้น 12-12.5% แล้วนำไปเก็บในถังฉางที่สะอาด อากาศถ่ายเท มีตาข่ายป้องกันนก หนู และสัตว์อื่นๆ หรือถ้าเก็บในกระสอบควรมีไม้รองกระสอบสูงจากพื้น 5-6 นิ้ว เพื่อป้องกันไม่ให้เมล็ดข้าวเปลือกดูดความชื้นจากซีเมนต์ และควรเว้นช่องว่างระหว่างแถวเพื่อระบายอากาศ จะสามารถเก็บรักษาข้าวเปลือกให้อยู่ในสภาพที่ดี มีคุณภาพในการสีดี

2.3 กระบวนการสีข้าว มีวัตถุประสงค์เพื่อแยกเปลือก รำ ละคัพพะ ออกจากเนื้อเมล็ดข้าว ได้เป็นข้าวสารที่มีปริมาณข้าวเต็มเมล็ดมากที่สุด หรือมีข้าวหักน้อยที่สุด ผ่านกระบวนการพื้นฐาน 4 ขั้นตอน คือ การทำความสะอาด การกะเทาะ การขัดขาว และการคัดแยก ชนิดและการปรับตั้งเครื่องสีข้าว นับเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญ เนื่องจากการใช้เครื่องสีข้าวไม่เหมาะสมกับชนิด และลักษณะของเมล็ดข้าว หรือการปรับเครื่องไม่เหมาะสมในการกะเทาะ และการขัดขาว ก็จะทำให้เกิดข้าวหักมาก มีผลกระทบต่อคุณภาพการสี โดยเฉพาะปริมาณข้าวเต็มเมล็ดที่ได้

ดังนั้นคุณภาพการสีหมายถึง ประสิทธิภาพการสี และระดับการสี ให้ได้ข้าวสารตามต้องการ

ประสิทธิภาพการสี หมายถึง ปริมาณผลผลิตจากข้าวเปลือกที่ได้เป็นข้าวสารเต็มเมล็ด และคั้นข้าว ถ้าได้ข้าวสารเต็มเมล็ดและคั้นข้าวมาก แสดงว่าประสิทธิภาพการสีข้าวดี ซึ่งขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าว การปฏิบัติก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว และกระบวนการสีข้าว

ในกระบวนการสีข้าวจะได้ผลผลิตจากข้าวเปลือกดังนี้

ข้าวเปลือกสะอาด	100% จะได้
แกลบ	20-30%
รำ	8-11%
ข้าวสารรวม	66-72%

ข้าวสารรวมประกอบด้วย ข้าวเต็มเมล็ด, ต้นข้าว, ข้าวหักใหญ่, ข้าวหัก และปลายข้าว (เกรอิวัลย์, 2536, อ้างโดย อรอนงค์, 2547)

ระดับการสีหรือชั้นของการสี (degree of milling) หมายถึง ความหนักเบาหรือมากน้อยในการขัดข้าวกลิ้งให้เป็นข้าวสาร สิ่งที่ได้จากการขัด คือ รำ คัพพะ และส่วนของเนื้อเมล็ด โดยแบ่งระดับการสีเป็น 4 ระดับ คือ (เกรอิวัลย์, 2536 (อ้างโดย อรอนงค์))

1. สีดีพิเศษ หมายถึง การสี ขัดรำออกทั้งหมด จนเมล็ดข้าวสวยงามเป็นพิเศษ
2. สีดี หมายถึง การสี ขัดรำออกทั้งหมด จนเมล็ดข้าวสวยงามดี
3. สีดีปานกลาง หมายถึง การสี ขัดรำออกเป็นส่วนมาก จนเมล็ดข้าวสวยงามพอควร
4. สีธรรมดา หมายถึง การสี ขัดรำออกแต่เพียงบางส่วน

คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพ

การผลิตข้าวนอกจากจะให้ผลผลิตสูงแล้วยังต้องให้คุณภาพเมล็ดดีด้วย ซึ่งคำว่าคุณภาพข้าว นั้นมีความหมายครอบคลุมทั้งคุณสมบัติเมล็ดทางกายภาพและทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับการหุงต้มรับประทานและอื่น ๆ ในการกำหนดมาตรฐานข้าวเพื่อการส่งออกของประเทศขายข้าวทั้งหลายมักใช้คุณสมบัติเมล็ดทางกายภาพในการจำแนกเกรดของข้าวทุกชนิด ด้านการปรับปรุงพันธุ์ข้าวก็เช่นกัน คุณสมบัติเมล็ดทางกายภาพก็เป็นคุณสมบัติปัจจัยหนึ่งที่ใช้ในการจำแนกพันธุ์ข้าว เช่น พันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 มีเปลือกสีฟาง เมล็ดยาว 7.4 มิลลิเมตร รูปร่างเมล็ดเรียวยาว น้ำหนักข้าวเปลือก 100 เมล็ด ประมาณ 2.77 กรัม พันธุ์ชัยนาท 1 มีเปลือกสีฟางกันจุด เมล็ดยาว 7.7 มิลลิเมตร รูปร่างเมล็ดเรียวยาว น้ำหนักข้าวเปลือก 100 เมล็ด ประมาณ 2.92 กรัม เป็นต้น

คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพ หมายถึง คุณสมบัติต่างๆของเมล็ดที่สามารถมองเห็นหรือชั่งตวงวัดได้เช่น น้ำหนักเมล็ด (grains weight) สีข้าวเปลือก (hull color) สีข้าวกลิ้ง (pericarp color) ขนาดและรูปร่างเมล็ด (grain dimension) ลักษณะท้องไข (chalkiness) ความใสขุ่นของข้าวสาร (grain

translucency) ความแข็งของเมล็ด (grain hardness) ความขาวของข้าวสาร (whiteness rice) และคุณภาพการสี (milling quality)

1. น้ำหนักเมล็ด (grain weight) สามารถประเมินได้ 2 แบบ

- น้ำหนักต่อปริมาตรประเมินเป็นกรัมต่อลิตร หรือกิโลกรัมต่อถัง
- น้ำหนักต่อจำนวนเมล็ดประเมินเป็นน้ำหนัก 100 เมล็ด หรือน้ำหนัก 1,000 เมล็ด

น้ำหนักเป็นลักษณะที่ถูกควบคุมโดยลักษณะทางพันธุกรรมจะแปรปรวนไปตามขนาดและรูปร่างของเมล็ด ชนิดของดิน การใส่ปุ๋ย ความชื้นและสภาพภูมิอากาศ จากการตรวจสอบน้ำหนักของข้าวเปลือก 100 เมล็ดของข้าวพันธุ์ไทยจำนวน 344 พันธุ์ พบว่าน้ำหนักแปรปรวนระหว่าง 10.62-4.17 กรัม ส่วนข้าวพันธุ์ดีของไทยที่รัฐบาลส่งเสริมให้ปลูกจะมีน้ำหนัก 100 เมล็ด ระหว่าง 2.25-3.67 กรัม ซึ่งน้ำหนักเมล็ดจะมีความสัมพันธ์กับความยาวและความกว้างของเมล็ด

2. สีของเปลือกเมล็ด

สีของเมล็ดข้าวเปลือกเป็นลักษณะประจำพันธุ์ สีของข้าวเปลือกเมื่อยังอ่อนและเมื่อสุกแก่จะแตกต่างกัน เช่น เมื่อเมล็ดข้าวยังอ่อนที่มีเปลือกสีขาวเมื่อสุกอาจเปลี่ยนเป็นสีเหลืองทอง น้ำตาลอ่อน น้ำตาลเข้มได้ หรือเมล็ดข้าวยังอ่อนมีสีแตกต่างกันแต่พอเมล็ดแก่เปลือกอาจเปลี่ยนเป็นสีเดียวกันได้ สีของเปลือกเมล็ดข้าวจะมีผลต่อสีของข้าวสารหนึ่ง กล่าวคือ เมล็ดข้าวเปลือกที่มีสีเข้ม ข้าวสารหนึ่งก็จะมีสีเข้มด้วย ดังนั้นในการผลิตข้าวหนึ่งให้มีความต้องการของผู้บริโภคจึงต้องคำนึงถึงสีของเมล็ดข้าวเปลือกที่ใช้เป็นวัตถุดิบด้วย สีของข้าวเปลือกที่พบจะมีทั้งสีขาว (white) ฟาง (straw) น้ำตาลอ่อนถึงเข้ม (light to dark brown) กระน้ำตาล (brown spots)

3. สีข้าวกล้อง (pericarp color)

สีของข้าวกล้องจะแสดงออกที่เยื่อหุ้มผล เช่น ขาว แดง น้ำตาลเข้ม น้ำตาลเทา และม่วงถึงเกือบดำ สีข้าวกล้องมีผลต่อสีข้าวสารหนึ่งเช่นเดียวกับสีของเมล็ดข้าวเปลือก นอกจากนี้ยังมีผลต่อคุณภาพการขัดสี ข้าวกล้องที่มีสีเข้มต้องใช้เวลาในการขัดนานหรือใช้แรงกดมาก เพื่อให้สีของรำที่เป็นสีเข้มหลุดออกทำให้เกิดข้าวหักมาก มีปริมาณข้าวเต็มเมล็ดต้นข้าวน้อย ไม่เป็นที่ต้องการของโรงสี ดังนั้นสีของข้าวกล้องซึ่งเป็นที่ต้องการคือข้าวกล้องที่มีสีอ่อน สำหรับส่วนที่เป็นแป้ง (endosperm) ของข้าวทุกชนิดจะมีสีขาวเสมอ ถึงแม้ข้าวกล้องจะเป็นสีอื่นก็ตาม

4. ขนาดรูปร่างเมล็ด (grain dimension)

ขนาดรูปร่างของเมล็ดข้าวเป็นลักษณะประจำพันธุ์ มีความแตกต่างกันขึ้นกับพันธุ์และสภาพพื้นที่ปลูก ขนาดรูปร่างเมล็ดได้แก่ ความยาว (length) ความกว้าง (width) ความหนา (thickness) และรูปร่าง (shape) ขนาดเมล็ด เช่น ข้าวพวก indica จะมีรูปร่างเมล็ดเรียวยาว ก่อนข้างป้อม พวก japonica มีรูปร่างเมล็ดสั้นและกลม ส่วนพวก javanica มีรูปร่างหนาและกว้าง

ขนาดเมล็ด จำแนกตามความยาวของเมล็ดได้เป็น 6 ประเภท .

ยาวมาก	ยาวกว่า 7.50 มม.
ยาว	7.060-7.500 มม.
ค่อนข้างยาว	6.10-7.059 มม.
ปานกลาง	6.101-6.609 มม.
ค่อนข้างสั้น	5.051-6.10 มม.
สั้น	สั้นกว่า 5.50 มม.

รูปร่างเมล็ด จำแนกโดยสัดส่วนความยาว/ความกว้าง เป็น 3 ประเภท คือ

เรียวยาว	มากกว่า 3.0 ขึ้นไป
ปานกลาง	2.1-3.0
ป้อม	2.0 ลงมา

คุณภาพการหุงต้มและการรับประทาน

ข้าวเป็นอาหารหลักและเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญของไทย อ่องกง เกาหลี อินเดีย ปากีสถาน ฟิลิปปินส์ อินโดนีเซียและจีน เนื่องจากผู้บริโภคต้องนำข้าวสารมาหุงต้มก่อนรับประทาน ดังนั้นเนื้อสัมผัสของข้าวสุก (cooking-rice texture) จึงมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อคุณภาพในการหุงต้มคุณภาพในการรับประทาน แต่ลักษณะข้าวสุกที่นิยมบริโภคจะแตกต่างกันไปเช่น อ่องกง จีน ญี่ปุ่น และเกาหลีนิยมข้าวสุกที่นุ่มเหนียว ส่วนอินเดีย ปากีสถาน ฟิลิปปินส์ และอินโดนีเซียนิยมข้าวสุกร่วนถึงค่อนข้าง่วน

ความชอบในการบริโภคข้าวแต่ละภูมิภาคก็มีความแตกต่างกัน ผู้บริโภคในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือนิยมบริโภคข้าวเหนียว หรือข้าวเจ้าที่มีความนุ่มเหนียวถ้ามีกลิ่นหอม ความชอบจะเพิ่มขึ้น ส่วนภาคกลางและภาคใต้ส่วนใหญ่นิยมบริโภคข้าวสุกร่วน ดังนั้นในตลาดทั่วไปจึงมีข้าวหลายประเภทที่เรียกชื่อต่างกันสามารถแยกได้ 3 กลุ่ม คือ

1. ข้าวเสาไห้ ข้าวสุกเป็นข้าว่วนและแข็ง
2. ข้าวขาวตาแดง ข้าวสุกร่วนแต่ไม่แข็ง
3. ข้าวหอมมะลิ ข้าวสุกนุ่มเหนียวมีกลิ่นหอม

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพข้าวสุก

1. ปริมาณอะไมเลส (apparent amylase content) อัตราส่วนของอะไมเลสและอะมิเปคตินเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ข้าวสุกมีคุณภาพแตกต่างกัน กล่าวคือ อะไมเลสเปคตินทำให้ข้าวสุกเหนียวในขณะที่อะไมเลสทำให้ความเหนียวของข้าวสุกลดลง เช่น ข้าวเหนียวมีอะมิโลเปคตินสูงหรือมีอะไมเลสปนอยู่เล็กน้อยข้าวสุกจึงเหนียว ส่วนข้าวเจ้าที่มีอะไมเลสสูงข้าวสุกมักร่วนและแข็งกว่าอะไมเลสปานกลางและต่ำตามลำดับ ข้าวอะไมเลสสูงในขณะที่หุงต้มจะดูคาวและขยายตัวได้มากกว่าข้าวอะไมเลสต่ำ ได้มีการจัดแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอะไมเลสดังนี้

ประเภทข้าว	% อะไมเลส	ลักษณะข้าวสุก
ข้าวเหนียว	0-2	เหนียวมาก
ข้าวอะมิโลสต่ำ	10-19	เหนียวและนุ่ม
ข้าวอะไมเลสปานกลาง	20-25	เหนียวและนุ่มเล็กน้อย
ข้าวอะไมเลสสูง	25-34	ร่วนค่อนข้างแข็ง

ในกลุ่มข้าวหอมมะลิ มีอยู่ 2 พันธุ์ ที่มีลักษณะคุณภาพใกล้เคียงกันคือ พันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 และ กข 15 เป็นข้าวที่มีอะไมเลสต่ำ ข้าวสุกจึงนุ่มและเหนียว อีกทั้งมีกลิ่นหอมจึงเป็นที่นิยมของผู้บริโภค

2. ความคงตัวของแป้งสุก (gel consistency) แม้ว่าปริมาณอะไมเลสจะเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ข้าวสุกมีคุณภาพแตกต่างกัน แต่ข้าวบางพันธุ์มีอะไมเลสใกล้เคียงกัน โดยเฉพาะข้าวที่มีอะไมเลสสูง คุณภาพข้าวสุกยังแตกต่างกันทั้งนี้ขึ้นกับปฏิกิริยาการคั่วตัวของแป้งสุกเมื่อทำให้เย็นจะทำให้แป้งแข็งตัวและมีผลต่อการความนุ่มของข้าวสุก ดังนั้นค่าความคงตัวของแป้งสุกจึงสามารถใช้คาดคะเนคุณสมบัติของข้าวสุกควบคู่กับปริมาณอะไมเลส ค่าความคงตัวของแป้งสุกเป็นระยะทาง (มม.) ที่แป้งสุกไหลไปเมื่อวางในแนวราบ มีการจัดแบ่งประเภทข้าวตามลักษณะนี้ เป็น 3 พวกคือ

ประเภทแป้งสุก	ระยะทางที่แป้งไหล (มม.)
แป้งสุกแข็ง	น้อยกว่า 40
แป้งสุกอ่อนปานกลาง	41-60
แป้งสุกอ่อน	61-100

3. อุณหภูมิแป้งสุก (gelatinization temperature) เป็นอุณหภูมิที่ทำให้แป้งสุกกลายเป็นเจลและเปลี่ยนจากทึบแสงเป็นใส คุณสมบัตินี้มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาข้าวให้สุก ข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกสูงจะใช้เวลาในการหุงต้มนานกว่าข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ โดยทั่วไปการหุงข้าวให้สุกจะใช้เวลา 13-24 นาที ได้มีการแบ่งประเภทข้าวตามระดับอุณหภูมิเป็น 3 พวก คือ

อุณหภูมิแป้งสุก(°ซ) ประเภทอุณหภูมิแป้งสุก ค่าการสลายเมล็ดในด่าง KOH 1.7%

ต่ำกว่า 69	ต่ำ	6-7
70-74	ปานกลาง	4-5
สูงกว่า 74	สูง	1-3

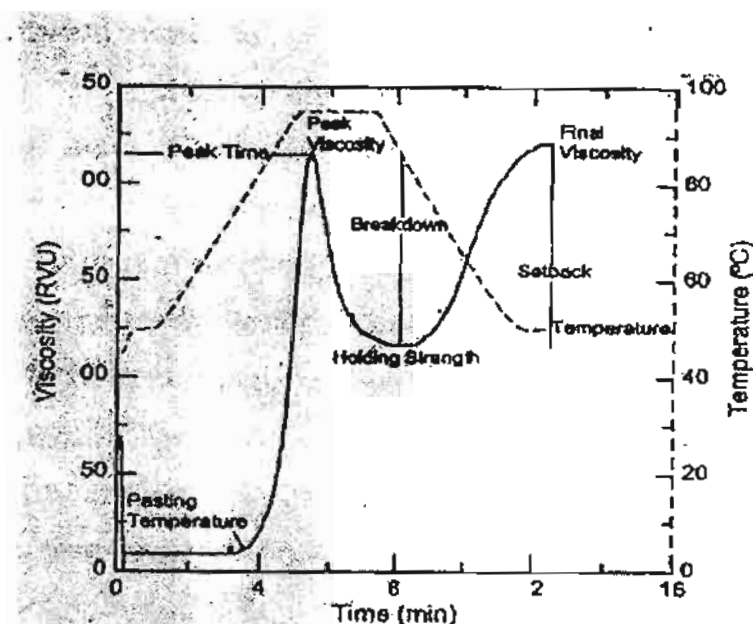
4. การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก (elongation ratio) ในระหว่างการหุงต้มเมล็ดข้าวจะขยายตัวโดยรอบ โดยเฉพาะด้านยาว ข้าวบางพันธุ์เมล็ดสามารถยืดตัวได้มากซึ่งเป็นลักษณะพิเศษ เช่น ข้าวบาสมาคี 370 ซึ่งสามารถยืดตัวได้มากกว่า 2 เท่าของความยาวเมล็ดข้าวสาร การที่เมล็ดขยายตัวได้มากทำให้เนื้อภายในโปร่งขึ้น ไม่อัดแน่น ส่วนพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ก็สามารถยืดตัวดี ทำให้ข้าวสุกน่ารับประทานแต่เนื่องจากเป็นข้าวอะไมโลสต่ำข้าวสุกจะนุ่มเหนียวติดกันจึงทำให้ไม่ขึ้นหม้อ

อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก หมายถึงอัตราส่วนระหว่างความยาวของเมล็ดข้าวสุกต่อความยาวของเมล็ดข้าวสาร ได้มีการแบ่งอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกเป็น 2 กลุ่ม คือ

ยืดปกติ	น้อยกว่า 1.9
ยืดมาก	มากกว่า 1.9

5. กลิ่นหอม (aroma) เป็นลักษณะพิเศษและเป็นลักษณะประจำพันธุ์ ข้าวสุกที่มีกลิ่นหอมทำให้ความชอบของผู้บริโภคบางกลุ่มเพิ่มขึ้น ข้าวที่มีกลิ่นหอมจะมีสาร 2 acetyl-1-pyrroline มากกว่าข้าวทั่วไป ในข้าวสารของพันธุ์ข้าวหอมจะมีปริมาณสารดังกล่าว 0.04-0.09 ไมโครกรัมต่อกรัม

6. ความเหนียว เป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของแป้ง เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพปัจจัยที่สำคัญต่อความเหนียวของแป้ง ได้แก่ ชนิดของแป้งและการดัดแปลงด้วยวิธีต่างๆ วิธีการวัดความเหนียวของแป้งสามารถทำได้หลายวิธี และมีเครื่องมือที่ใช้วัดหลายชนิด แต่ละชนิดมีหลักการทำงานและการอ่านค่าที่แตกต่างกัน



ภาพประกอบ 3 ตัวอย่างกราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ความหนืดของแป้งโดยเครื่อง RVA
ที่มา :Newport Scientific Pty,Ltd.(1995)

คุณภาพในการซื้อขาย

การประเมินคุณภาพข้าวในการซื้อขายนั้น สิ่งที่กำหนดราคาข้าว ได้แก่

1. ความชื้น มีบทบาทสำคัญในการกำหนดราคาข้าว ข้าวที่เก็บเกี่ยวในระยะที่เหมาะสมและนำมาลดความชื้นเหลือประมาณร้อยละ 13-15 จะมีราคาสูงกว่าข้าวที่มีความชื้นสูง เนื่องจากข้าวแห้งจะมีความชื้นเหมาะสม สามารถทำการสีได้ทันทีโดยไม่ต้องนำมาลดความชื้นอีก แต่หากเก็บซื้อข้าวที่มีความชื้นสูงจะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการลดความชื้น ดังนั้นหากข้าวมีความชื้นเกินกว่าที่กำหนดจะถูกตัดราคา
2. ลักษณะทางกายภาพของข้าว โดยการกะเทาะและขัดสีเพื่อประเมินสีข้าวกล้อง ท้องไข่ ความใสของเมล็ดและสิ่งเจือปนอื่น ๆ เช่นข้าวแดง ข้าวเหลือง ข้าวเสีย หรือข้าวชนิดอื่นปน ซึ่งลักษณะเหล่านี้ในปริมาณต่างกันจะเป็นตัวกำหนดราคา
3. คุณภาพการสี เพื่อประเมินผลการแปรสภาพจากข้าวเปลือกเป็นข้าวสาร ปริมาณข้าวรวม ข้าวเต็มเมล็ด คั้นข้าว ข้าวหักขนาดต่าง ๆ และปลายข้าว ซึ่งผลได้จากการขัดสีของข้าวที่รับซื้อจะเป็นราคาที่โรงสีใช้ประเมินผลในการแปรสภาพในโรงสีจริง โดยทั่วไปโรงสีจะตั้งเกณฑ์ขั้นต่ำ

ของผลได้จากการจัดซื้อข้าวที่รับซื้อ หากข้าวที่เกษตรกรนำมาจำหน่ายมีผลได้จากการจัดซื้อต่ำกว่าเกณฑ์จะถูกตัดราคา

4. ประเภทของข้าว ข้าวคุณภาพดี ตามความต้องการของตลาดและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค มักมีราคาดีกว่าข้าวคุณภาพต่ำจากปัจจัยต่าง ๆ ที่กำหนดราคาข้าวดังกล่าวแล้วในการซื้อขาย ยังมีการแบ่งชนิดของข้าวเป็นชั้นต่างๆ เช่น ข้าว 100% ข้าว 5% ข้าว 10% เป็นต้น

คุณภาพของข้าวขณะเก็บรักษา

กระบวนการในการเก็บรักษามีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมี เคมีกายภาพ และทางกายภาพของข้าว เช่นการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติการเกิดเจล สี กลิ่น ซึ่งเหล่านี้มีผลต่อคุณภาพการบริโภค (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547 ; Zhou and others, 2003 A) การเก็บของข้าวมีกระบวนการที่ซับซ้อน ซึ่งทำให้คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของเมล็ดข้าวเปลี่ยนไป สตาร์ช โปรตีน และไขมันเป็นส่วนประกอบหลักของเมล็ดข้าวที่มีผลต่อคุณภาพการบริโภคและการหุงต้ม ในระหว่างการเก็บรักษาปริมาณทั้งหมดของ สตาร์ช โปรตีน และไขมัน ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญในเมล็ดข้าวจะไม่เปลี่ยนแปลง แต่มีการเปลี่ยนโครงสร้างเกิดขึ้น การเปลี่ยนแปลงนี้มีผลต่อ คุณสมบัติของเจลและแป้งเปียก กลิ่นรส และเนื้อสัมผัสของเมล็ดข้าว นอกจากนี้ในระหว่างการเก็บรักษายังมีการเปลี่ยนแปลงของโมเลกุลที่อยู่ภายใน เช่น กรดอะมิโน หรือการเปลี่ยนแปลงของกรดไขมันต่างๆ จากปฏิกิริยาภายในที่เกิดขึ้น (Zhou and others, 2002 ; Zhou and others, 2003 A) การเปลี่ยนแปลงของข้าวเกิดขึ้นตลอดเวลาตั้งแต่การเก็บเกี่ยวจนถึงมือผู้บริโภค โดยขึ้นอยู่กับสถานะการเก็บรักษา เช่น อุณหภูมิ เวลา และความชื้น ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพข้าวจากการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี โดยพบว่าอุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมากกว่าปัจจัยอื่น ลักษณะที่เห็นได้ชัดของข้าวหุงสุกในข้าวใหม่จะได้ลักษณะที่แฉะ เกาะติดกัน อุ้มน้ำได้น้อย ขยายปริมาตรไม่มาก ส่วนข้าวเก่าจะร่วนและแข็ง ไม่เกาะติดกัน อุ้มน้ำมาก ขยายปริมาตรมาก นอกจากนี้ข้าวที่เก็บไว้นานที่อุณหภูมิสูงจะมีสีเหลือง ตลอดจนกลิ่นและรสชาติที่เปลี่ยนไปในระหว่างการเก็บ

ทุ่งกุลาร้องไห้

ทุ่งกุลาร้องไห้เป็นทุ่งราบที่มีอาณาเขตกว้างขวางที่สุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ อยู่ในแถบลุ่มแม่น้ำมูลเริ่มตั้งแต่ทุ่งสัมฤทธิ์อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา เรื่อยไปทางทิศตะวันออกไปถึงเขต จังหวัดศรีสะเกษ ขุขันธ์ แต่เป็นพื้นที่ที่ไม่ติดกันมีบางตอนเป็นป่าละเมาะ ส่วนพื้นที่ที่ต่อเนื่องกันมากที่สุด กว้างยาวที่สุดนั้นเริ่มต้นที่อำเภอพยัคฆภูมิพิสัย จังหวัดมหาสารคาม เรื่อยขึ้นไปทางทิศตะวันออกมีความยาวกว่าร้อยกิโลเมตร ส่วนกว้างที่สุดอยู่ที่อำเภอปทุมรัตน์, เกษตรวิสัย และสุวรรณภูมิ ความกว้างจากสุวรรณภูมิถึงท่าตูม ประมาณ 40 กิโลเมตร พื้นที่ตามลุ่มแม่น้ำมูลจะมีทุ่งว่างต่อเนื่องกันเป็นระยะเรื่อยมา

ทุ่งกุลาร้องไห้เป็นแหล่งปลูกข้าวหอมมะลิที่สำคัญที่สุดแห่งหนึ่งของประเทศไทย มีพื้นที่ประมาณ 2.1 ล้านไร่ สภาพภูมิประเทศเป็นลักษณะแอ่งกระทะขนาดใหญ่ รอบชายทุ่งจะเป็นที่สูงและค่อยๆ ลาดเท มาจดพื้นที่ตอนกลาง พื้นที่ส่วนใหญ่จะเป็นที่ราบ (หม่อมอมร วงศ์วิจิตร. 2535)

จากขอบเขต 2.1 ล้านไร่ จะมีอาณาเขตครอบคลุมพื้นที่ 5 จังหวัด 10 อำเภอ 51 ตำบล 652 หมู่บ้าน ดังนี้ จังหวัดร้อยเอ็ด มีเนื้อที่ทั้งหมด 986,807 ไร่ หรือประมาณร้อยละ 46.8 ของพื้นที่ทั้งหมด อยู่ในท้องที่อำเภอ 4 อำเภอ คือ อำเภอปทุมรัตน์ อำเภอเกษตรวิสัย อำเภอสุวรรณภูมิ และอำเภอโพนทราย ในแนวทิศใต้มีลำน้ำมูลทอดยาวตลอดพื้นที่อำเภอชุมพลบุรี อำเภอท่าตูม จังหวัดสุรินทร์ มีเนื้อที่ทั้งหมด 575,993 ไร่ หรือประมาณร้อยละ 27.3 ของพื้นที่ทั้งหมด จังหวัดศรีสะเกษ มีเนื้อที่ทั้งหมด 287,000 ไร่ หรือ ประมาณร้อยละ 13.6 ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งอยู่ในท้องที่อำเภอเดียว คือ ราษีไศล จังหวัดมหาสารคาม มีเนื้อที่ทั้งหมด 193,890 ไร่ หรือประมาณร้อยละ 9.2 ของพื้นที่ทั้งหมด เป็นบางส่วนของอำเภอพยัคฆภูมิพิสัย และจังหวัดขุขันธ์ มีเนื้อที่ทั้งหมด 64,000 หรือประมาณร้อยละ 3.1 ของพื้นที่ทั้งหมด อยู่ในบางส่วนของอำเภอมหาชนะชัย และอำเภอก้อวัง ซึ่งในพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้ประมาณ 3 ใน 5 นั้นอยู่ในเขตจังหวัดร้อยเอ็ด สภาพภูมิประเทศเป็นแอ่งท้องกระทะขนาดใหญ่ มีปริมาณน้ำฝนปลายปีเฉลี่ย 1,000-1,300 มิลลิเมตร สภาพดินเป็นดินเค็มและบางส่วนเป็นดินเปรี้ยว มีพื้นที่การเกษตร 1.7 ล้านไร่ มีพื้นที่ปลูกข้าว 1.4 ล้านไร่ ซึ่งร้อยละ 90 มีการปลูกข้าวหอมมะลิ เขตทุ่งกุลาร้องไห้มีสภาพดินที่แห้งแล้งและขาดความอุดมสมบูรณ์ ทำให้ผลผลิตข้าวหอมมะลิในเขตนี้ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศ แต่อย่างไรก็ตามข้าวหอมมะลิที่ปลูกในเขตนี้ได้รับการยอมรับว่าเป็นข้าวที่มีคุณภาพดี คือ มีเมล็ดขาวเรียวยาว สารขาวใสไม่มีสีเหลือง มีความนุ่มและเหนียวมากเป็นพิเศษ และมีความหอมมาก (ทุ่งกุลาร้องไห้แหล่งผลิตข้าวหอมมะลิที่ดีที่สุดในโลก. 2545 ; สุขสันต์ สุขธิผล ไพบูลย์. 2541)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. การศึกษาคุณภาพทางเคมี และความหอม

องค์ประกอบทางเคมีของข้าวเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพและการยอมรับของผู้บริโภค คุณภาพของข้าวสุกขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย คุณสมบัติของสสารเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณอะไมโลสที่เป็นองค์ประกอบภายในโมเลกุล ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ ข้าวสุกจะมีลักษณะนุ่ม และเหนียว ส่วนข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูงข้าวสุกจะมีลักษณะร่วน และแข็ง (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547) จากการศึกษาของ Lima และ Singh (1993) พบว่า ชนิดของข้าว อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาข้าว มีผลต่อการเกิดเจลาตินาเซชัน การเกิดรีโทรกราเดชัน และความแข็งของข้าวสุก Fan และ Marks (1999) พบว่าปริมาณอะไมโลสในเมล็ดสสารมีความสัมพันธ์กับการเกิดรีโทรกราเดชัน ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูงจะมีอัตราการเกิดรีโทรกราเดชันสูง และเร็วกว่าข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ เพราะข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำนั้นมีโมเลกุลของอะไมโลเพคตินมีกิ่งก้านสาขาที่เป็นอุปสรรคต่อการรวมตัวเป็นผลึก สำหรับอะไมโลเพคตินสามารถเกิดรีโทรกราเดชันได้เมื่อมีความเข้มข้นสูง จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดรีโทรกราเดชันและลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุก โดย พอใจ ถามาตร และอารีรัตน์ อัมศิลป์ (2543) พบว่าอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวหุงสุกมีผลต่อการเกิดรีโทรกราเดชัน และความแข็งของข้าวหุงสุก โดยพบว่าข้าวสายพันธุ์ที่มีปริมาณอะไมโลสสูงจะมีค่าการเกิดรีโทรกราเดชันและความแข็งสูงด้วย

นักวิจัยส่วนใหญ่ตรวจสอบ และพบความสัมพันธ์ของคุณภาพการหุงต้ม การรับประทาน และการแปรรูป กับสสารที่เป็นองค์ประกอบหลักในเมล็ดข้าวในระดับโมเลกุลของอะไมโลส และอะมิโลเพคติน นอกจากนี้ยังมีองค์ประกอบรองเช่น โปรตีน ก็อาจมีผลต่อเนื้อสัมผัสของข้าวด้วยเช่นกัน จากงานวิจัยของ Hamaker (1994) ได้ทำการศึกษาและพบว่าโปรตีนมีผลในการดูดซับน้ำและการพองตัวของเมล็ดสสารระหว่างการหุงต้ม นอกจากนั้นยังพบว่า โปรตีน และเมล็ดสสารอาจเกิดปฏิกิริยาเคมีร่วมกันระหว่างการหุงต้ม โดยเฉพาะ โปรตีนชนิด Oryzanin ที่มีมากกว่าโปรตีนชนิดอื่น ทำให้ประสิทธิภาพการดูดซับน้ำของสสารลดลง จึงทำให้เนื้อสัมผัสของข้าวร่วนขึ้น ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพการหุงต้มของข้าวอีกประการหนึ่งคือสภาวะการเก็บรักษา ถ้าการปฏิบัติไม่ถูกต้อง เห็นได้จากการศึกษาของ จามซิ่น คงเสรี และคณะ (2528) พบว่า วิธีการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภายในองค์ประกอบของเมล็ดข้าว จากการทดลองเก็บตัวอย่างข้าวที่สภาวะที่แตกต่างกัน คือ บรรจุในกระสอบปอ โองเคลือบ ถุงพลาสติก และถุงพลาสติกสุญญากาศ ทำการเก็บในสภาวะห้องของโรงสีเมื่อทำการเปรียบเทียบคุณภาพการบริโภค และองค์ประกอบทางเคมีพบว่าข้าวที่เก็บในถุงพลาสติกสุญญากาศ เป็นวิธีการที่ดีที่สุด และจากการศึกษาของ Chrastil (1994) ทำการศึกษาพบว่า

การเปลี่ยนแปลงของคุณภาพข้าวในระหว่างเก็บรักษาเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนและสตาร์ช ตลอดจนการทำปฏิกิริยาสัมพันธ์กันระหว่างโปรตีน และสตาร์ชในระดับโครงสร้างของโมเลกุล Barikmo, Ouattara และ Oshaug (2004) ศึกษาและรวบรวมข้อมูลปริมาณองค์ประกอบของธัญพืชเพื่อเก็บเป็นฐานข้อมูล พบว่าธัญพืชต่างชนิดกันและต่างที่ปลูกจะมีปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน Heinemann และคณะ (2005) ได้ศึกษาเปรียบเทียบสารอาหารที่มีอยู่ในข้าวโดยแบ่งเป็นข้าวขาว, ข้าวขาวดัม, ข้าวกล้อง, ข้าวกล้องดัม พบว่ามีปริมาณโปรตีน ไขมัน และเถ้าที่แตกต่างกันระหว่างข้าวขาวกับข้าวกล้อง การดัมไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของสารอาหารจากการศึกษาของจิรศักดิ์ คงเกียรติขจร, เพลงพิน ศิวพรวิทย์ และทรงศิลป์ พงษ์ชนะชัย (2547) พบว่าอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณอะไมโลสของข้าวเปลือกสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 โดยเก็บที่อุณหภูมิ 25 และ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 เดือน แต่มีการเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลรีดิวซ์ที่เก็บที่ 37 องศาเซลเซียส คือมีปริมาณเพิ่มขึ้น และเมื่อเก็บที่ 25 องศาเซลเซียส มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดลง อย่างไรก็ตามปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณอะไมโลสไม่มีการเปลี่ยนแปลง กระบวนการในการเก็บรักษาข้าวมีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพ และทางกายภาพของข้าว เช่นการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติการเกิดเจล สี กลิ่น ซึ่งเหล่านี้มีผลต่อคุณภาพการบริโภค (อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547 ; Zhou and others. 2003 A) การเก่าของข้าวมีกระบวนการที่ซับซ้อน ซึ่งทำให้คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของเมล็ดข้าวเปลี่ยนไป สตาร์ช โปรตีน และไขมันเป็นส่วนประกอบหลักของเมล็ดข้าวที่มีผลต่อคุณภาพการบริโภคและการหุงต้มในระหว่างการเก็บรักษาปริมาณทั้งหมดของ สตาร์ช โปรตีน และไขมัน ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญในเมล็ดข้าวจะไม่เปลี่ยนแปลง แต่มีการเปลี่ยนโครงสร้างเกิดขึ้น การเปลี่ยนแปลงนี้มีผลต่อ คุณสมบัติของเจลและแป้งเปียก กลิ่นรส และเนื้อสัมผัสของเมล็ดข้าว นอกจากนี้ในระหว่างการเก็บรักษายังมีการเปลี่ยนแปลงของโมเลกุลที่อยู่ภายใน เช่น กรดอะมิโน หรือการเปลี่ยนแปลงของกรดไขมันต่างๆ จากปฏิกิริยาภายในที่เกิดขึ้น (Zhou and others. 2002 ; Zhou and others. 2003 B) การเปลี่ยนแปลงของข้าวเกิดขึ้นตลอดเวลาตั้งแต่การเก็บเกี่ยวจนถึงมือผู้บริโภค โดยขึ้นอยู่กับสภาวะการเก็บรักษา เช่น อุณหภูมิ เวลา และความชื้น ซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพข้าวจากการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมี โดยพบว่าอุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมากกว่าปัจจัยอื่น ลักษณะที่เห็นได้ชัดของข้าวหุงสุกในข้าวใหม่จะได้ลักษณะที่แฉะ เกาะติดกัน อุ่นน้ำได้น้อย ขยายปริมาตรไม่มาก ส่วนข้าวเก่าจะร่วนและแข็ง ไม่เกาะติดกัน อุ่นน้ำมาก ขยายปริมาตรมาก

ในอดีตและปัจจุบันมีนักวิชาการมากมายที่สนใจเกี่ยวกับกลิ่นหอมของอาหารชนิดต่างๆ เช่นเดียวกับกลิ่นหอมในข้าว เนื่องจากในปัจจุบันข้าวหอมได้รับความนิยมจากผู้บริโภคทั้งในเอเชียและกำลังเป็นที่นิยมในตลาดข้าวยุโรปและอเมริกา (Singh, Singh and Khush. 2000 ;

Yoshihashi, Nguyen and Kabaki. 2004 ; สุกัญญา มหาธีรานนท์. 2540) ผู้บริโภคบางกลุ่มนิยมบริโภคข้าวหอม แต่ถ้าข้าวที่ไม่มีกลิ่นหอมก็ทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับเช่นกัน ดังนั้นการวิเคราะห์ปริมาณกลิ่นหอมในข้าวจึงมีความสำคัญเพื่อเป็นการคัดเลือกลายพันธุ์ว่าเป็นข้าวหอมหรือไม่ การทดสอบกลิ่นนั้นนอกจากใช้ผู้ทดสอบแล้วยังมีการใช้เทคนิคที่มีความรวดเร็วและแม่นยำในการตรวจสอบคือ เทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี (Gas Chromatography) ในระยะเริ่มต้นในการหาสารหอมในข้าว นั้นยังไม่มีวิธีการและเทคนิคที่แน่นอนในการวัดปริมาณสารหอมของข้าว จึงใช้การดมกลิ่นโดยผู้เชี่ยวชาญเท่านั้น และวัดระดับความหอมเป็นมากกว่าน้อยกว่าเท่านั้น ด้วยเหตุนี้จึงมีผู้สนใจที่จะศึกษาและพัฒนาเทคนิคที่จะหาปริมาณความหอม Buttery, Ling และ Juliano (1982) ได้รายงานการค้นพบสารให้ความหอมในข้าว คือ สาร 2-acetyl-1-pyrroline (2-AP) และเสนอให้เป็นสารหลักที่ให้กลิ่นหอมในข้าว โดยกลิ่นหอมของสารชนิดนี้ใกล้เคียงที่สุดกับกลิ่นของข้าวสุก และมีกลิ่นหอมคล้ายกับข้าวโพดคั่ว โดยพบสารชนิดนี้ในข้าวแต่ละชนิดแตกต่างกัน ในการทดลองครั้งนี้มีการพัฒนาการสกัดสารหอมโดยประยุกต์เทคนิคการสกัดด้วยไอน้ำ มาเป็นแบบสกัดด้วยไอน้ำและตัวทำละลายอินทรีย์แบบต่อเนื่องตามแบบของ Likens-Nikerson โดยใช้ตัวอย่าง 500 กรัม และต่อมา Buttery, Juliano และ Ling (1983) ได้ศึกษาหาปริมาณสาร 2-AP ในข้าวสารและข้าวกล้องของพันธุ์ข้าวหอมและข้าวไม่หอมที่หุงสุกแล้ว พบว่าข้าวหอมแต่ละพันธุ์มีปริมาณของสาร 2-AP ที่แตกต่างกัน คือตั้งแต่ 0.04-0.09 พีพีเอ็ม ส่วนข้าวธรรมดา มีปริมาณของ 2-AP น้อยกว่า 0.008 พีพีเอ็ม และยังพบว่าในข้าวกล้องจะมีสาร 2-AP มากกว่าในข้าวสาร และยังพบว่า 2-AP เป็นสารหอมระเหยที่พบในใบเตย (*Pandanus Anmaryllifolius* Boxb) และมีมากถึง 1.0 พีพีเอ็ม ซึ่งมีมากเป็น 10 เท่าของข้าวหอม และมีมากเป็น 100 เท่าของข้าวธรรมดา สาร 2-AP เป็นองค์ประกอบสำคัญที่ให้กลิ่นหอมในข้าว การศึกษาความหอมและสารที่ให้กลิ่นหอมในข้าว ได้มีการศึกษากันเรื่อยมา ต่อมา Laksanalamai และ Ilanganileke (1993 : 381-384) ได้ทำการเปรียบเทียบสารหอม 2- AP ในตัวอย่างข้าวหอมมะลิสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และใบเตย พบว่าใบเตยมีปริมาณของ 2-AP สูงกว่าในข้าว นอกจากนี้ยังมีผู้ศึกษาผลของสภาวะการปลูกต่อความหอมของข้าว อำนาจ สุวรรณฤทธิ์ และคณะ (2539) ได้ศึกษาผลของผลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อคุณภาพการหุงต้มและการรับประทานของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่าลักษณะความหอม ความนุ่ม ความเลื่อมมัน การเกาะตัว และความขาวของข้าวหอมมะลิสุกจะสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับเปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจน อย่างไรก็ดีตาม การใส่ปุ๋ยไม่เกินอัตราที่ให้ผลผลิตไม่เกิน 80 เปอร์เซ็นต์ ของผลผลิตสูงสุดจะไม่ทำให้ความหอมและความเลื่อมมันเปลี่ยนไป อำนาจ สุวรรณฤทธิ์ และคณะ (2540 ก) ยังพบว่าความหอมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 หุงสุกไม่มีผลต่ออัตราการใช้ปุ๋ยฟอสเฟต แต่มีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์ฟอสเฟตในเปลือกและจากรายงานของ อำนาจ สุวรรณฤทธิ์ และคณะ (2540 ข) พบว่าความหอมและความเลื่อมมันของข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีความสัมพันธ์กับ

อัตราที่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม ความหอมของข้าวจะสูงสุดเมื่อข้าวได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมเกินอัตราที่ให้ผลผลิตข้าวเปลือกสูงสุด นอกจากนี้ได้มีการศึกษาความผันแปรและเสถียรภาพความหอมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 (บริบูรณ์ สมฤทธิ์ และคณะ. 2537) โดยการนำเมล็ดพันธุ์จากแหล่งที่มาที่ต่างกัน นำมาปลูกในที่เดียวกัน ในสภาวะเดียวกันความหอมและองค์ประกอบทางเคมีต่างๆ ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 จะไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อนำพันธุ์ข้าวจากแหล่งเดียวกันไปปลูกต่างพื้นที่ที่มีความหอมแตกต่างกัน ปัจจัยที่มีผลต่อความหอมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 นั้น ได้แก่ ปัจจัยทางด้านพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม ในส่วนของสภาพแวดล้อมจะมีหลายปัจจัย เช่น ชนิดและสภาพดิน ความชื้นในดิน อุณหภูมิ แสง ความเค็มของดินและสภาวะดินเป็นกรดมีผลต่อความหอมของข้าวหอม และพบว่าข้าวที่ปลูกในดินร่วนปนทรายจะได้ข้าวกลึงและข้าวสารที่ใสเป็นเงา เมื่อนำไปหุงข้าวสุกจะไม่ค่อยมียางและรสชาติดีกว่าปลูกในดินเหนียว ซึ่งจะให้ข้าวสารขุ่นกว่า และข้าวสุกมียางมากกว่า (สุขสันต์ สิทธิผลไพฑูริย์. 2530) Yoshihashi, Nguyen และ Kabaki (2004) ศึกษาความแตกต่างของสารหอมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ต่างแหล่งที่ปลูกในประเทศไทย พบว่ามีความแตกต่างกัน โดยพบว่าพื้นที่ในเขตทุ่งกุลาร้องไห้ซึ่งเป็นพื้นที่ที่แห้งแล้งมีปริมาณสารหอมสูงกว่าพื้นที่อื่นที่ทำการศึกษา อย่างไรก็ตามความหอมของข้าวขึ้นอยู่กับปัจจัยในการปฏิบัติในขั้นตอนการปลูกและการดูแล ไม่ได้ขึ้นอยู่กับพันธุกรรมเพียงอย่างเดียว Wongpormchai, Riseadka และ Choonvisase (2003) ได้ศึกษาสารหอม 2-AP ในดอกชมนาค (Bread Flowers) สกัดสาร 2-AP โดยใช้ตัวทำละลายและสารละลายกรด วิเคราะห์โดยเทคนิค Gas Chromatography ด้วย Detector แบบ Flame Ionization Detection พบว่าพบสาร 2-AP ในดอกชมนาคแห้ง มีความเข้มข้นสูงถึง 26.1 mg/Kg เมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งของ 2-AP ตัวอื่นพบว่าในใบเตยสดพบสาร 2-AP 10.3 mg/Kg และพบในข้าวหอมมะลิไทยเท่ากับ 3.0 mg/Kg ต่อมา Wongpormchai และคณะ (2004) ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิในการทำแห้งและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงของความหอมและคุณภาพการสีของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่า เมื่อทำการทดสอบสารหอมด้วยเทคนิค Gas Chromatography (GC) ตัวอย่างที่ทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำมีความเข้มข้นของสาร 2-AP ซึ่งเป็นสารที่ให้กลิ่นหอมหลักในข้าวหอม และพบสารที่ให้กลิ่นที่ไม่พึงประสงค์น้อย กลิ่นหอมของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เป็นกลิ่นของสาร 2-AP เป็นหลัก ผสมผสานรวมกับกลิ่นของสารอื่นที่มีอยู่ในเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 การตรวจสอบพบสาร 2-AP ในพืชอื่นที่มีกลิ่นหอมใกล้เคียงกับกลิ่นหอมของข้าวขาวดอกมะลิ เช่น ใบใบเตย ดอกชมนาค จึงนับว่าเป็นการสนับสนุนคุณสมบัติของสารนี้ในการเป็นสารหอมได้เป็นอย่างดี (สุกัญญา มหาธีรนนท์.

2. การศึกษาคุณภาพทางกายภาพ และเคมีกายภาพ

ระยะเวลาและอุณหภูมิในการเก็บมีผลต่อคุณภาพทางกายภาพและคุณภาพการบริโภค

Jiatrakul et al. (2003) ได้ศึกษาการเก็บข้าวหอมมะลิ 105 ที่อุณหภูมิ 10, 15 °C และอุณหภูมิห้อง (28 °C) เป็นระยะเวลา 6 เดือน โดยไม่มีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเข้า พบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อความสามารถการดูดน้ำของข้าวกล้องและข้าวสาร โดยข้าวที่เก็บที่อุณหภูมิสูงจะสามารถดูดน้ำได้มากกว่า เมื่อเก็บรักษาข้าวนานขึ้นความสามารถในการดูดน้ำจะเพิ่มขึ้น และข้าวสารสามารถดูดน้ำได้มากกว่าข้าวกล้อง อัตราส่วนการดูดน้ำของข้าวสารเฉลี่ย เท่ากับ 2.60 และอัตราส่วนการดูดน้ำของข้าวกล้องเฉลี่ยเท่ากับ 1.56 ดังนั้นการหุงข้าวสารจึงใช้ระยะเวลาสั้นกว่าการหุงข้าวกล้อง ซึ่งระยะเวลาการหุงข้าวกล้องและข้าวสารจะเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา และปริมาณอะไมโลสของข้าว ข้าวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 15 °C จะมีปริมาณอะไมโลสค่อนข้างคงที่ในช่วง 13.1-13.5% ส่วนข้าวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องอยู่ในช่วง 13.1-14.6% ความแข็ง (Hardness) ของข้าวสุก จะเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา โดยข้าวที่เก็บที่อุณหภูมิต่ำจะมีความแข็งน้อยกว่าที่อุณหภูมิสูง แต่มีความเหนียว (Stickiness) ของข้าวสุกมากกว่า ความหอมหรือปริมาณสาร 2-Acetyl-1-pyrryline (2AP) โดยเฉลี่ยที่พบในข้าวกล้องจะมากกว่าข้าวสารและมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา การเก็บที่ 15 °C สามารถชะลอการลดลงของสาร 2AP ได้ดีกว่าที่อุณหภูมิห้อง ในระยะเวลา 4 เดือนแรก Wongpomchai et al. (2004) ได้ศึกษาผลของวิธีการลดความชื้นข้าวหอมมะลิ 105 ที่มีต่อความหอมและคุณภาพการสี เพื่อหาวิธีที่เหมาะสมในการเก็บข้าวหลังฤดูเก็บเกี่ยว โดยใช้วิธีการลดความชื้น 6 วิธี คือ การใช้เครื่องลดความชื้นชนิดลมแห้ง อุณหภูมิ 2 ระดับ (30 และ 40 °C) เครื่องลดความชื้นชนิดลมร้อน ใช้อุณหภูมิ 3 ระดับ (40 50 และ 70 °C) และการตากแดด ถ้าไม่คำนึงถึงระยะเวลาการเก็บพบว่า การใช้เครื่องลดความชื้นชนิดลมแห้งและ เครื่องลดความชื้นชนิดลมร้อน ที่อุณหภูมิ 30 และ 40 °C ให้ความเข้มข้นของ 2AP สูงกว่า *n*-hexanol และ 2-pentylfuran ซึ่งเป็นสารที่ให้กลิ่นที่ไม่ต้องการ แต่วิธีการลดความชื้นโดยการตากแดดจะให้ผลที่ตรงข้าม ระหว่างการเก็บเป็นเวลา 10 เดือน เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นความเข้มข้นของ 2AP ลดลง แต่ *n*-hexanol และ 2-pentylfuran เพิ่มขึ้น การลดความชื้นโดยวิธีเครื่องลดความชื้นชนิดลมร้อน ที่อุณหภูมิ 70 °C ให้ %ข้าวคันดำเป็นครั้งหนึ่งของวิธีอื่นๆ แต่ความขาว (whiteness) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อใช้วิธีในการลดความชื้นที่แตกต่างกันและระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

Zhou et al. (2003) ได้ศึกษาระยะเวลาและอุณหภูมิในการเก็บข้าวต่อคุณสมบัติการเกิดแป้งเปียก (pasting properties) ของแป้งข้าวซึ่งเก็บที่ 4 และ 37 °C เป็นระยะเวลา 16 เดือน การเปลี่ยนแปลงระหว่างการใช้เทคนิค Rapid Viscosity Analyzer (RVA) ในการวิเคราะห์ พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น break down (BD) ลดลง และค่อยๆ หายไปในตัวอย่างข้าวเก่า โปรตีนเป็นกุญแจ

สำคัญในกระบวนการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บ Sowbhagya และ Bhattacharyat (2001) ได้ศึกษาการเปลี่ยนพฤติกรรมเกิดการแข็งเป็งเป็ง (pasting properties) ระหว่างการเก็บข้าว โดยใช้ข้าว 15 สายพันธุ์ แบ่งระยะเวลาการเก็บเป็น 6 ระยะ (3, 9, 20, 28, 36, และ 51 เดือน) เก็บที่อุณหภูมิห้อง โดยการศึกษาด้วย RVA พบว่า break down (BD) ลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น พร้อมกับ setback เพิ่มขึ้น เห็นได้ชัดว่าระยะเวลาการเก็บทำให้สารต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบของข้าวเปลี่ยนแปลง

Singh et al. (2005) ได้ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ โดยประเมินค่าคุณสมบัติการหุงต้มและเนื้อสัมผัส ซึ่งใช้ข้าวสารของข้าวอินเดียน 25 สายพันธุ์ ซึ่งมีการประเมินค่าน้ำหนัก 1,000 เมล็ด (thousand kernel weigh) ความหนาแน่น (bulk density) อัตราส่วนของความยาวต่อความกว้าง (length-breadth (L/B) ratio) และ ปริมาณอะไมโลส (amylase content) ซึ่งมีค่าระหว่าง 13.3 g, 0.77-0.88 g/ml, 2.62-4.55 และ 2.3-15.4% ตามลำดับ เวลาที่น้อยที่สุดในการหุงต้ม (minimum cooking time) อัตราส่วนของการดูดซึมน้ำเข้าเมล็ด (water uptake ratio) ของแข็งที่หายไประหว่างการหุงต้ม (gruel solid loss) และ อัตราส่วนของการขยายยาวออกหลังการหุงต้ม (elongation ratio) ซึ่งมีค่าระหว่าง 13.3 – 24.0 min, 2.37 – 4.45, 1.88 – 8.53% และ 1.29 – 1.74 ตามลำดับ คุณสมบัติทางเนื้อสัมผัสเช่น maximum force, cohesiveness, packability, hardness และ chewiness ประเมินโดยใช้ Instron Universal Testing Machine ซึ่งมีค่าระหว่าง 57 – 266 N, 40 – 220 N, 10.0 – 27.0 mm, 20 – 91 N/mm และ 1505 – 6969 Nmm ตามลำดับ เวลาในการหุงต้มไม่สอดคล้องกับปริมาณอะไมโลส ($r = -0.70$, $p \leq 0.01$) แต่สอดคล้องกับความหนาแน่นของข้าวสาร ($r = 0.333$, $p \leq 0.05$) ของแข็งที่หายไประหว่างการหุงต้ม (gruel solid loss) มีความสอดคล้องกับปริมาณอะไมโลส ($r = -0.708$, $p \leq 0.01$) แต่ไม่สอดคล้องกับเวลาในการหุงต้ม ($r = -0.708$, $p \leq 0.01$) ข้าวที่มีเวลาในการหุงต้ม (cooking time) สูงมีค่าของแข็งที่หายไประหว่างการหุงต้มต่ำ (gruel solid loss) ค่าทางสถิติของการวัดเนื้อสัมผัสทุกค่าแสดงให้เห็นว่าเมื่ออะไมโลสเพิ่มขึ้นมีค่าเพิ่มขึ้นและเมื่อเวลาในการหุงต้มเพิ่มขึ้นมีค่าลดลง Sujatha et al. (2004) ได้นำข้าวสองสายพันธุ์คือ Jaya (hybrid) และ Kayame (local) จากบริเวณชายฝั่งของ Dakshina Kannada ประเทศอินเดีย ซึ่งรวบรวมไว้ระหว่างฤดูกาลที่แตกต่างกันและข้าวที่ถูกทำให้สุกๆดิบๆ (parboiled rice) เป็นเวลา 2 ปี เมื่อนำข้าวกล้องดิบ ข้าวสารดิบ ข้าวกล้องที่ถูกทำให้สุกๆดิบๆ และข้าวสารที่ถูกทำให้สุกๆดิบๆ มาวิเคราะห์พบว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน น้ำตาลรีดิวซิง (reducing sugar) เส้นใย อะไมโลส อัตราส่วนของความยาวต่อความกว้าง น้ำหนัก 1000 เมล็ด พลังงานและกำลังการพองตัวของเมล็ดเป็งเป็ง ระหว่างสายพันธุ์ ฤดูกาล และข้าวที่ถูกทำให้สุกๆดิบๆ ระหว่างสายพันธุ์พบว่า Jaya มีคุณภาพดีกว่าในทุกค่าทางสถิติ ข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ที่ปลูกในฤดูฝนมีองค์ประกอบทางเคมีสูงกว่าข้าวที่ปลูกในฤดูแล้ง ใช้ Pearson's correlation analysis ในการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพและคุณภาพการบริโภค ระหว่าง 2 สายพันธุ์ ฤดูกาล และข้าวที่ถูก

ทำให้สุกๆ ดิบๆ Singh et al. (2003) ได้ศึกษาและเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ โครงสร้าง อุณหภูมิ การหุงต้มและเนื้อสัมผัสของเมล็ดข้าวท้องไร่และเมล็ดข้าวที่ปลูกจากข้าว 3 สายพันธุ์ คุณสมบัติทางเคมีกายภาพเช่น น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ความหนาแน่น ความแข็งของเมล็ด อัตราส่วนของ ความยาวต่อความกว้าง (L/B) ปริมาณอะไมโลส คุณสมบัติของเมล็ดข้าวท้องไร่และเมล็ดข้าวปลูก ศึกษาโดยใช้ scanning electron microscopy (SEM) คุณสมบัติด้านอุณหภูมิจำลองโดยใช้ differential scanning calorimetry เมล็ดข้าวท้องไร่ที่แยกจากข้าวสายพันธุ์ต่างๆ มีน้ำหนัก 1,000 เมล็ด และความหนาแน่นสูงกว่าเมล็ดข้าวปลูก ในขณะที่มีปริมาณอะไมโลสและความแข็งของเมล็ดต่ำกว่าเมล็ดข้าวปลูก จากการศึกษาโดยใช้ SEM พบว่าเซลล์และเมดัลล์ของข้าวท้องไร่จะแตกหักหลวมๆ ข้าวท้องไร่จะมีการส่งผ่านความร้อน enthalpy gelatinization peak height index และ gelatinization rang สูงกว่าเมล็ดข้าวปลูก คุณสมบัติการหุงต้มและเนื้อสัมผัสของข้าวท้องไร่และข้าวปลูกมีความแตกต่างกัน ข้าวท้องไร่มีคุณสมบัติด้านการหุงต้มและเนื้อสัมผัสต่ำกว่าข้าวเมล็ดปลูก Tran (2004) ได้มีการทดสอบข้าวกล้องและข้าวสารที่มี %ข้าวคันแตกต่างกัน ซึ่งวิเคราะห์โดย sensing system วิธีการทางเคมี (chemical methods) และทดสอบชิม (sensory evaluation) พบว่าการทดสอบความแตกต่างระหว่างข้าวกล้องข้าวสารที่มี %ข้าวคันที่แตกต่างกันไม่เพียงแต่ประเมินโดยการวัดค่าทางเคมีกายภาพ แต่สามารถประเมินโดย sensing system ได้ Tomlins, et al. (2005) มีการทดสอบความชอบของผู้บริโภคและคุณลักษณะของข้าวที่ผู้บริโภคสามารถยอมรับได้ในประเทศ กานา (Ghana) ผู้บริโภคส่วนใหญ่ชอบข้าวนำเข้ามากกว่าข้าวที่ผลิตในประเทศ การยอมรับของผู้บริโภคขึ้นอยู่กับชนิดและสถานที่ผลิต ความชอบส่วนบุคคลมีความหลากหลาย จึงมีการแบ่งความชอบของผู้บริโภคที่มีความคล้ายกันเป็นส่วนใหญ่ โดยส่วนใหญ่จะชอบข้าวที่นำเข้าจากต่างประเทศ (86% ของผู้บริโภคทั้งหมด) แต่จะชอบข้าวที่ผลิตในประเทศที่แตกต่างกัน ส่วนที่เหลือ (14%) ชอบข้าวที่ปลูกในประเทศ ใช้ Regression models ในการทำนายความชอบจากคะแนนของผู้ชิม เราสามารถใช้ผู้ทดสอบชิมติดตามผลการยอมรับของผู้บริโภคในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ Yau และ Huang (1996) ได้พัฒนาคุณลักษณะของการชิมข้าว ได้แก่ ความวาว (glossiness) ความขาว (whiteness) ความร่วน (looseness) กลิ่นข้าวสุกแบบร้อน (hot-rice aroma) กลิ่นข้าวแบบเย็น (cold-rice aroma) กลิ่นข้าวกล้อง (brown-rice aroma) ความหวาน (sweet-ness) การรู้สึกลำบะความเป็นเมล็ดในปาก (kernelness) ความแข็ง (hardness) การเกาะกันของข้าวสุก (cohesiveness) ความเหนียว (stickiness) ลักษณะเป็นยางของข้าวหลังจากการเคี้ยว 8 ครั้ง (chewiness) และ ความหยาบในปาก (roughness) ซึ่งใช้ข้าว 4 ชนิดในการทดสอบชิม ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝน 20 คน ซึ่งเปรียบเทียบอุณหภูมิในการเสิร์ฟระหว่าง 18 และ 60°C

เอกสารและงานวิจัยที่กล่าวมาใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการดัดแปรวิธีการวิจัย เพื่อให้ได้วิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ และเคมีกายภาพ ของข้าวหอมมะลิสายพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกในเขตทุ่งกุลาร้องไห้ โดยดำเนินการวิจัยตามลำดับดังต่อไปนี้

1. แผนการวิจัย
2. วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย
3. วิธีดำเนินการวิจัย
4. การวิเคราะห์ข้อมูล
5. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

แผนการวิจัย

การดำเนินการวิจัยเป็นการศึกษาคุณภาพทางเคมี กายภาพ และสารให้กลิ่นหอม 2-AP ของข้าวหอมมะลิ 105 ที่ปลูกในเขตทุ่งกุลาร้องไห้ ในปีการผลิต พ.ศ. 2547 – 2549

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

วัสดุอุปกรณ์

1. บีกเกอร์ (Beaker)
2. ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer Flask)
3. ปิเปตต์ (Pipette)
4. บิวเรตต์ (Burette)
5. ขวดปรับปริมาตร (Volumetric Flask)
6. เครื่อง Evaporator
7. เทอร์โมมิเตอร์
8. ช้อนตักสาร
9. เครื่องชั่งละเอียด (0.0001)

10. แท่งแก้วคนสาร
11. หลอดทดลอง
12. ตะแกรงร่อนแป้งขนาด 100 mesh
13. เครื่องดูดความชื้น
14. ถ้วยกระเบื้อง
15. กระบอกตวง
16. โกร่งบดสาร
17. หลอดตัวอย่าง
18. เครื่องเขย่า
19. เตาเผา (Muffle Furnace, NEY version 2-160 series)
20. เครื่องวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน (Kjeldahi Gerhardt)
21. ตู้อบแห้งระบอบอากาศ (Hot Air Oven)
22. เครื่องก๊าซโครมาโทกราฟี (Gas Chromatograph, GC) รุ่น GC 17 A ของ

SHIMADSU

23. เครื่อง Spectrophotometer
 24. Capillary Column HP-5 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 มิลลิเมตร ยาว 30 เมตร
- ขนาดของ Film Thickness 0.25 ไมโครเมตร
25. เทอร์โมคอปเปอร์
 26. ตะแกรงร่อนขนาด 160 mesh
 28. ตะแกรงร่อนขนาด 90 mesh
 29. ถาดอลูมิเนียม
 30. หม้อ
 31. กระชอน
 32. Hotplate
 33. Moisture can
 34. กระดาษกรอง
 35. กระดาษชั่งสาร
 36. เวอร์เนีย
 37. Hot air oven
 38. เครื่องวัดความหนืด Rapid viscosity analyzer

39. เครื่องวัดค่าสี Chroma meters model CR-30 (Hunter L- a- b)
40. เครื่องวัดลักษณะสัมผัส Texture analyzer model TA-XT 2
41. จาน
42. ซ้อนกาแฟ

สารเคมี

1. Copper Sulphate (CuSO_4)
2. Hydrochloric Acid (HCl)
3. Sodium Chloride (NaCl)
4. Sodium Hydroxide (NaOH)
5. Butylated hydroxytoluene (BHT)
6. 2, 4, 6-Trimethylpyridine (TMP)
7. Potassium Sulfate (K_2SO_4)
8. Boric Acid
9. Chloroform
10. Methanol
11. Dichloromethane
12. Sodium Sulfate Anhydrous
13. Potato amylose
14. Ethyl Alcohol
15. Iodine
16. Acetic acid
17. สารมาตรฐาน 2-AP (2AP)
18. Grease-proof paper และวัสดุควบคุมการเคี้ยว
19. Mixed indicator โดยใช้ methyl red 0.2 เปอร์เซ็นต์ ใน ethanol : bromocresol green 0.2 เปอร์เซ็นต์ ใน ethanol (1:5)

วิธีดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. สำรวจและเก็บตัวอย่าง

ทำการสำรวจและรวบรวมตัวอย่างข้าวหอมมะลิสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในเขตทุ่งกุลาร้องไห้ ในฤดูกาลเก็บเกี่ยวของปี 2547 – 2549 จากพื้นที่ทำการสุ่มตัวอย่างซึ่งอยู่ในพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้ โดยเก็บรวบรวมตัวอย่างให้มีอายุการเก็บที่ใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เพื่อลดผลกระทบต่อคุณภาพข้าวที่เป็นผลมาจากการลดความชื้นและอายุการเก็บรักษาข้าวเปลือก ตัวอย่างข้าวที่ได้ นำมาเก็บไว้ในห้องเพื่อนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีดังต่อไปนี้

2. วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และความหอม

2.1 การวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลส (AOAC. 1996)

ในการวิเคราะห์หาปริมาณอะไมโลสมีหลักการ คืออะไมโลสเป็นพอลิเมอร์สายตรงของกลูโคส สามารถทำปฏิกิริยากับ ไอโอดีนและสารประกอบอินทรีย์หลายชนิด ได้แก่ บิวทานอล กรดไขมัน ฟีนอล สารลดแรงตึงผิวหลายชนิดและไฮโดรคาร์บอน ได้สารประกอบเชิงซ้อนซึ่งไม่ละลายน้ำโดยอะไมโลสจะอยู่ในรูปของ Helix Coil ล้อมรอบสารประกอบอินทรีย์เหล่านี้ สารประกอบเชิงซ้อนของอะไมโลสและไอโอดีนจะให้สีน้ำเงินซึ่งสามารถนำมาใช้วิเคราะห์หาปริมาณแป้งได้ ขั้นตอนในการวิเคราะห์มีดังนี้คือ นำตัวอย่างข้าวสารมาบดด้วยเครื่องบดและร่อนแป้งผ่านตะแกรงร่อนขนาด 100 Mesh ซึ่งตัวอย่างแป้งมา 0.1000 กรัม เติมเอทิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ 1 มิลลิลิตร เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2 โมลาร์ 9 มิลลิลิตร ปั่นกวนตัวอย่างด้วยเครื่องปั่นกวนระบบแม่เหล็ก (Magnetic Stirrer) นาน 10 นาที จนกลายเป็นน้ำแป้ง จากนั้นเติมน้ำกลั่นเพื่อปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร เติมน้ำ Volumetric Flask ขนาด 100 มิลลิลิตร และเติมน้ำกลั่น 70 มิลลิลิตร เกล็ดโซลอสซิดิก 2 มิลลิลิตร และเติมสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร จากนั้นดูดน้ำแป้งที่เตรียมไว้มา 5 มิลลิลิตร ใส่ใน Volumetric Flask ที่เตรียมไว้ จากนั้นปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร โดยปรับเครื่องด้วย Blank ให้ได้ค่า Absorbance เป็น ศูนย์ จากนั้นนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปอ่านค่าปริมาณอะไมโลสจากกราฟมาตรฐาน

2.2 การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนหรือโปรตีนดิบ วิธีเจลดาล์ (Total Nitrogen And Crude Protein : Kjeldahl Method) (AOAC. 1996 : 24)

ในการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนโดยวิธีเจลดาล์หลักการ คือ ตัวอย่างอาหารจะถูกย่อยสลายด้วย H_2SO_4 (กรดกำมะถัน) เข้มข้น ผสม H_2O_2 30-35 เปอร์เซ็นต์ เป็น Catalyst เพื่อแปร

สภาพสารประกอบอินทรีย์ในโตรเจนให้เป็น NH_4^+ เดิมค้างเพื่อให้เกิด NH_3 จากนั้นกลั่น NH_3 ลงใน Flask ที่บรรจุ H_3BO_3 (กรดบอริก) เพื่อตั้งโมเลกุล NH_3 กลายเป็น $(\text{NH}_4)_2\text{B}_4\text{O}_7$ ในขั้นตอนการวิเคราะห์จะมีสองขั้นตอนคือ ขั้นตอนการย่อยและขั้นตอนการกลั่น ดังนั้นคือ ขั้นตอนการย่อยโดย นำตัวอย่างข้าวบดละเอียดมาชั่งน้ำหนัก โดยให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนในช่วง 300-400 มิลลิกรัม ใส่ในหลอด Kjeldahl จากนั้นใส่วัสดุควบคุมการเดือด 2-3 ชิ้น ในหลอด Kjeldahl แล้วใส่ K_2SO_4 3.0 กรัม แล้วเติม CuSO_4 น้ำหนัก 0.13 กรัม และเติม H_2SO_4 เข้มข้น 6.0 มิลลิลิตร ลงในหลอดเข้าเบาๆ เพื่อผสม ใส่หลอด Kjeldahl ในช่องของเครื่องย่อยซึ่งมีเตาไฟฟ้า คัดตั้งฝาครอบหลอดดูดแก๊สพิษ และเปิดน้ำเพื่อการดูดควัน หรือใช้เครื่องดูดแก๊สพิษเมื่อย่อยเสร็จทิ้งให้เย็น จากนั้นเป็นขั้นตอนการกลั่น (Distillation) และ การไทเตรท (Titration) โดยนำหลอด Kjeldahl ที่ย่อยแล้วไปใส่ในช่องสำหรับกลั่นของเครื่องกลั่นอัตโนมัติ กดปุ่ม H_2O ให้น้ำไหลลงผสมกับสารที่ถูกย่อยในปริมาณ 3 เท่าของ H_2SO_4 ที่ใช้ย่อย กดปุ่มสารละลาย NaOH เข้มข้น 35 เปอร์เซ็นต์ W/V ให้น้ำไหลลงผสมกับสารในหลอด Kjeldahl ในปริมาณต่าง 5 เท่าของ H_2SO_4 ที่ใช้ย่อย จากนั้นเป็นขั้นตอนการไทเตรท ดวงสารละลาย H_3BO_3 อิมตัวปริมาตร 10 มิลลิลิตร ใส่ลงใน Erlenmeyer Flask ขนาด 250 มิลลิลิตร เติม Mixed Indicator 2-4 หยด นำไปวางที่ตำแหน่งรับสิ่งที่กลั่นได้ คอยความพร้อมของเครื่องโดยดูที่ตำแหน่ง Ready ถ้าไฟเขียวสว่างแสดงว่าเครื่องพร้อมทำงาน แล้วกดปุ่ม Start Distillation คอยจนเครื่องกลั่นเสร็จ เครื่องจะปิดสวิตซ์กลั่นไฟแดงที่ตำแหน่ง Aspirating สว่าง เครื่องดูดของเหลวทิ้ง (ถ้าใช้ปุ่ม Aspirating) นำ Erlenmeyer Flask ที่บรรจุสิ่งที่กลั่นได้ไป Titrate กับสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 2 นอโมลล์ จนถึงจุดสมมูล บันทึกผล และนำค่าการไทเตรทที่ได้ไปคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์โปรตีนต่อไป

การคำนวณ

$$\% \text{N} = \frac{(\text{ml HCl} - \text{ml Blank}) \times (\text{Normality ของ HCl}) \times 1.4007}{\text{มิลลิกรัม ตัวอย่าง}}$$

มิลลิกรัม ตัวอย่าง

$$\% \text{ Protein} = \% \text{N} \times \text{F (Conversion factor)}$$

หมายเหตุ โปรตีนของข้าว ให้คูณ Factor เท่ากับ 5.95

2.3 การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า (AOAC. 1996)

หลักการในการวิเคราะห์หาปริมาณเถ้าคือ ทำการเผาสารอินทรีย์ในตัวอย่างอาหารเป็นขั้นตอน คือ ขั้นแรกเผาที่อุณหภูมิต่ำเพื่อไล่ไอน้ำ ขั้นที่สอง เเผาที่อุณหภูมิสูงขึ้นเพื่อให้สารอินทรีย์กลายเป็นแก๊สแล้ว ขั้นสุดท้าย นำไปเผาในเตา Muffle Furnace ที่ 550 องศาเซลเซียส เพื่อให้กลายเป็นเถ้าสีขาว ขั้นตอนในการวิเคราะห์คือ ขั้นตอนแรกทำการเผาด้วย Crucible เปลาตามจำนวนที่ต้องการ ในเตา Muffle Furnace ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที หรือมากกว่า

จากนั้นนำด้วย Crucible มาทำให้เย็นใน Desecrator ประมาณ 1 ชั่วโมง จนเย็นลงถึงอุณหภูมิห้อง ชั่งด้วย Crucible ให้ละเอียดถึงหน่วยมิลลิกรัม จากนั้นทำการทดลองโดยชั่งตัวอย่างข้าวสารบดละเอียดประมาณ 5 .xxxx กรัม โดยการชั่งน้ำหนักนั้นต้องมีความละเอียดถึงหน่วยมิลลิกรัมใส่ในด้วย Crucible ถ้าตัวอย่างอาหารเป็นของเหลวจงทำระเหยของเหลวบน Steam Bath เพื่อป้องกันการระเหยออกในขั้นตอนเผาให้เป็นถ่านสีดำ วางด้วย Crucible บนเตาไฟฟ้าในตู้ควัน เพิ่มอุณหภูมิทีละน้อยจนควันหมดไป ตัวอย่างอาหารเปลี่ยนเป็นถ่านสีดำ ใส่ด้วย Crucible ในเตา Muffle Furnace โดยพยายามวางตรงกลางเตาปรับอุณหภูมิเผาที่ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง เอาด้วย Crucible ออกจากเตา Muffle Furnace ถ้าได้ถ่านสีขาวนำไปทำให้เย็นในเครื่องดูดความชื้น แต่ถ้ายังมีส่วนสีดำปนอยู่ในถ่าน นำไปทำให้เย็นในเครื่องดูดความชื้น แล้วเติมน้ำกลั่น 2.0-3.0 มิลลิตร ใช้แท่งแก้วคนหรือช้อนให้ถ่านแตกกระจายในน้ำกลั่น เอาไปอบไล่ไอน้ำออก เมื่อน้ำแห้งเอาไปเข้าเตา Muffle Furnace อีก 24 ชั่วโมง จนกลายเป็นถ่านสีขาว จากนั้นนำมาทำให้เย็นใน เครื่องดูดความชื้นที่อุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนักถึงหน่วยมิลลิกรัม เพื่อนำมาคำนวณหาปริมาณน้ำหนักรถ่านต่อไป

การคำนวณ

$$\begin{aligned} \text{ให้ น้ำหนักตัวอย่างอาหาร (กรัม)} &= W_1 \\ \text{น้ำหนักถ่าน (กรัม)} &= W_2 \\ \text{ดังนั้นเปอร์เซ็นต์ถ่าน} &= (W_2/W_1) \times 100 \end{aligned}$$

2.4 การวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน (Li and others. 2002 ;

Sinclair and others. 1998)

การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (Lipid Content) ในข้าวโดยใช้ตัวอย่างข้าวบดละเอียด 10 กรัม จากนั้นเติม Chloroform : Methanol (2 :1) 50 มิลลิตร จากนั้นเขย่าและทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบตามเวลานำมากรองผ่านกระดาษกรองลงในกรวยแยก และล้างขวดสกัดให้สะอาด 2 ครั้งด้วย Chloroform : Methanol 10 มิลลิตร จากนั้นเติมโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) 20 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณทั้งหมด เขย่าและทิ้งให้แยกชั้น จากนั้นเอาส่วนของเหลวที่อยู่ด้านล่างใส่ในขวดรูปชมพู่ทำการระเหย ด้วยเครื่อง Vacuum Evaporator ใน Water Bath ที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส จนแห้ง จากนั้นเติม คลอโรฟอร์ม 1-2 มิลลิตร เทใส่ใน Volumetric Flask ขนาด 10 มิลลิตร ปรับปริมาตรให้ครบ 10 ด้วย Chloroform จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้มา 1 มิลลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่ทราบน้ำหนักแน่นอน และนำไประเหยภายใต้ในโครเจนที่ 38 องศาเซลเซียส เก็บในเครื่องดูดความชื้น เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักหลอดทดลองอีกครั้งเพื่อนำไปคำนวณหาปริมาณไขมันทั้งหมด

การคำนวณ

$$\% \text{ Lipid Content} = (\text{น้ำหนักหลอดที่มีไขมัน} - \text{น้ำหนักหลอดเปล่า}) \times 100$$

2.5 การวิเคราะห์สารหอม 2-acetyl-1-pyrroline (2-AP) (Wongpormchai and others, 2004)

การวิเคราะห์สารหอมในข้าวขาวดอกมะลิ 105 จากแหล่งที่ปลูกที่ต่างกันในแต่ละทุ่งกุลาร้องไห้โดยใช้เทคนิค Gas Chromatography (GC) วิเคราะห์สารหอม 2-AP ในตัวอย่างข้าวกล้องบดละเอียด โดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.10 โมลาร์ มีขั้นตอนในการสกัดดังนี้ ชั่งตัวอย่างข้าวกล้องหรือข้าวสารบดละเอียด 5.00 กรัม เติมน้ำ 2, 4, 6-Trimethylpyridine (TMP) เข้มข้น 0.25 พีพีเอ็ม (สารละลายมาตรฐานภายใน) ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 0.1 โมลาร์ ปริมาตร 50 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าเป็นเวลา 30 นาที และปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง Centrifuge ที่ 5000 rpm เป็นเวลา 5 นาที เพื่อให้ตกตะกอน นำส่วนบนมาวัดปริมาตรที่ได้ และทำสารละลายให้เป็นเบสด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 5.0 โมลาร์ จากนั้นสกัดด้วยสารละลาย Dichloromethane 50 มิลลิลิตร 2 ครั้ง นำชั้นของ Dichloromethane มากำจัดน้ำออกด้วย Sodium Sulfate Anhydrous และนำสารละลายที่ได้จากการสกัดทั้งสองครั้งมาระเหยตัวทำละลายออกโดยใช้ Rotary Evaporator ให้เหลือสารละลาย 1.0 มิลลิลิตร หักไว้ที่อุณหภูมิห้องให้เหลือสารละลาย 0.25 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปวิเคราะห์หาสารให้กลิ่นหอม 2-AP ด้วยเครื่อง Gas Chromatography (GC)

สภาวะในการทดลองของ Gas Chromatograph

คอลัมน์ HP5 : 30m×0.25 mm, 0.25 μ m film

อุณหภูมิของตัวนำสารเข้า 250 °C

โปรแกรมอุณหภูมิของคอลัมน์

อุณหภูมิเริ่มต้น 50 องศาเซลเซียส

อัตราเพิ่มอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิสุดท้าย 120 องศาเซลเซียส

อัตราการไหลของก๊าซ 1 ml / min

ปริมาตรสารที่ฉีด 1 ไมโครลิตร

Split ratio 20 : 1

2. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

2.1 ขนาดเมล็ดข้าว ใช้เวอร์เนียร์ทำการวัดความยาว ความกว้าง ความสูงของข้าวตัวอย่างละ 50 เมล็ด (Singh et al. 2003 ; Singh et al. 2005) ศึกษาเฉพาะตัวอย่างที่เก็บที่อุณหภูมิต่ำ

2.2 น้ำหนักเมล็ดข้าว สุ่มตัวอย่างข้าวแต่ละตัวอย่างมา 50 เมล็ด ชั่งน้ำหนักต่อเมล็ดและบันทึกผล (Singh et al. , 2003 ; Singh et al. 2005) ศึกษาเฉพาะตัวอย่างที่เก็บที่อุณหภูมิต่ำ

2.3 อัตราส่วนของความยาวต่อความกว้าง (L/B ratio) นำค่าที่ได้จากการวัดขนาดความยาวและความกว้างของเมล็ดข้าว มาหารอัตราส่วนของความยาวต่อความกว้าง (Singh et al., 2003 ; Singh et al. 2005) ศึกษาเฉพาะตัวอย่างที่เก็บที่อุณหภูมิต่ำ

2.4 การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น โดยวิธีใช้ตู้อบความร้อน (Hot air oven method) อบ moisture can พร้อมฝา ในตู้อบอุณหภูมิต่ำ 100-102 °ซ. เป็นเวลา 1 ชั่วโมงนำมาใส่ desiccator ให้เย็นลง ชั่งงานและฝาโดยใช้เครื่องชั่งชนิดละเอียดถึงหน่วย มิลลิกรัม บดตัวอย่างข้าวให้ละเอียด (90-106 μm) ชั่งตัวอย่างข้าวมาประมาณ 3.000-5.000 กรัม ใส่ใน moisture can แล้วปิดฝา แล้วชั่งน้ำหนักอย่างรวดเร็ว พร้อมฝา ให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน โดยใช้เครื่องชั่งชนิดละเอียดถึงหน่วยมิลลิกรัม วางจานที่มีตัวอย่างข้าวในตู้อบความร้อนพร้อมเปิดฝา ที่อุณหภูมิต่ำ 130 °ซ. เป็นเวลา 1 ชม. เมื่อครบเวลาอบแห้งแล้วนำ moisture can ที่ปิดฝาไปใส่ใน desiccator ทิ้งให้เย็นแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก ศึกษาตัวอย่างทั้งที่เก็บอุณหภูมิต่ำ และอุณหภูมิต่ำเย็น (AACC, 2000 ; AOAC, 2002)

การคำนวณ

น้ำหนักของตัวอย่างอาหาร (กรัม)	= W_1
น้ำหนักที่หายไป (กรัม)	= W_2
น้ำหนักตัวอย่างอาหารแห้ง (กรัม)	= W_3
ดังนั้น % ความชื้น (moisture)	= $(W_2/W_1) \times 100$
% ของแข็งรวม (total solid)	= $(W_3/W_1) \times 100$

2.5 การวิเคราะห์หาค่า A_w นำตัวอย่างข้าวตัวอย่างละ 2 กรัม ใส่ในเครื่อง A_w Meter อ่านค่าที่ได้จากเครื่อง บันทึกข้อมูล

2.6 การวิเคราะห์ความหนืดของแป้ง (Viscosity Determination) โดยใช้เครื่อง Rapid Viscosity Analyzer (RVA) เปิดเครื่อง RVA ทิ้งไว้ 30 นาทีเพื่ออุ่นเครื่อง เปิดเครื่อง คอมพิวเตอร์และรันซอฟต์แวร์ควบคุม RVA และเลือก profile ในการทดสอบปกติจะเลือก profile ที่ชื่อ STD 1 ซึ่งมีเงื่อนไขต่อไปนี้

Idle Temperature $50^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$

End Test (HH:MM:SS):00:13:00

Time (HH:MM:SS)	Type	Value
00:00:00	Speed	960 rpm
00:01:00	Speed	160 rpm
00:01:00	Temp.	50°C
00:04:45	Temp.	95°C
00:07:15	Temp.	95°C
00:11:00	Temp.	50°C

หมายเหตุ : Idle Temperature หมายถึง อุณหภูมิที่ตั้งไว้คอยอุณหภูมิของภาชนะซึ่งมีตัวอย่างและน้ำบรรจุอยู่ภายใน เมื่ออุณหภูมิของภาชนะบรรจุสูงขึ้นถึงอุณหภูมินี้ RVA จะเริ่มบันทึกข้อมูลต่างๆ

ความเร็วในการกวนมอเตอร์ 10 วินาทีแรก 960 รอบต่อนาที หลังจากนั้นจะลดลงมาอยู่ที่ 160 รอบต่อนาทีจนสิ้นสุดการทดลอง ซึ่งตัวอย่างแป้งข้าว (บดข้าวสารและใช้ตะแกรงขนาด 90 mesh ในการร่อน) มา 3 ± 0.01 กรัม (สำหรับตัวอย่างที่มีความชื้น 14 %) ใส่ลงในกระบอกลูกที่ใช้สำหรับเครื่อง RVA เติมน้ำกลั่น 25 ml ใส่พาย (paddle) ลงในภาชนะบรรจุหมุนพายไปมาแรงๆ และดึงขึ้นลงเพื่อกวนตัวอย่างแรงๆ ประมาณ 10 ครั้ง ถ้ามีตัวอย่างจับกันเป็นก้อนที่ผิวหน้าหรือติดอยู่ที่พายให้ทำซ้ำ นำภาชนะที่ใส่พายไว้แล้วเข้าในเครื่อง RVA กดมอเตอร์เพื่อให้ RVA เมื่อเครื่องทำงานเสร็จแล้วนำภาชนะออกจาก pasting curve ที่ได้เราสามารถหาค่าของ pasting temperature, peak viscosity, setback, และ final viscosity ศึกษาตัวอย่างทั้งที่เก็บอุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิห้องเย็น (AACC, 2000)

2.7 การวัดค่าความขาวของข้าวสารและข้าวสุกโดยใช้เครื่อง Chromatometer (Color system by Minolta Croma meter CR-300) นำตัวอย่างข้าวสารและข้าวสุก (เตรียมตัวอย่างเหมือนกับการวัดเนื้อสัมผัส) นำมาอัดในถาดให้แน่นเพื่อไม่ให้มีช่องว่าง และวัดค่าสีโดยใช้เครื่อง Chromatometer ศึกษาเฉพาะตัวอย่างที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง

3. การวิเคราะห์คุณภาพการหุงต้ม

3.1 เวลาในการหุงต้ม (Cooking time ; min) สุ่มตัวอย่างเมล็ดข้าวสารที่สมบูรณ์มาตัวอย่างละ 60 เมล็ด นำมาใส่ในกระชอนอะลูมิเนียมขนาดเล็กครั้งละ 3 เมล็ด ต้มน้ำกลั่นในหม้อปิดฝาให้ได้อุณหภูมิน้ำเดือด (98 องศาเซลเซียส) นำตัวอย่างข้าวขึ้นมาเพื่อสังเกตการสุกของเมล็ดข้าวทุก 1 นาทีครั้งละ 3 เมล็ด โดยนำแผ่นสไลด์ 2 แผ่นมาประกบกัน บีบเมล็ดข้าวเพื่อสังเกตดูการสุกของเมล็ดข้าว คือ เมื่อบีบเมล็ดข้าวจะใส ไม่มีไตแข็งคิบบภายในเมล็ด บันทึกผลการทดลองเป็นวันที่ที่ตัวอย่างสุก ทำการทดลองตัวอย่างละ 3 ซ้ำ (Singh et al. 2003 ; Singh et al. 2005) ศึกษาเฉพาะตัวอย่างที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง

3.2 ความสามารถในการดูดน้ำ (Water uptake ; %) นำตัวอย่างข้าว 2 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 50 ml ที่มีน้ำกลั่น 20 ml แล้วนำมาต้มในหม้อที่มีน้ำกลั่น อุณหภูมิน้ำเดือด (98 องศาเซลเซียส) โดยใช้เวลาที่ได้อากการหา Cooking time นำตัวอย่างเมล็ดที่สุกแล้ว มาชั่งน้ำหนักหลังเมล็ดข้าวสุกเปรียบเทียบกับน้ำหนักเมล็ดข้าวก่อนสุก (Singh et al. 2003 ; Singh et al. 2005) ศึกษาเฉพาะตัวอย่างที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง

หาเปอร์เซ็นต์ Water uptake จากสูตร

$$\text{Water uptake(\%)} = \frac{C_u - C_{uc} \times 100}{C_u}$$

C_u = น้ำหนักเมล็ดข้าวสุก

C_{uc} = น้ำหนักเมล็ดดิบ (ข้าวสาร)

3.3 การยืดตัวของเมล็ดข้าว (Elongation) นำตัวอย่างข้าว 2 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 50 ml ที่มีน้ำกลั่น 20 ml แล้วนำมาต้มในหม้อที่มีน้ำกลั่น อุณหภูมิน้ำเดือด (98 องศาเซลเซียส) โดยใช้เวลาที่ได้อากการหา Cooking time นำตัวอย่างเมล็ดข้าวสุกทำให้เสด็จน้ำวางบนกระดาษ จูระหว่างปลายทั้งสองข้าง วัดความยาวโดยใช้เวอร์เนีย (Singh et al. 2003 ; Singh et al. 2005) ศึกษาเฉพาะตัวอย่างที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง

การวิเคราะห์ข้อมูลหาอัตราส่วน Elongation จากสูตร

$$\text{อัตราส่วน Elongation} = \frac{\text{ความยาวของข้าวสุก}}{\text{ความยาวของข้าวดิบ}}$$

3.4 การสูญเสียในขั้นตอนการหุงต้ม (Cooking loss ; %) นำตัวอย่างข้าว 2 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 50 ml ที่มีน้ำกลั่น 20 ml แล้วนำมาต้มในหม้อที่มีน้ำกลั่น อุณหภูมิน้ำเดือด (98 องศาเซลเซียส) โดยใช้เวลาที่ได้จากการหา Cooking time รินน้ำในบีกเกอร์ที่ได้จากการต้มข้าวใส่ใน Flask (ผ่านการอบแห้งและชั่งน้ำหนักก่อนนำมาใช้) ขนาด 250 ml ระเหยให้แห้งโดยใช้ Hot plate และนำไปอบใน Hot air oven อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง (Singh et al., 2003 ; Singh et al. 2005) ศึกษาเฉพาะตัวอย่างที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง

การวิเคราะห์ข้อมูลหาเปอร์เซ็นต์ Solid loss จากสูตร

$$\text{Solid loss (\%)} = \frac{\text{Decrease in weight of rice sample} \times 100}{\text{Weight of rice sample}}$$

3.5 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture analyzer Model TA-XT2 นำตัวอย่างข้าว 2 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 50 ml ที่มีน้ำกลั่น 20 ml แล้วนำมาต้มในหม้อที่มีน้ำกลั่น อุณหภูมิน้ำเดือด (98 องศาเซลเซียส) โดยใช้เวลาที่ได้จากการหา Cooking time รินน้ำในบีกเกอร์ที่ได้จากการต้มข้าวออก และนำข้าวสุกไปใช้ในการวัด (ศึกษาตัวอย่างทั้งที่เก็บอุณหภูมิห้องและอุณหภูมิห้องเย็น)

3.6 การประเมินทางด้านประสาทสัมผัส มีการประเมิน 2 ประเภท คือ การวิเคราะห์ประเภทพรรณนาเชิงปริมาณ (Quantitative Descriptive Analysis ; QDA) ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการคัดเลือกและฝึก 20 คน และ การทดสอบความชอบและการยอมรับรวมของผู้บริโภคโดยการใช้สเกล (Hedonic scaling) ใช้กลุ่มผู้บริโภค 50 คน โดยนำตัวอย่างข้าวสุกแต่ละตัวอย่างใส่แก้วขนาดเล็กที่มีขนาดเท่ากัน และมีรหัสเป็นตัวเลขสุ่ม 3 หลัก ปิดด้วย aluminium foil ผู้ประเมินทุกคนทำการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างแบ่งออกเป็น 2 ช่วง โดยช่วงที่ 1 ใช้ตัวอย่าง 5 ตัวอย่าง

และช่วงที่ 2 ใช้ตัวอย่าง 6 ตัวอย่าง โดยจัดตัวอย่างในงานพลาสติกแข็งสีขาวเรียงตามรหัสที่สุ่มไว้ อุณหภูมิในการเสิร์ฟประมาณ 40-50°C โดยผู้ทดสอบชิมบ้วนปากทุกครั้งก่อนการชิม (Yau และ Huang, 1996) (ศึกษาตัวอย่างทั้งที่เก็บอุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิห้องเย็น)

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้แบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็นดังนี้

1. นำข้อมูลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย ร้อยละ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
2. สรุปผลการวิเคราะห์และรายงานในรูปตารางและกราฟ

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

สถิติที่ใช้ในการวิจัยข้อมูลดังนี้

1. สถิติพื้นฐาน ได้แก่
 - 1.1 ค่าเฉลี่ย
 - 1.2 ร้อยละ
 - 1.3 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
2. สถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบปริมาณองค์ประกอบทางเคมีและความหอมของข้าว

หอมมะลิสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 CRD (Completely Randomized Design)

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

การศึกษาคูณภาพทางเคมี ภายนอก ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 จากแหล่งผลิตในเขตพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้ ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างในปี พ.ศ. 2547– 2549 ได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

1. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และกายภาพของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าว กข 15 ปีการเก็บเกี่ยว พ.ศ. 2547

1.1 คุณภาพทางเคมี และความหอม

ตาราง 5 ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของข้าวสายพันธุ์ ขาวดอกมะลิ 105 จากทุ่งกุลาร้องไห้

แหล่งที่ปลูก	องค์ประกอบทางเคมี (% DB)		
	โปรตีน	ไขมัน	อะไมโลส
เกษตรวิสัย	7.18±0.02	0.51±0.02	19.76±0.06
โพนทราย	7.15±0.06	0.41±0.01	19.43±0.07
พยัคฆภูมิพิสัย	6.89±0.00	0.44±0.04	19.32±0.05

ตาราง 5 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของข้าวขาวดอกมะลิ 105 จาก 3 แหล่ง ในเขตทุ่งกุลาร้องไห้ พบว่า ตัวอย่างข้าวจากอำเภอเกษตรวิสัยมีปริมาณโปรตีนไขมัน และอะไมโลสสูงกว่าอำเภอโพนทราย และพยัคฆภูมิพิสัย

ตาราง 6 ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของข้าวสายพันธุ์ ข้าวดอกมะลิ 105 จากทุ่งกุลาร้องไห้

แหล่งที่ปลูก	องค์ประกอบทางเคมี (% DB)			
	เถ้า	ความชื้น	Aw	2-AP (ppm)
เกษตรวิสัย	0.24 ± 0.02	12.03 ± 0.81	0.63 ± 0.02	5.34 ± 1.04
โพนทราย	0.22 ± 0.01	11.13 ± 0.74	0.58 ± 0.02	5.91 ± 0.84
พยัคฆภูมิพิสัย	0.24 ± 0.01	11.85 ± 0.30	0.66 ± 0.02	5.46 ± 0.60

ตาราง 6 ปริมาณเถ้าของข้าวข้าวดอกมะลิ 105 จากเขตการเพาะปลูกในทุ่งกุลาร้องไห้มีปริมาณอยู่ระหว่าง 0.22-0.24 % ปริมาณความชื้นอยู่ระหว่าง 11.13-12.03 % ค่า Aw อยู่ระหว่าง 0.58-0.63 และมีค่า 2-AP อยู่ระหว่าง 5.34-5.91 ppm

1.2 คุณภาพทางกายภาพ

ตาราง 7 ขนาดและรูปร่างของเมล็ดข้าวขาว

แหล่งปลูก	ขนาดและรูปร่างข้าวขาว			
	ความยาว (mm)	ความกว้าง(mm)	ความสูง(mm)	ค่าความยาวต่อความกว้าง
เกษตรวิสัย	7.3 ± 0.03	2.1 ± 0.01	1.7 ± 0.01	3.53 ± 0.19
พยัคฆภูมิพิสัย	7.3 ± 0.02	2.0 ± 0.01	1.7 ± 0.01	3.63 ± 0.36
โพนทราย	7.3 ± 0.02	2.1 ± 0.01	1.7 ± 0.04	3.55 ± 0.18

จากตาราง 7 ศึกษาขนาด และรูปร่างข้าวขัดขาวของข้าวขาวดอกมะลิ 105 จากทุ่งกุลาร้องไห้พบว่า มีความยาวอยู่ที่ 7.3 mm ความกว้างอยู่ระหว่าง 2.0-2.1 mm ความสูงอยู่ที่ 1.7 mm และมีความยาวต่อความกว้างอยู่ระหว่าง 3.53-3.63

ตาราง 8 ขนาดและรูปร่างของเมล็ดข้าวกล้อง

แหล่งปลูก	ขนาดและรูปร่างข้าวกล้อง			
	ความยาว(mm)	ความกว้าง(mm)	ความสูง(mm)	ค่าความยาวต่อความกว้าง
เกษตรวิสัย	7.3 ± 0.03	2.0 ± 0.02	1.9 ± 0.02	3.67 ± 0.41
พยัคฆภูมิพิสัย	7.3 ± 0.03	2.1 ± 0.01	1.7 ± 0.01	3.47 ± 0.20
โพนทราย	7.4 ± 0.03	2.1 ± 0.01	1.7 ± 0.01	3.47 ± 0.20

จากตาราง 8 การศึกษาความยาว ความกว้าง ความสูง และอัตราส่วนของความยาวต่อความกว้างของเมล็ดข้าวกล้อง พบว่า ความยาวข้าวกล้องอยู่ที่ 7.3-7.4 mm ความกว้างอยู่ที่ 2.0-2.1 mm ความสูงอยู่ที่ 1.7-1.9 mm และอัตราส่วนของความยาวต่อความกว้างอยู่ที่ 3.47-3.67

ตาราง 9 ขนาดและรูปร่างของเมล็ดข้าวเปลือก

แหล่งปลูก	ขนาดและรูปร่างข้าวเปลือก			
	ความยาว(mm)	ความกว้าง(mm)	ความสูง(mm)	ค่าความยาวต่อความกว้าง
เกษตรวิสัย	10.5 ± 0.04	2.4 ± 0.01	2.0 ± 0.01	4.37 ± 0.26^b
พยัคฆภูมิพิสัย	10.5 ± 0.04	2.3 ± 0.02	2.0 ± 0.01	4.67 ± 0.52^a
โพนทราย	10.6 ± 0.05	2.5 ± 0.01	2.0 ± 0.01	4.31 ± 0.28^b

จากตาราง 9 การศึกษาความยาว ความกว้าง ความสูง และอัตราส่วนของความยาวต่อความกว้างของเมล็ดข้าวเปลือก พบว่า ความยาวอยู่ที่ 10.5-10.6 mm ความกว้างอยู่ที่ 2.3-2.5 mm ความสูงอยู่ที่ 2.0 mm และอัตราส่วนของความยาวต่อความกว้างอยู่ที่ 4.31-4.67

ตาราง 10 Cooking time %Water uptake และElongation

แหล่งปลูก	Cooking Time (min)	% Water uptake	Elongation
เกษตรวิสัย	14.67±0.50 ^a	175.47±10.52	1.33±0.07 ^{ab}
พยัคฆภูมิพิสัย	13.89±0.33 ^b	166.96±6.88	1.35±0.08 ^a
โพนทราย	14.56±0.53 ^a	171.04±7.54	1.31±0.09 ^b

Cooking Time ของข้าวจากเกษตรวิสัย มีค่าสูงสุดคือ 14.67 ซึ่งไม่แตกต่างกันกับ โพนทราย ส่วน พยัคฆภูมิพิสัย มีค่าต่ำสุดคือ 13.89 ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% ค่า %water uptake มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และค่า elongation ข้าวจากพยัคฆภูมิพิสัย มีค่าสูงสุด คือ 1.35 แต่มีค่าไม่แตกต่างกันกับ เกษตรวิสัย ส่วนที่โพนทราย มีค่าต่ำสุดคือเท่ากับ 1.31 และไม่แตกต่างกันกับเกษตรวิสัย ข้าวจากพยัคฆภูมิพิสัยมีค่า elongation มากกว่าข้าวจากโพนทราย ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95%

ตาราง 11 คุณสมบัติของแป้ง (Rheological properties)

แหล่งปลูก	Breakdown (RVU)	Final Viscosity (RVU)	Setback (RVU)	Pasting temperature (°C)
เกษตรวิสัย	86.74±7.55	201.24±17.63 ^a	77.27±3.25	73.58±0.69 ^a
พยัคฆภูมิพิสัย	91.04±9.43	173.11±20.28 ^b	70.57±9.18	73.50±0.77 ^a
โพนทราย	86.03±9.74	190.33±27.03 ^{ab}	73.27±9.42	72.42±0.56 ^b

จากตาราง 11 พบว่าค่า Breakdown มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าFinal Viscosity ที่เกษตรวิสัย มีค่าสูงสุดคือ 201.24 แต่ไม่แตกต่างกันกับ โพนทราย ส่วนพยัคฆภูมิพิสัย มีค่าต่ำสุดคือ 173.11 แต่ไม่แตกต่างกันกับโพนทราย ส่วนค่า SETBACKมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และค่า Pasting temperature ข้าวจากเกษตรวิสัยมีค่าสูงสุดคือ 73.58 แต่ไม่แตกต่างกันกับ พยัคฆภูมิพิสัย ส่วนข้าวจากโพนทรายมีค่าต่ำสุดคือ 72.42

ตาราง 12 การศึกษาความขาวของข้าวสาร ข้าวหุงสุก และ เปอร์เซ็นต์ solid loss

แหล่งปลูก	เปอร์เซ็นต์ความขาว		
	ข้าวสาร (mm) ^{ms}	ข้าวหุงสุก ^{ms}	%solid loss
เกษตรวิสัย	93.8±0.12	94.83±0.05	3.37±0.50 ^{ab}
พยัคฆภูมิพิสัย	93.74±0.10	94.7±0.27	3.00±0.31 ^b
โพนทราย	93.81±0.12	94.86±0.10	3.46±0.42 ^a

*การหาค่า % ความขาวของข้าวสารหาได้จากสูตร

$$\% \text{ ความขาว} = 100 - (((100 - L) + a + b)^{1/2})$$

ค่าความขาวของข้าวหอมมะลิ 105 ที่ปลูกต่างพื้นที่มีเปอร์เซ็นต์ความขาวของข้าวสารและข้าวหุงสุกที่ไม่แตกต่างกัน แต่มี ค่า %solid loss แตกต่างกัน โดยข้าวจากโพนทรายจะมีค่า Solid loss สูงกว่าพยัคฆภูมิพิสัย

ตาราง 13 ค่า Texture analysis

แหล่งปลูก	HARDNESS	STICKINESS ^{ms}	ADHESIVE	COHESIVE
เกษตรวิสัย	10.93±1.46 ^b	-1.48±0.40	-0.56±0.22 ^{ab}	0.24±0.01 ^b
พยัคฆภูมิพิสัย	10.14±1.76 ^b	-1.48±0.41	-0.49±0.19 ^a	0.23±0.02 ^b
โพนทราย	12.69±1.16 ^a	-1.62±0.42	-0.67±0.23 ^b	0.26±0.02 ^a

ตาราง 14 ค่า Texture analysis

แหล่งที่ปลูก	GUMMINESS	SpringRatio (TFP) ^{ms}	Chewyness(TFP)
เกษตรวิสัย	2.62±0.38 ^b	0.52±0.18	1.38±0.59 ^{ab}
พยัคฆภูมิพิสัย	2.36±0.54 ^b	0.47±0.10	1.09±0.22 ^b
โพนทราย	3.26±0.40 ^a	0.52±0.11	1.70±0.44 ^a

จากตาราง 13 และ 14 เป็นการศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวขาวดอกมะลิ 105 จากแหล่งปลูกที่แตกต่างกันในเขตทุ่งกุลาร้องไห้ พบว่า มีค่าความแข็งอยู่ที่ 10.19-12.69 ซึ่งอำเภอโพธารามจะมีความแข็งสูงสุดคือ 12.69 ค่า Stickiness อยู่ที่ -1.62 - - 1.48 ค่า Adhesive อยู่ระหว่าง 0.47-0.52 ค่า Cohesive อยู่ระหว่าง 0.23-0.26 ค่า Guminess อยู่ระหว่าง 2.36-3.26 ค่า SpringRatio (TFP) อยู่ระหว่าง 0.47-0.52 และค่า Chewyness(TFP) อยู่ระหว่าง 1.09-1.38

ตาราง 15 ทดสอบประสาทสัมผัส QDA ผู้ทดสอบ 20 คน

แหล่งปลูก	ลักษณะด้านประสาทสัมผัส			
	ความมันวาว	ความขาว	ความร่วน	ความแข็ง
เกษตรวิสัย	8.56±2.28 ^{ab}	7.75±2.20 ^b	6.68±2.46	6.34±2.19 ^{ab}
พยัคฆภูมิพิสัย	8.39±2.06 ^b	7.18±2.63 ^b	6.84±2.49	6.68±1.91
โพธาราม	9.23±2.08 ^a	8.89±2.02 ^a	8.31±12.74	5.89±2.01 ^b

ตาราง 16 ทดสอบประสาทสัมผัส QDA ผู้ทดสอบ 20 คน

แหล่งปลูก	ลักษณะด้านประสาทสัมผัส			
	ความเหนียว	ความหยาบในปาก	ความหวาน	กลิ่นข้าวสุก
เกษตรวิสัย	7.04±2.10	6.91±2.15	7.23±2.35	7.96±2.56 ^b
พยัคฆภูมิพิสัย	7.01±2.33	7.33±2.42	7.50±1.95	7.99±2.24 ^b
โพธาราม	7.58±2.10	6.71±2.31	7.68±2.30	9.15±1.88 ^a

* Scale ความชอบที่ใช้ทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

ชอบมากที่สุด = 9, ชอบมาก = 8, ชอบปานกลาง = 7, ชอบเล็กน้อย = 6, บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ = 5,

ไม่ชอบเล็กน้อย = 4, ไม่ชอบปานกลาง = 3, ไม่ชอบมาก = 2 และ ไม่ชอบมากที่สุด = 1

จากตาราง 15-16 แสดงผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส QDA โดยใช้ผู้ทดสอบชิม 20 คน พบว่าความชอบด้านกลิ่นข้าวสุกร้อน ความมันวาว ความขาว และความร่วนของข้าวสุกโพธารามได้รับความชอบจากผู้ทดสอบชิมมากที่สุด แต่เมื่อกำหนดทางสถิติพบว่าความชอบด้านความ

ร่วนไม่มีความแตกต่าง ส่วนด้านความแข็งข้าวจากเกษตรวิสัยและพยัคฆภูมิพิสัยผู้ทดสอบมีความชอบเล็กน้อย โดยที่ความชอบในด้านความเหนียว ความหยาบในปาก และความหวานผู้ทดสอบชิมมีความชอบตั้งแต่ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตาราง 17 ค่าทดสอบความชอบ ผู้ทดสอบ 50 คน

แหล่งปลูก	ความชอบ ต่อกลิ่น	ความชอบต่อ ลักษณะปรากฏ	ความชอบต่อ รสชาติ ^๙	ความชอบต่อ ความนุ่ม ^๙	ความชอบต่อ ความเหนียว ^๙	ความชอบ โดยรวม
เกษตรวิสัย	5.88±1.76 ^b	6.41±1.50 ^b	6.33±1.34	6.33±1.33	6.21±1.45	6.40±1.22 ^b
พยัคฆภูมิพิสัย	6.18±1.44 ^b	5.95±1.86 ^c	6.13±1.40	6.37±1.45	6.14±1.51	6.23±1.38 ^b
โพนทราย	6.55±1.48 ^a	6.83±1.38 ^a	6.38±1.33	6.40±1.59	6.46±1.34	6.81±1.23 ^a

^a Scale ความชอบที่ใช้ทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

ชอบมากที่สุด = 9 , ชอบมาก = 8 , ชอบปานกลาง = 7 , ชอบเล็กน้อย = 6 , บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ = 5 ,

ไม่ชอบเล็กน้อย = 4 , ไม่ชอบปานกลาง = 3 , ไม่ชอบมาก = 2 และ ไม่ชอบมากที่สุด = 1

จากตาราง 17 แสดงผลการทดสอบความชอบโดยใช้ผู้ทดสอบ 50 คน พบว่า ผู้ทดสอบชิมความชอบในด้านความชอบต่อกลิ่น และลักษณะปรากฏ ของข้าวจากโพนทรายสูงสุด และมีความชอบต่อรสชาติ ความชอบต่อความนุ่ม ความชอบต่อความเหนียว ที่ไม่ต่างกัน ส่วนความชอบความชอบโดยรวม พบว่าผู้ทดสอบชิมจะให้การยอมรับข้าวที่มาจากโพนทรายสูงสุด

วิจารณ์คุณลักษณะทางกายภาพ

คุณลักษณะทางกายภาพของข้าวโดยทั่วไป ข้าวจากเกษตรวิสัยและโพนทรายมีสมบัติคล้ายคลึงกัน และมีความแตกต่างจากข้าวที่ได้จากพยัคฆภูมิพิสัย เช่น ลักษณะทางสัณฐาน (dimension) ได้แก่ ความยาวและความกว้างของเมล็ด รวมทั้ง ค่า %ความขาว จากการทดลองพบว่า ข้าวในกลุ่มแรกใช้ระยะเวลาในการหุงสุกนานกว่า ประมาณ 14 นาที ส่วนข้าวจากพยัคฆภูมิพิสัยใช้เวลา ประมาณ 13 นาที การที่ข้าวกลุ่มแรกใช้เวลาในการหุงสุกนานกว่าทำให้มี การดูดน้ำสูงกว่า (Water uptake) ซึ่งอาจส่งผลทำให้ข้าวที่ได้มีความแข็งน้อยกว่าเมื่อนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัส อย่างไรก็ตามพบว่าค่าการสูญเสียของแข็ง (Solid loss) สูงขึ้นด้วยด้วยเช่นกัน ค่าร้อยละการสูญเสียของแข็งของข้าวจากแหล่ง โพนทราย เกษตรวิสัย และพยัคฆภูมิพิสัย คือ 3.64±0.42, 3.37±0.50 และ

3.00±0.31 ตามลำดับ การสูญเสียของแข็งออกจากเมล็ดแป้ง (leaching) ของข้าวจากแหล่งเกษตรพิสัย และโพนทรายโดยง่ายทำให้เมื่อเกิดเจลลาติไนซ์ ในสภาวะแวดล้อมที่มีน้ำจำนวนมาก จึงกลายเป็น โครงสร้างเจลแข็งแรง ซึ่งส่งผลให้ผลค่า Final viscosity ก่อนข้างสูง เมื่อวัดคุณสมบัติด้าน Rheology ด้วยเครื่อง Rapid viscometer analysis (RVA) โดยค่า Final viscosity ของแป้งข้าวจากเกษตรพิสัยและ โพนทราย คือ 201.24±17.63 และ 190.33±27.3 (RVU) ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า ข้าวจาก เกษตรพิสัย มีปริมาณอะไมโลสสูงสุด คือ 19.76±0.06 % ทำให้สารละลายแป้งเกิดเจลที่มีความหนืด สูงกว่า

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

ข้าวจากสามแหล่ง ได้แก่ เกษตรพิสัย พืชกรรมพิสัย และ โพนทราย เมื่อนำมาทดสอบ ทางประสาทสัมผัส พบว่า ข้าวหุงสุกจากโพนทราย และ เกษตรพิสัย มีค่า ความแข็ง (hardness) ต่ำสุด หรือมีความนุ่มมากที่สุด อย่างไรก็ตามเมื่อนำข้าวมาตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือวิเคราะห์เนื้อสัมผัส อาหารด้วยวิธี Texture profile analysis (TPA) พบว่า ข้าวจากโพนทราย มีค่า ความแข็ง (hardness) ต่ำ สุด หรือมีความนุ่มมากที่สุด ทั้งนี้การวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือที่ละเอียดอ่อนทำให้สามารถจำแนกความ แตกต่างได้ดีขึ้น อีกทั้งไม่มีความแปรปรวนจากปัจจัยประสาทสัมผัสอื่นๆ เมื่อมีการทดสอบโดย มนุษย์ ซึ่งผลการวิเคราะห์พบว่า ข้าวจากเกษตรพิสัยซึ่งมีความแข็งสูงสุด อาจเป็นเพราะมีส่วน ประกอบของอะไมโลสที่สูง (19.76±0.06%) เมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งอื่น อย่างไรก็ตาม ปริมาณ อะไมโลสของทั้ง สามแหล่งถือว่าใกล้เคียงกัน คืออยู่ในช่วง 19.2-19.8 %

ข้าวที่ผลิตจากโพนทรายเมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับ สูงสุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความนุ่มของข้าว (แข็งน้อยกว่า) และชอบกลิ่นหอมของข้าวมากกว่า ทำให้ใช้เวลาในการการหุงสุกที่นานกว่าของข้าวจากโพนทราย และส่งผลทำให้มีการปลดปล่อยความ หอมได้มากกว่า

ข้าวจากโพนทรายเมื่อนำมาหุงสุกแล้วผู้ทดสอบให้คะแนนความขาวและความมันวาว มากกว่าข้าวที่ได้จากแหล่งอื่น อย่างไรก็ตาม สีของข้าวสารเมื่อวัดด้วยเครื่องมือวัดสี (Chroma meter) พบว่าค่าความสว่างของข้าวขาว (L-value ตามระบบวัดสี L-a-b) ของข้าวทั้งสามแหล่งแตกต่างกัน ไม่มากนัก

จากการประเมินคุณภาพเบื้องต้นของคุณสมบัติที่สำคัญของข้าวจากแหล่งต่างๆ พบว่าค่า ความชอบทางประสาทสัมผัสข้าวจากโพนทรายได้รับการยอมรับรวมสูงสุด และตามการประเมินผล ทางด้านเนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุกด้วยเครื่องมือพบว่าข้าวจากโพนทรายมีความแข็งน้อยที่สุด อย่างไรก็ตาม