



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (คหกรรมศาสตร์)

ปริญญา

คหกรรมศาสตร์

คหกรรมศาสตร์

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการหุงข้าวกล้องและการเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการ
ของข้าวกล้องหุงสุก

Optimal Water Quantity for Brown Rice Cooking and The Nutritional Changes
of Cooked Brown Rice

นามผู้วิจัย นางสาวงามศิริขวัญ เพิ่มศรี

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รongศาสตราจารย์ทัศนีย์ ลิ้มสุวรรณ, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ลลิตา อิงศรีสว่าง, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุธีลักษณ์ ไกรสุวรรณ, ปร.ค.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รongศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

สิงสิงห์ มตาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการหุงข้าวกล้องและการเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการ
ของข้าวกล้องหุงสุก

Optimal Water Quantity for Brown Rice Cooking and The Nutritional Changes
of Cooked Brown Rice

โดย

นางสาวงามศิริขวัญ เพิ่มศรี

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร)

พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

งามศิริขวัญ เพิ่มศรี 2553: ปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการหุงข้าวกล้องและการเปลี่ยนแปลง
คุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องหุงสุก ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (คหกรรมศาสตร์)
สาขาคหกรรมศาสตร์ ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก:
รองศาสตราจารย์ทัศนีย์ ลิ้มสุวรรณ, Ph.D. 142 หน้า

การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการหุงข้าวกล้อง 2) ศึกษาปัจจัย
ที่มีผลต่อปริมาณน้ำ 3) เปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการในข้าวกล้องก่อนและหลังการหุงสุกและ
4) เปรียบเทียบปริมาณสารกาบาในข้าวกล้องหอมมะลิงอกก่อนและหลังหุงสุก โดยใช้ข้าวกล้อง 5 พันธุ์
คือ มันปู สังกข์หยด หอมมะลิ หอมมะลิแดง และหอมนิล หุงในอัตราส่วนข้าวต่อน้ำ 3 ระดับ คือ 1:1.7,
1:2 และ 1:2.2 โดยน้ำหนัก การศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสมโดยใช้การทดสอบทางประสาทสัมผัสโดย
ผู้ทดสอบที่มีอายุ 20 ปีขึ้นไป จำนวน 30 คน วางแผนการทดลองแบบ Randomized Completed Block
Design และใช้การวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี Friedman Test และ Wilcoxon matched-pairs Test
วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างความคงตัวของแป้งสุก การขยายตัวของเมล็ดข้าว ปริมาณ โปรตีน
และปริมาณอไมโลสกับปริมาณน้ำที่เหมาะสมด้วยสมการถดถอยเชิงเส้น และวิเคราะห์ความแตกต่าง
ของปริมาณพลังงาน คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน โยอาหาร เถ้า วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 ไนอะซิน
แคลเซียม และเหล็กของข้าวกล้องก่อนและหลังหุงสุก และปริมาณสารกาบาของข้าวกล้องหอมมะลิ
งอกก่อนหุงและหลังหุง ด้วย Paired-Samples T-Test

ผลการศึกษาพบว่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการหุงข้าวกล้อง 5 พันธุ์ คือ 1: 2 และ 1: 2.2
ปัจจัยคุณภาพของข้าวกล้องที่พบว่ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปริมาณน้ำที่เหมาะสม
คือ ปริมาณอไมโลส และสมการถดถอยเชิงเส้นที่ใช้ในการทำนายปริมาณน้ำจากปริมาณอไมโลส คือ
 $W=1.813 + 0.02A$

การเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องก่อนหุงและหลังหุงบนพื้นฐานของน้ำหนัก
แห้งที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ การลดลงของคาร์โบไฮเดรต 59.81% และโปรตีน
6.78% และมีการเพิ่มขึ้นของไขมัน 81.79% โยอาหาร 335.93% เถ้า 32.69% และแคลเซียม 16.60%
สำหรับข้าวกล้องหอมมะลิงอกพบว่ามีปริมาณสารกาบาเพิ่มขึ้น 2775.63% จากข้าวกล้องหอมมะลิก่อน
เพาะงอก และเมื่อนำไปหุงสุกพบว่ามีปริมาณสารกาบาลดลง 78.65% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Ngamsirakhwan Permsri 2010: Optimal Water Quantity for Brown Rice Cooking and The Nutritional Changes of Cooked Brown Rice. Master of Science (Home Economics), Major Field: Food and Nutrition, Department of Home Economics. Thesis Advisor: Associate Professor Tasanee Limsuwan, Ph.D. 142 pages.

The objectives of this research were to study 1) optimal water levels for cooking brown rice 2) the factors related to optimal water for cooking brown rice 3) the differences in nutrients between raw and cooked brown rice and 4) the difference in Gamma Amino Butaric Acid (GABA) content between raw GABA rice and cooked GABA rice. Five varieties of rice; Munpu, Sung Yod, Hom Nin, Hom Mali and Hom Malidang were cooked with 3 levels of water; 1:1.7, 1:2 and 1:2.2 by weight. To analyze the optimal water levels for cooking brown rice, a nine-point hedonic scale in Randomize Complete Block Design was used for sensory evaluation and the statistical difference was analyzed by nonparametric statistical Friedman test of ranking and Wilcoxon matched-pairs Test. Analysis of the relation between the qualities factors of brown rice in regard to gel consistency, volume expansion, protein and amylase content and the optimal water quantity was analyzed by the selection of factors in a regression linear model. Analysis of the differences of nutrient values between raw and cooked brown rice and GABA content between raw GABA rice and cooked GABA rice were performance with Paired-Samples T-Test. Energy, carbohydrate, protein, lipid, fiber, ash, vitaminB1, vitamin 2, niacin, calcium and iron were determined in raw and cooked brown rice.

The results revealed that the optimal water quantity for cooking 5 varieties of brown rice were in relation of 1:2 and 1:2.2 rice and water weight. Quality factors related to the optimal water quantity were amylose content and the linear regression model used to estimate the optimal quantity to cook brown rice was $W=1.813 + 0.02A$.

The significant changes of nutritional values found in cooked brown rice were the reduction of carbohydrate by 59.81% and protein by 6.78% and increasing of lipid by 81.79%, fiber by 335.93%, ash by 32.69% and calcium by 16.60%. GABA content decreased by 78.65% in cooked GABA rice.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.ทัศนีย์ ลิ้มสุวรรณ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผศ.ดร.ลีลี อิงศรีสว่าง กรรมการที่ปรึกษา ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำและความช่วยเหลือต่างๆ ตลอดจนแก้ไขรูปเล่มวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ โครงการภูมิปัญญาอาหารจากข้าวที่สนับสนุนงบประมาณในการวิเคราะห์ ส่วนประกอบทางเคมีของข้าว ขอขอบคุณศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการศึกษา คุณภาพและให้ความรู้เรื่องข้าวต่างๆ ขอขอบคุณอาจารย์ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ที่ให้คำแนะนำในการใช้เครื่องมือในการวิจัย

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้การสนับสนุนการศึกษา ขอขอบคุณเพื่อน พี่น้อง ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ และผู้ที่ไม่ได้กล่าวนามที่ให้ช่วยเหลือตลอดระยะเวลาการวิจัย คุณประโยชน์อันเกิดจากวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่บิดา มารดา ครูอาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้และช่วยเหลือสนับสนุนการศึกษาตลอดมา หากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความผิดพลาดประการใด ข้าพเจ้าน้อมรับไว้แต่เพียงผู้เดียว

งามศิริขวัญ เพิ่มศรี

กรกฎาคม 2553

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	4
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์วิธีการ	36
ผลและวิจารณ์	43
สรุปและข้อเสนอแนะ	96
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	101
ภาคผนวก	105
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ	106
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี	110
ภาคผนวก ค แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส	116
ภาคผนวก ง การวิเคราะห์ทางสถิติ	119
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	141

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สัดส่วน โครงสร้างของเมล็ดข้าว	9
2	ปริมาณวิตามินชนิดต่างๆ ที่มีในส่วนต่างๆ ของเมล็ดข้าว	14
3	ปริมาณเกลือแร่ในข้าวเปลือก และส่วนที่ได้จากการขัดสี ที่ 14% ความชื้น	15
4	คุณค่าทางโภชนาการของข้าวสังข์หยด 100 กรัม	22
5	เปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องหอมแดง และข้าวกล้องขาวดอก มะลิ 105 (น้ำหนักในข้าว 100 กรัม)	24
6	การแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณโมลอส	27
7	สัดส่วนของน้ำต่อข้าวที่มีปริมาณโมลอสต่างกัน	28
8	การแบ่งประเภทข้าวตามคงตัวของแป้งสุก	29
9	การสูญเสียคุณค่าจากการล้างและหุงข้าว (%)	34
10	ลักษณะข้อมูลการศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสมโดยทดสอบคุณภาพ ทางประสาทสัมผัสในแผนการทดลอง CRD	40
11	น้ำหนัก 100 เมล็ดของเมล็ดข้าวกล้อง 5 พันธุ์	43
12	ขนาดและรูปร่างของเมล็ดข้าว 5 พันธุ์	44
13	ค่าความคงตัวของแป้งข้าวสุก	45
14	ค่าการขยายตัวของเมล็ดข้าวสุก	46
15	ปริมาณโมลอสของข้าว 5 พันธุ์	47
16	คุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้อง 5 พันธุ์	48
17	คุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องหอมมะลิ ข้าวกล้องหอมมะลิออก ข้าวกล้องหอมมะลิออกและผ่านการอบ	50
18	คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องมันปูหุงสุก ด้วยอัตราส่วนของข้าวต่อน้ำที่แตกต่างกัน	54
19	คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องสังข์หยดหุงสุก ด้วยอัตราส่วนของข้าวต่อน้ำที่แตกต่างกัน	55
20	คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องหอมนิลหุงสุก ด้วยอัตราส่วนของข้าวต่อน้ำที่แตกต่างกัน	57

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
21	คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องหอมมะลิหุงสุก ด้วยอัตราส่วนของข้าวต่อน้ำที่แตกต่างกัน	59
22	คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องหอมมะลิแดงหุงสุก ด้วยอัตราส่วนของข้าวต่อน้ำที่แตกต่างกัน	61
23	คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องหอมมะลิอกหุงสุก ด้วยอัตราส่วนของข้าวต่อน้ำที่แตกต่างกัน	62
24	คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องหอมมะลิอก ที่ผ่านการอบและหุงสุกด้วยอัตราส่วนของข้าวต่อน้ำที่แตกต่างกัน	63
25	คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องหอมมะลิ ข้าวกล้องหอมมะลิอก และข้าวกล้องหอมมะลิอกที่ผ่านการอบและหุงสุก	64
26	ค่าความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านความชอบกับปริมาณน้ำที่เหมาะสม สำหรับการหุงข้าวกล้อง	65
27	ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบถดถอยเชิงเส้นระหว่างปริมาณไมโลส กับปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการหุงข้าวกล้อง	66
28	เปรียบเทียบอัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส กับอัตราส่วนที่ได้จากการแทนค่าในสมการ	67
29	คุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องหุงสุกพันธุ์ต่างๆ	71
30	คุณค่าโภชนาการของข้าวกล้องงอกหุงสุก	71
31	การเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้อง 5 พันธุ์ ข้าวกล้องหอมมะลิอก และข้าวกล้องหอมมะลิอกอบ (น้ำหนักแห้ง)	91
ตารางผนวกที่		
ก1	การแบ่งประเภทข้าวจากระยะทางที่น้ำแบ่งไหล	109
ง1	การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของข้าวกล้องข้าวสาร	120
ง2	การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของข้าวกล้องข้าวสารพันธุ์หอมมะลิอก	122

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
ง3 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าทางการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวพันธุ์มันปูที่หุงด้วยอัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่ระดับต่างๆ	124
ง4 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าทางการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวพันธุ์สังข์หยดที่หุงด้วยอัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่ระดับต่างๆ	125
ง5 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าทางการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวพันธุ์หอมนิลที่หุงด้วยอัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่ระดับต่างๆ	127
ง6 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าทางการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวพันธุ์หอมมะลิที่หุงด้วยอัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่ระดับต่างๆ	128
ง7 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าทางการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวพันธุ์หอมมะลิแดงที่หุงด้วยอัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่ระดับต่างๆ	130
ง8 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าทางการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวพันธุ์หอมมะลิวงอกที่หุงด้วยอัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่ระดับต่างๆ	131
ง9 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าทางการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวพันธุ์หอมมะลิวงอกอบที่หุงด้วยอัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่ระดับต่างๆ	133
ง10 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าทางการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวพันธุ์หอมมะลิ ข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิวงอก และข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิวงอกที่ผ่านการอบ	134
ง11 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องหุงสุกทั้ง 5 พันธุ์	136
ง12 คะแนนการยอมรับเฉลี่ยของข้าวกล้องหุงสุกที่หุงด้วยอัตราส่วนข้าวต่อน้ำระดับต่างๆ	138
ง13 เปรียบเทียบความต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนการยอมรับระหว่างระดับน้ำที่ใช้ในการหุงข้าวแต่ละระดับ	138
ง14 การเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องก่อนและหลังหุงสุก(น้ำหนักแห้ง)	139
ง15 การเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการระหว่างข้าวกล้องงอกหุงสุกกับข้าวกล้องงอกที่ผ่านการอบแล้วนำมาหุงสุก	140

สารบัญญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ส่วนประกอบของเมล็ดข้าว	8
2	กระบวนการสีข้าว	18
3	ขนาดของเมล็ดข้าว	19
4	คุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องเมื่อเปรียบเทียบกับใช้ข้าวขาวเป็นมาตรฐาน	20
5	ลักษณะของข้าวพันธุ์มันปู	20
6	ลักษณะของข้าวพันธุ์สังข์หยดที่ได้รับการจัดสีในระดับต่างๆ	21
7	แสดงลักษณะของข้าวกล้องพันธุ์หอมนิล	22
8	ลักษณะของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับการจัดสีในระดับต่างๆ	23
9	แสดงลักษณะของข้าวพันธุ์หอมแดงที่ได้รับการจัดสีในระดับต่างๆ	24
10	การหุงข้าวแบบเช็ดน้ำ	32
11	การหุงข้าวแบบไม่เช็ดน้ำ	32
12	การหุงข้าวต้ม	34
13	ลักษณะเมล็ดข้าวพันธุ์มันปูหุงสุกด้วยอัตราส่วนข้าวต่อน้ำระดับต่างๆ	52
14	ลักษณะเมล็ดข้าวพันธุ์สังข์หยดหุงสุกด้วยอัตราส่วนข้าวต่อน้ำระดับต่างๆ	54
15	ลักษณะเมล็ดข้าวพันธุ์หอมนิลหุงสุกด้วยอัตราส่วนข้าวต่อน้ำระดับต่างๆ	56
16	ลักษณะเมล็ดข้าวพันธุ์หอมมะลิหุงสุกด้วยอัตราส่วนข้าวต่อน้ำระดับต่างๆ	58
17	ลักษณะเมล็ดข้าวพันธุ์หอมมะลิแดงหุงสุกด้วยอัตราส่วนข้าวต่อน้ำระดับต่างๆ	60
18	ปริมาณความชื้นของข้าวกล้องข้าวสารและข้าวกล้องหุงสุกพันธุ์ต่างๆ	72
19	ปริมาณคาร์โบไฮเดรตของข้าวกล้องข้าวสารและข้าวกล้องหุงสุกพันธุ์ต่างๆ	72
20	ปริมาณโปรตีนของข้าวกล้องข้าวสารและข้าวกล้องหุงสุกพันธุ์ต่างๆ	73
21	เปรียบเทียบปริมาณไขมันของข้าวกล้องข้าวสารและข้าวกล้องหุงสุกพันธุ์ต่างๆ	74
22	ปริมาณใยอาหารของข้าวกล้องข้าวสารและข้าวกล้องหุงสุกพันธุ์ต่างๆ	75
23	ปริมาณเถ้าของข้าวกล้องข้าวสารและข้าวกล้องหุงสุกพันธุ์ต่างๆ	76

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
24	ปริมาณวิตามินบี 1 ของข้าวกล้องข้าวสารและข้าวกล้องหุงสุกพันธุ์ต่างๆ	77
25	ปริมาณไนอะซิน ของข้าวกล้องข้าวสารและข้าวกล้องหุงสุกพันธุ์ต่างๆ	78
26	เปรียบเทียบปริมาณธาตุเหล็กของข้าวกล้องข้าวสารและข้าวกล้องหุงสุกพันธุ์ต่างๆ	79
27	เปรียบเทียบปริมาณแคลเซียม ของข้าวกล้องข้าวสารและข้าวกล้องหุงสุกพันธุ์ต่างๆ	80
28	เปรียบเทียบปริมาณวิตามินบี 2 ของข้าวกล้องข้าวสารและข้าวกล้องหุงสุกพันธุ์ต่างๆ	80
29	เปรียบเทียบปริมาณกาบาของข้าวกล้องข้าวสารและข้าวกล้องหุงสุกพันธุ์ต่างๆ	81
30	คุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องมันปูเมื่อเป็นข้าวสารและเมื่อหุงสุก	82
31	คุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องสังข์หยดเมื่อเป็นข้าวสารและเมื่อหุงสุก	83
32	คุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องหอมนิลเมื่อเป็นข้าวสารและเมื่อหุงสุก	84
33	คุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องหอมมะลิเมื่อเป็นข้าวสารและเมื่อหุงสุก	85
34	คุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องหอมมะลิแดงเมื่อเป็นข้าวสารและเมื่อหุงสุก	86
35	คุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องหอมมะลิจอกเมื่อเป็นข้าวสารและเมื่อหุงสุก	87
36	คุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องหอมมะลิจอกอบเมื่อเป็นข้าวสารและเมื่อหุงสุก	88
ภาพผนวกที่		
ก1	การขยายตัวของเมล็ดข้าว 5 พันธุ์	107
ก2	ลักษณะความคงตัวของเจลจากแป้งข้าว 5 พันธุ์	108

ปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการหุงข้าวกล้อง และการเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องหุงสุก

Optimal Water Quantity for Brown Rice Cooking and Its Nutrition Change of Cooked Brown Rice

คำนำ

ข้าวกับคนไทยผูกพันกันมาช้านาน ข้าวเป็นอาหารหลักที่สำคัญของคนไทยทุกเพศทุกวัย เป็นส่วนหนึ่งของวิถีการดำเนินชีวิตของคนไทย และเกี่ยวข้องกับวัฒนธรรม ดังจะเห็นได้จาก ประเพณีสำคัญต่างๆ เช่น วัฒนธรรมการลงแขกในการทำงานจะมีการช่วยกันปักดำข้าวสลับกันไป พิธีกรรมที่เกี่ยวข้องกับการปลูกข้าว เช่น ประเพณีแห่นางแมวของภาคกลาง ประเพณีบุญบั้งไฟของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเพณีบุญกลางบ้านจัดในช่วงประเพณีปลูกข้าว การเคารพบูชา พระแม่โพสพซึ่งเชื่อกันว่าเป็นเทพธิดาที่ปกปักรักษาข้าวช่วยให้ผลผลิตอุดมสมบูรณ์ การทำขวัญข้าว การสู่ขวัญข้าว การสู่ขวัญผู้ และสู่ขวัญลาน ซึ่งก่อให้เกิดการรวมตัวของคนไทยในกลุ่มต่างๆ (กรมการข้าว, ม.ป.ป.) นอกจากนี้พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดชทรงให้ความสำคัญกับข้าว โดยโปรดเกล้าฯ ให้มีโครงการส่วนพระองค์เกี่ยวกับข้าว มีแปลงสาธิตปลูกข้าว ในบริเวณพระตำหนักจิตรลดารโหฐาน โครงการธนาคารข้าวเพื่อการเก็บรักษาข้าวไว้บริโภคเมื่อขาดแคลน โครงการระบบสหกรณ์ โครงการสนับสนุนระบบวิจัยและพัฒนาข้าวเพื่อเป็นการส่งเสริมและให้กำลังใจเกษตรกรและสำหรับคนไทยในการปลูกและนำข้าวไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับวัฒนธรรมของคนไทย (พระเทพรัตนราชสุดา, 2538)

คนไทยบริโภคข้าวเป็นอาหารหลักตั้งแต่สมัยโบราณกาลจนถึงปัจจุบัน ความนิยมในการบริโภคข้าวแตกต่างกันไปตามพื้นที่ เช่น คนไทยภาคเหนือและภาคอีสานนิยมบริโภคข้าวเหนียว ส่วนชาวภาคกลางและภาคใต้บริโภคข้าวเจ้าเป็นอาหารหลัก และบริโภคข้าวเหนียวเป็นขนมหวาน แต่โดยรวมแล้วคนไทยนิยมบริโภคข้าวขาวมาเป็นเวลานาน เนื่องจากเป็นเมล็ดข้าวที่ดูสวย มีสีขาว ลักษณะเนียน รับประทานง่าย และมีรสชาติดี ประกอบกับมีค่านิยมว่าข้าวที่มีเยื่อเปลือกหุ้มซึ่งในขณะนั้นเรียกกันว่า “ข้าวแดง” หรือในปัจจุบันคือข้าวซ้อมมือ หรือ ข้าวกล้อง เป็นข้าวของคนระดับล่าง ทำให้ข้าวขาวเป็นที่นิยมบริโภคของผู้บริโภคส่วนใหญ่ ภายหลังได้มีการศึกษาวิจัยพบว่า

ข้าวขาว ซึ่งเป็นข้าวที่ผ่านการขัดสีมาหลายครั้ง ทำให้สูญเสียคุณค่าทางโภชนาการดีๆ ไปกับเยื่อหุ้มเมล็ดที่ขัดสีออก ทำให้คนเริ่มหันมาสนใจกับการบริโภคข้าวซ้อมมือ หรือ ข้าวกล้องมากขึ้น แต่ยังไม่ถึงกับแพร่หลาย จนกระทั่งมีพระราชดำรัสของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวที่ได้พระราชทานกระแสรับสั่งต่อคณะสื่อมวลชนขณะทอดพระเนตรนิทรรศการเรื่องข้าวป่า มีใจความตอนหนึ่งว่า “ข้าวกล้องหรือข้าวซ้อมมือ ถ้าเรากินทุกวันจะเป็นประโยชน์ต่อร่างกาย แต่บางคนบอกว่ากินข้าวกล้องเป็นคนจน เราเป็นคนจน ทุกวันนี้เราก็กินข้าวกล้องแทนข้าวขาวทุกวันทำให้ร่างกายแข็งแรงดี” (พระเทพรัตนราชสุดา, 2538) ทำให้ในปัจจุบัน ประชาชนหันมาให้ความสนใจ และมองเห็นความสำคัญในการที่จะเลือกบริโภคข้าวกล้องมากขึ้นเพื่อประโยชน์ต่อสุขภาพ (มูลนิธิข้าวไทย)

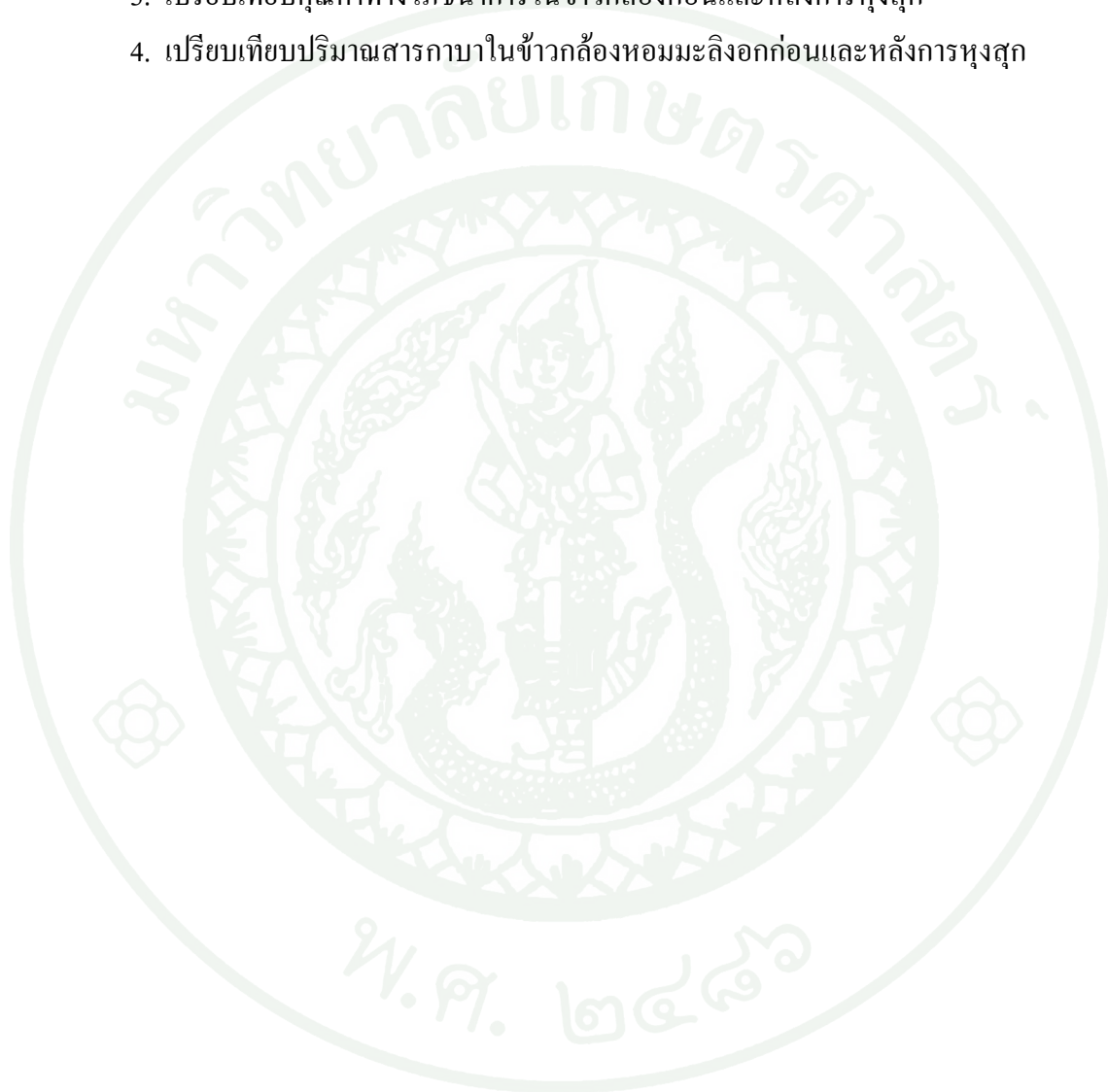
ประโยชน์ของข้าวกล้องเป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย ในแง่โภชนาการข้าวกล้องเป็นแหล่งของสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อน (complex carbohydrate) ประกอบด้วยสารอาหารประเภทแป้ง โยอาหาร วิตามินเอ วิตามินอี วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 ไนอะซิน และยังมีอุดมไปด้วยธาตุเหล็ก แคลเซียม ฟอสฟอรัส ซีลีเนียม แมกนีเซียม และสารต่อต้านอนุมูลอิสระ เช่น ออร์ซานอล แอนโทไซยานิน ไฟโตสเตอรอล โทโคเฟอรอล กรดโฟลิก โดยเฉพาะในข้าวพันธุ์พื้นเมืองสีเขียว การบริโภคข้าวกล้องช่วยรักษาระดับน้ำตาลในเลือดไม่ให้เปลี่ยนแปลงรวดเร็วมากเกินไปเป็นประโยชน์ในการรักษาสุขภาพ โดยเฉพาะในคนที่เป็โรคเบาหวาน นอกจากนี้องค์การอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริการับรองให้ข้าวกล้องสามารถใช้น้ำตาลกลูโคสเป็นดัชนีชี้วัดเพิ่มเติมเมล็ด ซึ่งเป็นอาหารที่มีไขมันรวมต่ำ ไขมันอิ่มตัวต่ำ และคอเลสเตอรอลต่ำ ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงการเกิดโรคหัวใจและมะเร็งบางชนิดได้อีกด้วย ในแง่สิ่งแวดล้อม การบริโภคข้าวกล้องช่วยลดพลังงานในการสีข้าว ในแง่เศรษฐกิจเกษตรกรสามารถนำข้าวขายสู่ผู้บริโภคได้โดยตรงทำให้เกษตรกรมีฐานะดีขึ้น ข้าวกล้องจึงถือเป็นอาหารที่มีประโยชน์ที่ควรส่งเสริมให้ประชาชนบริโภค ในปัจจุบันยังมีการทำข้าวกล้องหอมมะลิออกก่อนนำมาหุงสุก ซึ่งจากการทำวิจัยพบว่าข้าวกล้องหอมมะลิออกมีสารกาบา (GABA : Gamma amino butyric acid) มากกว่าข้าวกล้องที่ไม่ได้ทำให้งอกถึง 10 เท่า ซึ่งเป็นสารที่มีประโยชน์ต่อระบบประสาท ช่วยลดความวิตกกังวล อาการนอนไม่หลับ รักษาระดับความดันโลหิต ช่วยให้อารมณ์ดี ไขมันน้อยลงจากการกระตุ้นให้มีการหลั่งฮอร์โมนที่ช่วยในการเจริญเติบโต ฮอร์โมนนี้มีบทบาทในการเผาผลาญไขมันเพื่อให้พลังงาน สร้างกล้ามเนื้อ และยังช่วยป้องกันการเสื่อมของเซลล์ (วินัย, 2547) ข้าวกล้องพันธุ์ที่พบได้ทั่วไปตามท้องตลาดและได้รับความสนใจ เช่น ข้าวพันธุ์หอมมะลิ พันธุ์มันปู พันธุ์สังข์หยด พันธุ์หอมนิล และพันธุ์หอมแดง และยังมีข้าวที่ได้จากการพัฒนาพันธุ์ข้าวอื่นๆ เช่น ข้าวพันธุ์ลินเล็ก และไรซ์เบอร์รี่ ซึ่งล้วนแต่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง อย่างไรก็ตามการหุงข้าวกล้องจำเป็นต้องมีเทคนิควิธีการหุง

ที่แตกต่างไปจากข้าวขาว เพื่อให้ข้าวกล้องหุงสุกมีลักษณะอ่อนนุ่ม รับประทานง่ายคล้ายคลึงกับข้าวขาวซึ่งคนไทยส่วนใหญ่คุ้นเคย ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญในการศึกษาเทคนิควิธีการหุงข้าวกล้อง โดยเฉพาะการศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการหุงข้าวกล้องแต่ละพันธุ์และการเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องหุงสุกที่ได้รับ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการแนะนำการบริโภค และการแปรรูปพัฒนาผลิตภัณฑ์เป็นอาหารชนิดต่างๆ ต่อไป



วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการหุงข้าวกล้อง
2. ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการหุงข้าวกล้อง
3. เปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการในข้าวกล้องก่อนและหลังการหุงสุก
4. เปรียบเทียบปริมาณสารกาบาในข้าวกล้องหอมมะลิออกก่อนและหลังการหุงสุก



การตรวจเอกสาร

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีการตรวจเอกสารในหัวข้อต่อไปนี้

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับข้าว
2. ลักษณะโครงสร้างของเมล็ดข้าว
3. คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพ
4. คุณภาพเมล็ดข้าวทางเคมี
5. ข้าวกล้อง
6. การขัดสีข้าว
7. วิธีการหุงและคุณภาพข้าวหุงสุก
8. การเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการของข้าวหุงสุก

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับข้าว

ข้าวเป็นธัญชาติชนิดหนึ่ง ได้มาจากเมล็ดของพืชพวกหญ้าวงศ์แกรมมีนีอี (Gramineae) มีลำต้นเป็นไม้เนื้ออ่อน เป็นพืชล้มลุกที่มีอายุเพียงหนึ่งปี (annual grass) มีใบชนิดใบเลี้ยงเดี่ยว (monocotyledon) มีรากเป็นระบบรากฝอย (fibrous root system) สามารถเจริญเติบโตได้ในลักษณะภูมิประเทศและภูมิอากาศที่แตกต่างกันทั้งในเขตร้อน (tropical zone) และเขตอบอุ่น (temperate zone) ตั้งแต่พื้นที่น้ำท่วมสูงไปจนถึงพื้นที่สูงตามไหล่เขา ทำให้เกิดความหลากหลายของข้าวชนิดต่างๆ ที่แพร่กระจายไปทั่วโลกอย่างน้อย 23 ชนิด มีเพียง 2 ชนิดที่มนุษย์ปลูกเพื่อบริโภค คือ ข้าวเอเชีย (*Oryza sativa* Linn.) และข้าวแอฟริกา (*Oryza glaberrima* Steud) เนื่องจากข้าวปลูกเอเชียมีความสามารถในการปรับตัวค่อนข้างสูง ทำให้เกิดเป็นพันธุ์ข้าวที่มีรูปแบบมากมาย แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ อินดิกา จาปอนิกา และจาวานิกา (อรอนงค์, 2550) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. กลุ่มข้าวอินดิกา ได้แก่ ข้าวเมล็ดยาว หรือยาวปานกลาง ปลูกทั่วไปบริเวณเขตร้อน เช่น ไทย อินเดีย และฟิลิปปินส์ เป็นต้น
2. กลุ่มข้าวจาปอนิกา ได้แก่ ข้าวเมล็ดสั้น ปลูกทั่วไปบริเวณเขตกึ่งร้อน เขตอบอุ่นและเขตที่มีอากาศเย็น เช่น ญี่ปุ่น เกาหลี และจีนตอนเหนือ เป็นต้น

3. กลุ่มข้าวจาวานิกา ได้แก่ ข้าวที่มีลักษณะอยู่ระหว่างข้าวอินดิกา และจาปอนิกา เมล็ดสั้นปลูกทั่วไปบริเวณเส้นศูนย์สูตร เช่น อินโดนีเซีย (ชาว-Java) และพม่า เป็นต้น

2. ลักษณะโครงสร้างของเมล็ดข้าว

ข้าว เป็นคำทั่วไปที่ใช้เรียกเมล็ดข้าว ซึ่งทางพฤกษศาสตร์ จะหมายถึงผลที่มีลักษณะเป็นผลเดี่ยวติดอยู่กับผนังรังไข่และเชื่อมหุ้มผล ซึ่งเมื่อผลสุกหรือแก่จะเป็นผลแห้งเรียกว่าเมล็ด ที่มีเชื่อมหุ้มผลและเปลือกหุ้มเมล็ดเชื่อมรวมกัน มีลักษณะแตกต่างตามพันธุ์ ในด้านขนาด รูปร่าง สี การมีหาง ไม่มีหาง และขน

2.1 ส่วนประกอบของเมล็ดข้าว

เมล็ดข้าวประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนที่ห่อหุ้มเมล็ดข้าวเรียกว่ากลีบ และส่วนเนื้อผล หรือข้าวกล้อง โดยมีรายละเอียดของแต่ละส่วนดังนี้ (อรอนงค์, 2550)

2.1.1 กลีบ ประกอบด้วย เปลือกใหญ่ เปลือกเล็ก ขน หาง เมล็ด และกลีบรองเมล็ด ซึ่งเชื่อมต่อกัน

2.1.2 ข้าวกล้องหรือเนื้อผล ประกอบด้วย

ก. เยื่อหุ้มผล เป็นเนื้อเยื่อชั้นนอกมีความหนาประมาณ 10 ไมครอน ห่อหุ้มผลอยู่ภายใน มีลักษณะเป็นเซลล์ที่มีผนังเซลล์เส้นใย 6 ชั้น มีสารสี หรือ รงควัตถุปนอยู่ ทำให้ข้าวกล้องมีสีต่างๆ เช่น น้ำตาลอ่อน น้ำตาลแก่ น้ำตาลแดง น้ำตาลม่วง เป็นต้น นอกจากนั้นยังมีโปรตีน เฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลส เป็นองค์ประกอบสำคัญ ในชั้นเยื่อหุ้มผลนี้แบ่งย่อยได้ 3 ชั้นย่อย คือ

- เอพิคาร์พ หรือ เอกโซคาร์พ เป็นผิวหรือผนังเปลือกอยู่นอกสุด มีลักษณะเรียบ เหนียว และเป็นมัน ประกอบด้วยเซลล์ชั้นเดียว
- เมโซคาร์พ เป็นผนังชั้นกลาง
- เอนโดคาร์พ เป็นเยื่อชั้นใน

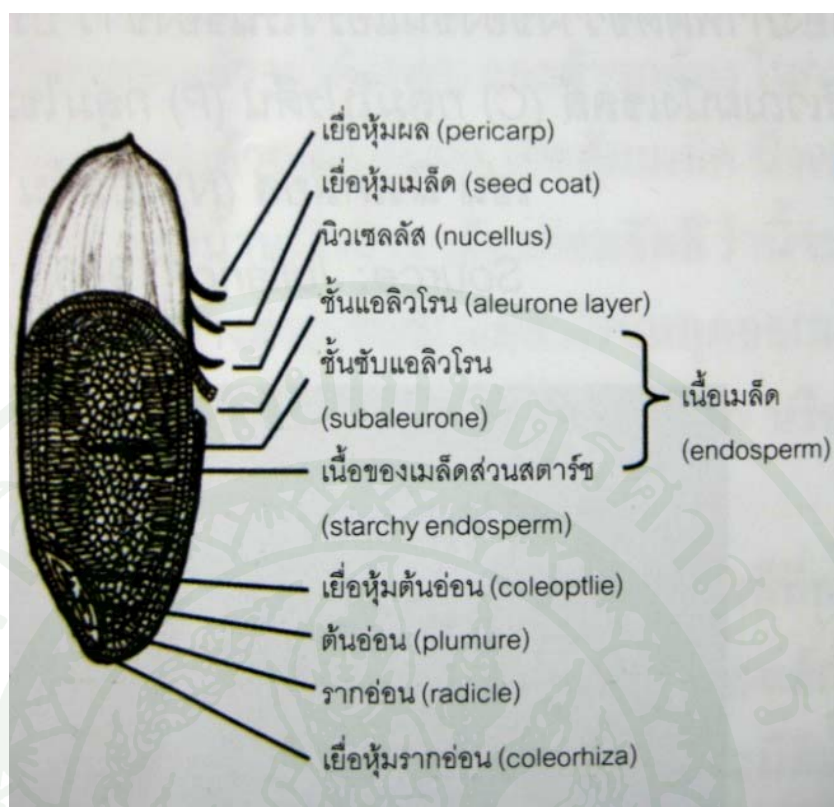
ข. เยื่อหุ้มเมล็ด อยู่ถัดจากเยื่อหุ้มผลเข้ามา ประกอบด้วย เซลล์ 2 ชั้น รูปยาว เรียงตามขวาง และมีผนังบางกั้น (หนาประมาณ 0.5 ไมครอน) ภายในเซลล์มีไขมันและสารสี เช่นเดียวกับเยื่อหุ้มผล ทำให้ข้าวกล้องมีสี

ค. นิวเซลลัส เป็นเซลล์ชั้นที่ติดกับเยื่อหุ้มเมล็ด พ้นระหว่างนิวเซลลัส กับเยื่อหุ้มผลทำให้ข้าวกล้องมีสี

ง. เยื่อชั้นอลิวโรน เป็นเยื่อชั้นถัดจากเยื่อหุ้มเมล็ด ประกอบด้วยเซลล์ 1-7 ชั้น เยื่อหุ้มด้านหลังของเมล็ดจะหนากว่าเยื่อหุ้มด้านท้อง ซึ่งความหนาจะแตกต่างกันไปตามพันธุ์ข้าว เช่น ข้าวเมล็ดป้อม-สั้นจะมีเยื่อชั้นอลิวโรนหนากว่าข้าวเมล็ดยาว เป็นต้น เซลล์อลิวโรนจะไม่เชื่อมติดกับคัพภะในส่วนของใบเลี้ยงด้านท้องของเมล็ดลงมาถึงจุดเชื่อมระหว่างใบเลี้ยงกับเยื่อหุ้มรากอ่อน ซึ่งอยู่ข้างในของเมล็ด จึงแบ่งลักษณะของเซลล์อลิวโรนเป็น 2 ลักษณะ คือ เซลล์ส่วนที่ห่อหุ้มรอบเนื้อของเมล็ด จะมีรูปร่างเป็นลูกบาศก์ และมีไซโตพลาสซึมอยู่หนาแน่น ในเซลล์ยังมีกลุ่มโปรตีน กลุ่มไขมัน และสารอื่นๆ

- คัพภะ จะอยู่ที่โคนเมล็ดด้านเปลือกใหญ่ ส่วนท้องของเมล็ดมีส่วนประกอบเป็นรากอ่อน ต้นอ่อน เยื่อหุ้มรากอ่อน เยื่อหุ้มต้นอ่อน ท่อน้ำ อาหาร และใบเลี้ยง ซึ่งเป็นใบเลี้ยงเดี่ยว คัพภะเป็นแหล่งสะสมอาหารสำหรับการเจริญเติบโตของต้นอ่อน จึงอุดมด้วยโปรตีน และไขมันในส่วนต่างๆ

- เนื้อเมล็ด หรือเนื้อข้าวมีมากที่สุด ในเมล็ดข้าว (ประมาณ 80% ของน้ำหนักเมล็ดทั้งหมด) แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ชั้นชั้นอลิวโรน และสตาเรช



ภาพที่ 1 ส่วนประกอบของเมล็ดข้าว

ที่มา: อรอนงค์ (2550)

2.2 สัดส่วนโครงสร้างของเมล็ดข้าว

จากโครงสร้างของเมล็ดข้าวซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วนคือ แกลบ และข้าวกล้อง เมื่อเทียบส่วนต่างๆ ของเมล็ดข้าวจากน้ำหนักเมล็ดข้าว (ข้าวเปลือก) 100% จะมีสัดส่วนดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สัดส่วน โครงสร้างของเมล็ดข้าว

โครงสร้างเมล็ด	สัดส่วน (%)	ช่วงของสัดส่วน
ข้าวเปลือก	100	-
แกลบ	20	16.28
ข้าวกล้อง	80	72-84
ข้าวกล้อง	100	-
เยื่อหุ้มผล	1.5	1-2
เยื่อหุ้มเมล็ด	5	4-6
กัปกะ	3	2-3
เนื้อเมล็ด	90.5	89-94

ที่มา: Juliano (1993)

3. คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพ

คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพหมายถึง คุณสมบัติต่างๆ ของเมล็ดข้าวที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตา หรือชั่ง ตวง วัดได้ เช่น น้ำหนักเมล็ด (grain weight) สีข้าวกล้อง (pericarp color) ขนาดรูปร่างเมล็ด (grain dimension) ลักษณะท้องไข (chalkiness) ความใสของเมล็ด (grain translucency) ความขาวของข้าวสาร (whiteness of milled rice) และคุณภาพการสี (milling quality) (เครือวัลย์, 2536; งามชื่น, 2547)

3.1 น้ำหนักเมล็ด (grain weight)

น้ำหนักเมล็ดเป็นลักษณะที่ถูกรควบคุมโดยพันธุกรรม และจะแปรปรวนไปตามสภาพแวดล้อม เช่น ชนิดของดิน การใส่ปุ๋ย ความชื้น และสภาพภูมิอากาศ จากการตรวจสอบข้าวเปลือก 100 เมล็ด ของข้าวไทยพันธุ์ต่างๆ จำนวน 344 พันธุ์ พบว่ามีน้ำหนักอยู่ระหว่าง 1.62 - 4.17 กรัม ส่วนข้าวพันธุ์ดีที่รัฐบาลส่งเสริมจะมีน้ำหนัก 100 เมล็ดระหว่าง 2.25 – 3.67 กรัม น้ำหนักเมล็ด สามารถประเมินได้ 2 รูปแบบ คือ

- น้ำหนักต่อปริมาตร ประเมินเป็นกรัมต่อลิตร หรือ กิโลกรัมต่อถัง
- น้ำหนักต่อจำนวนเมล็ด ประเมินเป็นน้ำหนัก 100 เมล็ด หรือน้ำหนักต่อ 1000 เมล็ด

3.2 สีข้าวเปลือก (hull color)

สีข้าวเปลือกเป็นลักษณะประจำพันธุ์ซึ่งมีส่วนในการตั้งชื่อพันธุ์ในอดีตเช่น ขาวพวง ขาวนางเนย เหลืองหอม เหลืองข้างรั้ว เนื่องจากมีเปลือกสีน้ำตาล หรือสีเหลือง เป็นต้น เปลือกเมล็ดข้าว จะมีผลต่อสีข้าวสารหนึ่ง คือ เมล็ดข้าวเปลือกที่มีสีเข้ม ข้าวสารหนึ่งก็จะมีสีเข้มด้วย สีข้าวเปลือกที่พบจะมีสีขาว (white) ฟาง (straw) น้ำตาลอ่อนถึงเข้ม (light to dark brown) ร่องน้ำตาล (brown furrow) กระน้ำตาล (brown spot) น้ำตาลแดง (reddish brown) ม่วง (purple) และดำ (black) เป็นต้น

3.3 สีข้าวกล้อง (pericarp color)

สีข้าวกล้องจะแสดงออกที่เยื่อหุ้มเมล็ด (pericarp) สำหรับส่วนที่เป็นแป้ง (endosperm) ของข้าวทุกชนิดจะมีสีขาวเสมอ ข้าวกล้องมีสีต่างๆ กันเช่น ขาว แดง น้ำตาลเข้ม และม่วงถึงเกือบดำ สีข้าวกล้องมีผลต่อข้าวสารหนึ่งเช่นเดียวกับข้าวเปลือก นอกจากนี้ยังมีผลต่อคุณภาพของสี กล่าวคือ ข้าวกล้องสีเข้มต้องใช้เวลาในการขัดรำนาน หรือใช้แรงกดมาก เพื่อให้ส่วนของรำที่เป็นสีเข้มหลุดออก ทำให้เกิดข้าวหักมาก มีปริมาณข้าวเต็มเมล็ดน้อย ไม่เป็นที่ต้องการของพ่อค้าโรงสี ดังนั้นสีของข้าวกล้องที่เป็นที่ต้องการคือข้าวกล้องสีอ่อน

3.4 ขนาดรูปร่างเมล็ด (grain dimension)

ขนาดรูปร่างเมล็ด ได้แก่ ความยาว (length) ความกว้าง (width) ความหนา (thickness) และรูปร่าง (shape) ของเมล็ด ขนาดรูปร่างเมล็ดของเมล็ดพันธุ์ข้าวเป็นลักษณะประจำพันธุ์มีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุ์และสภาพพื้นที่ที่ปลูก เช่นข้าวพวกอินดิเก้า จะมีเมล็ดยาว รูปร่างเรียวยาวจากปอนิกามีเมล็ดสั้นรูปร่างป้อม เป็นต้น

ขนาดเมล็ดจำแนกตามความยาวของเมล็ดได้ดังนี้

ยาวมาก	ยาวกว่า 7.5 มิลลิเมตร
ยาว	6.6-7.5 มิลลิเมตร
ปานกลาง	5.5-6.6 มิลลิเมตร
สั้น	สั้นกว่า 5.5 มิลลิเมตร

รูปร่างเมล็ดจำแนกโดยใช้สัดส่วนความยาวต่อความกว้างดังนี้

เรียวยาว	มากกว่า 3.0
ปานกลาง	2.0-3.0
ป้อม	น้อยกว่า 2.0 (IRRI,1996)

3.5 ลักษณะท้องไข

ลักษณะท้องไขในเมล็ดข้าว เกิดจากการจับตัวกันอย่างหลวมๆของเม็ดแป้ง (starch granule) กับโปรตีน (protein body) ในส่วนที่เป็นแป้งของเมล็ด(endosperm) มีลักษณะขุนขาว ข้าวท้องไขมีชื่อเรียกต่างๆ กันเช่น ข้าวท้องปลาชิว ข้าวท้องขาว หรือข้าวจ็อกก็ เป็นต้น ลักษณะท้องไขมี 3 ชนิด คือ

- White center หมายถึง ท้องไขที่เกิดขึ้นตรงกลางของส่วนที่เป็นเมล็ด
- White belly หมายถึง ท้องไขที่เกิดขึ้นทางด้านข้าง หรือด้านท้องของเมล็ดด้านเดียวกับ คัพภะ (embryo)
- White back หมายถึง ท้องไขที่เกิดขึ้นหลังเมล็ดด้านตรงข้ามกับคัพภะ

ข้าวไทยส่วนใหญ่เป็นท้องไขน้อย ยกเว้นข้าวจินน้ำ และมักเป็นชนิด white belly ส่วน white center และ white back มีน้อยหรือเกือบไม่มีเลย

ลักษณะท้องไขในเมล็ดข้าวไม่มีผลโดยตรงต่อคุณภาพการหุงต้มและการรับประทาน แต่เป็นลักษณะที่ไม่ต้องการในวงการข้าว เพราะเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดคุณภาพและราคาข้าว เนื่องจากข้าวที่เป็นท้องไขมาก เมื่อนำไปสีจะมีข้าวหัก ได้ข้าวเต็มเมล็ดน้อย นอกจากนี้ข้าวที่เป็นท้องไขมากยังไม่สามารถทำเป็นข้าวมาตรฐานสูงๆ เช่น ข้าว 100 % หรือ 5% ได้ เนื่องจากมีข้อกำหนดว่าข้าวมาตรฐานสูงนั้นยอมให้มีข้าวท้องไขปนได้ไม่เกิน ร้อยละ 3 หรือ 6 เป็นต้น

3.6 ความขาวของข้าวสาร (milled rice whiteness)

ข้าวที่ผ่านการขัดสีจนเป็นข้าวสารแล้วจะมีสีขาวเสมอ เพราะเหลือเฉพาะส่วนที่เป็นแป้งของเมล็ด ความขาวของข้าวสารจะแตกต่างกัน ด้วยปัจจัยหลายอย่าง เช่น ระดับการสี องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดข้าว ระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวเปลือก เป็นต้น ความขาวของข้าวสารซึ่งจำแนกโดยระดับการสีจะเป็นตัวกำหนดชั้นของข้าวสาร เช่น ข้าว 100% จะต้องมีระดับการสีเป็นสีตีพิเศษหรือข้าว 45% มีชั้นของการสีเป็นสีธรรมดา หมายถึงการสีที่ไม่เต็มที สีขาวปานกลาง ส่วนสีขาวนึ่ง ซึ่งมีตั้งแต่ น้ำตาลอ่อนถึงเข้มนั้น เกิดจากกรรมวิธีและวัตถุดิบที่ใช้

3.7 ความใสขุ่นของข้าวสาร

ความใสขุ่นของข้าวสาร เป็นคนละลักษณะกับท้องไข หมายถึง ความทึบแสงหรือความใส ของเนื้อข้าวสารทั้งเมล็ด สามารถสังเกตเห็นความแตกต่างได้ในข้าวเจ้า ปัจจุบันยังไม่พบสาเหตุของความใสขุ่นของข้าวสาร แต่คาดว่าเนื่องจากพันธุ์ข้าวและสภาพพื้นที่ปลูก เช่น ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะมีเมล็ดใสกว่าข้าวที่ปลูกในภาคกลาง เป็นต้น (อรอนงค์, 2550)

4. คุณภาพเมล็ดข้าวทางเคมี

คุณภาพทางเคมีที่สำคัญของเมล็ดข้าว คือ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และน้ำหรือความชื้น ซึ่งมีผลต่อคุณภาพของข้าวทั้งในลักษณะข้าวเปลือก ข้าวกล้อง และข้าวสาร โดยคาร์โบไฮเดรตซึ่งที่มีสตาร์ชเป็นหลัก สตาร์ชนี้ประกอบด้วยอไมโลส (amylose) และอไมโลเพกทิน (amylopectin) ในสัดส่วนต่างๆ กันขึ้นอยู่กับชนิดของข้าว ทำให้ข้าวมีลักษณะในการหุงต้ม และคุณภาพในการกินต่างกันไป ตลอดจนมีผลต่อคุณค่าทางอาหาร เนื่องจากเป็นแหล่งสะสมพลังงานสำหรับผู้บริโภคในประเทศที่บริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก ส่วนไขมันในข้าว จะอยู่เป็นกลุ่มไขมันที่มีรูปร่าง (lipid bodies) เป็นหยดกลม (spherosomes) โดยอยู่ร่วมกับเม็ดสตาร์ช และโปรตีนในชั้นอลิวโรน และคัพกะ จะมีผลในการเสื่อมเสียขณะเก็บรักษาเมล็ด รวมทั้งเมล็ดที่แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ น้ำหรือความชื้นมีผลต่อคุณภาพข้าวในด้านการเก็บรักษา (อรอนงค์, 2550)

องค์ประกอบที่มีผลต่อคุณภาพทางเคมีของข้าวในที่นี้แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ สารอาหาร และสารประกอบอื่นๆ ที่ให้ประโยชน์ต่อร่างกาย

4.1 สารอาหาร พบว่าในเมล็ดข้าวนั้นมีคุณค่าทางโภชนาการมากมาย เช่น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต โยอาหาร และเถ้า ส่วนในข้าวกล้องจะพบวิตามินบี1 วิตามินบี2 ในอะซิน แพนธาธินิก และกรดโฟลิก รวมไปถึงแร่ธาตุต่าง ๆ เช่น แมกนีเซียม สังกะสี โคบอลท์ ทองแดง ซีลีเนียม และไอโอดีน

4.1.1 คาร์โบไฮเดรต คาร์โบไฮเดรตที่พบในเมล็ดมีสองกลุ่มใหญ่คือ สตาร์ช และ สารโพลีแซคคาไรด์ที่ไม่ใช่สตาร์ช (อรอนงค์, 2538)

ก. สตาร์ช พบมากในเมล็ดพืชพวกธัญชาติ เช่น ข้าว ข้าวฟ่าง สตาร์ช ประกอบด้วยส่วนประกอบ 2 ชนิด คือ อไมโลส และอไมโลเพคติน

ข. เฮมิเซลลูโลส หรือ โพลีแซคคาไรด์ที่ไม่ใช่สตาร์ช พบมากในเปลือกหุ้มผล และเปลือกหุ้มเมล็ด มากกว่าในเนื้อและในคัพภะของเมล็ด จะเป็นโพลีแซคคาไรด์ที่วิเคราะห์ได้ในรูป โยอาหาร (dietary fiber) ซึ่งประกอบด้วย เฮมิเซลลูโลส สารเพคติน และลิกนิน

4.1.2 ไขมัน ข้าวมีปริมาณไขมันประมาณ 3% คล้ายคลึงกับธัญชาติชนิดอื่น และมีอยู่ในส่วนด้านนอกของเมล็ดมากกว่าในใจกลางเมล็ด ดังนั้นการขัดสีข้าวให้ขาว ทำให้ข้าวสารมีไขมันอยู่เพียง 0.3-0.5% (อรอนงค์, 2550) ไขมันของข้าวกล้องมีประมาณ 1.6-2.8% ซึ่ง 80% ของไขมันนี้อยู่ในรำ ไขมันที่สะสมในเมล็ดอยู่ในรูปของไตรกลีเซอไรด์ (triglycerides) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นกรดโอเลอิก (oleic acid) กรดลินอเลอิก (linoleic acid) กรดลินอเลอิก (linolenic acid) และกรดพาลมิติก (palmitic acid) เป็นต้น ในไขมันดิบของข้าว มีซานแอนต็อกซิแคนท์ คือ โอริซานอล (oryzanol) และโทโคเฟอรอล (tocopherol หรือวิตามินอี) สารนี้จะช่วยระงับการทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ทำให้น้ำมันที่สกัดได้คงตัวไม่เปลี่ยนแปลง ทำให้ไม่เกิดความหืน นอกจากนี้โอริซานอล และโทโคเฟอรอลยังช่วยเร่งการเจริญเติบโต การไหลเวียนของโลหิต และการหลั่งฮอร์โมนของร่างกาย (วีระศักดิ์, 2543)

4.1.3 โปรตีน เป็นสารอาหารที่มีในข้าวมากเป็นอันดับ 2 รองจากคาร์โบไฮเดรต จากการศึกษาวิเคราะห์หาปริมาณกรดอะมิโนแต่ละชนิดในโปรตีนที่สกัดจากส่วนต่างๆ ของข้าว ปรากฏว่าปริมาณกรดอะมิโนแต่ละชนิดในโปรตีนจากข้าวเปลือก ไม่แตกต่างจากข้าวกล้องและข้าวสารมากนัก เนื่องจากในส่วนของเปลือกมีโปรตีนอยู่น้อยมากคือ ประมาณ 2-3 % แต่ในเปลือกมีปริมาณไลซีนมากกว่าในข้าวสารเล็กน้อย ไลซีนเป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย ซึ่งมีในรำและคัพภะ

มากกว่าส่วนเนื้อเมล็ด ถ้าคิดปริมาณรวมของโปรตีนทั้งหมด เราจะได้รับโปรตีนจากเนื้อเมล็ดมาก เนื่องจากสัดส่วนของเนื้อเมล็ดมีมากกว่าส่วนอื่น และแหล่งที่มีโปรตีนมากอีกส่วนคือชั้นถัดจากชั้นออลิวัน โดยสะสมอยู่เป็นกลุ่มโปรตีน (อรอนงค์, 2538)

4.1.4 วิตามิน (vitamin) วิตามินที่พบในเมล็ดข้าวมีหลายชนิด เช่น วิตามินเอ และวิตามินบี เป็นต้น แร่ธาตุอาหารอื่นๆ ที่พบในเมล็ดนั้นคล้ายคลึงกับที่พบบนส่วนอื่นๆ ของพืช

ตารางที่ 2 ปริมาณวิตามินชนิดต่างๆ ที่มีในส่วนต่างๆ ของเมล็ดข้าว

(หน่วย : ไมโครกรัม / 100 กรัม ที่ความชื้น 14%)

วิตามิน	ข้าวเปลือก	ข้าวกล้อง	ข้าวขาว	แกลบ	คัพพะ	รำหยาบ	รำละเอียด
วิตามินเอ (Retinol)	0.08	0.11	tr	0	1.0	0 - 3.6	0 - 0.9
วิตามินบี 1	2.6-3.3	2.9-6.1	0.2-1.1	0.9-2.1	17 - 59	12 - 24	3 - 19
วิตามินบี 2	0.6-1.0	0.4-1.4	0.2-0.6	0.5-0.7	1.7 - 4.3	1.8-4.3	1.7-2.4
Niacin	29 - 56	35 - 53	13-24	0.5-0.7	28 - 83	267-499	224-389
วิตามินบี 6	4 - 7	5 - 9	0.4-1.2	16-42	13 -15	9 - 28	9 - 27
วิตามินบี 5 (Panthothenic acid)	7 - 12	9 - 15	3 - 7	...	11 - 28	20 - 61	26 - 56
Biotin	0.04-0.08	0.04-0.1	0.01-0.06	...	0.3 - 0.5	0.2 - 0.5	0.1 - 0.6
Inositol	800	1,000	90 - 110	...	0.3 - 0.5	0.2 - 0.5	0.1 - 0.6
Choline	760 - 980	950	390 - 880	...	1,700 - 2,600	860-1,250	4,000-8,000
วิตามินบี 9 (Folic acid)	0.2 - 0.4	0.1 - 0.5	0.03 - 0.14	...	0.8 - 4.1	0.4 - 1.4	0.9 - 1.8
วิตามินบี 12 (Cobalamin)	0 - 0.003	0 - 0.004	0 - 0.001	...	0 - 0.01	0 - 0.01	0 - 0.003
วิตามินอี (α -Tocopherol)	9 - 20	9.25	Tr - 3	...	76	76	54 - 86

หมายเหตุ tr หมายถึง น้อยมาก

ที่มา: Juliano (1973)

จากตารางพบว่าข้าวเปลือกมีไนอะซินมากที่สุดคือประมาณ 29-56 ไมโครกรัม รองลงมาคือ แอลฟา-ทอโคเฟอรอล 9-20 ไมโครกรัม มีไทอะมิน และไรโบเฟลวินน้อยที่สุด คือ 2.6-3.3 และ 0.6-1.0 ตามลำดับ เมื่อกะเทาะเปลือกข้าวออกได้ข้าวกล้องซึ่งมีไนอะซิน 35-53 ไมโครกรัม แอลฟา-ทอโคเฟอรอล 9.25 ไมโครกรัม ไทอะมิน และไรโบเฟลวิน 2.9-6.1 และ 0.4-1.4 ไมโครกรัม ตามลำดับ

เมื่อขัดขาวและขัดมันข้าวกล้องได้เป็นข้าวสารพบว่าในข้าวสารมีวิตามินทุกตัวลดลง โดยเฉพาะแอลฟา-ทอโคเฟอรอลที่มีเหลือในปริมาณน้อยมาก ส่วนไนอะซินมีปริมาณ 13-24 ไมโครกรัม ไทอะมิน และไรโบเฟลวินมีเพียง 0.2-1.1 และ 0.2-0.6 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวกล้อง แสดงว่าวิตามินมีอยู่ในเยื่อหุ้มผล เยื่อหุ้มเมล็ด ชั้นเอนโดสเปิร์ม และคัพภะ ดังนั้นรำข้าวที่ได้จากการขัดขาวและขัดมันจึงมีไนอะซิน วิตามินอี ไทอะมิน และไรโบเฟลวิน มากกว่าข้าวสาร ส่วนแกลบจะมีวิตามินน้อย และไม่พบวิตามินอี

4.1.5 เกลือแร่ (Mineral) เกลือแร่ที่พบในข้าว ได้แก่ แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก และสังกะสี

ตารางที่ 3 ปริมาณเกลือแร่ในข้าวเปลือก และส่วนที่ได้จากการขัดสี ที่ 14% ความชื้น

ส่วนประกอบของข้าว	แคลเซียม (มิลลิกรัม)	ฟอสฟอรัส (กรัม)	ไฟติน(กรัม)	เหล็ก (มิลลิกรัม)	สังกะสี (มิลลิกรัม)
ข้าวเปลือก	10-80	0.17-0.39	0.18-0.21	1.4-6.0	1.7-3.1
ข้าวกล้อง	10-50	0.17-0.43	0.13-0.27	0.2-5.2	0.6-2.8
ข้าวขาว	10-30	0.08-0.15	0.02-0.07	0.2-2.8	0.6-2.3
จมูกข้าว	30-120	1.1-2.5	0.9-2.2	8.6-43.0	4.3-25.8
แกลบ	60-130	0.03-0.07	0	3.9-9.5	0.9-4.0

ที่มา: Juliano (1993)

4.2 สารประกอบอื่นๆ ที่ให้ประโยชน์ต่อร่างกาย

4.2.1 เม็ดสี (pigment) เม็ดสีที่พบในเมล็ด เช่น คอโรฟิลล์ แคโรทีน(carotene) ส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ดมักมีเม็ดสีฟลาโวนอยด์แอนโทไซยานิน (anthocyanin) หรือลิวโคแอนโทไซยานิน (leucoanthocyanin) ในพันธุ์ข้าวที่มีสีเข้ม

4.2.2 แทนนิน (tannin) เม็ดสีพืชบางชนิดมีแทนนินอยู่บนส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ดหรือเปลือกของผล เช่น แทนนินบนเปลือกของผลในเมล็ดข้าวฟ่าง และบนเยื่อหุ้มเมล็ดของโกโก้และพืชตระกูลถั่วบางชนิด

เมื่อพิจารณาส่วนประกอบของข้าวกล้อง จะพบว่าในชั้นของเยื่อหุ้มผล และเยื่อหุ้มเมล็ดจะอุดมไปด้วยโปรตีน ไขมัน เซลลูโลส และเอมิเซลลูโลส ดังนั้นข้าวกล้องจึงมักกระด้างกว่าข้าวสาร ทั้งนี้เนื่องจากโปรตีนในเมล็ดข้าวกล้องจากชั้นออลิวโน เป็นตัวช่วยขัดขวางน้ำไม่ให้ซึมผ่านเข้าไปในเมล็ด การหุงต้มข้าวกล้องจึงต้องใช้เวลาในการหุงต้มให้สุกนานกว่าการหุงต้มข้าวสารธรรมดาเล็กน้อย (วีระศักดิ์, 2543)

5. การขัดสีข้าว

เนื่องจากข้าวเปลือกมีเปลือกแข็งที่ห่อหุ้มผลภายใน การนำข้าวมารับประทานจึงถูกสันนิษฐานว่าน่าจะรู้ได้ด้วยความบังเอิญโดยการพยายามแกะเปลือกแข็งออก โดยสมัยก่อนใช้ครกกับสาก หรือใช้กระเดื่องที่ทำด้วยไม้ หรือใช้โม้ที่ทำด้วยดินเหนียวขนาดใหญ่ในการแกะเปลือกแข็งออกจากเนื้อในซึ่งเป็นผลของเมล็ดข้าว จากนั้นทำการคัดแยกแกลบและรำออกโดยใช้กระด้งฟัดได้เป็น “ข้าวซ้อมมือ” ซึ่งยังมีเยื่อหุ้มเมล็ดติดอยู่ทำให้ข้าวมีสีน้ำตาลอ่อนหุงต้มนาน จึงพัฒนากระบวนการแกะเปลือกข้าวเปลือก ขัดสีให้เมล็ดข้าวขาวขึ้น และหุงต้มได้ง่ายขึ้นเป็นลำดับ และมีการพัฒนาในด้านการแปรรูปข้าวกว้างขวาง เกิดโรงสีข้าวขึ้นมากมาย โรงสีขนาดเล็กจะมีกำลังการสีประมาณ 1,000-12,000 กิโลกรัมต่อวัน โรงสีประเภทนี้จะรับจ้างสีข้าวให้ชาวนา โดยคิดค่าบริการเป็นปลายข้าวและรำข้าว เพื่อนำมาเป็นอาหารหมู โรงสีขนาดกลางมีกำลังสีประมาณ 13,000-59,000 กิโลกรัมโดยรับสีข้าวเพื่อแลกข้าวหรือปลายข้าวจากชาวนา หรือรับซื้อข้าวเปลือกมาสีเพื่อขายให้กับพ่อค้า โรงสีขนาดใหญ่มีกำลังสี 60,000 กิโลกรัมขึ้นไป โรงสีประเภทนี้ไม่รับสีข้าวจากชาวนาโดยตรงแต่จะรับซื้อข้าวเปลือกจากพ่อค้าคนกลางที่ไปตระเวนรวบรวม

หาข้าวเปลือกมาให้ได้มากพอ เพื่อสีข้าวให้กับพ่อค้าสำหรับการซื้อขายภายในและการส่งออก (วันชัย, 2541)

นักประวัติศาสตร์ไทย (อาจารย์นิธิ เอียวศรีวงศ์) สันนิษฐานว่ามนุษย์เริ่มรู้ว่าข้าวที่มีเปลือกแข็งนั้น ภายในมีเมล็ดที่กินได้และอร่อย จนกินเป็นอาหารหลักตั้งแต่ยุคหินใหม่ หรือประมาณ 5,000 ปีมาแล้ว ด้วยความบังเอิญที่พบข้าวถูกไฟป่าเผา และเก็บเมล็ดที่ไม่เป็นถ่านมากินดู ก็รู้ว่ากินได้ ต่อมาจึงเก็บมาปลูกและใช้ครกกับสาก กระเดื่องทำด้วยไม้ หรือโม่ขนาดใหญ่ในการแยกเมล็ด ทำให้ได้ข้าวที่เรียกว่า “ข้าวซ้อมมือ” ซึ่งมีเชื้อชั้นนอกของเมล็ดติดอยู่ มีคุณค่าทางอาหารและมีรสชาติดี แต่เก็บรักษาไว้ได้ไม่นาน จึงคิดค้นเครื่องจักรกลเพื่อสี และขัดเมล็ดให้ขาวสวย หุงต้มง่าย และเก็บรักษาได้นานขึ้น แต่สูญเสียคุณค่าทางอาหารไปมาก ดังนั้นวัตถุประสงค์ในการสีข้าวเปลือกทั่วไปในปัจจุบัน คือ การขจัดเปลือก รำ คัพพะออก ได้ข้าวสารที่ขาว มีปริมาณข้าวเต็มเมล็ดมากที่สุดและข้าวหักน้อยที่สุด (เครือวัลย์, 2536)

การสีข้าวเปลือกประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก คือ การทำความสะอาด การกะเทาะเปลือก การขัดขาว และการคัดแยกข้าวสารเต็มเมล็ด (อรอนงค์, 2550)

5.1 การทำความสะอาดข้าวเปลือก

เป็นขั้นตอนเพื่อขจัดสิ่งเจือปน เช่น เศษอิฐ หิน ดิน กรวด ทราย ฟางข้าวออกจากข้าวเปลือก และให้ได้ข้าวสารที่มีคุณภาพดี ทำโดยอาศัยคุณสมบัติทางกายภาพที่แตกต่างกัน เช่น ความยาว ความกว้าง ความหนา ความหนาแน่น ความหยาบ ความเบา การนำกระแสไฟฟ้า ความสามารถในการดึงดูดแม่เหล็ก ตลอดจนสีที่แตกต่างกัน ดังนั้นเครื่องแยกสิ่งเจือปนจึงใช้หลักการดังกล่าวในการออกแบบลักษณะของเครื่องต่างกัน

5.2 การกะเทาะข้าวเปลือก

การกะเทาะเอาเปลือกข้าวสารออกจะได้ข้าวกล้องและแกลบ หลักการของการกะเทาะคือการใช้แรงกดหรือบีบ และแรงดึงหรือแยกทำให้เปลือกหลุดออก โดยที่ไม่ทำให้เมล็ดข้าวกล้องหัก หลังจากนั้นจะผ่านเข้าสู่กระบวนการแยกแกลบโดยใช้เครื่องแยกแกลบ ส่วนผสมที่มีน้ำหนัก

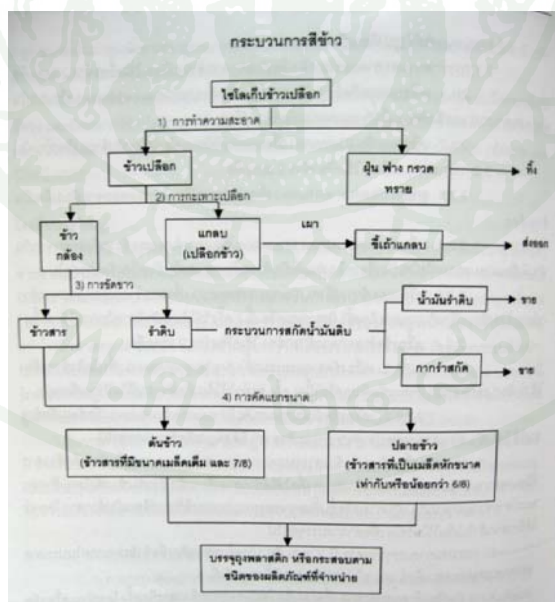
เบา จะถูกแยกและคัดออกอีกทางหนึ่ง ซึ่งแกลบที่ได้จะนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง ส่วนข้าวกล้องสามารถจำหน่ายให้ผู้บริโภค หรือแยกไปยังเครื่องขัดขาวต่อไป

5.3 การขัดขาว

มีจุดประสงค์เพื่อขัดเชื้อหุ้มเมล็ด มีผลทำให้คัพภะหลุดออกจากเมล็ดข้าวกล้อง ผลพลอยได้คือ รำ ซึ่งเป็นส่วนผสมของเชื้อหุ้มผล เชื้อหุ้มเมล็ด เชื้อออลิวโรน คัพภะ และฟิวนอกของข้าวสาร มีประมาณ 8-10% ของข้าวเปลือก

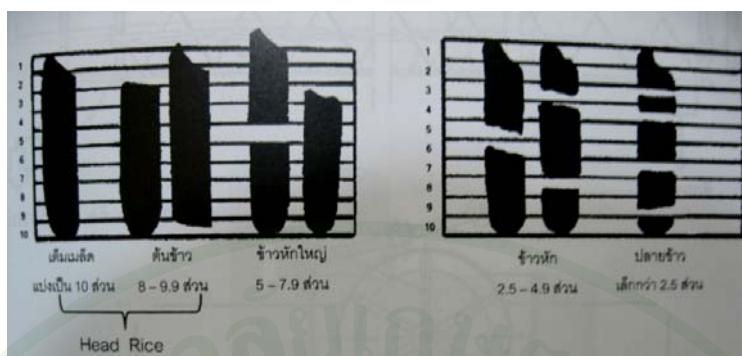
5.4 การคัดแยกข้าวสารเต็มเมล็ด

ขั้นตอนการคัดแยก เป็นขั้นตอนเพื่อแยกข้าวเต็มเมล็ด และข้าวหักออกจากกัน แล้วจึงนำส่วนที่หักไปแยกขนาด เป็นข้าวหักและปลายข้าว โดยการแบ่งข้าวออกเป็น 8 ส่วน หรือ 10 ส่วน ตามมาตรฐานข้าวไทย แล้วจึงแบ่งส่วนต่างๆ ของข้าวเป็นข้าวเต็มเมล็ด ต้นข้าว ข้าวหักใหญ่ ข้าวหักเล็ก และ ปลายข้าว ดังภาพที่ 2 ซึ่งแต่ละส่วนจะมีมากขึ้นขึ้นอยู่กับคุณภาพของข้าวเปลือกก่อนสี



ภาพที่ 2 กระบวนการสีข้าว

ที่มา: อรอนงค์ (2550)



ภาพที่ 3 ขนาดของเมล็ดข้าว

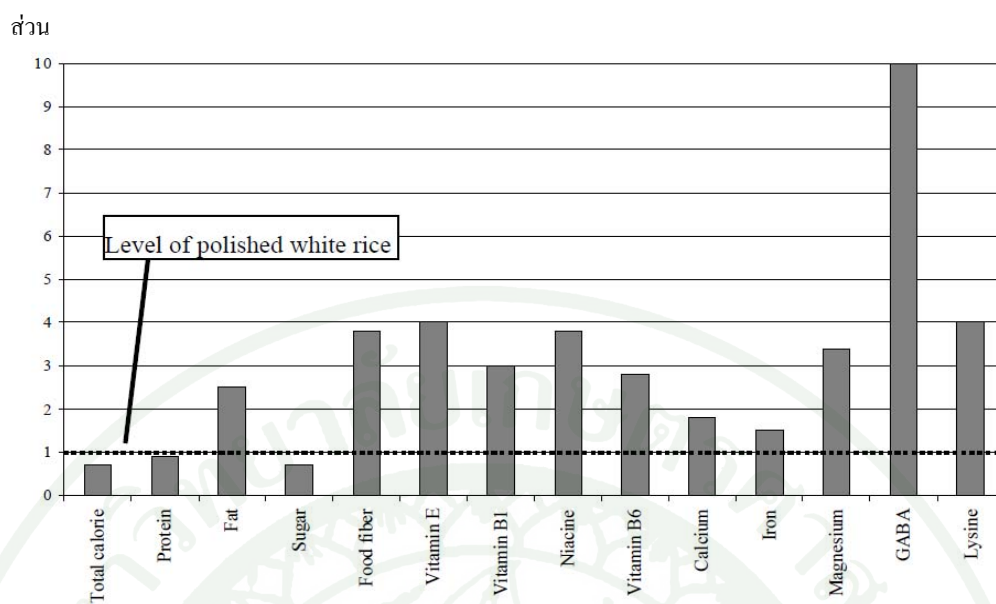
ที่มา: อรอนงค์ (2550) \

หลังผ่านการขัดสี ผลผลิตที่ได้ประกอบด้วยข้าวสาร ข้าวกล้อง รำหยาบ รำละเอียด แกลบ เป็นต้น ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งสิ้น ข้าวสารและข้าวกล้องสามารถนำไปจำหน่ายยังผู้บริโภค รำดิบสามารถนำไปใช้ในการผลิตน้ำมัน ส่วนแกลบสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้

6. ข้าวกล้อง

ข้าวกล้อง (Brown rice) เป็นข้าวที่ผ่านกรรมวิธีการสีข้าว โดยการนำข้าวเปลือกมาตำในครกกระเดื่องแล้วร่อนฝัดเอาแกลบออก หรือผ่านกระบวนการสี เปลือกข้าวจะถูกแกะเอาออกไปเท่านั้น จึงยังคงมีจมูกข้าวและเยื่อหุ้มเมล็ดข้าว (รำ) ติดอยู่ ทำให้เมล็ดข้าวกล้องมีสีออกน้ำตาล มีใยอาหารมากกว่าข้าวขัดสี มีคุณค่าทางโภชนาการมากกว่าข้าวขาว จมูกข้าวและเยื่อหุ้มในข้าวกล้องมีส่วนประกอบที่เป็น โปรตีน ไขมัน วิตามิน แร่ธาตุที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย นอกจากนี้การทานข้าวกล้องยังทำให้มีอายุยืนยาวกว่าผู้ที่รับประทานข้าวขาว (สุรยา, 2551)

จากการวิจัยคุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องในประเทศญี่ปุ่น โดยใช้การเปรียบเทียบในหน่วยเท่าตัวระหว่างคุณค่าทางโภชนาการที่ได้จากข้าวกล้องกับคุณค่าทางโภชนาการจากข้าวสาร โดยใช้คุณค่าทางโภชนาการของข้าวสารเป็นมาตรฐานพบว่าข้าวกล้องมีคุณค่ามากกว่าข้าวสาร ดังมีส่วนประกอบตามภาพที่ 4



ภาพที่ 4 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องเมื่อเปรียบเทียบโดยใช้ข้าวขาวเป็นมาตรฐาน

ที่มา: Shoichi (2004)

แม้คนไทยยังไม่ค่อยนิยมบริโภคข้าวกล้องเนื่องจากไม่นุ่มนวลเท่ากับข้าวขัดสีและใช้เวลาหุงต้มนานกว่า แต่จากการวิจัยที่แพร่หลายในปัจจุบันพบว่าข้าวกล้องมีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีประโยชน์ต่อร่างกายมาก ทำให้คนไทยเริ่มมีความสนใจรับประทานข้าวกล้องเพื่อสุขภาพมากขึ้น ข้าวกล้องพันธุ์ที่นิยมรับประทานและพบมากในตลาด ได้แก่ ข้าวกล้องมันปู ข้าวกล้องสังข์หยด ข้าวกล้องหอมนิล ข้าวกล้องหอมมะลิ และข้าวกล้องหอมมะลิแดง เป็นต้น

6.1 ข้าวกล้องมันปู



ภาพที่ 5 ลักษณะของข้าวพันธุ์มันปู

ข้าวมันปู เป็นข้าวพันธุ์หนึ่งที่มีเชื้อหุ้มเปลือกข้าวเป็นสีแดงแบบสีมันปู จัดเป็นข้าวกล้องหรือข้าวซ้อมมือชนิดหนึ่ง มีไขมันในปริมาณเดียวกับข้าวกล้องซึ่งสูงกว่าข้าวขัดสีประมาณเท่าหนึ่ง มีสารที่เรียกว่าแคโรทีนที่จะเปลี่ยนเป็นวิตามินเอในร่างกายสูงกว่าข้าวขัดสี จากการเปรียบเทียบสารอาหารพบว่าคุณประโยชน์สูงกว่าข้าวขัดสีขาว มีแป้ง ไขมัน โปรตีน ฟอสฟอรัส และธาตุเหล็ก ในปริมาณสูงมาก มีทองแดง วิตามินเอ วิตามินบี 2 วิตามินซี ช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจ โรคแขนขา รักษาอาการมือเท้าบวม ป้องกันโรคนอนไม่หลับ เป็นอาหารเพิ่มเติมลดสำหรับผู้ป่วยโลหิตจาง ช่วยให้ระบบย่อยอาหารทำงานปกติโดยเฉพาะในคนชรา แต่เนื่องจากข้าวแดงย่อยยาก ความนิยมในการบริโภคจึงน้อย วิธีการหุงต้มที่เหมาะสมคือการทำข้าวต้ม (สำนักเมล็ดพันธุ์ข้าวแพร่, ม.ป.ป.)

6.2 ข้าวกล้องสังข์หยด



ภาพที่ 6 ลักษณะของข้าวพันธุ์สังข์หยดที่ได้รับการขัดสีในระดับต่างๆ

ที่มา: ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าว, ม.ป.ป

ข้าวกล้องสังข์หยดเกิดขึ้นจากกระแสวิถีความนิยมการบริโภคข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการเพื่อสุขภาพเพิ่มมากขึ้น ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุงจึงได้พัฒนาปรับปรุงพันธุ์ข้าวเฉพาะถิ่นที่มีลักษณะพิเศษ โดยทำการคัดเลือกจากพันธุ์พื้นเมืองดั้งเดิมให้เป็นพันธุ์บริสุทธิ์ ตรงตามความต้องการของผู้บริโภค มีคุณภาพและผลผลิตดีขึ้นเพื่อเป็นประโยชน์ต่อชาวนาในการผลิตข้าวคุณภาพดีให้แพร่หลายมากยิ่งขึ้น และในปี พ.ศ. 2547 จังหวัดพัทลุงได้กำหนดให้ข้าวพันธุ์สังข์หยดเป็นพันธุ์ข้าว 1 ใน 3 พันธุ์ ที่มีเป้าหมายส่งเสริมการผลิตในโครงการพัฒนาการผลิตข้าวครบวงจร

ข้าวพันธุ์สังข์หยดมีคุณสมบัติพิเศษในลักษณะของสีข้าวกล้องที่มีสีแดง รูปร่างเมล็ดเรียวยาวความยาวเมล็ดข้าวกล้อง 6.70 มิลลิเมตร ข้าวซ้อมมือมีสีแดงปนสีขาว ข้าวจากรวงเดียวกันเมื่อขัดสีแล้วบางเมล็ดมีสีขาวใสแต่ส่วนใหญ่มีลักษณะขาวขุ่น คุณสมบัติการหุงต้มดี ลักษณะข้าวหุงสุกนุ่ม มีความคงตัวของแป้งสุกอ่อน (94 มิลลิเมตร) ปริมาณอไมโลสต่ำ (ดวงกมล, 2551)

ตารางที่ 4 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวสังข์หยด 100 กรัม

คุณค่าทางโภชนาการในตัวอย่างข้าว 100 กรัม	
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	364.22
ความชื้น (กรัม)	10.71
โปรตีน (กรัม)	7.30
ไขมัน (กรัม)	2.42
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	78.31
ใยอาหาร (กรัม)	4.81
เถ้า (กรัม)	1.26
วิตามินบี 1 (กรัม)	0.32
ไนอาซิน (มิลลิกรัม)	6.46

ที่มา: สุนันทา และคณะ (2549)

6.3 ข้าวกล้องหอมนิล



ภาพที่ 7 แสดงลักษณะของข้าวกล้องพันธุ์หอมนิล

ที่มา: เณริศา (2550)

ข้าวเจ้าหอมนิล เป็นข้าวเจ้าสีดำ เมล็ดใส ที่ได้จากการคัดพันธุ์กลายของข้าวเหนียวดำ ต้นเตี้ยจากจีน เมล็ดข้าวกล้องยาว 6.5 มิลลิเมตร มีสีม่วงดำ เปลือกหุ้มเมล็ดข้าวมีสีม่วงเข้ม เป็นข้าวที่ได้รับการตอบรับจากตลาดอาหารสุขภาพเป็นอย่างมาก มูลค่าของข้าวหอมนิลสูงกว่าข้าวขาว โดยทั่วไป เนื่องจากมีสารต่อต้านอนุมูลอิสระมีและคุณค่าทางโภชนาการสูง มีโปรตีน 10-12.5 % มีแคลเซียม 4.2 มิลลิกรัม ต่อข้าว 100 กรัม มีธาตุเหล็ก 2.25-3.25 มิลลิกรัมต่อข้าว 100 กรัม และธาตุสังกะสีประมาณ 2.9 มิลลิกรัม มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูงประมาณ 293 ไมโครโมลต่อกรัม ไร่ข้าวและจมูกข้าวมีวิตามิน E วิตามิน B และกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง เมื่อหุงสุกจะเหนียวมีกลิ่นหอม (ณัฐภูมิ, 2550)

นอกจากนี้ยังมีการวิจัยเกี่ยวกับการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับข้าวกล้อง ซึ่งกำลังได้รับความสนใจกันอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน คือ การทำข้าวกล้องหอมมะลิออก หรือ กาบไรซ์

6.4 ข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิ



ภาพที่ 8 ลักษณะของข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับการขัดสีในระดับต่างๆ

ที่มา: กรมส่งเสริมการเกษตร (ม.ป.ป.)

ข้าวหอมมะลิ เดิมเป็นข้าวพันธุ์พื้นบ้านในจังหวัดฉะเชิงเทรา (กรมการข้าว, 2551) เมล็ดข้าวเปลือกยาว 10.4 ม.ม. กว้าง 2.5 ม.ม. และหนา 1.9 ม.ม. เปลือกเมล็ดและยอดเมล็ดสีฟางมีขนที่เปลือกเมล็ด กลีบรวงดอกสั้น เมล็ดข้าวกล้องรูปร่างเรียวยาว 7.5 ม.ม. กว้าง 2.5 ม.ม. น้ำหนักข้าวเปลือก 1,000 เมล็ดประมาณ 27.7 กรัม เมล็ดข้าวสารใส แข็งแรง คุณภาพการขัดสีดี ข้าวสุกมีกลิ่นหอม และอ่อนนุ่ม (กรมส่งเสริมการเกษตร, ม.ป.ป.)

6.5 ข้าวกล้องหอมแดง



ภาพที่ 9 แสดงลักษณะของข้าวพันธุ์หอมแดงที่ได้รับการจัดสีในระดับต่างๆ

ที่มา: กรมการข้าวกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (ม.ป.ป.)

เป็นข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดงเข้ม ข้าวสุกนุ่ม เหนียว มีกลิ่นหอมเหมือนข้าวดอกมะลิ 105 เมล็ดข้าวเปลือกสีฟางมีลักษณะเรียวยาว เมล็ดข้าวกล้องยาว 7.5 มิลลิเมตร ท้องไข่น้อย ปริมาณไมโลส ในเมล็ด 16.9% ด้านคุณค่าทางโภชนาการสถาบันวิจัยโภชนาการมหาวิทยาลัยมหิดลได้วิเคราะห์ส่วนประกอบของแร่ธาตุและวิตามินในตัวอย่างข้าวกล้องหอมแดง และข้าวกล้องหอมมะลิ จากศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก พบว่าข้าวกล้องหอมแดงมีใยอาหาร (Dietary Fiber) และวิตามินบี 6 สูงกว่าข้าวกล้องหอมมะลิ แต่มีธาตุเหล็กและวิตามินต่างๆ ต่ำกว่า (กรมการข้าวกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2551) ดังนี้

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องหอมแดงและข้าวกล้องขาวดอก มะลิ 105 (น้ำหนักในข้าว 100 กรัม)

คุณค่าทางโภชนาการ	ข้าวกล้องข้าวหอมแดง	ข้าวกล้องหอมมะลิ
เยื่อ(กรัม)	4.63	3.73
เหล็ก(มิลลิกรัม)	0.91	0.94
สังกะสี(มิลลิกรัม)	0.02	1.48
วิตามินอี (ไมโครกรัม)	83.10	159.48
วิตามินบี 1 (มิลลิกรัม)	0.29	0.37

ตารางที่ 5 (ต่อ)

คุณค่าทางโภชนาการ	ข้าวกล้องข้าวหอมแดง	ข้าวกล้องหอมมะลิ
วิตามินบี 2 (มิลลิกรัม)	0.01	0.01
วิตามิน บี 6 (มิลลิกรัม)	0.26	0.22

ที่มา: สถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล (2541)

ข้าวกล้องหอมมะลิงอก

ข้าวกล้องหอมมะลิงอกเป็นนวัตกรรมที่ค้นพบโดยนักวิจัยไทย จากการนำข้าวกล้องไปแช่น้ำ สามารถนำมาหุงต้มรับประทานได้ทันที วิธีทำข้าวกล้องหอมมะลิงอกมีขั้นตอนดังนี้

1. ตวงข้าวกล้องคุณภาพดีในปริมาณที่ต้องการ
2. ซาวน้ำให้สะอาดใสน้ำปริมาณเท่ากับการหุงข้าวกล้องปกติ แช่ทิ้งไว้อย่างน้อย 4 ชั่วโมง
3. เมื่อเมล็ดข้าวที่แช่น้ำไว้มีความอมน้ำดีแล้วเทน้ำทิ้ง ล้างด้วยน้ำสะอาดอย่างเบามือ 1 ครั้ง
4. เทข้าวลงบนผ้าที่สะอาดและมีความหนานุ่ม
5. คลุมด้วยผ้าขาวให้มิดชิด พรมน้ำแก่ชุ่ม เพื่อให้ห่อผ้ารักษาความชื้น แต่มีอากาศให้เมล็ดข้าวได้หายใจและระบายอากาศ ทิ้งไว้ 1 วัน 1 คืน
6. หลังจากนั้นจุ่มข้าวจะงอกออกมา สามารถนำไปหุงรับประทานได้ทันที หรือเก็บไว้ได้ไม่เกิน 5 วัน เนื่องจากจะเสียความสดใหม่และคุณค่าทางโภชนาการ

หลังจากที่ข้าวกล้องเกิดการงอก จะมีปริมาณสารกาบา GABA ซึ่งเป็นกรดอะมิโนชนิดหนึ่งที่ผลิตจากกระบวนการดีคาร์บอกซิเลชันของกรด กลูตามิก กรดชนิดนี้มีความสำคัญในการเป็นสื่อประสาท (neurotransmitter) ในระบบประสาทส่วนกลาง ทำให้เกิดผลต่อร่างกายต่างๆ เช่น ลดความวิตกกังวล นอนไม่หลับ คลายกล้ามเนื้อ ส่วนของข้าวที่มี GABA สูงสุดคือส่วนของจุ่มข้าว

หรือคัพทะ ดังนั้นการขัดสีข้าวเพื่อนำมาทำข้าวกล้องหอมมะลิองนั้น จะต้องเหลือส่วนของจมูกข้าวไว้ เมื่อนำมาแช่น้ำส่วนของจมูกข้าวก็จะมีการผลิตสาร GABA เพิ่มขึ้น

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมกับการเพิ่มปริมาณ GABA ในคัพทะข้าว จากปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณสาร GABA ได้แก่ อุณหภูมิและเวลาในการแช่ข้าว โดยศึกษาวิธีการงอกและการเพิ่มปริมาณของ GABA ในคัพทะของข้าวแต่ละประเภท โดยวิธีการแช่น้ำที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบเวลาการแช่ต่างกันจาก 1 ถึง 4 ชั่วโมง พบว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของข้าวแต่ละสายพันธุ์ค่อนข้างสูงโดยเฉพาะในหนึ่งชั่วโมงแรกของการแช่ข้าว กระบวนการงอกเป็นการเปลี่ยนแปลงด้านชีวเคมีและทางโภชนาการที่สำคัญ โดยเริ่มจากการคูดน้ำเข้าสู่เมล็ด ในสภาวะอุณหภูมิที่เหมาะสม มีออกซิเจนเพียงพอในการหายใจเพื่อให้พลังงาน มีแสงแดดเพื่อให้เกิดกระบวนการเจริญเติบโตโดยการแบ่งตัวและกลายเป็นต้นอ่อนต่อไป ในกระบวนการงอกนี้ น้ำเป็นส่วนสำคัญที่สุด ก่อให้เกิดกระบวนการแยกสลายด้วยน้ำ (hydrolysis) เพื่อส่งถ่ายสารอาหารจากส่วนต่างๆ ของเมล็ดโดยเฉพาะเนื้อเยื่อในเมล็ดมาสู่คัพทะ ซึ่งมีผลทำให้เกิดการสังเคราะห์โปรตีน การเพิ่มขึ้นของใยอาหาร วิตามิน และส่วนประกอบอื่นๆ นอกจากน้ำแล้ว เอนไซม์ต่างๆ ภายในเมล็ดจะทำหน้าที่ในการย่อยสลายและเสริมสร้างอาหารชนิดต่างๆ โดยมีน้ำเป็นส่วนสำคัญในการทำงาน (พัชร, 2550)

7. คุณภาพข้าวสวย

ตามมาตรฐานการส่งออกข้าวของกระทรวงพาณิชย์ กำหนดเฉพาะลักษณะทางกายภาพ เช่น ปริมาณข้าวที่มีขนาดเล็ก เมล็ดต่างๆ ขนาดข้าวหัก ปริมาณเมล็ดชนิดอื่นเจือปน ความสะอาดที่จำกัดด้วยปริมาณสิ่งเจือปน ความชื้น และระดับการสี ซึ่งตรวจสอบได้ง่าย ข้าวคุณภาพดี (ข้าวขาว 100% และ 5%) ต้องมีส่วนผสมของเมล็ดข้าวเมล็ดยาวชั้น 1 (เมล็ดข้าวมีความยาวมากกว่า 7 มิลลิเมตร) จำนวนมาก ข้าวในท้องตลาดมีลักษณะเรียวยาวคล้ายๆ กันไม่ว่าจะเป็นข้าวประเภทใด แต่เมื่อนำไปหุงต้มอาจมีคุณภาพข้าวสุกต่างกัน เช่น เป็นข้าวเหนียวนุ่ม (ข้าวหอมมะลิ) ข้าวอ่อนหรือข้าวขาวตาแห้ง และข้าวแข็ง หรือข้าวเสาไห้ ทั้งนี้เนื่องจากเมล็ดข้าวมีคุณสมบัติของแป้งต่างกัน จึงทำให้เกิดปัญหา การปนกันกับข้าวต่างพันธุ์หรือต่างชนิดของข้าวสุกในอัตราส่วนไม่แน่นอนย่อมก่อความยุ่งยากแก่ผู้บริโภค ที่นิยมข้าวสวยคุณภาพต่างกัน ดังเช่นข้าวหอมมะลิ ซึ่งผู้ซื้อคาดหวังว่าจะได้จะได้ข้าวสุกนุ่มเหนียวและมีกลิ่นหอม การปนกับข้าวอื่นนอกจากจะทำให้ ข้าวสวยมีคุณภาพเปลี่ยนไป ยังมีผลให้กลิ่นหอมลดน้อยลงอีกด้วย

คุณภาพการหุงต้มและการบริโภคของข้าว (Cooking and Eating Quality) เป็นคุณภาพที่ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจเลือกซื้อ ทั้งนี้เพราะความชอบของแต่ละคนแตกต่างกัน คุณภาพการหุงต้มและรับประทานของข้าวนี้ สามารถคาดคะเนได้โดยคุณสมบัติทางเคมี (Grian Chemical Properties)

7.1 ปัจจัยที่ทำให้ข้าวพันธุ์ต่างๆ มีคุณภาพของข้าวสุกแตกต่างกันได้แก่

7.1.1 ปริมาณอไมโลส โดยทั่วไปมักนิยมแบ่งประเภทข้าวโดยถืออไมโลสเป็นหลัก ในแป้งข้าวเจ้าจะมีอไมโลสประมาณ 10-34% และส่วนที่เหลือ เป็นปริมาณอไมโลเพคติน อัตราส่วนของอไมโลสและอไมโลเพคติน เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ข้าวสุกมีคุณสมบัติแตกต่างกัน ปริมาณอไมโลสเป็นสาเหตุทำให้ข้าวสุกมีความเหนียวลดลงหรือร่วนมากขึ้น ทำให้ข้าวนุ่มน้อยลง ข้าวที่มีอไมโลสสูงจะดูดน้ำและขยายปริมาตรในระหว่างการหุงต้มได้มากกว่าข้าวอไมโลสต่ำ ดังนั้นปริมาณน้ำที่ใช้ในการหุงต้มจึงมีส่วนกระทบกระเทือนกับคุณภาพข้าวสุก เช่น ข้าวที่มีอไมโลสต่ำต้องการน้ำน้อย หากใส่น้ำมากเกินไปจะได้ข้าวสุกแฉะและ สำหรับข้าวที่มีปริมาณอไมโลสสูงถ้าใส่น้ำปริมาณเท่ากับข้าวที่มีปริมาณอไมโลสต่ำจะได้ข้าวสวยที่แข็งกระด้างมาก เนื่องจากการหุงต้มข้าวอไมโลสสูงต้องการน้ำมาก และเนื่องจากอไมโลสเมื่อต้มสุกแล้วมีคุณสมบัติการคืนตัว (retrogradation) เปลี่ยนแปลงจากสภาพละลายน้ำได้เป็นของแข็ง ทำให้ข้าวที่มีอไมโลสสูงเมื่อหุงสุกจึงร่วนกว่า และแข็งกว่าข้าวที่มีอไมโลสต่ำ (งามชื่น, 2547) สามารถแบ่งประเภทของข้าวจากปริมาณอไมโลสได้ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอไมโลส

ประเภทข้าว	ปริมาณอไมโลส	ลักษณะข้าวสุก
ข้าวเหนียว	0-2	เหนียวมาก
ข้าวเจ้า		
- ข้าวอไมโลสต่ำ	10-19	เหนียวนุ่ม
- ข้าวอไมโลสปานกลาง	20-25	ค่อนข้างร่วนไม่แข็ง
- ข้าวอไมโลสสูง	26-36	ร่วนแข็ง

ที่มา: งามชื่น (2537)

ส่วนข้าวไม่โลสต่ำต้องการน้ำน้อย มีลักษณะเหนียวเกาะติดกันเป็นก้อนจึงไม่ขึ้นหม้อ เมื่อใส่น้ำมากจะได้ข้าวที่แฉะและ แต่สำหรับข้าวไม่โลสสูงหากใส่น้ำขนาดเดียวกันกับข้าวไม่โลสต่ำจะได้ข้าวที่แข็งกระด้างมาก ซึ่งปริมาณน้ำที่ใช้ในการหุงต้มข้าวสามารถแบ่งได้ตามปริมาณไม่โลส ดังแสดงในตารางที่ 8 (งามชื่น, 2536)

ตารางที่ 7 สัดส่วนของน้ำต่อข้าวที่มีปริมาณไม่โลสต่างกัน

ชนิดของข้าว	น้ำต่อข้าว (โดยน้ำหนัก)
ข้าวไม่โลสต่ำ	1.6 – 1.8 ต่อ 1
ข้าวไม่โลสปานกลาง	1.9 – 2.0 ต่อ 1
ข้าวไม่โลสสูง	1.9 – 2.0 ต่อ 1

ที่มา: งามชื่น (2539)

ในประเทศไทย เพื่อให้ได้ข้าวที่มีคุณภาพดีที่สุดตามสภาพของข้าว เช่น ข้าวที่มีไม่โลสสูงจะใส่น้ำมากกว่าข้าวที่มีไม่โลสต่ำ เนื่องจากข้าวมีความร่วนแข็ง ในระหว่างการหุงต้มเมล็ดข้าวจะดูดน้ำไว้ เมื่อเมล็ดสุกแล้วแต่ยังมีน้ำเหลืออยู่ ต้องหุงต้มต่อไปอีกสักครู่ จะช่วยให้เมล็ดดูดซึมน้ำได้มากขึ้น และลดความแข็งกระด้างของข้าวสุกลงได้

สามารถคำนวณหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมสำหรับการหุงต้มข้าวสาร ได้จากสมการต่อไปนี้ (งามชื่น, 2536)

$$W = 0.62 + 0.626A \quad ; \quad R^2 = 0.73^{**}$$

เมื่อ W = อัตราส่วนโดยน้ำหนักของน้ำหุงต้ม : ข้าวสาร

A = ปริมาณไม่โลส คิดเป็น ร้อยละของน้ำหนักข้าวสาร

R^2 = ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

จากสมการข้างต้นหากใช้ปริมาณไม่โลสเพียงปัจจัยเดียวสามารถใช้ในการคาดคะเนอัตราส่วนโดยน้ำหนักของน้ำ : ข้าวที่เหมาะสม โดยได้ค่าใกล้เคียง 73% (พิจารณาจากค่า R^2) ทั้งนี้ยังมีปัจจัยอื่นที่มีอิทธิพลต่ออัตราส่วนน้ำในการหุงต้ม

7.1.2 ความคงตัวของแป้งสุก (gel consistency) เป็นปัจจัยสำคัญต่อคุณภาพข้าวสุกข้าวที่มีปริมาณโมลอสเท่ากันอาจมีความแข็งของข้าวสุกแตกต่างกันทั้งนี้ เนื่องจากแป้งสุกมีความคงตัวไม่เท่ากัน ความคงตัวของแป้งสุกมีคุณภาพแตกต่างกันขึ้นกับอัตราเร็วของปฏิกิริยาการคืนตัวของแป้งสุกเมื่อทำให้เย็น ทำให้แป้งแข็งตัว และมีผลต่อความนุ่มข้าวสุก ดังนั้นจึงสามารถใช้ความคงตัวของแป้งสุกในการคาดคะเนคุณสมบัติของข้าวสุกได้ (งามชื่น, 2547)

การหาค่าความคงตัวของแป้งสุก อาศัยหลักการทำให้แป้งใส โดยการต้มในสารละลายเบส แล้วทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง และวัดระยะทางที่แป้งไหลไปเมื่อวางบนพื้นราบ สถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (International Rice Research Institute; IRRI, 1972) ได้จัดแบ่งประเภทข้าวตามความคงตัวของแป้งสุกดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 การแบ่งประเภทข้าวตามความคงตัวของแป้งสุก

ความคงตัวของแป้งสุก	ระยะทางที่แป้งไหล (มิลลิเมตร) (แป้ง 100 มิลลิกรัม ใน KOH 0.2 N, 2 มล.)
แข็ง	น้อยกว่า 35
ค่อนข้างแข็ง	36 - 41
ปานกลาง	41 - 60
อ่อน	มากกว่า 60

ที่มา: IRRI (1972)

7.1.3 ระยะเวลาในการหุงต้ม (cooking time) การหุงเมล็ดข้าวให้สุกอาจใช้เวลาประมาณ 14–24 นาที เพื่อให้เมล็ดข้าวสุกไม่มีไตของแป้งดิบ ระยะเวลาขึ้นอยู่กัอุณหภูมิที่ทำให้แป้งกลายเป็นเจล (gelatinization temperature) และเปลี่ยนจากลักษณะทึบแสงเป็นโปร่งใส อุณหภูมิแป้งสุกมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาหุงต้ม โดยข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกสูงใช้เวลาหุงต้มนานกว่าข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ ในการหาระดับของอุณหภูมิแป้งสุกนิยมใช้การหาค่าการสลายเมล็ดข้าวสารในเบส (alkali test) ซึ่งเป็นวิธีที่ไม่ยุ่งยาก และสามารถตรวจสอบตัวอย่างได้ครั้งละมาก ๆ

แม้ว่าระยะเวลาหุงต้มจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิแป้งสุกดังกล่าวข้างต้น แต่ความหนาของเมล็ดข้าวทำให้ต้องยืดเวลาหุงต้มออกไปอีก เช่น ข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกเท่ากัน ข้าวที่มีเมล็ดหนาจะต้องใช้เวลาหุงต้มนานกว่าข้าวเมล็ดบาง ในทำนองเดียวกัน โปรตีนซึ่งมีมากตามบริเวณผิวนอกของเมล็ดอาจเป็นอุปสรรคในการซึมผ่านของน้ำ และทำให้เวลาหุงต้มนานออกไป (งามชื่น, 2536)

7.1.4 วิธีการหุงต้ม ในการหุงต้ม ครั้งละมาก ๆ อัตราการระเหยของน้ำในระหว่างการหุงต้มจะลดลง จึงต้องลดปริมาณน้ำส่วนนี้ลงเวลาหุงต้ม และควรปรับน้ำหนักของข้าวและน้ำให้เป็นปริมาตรเพื่อสะดวกในการปฏิบัติต่อไป

7.1.5 การขยายตัวของเมล็ดข้าวสุก (volume expansion) ในระหว่างการหุงต้ม เมล็ดข้าวจะขยายตัวออกรอบด้าน โดยเฉพาะด้านยาว โดยทั่วไปผู้บริโภคนิยมข้าวพันธุ์ที่ยืดตัวได้มากกว่าข้าวพันธุ์ที่ยืดตัวได้น้อย ข้าวสุกที่ยืดตัวได้มาก และไม่เหนียวติดกัน จัดเป็นข้าวที่หุงขึ้นหม้อ นอกจากนี้การที่เมล็ดขยายตัวได้มากทำให้เนื้อภายในโปร่งไม่อัดแน่น และช่วยให้ข้าวนุ่มมากขึ้น อัตราการขยายตัวของเมล็ดหาได้จากสัดส่วนของความยาวของข้าวสุกต่อความยาวของข้าวสาร (งามชื่น, 2536)

7.1.6 กลิ่นหอม (Aroma) ข้าวทั่วไปอาจมีสารระเหยหลายชนิด จากการวิเคราะห์ไอที่ได้จากการหุงข้าว โคซอิการิชองญี่ปุ่นพบว่า มีสารอยู่กว่าร้อยชนิด ซึ่งประกอบด้วยสารไฮโดรคาร์บอน 13 ชนิด แอลกอฮอล์ 13 ชนิด แอลดีไฮด์ 16 ชนิด คีโตน 14 ชนิด กรด 14 ชนิด และอื่นๆ (งามชื่น, 2536)

7.1.7 ปริมาณโปรตีน (protein content) โปรตีนโดยเฉพาะโปรตีนที่อยู่ส่วนนอกของเมล็ดมีส่วนทำให้ระยะเวลาหุงต้มเมล็ดข้าวให้สุกนานขึ้น เนื่องจากโปรตีนเป็นตัวขัดขวางการซึมของน้ำเข้าไปภายในเมล็ดข้าว การที่เมล็ดข้าวมีโปรตีนถึง 10% ทำให้ข้าวมีสีคล้ำลง และความนุ่มลดลง

7.2 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเมล็ดในระหว่างการเก็บ

ภายหลังการเก็บเกี่ยว ภายในเมล็ดข้าวจะเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น โดยเฉพาะในระยะเวลา 3-4 เดือนหลังเก็บเกี่ยว เอนโดสเปิร์มจะแกร่งขึ้นทำให้มีคุณภาพการสีที่ดีขึ้นหากเมล็ดไม่ถูกทำลายโดยแมลงระหว่างการเก็บ การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเมล็ดข้าวจะเกิดขึ้นจากกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับ 3 องค์ประกอบ คือ แป้ง ไขมัน และ โปรตีน กรดไขมันอิสระที่ได้จากการย่อยของเอนไซม์ เมื่อทำปฏิกิริยากับเมล็ดแป้งโดยเฉพาะโมเลกุลของอไมโลส มีผลยับยั้งการขยายตัวของเมล็ดแป้งในระหว่างการหุงต้ม และส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของข้าวสวย นอกจากนี้ ไขมันยังทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ จะได้สารประกอบประเภทไฮโดรเปอร์ออกไซด์ คาร์บอนิล สารประเภทคาร์บอนิลนี้ทำให้มีกลิ่นหืนเช่นเดียวกับกลิ่นหืนในน้ำมัน ในส่วนของโปรตีนเมื่อทำปฏิกิริยาออกซิเดชันจะได้สารที่มีส่วนประกอบของธาตุกำมะถัน (-S-S-) ที่คงตัวมากขึ้น ทำให้สารระเหยที่มีส่วนประกอบของซัลเฟอร์ลดลง และส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงด้านกลิ่นของข้าว ในขณะที่เดียวกันยังมีผลต่อการฟองตัวของเมล็ดแป้งในระหว่างการหุงต้ม ทำให้ข้าวสวยมีความนุ่มลดลง ปฏิกิริยาของโปรตีนทำให้ข้าวเก่ามีสีคล้ำกว่าข้าวใหม่ ผลการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้มีผลกระทบต่อคุณสมบัติการหุงต้มของเมล็ดข้าว และข้าวสุก กล่าวคือ ข้าวเก่า เมื่อหุงเป็นข้าวสวยจะได้ข้าวสุกแข็งและร่วนมากขึ้น หรือเหนียวเกาะติดกันน้อยลง ทำให้ข้าวสุกขยายปริมาตรรวม (Bulk volume) ได้มากขึ้น หรือขึ้นหม้อดีขึ้น ทั้งนี้เมล็ดข้าวจะดูดน้ำได้มากขึ้น ไม่แตกตัว น้ำข้าวจะใสขึ้นเมล็ดข้าวอาจจะต้องใช้เวลาทำให้สุกนานขึ้นเล็กน้อย (งามชื่น, 2547)

8. วิธีการหุงข้าว

คนไทยนิยมบริโภคข้าวเจ้าเป็นอาหารหลักโดยนำมาหุงให้สุกทั้งเมล็ด ซึ่งวิธีการหุงมีดังนี้

8.1 หุงข้าวแบบเช็ดน้ำ เริ่มต้นโดยล้างหรือซาวข้าวเพื่อขจัดฝุ่นผงและสิ่งแปลกปลอมต่างๆ ออกจนกระทั่งน้ำล้างขาวใส แล้วจึงเติมน้ำปริมาณมากลงไป ต้มให้เดือด ในช่วงนี้ต้องหมั่นคนอย่าให้เมล็ดข้าวติดกันหม้อ ต้มจนเมล็ดข้าวเกือบสุก เมื่อสังเกตเห็นเมล็ดข้าวยังมีไตขุ่นเป็นจุดเล็กๆ อยู่ภายใน ให้รินน้ำข้าวออก หม้อที่ใช้หุงข้าวแบบเช็ดน้ำนี้จึงต้องมีหูสองข้างและฝาหม้อต้องมีหูอยู่ตรงกึ่งกลาง เวลาเช็ดน้ำใช้ไม้ขัดฝาหม้อ ที่ทำจากไม้ไผ่มาร้อยหูหม้อและฝาหม้อ เอียงหม้อเทน้ำข้าวออกจนหมด แล้วจึงนำไปคงบนไฟอ่อน ๆ จนน้ำแห้ง การหุงข้าววิธีนี้จะได้ข้าวสวยกันหม้อเป็นแผ่นแข็ง เรียกว่า ข้าวตั้ง



ภาพที่ 10 การหุงข้าวแบบเช็ดน้ำ

ที่มา: สถาบันวิจัยข้าว (2542)

8.2 หุงข้าวแบบไม่เช็ดน้ำ หลังจากซาวข้าวแล้วจึงเติมน้ำกะให้พอเหมาะกับข้าว นำไปต้มจนสุก เมล็ดข้าวจะดูดซับน้ำจนแห้ง การหุงข้าววิธีนี้คนหุงต้องมีทักษะในการคาดคะเนปริมาณน้ำและความร้อน เช่น การใช้นิ้วหรือฝ่ามือวางบนข้าวเพื่อประมาณความลึกของน้ำ หรือรู้จักรูปไฟ (ลดไฟให้อ่อนลง) อุปกรณ์หุงข้าวในสมัยก่อนมักใช้หม้อดิน ต่อมาจึงเปลี่ยนมาเป็นหม้ออลูมิเนียม และพัฒนามาเป็น หม้อหุงข้าวไฟฟ้าที่มีระบบตัดไฟเมื่อน้ำในหม้อแห้ง



ภาพที่ 11 การหุงข้าวแบบไม่เช็ดน้ำ

การหุงข้าวใช้วิธีดวงข้าวและน้ำโดยปริมาตร

ใช้ข้าวสารทั่วไป (ข้าวเก่า) 1 ส่วน ต่อน้ำ $1\frac{3}{4}$ - 2 ส่วน

ใช้ข้าวสารหอมมะลิ (ข้าวเก่า) 1 ส่วน ต่อน้ำ $1\frac{1}{4}$ ส่วน

ใช้ข้าวสารทั่วไป (ข้าวใหม่) 1 ส่วน ต่อน้ำ 1 ส่วน

ข้าวขาว ใส่น้ำตามปริมาณที่กำหนด นำไปหุงในหม้อไฟฟ้า เมื่อข้าวสุกหม้อจะตัดไฟ โดยอัตโนมัติ ควรปล่อยให้ข้าวที่สุกแล้วอยู่ในหม้อหุงข้าวไฟฟ้าอีก 5-10 นาที เพื่อให้ข้าวที่สุกจะอุดี ข้าวสาร 1 ถ้วยตวงเมื่อหุงเป็นข้าวสวยจะได้ข้าว $2\frac{3}{4}$ ถ้วยตวง (อบเชย และขนิษฐา, 2544) ส่วน การหุงข้าวกล้องก็มีวิธีการคล้ายกัน คือเริ่มแรกควรเก็บสิ่งแปลกปลอมออกเสียก่อน และข้าวขาว ด้วยเวลาสั้นๆ และเบาๆ เพียงครั้งเดียว เพื่อไม่ให้วิตามินสูญเสียไปกับน้ำข้าวขาว

การหุงข้าวกล้องนั้นต้องใส่น้ำมากกว่าการหุงข้าวขาว เนื่องจากข้าวกล้องยังมีเยื่อหุ้มเมล็ดการดูดซึมน้ำ จะยากกว่าจึงต้องใช้เวลานานในการหุงข้าวมากกว่า ดังนั้นในการหุงข้าวกล้อง 1 ส่วน จึงควรเติมน้ำประมาณ 1.5 เท่า ถ้าจะให้ประหยัดเวลาหุงควรแช่ข้าวกล้องก่อนหุงประมาณ 5-10 นาที เมื่อเมล็ดข้าวนุ่มขึ้นจึงนำไปหุง เมื่อสุกข้าวกล้องจะนุ่มนวล และยังได้คุณค่ามากกว่าข้าวขัดสีขาว

สำหรับข้าวใหม่หรือข้าวเก่า นั้น จะมีผลต่อการหุงต้ม ข้าวใหม่จะมีลักษณะเมล็ดข้าวติดกันมาก ส่วนข้าวเก่าเมื่อหุงสุกการติดกันของเมล็ดข้าวจะน้อยกว่า เนื่องจากข้าวขาวเก่าเมล็ดข้าวจะ แห้งกว่าข้าวใหม่ ดังนั้นจึงทำให้บางครั้งการหุงข้าวโดยใช้น้ำเท่าเดิมอาจทำให้ข้าวมีลักษณะ และ หรือร่วนแตกต่างจากเดิม ก่อนซื้อจึงควรถามผู้ขายว่าเป็นข้าวเก่าหรือข้าวใหม่ และใส่น้ำ ในปริมาณที่เหมาะสมกับข้าวที่หุงจึงจะได้ข้าวสุกเหมาะกับการรับประทาน (สถาบันวิจัยข้าว, 2542)

8.3 ต้มข้าว เป็นการหุงโดยใส่น้ำปริมาณมาก ใช้ความร้อนต้มเมล็ดข้าวสุกซึ่งแช่อยู่ในน้ำข้าวจนเมล็ดข้าวสุกและกว่าข้าวสวยเรียกว่า ข้าวต้ม



ภาพที่ 12 การหุงข้าวต้ม

ที่มา: สถาบันวิจัยข้าว (2542)

9. การเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการของข้าวหุงสุก

การหุงต้มเป็นสาเหตุสำคัญอีกประการหนึ่งที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการของข้าวหุงสุก การหุงต้มเพียง 20 นาที ทำให้สูญเสียคุณค่าทางโภชนาการไปอย่างมาก โดยเฉพาะการหุงต้มข้าวขาวจะมีการสูญเสียมากกว่าการหุงต้มข้าวกล้อง ทั้งสารอาหารหลัก วิตามิน และเกลือแร่ ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 การสูญเสียคุณค่าจากการล้างและหุงข้าว (%)

สารอาหาร	การหุงผ่านการล้าง		การหุงโดยไม่ผ่านการล้าง	
	Milled rice	ข้าวขาว	ข้าวขาว	ข้าวกล้อง
น้ำหนักร	5-9	2-6		1-2
โปรตีน	2	0-7		4-6
ไขมัน	50	36-58		2-10
เถ้า		16-25		11-19
น้ำตาลอิสระ	40			
โพลีแซคาไรด์	10			
แคลเซียม	1-25	21		
ฟอสฟอรัส	5			
เหล็ก	23			

ตารางที่ 9 (ต่อ)

สารอาหาร	การหุงผ่านการล้าง	การหุงโดยไม่ผ่านการล้าง	
	Milled rice	ข้าวขาว	ข้าวกล้อง
ไทอามิน	11	47-52	
ไรโบฟลาวิน	10	35-43	
ไนอะซิน	13	45-55	

ที่มา: คัดแปลงจาก Juliano (1993)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพทางเคมีและทดสอบทางประสาทสัมผัส

1. หม้อหุงข้าว SHARP KS-19E
2. เครื่องชั่งละเอียด และหยาบ
3. เครื่องบด
4. ตู้อบลมร้อน
5. สเปนจ์โทรโฟโตมิเตอร์
6. เครื่องวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน
7. เครื่องวิเคราะห์
8. เครื่องแก้ว
9. เครื่องปั่นผสมของเหลวในหลอดทดลอง
10. Hot plate
11. กระดาษกรอง
12. เอทานอล 95% (โดยปริมาตร) ที่มีไทมอลบลู 0.025 %
13. โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 0.20 N
14. ปีโตรเลียมอีเทอร์
15. กรดซัลฟิวริก
16. โซเดียมไฮดรอกไซด์
17. กรดบอริก
18. กรดไฮโดรคลอริก
19. อะซิโตน
20. Kjeldahl catalyst

เครื่องมือที่ใช้ในการคำนวณ และวิเคราะห์ผลทางสถิติ

1. โปรแกรมคอมพิวเตอร์

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลอง เพื่อศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการหุงข้าวกล้อง ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการหุงข้าวกล้อง และเปรียบเทียบปริมาณสารอาหารของข้าวกล้องก่อนและหลังการหุงสุก โดยมีวิธีวิจัยดังนี้

1. การเตรียมวัตถุดิบ

1.1 รวบรวมพันธุ์ข้าว 5 พันธุ์ที่จะทำการวิจัยโดยเลือกข้าวพันธุ์หอมมะลิที่นิยมบริโภคทั่วไปในประเทศไทย และข้าวพันธุ์ที่มีการส่งเสริมการบริโภคเนื่องจากมีรายงานพบว่าสารที่ให้สีมีคุณสมบัติเป็นสารแอนติออกซิแดนซ์ที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ ได้แก่ พันธุ์หอมนิล พันธุ์สังข์หยด พันธุ์มันปู พันธุ์หอมแดง และพันธุ์หอมมะลิ โดยรวบรวมจากแหล่งต่างๆ ดังนี้

ข้าวพันธุ์หอมมะลิ	บริษัทเลมอนฟาร์ม	จากร้านเลมอนฟาร์มสาขาเกษตร
ข้าวพันธุ์มันปู	บริษัทเนเจอร์โซน	จากที่อพซูปเปอร์มาร์เก็ต สาขาพลาซาลาดูน
ข้าวพันธุ์สังข์หยด	บริษัทข้าวพื้นเมืองภาคใต้ จำกัด	จากที่อพซูปเปอร์มาร์เก็ต สาขาพลาซาลาดูน
หอมมะลิแดง	บริษัทเลมอนฟาร์ม	จากร้านเลมอนฟาร์มสาขาเกษตร
และหอมนิล	บริษัทเลมอนฟาร์ม	จากร้านเลมอนฟาร์มสาขาเกษตร

1.2 การผลิตข้าวกล้องหอมมะลิออก การศึกษาครั้งนี้ได้เลือกทำการศึกษาคั่วข้าวกล้องออกเพียง 1 ชนิด คือ ข้าวกล้องหอมมะลิ เพื่อนำมาศึกษาทดลองเปรียบเทียบปริมาณสารกาบาในข้าวกล้องก่อนและหลังหุงสุก

1.2.1 ตวงข้าวกล้องคุณภาพดีในปริมาณที่ต้องการ

1.2.2 ซาวน้ำให้สะอาด แล้วใส่น้ำปริมาณเท่ากับการหุงข้าวกล้องปกติ แช่ทิ้งไว้อย่างน้อย 4 ชั่วโมง หรือจนกว่าเมล็ดข้าวที่แช่น้ำไว้มีความอืดและนุ่มน้ำดีแล้ว

- 1.2.3 เท้าทิ้ง ล้างด้วยน้ำสะอาดอย่างเบามือ 1 ครั้ง สะเด็ดน้ำให้หมาด
- 1.2.4 บ่มในภาชนะปิดเป็นเวลา 6 ชั่วโมง
- 1.2.5 นำไปล้างน้ำอีกครั้งพร้อมทั้งสะเด็ดน้ำให้หมาด
- 1.2.6 บ่มในภาชนะปิดอีก 14 ชั่วโมง ข้าวกล้องจะเริ่มมีตุ่มงอกออกมา

2. การศึกษาคุณภาพของเมล็ดข้าวกล้อง

2.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ ประกอบด้วยการศึกษาน้ำหนักของเมล็ดข้าว การวัดขนาดและรูปร่างของเมล็ด การวัดค่าความคงตัวของแป้งสุก และการวัดค่าการขยายตัวของเมล็ดข้าวสุก ดังนี้

2.1.1 ชั่งน้ำหนักเมล็ดข้าวโดยคัดข้าวสารเต็มเมล็ดจำนวน 100 เมล็ด นำมาชั่งน้ำหนักได้เป็นน้ำหนักเมล็ดข้าว 100 เมล็ด (งามชื่น, 2547)

2.1.2 วัดขนาดและรูปร่างเมล็ดข้าว โดยวัดความกว้าง ความยาว และความหนาของเมล็ดข้าว จำนวน 10 เมล็ดและนำมาหาค่าเฉลี่ยเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของขนาดเมล็ดข้าว (เครือวัลย์, 2536)

2.1.3 วัดการขยายตัวของเมล็ดข้าวเมื่อได้รับความร้อน โดยการนำข้าวกล้องคิบใส่หลอดทดลอง นำไปทำให้สุกแล้ววัดความสูงของเมล็ดข้าวที่อยู่ในหลอดทดลองหารด้วยความสูงของเมล็ดข้าวคิบในหลอดทดลอง (งามชื่น 2536)

2.1.4 วัดค่าความคงตัวของแป้งสุก โดยการนำเมล็ดข้าวไปบดเป็นแป้งแล้วนำมาทำสุกโดยต้มในน้ำเดือดวัดระยะทางที่น้ำแป้งไหล ถ้ามีระยะทางมากแสดงว่าข้าวพันธุ์ดังกล่าวมีความแข็งแรงน้อย ในทางกลับกันถ้าระยะทางการไหลของน้ำแป้งน้อยข้าวที่ทำการทดสอบจัดเป็นข้าวที่มีความแข็งแรงมาก (Juliano, 1993)

2.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

2.2.1 เตรียมตัวอย่างโดยนำข้าวทั้ง 5 พันธุ์มาบดด้วยเครื่องบดของแข็งแห้งก่อนนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี และสารอาหารในข้าวกล้องพันธุ์ต่างๆ

2.2.2 วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ วิเคราะห์ผลคุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องข้าวสารของข้าวกล้องทั้ง 5 พันธุ์ และข้าวกล้องหอมมะลิออก ด้วยวิธี Proximate Analysis วิเคราะห์ความชื้น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เถ้า ใยอาหารในห้องปฏิบัติการภาควิชาคหกรรมศาสตร์

ปริมาณความชื้น โดยวิธีของ A.O.A.C. 1990

ปริมาณคาร์โบไฮเดรต โดยวิธีของ A.O.A.C. 1990

ปริมาณโปรตีน โดยวิธีของ A.O.A.C. 2005

ปริมาณไขมัน โดยวิธีของ A.O.A.C. 1990

เถ้า โดยวิธีของ A.O.A.C. 1990

ปริมาณใยอาหาร โดยวิธีของ A.O.A.C. 1990

2.2.3 ส่งวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณอไมโลส และคุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 ไนอะซิน แคลเซียม เหล็ก ในข้าวกล้อง และปริมาณกาบาในข้าวกล้องหอมมะลิออกที่ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด

ปริมาณอไมโลส โดยวิธีของ J.Starch 1981

ปริมาณวิตามินบี 1 โดยวิธีของ A.O.A.C. 2000

ปริมาณวิตามินบี 2 โดยวิธีของ J.Agric Food Chem 1984

ปริมาณไนอะซิน โดยวิธีของ J.A.O.A.C. 1992

ปริมาณแคลเซียม โดยวิธีของ A.O.A.C. 2005

ปริมาณธาตุเหล็ก โดยวิธีของ A.O.A.C. 2005

ปริมาณสารกาบา โดยวิธีของ Mustafa, A. et.al 2007

2.2.4 คำนวณพลังงานรวมจากปริมาณสารอาหารหลัก คือ ปริมาณโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตคูณด้วยปริมาณพลังงานที่ได้รับจากสารอาหารหลักแต่ละชนิด

3. การศึกษาข้าวหุงสุก

3.1 การหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการหุงข้าวกล้อง

นำข้าวกล้องทั้ง 5 พันธุ์มาหุงด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้าจนสุก ด้วยอัตราส่วนของข้าวต่อน้ำที่แตกต่างกัน คือ 1:1.7, 1:2 และ 1:2.2 โดยน้ำหนัก จากนั้นนำมาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค โดยใช้วิธีทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9 point Hedonics Scales โดยใช้ผู้ทดสอบชิม 30 คน ที่มีอายุมากกว่า 20 ปี กำหนดให้คะแนน 1(ไม่ชอบมากที่สุด) ถึง 9 (ชอบมากที่สุด) การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบของข้าวแต่ละพันธุ์ มีการทดสอบในหลายด้าน ได้แก่ ความชอบด้านสี กลิ่นหอม กลิ่นอับ รสหวาน ความนุ่ม การเกาะตัว และความชอบรวมโดยจัดผู้ทดสอบเป็น blocks และผู้ทดสอบแต่ละคนจะทำการทดสอบความชอบของข้าวที่หุงด้วยน้ำปริมาณต่างๆ จึงใช้แผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design

ตารางที่ 10 ลักษณะข้อมูลการศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสมโดยทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสในแผนการทดลอง Randomized Complete Block Design

ข้าว (ผู้ทดสอบ)	Treatment		
	ปริมาณน้ำระดับที่ 1	ปริมาณน้ำระดับที่ 2	ปริมาณน้ำระดับที่ 3
1	X_{11}	X_{12}	X_{13}
2	X_{21}	X_{22}	X_{23}
3	X_{31}	X_{32}	X_{33}
4	X_{41}	X_{42}	X_{43}
:	:	:	:
:	:	:	:
30	X_{301}	X_{302}	X_{303}

3.2 การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณที่เหมาะสมในการหุงข้าวกล้อง

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่เหมาะสมสำหรับหุงข้าวกล้องที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสข้าวกล้องหุงสุกแต่ละพันธุ์กับปัจจัยที่เคยมีรายงานว่าผลกระทบต่อคุณสมบัติของข้าวสวยซึ่งได้แก่ ปริมาณ อไมโลส ปริมาณ โปรตีน ความคงตัวของเมล็ดแป้ง และความสามารถในการขยายตัวของเมล็ดข้าว โดยการคัดเลือกตัวแปรเข้าสู่ตัวแบบถดถอยเชิงเส้นด้วยวิธี Enter จนกระทั่งได้ตัวแบบถดถอยเชิงเส้นสำหรับพยากรณ์ปริมาณน้ำที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากตัวแปรที่ได้รับการคัดเลือกเข้าตัวแบบและมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.3 วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีข้าวสุก

วิเคราะห์ผลคุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องสุกของข้าวกล้องทั้ง 5 พันธุ์ และข้าวกล้องหอมมะลิออก ได้แก่ พลังงาน ความชื้น คาร์โบไฮเดรต โปรตีนไขมัน ใยอาหาร เถ้า วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 ไนอะซิน เหล็ก กากาทำนองเดียวกับข้าวกล้องดิบ โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Complete Randomized Design) และวิเคราะห์ด้วยวิธีเดียวกับการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของข้าวกล้องในข้อ 2.2

4 การวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องที่หุงสุกด้วยปริมาณน้ำระดับต่างๆ ของข้าวแต่ละพันธุ์ เนื่องด้วยคะแนนความชอบจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสมีคะแนนเป็นช่วงอันดับ และผู้ทดสอบแต่ละคนทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส 7 ด้าน คือ สี กลิ่นหอม กลิ่นอับ รสหวาน ความนุ่ม การเกาะตัว และความชอบโดยรวมถือเป็นการทดสอบซ้ำจึงวิเคราะห์แบบ nonparametric โดยวิธี Friedman Test of ranking เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนความชอบของข้าวที่หุงสุกด้วยน้ำทั้ง 3 ระดับ และใช้วิธี Wilcoxon matched-pairs Test เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนความชอบต่อข้าวที่หุงด้วยน้ำ 2 ระดับ

วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการหุงข้าวกล้อง โดยการด้วยวิธี Enter ตามที่แสดงในข้อ 3.2

เปรียบเทียบความแตกต่างคุณค่าทางโภชนาการระหว่างข้าวกล้องข้าวสารกับข้าวกล้องหุง
สุก โดยใช้ Paired-Samples T-test

สถานที่ในการทำวิจัย

ห้องปฏิบัติการเคมี ภาควิชาคหกรรมศาสตร์

ระยะเวลาการทำวิจัย

การทดลองครั้งนี้เริ่มตั้งแต่ เดือนตุลาคม 2551 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2553

ผลและวิจารณ์

1. ผลการวิเคราะห์คุณภาพของข้าวกล้อง

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของข้าวกล้อง 5 พันธุ์ คือ พันธุ์หอมมะลิ มันปู สังกข์หยด หอมมะลิแดง และ หอมนิล

1.1 คุณภาพทางกายภาพของข้าวกล้องข้าวสาร

1.1.1 น้ำหนักเมล็ด เมื่อคัดเลือกข้าวเต็มเมล็ดแต่ละพันธุ์ พันธุ์ละ 100 เมล็ดมาชั่งน้ำหนัก ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 น้ำหนัก 100 เมล็ดของเมล็ดข้าวกล้อง 5 พันธุ์¹

พันธุ์ข้าว	น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม)
หอมมะลิ	2.08 ^c
มันปู	2.05 ^c
หอมนิล	1.95 ^b
หอมแดง	1.93 ^b
สังข์หยด	1.52 ^a

หมายเหตุ ¹ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายความว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากตารางที่ 11 พบว่าข้าวทั้ง 5 พันธุ์มีน้ำหนัก 100 เมล็ดอยู่ระหว่าง 1.52 – 2.08 กรัม โดยที่ข้าวกล้องหอมมะลิและข้าวกล้องมันปูมีน้ำหนักมากที่สุดตามลำดับ คือ 2.08 และ 2.05 กรัม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.5$) กับข้าวกล้องหอมนิล ข้าวกล้องหอมมะลิแดง และข้าวกล้องสังข์หยดโดยน้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าวกล้องหอมมะลิ ข้าวกล้องมันปู ข้าวกล้องหอมนิล และข้าวกล้องหอมมะลิแดงสอดคล้องกับน้ำหนัก 100 เมล็ดมาตรฐานข้าวไทยจำนวน 344 พันธุ์ ซึ่ง

มีน้ำหนักระหว่าง 1.62 - 4.17 กรัม ส่วนข้าวสังข์หยดจัดว่าเป็นข้าวพันธุ์ที่มีน้ำหนัก 100 เมล็ดน้อยที่สุด คือ 1.52 กรัม ต่ำกว่ามาตรฐานน้ำหนักเฉลี่ยของเมล็ดข้าวไทย 344 พันธุ์ (งามชื่น, 2536)

1.1.2 ขนาดและรูปร่างของเมล็ดข้าว

ตารางที่ 12 ขนาดและรูปร่างของเมล็ดข้าว 5 พันธุ์

พันธุ์ข้าว	ความยาว(L) (มิลลิเมตร)	ความกว้าง(W) (มิลลิเมตร)	อัตราส่วนความยาวต่อความกว้าง (L/W ratio)
มันปู	7.27 ^c	2.10 ^a	3.47 ^b
หอมมะลิแดง	7.27 ^c	2.12 ^a	3.43 ^b
หอมมะลิ	7.20 ^{bc}	2.16 ^a	3.34 ^b
หอมนิล	6.88 ^b	2.09 ^a	3.30 ^b
สังข์หยด	6.17 ^a	2.05 ^a	3.03 ^a

จากตารางที่ 12 ความยาวของข้าวทั้ง 5 พันธุ์มีค่าอยู่ระหว่าง 6.17 – 7.27 มิลลิเมตร โดยข้าวกล้องพันธุ์มันปูและหอมมะลิแดงมีความยาวเท่ากันและมีความยาวมากที่สุดเท่ากับ 7.27 มิลลิเมตร ข้าวกล้องหอมมะลิตมีความยาว 7.20 มิลลิเมตร ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับข้าวกล้องหอมนิลมีความยาว 6.88 มิลลิเมตร ข้าวกล้องสังข์หยดมีความยาวน้อยที่สุด เท่ากับ 6.17 มิลลิเมตร ด้านความกว้างข้าวทั้ง 5 พันธุ์มีความกว้างเฉลี่ย 2.05 – 2.16 มิลลิเมตร ความกว้างของเมล็ดข้าวทั้ง 5 พันธุ์ไม่แตกต่างกันทางสถิติสัดส่วนความกว้างต่อความยาว 3.03 – 3.47 เท่า โดยข้าวพันธุ์หอมมะลิ มันปู หอมมะลิแดง และหอมนิลมีสัดส่วนความยาวต่อความกว้างไม่แตกต่างกันทางสถิติแต่ข้าวกล้องพันธุ์สังข์หยดมีสัดส่วนความยาวต่อความกว้างแตกต่างกับข้าวกล้องอีก 4 พันธุ์ และมีสัดส่วนน้อยที่สุด เท่ากับ 3.03 เท่า การมีขนาดที่เล็กนี้เป็นผลให้ข้าวกล้องสังข์หยดเป็นข้าวที่มีน้ำหนักเมล็ดน้อยดังผลการวิเคราะห์น้ำหนัก 100 เมล็ด

ข้าวพันธุ์มันปู หอมมะลิแดง หอมมะลิ และหอมนิลเป็นข้าวที่มีความยาว 6.60 – 7.50 ซึ่งตามเกณฑ์ของ IRRI (1996) จัดเป็นข้าวเมล็ดยาว ส่วนข้าวพันธุ์สังข์หยด เป็นข้าวเมล็ดยาวปานกลาง และผลของอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวของข้าวทั้ง 5 พันธุ์มีค่ามากกว่า 3.00 จัดเป็นข้าวที่มีรูปร่างเรียวยาว

1.1.3 ความคงตัวของแป้งสุก

ความคงตัวของแป้งสุกตรวจสอบได้จากระยะทางที่น้ำแป้งไหล ข้าวที่มีความคงตัวของแป้งสุกมากหรืออยู่ในประเภทแป้งสุกแข็งจะมีระยะทางในการไหลของน้ำแป้งน้อย จากการนำข้าวกล้องทั้ง 5 พันธุ์มาทดสอบเพื่อหาความคงตัวของแป้งสุกจากระยะทางที่น้ำแป้งไหลได้ผลดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ค่าความคงตัวของแป้งข้าวสุก

พันธุ์ข้าว	ระยะทาง (มิลลิเมตร)	ประเภทแป้งสุก
หอมมะลิแดง	54.33 ^d	ปานกลาง
หอมนิล	52.33 ^{cd}	ปานกลาง
หอมมะลิ	49.67 ^{bc}	ปานกลาง
มันปู	46.33 ^b	ปานกลาง
สังข์หยด	25.33 ^a	แข็ง

ข้าวกล้องทั้ง 5 พันธุ์มีระยะทางที่น้ำแป้งไหลอยู่ระหว่าง 25.33 – 54.33 มิลลิเมตร โดยที่ข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิแดงมีระยะทางที่น้ำแป้งไหลเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 54.33 มิลลิเมตร รองลงมาคือข้าวกล้องหอมนิลมีระยะทางที่น้ำแป้งไหลเฉลี่ยเป็น 52.33 มิลลิเมตร โดยไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับข้าวกล้องหอมมะลิแดง รองลงมาเป็นข้าวกล้องหอมมะลิมีระยะทางที่น้ำแป้งไหลเป็น 49.67 มิลลิเมตร โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับระยะทางที่น้ำแป้งไหลของข้าวกล้องหอมนิลไหล แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับระยะทางไหลของน้ำแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดง ข้าวกล้องมันปูมีระยะทางที่น้ำแป้งไหล 46.33 มิลลิเมตร ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับระยะทางการไหลของข้าวกล้องทั้ง 4 พันธุ์ที่เหลือ ข้าวกล้องสังข์หยดมีระยะทางการไหลของน้ำแป้งต่ำที่สุดเท่ากับ 25.33 มิลลิเมตร จัดเป็นข้าวที่มีความคงตัวของแป้งสุก

ประเภทแข็ง คือ เมื่อเปรียบเทียบข้าวกล้องหุงสุกทั้ง 5 พันธุ์ ข้าวกล้องพันธุ์สังข์หยดจะมีเมล็ดข้าวที่แข็งที่สุด

1.1.4 การขยายตัวของเมล็ดข้าวสุก

การขยายตัวของเมล็ดข้าวสุกทำให้เมล็ดข้าวมีปริมาตรเพิ่มขึ้น จึงทำให้เนื้อข้าวโป่งไม่อัดแน่น ข้าวที่มีอัตราการขยายตัวของเมล็ดสูงจัดเป็นข้าวที่หุงขึ้นหม้อกว่าข้าวที่มีการขยายตัวของเมล็ดต่ำ (งามชื่น, 2536) ข้าวกล้องทั้ง 5 พันธุ์มีอัตราการขยายตัวเฉลี่ยระหว่าง 2.05-2.32 เท่าของขนาดเมล็ดดิบซึ่งอัตราการขยายตัวดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และข้าวพันธุ์สังข์หยดเป็นข้าวที่มีอัตราการขยายตัวของเมล็ดข้าวมากที่สุด เท่ากับ 2.32 เท่า (ตารางที่ 14) ข้าวสังข์หยดจึงเป็นข้าวที่หุงขึ้นหม้อที่สุด

ตารางที่ 14 ค่าการขยายตัวของเมล็ดข้าวสุก

พันธุ์ข้าว	อัตราการขยายตัวของเมล็ดข้าว
สังข์หยด	2.32 ^a
มันปู	2.22 ^a
หอมนิล	2.14 ^a
หอมมะลิ	2.09 ^a
หอมมะลิแดง	2.05 ^a

1.2 คุณภาพทางเคมีของข้าวกล้องข้าวสาร

1.2.1 ปริมาณอไมโลส

จากการศึกษาข้อมูลการวิจัยพบว่าปริมาณอไมโลสมีความสัมพันธ์ในทางตรงกันข้ามกับความเหนียวของข้าว คือ ข้าวที่มีปริมาณอไมโลสสูงจะมีความเหนียวต่ำ ส่วนข้าวที่มีอไมโลสต่ำจะมีความเหนียวสูง ปริมาณอไมโลสมาตรฐานข้าวหอมมะลิไทยจะอยู่ระหว่าง 13.0-18.0% ที่ระดับความชื้น 14% ซึ่งจัดอยู่ในประเภทข้าวที่มีอไมโลสต่ำ เมล็ดเหนียวนุ่มขยายปริมาณได้น้อย (งามชื่น, 2547) การวิเคราะห์ปริมาณอไมโลสของข้าวทั้ง 5 พันธุ์ พบว่า ข้าวกล้องพันธุ์สังข์หยดและมันปูมีอไมโลสมากที่สุดเท่ากับ 13.67 % ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับข้าวกล้อง

พันธุ์หอมมะลิแดง หอมนิล หอมมะลิ ข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิแดงมือไมโลสในระดับรองลงมาเท่ากับ 11.67% ปริมาณไมโลสของข้าวกล้องหอมมะลิแดงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับข้าวกล้องหอมนิลซึ่งมือไมโลส 9.67% ข้าวกล้องหอมมะลิมือไมโลสน้อยที่สุด 8.33% แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับข้าวกล้องอีก 4 พันธุ์ (ตารางที่ 15) ซึ่งไม่สอดคล้องกับข้อมูลของกรมการข้าวที่ว่าข้าวกล้องหอมมะลิมือไมโลสเฉลี่ย 12-17% และข้าวหอมมะลิแดงมีปริมาณไมโลส 16.9% ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษาคข้าวกล้องซึ่งเป็นผลให้คุณสมบัติทางเคมีแตกต่างไปจากคุณสมบัติของข้าวที่ผ่านการขัดสีแล้ว ซึ่งจากผลการวิจัยครั้งนี้สามารถจัดลำดับความเหนียวของข้าวพันธุ์ที่ทำการศึกษากจากปริมาณไมโลสได้ข้าวกล้องพันธุ์ที่มีความเหนียวมากที่สุดจนถึงข้าวกล้องพันธุ์ที่มีความเหนียวน้อยที่สุดตามลำดับ คือ หอมมะลิ หอมนิล หอมมะลิแดง มันปู และสังข์หยด

ตารางที่ 15 ปริมาณไมโลสของข้าว 5 พันธุ์

พันธุ์ข้าว	ปริมาณไมโลส(ร้อยละ)
สังข์หยด	13.67 ^d
มันปู	13.67 ^d
หอมมะลิแดง	11.67 ^c
หอมนิล	9.67 ^b
หอมมะลิ	8.33 ^a

1.2.2 คุณค่าทางโภชนาการ

ข้าวกล้องข้าวสาร 5 พันธุ์ คือ ข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิ พันธุ์มันปู พันธุ์สังข์หยด พันธุ์หอมมะลิแดง และพันธุ์หอมนิล มีพลังงานรวมระหว่าง 360.29-367.61 กิโลแคลอรี ความชื้น 9.12-9.74% คาร์โบไฮเดรต 75.61-77.32% โปรตีน 7.47-8.47% ไขมัน 2.24-3.57% โยอาหาร 1.16-1.71% เถ้า 1.22-1.74% วิตามินบี 1 0.21-0.35 มิลลิกรัม/ 100 กรัม ไนอะซิน 4.96-6.35 มิลลิกรัม/ 100 กรัม แคลเซียม 7.34-11.27 มิลลิกรัม/ 100 กรัม และเหล็ก 0.81-1.49มิลลิกรัม / 100 กรัม เมื่อนำมาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณพลังงานและสารอาหารต่างๆ ของข้าวแต่ละพันธุ์ พบว่าข้าวทั้ง 5 พันธุ์มีปริมาณพลังงาน ความชื้น คาร์โบไฮเดรต และเถ้าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนปริมาณโปรตีน ไขมัน โยอาหาร วิตามินบี 1 ไนอะซิน แคลเซียม และเหล็กมีปริมาณแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้อง 5 พันธุ์

พันธุ์ข้าว	พลังงาน (กิโลแคลอรี)	ความชื้น (%)	คาร์โบไฮเดรต (%)	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	ใยอาหาร (%)	เถ้า (%)	วิตามินบี 1 (มก./100ก.)			
								ไนอะซิน	แคลเซียม	เหล็ก	
มันปู	361.17 ^a	9.58 ^a	77.32 ^a	7.92 ^b	2.24 ^a	1.71 ^b	1.22 ^a	0.21 ^a	5.93 ^{ab}	7.34 ^a	0.81 ^a
สังข์หยด	361.34 ^a	9.74 ^a	76.69 ^a	8.47 ^d	2.30 ^a	1.16 ^a	1.64 ^a	0.23 ^b	4.96 ^a	8.85 ^a	0.94 ^a
หอมนิล	366.43 ^a	9.12 ^a	76.73 ^a	7.52 ^a	3.27 ^b	1.65 ^b	1.70 ^a	0.35 ^d	6.35 ^b	11.27 ^b	1.49 ^b
หอมมะลิ	360.29 ^a	9.57 ^a	77.18 ^a	7.47 ^a	2.41 ^a	1.63 ^b	1.74 ^a	0.32 ^c	5.97 ^{ab}	7.61 ^a	1.03 ^a
หอมมะลิแดง	367.61 ^a	9.21 ^a	75.61 ^a	8.26 ^c	3.57 ^b	1.64 ^b	1.70 ^a	0.21 ^a	5.70 ^{ab}	8.02 ^a	0.96 ^a

โปรตีน ไขมัน และใยอาหาร โปรตีนมีมากที่สุดในข้าวกล้องสังข์หยด มีปริมาณ 8.47% ข้าวกล้องหอมมะลิแดงมีโปรตีนในระดับรองลงมาเป็น 8.26% ข้าวกล้องมันปู 7.92% ข้าวกล้องที่มีโปรตีนจัดอยู่ในระดับน้อยที่สุด คือ ข้าวกล้องหอมนิล และข้าวกล้องหอมมะลิ มีปริมาณเท่ากับ 7.52% และ 7.47% ไขมันพบมากที่สุดในข้าวหอมมะลิแดง และข้าวหอมนิล มีปริมาณ 3.57% และ 3.27% ส่วนข้าวกล้องหอมมะลิ สังข์หยด และมันปูมีปริมาณไขมันใกล้เคียงกัน เท่ากับ 2.41%, 2.30% และ 2.24% ตามลำดับ ใยอาหารในข้าวกล้องมันปู หอมนิล หอมมะลิแดง และหอมมะลิ มีปริมาณใกล้เคียงกัน เท่ากับ 1.71%, 1.65%, 1.64% และ 1.63%ตามลำดับ ข้าวกล้องสังข์หยดมีใยอาหารน้อยที่สุด มีปริมาณเท่ากับ 1.16%

วิตามินและเกลือแร่ เมื่อเปรียบเทียบที่ปริมาณข้าวกล้อง 100 กรัม วิตามินบี 1 พบมากที่สุดในข้าวกล้องหอมนิล เท่ากับ 0.35 มิลลิกรัม ข้าวกล้องหอมมะลิ 0.32 มิลลิกรัม ข้าวกล้องสังข์หยด 0.23 มิลลิกรัม ข้าวกล้องมันปูและข้าวกล้องหอมมะลิแดงมีวิตามินบี 1 น้อยที่สุดและมีปริมาณเท่ากับ 0.21 มิลลิกรัม ไนอะซินพบมากที่สุดในข้าวกล้องหอมนิล ข้าวกล้องหอมมะลิ ข้าวกล้องมันปู และข้าวกล้องหอมมะลิแดงมีปริมาณไนอะซินใกล้เคียงกัน เท่ากับ 5.97, 5.93 และ 5.70 มิลลิกรัม ตามลำดับ ข้าวกล้องสังข์หยดมีไนอะซินน้อยที่สุดเท่ากับ 4.96 มิลลิกรัม แคลเซียมพบมากที่สุดในการข้าวกล้องหอมนิล ปริมาณเท่ากับ 11.27 มิลลิกรัม ส่วนข้าวกล้องสังข์หยด ข้าวกล้องหอมมะลิแดง ข้าวกล้องหอมมะลิ และข้าวกล้องมันปู มีแคลเซียมปริมาณใกล้เคียงกัน เท่ากับ 8.85, 8.02, 7.61 และ 7.34 มิลลิกรัม ตามลำดับ ธาตุเหล็กพบมากที่สุดในข้าวกล้องหอมนิล มีปริมาณเท่ากับ 1.49 มิลลิกรัม ในข้าวกล้องหอมมะลิ ข้าวกล้องหอมมะลิแดง ข้าวกล้องสังข์หยด และข้าวกล้องมันปูมีธาตุเหล็กปริมาณใกล้เคียงกัน เท่ากับ 1.03, 0.96, 0.94 และ 0.81 ตามลำดับ

คุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องหอมมะลิ ข้าวกล้องหอมมะลิออก และข้าวกล้องหอมมะลิออกที่ยังไม่ผ่านการหุงสุกพบว่า ข้าวทั้ง 3 ประเภทมีความชื้นอยู่ระหว่าง 9.57-30.84% คาร์โบไฮเดรต 56.20-78.07% โปรตีน 7.47-7.91% ไขมัน 2.00-2.41% ใยอาหาร 0.76-1.65% เถ้า 1.61-2.86% วิตามินบี 1 0.21-0.30 มิลลิกรัม/100กรัม วิตามินบี 2 0.04-0.07 มิลลิกรัม/100 กรัม ไนอะซิน 3.73-4.74 มิลลิกรัม/ 100กรัม เหล็ก 0.57-1.72 มิลลิกรัม/ 100 กรัม และกาบา 2.15-47.72 มิลลิกรัม/ 100 กรัม เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยปริมาณสารอาหารต่างๆ ของข้าวแต่ละพันธุ์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่ามีปริมาณความชื้น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน ใยอาหาร เถ้า วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 ไนอะซิน เหล็ก และกาบามีปริมาณแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องหอมมะลิ ข้าวกล้องหอมมะลิลอก ข้าวกล้องหอมมะลิลอกและผ่านการอบ

ข้าว	พลังงาน (กิโลแคลอรี)	ความชื้น (%)	คาร์โบไฮเดรต (%)	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	ใยอาหาร (%)	เถ้า (%)	ปี 1	ปี 2	ไนอะซิน (มก./100ก.)	เหล็ก	กาบา
หอมมะลิ	363.81 ^c	9.57 ^a	78.07 ^c	7.47 ^a	2.41 ^b	0.76 ^a	1.74 ^a	0.30 ^c	0.04 ^a	3.73 ^a	1.17 ^b	2.15 ^a
หอมมะลิลอก	275.38 ^a	30.84 ^c	56.20 ^a	7.91 ^c	2.10 ^a	1.33 ^b	1.61 ^a	0.21 ^a	0.07 ^c	4.21 ^b	0.57 ^a	47.72 ^c
หอมมะลิลอกอบ	310.83 ^b	20.28 ^b	65.39 ^b	7.81 ^b	2.00 ^a	1.65 ^b	2.86 ^b	0.26 ^b	0.06 ^b	4.74 ^c	1.72 ^c	22.35 ^b

ข้าวกล้องหอมมะลิทั้ง 3 ประเภท คือข้าวกล้องหอมมะลิ ข้าวกล้องหอมมะลิงอก และข้าวกล้องหอมมะลิงอกที่ผ่านการอบมีปริมาณพลังงานและคุณค่าทางโภชนาการต่างๆ คือ ความชื้น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน โยอาหาร เถ้า วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 ไนอะซิน เหล็ก กาบาในปริมาณแตกต่างกัน

พลังงาน ความชื้น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน โยอาหาร เถ้า พลังงานในข้าวกล้องทั้ง 3 ประเภทแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ข้าวกล้องหอมมะลิข้าวสารมีพลังงานมากที่สุด เท่ากับ 363.81 กิโลแคลอรี ข้าวกล้องหอมมะลิงอกที่ผ่านการอบมีพลังงานรวมในระดับรองลงมาเท่ากับ 310.83 กิโลแคลอรี ข้าวกล้องหอมมะลิงอกมีพลังงานน้อยที่สุดเท่ากับ 275.38 กิโลแคลอรี ปริมาณคาร์โบไฮเดรตของข้าวกล้องทั้ง 3 ประเภทแตกต่างกันทางสถิติ ข้าวกล้องหอมมะลิมีคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุดถึง 78.07% ข้าวกล้องหอมมะลิงอกอบมีคาร์โบไฮเดรตในปริมาณรองลงมาเท่ากับ 65.39% ข้าวกล้องหอมมะลิงอกมีคาร์โบไฮเดรตน้อยที่สุดเท่ากับ 56.20% ปริมาณโปรตีนในข้าวกล้องทั้ง 3 ประเภทแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ข้าวกล้องหอมมะลิมีโปรตีนในปริมาณสูงที่สุดเท่ากับ 7.91% ข้าวกล้องหอมมะลิงอกอบมีโปรตีนปริมาณรองลงมาเท่ากับ 7.81% ข้าวกล้องหอมมะลิมีโปรตีนน้อยที่สุดเท่ากับ 7.47% ปริมาณไขมันในข้าวกล้อง 3 ประเภทแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติข้าวกล้องหอมมะลิมีไขมันมากที่สุดเท่ากับ 2.41% มากกว่าข้าวกล้องหอมมะลิงอกและข้าวกล้องหอมมะลิงอกอบซึ่งมีไขมันปริมาณไม่แตกต่างกันทางสถิติ เท่ากับ 2.10% และ 2.00% โยอาหารในข้าว 3 ประเภทแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ข้าวกล้องหอมมะลิงอกอบและข้าวกล้องหอมมะลิงอกมีปริมาณโยอาหารไม่แตกต่างกันทางสถิติเท่ากับ 1.65% และ 1.33% แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปริมาณโยอาหารในข้าวกล้องหอมมะลิซึ่งมีปริมาณโยอาหารเท่ากับ 0.76%

วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 ไนอะซิน เหล็ก กาบา เมื่อเปรียบเทียบโดยใช้ข้าว 100 กรัม วิตามินบี 1 ในข้าวทั้ง 3 ประเภทมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาณวิตามิน บี 1 มีมากที่สุดในการอบมีปริมาณเท่ากับ 0.30 มิลลิกรัม ข้าวกล้องหอมมะลิงอกอบมีปริมาณวิตามินบี 1 รองลงมาเท่ากับ 0.26 มิลลิกรัม ข้าวกล้องหอมมะลิงอกมีปริมาณวิตามินบี 1 น้อยที่สุดเท่ากับ 0.21 มิลลิกรัม ปริมาณวิตามินบี 2 ในข้าวทั้ง 3 ประเภทแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ข้าวกล้องหอมมะลิงอกมีวิตามินบี 2 มากที่สุดเท่ากับ 0.07 มิลลิกรัม ข้าวกล้องหอมมะลิงอกอบมีวิตามินบี 2 รองลงมาเท่ากับ 0.06 มิลลิกรัม ข้าวกล้องหอมมะลิมีวิตามินบี 2 ปริมาณน้อยที่สุดเท่ากับ 0.04 มิลลิกรัม ปริมาณไนอะซินในข้าวทั้ง 3 ประเภท แตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ข้าวกล้องหอมมะลิงอกอบมีปริมาณไนอะซินมากที่สุดเท่ากับ 4.74 มิลลิกรัม ข้าวกล้องหอมมะลิงอกมีไนอะซินในปริมาณรองลงมาเท่ากับ 4.21 มิลลิกรัม ข้าวกล้องหอมมะลิมีไนอะซินในปริมาณน้อยที่สุดเท่ากับ 3.73 มิลลิกรัม ธาตุเหล็กในข้าวทั้ง 3 พันธุ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ข้าวกล้องหอมมะลิงอกอบมีธาตุเหล็กมากที่สุดเท่ากับ 1.72 มิลลิกรัม ข้าวกล้องหอมมะลิมีธาตุเหล็กในปริมาณรองลงมาเท่ากับ 1.17 มิลลิกรัม ข้าวกล้องหอมมะลิงอกมีธาตุเหล็กน้อยที่สุดเท่ากับ 0.57 มิลลิกรัม ปริมาณกาบาในข้าวกล้องทั้ง 3 ประเภทแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ข้าวกล้องหอมมะลิงอกมีปริมาณกาบามากที่สุดเท่ากับ 47.72 มิลลิกรัม ข้าวกล้องหอมมะลิงอกอบมีปริมาณกาบรองลงมาเท่ากับ 22.35 มิลลิกรัม ข้าวกล้องหอมมะลิมีกาบปริมาณน้อยที่สุดเท่ากับ 2.15 มิลลิกรัม

2. ปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการหุงข้าวกล้อง

2.1 ข้าวกล้องมันปู

เมื่อหุงข้าวกล้องมันปูด้วยน้ำปริมาณต่างๆ กัน คือข้าว 1 ส่วน ต่อน้ำ 1.7, 2 และ 2.2 ส่วน โดยน้ำหนัก ได้ข้าวกล้องมันปูหุงสุกที่มีสีแดงเข้ม มีกลิ่นหอม และมีรสหวานเล็กน้อย ข้าวกล้องมันปูที่หุงด้วยน้ำ 1.7 ส่วน เมื่อเคี้ยวจะให้ความรู้สึกกรุบ เนื้อเมล็ดแข็ง มีความนุ่มและการเกาะตัวของเมล็ดน้อยที่สุด ข้าวกล้องมันปูที่หุงสุกด้วยน้ำ 2 ส่วน เมล็ดแข็งน้อย มีความนุ่มและการเกาะตัวของเมล็ดมากกว่าข้าวกล้องมันปูที่หุงด้วยน้ำ 1.7 ส่วน ส่วนข้าวกล้องมันปูที่หุงด้วยน้ำ 2.2 ส่วน มีความแข็งของเมล็ดขณะเคี้ยวน้อยที่สุด มีความนุ่มและการเกาะตัวมากที่สุด (ภาพที่ 14)



1:1.7

1:2

1:2.2

ภาพที่ 13 ลักษณะเมล็ดข้าวกล้องพันธุ์มันปูหุงสุกด้วยอัตราส่วนข้าวต่อน้ำระดับต่างๆ

คะแนนความชอบจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องพันธุ์มันปูที่หุงสุกด้วยปริมาณน้ำต่างกัน 3 ระดับ คือ อัตราส่วนข้าวต่อน้ำเป็น 1:1.7, 1:2 และ 1:2.2 โดยน้ำหนัก เมื่อเปรียบเทียบคะแนนความแตกต่างของคะแนนความชอบในด้านต่างๆ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยวิธี Friedman's Test และ Wilcoxon Matched-pairs Test พบว่าคะแนนความชอบในด้านสี กลิ่น หอม กลิ่นอับ และรสหวานมีคะแนนความชอบไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนด้านความนุ่ม การเกาะตัวและความชอบรวมมีคะแนนความชอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ด้านความนุ่มข้าวกล้องพันธุ์มันปูที่หุงด้วยน้ำ 1.7 ส่วน น้ำ 2 ส่วน และน้ำ 2.2 ส่วน และข้าวกล้องที่หุงด้วย 1.7 ส่วน กับ 2.2 ส่วน ได้รับคะแนนความชอบด้านความนุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ข้าวกล้องหุงสุกพันธุ์มันปูที่ได้คะแนนความชอบมากที่สุด คือ ข้าวกล้องพันธุ์มันปูที่หุงด้วยน้ำ 2.2 ส่วน โดยได้ 7.63 คะแนน ข้าวกล้องที่หุงด้วยน้ำ 2 ส่วน ได้คะแนนรองลงมาเท่ากับ 6.17 คะแนน และข้าวที่หุงด้วยน้ำ 1.7 ส่วน ได้ 4.73 คะแนน

ด้านการเกาะตัวข้าวกล้องพันธุ์มันปูที่หุงด้วยน้ำ 1.7 ส่วน ได้รับคะแนนความชอบด้านการเกาะตัวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับข้าวที่หุงด้วยน้ำ 2 ส่วน และ 2.2 ส่วน ส่วนข้าวกล้องที่หุงด้วยน้ำ 2 ส่วน กับ 2.2 ส่วน ได้รับคะแนนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ข้าวกล้องหุงสุกพันธุ์มันปูที่ได้คะแนนความชอบมากที่สุด คือ ข้าวกล้องพันธุ์มันปูที่หุงด้วยน้ำ 2.2 ส่วน โดยได้ 6.83 คะแนน ข้าวกล้องที่หุงด้วยน้ำ 2 ส่วน ได้คะแนนรองลงมาเท่ากับ 6.70 คะแนน และข้าวที่หุงด้วยน้ำ 1.7 ส่วน ได้ 5.77 คะแนน

ด้านความชอบรวมข้าวกล้องพันธุ์มันปูที่หุงด้วยน้ำ 1.7 ส่วน ได้รับคะแนนความชอบรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับข้าวที่หุงด้วยน้ำ 2 ส่วน และ 2.2 ส่วน ส่วนข้าวกล้องที่หุงด้วยน้ำ 2 ส่วน กับ 2.2 ส่วน ได้รับคะแนนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ข้าวกล้องหุงสุกพันธุ์มันปูที่ได้รับคะแนนความชอบรวมมากที่สุด คือ ข้าวกล้องที่หุงด้วยน้ำ 2.2 ส่วน โดยได้ 7.23 คะแนน ข้าวกล้องที่หุงด้วยน้ำ 2 ส่วน ได้คะแนนรองลงมาเท่ากับ 6.93 คะแนน และข้าวที่หุงด้วยน้ำ 1.7 ส่วน ได้ 5.70 คะแนน (ตารางที่ 18)

ตารางที่ 18 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องมันปูหุงสุกด้วยอัตราส่วนของข้าวต่อน้ำที่แตกต่างกัน¹

อัตราส่วน ข้าวต่อน้ำ	สี	กลิ่น หอม	กลิ่นอับ	รสหวาน	ความนุ่ม	การเกาะตัวของเมล็ด	ความชอบ รวม
1 : 1.7	6.47 ^a	6.10 ^a	5.07 ^a	5.80 ^a	4.73 ^a	5.77 ^a	5.70 ^a
1 : 2	6.03 ^a	5.73 ^a	4.83 ^a	6.07 ^a	6.17 ^b	6.70 ^b	6.93 ^b
1 : 2.2	6.27 ^a	6.30 ^a	5.30 ^a	5.93 ^a	7.63 ^c	6.83 ^b	7.23 ^b

หมายเหตุ ¹ ตัวอักษรเดียวกันตามแนวตั้งหมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2.2 ข้าวกล้องสังข์หยด

เมื่อหุงข้าวกล้องสังข์หยดด้วยน้ำปริมาณต่างๆ กัน คือข้าว 1 ส่วน ต่อน้ำ 1.7, 2 และ 2.2 ส่วนโดยน้ำหนัก ได้ข้าวกล้องสังข์หยดหุงสุกที่มีสีแดง มีกลิ่นไม่เป็นที่ชื่นชอบของผู้ทดสอบ มีกลิ่นอับ เมล็ดข้าวแข็ง ข้าวกล้องสังข์หยดที่หุงด้วยน้ำ 1.7 ส่วน มีการเกาะตัวของเมล็ดน้อยที่สุด เมื่อเคี้ยวให้ความรู้สึกแข็งและแห้งกว่าข้าวที่หุงด้วยปริมาณน้ำอื่น ข้าวกล้องสังข์หยดที่หุงสุกด้วยน้ำ 2 ส่วนเมื่อเคี้ยวให้ความรู้สึกเหนียว เมล็ดข้าวแข็งน้อยกว่าข้าวที่หุงสุกด้วยน้ำ 1.7 ส่วน ข้าวกล้องสังข์หยดที่หุงด้วยน้ำ 2.2 ส่วน มีการเกาะตัวมากที่สุด เมื่อเคี้ยวให้ความรู้สึกนุ่ม ลักษณะข้าวหุงสุกไม่เป็นเมล็ด (ภาพที่ 15)



1:1.7

1:2

1:2.2

ภาพที่ 14 ลักษณะเมล็ดข้าวพันธุ์สังข์หยดหุงสุกด้วยอัตราส่วนข้าวต่อน้ำระดับต่างๆ

คะแนนความชอบจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องพันธุ์สังข์หยดที่หุงสุกด้วยปริมาณน้ำต่างกัน 3 ระดับ คือ อัตราส่วนข้าวต่อน้ำเป็น 1:1.7, 1:2 และ 1:2.2 โดยน้ำหนัก เมื่อเปรียบเทียบคะแนนความแตกต่างของคะแนนความชอบในด้านต่างๆ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่าคะแนนความชอบในด้านสี กลิ่นหอม กลิ่นอับ รสหวาน และการเกาะตัวของเมล็ด ความชอบไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนด้านความนุ่ม การเกาะตัวและความชอบรวมมีคะแนนความชอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ในด้านความนุ่มข้าวกล้องพันธุ์สังข์หยดที่หุงด้วยน้ำ 1.7 ส่วน ไม่แตกต่างทางสถิติกับข้าวที่หุงด้วยน้ำ 2 ส่วน แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับข้าวที่หุงด้วยน้ำ 2.2 ส่วน ข้าวหุงสุกพันธุ์สังข์หยดที่ได้คะแนนความชอบมากที่สุด คือ ข้าวกล้องสังข์หยดที่หุงด้วยน้ำ 2.2 ส่วน โดยได้ 6.80 คะแนน ข้าวกล้องที่หุงด้วยน้ำ 2 ส่วน ได้คะแนนรองลงมาเท่ากับ 6.20 คะแนน และข้าวที่หุงด้วยน้ำ 1.7 ส่วน ได้ 5.40 คะแนน

ด้านความชอบรวมข้าวกล้องพันธุ์สังข์หยดที่หุงด้วยน้ำ 1.7 ส่วน กับ 2 ส่วน และข้าวที่หุงด้วยน้ำ 2 ส่วน กับ 2.2 ส่วน ได้รับคะแนนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนข้าวกล้องที่หุงด้วยน้ำ 1.7 ส่วน กับ 2.2 ส่วน ได้รับคะแนนความชอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ข้าวกล้องหุงสุกพันธุ์สังข์หยดที่ได้คะแนนความชอบมากที่สุด คือ ข้าวกล้องสังข์หยดที่หุงด้วยน้ำ 2.2 ส่วน โดยได้ 7.20 คะแนน ข้าวกล้องที่หุงด้วยน้ำ 2 ส่วน ได้คะแนนรองลงมาเท่ากับ 6.70 คะแนน และข้าวที่หุงด้วยน้ำ 1.7 ส่วน ได้ 6.20 คะแนน (ตารางที่ 19)

ตารางที่ 19 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องสังข์หยดหุงสุกด้วยอัตราส่วนของข้าวต่อน้ำที่แตกต่างกัน¹

อัตราส่วนข้าวต่อน้ำ	สี	กลิ่นหอม	กลิ่นอับ	รสหวาน	ความนุ่ม	การเกาะตัวของเมล็ด	ความชอบรวม
1 : 1.7	6.50 ^a	6.30 ^a	5.60 ^a	6.10 ^a	5.40 ^a	5.90 ^a	6.20 ^a
1 : 2	6.70 ^a	6.50 ^a	5.60 ^a	6.10 ^a	6.20 ^{ab}	6.30 ^a	6.70 ^{ab}
1 : 2.2	6.80 ^a	6.70 ^a	5.70 ^a	6.50 ^a	6.80 ^b	6.80 ^a	7.20 ^b

หมายเหตุ ¹ ตัวอักษรเดียวกันตามแนวตั้งหมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.1 ข้าวกล้องหอมนิล

เมื่อหุงข้าวกล้องหอมนิลด้วยน้ำปริมาณต่างๆ กัน คือ ข้าว 1 ส่วน ต่อน้ำ 1.7, 2 และ 2.2 ส่วน โดยน้ำหนัก ได้ข้าวกล้องหอมนิลหุงสุกที่มีสีดำ มีกลิ่นหอมข้าวกล้องหอมนิลหุงสุกด้วยน้ำ 1.7 ส่วน เมื่อเคี้ยวให้ความรู้สึกกรุบด้านนอกและเหนียวด้านในเมล็ด ข้าวกล้องที่หุงสุกด้วยน้ำ 2 ส่วนจะให้เมล็ดข้าวสุกที่มีความนุ่มมากขึ้น ข้าวกล้องหอมนิลที่หุงด้วยน้ำ 2.2 ส่วน เมื่อเคี้ยวให้ความรู้สึกกรุบเล็กน้อยของเยื่อหุ้มเมล็ดส่วนด้านในเมล็ดนุ่มมากที่สุด (ภาพที่ 16)



ภาพที่ 15 ลักษณะเมล็ดข้าวกล้องพันธุ์หอมนิลหุงสุกด้วยอัตราส่วนข้าวต่อน้ำระดับต่างๆ

คะแนนความชอบจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องพันธุ์หอมนิลที่หุงสุกด้วยปริมาณน้ำต่างกัน 3 ระดับ คือ อัตราส่วนข้าวต่อน้ำเป็น 1:1.7, 1:2 และ 1:2.2 โดยน้ำหนัก เมื่อเปรียบเทียบคะแนนความแตกต่างของคะแนนความชอบในด้านต่างๆ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่าคะแนนความชอบในด้านสี กลิ่นหอม กลิ่นอับ รสหวาน และความชอบรวมไม่แตกต่างกัน ทางสถิติส่วนด้านความนุ่ม และการเกาะตัวมีคะแนนความชอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ในด้านความนุ่มข้าวกล้องหอมนิลที่หุงด้วยน้ำ 2 ส่วน กับ 2.2 ส่วน ได้รับคะแนนความชอบไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับข้าวกล้องที่หุงด้วยน้ำ 1.7 ส่วน ข้าวกล้องหุงสุกพันธุ์หอมนิลที่ได้คะแนนความชอบมากที่สุด คือ ข้าวกล้องหอมนิลที่หุงด้วยน้ำ 2.2 ส่วน โดยได้ 7.40 คะแนน ข้าวกล้องที่หุงด้วยน้ำ 2 ส่วน ได้คะแนนรองลงมาเท่ากับ 7.10 คะแนน และข้าวที่หุงด้วยน้ำ 1.7 ส่วน ได้ 6.20 คะแนน

ด้านการเกาะตัว ข้าวกล้องหอมนิลที่หุงด้วยน้ำ 1.7 ส่วน กับ 2 ส่วน และ ข้าวที่หุงด้วยน้ำ 2 ส่วน กับ 2.2 ส่วน ได้รับคะแนนความชอบไม่แตกต่างกันทางสถิติส่วนข้าวกล้องที่หุงด้วยน้ำ 1.7 ส่วน กับ 2.2 ส่วน ได้รับคะแนนความชอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ข้าวกล้องหุงสุกพันธุ์หอมนิลที่ได้คะแนนความชอบมากที่สุด คือ ข้าวกล้องหอมนิลที่หุงด้วยน้ำ 1.7 ส่วน โดยได้ 7.30 คะแนน ข้าวกล้องที่หุงด้วยน้ำ 2 ส่วน ได้คะแนนรองลงมาเท่ากับ 7.10 คะแนน และข้าวที่หุงด้วยน้ำ 2.2 ส่วน ได้ 6.70 คะแนน (ตารางที่ 20)

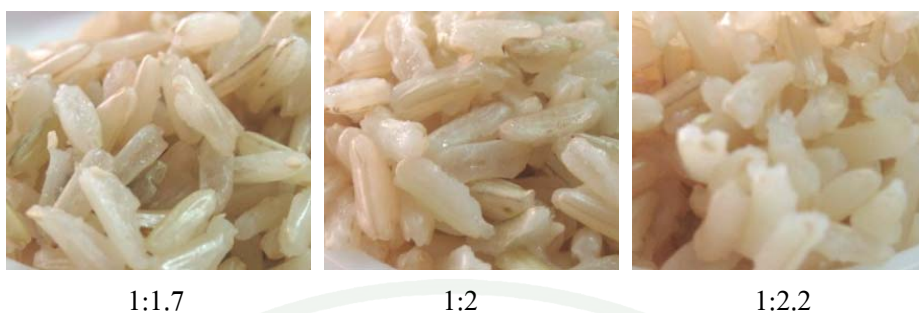
ตารางที่ 20 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องหอมนิลหุงสุกด้วยอัตราส่วนของข้าวต่อน้ำที่แตกต่างกัน¹

อัตราส่วน ข้าวต่อน้ำ	สี	กลิ่นหอม	กลิ่นอับ	รสหวาน	ความนุ่ม	การเกาะตัว ของเมล็ด	ความชอบ รวม
1 : 1.7	7.20 ^a	7.40 ^a	6.90 ^a	6.80 ^a	6.20 ^a	7.30 ^b	7.20 ^a
1 : 2	7.60 ^a	7.40 ^a	6.90 ^a	7.10 ^a	7.10 ^b	7.10 ^{ab}	7.70 ^a
1 : 2.2	7.20 ^a	7.10 ^a	6.90 ^a	7.10 ^a	7.40 ^b	6.70 ^a	7.40 ^a

หมายเหตุ ¹ ตัวอักษรเดียวกันตามแนวตั้งหมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.2 ข้าวกล้องหอมมะลิ

เมื่อหุงข้าวกล้องหอมมะลิด้วยน้ำปริมาณต่างๆ กัน คือข้าว 1 ส่วน ต่อน้ำ 1.7, 2 และ 2.2 ส่วนโดยน้ำหนัก ได้ข้าวกล้องหอมมะลิหุงสุกที่มีสีข้าวอมน้ำตาลอ่อน กลิ่นหอม และมีรสหวานเล็กน้อย ข้าวกล้องที่หุงสุกด้วยน้ำ 1.7 ส่วน ให้ข้าวสุกที่ยังคงลักษณะเมล็ด เมื่อเคี้ยวให้ความรู้สึกแข็ง ข้าวกล้องหอมมะลิที่หุงสุกด้วยน้ำ 2 ส่วน เมื่อเคี้ยวให้ความรู้สึกนุ่มด้านในและกรุบด้านนอกเมล็ด ข้าวกล้องหอมมะลิหุงสุกด้วยน้ำ 2.2 ส่วน ให้เมล็ดข้าวสุกที่มีการขยายปริมาตรมากที่สุด เมื่อเคี้ยวให้ความรู้สึกนุ่มมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวกล้องหอมมะลิที่หุงสุกด้วยน้ำปริมาณต่างๆ (ภาพที่ 17)



ภาพที่ 16 ลักษณะเมล็ดข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิหุงสุกด้วยอัตราส่วนข้าวต่อน้ำระดับต่างๆ

คะแนนความชอบจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิที่หุงสุกด้วยปริมาณน้ำต่างกัน 3 ระดับ คือ อัตราส่วนข้าวต่อน้ำเป็น 1:1.7, 1:2 และ 1:2.2 โดยน้ำหนัก เมื่อเปรียบเทียบคะแนนความแตกต่างของคะแนนความชอบในด้านต่างๆ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่าคะแนนความชอบในด้านกลิ่นหอม กลิ่นอับ และการเกาะตัวมีคะแนนความชอบไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนด้านสี รสหวาน ความนุ่ม และความชอบรวมมีคะแนนความชอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนี้

ในด้านสีข้าวกล้องหุงสุกพันธุ์หอมมะลิข้าวที่หุงด้วยน้ำ 1.7 ส่วน กับ 2 ส่วน และข้าวที่หุงด้วยน้ำ 2 ส่วน กับ 2.2 ส่วน ได้รับคะแนนความชอบไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนข้าวที่หุงด้วยน้ำ 1.7 ส่วน กับ 2.2 ส่วน ได้รับคะแนนความชอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สีได้คะแนนความชอบมากที่สุด คือ ข้าวกล้องที่หุงด้วยน้ำ 2.2 ส่วน 7.60 คะแนน ข้าวกล้องที่หุงด้วยน้ำ 2 ส่วน ได้คะแนนรองลงมาเท่ากับ 7.40 คะแนน และข้าวที่หุงด้วยน้ำ 1.7 ส่วน ได้ 6.50 คะแนน

ด้านรสหวานข้าวกล้องหอมมะลิข้าวที่หุงด้วยน้ำ 1.7 ส่วน กับ 2 ส่วน และข้าวที่หุงด้วยน้ำ 2 ส่วน กับ 2.2 ส่วน ได้รับคะแนนความชอบไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนข้าวที่หุงด้วยน้ำ 1.7 ส่วน กับ 2.2 ส่วน ได้รับคะแนนความชอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ข้าวกล้องหุงสุกพันธุ์หอมมะลิที่ได้คะแนนความชอบมากที่สุด คือ ข้าวกล้องที่หุงด้วยน้ำ 2.2 ส่วน ได้ 7.20 คะแนน ข้าวกล้องที่หุงด้วยน้ำ 2 ส่วน ได้คะแนนรองลงมา คือ 6.90 คะแนน และข้าวที่หุงด้วยน้ำ 1.7 ส่วน 6.60 คะแนน

ด้านความนุ่มข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิที่หุงด้วยน้ำ 1.7 ส่วน กับ 2 ส่วน และ 1.7 ส่วน กับ 2.2 ส่วน ได้รับคะแนนความชอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนข้าวที่หุงด้วยน้ำ 2 ส่วน กับ 2.2 ส่วน ไม่แตกต่างกันทางสถิติข้าวกล้องหอมมะลิหุงสุกที่ได้คะแนนความชอบด้านความนุ่มมากที่สุด คือ ข้าวกล้องหอมมะลิที่หุงด้วยน้ำ 2.2 ส่วน โดยได้ 7.40 คะแนน ข้าวกล้องที่หุงด้วยน้ำ 2 ส่วน ได้คะแนนรองลงมาเท่ากับ 7.30 คะแนน และข้าวที่หุงด้วยน้ำ 1.7 ส่วน ได้ 6.30 คะแนน

ด้านคะแนนความชอบรวมข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิที่หุงด้วยน้ำ 1.7 ส่วน ได้รับคะแนนความชอบน้อยที่สุด คือ 6.60 คะแนน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับข้าวกล้องที่หุงสุกด้วยน้ำ 2 ส่วน และ 2.2 ส่วน ซึ่งมีคะแนนความชอบรวมเท่ากับ 7.70 และ 7.83 คะแนนตามลำดับ (ตารางที่ 21)

ตารางที่ 21 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบของข้าวกล้องหอมมะลิหุงสุกด้วยอัตราส่วนของข้าวต่อน้ำที่แตกต่างกัน¹

อัตราส่วนข้าวต่อน้ำ	สี	กลิ่นหอม	กลิ่นอับ	รสหวาน	ความนุ่ม	การเกาะตัวของเมล็ด	ความชอบรวม
1 : 1.7	6.50 ^a	6.50 ^a	5.30 ^a	6.60 ^a	6.30 ^a	6.30 ^a	6.60 ^a
1 : 2	7.40 ^{ab}	6.60 ^a	5.90 ^a	6.90 ^{ab}	7.30 ^b	6.40 ^a	7.70 ^b
1 : 2.2	7.60 ^b	6.60 ^a	5.90 ^a	7.20 ^b	7.40 ^b	6.50 ^a	7.83 ^b

หมายเหตุ ¹ ตัวอักษรเดียวกันตามแนวตั้งหมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.3 ข้าวกล้องหอมมะลิแดง

เมื่อหุงข้าวกล้องหอมมะลิแดงด้วยน้ำปริมาณต่างๆ กัน คือข้าว 1 ส่วน ต่อน้ำ 1.7, 2 และ 2.2 ส่วน โดยน้ำหนัก ได้ข้าวกล้องหุงสุกที่มีกลิ่นหอมปานกลาง มีกลิ่นอับน้อย รสหวานเล็กน้อย ข้าวกล้องหอมมะลิแดงที่หุงด้วยน้ำ 1.7 ส่วน ข้าวสุกเป็นเมล็ด เมื่อเคี้ยวให้ความรู้สึกแข็ง ข้าวกล้องหอมมะลิแดงที่หุงด้วยน้ำ 2 ส่วน ข้าวสุกเมล็ดแตกเล็กน้อย เมื่อเคี้ยวให้ความรู้สึกนุ่มกว่า

ข้าวกล้องที่หุงด้วยน้ำ 1.7 ส่วน ข้าวกล้องหอมมะลิแดงที่หุงด้วยน้ำ 2.2 ส่วน ข้าวสุกเมล็ดพองและแตกมาก และมีความนุ่มมากที่สุด (ภาพที่ 18)



ภาพที่ 17 ลักษณะเมล็ดข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิแดงหุงสุกด้วยอัตราส่วนข้าวต่อน้ำระดับต่างๆ

คะแนนความชอบจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิแดงที่หุงสุกด้วยปริมาณน้ำต่างกัน 3 ระดับ คือ อัตราส่วนข้าวต่อน้ำเป็น 1:1.7, 1:2 และ 1:2.2 โดยน้ำหนัก เมื่อเปรียบเทียบคะแนนความแตกต่างของคะแนนความชอบในด้านต่างๆ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่าคะแนนความชอบในด้านสี กลิ่นหอม กลิ่นอับ รสหวาน การเกาะตัว และความชอบรวม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนด้านความนุ่ม มีคะแนนความชอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ความนุ่มข้าวกล้องหอมมะลิแดงที่หุงสุกด้วยน้ำ 1.7 ส่วน กับ 2 ส่วน และ หุงด้วยน้ำ 2 ส่วน ได้คะแนนความชอบด้านความนุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนข้าวกล้องที่หุงด้วยน้ำ 1.7 ส่วน กับ 2.2 ส่วน ได้คะแนนความชอบด้านความนุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ข้าวกล้องหุงสุกพันธุ์หอมมะลิแดงที่ได้คะแนนความชอบมากที่สุด คือ ข้าวกล้องที่หุงด้วยน้ำ 2.2 ส่วน ได้ 6.67 คะแนน ข้าวกล้องที่หุงด้วยน้ำ 2 ส่วน ได้คะแนนรองลงมาเท่ากับ 6.40 คะแนน และข้าวที่หุงด้วยน้ำ 1.7 ส่วน ได้ 5.97 คะแนน (ตารางที่ 22)

ตารางที่ 22 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องหอมมะลิแดงหุงสุกด้วยอัตราส่วน
ของข้าวต่อน้ำที่แตกต่างกัน¹

อัตราส่วน ข้าวต่อน้ำ	สี	กลิ่นหอม	กลิ่นอับ	รสหวาน	ความนุ่ม	การเกาะตัว ของเมล็ด	ความชอบ รวม
1 : 1.7	7.33 ^a	5.97 ^a	5.47 ^a	5.93 ^a	5.97 ^a	6.53 ^a	6.37 ^a
1 : 2	7.37 ^a	5.97 ^a	5.50 ^a	6.43 ^a	6.40 ^{ab}	6.50 ^a	6.80 ^a
1 : 2.2	7.30 ^a	6.07 ^a	5.23 ^a	6.33 ^a	6.67 ^b	5.07 ^a	6.73 ^a

หมายเหตุ ¹ ตัวอักษรเดียวกันตามแนวตั้งหมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ
ความเชื่อมั่น 95%

4.4 ข้าวกล้องหอมมะลิออก

เมื่อหุงข้าวกล้องหอมมะลิออกด้วยน้ำปริมาณต่างๆ กัน คือข้าว 1 ส่วน ต่อน้ำ 1.7, 2 และ 2.2 ส่วนโดยน้ำหนัก ได้ข้าวกล้องหุงสุกที่มีสีขาวอมน้ำตาลอ่อน มีกลิ่นหอม และมีรสหวาน

คะแนนความชอบจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิออก
ที่หุงสุกด้วยปริมาณน้ำต่างกัน 3 ระดับ คือ อัตราส่วนข้าวต่อน้ำเป็น 1:1.7, 1:2 และ 1:2.2 โดย
น้ำหนัก เมื่อเปรียบเทียบคะแนนความแตกต่างของคะแนนความชอบในด้านต่างๆ ที่ระดับความ
เชื่อมั่น 95% พบว่าคะแนนความชอบในด้านสี กลิ่นหอม กลิ่นอับ รสหวาน และการเกาะตัวไม่
แตกต่างกันทางสถิติส่วนด้านความนุ่ม และความชอบรวมมีคะแนนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง
สถิติ

ในด้านความนุ่ม ข้าวกล้องหอมมะลิออกที่หุงด้วยน้ำ 2 ส่วน กับ 2.2 ส่วนได้คะแนนไม่
แตกต่างกันทางสถิติแต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับข้าวกล้องหอมมะลิออกที่หุงด้วยน้ำ
1.7 ส่วน ข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิออกสุกที่ได้คะแนนความชอบมากที่สุด คือ ข้าวกล้องหอมมะลิ
ออกที่หุงด้วยน้ำ 2.2 ส่วน โดยได้ 7.13 คะแนน ข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิออกที่หุงด้วยน้ำ 2 ส่วน ได้
คะแนนรองลงมาเท่ากับ 6.80 คะแนน และข้าวกล้องหอมมะลิออกที่หุงด้วยน้ำ 1.7 ส่วน ได้ 5.63
คะแนน

ด้านความชอบรวมข้าวกล้องหอมมะลิอกที่หุงด้วยน้ำ 2 ส่วน กับ 2.2 ส่วน ได้คะแนนไม่แตกต่างกันทางสถิติแต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับข้าวกล้องหอมมะลิอกที่หุงด้วยน้ำ 1.7 ข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิอกหุงสุกที่ได้คะแนนความชอบมากที่สุด คือ ข้าวกล้องหอมมะลิอกที่หุงด้วยน้ำ 2 ส่วน โดยได้ 7.23 คะแนน ข้าวกล้องที่หุงด้วยน้ำ 2.2 ส่วน ได้คะแนนรองลงมาเท่ากับ 7.07 คะแนน และข้าวที่หุงด้วยน้ำ 1.7 ส่วน ได้ 6.17 (ตารางที่ 23)

ตารางที่ 23 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องหอมมะลิอกหุงสุกด้วยอัตราส่วนของข้าวต่อน้ำที่แตกต่างกัน

อัตราส่วนข้าวต่อน้ำ	สี	กลิ่นหอม	กลิ่นอับ	รสหวาน	ความนุ่ม	การเกาะตัวของเมล็ด	ความชอบรวม
1 : 1.7	7.03 ^a	6.13 ^a	6.23 ^a	5.87 ^a	5.63 ^a	6.60 ^a	6.17 ^a
1 : 2	7.27 ^a	6.57 ^a	6.07 ^a	6.27 ^a	6.80 ^b	6.43 ^a	7.23 ^b
1 : 2.2	6.83 ^a	6.57 ^a	6.37 ^a	5.93 ^a	7.13 ^b	6.40 ^a	7.07 ^b

หมายเหตุ ¹ ตัวอักษรเดียวกันตามแนวตั้งหมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ² คะแนน 9 คือ ชอบมากที่สุด และ 1 คือชอบน้อยที่สุด

4.5 ข้าวกล้องหอมมะลิอกที่ผ่านการอบ

เมื่อหุงข้าวกล้องหอมมะลิอกอบที่หุงสุกด้วยน้ำปริมาณต่างๆ กัน คือข้าว 1 ส่วน ต่อน้ำ 1.7, 2 และ 2.2 ส่วนโดยน้ำหนัก ได้ข้าวกล้องหอมมะลิอกอบหุงสุกที่มีเมล็ดสีขาวอมเหลืองอ่อน มีกลิ่นหอมและรสหวานเล็กน้อย

คะแนนความชอบจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิอกอบที่หุงสุกด้วยปริมาณน้ำต่างกัน 3 ระดับ คือ อัตราส่วนข้าวต่อน้ำเป็น 1:1.7, 1:2 และ 1:2.2 โดยน้ำหนัก เมื่อเปรียบเทียบคะแนนความแตกต่างของคะแนนความชอบในด้านต่างๆ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่าคะแนนความชอบในด้านสี กลิ่นหอม กลิ่นอับ รสหวาน การเกาะตัว และความชอบรวม มีคะแนนความชอบไม่แตกต่างกันทางสถิติส่วนด้านความนุ่มมีคะแนนความชอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ด้านความนุ่มข้าวกล้องหอมมะลิงอกอบที่หุงด้วยน้ำ 1.7 ส่วน กับ น้ำ 2 ส่วน และข้าวกล้องที่หุงด้วยน้ำ 2 ส่วน กับ 2.2 ส่วนมีคะแนนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนข้าวกล้องที่หุงด้วยน้ำ 1.7 ส่วน กับ 2.2 มีคะแนนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ข้าวกล้องหอมมะลิงอกที่ผ่านการอบที่ได้คะแนนความชอบมากที่สุด คือ ข้าวกล้องหอมมะลิงอกอบที่หุงด้วยน้ำ 2.2 ส่วน โดยได้ 6.67 คะแนน ข้าวกล้องที่หุงด้วยน้ำ 2 ส่วน ได้คะแนนรองลงมาเท่ากับ 6.60 คะแนน และข้าวที่หุงด้วยน้ำ 1.7 ส่วน ได้ 5.63 คะแนน แต่เนื่องจากข้าวกล้องที่หุงด้วยน้ำ 1.7 ส่วน กับ 2 ส่วน พบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 24)

ตารางที่ 24 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องหอมมะลิงอกที่ผ่านการอบและหุงสุกด้วยอัตราส่วนของข้าวต่อน้ำที่แตกต่างกัน^{1,2}

อัตราส่วนข้าวต่อน้ำ	สี	กลิ่นหอม	กลิ่นอับ	รสหวาน	ความนุ่ม	การเกาะตัวของเมล็ด	ความชอบรวม
1 : 1.7	7.03 ^a	6.13 ^a	6.23 ^a	5.87 ^a	5.63 ^a	6.30 ^a	6.03 ^a
1 : 2	6.90 ^a	6.53 ^a	5.90 ^a	5.73 ^a	6.60 ^{ab}	6.53 ^a	6.73 ^a
1 : 2.2	7.13 ^a	6.23 ^a	5.53 ^a	5.73 ^a	6.67 ^b	6.30 ^a	6.60 ^a

หมายเหตุ¹ ตัวอักษรเดียวกันตามแนวตั้งหมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%² คะแนน 9 คือ ชอบมากที่สุด และ 1 คือชอบน้อยที่สุด

4.6 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสระหว่างข้าวกล้องหุงสุก ข้าวกล้องหอมมะลิงอกหุงสุก และข้าวกล้องหอมมะลิงอกที่ผ่านการอบและนำไปหุงสุก

คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวสวยที่หุงจากข้าวกล้องหอมมะลิ ข้าวกล้องหอมมะลิงอก และข้าวกล้องหอมมะลิงอกที่ผ่านการอบด้วยอัตราส่วนของข้าวต่อน้ำที่ได้รับคะแนนความชอบสูงสุด ซึ่งในด้านสี กลิ่นหอม กลิ่นอับ รสหวานมีคะแนนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ส่วนด้านความนุ่ม การเกาะตัวของเมล็ด และความชอบรวมมีคะแนนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ด้านความนุ่ม ข้าวกล้องหอมมะลิอกหุงสุกและข้าวกล้องหอมมะลิอกอบหุงสุกมีคะแนนไม่แตกต่างกันทางสถิติส่วนข้าวกล้องหุงสุก กับข้าวกล้องหอมมะลิอกหุงสุก และข้าวกล้องหุงสุกกับข้าวกล้องหอมมะลิอกอบหุงสุกมีคะแนนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยข้าวกล้องหอมมะลิอกหุงสุกมีคะแนนความชอบด้านความนุ่มมากที่สุด เป็น 6.77 คะแนน ข้าวกล้องหอมมะลิอกอบ 6.70 คะแนน และข้าวกล้องหอมมะลิมีคะแนนน้อยที่สุดเป็น 5.83 คะแนน

ด้านการเกาะตัวข้าวพบว่าข้าวกล้องทั้ง 3 ชนิด คือข้าวกล้องหุงสุก กลี้งอกหุงสุกข้าวกล้องหอมมะลิอกอบหุงสุก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ข้าวกล้องหุงสุกมีคะแนนความชอบด้านการเกาะตัวมากที่สุด เท่ากับ 7.03 คะแนน ข้าวกล้องหอมมะลิอกได้รับคะแนนรองลงมาเป็น 6.77 คะแนน ข้าวกล้องหอมมะลิอกอบหุงสุกได้คะแนนน้อยที่สุด เท่ากับ 5.40 คะแนน

ด้านความชอบรวมพบว่าข้าวกล้องหอมมะลิอกหุงสุกได้คะแนนความชอบรวมมากที่สุดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับข้าวกล้องหุงสุกและข้าวกล้องหอมมะลิอกอบหุงสุก ข้าวกล้องหอมมะลิอกหุงสุกได้คะแนนมากที่สุด เท่ากับ 7.40 คะแนน ข้าวกล้องหอมมะลิหุงสุกและข้าวกล้องหอมมะลิอกอบหุงสุกได้คะแนนไม่แตกต่างกันทางสถิติ เท่ากับ 6.30 และ 6.27 คะแนน (ตารางที่ 25)

ตารางที่ 25 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องหอมมะลิข้าวกล้องหอมมะลิอกและข้าวกล้องหอมมะลิอกที่ผ่านการอบและหุงสุกด้วยอัตราส่วนข้าวต่อน้ำ 1: 2 โดยน้ำหนัก

ประเภทของข้าว	สี	กลิ่นหอม	กลิ่นอับ	รสหวาน	ความนุ่ม	การเกาะตัวของเมล็ด	ความชอบรวม
หอมมะลิ	6.43 ^a	6.60 ^a	5.93 ^a	6.07 ^a	5.83 ^a	7.03 ^c	6.30 ^a
หอมมะลิอก	7.07 ^a	6.73 ^a	6.10 ^a	6.20 ^a	6.77 ^b	6.33 ^b	7.40 ^b
หอมมะลิอกอบ	6.37 ^a	5.90 ^a	5.60 ^a	5.60 ^a	6.70 ^b	5.40 ^a	6.27 ^a

หมายเหตุ ¹ ตัวอักษรเดียวกันตามแนวตั้งหมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ² คะแนน 9 คือ ชอบมากที่สุด และ 1 คือชอบน้อยที่สุด

5 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณน้ำที่เหมาะสมที่ใช้ในการหุงข้าวกล้อง

จากการศึกษาปัจจัยที่อาจมีผลต่อปริมาณน้ำที่ใช้ในการหุงต้ม 4 ปัจจัยได้แก่ ปริมาณ อไมโลส ปริมาณ โปรตีน ความคงตัวของแป้งสุก และการขยายตัวของเมล็ดข้าวสุก พบว่าปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำอย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่ ปริมาณอไมโลส สอดคล้องกับรายงานของงามชื่น (2547) และจินตนา (2551) โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ -0.521 ซึ่งหมายความว่าปริมาณอไมโลสมีความสัมพันธ์ในทางตรงกันข้ามกับปริมาณน้ำที่ใช้ในการหุงข้าว คือ ถ้าข้าวมีปริมาณอไมโลสมาก จะใช้น้ำในการหุงน้อย สำหรับปัจจัยด้านปริมาณ โปรตีน ความคงตัวของแป้งสุก และการขยายตัวของเมล็ดข้าวไม่พบว่ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 26)

ตารางที่ 26 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านเคมีและกายภาพกับปริมาณน้ำที่เหมาะสมสำหรับการหุงข้าวกล้อง

ความสัมพันธ์	Spearman's Correlation Coefficient	P-value
ปริมาณอไมโลส* ปริมาณน้ำ	-0.521^*	.046
ความคงตัวของเมล็ดแป้งสุก * ปริมาณน้ำ	.000	1.000
การขยายตัวของเมล็ดข้าว * ปริมาณน้ำ	.116	.681
ปริมาณโปรตีน* ปริมาณน้ำ	.000	1.000

งามชื่น (2547) ได้เสนอสมการคาดคะเนอัตราส่วนน้ำต่อข้าวไว้ดังนี้

$$W = 0.62 + 0.0626A \quad \text{โดยมีค่า } R^2 = 0.73^{**}$$

เมื่อ

W = อัตราส่วนโดยน้ำหนักของน้ำหุงต้ม: ข้าว

A = ปริมาณอไมโลสในข้าวขาวเป็น %

R = สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

เมื่อใช้ค่าอไมโลสจากการวิเคราะห์ข้าวกล้องทั้ง 5 พันธุ์ในการศึกษาครั้งนี้ คือ ข้าวกล้องหอมมะลิ ข้าวกล้องมันปู ข้าวกล้องสังข์หยด ข้าวกล้องหอมมะลิแดง ข้าวกล้องหอมนิล มาแทนค่าลงในสมการเพื่อคาดคะเนปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการหุงข้าวพบว่าจะได้ปริมาณน้ำเท่ากับ

1.14, 1.48, 1.48, 1.35 และ 1.22 ตามลำดับ ซึ่งไม่สอดคล้องกับปริมาณน้ำที่ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบมากที่สุด คือ 1: 2-2.2 จึงได้ทำการทดสอบเพื่อหาสมการคาดคะเนปริมาณน้ำที่ใช้ในการหุงข้าวได้โดยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบถดถอย Linear Regression ได้ผลดังตารางที่ 27

ตารางที่ 27 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบถดถอยเชิงเส้นระหว่างปริมาณอไมโลสกับปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการหุงข้าวกล้อง

ตัวแปร	B	S.E.	t	Sig.
ค่าคงที่	1.813	.102	17.755	.000
ปัจจัยด้านปริมาณอไมโลส	.020	.009	2.259	.042

จากการวิเคราะห์ข้างต้น นำมาหาสูตรเพื่อทำนายอัตราส่วนน้ำต่อข้าวที่ใช้ในการหุงข้าวกล้อง โดยใช้ Linear Regression ได้สมการดังนี้

$$W = 1.813 + 0.02A \quad \text{โดยมีค่า } R^2 = 0.28^{**}$$

เมื่อ W = อัตราส่วนโดยน้ำหนักของน้ำหุงต้ม: ข้าว
A = ปริมาณอไมโลส

และเมื่อทดลองแทนค่าอไมโลสลงในสมการจะได้อัตราส่วนของน้ำหุงต้มต่อข้าวใกล้เคียงกับปริมาณน้ำที่เหมาะสมที่ได้จากการทดสอบ ดังอัตราส่วนน้ำต่อข้าวที่เหมาะสมสำหรับข้าวกล้องหอมมะลิ คือ 1.98: 1 หรือเมื่อเปรียบเทียบเป็นอัตราส่วนข้าวต่อน้ำเท่ากับ 1: 1.98 ตามตารางที่ 28

ตารางที่ 28 เปรียบเทียบอัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับอัตราส่วนที่ได้จากการแทนค่าในสมการ

พันธุ์ข้าว	อัตราส่วนข้าวต่อน้ำจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส	อัตราส่วนข้าวต่อน้ำาคาคะเนจากการสมการที่สร้างใหม่
ข้าวกล้องหอมมะลิ	1: 2	1: 1.98
ข้าวกล้องมันปู	1: 2.2	1: 2.09
ข้าวกล้องสังข์หยด	1: 2	1: 2.09
ข้าวกล้องหอมมะลิแดง	1: 2	1: 2.05
ข้าวกล้องหอมนิล	1: 2	1: 2.01

6 คุณค่าทางโภชนาการข้าวสุก

คุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องหุงสุกของข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิ พันธุ์มันปู พันธุ์สังข์หยด พันธุ์หอมมะลิแดง และพันธุ์หอมนิล ได้แก่ ปริมาณความชื้น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน ใยอาหาร เถ้า วิตามินบี 1 ไนอะซิน แคลเซียม และเหล็กของข้าวพันธุ์ต่างๆ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยมีความชื้นอยู่ระหว่าง 54.82-60.61% คาร์โบไฮเดรต 32.66-37.01% โปรตีน 3.15-3.68% ไขมัน 1.39-3.19% ใยอาหาร 0.92-1.46% เถ้า 0.87-1.06% วิตามินบี 1 0.10-0.13 มิลลิกรัม/100กรัม ไนอะซิน 1.94-3.07 มิลลิกรัม/100กรัม แคลเซียม 73.77-5.58 มิลลิกรัม/100กรัม และเหล็ก 0.36-0.61 มิลลิกรัม/100กรัม

ข้าวกล้องหุงสุกที่มีความชื้นมากที่สุดคือข้าวกล้องสังข์หยดเท่ากับ 60.61% ข้าวกล้องหอมนิล หอมมะลิ และมันปู มีความชื้นใกล้เคียงกันเท่ากับ 58.31%, 57.17% และ 56.55% ตามลำดับ ข้าวหอมมะลิแดงมีความชื้นน้อยที่สุด เท่ากับ 54.82% ข้าวหอมมะลิแดงมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุดเท่ากับ 37.01% ข้าวกล้องมันปู หอมมะลิ และหอมนิลมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตใกล้เคียงกันเท่ากับ 35.06%, 34.59% และ 33.02% ตามลำดับ โปรตีนพบมากที่สุดในข้าวกล้องมันปู เท่ากับ 3.68% ข้าวกล้องหอมมะลิแดงกับข้าวกล้องหอมมะลิมิโปรตีนปริมาณใกล้เคียงกัน คือ 3.57% และ 3.55 % ข้าวกล้องสังข์หยดมีโปรตีนในปริมาณรองลงมา คือ 3.37% และข้าวกล้องหอมนิลมีโปรตีนน้อยที่สุด เท่ากับ 3.15% แต่ข้าวหอมนิลมีไขมันปริมาณมากที่สุด เท่ากับ 3.19% ข้าวกล้องหอมมะลิแดง หอมมะลิ และมันปูมีปริมาณไขมันใกล้เคียงกันเท่ากับ 2.59%, 2.37% และ 2.29% ตามลำดับ

ข้าวสังข์หยดมีไขมันน้อยที่สุด เท่ากับ 1.39% ใยอาหารพบมากที่สุดในข้าวกล้องหอมนิล เท่ากับ 1.46% ข้าวกล้องมันปูมีใยอาหาร 1.40% มากกว่าข้าวกล้องหอมมะลิซึ่งมีใยอาหารเท่ากับ 1.28% ข้าวกล้องหอมมะลิแดงและข้าวกล้องสังข์หยดมีใยอาหารปริมาณใกล้เคียงกันและอยู่ในระดับน้อยที่สุด เท่ากับ 1.04% และ 0.92% ปริมาณเถ้าในข้าวสังข์หยด หอมมะลิ มันปู และหอมมะลิแดง ใกล้เคียงกัน ซึ่งมีปริมาณเท่ากับ 1.06%, 1.05%, 1.01% และ 0.98% ข้าวกล้องหอมนิลมีเถ้าเล็กน้อยที่สุด เท่ากับ 0.87%

เมื่อเปรียบเทียบที่ปริมาณข้าวกล้องหุงสุก 100 กรัม ข้าวกล้องหอมนิลมีวิตามินบี 1 มากที่สุด เท่ากับ 0.13 มิลลิกรัม ซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกับข้าวกล้องหอมมะลิ มันปู สังข์หยด ซึ่งมีวิตามินบี 1 เท่ากับ 0.12, 0.11 และ 0.11 มิลลิกรัม ข้าวกล้องหอมมะลิแดงมีวิตามินบี 1 น้อยที่สุด เท่ากับ 0.10 มิลลิกรัม ในอะซินพบมากที่สุดในข้าวกล้องหอมมะลิ เท่ากับ 3.07 มิลลิกรัม ข้าวกล้องหอมนิล และหอมแดงมีในอะซินในปริมาณรองลงมาและใกล้เคียงกัน เท่ากับ 2.95 และ 2.94 มิลลิกรัม ข้าวกล้องสังข์หยดมีในอะซินน้อยที่สุด เท่ากับ 1.94 มิลลิกรัม แคลเซียมพบมากที่สุดในข้าวกล้องหอมนิล 5.58 มิลลิกรัม ข้าวหอมมะลิแดง 5.36 มิลลิกรัม ข้าวมันปู 4.88 มิลลิกรัม ข้าวกล้องหอมมะลิ 4.02 มิลลิกรัม และข้าวกล้องสังข์หยดมีแคลเซียมน้อยที่สุดเท่ากับ 3.77 มิลลิกรัม ส่วนธาตุเหล็กพบมากที่สุดในข้าวกล้องมันปูและข้าวกล้องหอมนิล มีปริมาณเท่ากับ 0.61 และ 0.60 มิลลิกรัม ข้าวกล้องหอมมะลิแดงมีธาตุเหล็กเท่ากับ 0.51 มิลลิกรัม ข้าวกล้องสังข์หยดและข้าวกล้องหอมมะลิมีธาตุเหล็กน้อยที่สุดเท่ากับ 0.40 และ 0.36 มิลลิกรัม

ข้าวกล้องหุงสุก ข้าวกล้องหอมมะลิออกหุงสุก และข้าวกล้องหอมมะลิออกอบแห้งหุงสุก มีพลังงาน ความชื้น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน ใยอาหาร เถ้า วิตามินบี 1 ในอะซิน เหล็ก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

พลังงาน ข้าวกล้องหอมมะลิออกอบแห้งหุงสุกให้พลังงานมากที่สุด เท่ากับ 168.43 กิโลแคลอรี ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับข้าวกล้องหอมมะลิหุงสุกที่ให้พลังงานรองลงมา เท่ากับ 162.04 กิโลแคลอรี แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับข้าวกล้องหอมมะลิออกหุงสุกซึ่งให้พลังงานน้อยที่สุด เท่ากับ 155.31 กิโลแคลอรี

ความชื้น ข้าวกล้องหุงสุกที่มีความชื้นในปริมาณมากที่สุด คือ ข้าวกล้องหอมมะลิออกเท่ากับ 60.33% แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับข้าวกล้องหอมมะลิออกอบแห้งหุงสุกและข้าวกล้องหอมมะลิหุงสุกซึ่งมีความชื้นเท่ากับ 57.37% และ 57.17%

คาร์โบไฮเดรต ข้าวกล้องหอมมะลิออกอบแห้งหุงสุกมีคาร์โบไฮเดรตมากที่สุดเท่ากับ 36.41% ไม่แตกต่างทางสถิติกับข้าวกล้องหอมมะลิหุงสุกที่มีคาร์โบไฮเดรตปริมาณรองลงมาเท่ากับ 34.59% แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับข้าวกล้องหอมมะลิออกหุงสุกซึ่งมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตน้อยที่สุด เท่ากับ 33.15%

โปรตีน ข้าวกล้องหอมมะลิมีโปรตีนมากที่สุด เท่ากับ 3.55% แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับข้าวกล้องหอมมะลิออกอบหุงสุก และ ข้าวกล้องหอมมะลิออกหุงสุกซึ่งมีโปรตีนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับ 3.29% และ 3.18%

ไขมัน ข้าวกล้องหอมมะลิมีไขมันมากที่สุดเท่ากับ 2.37% แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับข้าวกล้องหอมมะลิออกหุงสุกและข้าวกล้องหอมมะลิออกอบหุงสุกที่มีปริมาณไขมันไม่แตกต่างกันทางสถิติเท่ากับ 1.11 และ 1.07%

ใยอาหาร ข้าวกล้องหอมมะลิมีปริมาณใยอาหารมากที่สุด เท่ากับ 1.28% แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับข้าวกล้องหอมมะลิออกหุงสุก และข้าวกล้องหอมมะลิออกอบแห้งหุงสุกที่มีใยอาหารไม่แตกต่างกันทางสถิติ เท่ากับ 0.65 และ 0.64%

เถ้า ข้าวกล้องหอมมะลิออกหุงสุกมีเถ้าปริมาณมากที่สุดเท่ากับ 1.57% แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับข้าวกล้องหอมมะลิออกอบแห้งหุงสุกที่มีเถ้าปริมาณรองลงมาเท่ากับ 1.22% ข้าวกล้องหอมมะลิหุงสุกมีเถ้าในปริมาณน้อยที่สุดเท่ากับ 1.05% แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับข้าวกล้องหอมมะลิออกหุงสุกและข้าวกล้องหอมมะลิออกอบหุงสุก

วิตามินบี 1 ข้าวกล้องหอมมะลิหุงสุกมีวิตามินบี 1 มากที่สุดเท่ากับ 0.12 มิลลิกรัม ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับข้าวกล้องหอมมะลิออกอบแห้งหุงสุกที่มีวิตามิน บี 1 รองลงมา เท่ากับ 0.11 มิลลิกรัม ข้าวกล้องหอมมะลิออกหุงสุกมีวิตามินบี 1 น้อยที่สุดเท่ากับ 0.09 มิลลิกรัม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับข้าวกล้องหอมมะลิหุงสุกและข้าวกล้องหอมมะลิออกอบแห้งหุงสุก

วิตามินบี 2 ข้าวกล้องหอมมะลิงอกอบแห้งหุงสุกมีวิตามินบี 2 เท่ากับ 0.04 มิลลิกรัม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับข้าวกล้องหอมมะลิงอกหุงสุกที่มีวิตามินบี 2 เท่ากับ 0.03 มิลลิกรัม

ไนอะซิน ข้าวกล้องหอมมะลิหุงสุกมีไนอะซินมากที่สุดเท่ากับ 3.07 มิลลิกรัม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับข้าวกล้องหอมมะลิงอกอบแห้งหุงสุกและข้าวกล้องหอมมะลิงอกหุงสุก ข้าวกล้องหอมมะลิงอกอบแห้งหุงสุกมีไนอะซินเท่ากับ 2.48% แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับข้าวกล้องหอมมะลิงอกหุงสุกซึ่งมีไนอะซินน้อยที่สุดเท่ากับ 2.20 มิลลิกรัม

เหล็ก ข้าวกล้องหอมมะลิหุงสุกมีธาตุเหล็กมากที่สุดเท่ากับ 0.36 มิลลิกรัมไม่แตกต่างทางสถิติกับข้าวกล้องหอมมะลิงอกอบแห้งหุงสุกที่มีธาตุเหล็กในปริมาณรองลงมาเท่ากับ 0.35 มิลลิกรัม ข้าวกล้องหอมมะลิงอกหุงสุกมีธาตุเหล็กน้อยที่สุดเท่ากับ 0.25 มิลลิกรัม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับข้าวกล้องหอมมะลิหุงสุก แต่ไม่ต่างต่างกันทางสถิติกับข้าวกล้องหอมมะลิงอกอบแห้งหุงสุก

กาบา ข้าวกล้องหอมมะลิงอกอบแห้งหุงสุกมีกาบาเท่ากับ 8.96 มิลลิกรัม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับข้าวกล้องหอมมะลิงอกหุงสุกซึ่งมีกาบาเท่ากับ 5.81 มิลลิกรัม

ตารางที่ 29 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องหุงสุกพันธุ์ต่างๆ

พันธุ์ข้าว	พลังงาน (กิโลแคลอรี)	ความชื้น (%)	คาร์โบไฮเดรต (%)	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	ใยอาหาร (%)	เถ้า (%)	วิตามินบี 1 (มก./100ก.)				
								ไนอะซิน	แคลเซียม	เหล็ก		
มันปู	164.14 ^{bc}	56.55 ^{ab}	35.06 ^{ab}	3.68 ^d	2.29 ^b	1.40 ^{bc}	1.01 ^{ab}	0.11 ^{ab}	2.76 ^b	4.88 ^c	0.61 ^c	
สังข์หยด	149.67 ^a	60.61 ^c	32.66 ^a	3.37 ^b	1.39 ^a	0.92 ^a	1.06 ^b	0.11 ^{ab}	1.94 ^a	3.77 ^a	0.40 ^a	
หอมนิล	157.43 ^{ab}	58.31 ^{bc}	33.02 ^a	3.15 ^a	3.19 ^c	1.46 ^c	0.87 ^a	0.13 ^c	2.95 ^c	5.58 ^c	0.60 ^c	
หอมมะลิ	162.04 ^{abc}	57.17 ^{ab}	34.59 ^{ab}	3.55 ^c	2.37 ^b	1.28 ^b	1.05 ^b	0.12 ^{ab}	3.07 ^d	4.02 ^b	0.36 ^a	
หอมมะลิแดง	172.67 ^c	54.82 ^a	37.01 ^b	3.57 ^c	2.59 ^{bc}	1.04 ^a	0.98 ^{ab}	0.10 ^a	2.94 ^c	5.36 ^d	0.51 ^b	

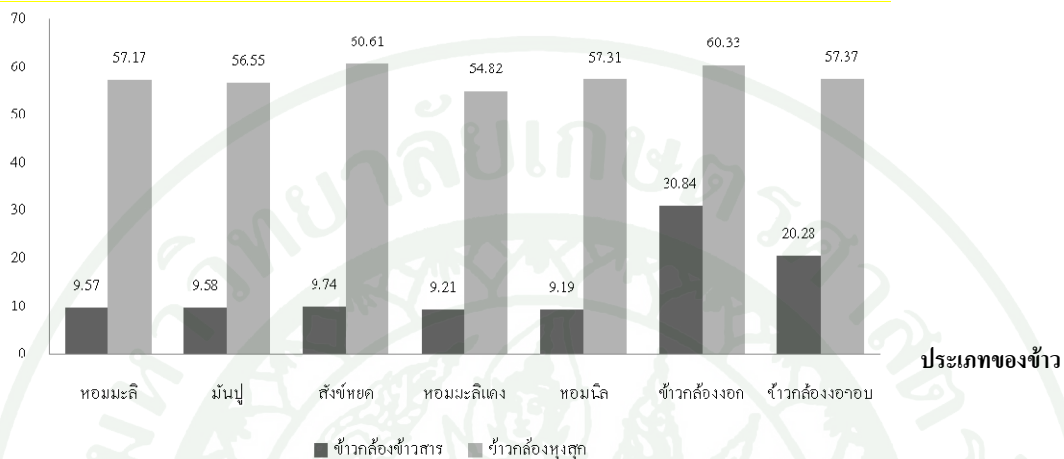
ตารางที่ 30 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องงอกหุงสุก

ข้าว	พลังงาน (กิโลแคลอรี)	ความชื้น (%)	คาร์โบไฮเดรต (%)	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	ใยอาหาร (%)	เถ้า (%)	ไนอะซิน (มก./100ก.)			เหล็ก	กาบา
								ปี 1	ปี 2			
หอมมะลิ	162.04 ^{ab}	57.17 ^a	34.59 ^{ab}	3.55 ^c	2.37 ^b	1.28 ^b	1.05 ^a	0.12 ^b	-	3.07 ^c	0.36 ^b	-
หอมมะลิงอก	155.31 ^a	60.33 ^b	33.15 ^a	3.18 ^a	1.11 ^a	0.65 ^a	1.57 ^c	0.09 ^a	0.03 ^a	2.20 ^a	0.25 ^a	5.81 ^a
หอมมะลิงอกอบ	168.43 ^b	57.37 ^a	36.41 ^b	3.29 ^b	1.07 ^a	0.64 ^a	1.22 ^b	0.11 ^b	0.04 ^b	2.48 ^b	0.35 ^{ab}	8.96 ^b

7 การเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องข้าวสารและข้าวกล้องหุงสุก

7.1 ความชื้น

ความชื้น (%)

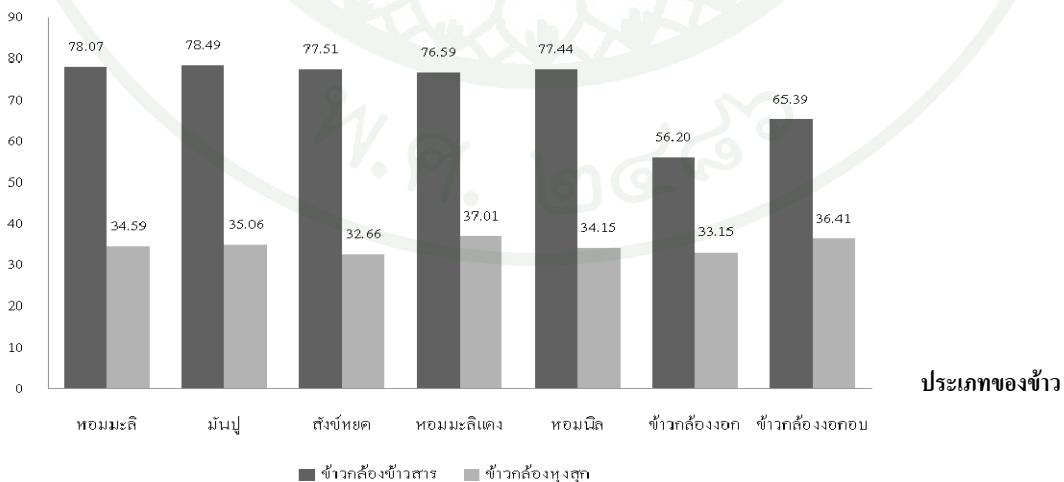


ภาพที่ 18 ปริมาณความชื้นของข้าวกล้องข้าวสารและข้าวกล้องหุงสุกพันธุ์ต่างๆ

ปริมาณความชื้นของข้าวกล้องข้าวสารและข้าวกล้องหุงสุกทั้ง 5 พันธุ์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยข้าวกล้องที่มีอัตราการเพิ่มความชื้นมากที่สุดเมื่อหุงสุก (50.87%) น้อยที่สุด คือ (29.49%) คือข้าวกล้องสังข์หยดและข้าวกล้องหอมมะลิ

7.2 คาร์โบไฮเดรต

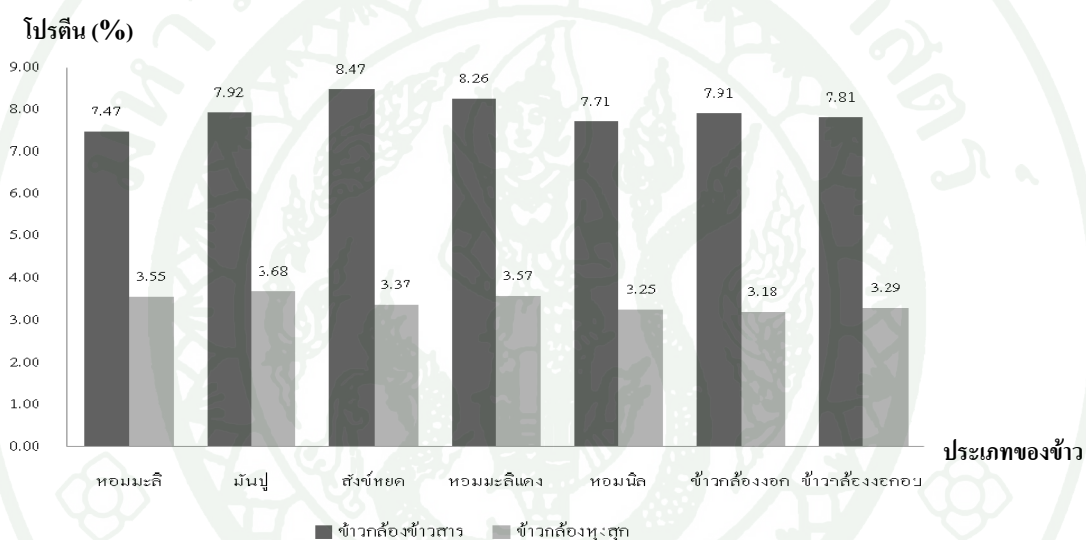
คาร์โบไฮเดรต (%)



ภาพที่ 19 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตของข้าวกล้องข้าวสารและข้าวกล้องหุงสุกพันธุ์ต่างๆ

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตของข้าวกล้องข้าวสารและข้าวกล้องหุงสุกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวกล้องข้าวสารที่น้ำหนักเท่ากัน พบว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตลดลงไปกว่าครึ่งเนื่องจากมีความชื้นเพิ่มขึ้นจึงอาจทำให้สารอาหารเล็จาก โดยข้าวกล้องพันธุ์ที่มีอัตราการลดลงของปริมาณคาร์โบไฮเดรตมากที่สุด (44.85%) คือ ข้าวกล้องพันธุ์สังข์หยด ส่วนข้าวกล้องที่มีอัตราการลดลงของคาร์โบไฮเดรตน้อยที่สุด (39.58%) คือ ข้าวกล้องหอมมะลิแดง

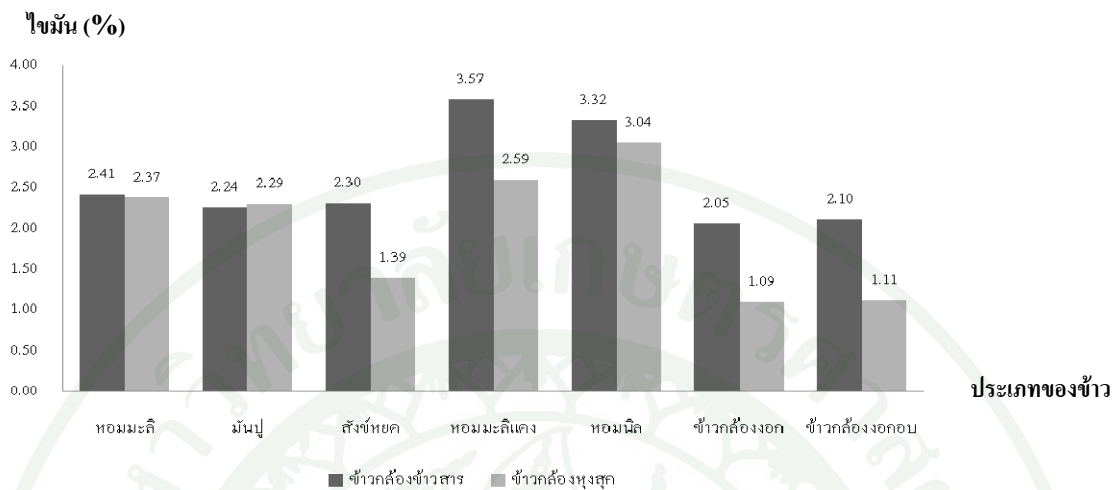
7.3 โปรตีน



ภาพที่ 20 ปริมาณโปรตีนของข้าวกล้องข้าวสารและข้าวกล้องหุงสุกพันธุ์ต่างๆ

ปริมาณโปรตีนของข้าวกล้องข้าวสารและข้าวกล้องหุงสุกทั้ง 5 พันธุ์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ข้าวพันธุ์ที่มีอัตราการลดลงของโปรตีนน้อยที่สุด (5.10%) คือ ข้าวกล้องหอมมะลิแดง และข้าวพันธุ์ที่มีอัตราการลดลงของโปรตีนมากที่สุด (3.92%) คือ ข้าวกล้องสังข์หยด

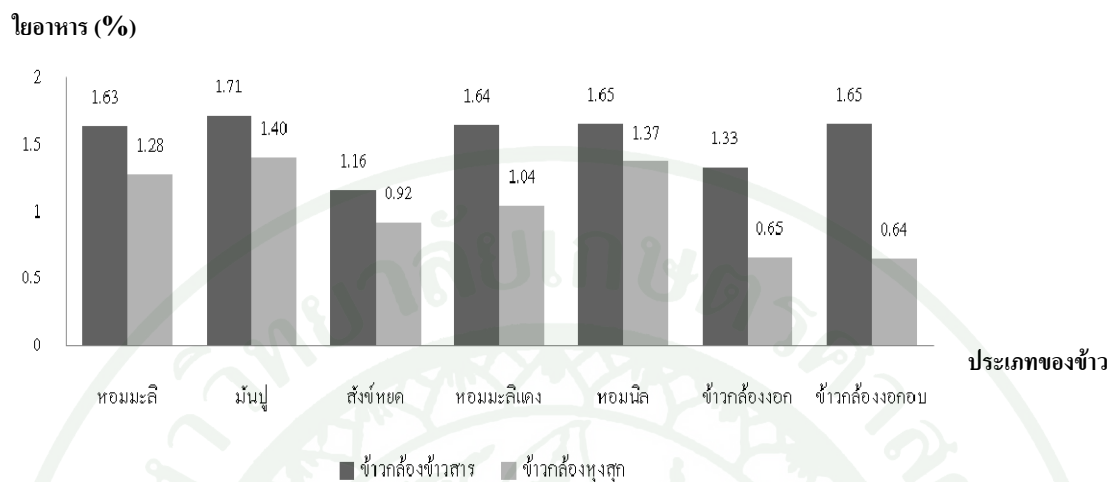
7.4 ไขมัน



ภาพที่ 21 เปรียบเทียบปริมาณไขมันของข้าวกล้องข้าวสารและข้าวกล้องหุงสุกพันธุ์ต่างๆ

ปริมาณไขมันของข้าวกล้องข้าวสารและข้าวกล้องหุงสุกพันธุ์สังข์หยด หอมมะลิแดง ข้าวกล้องหอมมะลิแดง และข้าวกล้องหอมมะลิแดงอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ส่วนปริมาณโปรตีนของข้าวกล้องข้าวสารและข้าวกล้องหุงสุกข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิ มันปู หอมนิลไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยพันธุ์ข้าวที่มีอัตราการลดลงของไขมันน้อยที่สุด (0.99%) คือ ข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิแดง และข้าวกล้องที่มีอัตราการลดลงของไขมันมากที่สุด (0%) คือ ข้าวกล้องหอมมะลิแดงที่ผ่านการอบ

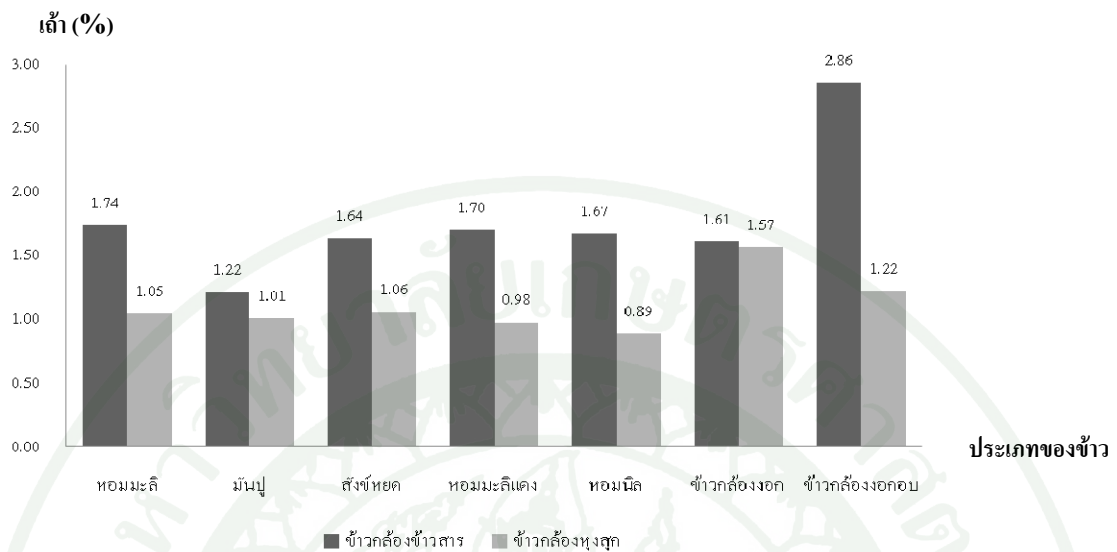
7.5 โยอาหาร



ภาพที่ 22 ปริมาณโยอาหารของข้าวกล้องข้าวสารและข้าวกล้องหุงสุกพันธุ์ต่างๆ

ปริมาณโยอาหารของข้าวกล้องข้าวสารและข้าวกล้องหุงสุกพันธุ์ต่างๆ ข้าวกล้องหอมมะลิอบ และข้าวกล้องหอมมะลิอบที่ผ่านการอบ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยข้าวกล้องที่มีอัตราการลดลงของปริมาณโยอาหารน้อยที่สุด (0.60%) คือ ข้าวกล้องพันธุ์หอมนิล ส่วนข้าวกล้องที่มีอัตราการลดของปริมาณโยอาหารมากที่สุด (0.24%) คือ ข้าวกล้องหอมมะลิอบที่ผ่านการอบ

7.6 เถົ

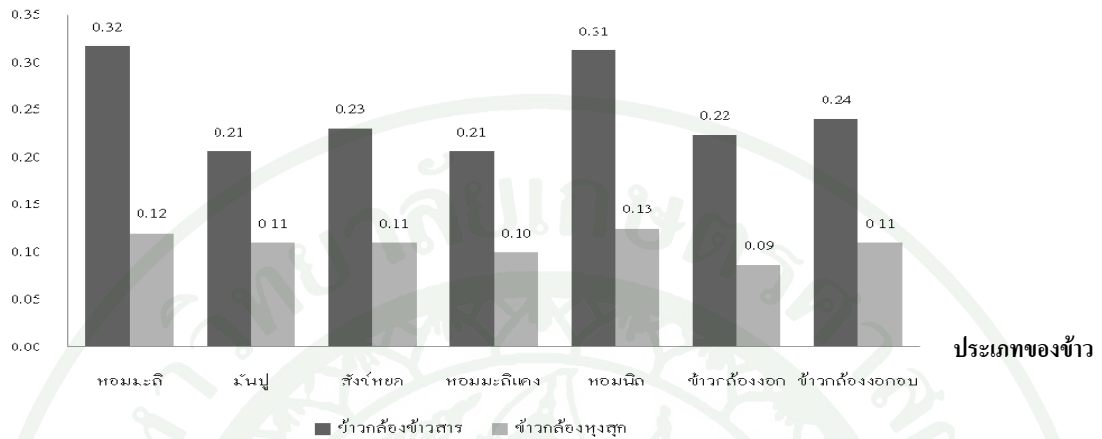


ภาพที่ 23 ปริมาณเถົของข้าวกล้องข้าวสารและข้าวกล้องหุงสุกพันธุ์ต่างๆ

ปริมาณเถົของข้าวกล้องข้าวสารและข้าวกล้องหุงสุกพันธุ์หอมมะลิแดง หอมนิล และข้าวกล้องหอมมะลิแดงที่ผ่านการอบ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยข้าวกล้องที่มีอัตราการลดลงของปริมาณเถົน้อยที่สุด (0.78%) คือ ข้าวกล้องหอมมะลิแดง ส่วนข้าวกล้องที่มีอัตราการลดลงของปริมาณเถົมากที่สุด (0.21%) คือ ข้าวกล้องหอมนิล

7.7 วิตามินบี 1

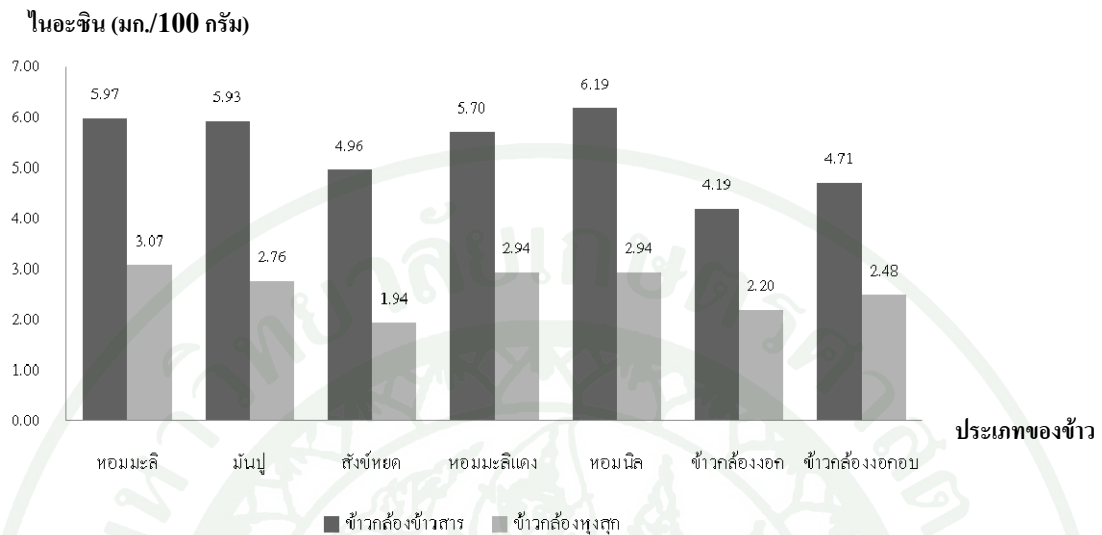
วิตามินบี 1 (มก./100 กรัม)



ภาพที่ 24 ปริมาณวิตามินบี 1 ของข้าวกล้องข้าวสารและข้าวกล้องหุงสุกพันธุ์ต่างๆ

ปริมาณวิตามินบี 1 ของข้าวกล้องข้าวสารและข้าวกล้องหุงสุกพันธุ์ต่างๆ ข้าวกล้องหอมมะลิ และข้าวกล้องหอมมะลิแดงที่ผ่านการอบ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยข้าวกล้องที่มีอัตราการลดลงของปริมาณวิตามินบี 1 น้อยที่สุด (46.77%) คือข้าวกล้องพันธุ์มันปู ข้าวกล้องที่มีอัตราการลดลงของปริมาณวิตามินบี 1 มากที่สุด (62.11%) คือ ข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิ

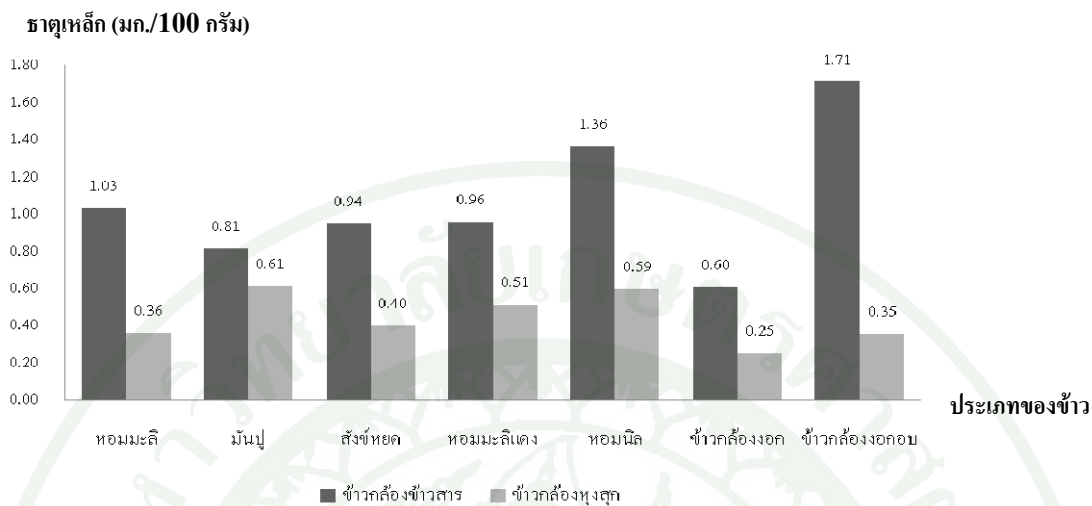
7.8 ไนอะซิน



ภาพที่ 25 ปริมาณไนอะซิน ของข้าวกล้องข้าวสารและข้าวกล้องหุงสุกพันธุ์ต่างๆ

ปริมาณแคลเซียมของข้าวกล้องข้าวสารและข้าวกล้องหุงสุกพันธุ์ต่างๆ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยข้าวกล้องที่มีอัตราการลดลงของปริมาณแคลเซียม น้อยที่สุด (33.17%) คือข้าวกล้องหอมมะลิแดง ข้าวกล้องที่มีอัตราการลดลงของปริมาณไนอะซินมากที่สุด (57.39%) คือ ข้าวกล้องพันธุ์สังข์หยด

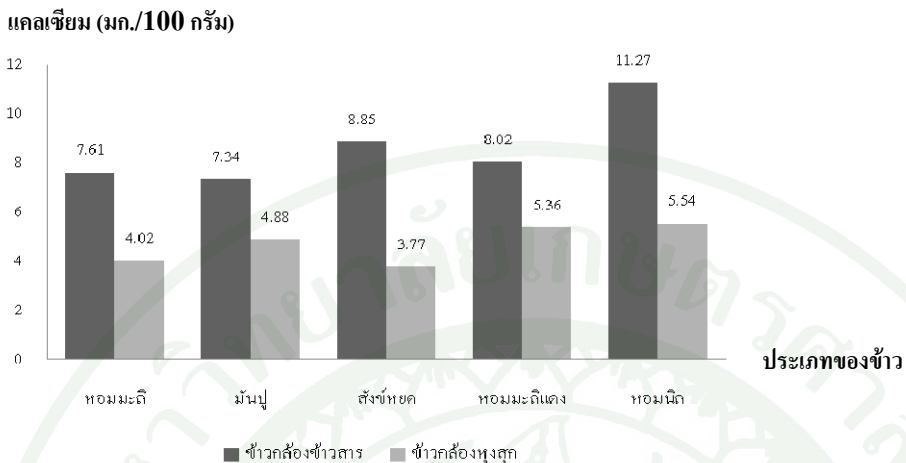
7.9 ธาตุเหล็ก



ภาพที่ 26 เปรียบเทียบปริมาณธาตุเหล็กของข้าวกล้องข้าวสารและข้าวกล้องหุงสุกพันธุ์ต่างๆ

ปริมาณธาตุเหล็กของข้าวกล้องข้าวสารและข้าวกล้องหุงสุกพันธุ์ต่างๆ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยข้าวกล้องที่มีอัตราการลดลงของธาตุเหล็กน้อยที่สุด (25.12%) คือข้าวกล้องมันปู ข้าวกล้องที่มีอัตราการลดลงของปริมาณธาตุเหล็กมากที่สุด (79.58%) คือ ข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิงอกที่ผ่านการอบ

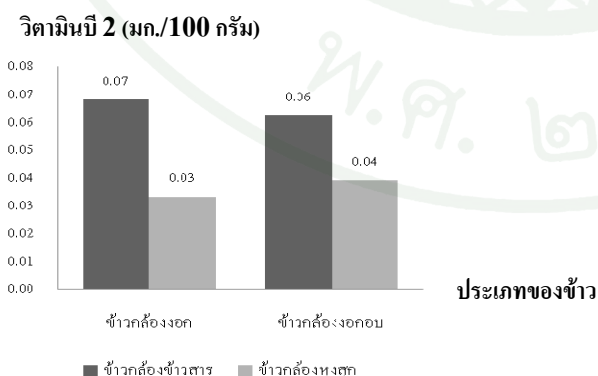
7.10 แคลเซียม



ภาพที่ 27 เปรียบเทียบปริมาณแคลเซียม ของข้าวกล้องข้าวสารและข้าวกล้องหุงสุกพันธุ์ต่างๆ

ปริมาณแคลเซียมของข้าวกล้องข้าวสารและข้าวกล้องหุงสุกพันธุ์ต่างๆ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยข้าวกล้องที่มีอัตราการลดลงของปริมาณแคลเซียม น้อยที่สุด (33.17%) คือข้าวกล้องหอมมะลิแดง ข้าวกล้องที่มีอัตราการลดลงของปริมาณไนอะซิน มากที่สุด (57.39%) คือ ข้าวกล้องพันธุ์สังข์หยด

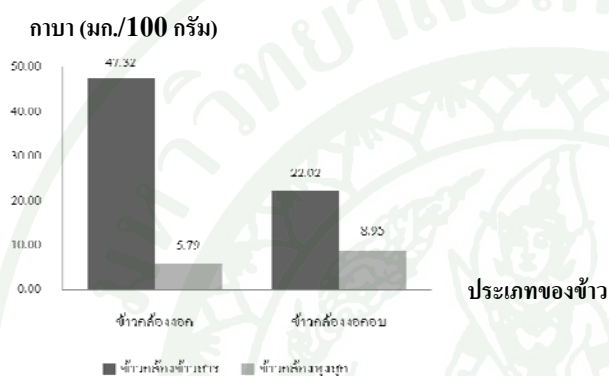
7.11 วิตามินบี 2



ภาพที่ 28 เปรียบเทียบปริมาณวิตามินบี 2 ของข้าวกล้องข้าวสารและข้าวกล้องหุงสุกพันธุ์ต่างๆ

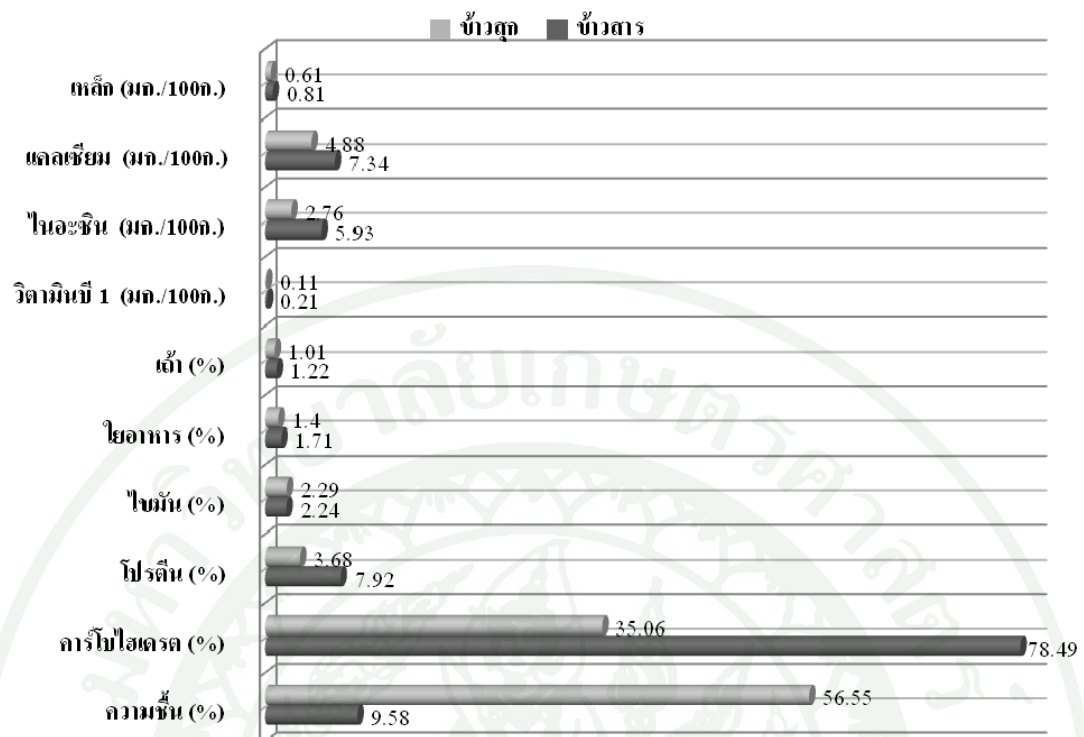
ปริมาณวิตามินบี 2 ของข้าวกล้องข้าวสารและข้าวกล้องหุงสุกของข้าวกล้องหอมมะลิ
งอก และข้าวกล้องหอมมะลิงอกที่ผ่านการอบ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความ
เชื่อมั่น 95% โดยข้าวกล้องหอมมะลิงอกที่ผ่านการอบมีอัตราการลดลงของปริมาณวิตามินบี 2 น้อย
กว่าข้าวกล้องหอมมะลิงอกซึ่งมีปริมาณเท่ากับ 37.43% และ 51.47% ตามลำดับ

7.12 กาบ



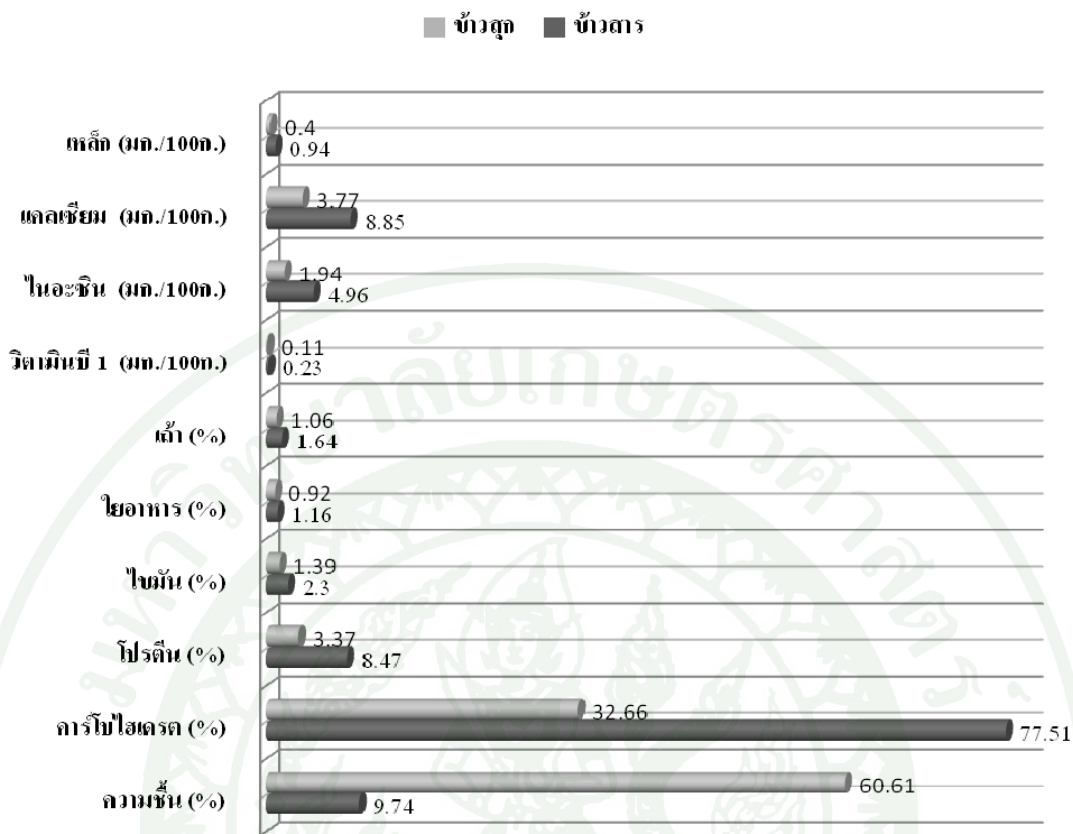
ภาพที่ 29 เปรียบเทียบปริมาณกาบของข้าวกล้องข้าวสารและข้าวกล้องหุงสุกพันธุ์ต่างๆ

ปริมาณกาบของข้าวกล้องข้าวสารและข้าวกล้องหุงสุกของข้าวกล้องหอมมะลิงอก และ
ข้าวกล้องหอมมะลิงอกที่ผ่านการอบ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
โดยข้าวกล้องหอมมะลิงอกที่ผ่านการอบมีอัตราการลดลงของปริมาณวิตามินบี 2 น้อยกว่าข้าวกล้อง
หอมมะลิงอกซึ่งมีปริมาณเท่ากับ 59.34% และ 87.76% ตามลำดับ



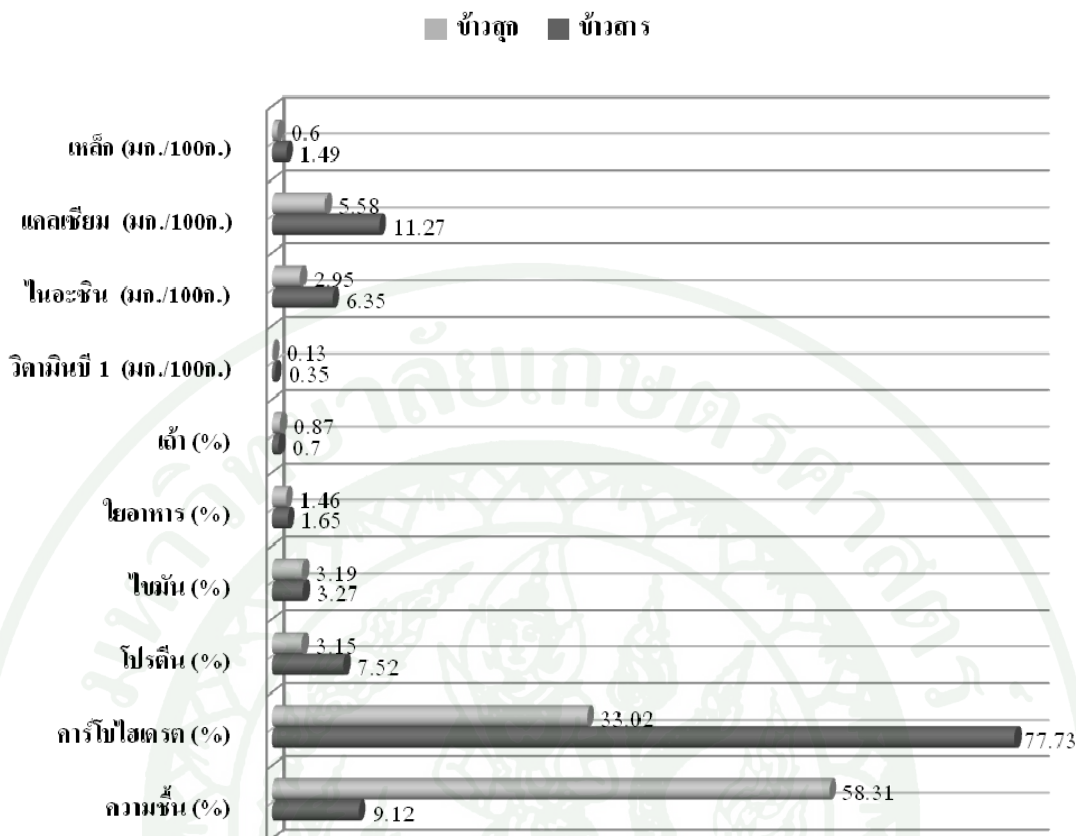
ภาพที่ 30 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องมันปูเมื่อเป็นข้าวสารและเมื่อหุงสุก

ข้าวกล้องมันปู เมื่อผ่านการหุงสุกทำให้คุณค่าทางโภชนาการเปลี่ยนแปลงไปดังนี้ คือ ความชื้นเพิ่มขึ้น 46.97% และสารอาหารอื่นๆลดลง ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต 43.43% โปรตีน 4.24% ใยอาหาร 0.31% เถ้า 0.21% วิตามินบี 1 0.10 มิลลิกรัม/100 กรัม ไนอะซิน 3.17 มิลลิกรัม/100 กรัม แคลเซียม 2.46 มิลลิกรัม/100 กรัม และเหล็ก 0.20 มิลลิกรัม/100 กรัม ในด้านพลังงานข้าวกล้องมันปู 100 กรัม มีพลังงานรวมเป็น 365.80 กิโลแคลอรี ส่วนข้าวกล้องมันปูหุงสุก มีพลังงานรวมเป็น 175.57 กิโลแคลอรี



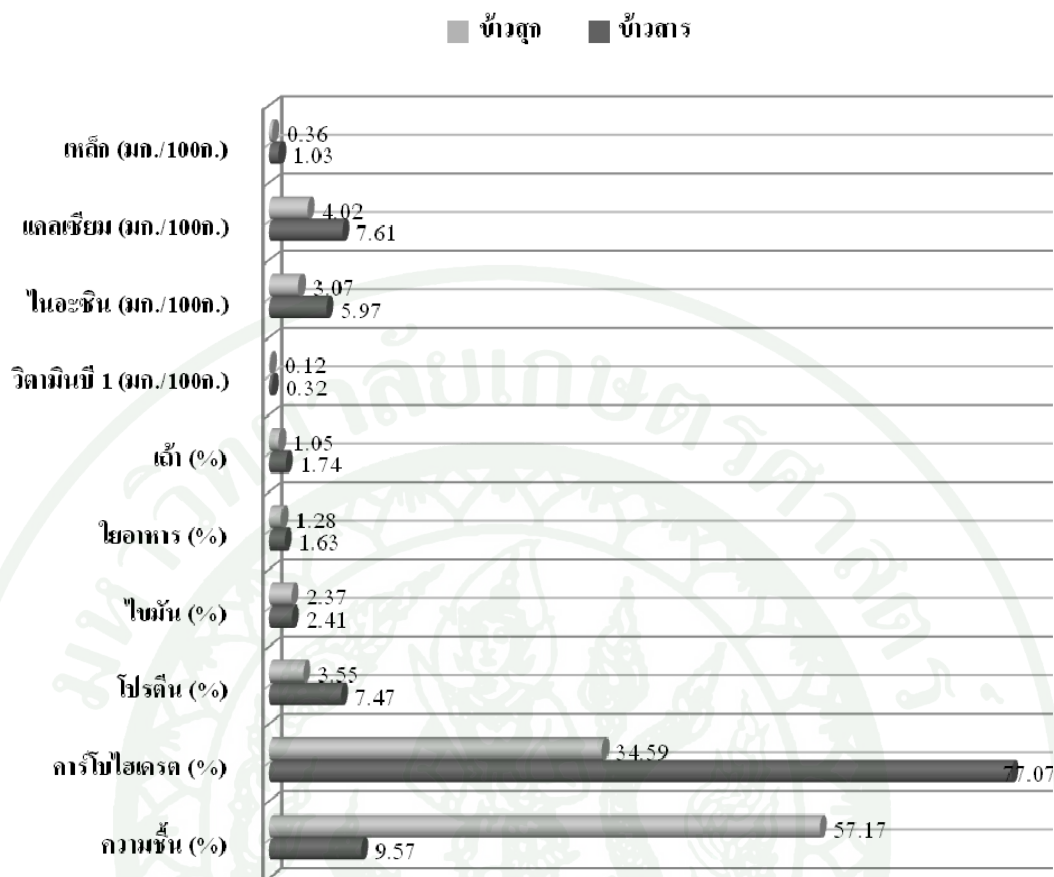
ภาพที่ 31 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องสังข์หยดเมื่อเป็นข้าวสารและเมื่อหุงสุก

ข้าวกล้องสังข์หยดเมื่อผ่านการหุงสุกทำให้คุณค่าทางโภชนาการเปลี่ยนแปลงไปดังนี้ คือ ความชื้นเพิ่มขึ้น 50.87% และสารอาหารอื่นๆลดลง ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต 44.85% โปรตีน 5.10% ไขมัน 0.91% ใยอาหาร 0.24% เส้นใย 0.58% วิตามินบี 1 0.12 มิลลิกรัม/100 กรัม ไนอะซิน 3.02 มิลลิกรัม/100 กรัม แคลเซียม 5.08 มิลลิกรัม/100 กรัม และเหล็ก 0.54 มิลลิกรัม/100 กรัม ในด้านพลังงานข้าวกล้องสังข์หยด 100 กรัม มีพลังงานรวมเป็น 364.62 กิโลแคลอรี ส่วนข้าวกล้องสังข์หยด หุงสุก มีพลังงานรวมเป็น 156.63 กิโลแคลอรี



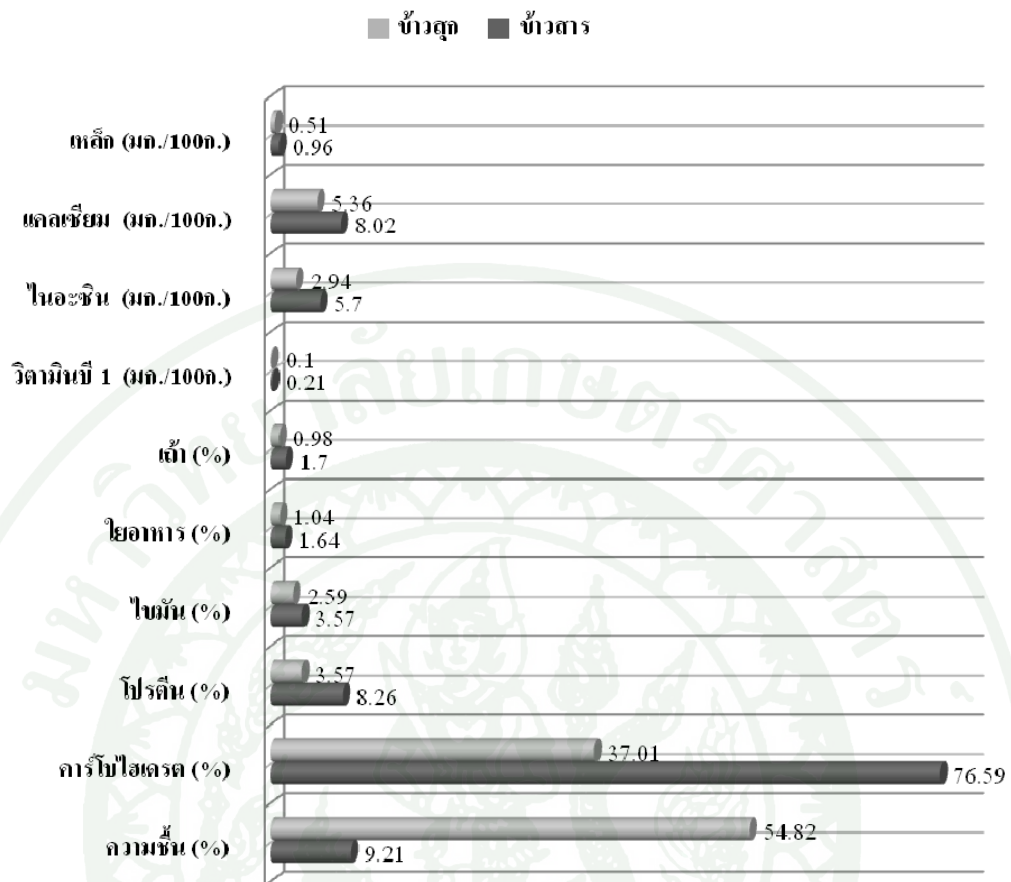
ภาพที่ 32 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องหอมนิลเมื่อเป็นข้าวสารและเมื่อหุงสุก

ข้าวกล้องหอมนิลเมื่อผ่านการหุงสุกทำให้คุณค่าทางโภชนาการเปลี่ยนแปลงไปดังนี้ คือ ความชื้นเพิ่มขึ้น 49.19% และสารอาหารอื่นๆลดลง ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต 44.71% โปรตีน 4.37% ไขมัน 0.08% ใยอาหาร 0.19% วิตามินบี 1 0.13 มิลลิกรัม/100 กรัม ไนอะซิน 3.40 มิลลิกรัม/100 กรัม แคลเซียม 5.69 มิลลิกรัม/100 กรัม และเหล็ก 0.89 มิลลิกรัม/100 กรัม ในด้านพลังงานข้าวกล้องหอมนิล 100 กรัม มีพลังงานรวมเป็น 370.43 กิโลแคลอรี ส่วนข้าวกล้องหอมนิล มีพลังงานรวมเป็น 173.39 กิโลแคลอรี



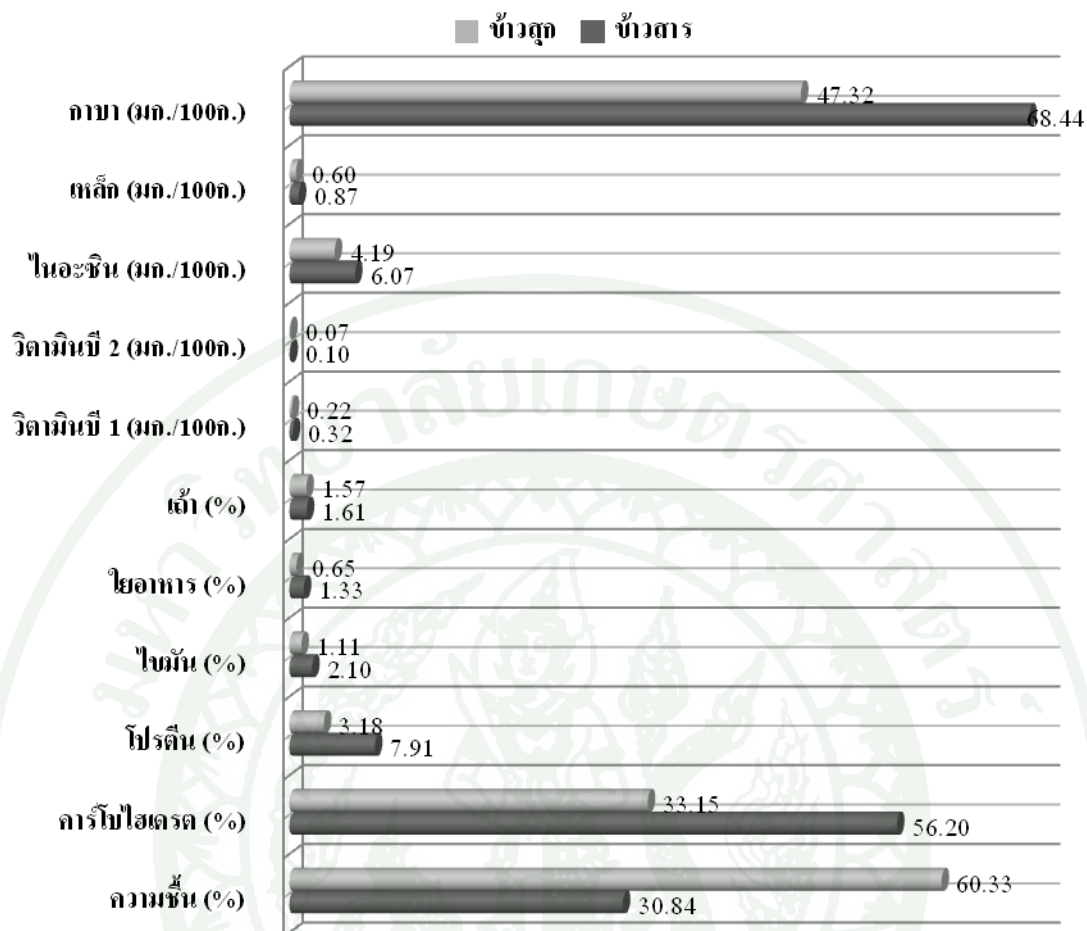
ภาพที่ 33 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องหอมมะลิเมื่อเป็นข้าวสารและเมื่อหุงสุก

ข้าวกล้องหอมมะลิเมื่อผ่านการหุงสุกทำให้คุณค่าทางโภชนาการเปลี่ยนแปลงไปดังนี้ คือ ความชื้นเพิ่มขึ้น 47.60% และสารอาหารอื่นๆลดลง ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต 42.48% โปรตีน 3.92% ไขมัน 0.04% ใยอาหาร 0.35% ไขมัน 0.69% วิตามินบี 1 0.32 มิลลิกรัม/100 กรัม ไนอะซิน 2.90 มิลลิกรัม/100 กรัม แอสช 3.59 มิลลิกรัม/100 กรัม และเหล็ก 0.67 มิลลิกรัม/100 กรัม ในด้านพลังงานข้าวกล้องหอมมะลิ 100 กรัม มีพลังงานรวมเป็น 359.85 กิโลแคลอรี ส่วนข้าวกล้องหอมมะลิหุงสุก มีพลังงานรวมเป็น 173.89 กิโลแคลอรี



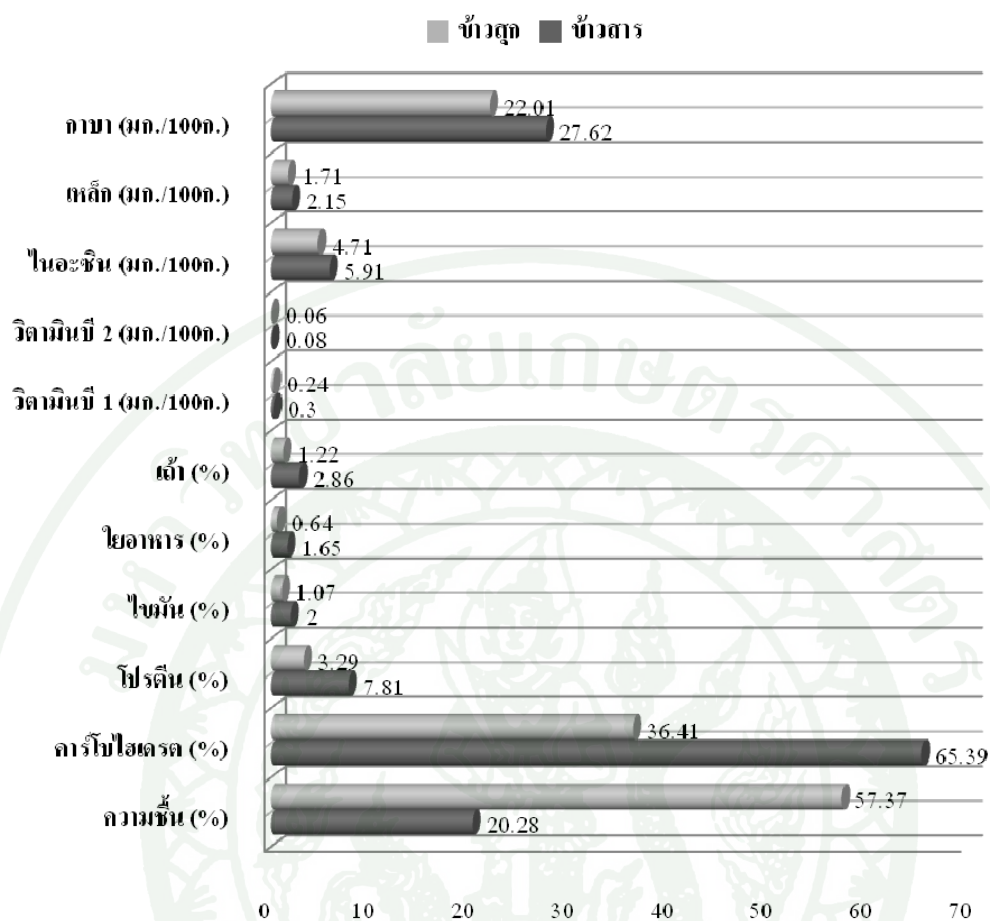
ภาพที่ 34 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องหอมมะลิแดงเมื่อเป็นข้าวสารและเมื่อหุงสุก

ข้าวกล้องหอมมะลิแดงเมื่อผ่านการหุงสุกทำให้คุณค่าทางโภชนาการเปลี่ยนแปลงไป ดังนี้ คือ ความชื้นเพิ่มขึ้น 45.61% และสารอาหารอื่นๆลดลง ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต 39.58% โปรตีน 4.69% ไขมัน 0.98% ใยอาหาร 0.60% เถ้า 0.72% วิตามินบี 1 0.11 มิลลิกรัม/100 กรัม ไนอะซิน 2.76 มิลลิกรัม/100 กรัม แคลเซียม 2.66 มิลลิกรัม/100 กรัม และเกลือ 0.45 มิลลิกรัม/100 กรัม ในด้านพลังงานข้าวกล้องหอมมะลิแดง 100 กรัม มีพลังงานรวมเป็น 371.53 กิโลแคลอรี ส่วนข้าวกล้องหอมมะลิแดงหุงสุก มีพลังงานรวมเป็น 185.63 กิโลแคลอรี



ภาพที่ 35 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องหอมมะลิออกเมื่อเป็นข้าวสารและเมื่อหุงสุก

ข้าวกล้องหอมมะลิออกเมื่อผ่านการหุงสุกทำให้คุณค่าทางโภชนาการเปลี่ยนแปลงไปดังนี้ คือ ความชื้นเพิ่มขึ้น 29.49% และสารอาหารอื่นๆลดลง ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต 23.05% โปรตีน 4.73% ไขมัน 0.99% ใยอาหาร 0.68% เถ้า 0.04% วิตามินบี 1 0.10 มิลลิกรัม/100 กรัม วิตามินบี 2 0.03 มิลลิกรัม/100 กรัม ไนอะซิน 1.88 มิลลิกรัม/100 กรัม และเหล็ก 0.27 มิลลิกรัม/100 กรัม กานา 21.12 มิลลิกรัม/100 กรัม ในด้านพลังงานข้าวกล้องหอมมะลิออก 100 กรัม มีพลังงานรวมเป็น 275.34 กิโลแคลอรี ส่วนข้าวกล้องหอมมะลิออกหุงสุก มีพลังงานรวมเป็น 155.31 กิโลแคลอรี



ภาพที่ 36 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องหอมมะลิออบเมื่อเป็นข้าวสารและเมื่อหุงสุก

ข้าวกล้องหอมมะลิออบเมื่อผ่านการหุงสุกทำให้คุณค่าทางโภชนาการเปลี่ยนแปลงไป ดังนี้ คือ ความชื้นเพิ่มขึ้น 37.09% และสารอาหารอื่นๆ ลดลง ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต 28.98% โปรตีน 4.52% ไขมัน 0.93% ใยอาหาร 1.01% เถ้า 1.64% วิตามินบี 1 0.06 มิลลิกรัม/100 กรัม วิตามินบี 2 0.02 มิลลิกรัม/100 กรัม ไนอะซิน 1.2 มิลลิกรัม/100 กรัม และเหล็ก 1.71 มิลลิกรัม/100 กรัม กาวา 5.61 มิลลิกรัม/100 กรัม ในด้านพลังงาน ข้าวกล้องหอมมะลิออบ 100 กรัม มีพลังงานรวมเป็น 310.8 กิโลแคลอรี ส่วนข้าวกล้องหอมมะลิออบหุงสุกมีพลังงานรวมเป็น 168.43 กิโลแคลอรี

เมื่อเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องก่อนและหลังการหุงสุกโดยน้ำหนัก แห่งพบว่าข้าวกล้องทั้ง 5 พันธุ์ (ตารางที่ 31) มีการเปลี่ยนแปลงของพลังงาน บี 1 ไนอะซิน และ เหล็กอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนปริมาณคาร์โบไฮเดรตลดลง 59.81% โปรตีนลดลง 6.81% ไขมันเพิ่มขึ้น 81.79% โยอาหารเพิ่มขึ้น 335.93% เถ้าเพิ่มขึ้น 32.69% ไนอะซินลดลง 0.37% และ แคลเซียมลดลง 16.60% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องพันธุ์มันปูในด้านพลังงาน โปรตีน วิตามินบี 1 และไนอะซินมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนสารอาหารอื่นๆ มีการ เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังนี้ ไขมันเพิ่มขึ้น 112.10% อาหารเพิ่มขึ้น 438.33% เถ้าเพิ่มขึ้น 72.59% แคลเซียมเพิ่มขึ้น 38.55% และเหล็กเพิ่มขึ้น 55.56%

การเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องสังข์หยดในด้านพลังงาน ไขมัน เถ้า วิตามินบี 1 ไนอะซิน แคลเซียม และเหล็ก มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนสารอาหารอื่นๆมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% คือ คาร์โบไฮเดรตลดลง 3.44% โปรตีนลดลง 8.74% และโยอาหารเพิ่มขึ้น 513.16%

การเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องหอมนิลในด้านปริมาณเถ้า ไนอะซิน แคลเซียม และธาตุเหล็ก มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนสารอาหารอื่นๆ มีการ เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% คือ พลังงานเพิ่มขึ้น 2.03% คาร์โบไฮเดรตลดลง 7.40% โปรตีนลดลง 8.59% ไขมันเพิ่มขึ้น 112.50% โยอาหารเพิ่มขึ้น 379.45% วิตามินบี 1 ลดลง 18.42%

การเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องหอมมะลิในด้านโปรตีนและเถ้ามีการ เปลี่ยนแปลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนสารอาหารอื่นๆ มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% คือพลังงานเพิ่มขึ้น 0.90% คาร์โบไฮเดรตลดลง 6.44% ไขมัน เพิ่มขึ้น 107.89% โยอาหารเพิ่มขึ้น 254.76% วิตามินบี 1 ลดลง 20% ไนอะซินเพิ่มขึ้น 8.47% แคลเซียมเพิ่มขึ้น 11.65% และธาตุเหล็กลดลง 26.32%

การเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องหอมมะลิแดงในด้านวิตามินบี 1 ในอะซิน และธาตุเหล็กมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนสารอาหารอื่นๆ มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% คือ พลังงานเพิ่มขึ้น 0.37% คาร์โบไฮเดรตลดลง 2.90% โปรตีนลดลง 13.09% ไขมันเพิ่มขึ้น 45.18% โยอาหารเพิ่มขึ้น 210.81% เถ้าเพิ่มขึ้น 16.04% และแคลเซียมเพิ่มขึ้น 34.31%

การเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องหอมมะลิแดงในด้านไขมัน โยอาหาร วิตามินบี 1 และในอะซินมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนสารอาหารอื่นๆ มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% คือพลังงานลดลง 1.66% คาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น 2.86% โปรตีนลดลง 29.87% เถ้าเพิ่มขึ้น 23.18% วิตามินบี 1 ลดลง 20% ในอะซินเพิ่มขึ้น 8.47% แคลเซียมเพิ่มขึ้น 11.65% และธาตุเหล็กลดลง 26.32% วิตามินบี 2 ลดลง 20% เหล็กลดลง 28.74% และกาบาลลดลง 78.65%

การเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องหอมมะลิแดงอบในด้านไขมัน วิตามิน บี 1 วิตามินบี 2 และในอะซินมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนสารอาหารอื่นๆ มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% คือพลังงานเพิ่มขึ้น 0.44% คาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น 1.89% โปรตีนลดลง 21.22% ไขมันเพิ่มขึ้น 107.89% โยอาหารลดลง 27.05% เถ้าเพิ่มขึ้น 10.34% ธาตุเหล็กลดลง 61.86% และกาบาลลดลง 23.96% (ตารางที่ 31)

จากผลดังกล่าวพบว่าสารอาหารบางอย่างเมื่อนำมาคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง มีการเพิ่มขึ้นอย่างมาก ซึ่งตามหลักแล้วสารอาหารต่างๆ จะลดลงหลังจากหุงสุก ทั้งนี้เนื่องมาจาก ปริมาณของสารดังกล่าวมีอยู่น้อยตั้งแต่เบื้องต้น เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงแม้เพียงเล็กน้อยก็กลายเป็น เปอร์เซ็นต์ที่มาก และการวิจัยใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กอาจส่งผลต่อผลการวิจัยจึงควรทำการวิจัย เพิ่มเติม

ตารางที่ 31 การเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้อง 5 พันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิออก และข้าวกล้องหอมมะลิออกอบ

ประเภทของข้าว		พลังงาน	คาร์โบไฮเดรต	โปรตีน	ไขมัน	ใยอาหาร	ถั่ว	ปี 1	ปี 2	ไนอะซิน	แคลเซียม	เหล็ก	กาบา	
มันปู	น.น.แห้ง	ดิบ	404.59 ^{ab}	86.81 ^b	8.76 ^b	2.48 ^a	0.60 ^a	1.35 ^a	0.23 ^a	tr	6.56 ^{ab}	8.12 ^a	0.90 ^a	-
		สุก	404.05 ^{ab}	80.69 ^{ab}	8.49 ^b	5.26 ^b	3.23 ^{bc}	2.33 ^{ab}	0.25 ^{ab}	tr	6.37 ^b	11.25 ^b	1.40 ^c	-
		ต่าง	-0.54	-6.12*	-0.27	2.78*	2.63*	0.98*	0.02	tr	-0.19	3.13*	0.50*	-
		%	-0.13	-7.05	-3.08	112.10	438.33	72.59	8.70	-2.90	38.55	55.56	-	-
	น.น.เปียก	ดิบ	361.17 ^a	77.32 ^a	7.92 ^b	2.24 ^a	1.71 ^b	1.22 ^a	0.21 ^a	tr	5.93 ^{ab}	7.34 ^a	0.81 ^a	-
		สุก	164.14 ^{bc}	35.06 ^{ab}	3.68 ^d	2.29 ^b	1.40 ^{bc}	1.01 ^{ab}	0.11 ^{ab}	tr	2.76 ^b	4.88 ^c	0.61 ^c	-
		ต่าง	-197.03*	-42.26*	-4.24*	0.05	-0.31*	-0.21	-0.1*	tr	-3.17*	-2.46*	-0.2*	-
		%	-54.55	-54.66	-53.54	2.23	-18.13	-17.21	-47.62	-53.46	-33.51	-24.69	-	-
ตั้งหยอด	น.น.แห้ง	ดิบ	403.93 ^{ab}	85.87 ^{ab}	9.38 ^d	2.55 ^a	0.38 ^a	1.82 ^a	0.25 ^b	tr	5.50 ^a	9.82 ^a	1.04 ^a	-
		สุก	397.56 ^a	82.92 ^c	8.56 ^b	3.52 ^a	2.33 ^a	2.68 ^b	0.28 ^{ab}	tr	4.93 ^a	9.58 ^a	1.01 ^{ab}	-
		ต่าง	-6.37	-2.95*	-0.82*	0.97	1.95*	0.86	0.03	tr	-0.57	-0.24	-0.03	-
		%	-1.58	-3.44	-8.74	38.04	513.16	47.25	12.00	-10.36	-2.44	-2.88	-	-
	น.น.เปียก	ดิบ	361.34 ^a	76.69 ^a	8.47 ^d	2.30 ^a	1.16 ^a	1.64 ^a	0.23 ^b	tr	4.96 ^a	8.85 ^a	0.94 ^a	-
		สุก	149.67 ^a	32.66 ^a	3.37 ^b	1.39 ^a	0.92 ^a	1.06 ^b	0.11 ^{ab}	tr	1.94 ^a	3.77 ^a	0.40 ^a	-
		ต่าง	-211.67*	-44.03*	-5.1*	-0.91*	-0.24*	-0.58	-0.12*	tr	-3.02*	-5.08*	-0.54*	-
		%	-58.58	-57.41	-60.21	-39.57	-20.69	-35.37	-52.17	-60.89	-57.40	-57.45	-	-

ตารางที่ 31 (ต่อ)

		ประเภทของข้าว	พลังงาน	คาร์โบไฮเดรต	โปรตีน	ไขมัน	ใยอาหาร	เถ้า	ปี 1	ปี 2	ไนอะซิน	แคลเซียม	เหล็ก	กาวา
หอมנית	นน.แห้ง	ดิบ	407.59 ^{bc}	85.52 ^{ab}	8.27 ^a	3.60 ^b	0.73 ^a	1.87 ^a	0.38 ^d	tr	6.99 ^b	12.40 ^b	1.64 ^b	-
		สุก	415.87 ^c	79.19 ^a	7.56 ^a	7.65 ^c	3.50 ^c	2.09 ^a	0.31 ^b	tr	7.08 ^{cd}	13.40 ^c	1.44 ^c	-
		ต่าง	8.28*	-6.33*	-0.71*	4.05*	2.77*	0.22	-0.07*	tr	0.09	1.00	-0.20	-
		%	2.03	-7.40	-8.59	112.50	379.45	11.76	-18.42		1.29	8.06	-12.20	-
	นน.เปียก	ดิบ	366.43 ^a	76.73 ^a	7.52 ^a	3.27 ^b	1.65 ^b	1.70 ^a	0.35 ^d	tr	6.35 ^b	11.27 ^b	1.49 ^b	-
		สุก	157.43 ^{ab}	33.02 ^a	3.15 ^a	3.19 ^c	1.46 ^c	0.87 ^a	0.13 ^c	tr	2.95 ^c	5.58 ^c	0.60 ^c	-
		ต่าง	-209.00*	-43.71*	-4.37*	-0.08	-0.19*	-0.83*	-0.22*	tr	-3.4*	-5.69*	-0.89*	-
		%	-57.04	-56.97	-58.11	-2.45	-11.52	-48.82	-62.86		-53.54	-50.49	-59.73	-
หอมมะลิ	นน.แห้ง	ดิบ	402.30 ^a	86.32 ^b	8.26 ^a	2.66 ^a	0.84 ^a	1.92 ^a	0.35 ^c	tr	6.61 ^{ab}	8.41 ^a	1.14 ^a	-
		สุก	405.93 ^b	80.76 ^{ab}	8.29 ^{ab}	5.53 ^b	2.98 ^b	2.45 ^{ab}	0.28 ^{ab}	tr	7.17 ^d	9.39 ^a	0.84 ^a	-
		ต่าง	3.63*	-5.56*	0.03	2.87*	2.14*	0.53	-0.07*	tr	0.56*	0.98*	-0.30*	-
		%	0.90	-6.44	0.36	107.89	254.76	27.60	-20.00		8.47	11.65	-26.32	-
	นน.เปียก	ดิบ	360.29 ^a	77.18 ^a	7.47 ^a	2.41 ^a	1.63 ^b	1.74 ^a	0.32 ^c	tr	5.97 ^{ab}	7.61 ^a	1.03 ^a	-
		สุก	162.04 ^{abc}	34.59 ^{ab}	3.55 ^c	2.37 ^b	1.28 ^b	1.05 ^b	0.12 ^{ab}	tr	3.07 ^d	4.02 ^b	0.36 ^a	-
		ต่าง	-198.25*	-42.59*	-3.92*	-0.04	-0.35*	-0.69*	-0.2*	tr	-2.9*	-3.59*	-0.67*	-
		%	-55.03	-55.18	-52.48	-1.66	-21.47	-39.66	-62.50		-48.58	-47.17	-65.05	-

ตารางที่ 31 (ต่อ)

ประเภทของข้าว		พลังงาน	คาร์โบไฮเดรต	โปรตีน	ไขมัน	ใยอาหาร	ถั่ว	บี 1	บี 2	ไนอะซิน	แคลเซียม	เหล็ก	กาบา	
หอมมะลิแดง	นน.แห้ง	ดิบ	409.24 ^c	84.36 ^a	9.09 ^c	3.94 ^b	0.74 ^a	1.87 ^a	0.22 ^a	tr	6.28 ^{ab}	8.83 ^a	1.05 ^a	-
		สุก	410.76 ^{bc}	81.91 ^{bc}	7.90 ^{ab}	5.72 ^b	2.30 ^a	2.17 ^a	0.22 ^a	tr	6.51 ^{bc}	11.86 ^b	1.13 ^b	-
		ต่าง	1.52*	-2.45*	-1.19*	1.78*	1.56*	0.30*	-0.07	tr	0.23	3.03*	0.08	-
		%	0.37	-2.90	-13.09	45.18	210.81	16.04	-31.82		3.66	34.31	7.62	-
	นน.เปียก	ดิบ	367.61 ^a	75.61 ^a	8.26 ^c	3.57 ^b	1.64 ^b	1.70 ^a	0.21 ^a	tr	5.70 ^{ab}	8.02 ^a	0.96 ^a	-
		สุก	172.67 ^c	37.01 ^b	3.57 ^c	2.59 ^{bc}	1.04 ^a	0.98 ^{ab}	0.10 ^a	tr	2.94 ^c	5.36 ^d	0.51 ^b	-
		ต่าง	-194.94*	-38.6*	-4.69*	-0.98*	-0.6*	-0.72*	-0.11*	tr	-2.76*	-2.66*	-0.45*	-
		%	-53.03	-51.05	-56.78	-27.45	-36.59	-42.35	-52.38		-48.42	-33.17	-46.88	-
รวม	%นน.แห้ง	0.32	-59.81*	-6.78*	81.79*	335.93*	32.69*	-6.65		0.37	16.60*	0.85	-	
	%นน.เปียก	-55.64*	-55.06*	-56.29*	-14.33*	-21.84*	-37.88*	-56.38*		-52.76*	-45.20*	-52.63*	-	

ตารางที่ 31 (ต่อ)

ประเภทของข้าว	พลังงาน	คาร์โบไฮเดรต	โปรตีน	ไขมัน	ใยอาหาร	เถ้า	ปี 1	ปี 2	ไนอะซิน	แคลเซียม	เหล็ก	กาบา		
หอมมะลิดิบนน. แห้ง	402.30 ^c	86.32 ^b	8.26 ^a	2.66 ^a	0.84 ^a	1.92 ^a	0.35 ^a	0.05 ^a	6.61 ^b	-	1.14 ^b	2.38 ^a		
หอมมะลิดิบนน. เปียก	363.81 ^c	78.07 ^c	7.47 ^a	2.41 ^b	0.76 ^a	1.74 ^a	0.30 ^c	0.04 ^a	3.73 ^a	-	1.17 ^b	2.15 ^a		
หอมมะลิส่งออก	นน.แห้ง	ดิบ	398.21 ^b	81.26 ^a	11.45 ^c	3.04 ^b	1.92 ^b	2.33 ^b	0.32 ^a	0.10 ^c	6.07 ^a	-	0.87 ^a	68.44 ^c
		สุก	391.61 ^a	83.58 ^b	8.03 ^a	2.80 ^a	1.65 ^a	2.87 ^a	0.22 ^a	0.08 ^a	5.54 ^a	-	0.62 ^a	14.61 ^a
		ต่าง	-6.60*	2.32*	-3.42*	-0.24	-0.27	0.54*	-0.1	-0.02*	-0.53	-	-0.25*	-53.83*
		%	-1.66	2.86	-29.87	-7.89	-14.06	23.18	-31.25	-20.00	-8.73	-	-28.74	-78.65
	นน.เปียก	ดิบ	275.38 ^a	56.20 ^a	7.91 ^c	2.10 ^a	1.33 ^b	1.61 ^a	0.21 ^a	0.07 ^c	4.21 ^b	-	0.57 ^a	47.72 ^c
		สุก	155.31 ^a	33.15 ^a	3.18 ^a	1.11 ^a	0.65 ^a	1.57 ^c	0.09 ^a	0.03 ^a	2.20 ^a	-	0.25 ^a	5.81 ^a
		ต่าง	-120.07	-23.05	-4.73	-0.99	-0.68	-0.04	-0.12	-0.04	-2.01	-	-0.32	-41.91
		%	-43.60	-41.01	-59.80	-47.14	-51.13	-2.48	-57.14	-57.14	-47.74	-	-56.14	-87.82

ตารางที่ 31 (ต่อ)

หอมมะลิงอกอบ	นน.แห้ง	ดิบ	389.91 ^a	82.03 ^a	9.80 ^b	2.51 ^a	2.07 ^b	3.58 ^c	0.30 ^a	0.08 ^b	5.91 ^a	-	2.15 ^c	27.63 ^b
		สุก	391.61 ^a	83.58 ^c	7.72 ^a	2.50 ^a	1.51 ^a	3.95 ^b	0.26 ^a	0.09 ^a	5.83 ^a	-	0.82 ^a	21.01 ^b
		ต่าง	1.70*	1.55*	-2.08*	-0.01	-0.56*	0.37*	-0.04	0.01	-0.08	-	-1.33*	-6.62*
		%	0.44	1.89	-21.22	-0.40	-27.05	10.34	-13.33	12.50	-1.35	-	-61.86	-23.96
	นน.เปียก	ดิบ	310.83 ^b	65.39 ^b	7.81 ^b	2.00 ^a	1.65 ^b	2.86 ^b	0.26 ^b	0.06 ^b	4.74 ^c	-	1.72 ^c	22.35 ^b
		สุก	168.43 ^b	36.41 ^b	3.29 ^b	1.07 ^a	0.64 ^a	1.22 ^b	0.11 ^b	0.04 ^b	2.48 ^b	-	0.35 ^{ab}	8.96 ^b
		ต่าง	-142.4	-28.98	-4.52	-0.93	-1.01	-1.64	-0.15	-0.02	-2.26	-	-1.37	-13.39
		%	-45.81	-44.32	-57.87	-46.50	-61.21	-57.34	-57.69	-33.33	-47.68	-	-79.65	-59.91

ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งในแถวที่มีสีเดียวกันหมายความว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ *หมายความว่าข้าวกล้องสุกและข้าวกล้องดิบพันธุ์นั้นีสารอาหารแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ tr หมายถึงมีค่าน้อยมาก

สรุป

การวิจัยในครั้งนี้ได้ศึกษาคุณภาพทางด้านกายภาพและทางเคมีของข้าวกล้อง 5 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวกล้องมันปู สังกข์หยด หอมนิล หอมมะลิ และหอมมะลิแดง ศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการหุงข้าวกล้อง ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณน้ำที่ใช้ในการหุงข้าวกล้อง ประกอบความน้ำหนักเมล็ด ขนาดรูปร่างของเมล็ด ความคงตัวของเมล็ดแป้งสุก การขยายตัวของเมล็ดข้าว และปริมาณเอนไซม์ และศึกษาเปรียบเทียบคุณค่าของสารอาหารและพลังงานของข้าวกล้องก่อนและหลังการหุงสุก และศึกษาปริมาณสารภายในข้าวกล้องหอมมะลิออก สรุปผลดังนี้

1. คุณภาพทางกายภาพของข้าวกล้อง

1.1 น้ำหนักเมล็ดข้าวกล้อง

ข้าวกล้อง 5 พันธุ์มี น้ำหนัก 100 เมล็ดอยู่ในช่วง 1.52-2.08 กรัม โดยข้าวกล้องหอมมะลิมีน้ำหนักมากที่สุดและข้าวกล้องสังข์หยดมีน้ำหนักน้อยที่สุด ข้าวกล้องหอมมะลิและข้าวกล้องมันปูมีน้ำหนักไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับข้าวกล้องหอมนิล ข้าวกล้องหอมมะลิแดง และข้าวกล้องสังข์หยด

1.2 ขนาดและรูปร่างของเมล็ด

ของข้าวกล้องมันปู สังกข์หยด หอมนิล หอมมะลิ และหอมมะลิแดงมีความยาว ความกว้าง และอัตราส่วนของความยาวต่อความกว้างมากกว่าข้าวกล้องสังข์หยดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และข้าวกล้องทั้ง 4 พันธุ์ดังกล่าวเป็นข้าวเมล็ดยาว ส่วนข้าวกล้องสังข์หยดจัดเป็นข้าวเมล็ดยาวปานกลาง

1.3 ความคงตัวของแป้งสุก

ข้าวกล้องหอมมะลิแดงมีระยะทางไหลของแป้งสูงมากที่สุด (54.33 มิลลิเมตร) และจัดเป็นข้าวที่มีความแข็งปานกลางเช่นเดียวกับข้าวกล้องหอมนิล ข้าวกล้องมันปู ข้าวกล้องหอมมะลิ

ส่วนข้าวกล้องสังข์หยดมีระยะทางไหลของแป้งสุกน้อยที่สุด (25.33 มิลลิเมตร) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และจัดเป็นข้าวที่มีความแข็ง

1.4 การขยายตัวของเมล็ดข้าว

ข้าวกล้องสังข์หยดมีอัตราการขยายตัวของเมล็ดข้าวมากที่สุด (2.32) ส่วนข้าวกล้องหอมมะลิแดงมีอัตราการขยายตัวของเมล็ดข้าวน้อยที่สุด (2.05) แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

2. คุณภาพทางเคมีของข้าวกล้อง

2.1 ปริมาณโมโนแซต

ข้าวกล้องสังข์หยดและข้าวกล้องมันปูมีปริมาณโมโนแซตมากที่สุด (13.67%) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับข้าวกล้องหอมมะลิแดง ข้าวกล้องหอมนิล และข้าวกล้องหอมมะลิโดยข้าวกล้องหอมมะลิมีปริมาณโมโนแซตน้อยที่สุด (8.33%)

2.2 คุณค่าทางโภชนาการ

ข้าวกล้อง 5 พันธุ์มีปริมาณสารอาหารต่อ 100 กรัม ดังนี้ คือ มีพลังงานอยู่ระหว่าง 360.29-367.61 กิโลแคลอรี ข้าวกล้องที่ให้พลังงานมากที่สุด คือ ข้าวกล้องหอมมะลิแดง ข้าวกล้องที่ให้พลังงานน้อยที่สุด คือ ข้าวกล้องหอมมะลิ ความชื้น 9.12-9.74 กรัม ข้าวกล้องที่มีความชื้นสูงที่สุด คือ ข้าวกล้องสังข์หยด ข้าวกล้องที่มีความชื้นน้อยที่สุด คือ ข้าวกล้องหอมนิล คาร์โบไฮเดรต 75.61-77.32 กรัม ข้าวกล้องที่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุดคือ ข้าวกล้องมันปู ข้าวกล้องที่มีคาร์โบไฮเดรตน้อยที่สุด คือ ข้าวกล้องหอมมะลิแดง โปรตีน 7.47-8.47 กรัม ข้าวกล้องที่มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด คือ ข้าวกล้องสังข์หยด ข้าวกล้องที่มีโปรตีนน้อยที่สุด คือ ข้าวกล้องหอมมะลิไขมัน 2.24-3.57 กรัม ข้าวกล้องที่มีปริมาณไขมันสูงที่สุด คือ ข้าวกล้องหอมมะลิแดง ข้าวกล้องที่มีไขมันน้อยที่สุด คือ ข้าวกล้องหอมนิล โยอาหาร 1.16-1.71 กรัม ข้าวกล้องที่มีปริมาณโยอาหารสูงที่สุด คือ ข้าวกล้องมันปู ข้าวกล้องที่มีโยอาหารน้อยที่สุด คือ ข้าวกล้องสังข์หยด เถ้า 1.22-1.74 กรัม ข้าวกล้องที่มีปริมาณเถ้าสูงที่สุด คือ ข้าวกล้องหอมมะลิ ข้าวกล้องที่มีเถ้าน้อยที่สุดคือข้าวกล้องมันปู วิตามินบี 1 0.21-0.35 มิลลิกรัม ข้าวกล้องที่มีปริมาณวิตามินบี 1 สูงที่สุด คือ ข้าวกล้องหอม

นิต ข้าวกล้องที่มีวิตามินบี 1 น้อยที่สุด คือ ข้าวกล้องมันปูและข้าวกล้องหอมมะลิแดง ในอะซิน 4.96-6.35 มิลลิกรัม ข้าวกล้องที่มีปริมาณในอะซินสูงที่สุด คือ ข้าวกล้องหอมนิล ข้าวกล้องที่มีในอะซินน้อยที่สุด คือ ข้าวกล้องสังข์หยด แคลเซียม 7.34-8.85 มิลลิกรัม ข้าวกล้องที่มีปริมาณแคลเซียมสูงที่สุด คือ ข้าวกล้องหอมนิล ข้าวกล้องที่มีแคลเซียมน้อยที่สุด คือ ข้าวกล้องหอมมะลิ และเหล็ก 0.81-1.03 มิลลิกรัม ข้าวกล้องที่มีปริมาณเหล็กสูงที่สุด คือ ข้าวกล้องหอมนิล ข้าวกล้องที่มีเหล็กน้อยที่สุด คือ ข้าวกล้องมันปูในด้านความชื้นและคาร์โบไฮเดรตไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่สารอาหารชนิดอื่นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างบางพันธุ์

2.3 ปริมาณสารกาบา

ปริมาณสารกาบาในข้าวกล้องหอมมะลิเท่ากับ 2.15 มิลลิกรัม/ 100 กรัม เมื่อเพาะเป็นข้าวกล้องหอมมะลิกอกมีสารกาบาเพิ่มขึ้นเป็น 47.72 มิลลิกรัมในข้าวกล้องหอมมะลิกอกสด และ 22.35 มิลลิกรัมในข้าวกล้องหอมมะลิกอกอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง พบว่าปริมาณสารกาบามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของตัวอย่างข้าวกล้องทั้ง 3 ชนิด

3. ปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการหุงข้าวกล้อง

การทดสอบการหุงข้าวกล้อง 300 กรัม ด้วยปริมาณข้าวต่อน้ำโดยน้ำหนักเท่ากับ 1:1.7 1:2 และ 1:2.2 และทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวสุก (ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นมีหอม ไม่มีกลิ่นอับ รสชาติ ความนุ่ม และความชอบรวม) โดยผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ที่อายุตั้งแต่ 20 ปีขึ้นไป ปริมาณน้ำที่ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุด คือ อัตราส่วน 1:2 และ 1:2.2 โดยอัตราส่วน 1:2.2 ได้รับคะแนนความชอบรวมมากที่สุดสำหรับข้าวกล้องหอมมะลิ ข้าวกล้องมันปู และข้าวกล้องสังข์หยด แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับอัตราส่วน 1:2 และสำหรับข้าวกล้องหอมนิล ข้าวกล้องหอมมะลิแดง ข้าวกล้องหอมมะลิกอกสด ข้าวกล้องหอมมะลิอบแห้งไม่พบความแตกต่างทางสถิติของอัตราน้ำทั้งสามส่วนพบว่าความนุ่มเป็นลักษณะเดียวที่มีความสัมพันธ์กับความชอบรวม

4. ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการหุงข้าวกล้อง

การศึกษาปัจจัยคุณภาพทางกายภาพของน้ำหนักเมล็ดข้าวกล้อง ขนาดและรูปร่างของเมล็ด ความคงตัวของแป้งสุก การขยายตัวของเมล็ดข้าว และคุณภาพทางเคมีของปริมาณอไมโลสต่อปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการหุงข้าวกล้องพบว่าปริมาณอไมโลสเป็นปัจจัยเดียวที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการหุงข้าวกล้อง และวิเคราะห์หาสมการการคาดคะเนปริมาณน้ำจากปริมาณอไมโลสด้วยสมการ Linear Regression ได้ดังนี้

$$W = 1.813 + 0.02A \quad \text{โดยมีค่า } R^2 = 0.28^{**}$$

เมื่อ W = อัตราส่วนของน้ำต่อข้าว 1 ส่วน
 A = ปริมาณอไมโลส

5. เปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการและปริมาณสารกาบาของข้าวกล้องและข้าวกล้องหอมมะลิ งอกก่อนและหลังหุงสุกโดยน้ำหนักแห้ง

คุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องก่อนและหลังการหุงสุกโดยน้ำหนักแห้งพบว่าข้าวกล้องทั้ง 5 พันธุ์มีการเปลี่ยนแปลงของพลังงาน บี 1 ไนอะซิน และเหล็กอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนปริมาณคาร์โบไฮเดรตลดลง 59.81% โปรตีนลดลง 6.81% ไขมันเพิ่มขึ้น 81.79% ใยอาหารเพิ่มขึ้น 335.93% เกล็ดเพิ่มขึ้น 32.69% ไนอะซินลดลง 0.37% และแคลเซียมลดลง 16.60% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ข้าวกล้องหอมมะลิ งอกเมื่อหุงสุกมีสารกาบาลดลง 78.65% ส่วนข้าวกล้องหอมมะลิ งอกอบเมื่อหุงสุกสารกาบาลดลง 23.96%

ข้อเสนอแนะ

1. ปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการหุงข้าวกล้อง 5 พันธุ์มีผลสอดคล้องกัน คือ ที่ระดับ 1: 2 และ 1: 2.2 ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการหุงข้าวกล้องสำหรับการบริโภค เพื่อให้ผู้บริโภคยอมรับข้าวกล้องมากยิ่งขึ้น

2. สมการทำนายปริมาณน้ำที่เหมาะสมจากปริมาตรโมลของข้าวที่ได้จากการวิจัยยังมีค่า R^2 ต่ำ ดังนั้นควรมีการศึกษาเพิ่มเติมมากขึ้นเพื่อใช้ประโยชน์ในการแนะนำการหุงข้าวสำหรับข้าวกล้องพันธุ์ใหม่ๆ ที่จะมีมากขึ้น

3. การเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องก่อนหุงและหลังหุงสุกพบว่ายังมีความแตกต่างระหว่างพันธุ์ ซึ่งควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงปัจจัยอื่นที่จะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสารอาหารดังกล่าว

4. ข้าวกล้องงอกพบว่ามีสารกาบาเพิ่มขึ้นมากจากข้าวกล้องที่ไม่ได้เพาะงอก ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาการใช้ประโยชน์ของข้าวกล้องงอกในอาหารให้หลากหลายมากยิ่งขึ้น

5. ข้าวกล้องหุงสุกพบว่าจะแข็งตัวในเวลารวดเร็ว ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาการเก็บรักษาข้าวกล้องที่หุงสุกแล้วให้มีความนุ่มนานมากยิ่งขึ้นทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการบริโภคและในการทดสอบทางประสาทสัมผัส

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. ม.ป.ป. **ความรู้เรื่องข้าว**. แหล่งที่มา:

<http://www.ricethailand.go.th>, 15 ธันวาคม 2551.

กรมการส่งเสริมการเกษตร. ม.ป.ป. **ข้าวดอกมะลิ 105**. [PDF]. แหล่งที่มา:

<http://www.doae.go.th/>, 15 ธันวาคม 2551.

เครือวัลย์ อัดตะวิริยะสุข. 2536. คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพและการแปรสภาพเมล็ด. ในเอกสารประกอบการบรรยายฝึกอบรมหลักสูตรวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว ณ ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

งามชื่น คงเสรี. 2536. **ข้าวและผลิตภัณฑ์ข้าว**. กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

_____. 2537. ศักยภาพข้าวไทยสู่การแปรรูป. ในรายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 32 (สาขาอุตสาหกรรมเกษตร). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2547. **คุณภาพข้าวและการตรวจสอบข้าวปนในข้าวหอมมะลิไทย**. จิรวัดน์เอ็กเพรส, กรุงเทพฯ.

จินตนา อุปดิศสกุล. 2551. **คุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวเจ้าเมล็ดยาวหุงสุกพันธุ์ต่างๆ ที่หุงต้มด้วยวิธีต่างๆ และข้าวเจ้าเมล็ดยาวยี่ห้อต่างๆ ในประเทศไทย**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ณริศา สัตโกวิท. 2550. **การศึกษาลักษณะทางจีโนไทป์และฟีโนไทป์ของยีน Metallothionein กลายในข้าวเจ้าหอมนิล**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ณัฐภูมิ สุดแก้ว. 2550. **หอมนิลไรซ์เบอร์รี่สีนวลเมล็ดพันธุ์ข้าวโภชนาการสูงอาหารเลิศค่าและยาเลิศคุณ**. *เกษตรกรรมธรรมชาติ* 10, 6 (มิถุนายน): 29-41.

ณัฐภูมิ สุกแก้ว. 2551. การทำข้าววงออกอารมณ์ดีกินเอง. แหล่งที่มา: เกษตรกรรมธรรมชาติ
11, 7 (กรกฎาคม): 11-13.

_____. 2551. ขั้นตอนการเพาะข้าวกล้องหอมมะลิอกรัม. เกษตรกรรมธรรมชาติ
11, 12 (ธันวาคม): 28.

ดวงกมล เริ่มตระกูล. 2551. ข้าวสังข์หยดพัทลุง. แหล่งที่มา: <http://www.riceproduct.org>,
6 กุมภาพันธ์ 2552.

พลกฤษณ์ วิมุกติพันธุ์. 2547. การผลิตข้าวผัดแช่เยือกแข็ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พัชรี ตั้งตระกูล. 2550. GABA ในคัพพะข้าวและข้าวกล้องหอมมะลิอกรัม วารสารอาหาร
37 (4): 291-296.

พีชชา จิรธรรมกิจกุล. 2541. ผลของสภาวะการเก็บรักษาต่อคุณภาพข้าวกล้อง. วิทยานิพนธ์
ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มูลนิธิข้าวไทยในพระบรมราชูปถัมภ์. 2549. การบริโภคข้าว. แหล่งที่มา: <http://www.thairice.org>,
12 ธันวาคม 2551.

วีระศักดิ์ หอมสมบัติ. 2543. ข้าวกล้อง. เอกสารประกอบการจัดงานอุตสาหกรรมข้าว.
กรมวิชาการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. จันทน์นิมิต, จันทบุรี.

วัชระ ภูรีวิโรจน์กุล. 2548. เอกสารวิชาการข้าว. พิมพ์ครั้งที่ 2. ดอกเบี๋ย, กรุงเทพฯ.

วันชัย ตันติวิทยาพิทักษ์. 2541. ข้าวไทย: รสชาติ เมล็ดพันธุ์ และการเดินทาง. นิตยสารสารคดี
14 (163): 114-132.

วินัย ตะลันท์. 2547. **อาหารต้านอนุมูลอิสระ**. แหล่งที่มา: <http://www.elib-online.com/doctors48/food>, 15 มีนาคม 2552.

เทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี, สมเด็จพระ. 2538. **ข้าวไทยไปญี่ปุ่น**. อัมรินทร์ พรินด์ิ่ง แอนด์พับลิชซิง, กรุงเทพฯ.

สถาบันวิจัยข้าวกรมวิชาการเกษตร. 2542. **ข้าวกล้อง**. ฟีนนี่พับลิชชิ่ง, กรุงเทพฯ.

สุธยา พิมพ์พิไล. 2549. **การศึกษากกรรมวิธีการผลิตข้าวหอมมะลิแดงแบบหุงสุกเร็ว**. รายงานการวิจัยมหาวิทยาลัยแม่โจ้.

สุนันทา วงศ์ปิยะชน และคณะ. 2549. **คุณค่าทางโภชนาการข้าวสังข์หยดพัทลุง**. [PDF]. แหล่งที่มา: <http://www.moc.go.th/>, 20 กุมภาพันธ์ 2552.

สำนักพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าว. 2550. **ข้าวสังข์หยดเมืองพัทลุงข้าวจีไอพันธุ์แรกของไทย**. แหล่งที่มา: <http://www.riceproduct.org/>, 15 ธันวาคม 2551.

สำนักเมล็ดพันธุ์ข้าวแพร่. มปป. **ข้าวมันปู**. แหล่งที่มา: <http://seedcenter14.doae.go.th/rfsc/manpoo.htm>, 15 ธันวาคม 2551.

เอกสงวน ชูวิสิฐกุล. 2542. **ข้าวกล้อง**. ฟีนนี่พับลิชชิ่ง, กรุงเทพฯ.

อรอนงค์ วินัยกุล. 2550. **ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. พิมพ์ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อรอนงค์ วินัยกุล. 2538. **เคมีทางอาหาร**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ:

อบเชย วงศ์ทอง และชนิษฐา พูลผลกุล. 2544. **หลักการประกอบอาหาร**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อัญชลี ประเสริฐศักดิ์ และคณะ. 2550. ความมีชีวิตและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของข้าวกล้อง.
วารสารวิชาการข้าว. 1, 1 (กันยายน – ธันวาคม): 65-71.

IRRI. 1996. Standard Evaluation System for Rice. 4th ed. Manila: International Rice research
Institute.

Bower, J. A. 2009. **Statistical methods for food science**: introduces for the food practitioner.
Oxford: Blackwell Pub.

Juliano, B. O. 1973. **Grain quality evaluation of world rices**. Manila: The International Rice
Research Institute.

_____. 1993. **Rice In Human Nutrition**. Rome: International Rice Research Institute.

Norusis, M. J. 2008. **SPSS 16.0 guide to data analysis**. Upper Saddle River: Prentice Hall.

Shoichi, Ito. 2004. **Maketing of Value-added Rice Products in Japan: Germinated Brown
Rice and Rice Bread**. FAO Rice Conference04. Rome.





การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ ประกอบด้วย การชั่งน้ำหนัก 100 เมล็ด การวัดขนาด และรูปร่างของเมล็ด การวัดค่าความคงตัวของแป้งสุก และการวัดค่าการขยายตัวของเมล็ดข้าวสุก มีวิธีการดังนี้

1. ชั่งน้ำหนักเมล็ดข้าว ข้าวเป็นธัญพืชที่มีเมล็ดขนาดเล็ก มีน้ำหนักเบา การชั่งน้ำหนักข้าว ทำได้โดยคัดข้าวเต็มเมล็ดจำนวน 100 เมล็ด มาชั่งน้ำหนักได้เป็นน้ำหนัก/ 100เมล็ด (งามชื่น, 2547)

2. ขนาดและรูปร่างเมล็ดข้าว ทำได้โดยเลือกเมล็ดข้าวที่มีความยาวสมบูรณ์ 10 เมล็ด แล้ววัดความยาว ความกว้าง และความหนาของเมล็ดข้าว คำนวณค่าเฉลี่ย คำนวณอัตราส่วน ระหว่างความยาวต่อความกว้างของเมล็ด (L/W ratio) และจำแนกขนาดของเมล็ด ตามหลักการ จำแนก คือ ข้าวที่มีสัดส่วนความยาวต่อความกว้างเมล็ดน้อยกว่า 2.00 จัดเป็นข้าวเมล็ดป้อม ส่วน ข้าวที่มีสัดส่วนความยาวต่อความกว้าง มากกว่า 3.00 จัดเป็นข้าวเมล็ดเรียวยาว (เครือวัลย์, 2536)

3. การขยายตัวของเมล็ดข้าว ทำได้โดยการชั่งสารตัวอย่างจำนวน 10 กรัม ในหลอดทดลองขนาด 200 มิลลิลิตร วัดความสูงของข้าวดิบ 5 จุด โดยรอบหลอด เติมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร ปิดปากหลอดด้วยฟอยล์ แล้วต้มในน้ำเดือดนาน 20 นาที โดยระดับน้ำที่ต้มต้องสูงกว่าระดับน้ำในหลอดทดลอง ที่ให้เย็นและวัดความสูงของข้าวสุก 5 จุดรอบหลอด นำค่าที่วัดได้มาหาค่าการขยาย ปริมาตร(งามชื่น, 2536)

$$\text{การขยายปริมาตร} = \frac{\text{ความสูงของข้าวสุก (เฉลี่ย)}}{\text{ความสูงของข้าวสาร(เฉลี่ย)}}$$



ภาพผนวกที่ ก1 การขยายตัวของเมล็ดข้าว 5 พันธุ์

4. ความคงตัวของแป้งสุก หาได้โดยการบดเมล็ดข้าวโดยเครื่องบดของแห้ง ร้อนผ่านตะแกรง 80 เมช ชั่งแป้งที่บดได้ 0.1 กรัม ใส่หลอดทดลอง จำนวน 3 ข้ว เติมเอซิลแอลกอฮอล์ที่ละลายบรอมไทมอลบลู 0.025% ปริมาณ 0.2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน เติมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 0.2 นอร์มอล ปริมาณ 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) ต้มในน้ำเดือด 8 นาที นำขึ้นจากน้ำเดือด และปั่นบนเครื่องผสมอีกครั้ง เพื่อให้แป้งเข้ากันทั่วถึง ทำให้แป้งสุก โดยนำหลอดทดลองไปแช่ในน้ำเย็นจัด 20 นาที วางหลอดแป้งสุกในแนวอนบนกระดาษกราฟที่มีช่องแบ่งละเอียดถึง 1 มิลลิเมตร 1 ชั่วโมง อ่านระยะที่แป้งสุกไหลไป โดยเทียบกับกระดาษกราฟ (Juliano, 1993)



ภาพผนวกที่ ก2 ลักษณะความคงตัวของเจลจากแป้งข้าว 5 พันธุ์

การแบ่งประเภทข้าวจากความคงตัวของแป้งสุก แบ่งตามระยะทางที่น้ำแป้งไหล ถ้าน้ำแป้งไหลได้น้อยแสดงว่าแป้งของข้าวพันธุ์ดังกล่าวมีความคงตัวสูง เมล็ดแป้งจะแข็งเมื่อนำมาหุงสุกจะได้ข้าวที่ร่วนมาก ถ้าน้ำแป้งไหลได้ระยะทางมากแสดงว่ามีความคงตัวของเมล็ดแป้งต่ำ เมล็ดแป้งจะอ่อน เมื่อนำมาหุงสุกจะได้เมล็ดข้าวสุกนุ่ม ข้าวหุงสุกที่เมล็ดนุ่มจะมีระยะที่น้ำแป้งไหลระหว่าง 61-100 มิลลิลิตร

ตารางผนวกที่ ก1 การแบ่งประเภทข้าวจากระยะทางที่น้ำแข็งไหล

ระยะทางที่น้ำแข็งไหล (มิลลิเมตร)	ความคงตัวของแป้งสุก	ข้าวสุก
25-40	แข็ง	ร่วนมาก
41-60	ปานกลาง	ค่อนข้างร่วน
61-100	อ่อน	นุ่ม

ที่มา: ดัดแปลงจาก: IRRI (1972)



ภาคผนวก ข
วิธีวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

วิธีวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (คัดแปลงจาก A.O.A.C.,1990)

1. ออบภาชนะสำหรับหาความชื้นในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบ ใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ทิ้งไว้ประมาณ 30-45 นาที หลังจากนั้นชั่งน้ำหนัก
2. ทำเหมือนข้อ 1 ซ้ำ จนกระทั่งได้ผลต่างของน้ำหนัก 2 ครั้งต่างกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม
3. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอนอย่างละเอียด ประมาณ 1-2 กรัม ใส่ลงในภาชนะสำหรับหาความชื้นซึ่งทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว
4. นำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 5-6 ชั่วโมง
5. นำออกจากตู้อบไฟฟ้าแล้วใส่ในโถดูดความชื้น หลังจากนั้นชั่งน้ำหนัก
6. ออบซ้ำอีกครั้งประมาณ 30 นาที และทำเช่นเดิมจนกระทั่งได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม
7. กำหนดหาปริมาณความชื้นจากสูตร

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ โดยน้ำหนัก)} = \frac{100 \times \text{ผลต่างของน้ำหนักตัวอย่างก่อนอบและหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

วิธีวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (คัดแปลงจาก A.O.A.C., 1990)

1. เผาถ้วยกระเบื้องเคลือบในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ปิดสวิทซ์เตาเผาแล้วรอประมาณ 30 – 45 นาที เพื่อให้อุณหภูมิภายในเตาเผาตกลงก่อน แล้วนำออกจากเตาเผาใส่โถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนัก
2. เผาซ้ำอีกครั้งประมาณ 30 นาที และกระทำเช่นข้อ 1 จนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

3. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 1-2 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบที่ทราบน้ำหนักแล้ว นำเข้าเตาเผาตั้งอุณหภูมิเตาเผาไว้ที่ 550 องศาเซลเซียส และกระทำเช่นเดียวกับข้อ 1

4. คำนวณหาปริมาณได้จากสูตร

$$\text{ปริมาณเถ้า (ร้อยละ โดยน้ำหนัก)} = 100 \times \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

วิธีวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (ดัดแปลงจาก A.O.A.C.,1990)

1. ออบ Extraction cup สำหรับหาปริมาณไขมันในตู้อบไฟฟ้า ทิ้งไว้ให้เย็นในโถอบความชื้น และชั่งน้ำหนักที่แน่นอน
2. ชั่งตัวอย่างบนกระดวยกรองที่ทราบน้ำหนัก ถ้าตัวอย่างเป็นอาหารที่มีไขมันมากให้ชั่ง 1-2 กรัม ถ้าเป็นอาหารชนิดที่มีไขมันน้อยให้ชั่ง 3-5 กรัม ห่อให้มิดชิดแล้วใส่ลงในหลอดสำหรับใส่ตัวอย่าง (Extraction thimber) คลุมด้วยใยแก้วหรือสำลีเพื่อให้สารตัวทำละลายมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ
3. นำหลอดตัวอย่างใส่ลงใน Extraction cup
4. เติมตัวทำละลายปิโตรเลียม อีเทอร์ลงในขวดหาไขมันประมาณ 50 มิลลิลิตร แล้ววางบนเตา
5. ประกอบอุปกรณ์ชุดสกัดไขมัน พร้อมทั้งเปิดน้ำหล่ออุปกรณ์ควมแน่น เปิดสวิตซ์ให้ความร้อน
6. กดปุ่ม set และกดลูกศรขึ้นหรือลงเพื่อเลือกอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด (100 องศาเซลเซียส) เวลาที่ใช้ในการสกัด (Extraction time) (30 นาที) เวลาสำหรับล้าง (Washing time) (30 นาที) และเวลาสำหรับการระเหยตัวทำละลาย (20 นาที)

7. นำถ้วยสำหรับสกัดไขมัน (Extraction cup) ออกจากเครื่องสกัด ทิ้งให้ตัวทำละลายระเหยออกจาก Extraction cup ให้หมด (ทิ้งไว้ในตู้เย็น)
8. นำถ้วยสำหรับสกัดไขมันและตัวอย่างที่ผ่านการสกัดไขมันแล้วอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียสจนแห้งใช้เวลาประมาณ 30 นาที ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น
9. ชั่งน้ำหนัก แล้วอบซ้ำนานครั้งละ 3 นาที จนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม
10. คำนวณหาปริมาณไขมันจากสูตร

$$\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)} = 100 \times \frac{\text{น้ำหนักไขมันหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

วิธีวิเคราะห์ปริมาณใยอาหาร (Crude Fiber) (ดัดแปลงจาก A.O.A.C., 1990)

1. ทำการเผา Fritted glass crucible ด้วยเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง รอกะทั่งเย็นลงแล้วเก็บไว้ในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) และบันทึก
2. ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการสกัดไขมันออกแล้ว (ประมาณ 2 กรัม) ลงใน Fitted glass crucible ที่ทราบน้ำหนักแล้วจดบันทึกน้ำหนักตัวอย่างโดยละเอียด (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)
3. วาง Fritted glass crucible บนอุปกรณ์ให้ความร้อนซึ่งต่อเข้ากับอุปกรณ์ควบแน่น แล้วเปิดน้ำหล่ออุปกรณ์ควบแน่น
4. เติมกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1.25 ปริมาณ 150 มิลลิลิตร และเปิดสวิตซ์ไฟ ตั้งโปรแกรมให้ความร้อน
5. ต้มให้เดือดนาน 30 นาที

6. ปล่อยกรดออกจากบีกเกอร์โดยปรับวาล์วไปที่ vacuum
7. ล้างด้วยน้ำร้อนประมาณ 40-50 มิลลิลิตร 3 ครั้ง (จนกระทั่งน้ำล้างหมดความเป็นกรด)
8. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1.25 ปริมาณ 150 มิลลิลิตร และต้มต่ออีก 30 นาที
9. ล้างด้วยน้ำร้อนประมาณ 40-50 มิลลิลิตร 3 ครั้ง (จนกระทั่งน้ำล้างหมดความเป็นด่าง)
10. ล้างด้วยอะซิโตนประมาณ 30 มิลลิลิตร
11. นำ Fritted glass crucible ที่มีตัวอย่างอบให้แห้งในตู้อบอุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส ประมาณ 2 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น
12. ชั่งน้ำหนักแล้วอบซ้ำครั้งละ 30 นาที จนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งสองครั้งติดกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม
13. นำถ้วยกระเบื้องเคลือบพร้อมกากที่อบแห้งแล้ว ไปเผาเช่นเดียวกับวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า (อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง)
14. คำนวณหาปริมาณใยอาหารจากสูตร

$$\text{ปริมาณใยอาหาร (ร้อยละ โดยน้ำหนัก)} = 100 \times \frac{\text{ผลต่างของน้ำหนักตัวอย่างหลังอบและหลังเผา}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

วิธีวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (ดัดแปลงจาก A.O.A.C.,1990)

การหาปริมาณคาร์โบไฮเดรตสามารถคำนวณได้จากสูตร

ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (ร้อยละโดยน้ำหนัก) = 100-(ความชื้น+ไขมัน+โปรตีน+ใยอาหาร+เถ้า)

5.5.1 วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน(โดยวิธีของ Kjeldahl ดัดแปลงจาก A.O.A.C., 2000) วิตามินบี 1(โดยวิธี Spectrofluorometry) ไนอะซิน(โดยวิธี HPLC) แคลเซียม (โดยวิธี A.O.A.C. 2005) ธาตุเหล็ก(โดยวิธี Atomic absorption) สารกาบา (โดยวิธี HPLC) โดยบริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด



แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสและความชอบในการรับประทานข้าวกล้องหุงสุก

ชื่อผู้ทดสอบ เพศชายหญิง อายุ ปี วันที่.....

คำชี้แจง ท่านจะได้รับตัวอย่างข้าว 3 ตัวอย่าง โปรดชิมแต่ละตัวอย่างโดยระหว่างชิมข้าวแต่ละตัวอย่างขอให้ท่านคิมน้ำเพื่อล้างกลิ่นรสของข้าวที่ท่านได้ชิมไปแล้ว และให้คะแนนตามเกณฑ์ต่อไปนี้

คะแนนตามลักษณะข้าว		คะแนนความชอบ			
5	= มากที่สุด	9	= ชอบมากที่สุด	4	= ไม่ชอบเล็กน้อย
4	= มาก	8	= ชอบมาก	3	= ไม่ชอบปานกลาง
3	= ปานกลาง	7	= ชอบปานกลาง	2	= ไม่ชอบมาก
2	= น้อย	6	= ชอบเล็กน้อย	1	= ไม่ชอบมากที่สุด
1	= น้อยมาก	5	= ชอบเฉยๆ		

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	คะแนนตามลักษณะของข้าว			คะแนนความชอบของท่าน		
	หมายเลขตัวอย่าง			หมายเลขตัวอย่าง		

สีตามลักษณะพันธุ์						
กลิ่นหอม						
กลิ่นอับ						
รสหวาน						
ความนุ่มของเมล็ดข้าว						
ความร่วนของเมล็ดข้าว						
ความชอบรวม						

รายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับลักษณะของอาหารที่ชิม.....



ภาคผนวก ง
การวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางผนวกที่ ง1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของข้าวกล้องข้าวสาร

source	SS	df	MS	F	Sig.
น้ำหนัก 100 เมล็ด					
Rice's varieties	2.002	4	.500	349.907	.000
Error	.064	45	.001		
Total	183.724	50			
ขนาดและรูปร่าง					
Rice's varieties	1.152	4	.288	6.712	.000
Error	1.931	45	.043		
Total	552.336	50			
ความคงตัวของแป้ง					
สุก					
Rice's varieties	55.788	4	13.947	145.518	.000
Error	4.313	45	.096		
Total	1098.231	50			
การขยายตัวเมล็ด					
Rice's varieties	.142	4	.036	.791	.557
Error	.449	10	.045		
Total	70.722	15			
Amylose					
Rice's varieties	68.267	4	17.067	51.200	.000*
Error	3.333	10	.333		
Total	2021.000	15	2021.000		
Moisture					
Rice's varieties	.839	4	.210	.293	.876
Error	7.165	10	.717		
Total	1345.907	15			

ตารางผนวกที่ ง1 (ต่อ)

source	SS	df	MS	F	Sig.
carbohydrate					
Rice's varieties	6.102	4	1.525	1.213	.364
Error	12.572	10	1.257		
Total	90523.844	15			
Protein					
Rice's varieties	2.341	4	.585	323.899	.000*
Error	.018	10	.002		
Total	944.522	15			
Lipid					
Rice's varieties	4.584	4	1.146	31.276	.000*
Error	.366	10	.037		
Total	119.148 15	15			
Fiber					
Rice's varieties	.606	4	.151	100.940	.000*
Error	.015	10	.002		
Total	37.031	15			
Ash					
Rice's varieties	.554	4	.139	1.475	.281
Error	.939	10	.094		
Total	39.846	15			
Vitamin B 1					
Rice's varieties	.052	4	.013	194.650	.000*
Error	.001	10	6.67E-005		
Total	1.077	15			
Niacin					
Rice's varieties	3.205	4	.801	5.369	.014*
Error	1.493	10	.149		
Total	506.287	15			

ตารางผนวกที่ ง1 (ต่อ)

source	SS	df	MS	F	Sig.
Calcium					
Rice's varieties	30.265	4	7.566	22.051	.000*
Error	3.431	10	.343		
Total	1147.401	15			
Iron					
Rice's varieties	.801	4	.200	30.506	.000*
Error	.066	10	.007		
Total	17.279	15			

หมายเหตุ * คือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns คือแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ ง2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของข้าวกล้องข้าวสารพันธุ์หอมมะลิออก

source	SS	df	MS	F	Sig.
Moisture					
Rice's varieties	679.068	2	339.534	428.450	.000*
Error	4.755	6	.792		
Total	4367.483	9			
carbohydrate					
Rice's varieties	723.277	2	361.639	403.952	.000*
Error	5.372	6	.895		
Total	40592.738	9			
Protein					
Rice's varieties	.330	2	.165	154.542	.000*
Error	.006	6	.001		
Total					

ตารางผนวกที่ ง2 (ต่อ)

source	SS	df	MS	F	Sig.
Lipid					
Rice's varieties	.270	2	.135	20.496	.002*
Error	.040	6	.007		
Total	538.267	9			
Fiber					
Rice's varieties	1.241	2	.621	17.972	.003*
Error	.207	6	.035		
Total	42.712	9			
Ash					
Rice's varieties	2.825	2	1.412	86.044	.000*
Error	.098	6	.016		
Total	15.426	9			
Vitamin B 1					
Rice's varieties	.015	2	.007	29.087	.001*
Error	.002	6	.000		
Total	41.404	9			
Niacin					
Rice's varieties	.001	2	.001	53.136	.000*
Error	6.87E-005	6	1.14E-005		
Total	.625	9			
Calcium					
Rice's varieties	5.031	2	2.516	788.889	.000*
Error	.019	6	.003		
Total	.031	9			
Iron					
Rice's varieties	1.881	2	.941	516.152	.000*
Error	.011	6	.002		
Total	226.366	9			

ตารางผนวกที่ ๒ (ต่อ)

source	SS	df	MS	F	Sig.
GABA					
Rice's varieties	3075.756	2	1537.878	14695.974	.000*
Error	.628	6	.105		
Total	13.092	9			

ตารางผนวกที่ ๓ การวิเคราะห์ทางสถิติค่าทางการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวพันธุ์มันปู
ที่หุงด้วยอัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่ระดับต่างๆ

	Mean	SD	Min	Max	Sig.
สี					
ที่ระดับ 1: 1.7	6.47	1.833	3	9	.097
ที่ระดับ 1: 2	6.03	1.810	3	8	
ที่ระดับ 1: 2.2	6.27	1.507	4	8	
กลิ่นหอม					
ที่ระดับ 1: 1.7	6.10	1.845	3	9	.522
ที่ระดับ 1: 2	5.73	1.874	3	8	
ที่ระดับ 1: 2.2	6.30	1.208	4	8	
กลิ่นอับ					
ที่ระดับ 1: 1.7	5.07	1.311	2	7	.764
ที่ระดับ 1: 2	4.83	1.487	1	7	
ที่ระดับ 1: 2.2	5.30	.794	4	7	
รสหวาน					
ที่ระดับ 1: 1.7	5.80	1.627	2	8	.591
ที่ระดับ 1: 2	6.07	1.311	3	8	
ที่ระดับ 1: 2.2	5.93	1.461	2	7	

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

	Mean	SD	Min	Max	Sig.
ความนุ่ม					
ที่ระดับ 1: 1.7	4.73	2.196	1	9	.000*
ที่ระดับ 1: 2	6.17	1.599	3	8	
ที่ระดับ 1: 2.2	7.63	.669	7	9	
การเกาะตัว					
ที่ระดับ 1: 1.7	5.77	1.675	2	8	.027*
ที่ระดับ 1: 2	6.83	1.053	5	8	
ที่ระดับ 1: 2.2	6.70	1.022	5	8	
ความชอบรวม					
ที่ระดับ 1: 1.7	5.70	1.878	2	8	.000*
ที่ระดับ 1: 2	6.93	1.015	5	8	
ที่ระดับ 1: 2.2	7.23	.728	6	8	
คะแนนเฉลี่ย					
ที่ระดับ 1: 1.7	5.66	1.44832	2.86	8.00	.001*
ที่ระดับ 1: 2	6.08	1.08810	4.14	7.71	
ที่ระดับ 1: 2.2	6.48	.68613	5.43	7.71	

ตารางผนวกที่ 4 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าทางการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวพันธุ์
สังข์หยดที่หุงด้วยอัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่ระดับต่างๆ

	Mean	SD	Min	Max	Sig.
สี					
ที่ระดับ 1: 1.7	6.50	.938	5	8	.120
ที่ระดับ 1: 2	6.70	.915	5	8	
ที่ระดับ 1: 2.2	6.80	1.095	5	8	

ตารางผนวกที่ ๔ (ต่อ)

	Mean	SD	Min	Max	Sig.
กลิ่นหอม					
ที่ระดับ 1: 1.7	6.30	.915	5	8	.091
ที่ระดับ 1: 2	6.50	1.042	5	8	
ที่ระดับ 1: 2.2	6.70	1.291	5	9	
กลิ่นอับ					
ที่ระดับ 1: 1.7	5.60	1.221	4	8	.050
ที่ระดับ 1: 2	5.70	1.208	4	8	
ที่ระดับ 1: 2.2	5.60	1.221	4	8	
รสหวาน					
ที่ระดับ 1: 1.7	6.10	1.398	3	8	.000*
ที่ระดับ 1: 2	6.10	1.242	3	7	
ที่ระดับ 1: 2.2	6.50	1.526	3	8	
ความนุ่ม					
ที่ระดับ 1: 1.7	5.40	1.831	2	7	.000*
ที่ระดับ 1: 2	6.20	1.864	2	8	
ที่ระดับ 1: 2.2	6.80	2.024	2	9	
การเกาะตัว					
ที่ระดับ 1: 1.7	5.90	1.954	2	8	.012*
ที่ระดับ 1: 2	6.30	1.643	3	8	
ที่ระดับ 1: 2.2	6.80	1.750	3	9	
ความชอบรวม					
ที่ระดับ 1: 1.7	6.20	.997	4	7	.000*
ที่ระดับ 1: 2	6.70	1.291	4	8	
ที่ระดับ 1: 2.2	7.20	.997	5	8	

ตารางผนวกที่ ๔ (ต่อ)

	Mean	SD	Min	Max	Sig.
คะแนนเฉลี่ย					
ที่ระดับ 1: 1.7	6.00	1.06212	4.14	7.29	.000*
ที่ระดับ 1: 2	6.31	1.12444	4.14	7.57	
ที่ระดับ 1: 2.2	6.63	1.17180	4.29	8.29	

ตารางผนวกที่ ๕ การวิเคราะห์ทางสถิติค่าทางการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวพันธุ์หอม
นิลที่หุงด้วยอัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่ระดับต่างๆ

	Mean	SD	Min	Max	Sig.
สี					
ที่ระดับ 1: 1.7	7.20	1.495	4	9	.101
ที่ระดับ 1: 2	7.60	1.453	4	9	
ที่ระดับ 1: 2.2	7.40	1.589	4	9	
กลิ่นหอม					
ที่ระดับ 1: 1.7	7.40	1.037	5	9	.025
ที่ระดับ 1: 2	7.40	1.037	5	9	
ที่ระดับ 1: 2.2	7.10	1.062	5	9	
กลิ่นอับ					
ที่ระดับ 1: 1.7	6.90	1.322	5	9	.101
ที่ระดับ 1: 2	6.90	1.322	5	9	
ที่ระดับ 1: 2.2	6.90	1.322	5	9	
รสหวาน					
ที่ระดับ 1: 1.7	6.80	1.095	5	8	.237
ที่ระดับ 1: 2	7.10	.960	5	8	
ที่ระดับ 1: 2.2	7.10	1.322	5	9	

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

	Mean	SD	Min	Max	Sig.
ความนุ่ม					
ที่ระดับ 1: 1.7	6.20	1.562	2	8	.000*
ที่ระดับ 1: 2	7.10	.845	5	8	
ที่ระดับ 1: 2.2	7.40	1.303	5	9	
การเกาะตัว					
ที่ระดับ 1: 1.7	7.30	1.022	5	9	.024*
ที่ระดับ 1: 2	7.10	1.155	4	8	
ที่ระดับ 1: 2.2	6.70	.915	5	8	
ความชอบรวม					
ที่ระดับ 1: 1.7	7.20	1.095	6	9	.087
ที่ระดับ 1: 2	7.70	.466	7	8	
ที่ระดับ 1: 2.2	7.40	1.453	5	9	
คะแนนเฉลี่ย					
ที่ระดับ 1: 1.7	7.00	.88174	5.14	8.14	.050
ที่ระดับ 1: 2	7.27	.63798	5.71	7.71	
ที่ระดับ 1: 2.2	7.14	.84223	5.71	8.29	

ตารางผนวกที่ 6 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าทางการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวพันธุ์หอมมะลิที่หุงด้วยอัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่ระดับต่างๆ

หอมมะลิ	Mean	SD	Min	Max	Sig.
สี					
ที่ระดับ 1: 1.7	6.50	1.042	5	8	.000*
ที่ระดับ 1: 2	7.40	1.221	5	9	
ที่ระดับ 1: 2.2	7.60	.675	7	9	

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ)

หอมมะลิ	Mean	SD	Min	Max	Sig.
กลิ่นหอม					
ที่ระดับ 1: 1.7	6.50	1.526	4	8	.887
ที่ระดับ 1: 2	6.60	1.133	4	8	
ที่ระดับ 1: 2.2	6.60	1.653	3	9	
กลิ่นอับ					
ที่ระดับ 1: 1.7	5.30	2.087	1	9	.000*
ที่ระดับ 1: 2	5.90	1.954	2	9	
ที่ระดับ 1: 2.2	5.90	1.668	3	9	
รสหวาน					
ที่ระดับ 1: 1.7	6.60	.932	5	8	.000*
ที่ระดับ 1: 2	6.90	1.242	5	9	
ที่ระดับ 1: 2.2	7.20	1.095	5	9	
ความนุ่ม					
ที่ระดับ 1: 1.7	6.30	1.208	5	9	.000*
ที่ระดับ 1: 2	7.30	1.119	6	9	
ที่ระดับ 1: 2.2	7.40	1.037	5	9	
การเกาะตัว					
ที่ระดับ 1: 1.7	6.30	1.291	4	8	.902
ที่ระดับ 1: 2	6.50	.682	5	7	
ที่ระดับ 1: 2.2	6.40	.932	5	8	
ความชอบรวม					
ที่ระดับ 1: 1.7	6.60	.932	5	8	.000*
ที่ระดับ 1: 2	7.70	.915	6	9	
ที่ระดับ 1: 2.2	7.80	.997	6	9	

ตารางผนวกที่ 7 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าทางการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวพันธุ์หอมมะลิแดงที่หุงด้วยอัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่ระดับต่างๆ

	Mean	SD	Min	Max	Sig.
สี					
ที่ระดับ 1: 1.7	7.33	1.446	5	9	.751
ที่ระดับ 1: 2	7.37	1.351	5	9	
ที่ระดับ 1: 2.2	7.30	1.291	5	9	
กลิ่นหอม					
ที่ระดับ 1: 1.7	5.97	1.189	3	7	.775
ที่ระดับ 1: 2	5.97	.964	4	7	
ที่ระดับ 1: 2.2	6.07	.980	3	7	
กลิ่นอับ					
ที่ระดับ 1: 1.7	5.47	1.332	2	7	.424
ที่ระดับ 1: 2	5.50	1.280	3	8	
ที่ระดับ 1: 2.2	5.23	1.165	2	7	
รสหวาน					
ที่ระดับ 1: 1.7	5.93	1.285	4	8	.234
ที่ระดับ 1: 2	6.43	1.223	4	8	
ที่ระดับ 1: 2.2	6.33	1.398	4	8	
ความนุ่ม					
ที่ระดับ 1: 1.7	5.97	1.189	4	8	.012*
ที่ระดับ 1: 2	6.40	1.163	4	8	
ที่ระดับ 1: 2.2	6.67	1.269	4	9	
การเกาะตัว					
ที่ระดับ 1: 1.7	6.53	1.383	4	9	.989
ที่ระดับ 1: 2	6.47	1.252	4	8	
ที่ระดับ 1: 2.2	6.50	1.253	4	9	

ตารางผนวกที่ 7 (ต่อ)

	Mean	SD	Min	Max	Sig.
ความชอบรวม					
ที่ระดับ 1: 1.7	6.37	1.474	4	9	.079
ที่ระดับ 1: 2	6.80	1.270	4	9	
ที่ระดับ 1: 2.2	6.73	1.363	4	9	
คะแนนเฉลี่ย					
ที่ระดับ 1: 1.7	6.22	1.00898	4.14	7.57	.118
ที่ระดับ 1: 2	6.42	.83294	4.71	7.57	
ที่ระดับ 1: 2.2	6.40	.86131	4.14	7.86	

ตารางผนวกที่ 8 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าทางการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวพันธุ์หอมมะลิออกที่หุงด้วยอัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่ระดับต่างๆ

	Mean	SD	Min	Max	Sig.
สี					
ที่ระดับ 1: 1.7	7.03	1.159	5	9	.448
ที่ระดับ 1: 2	7.27	1.202	6	9	
ที่ระดับ 1: 2.2	6.83	1.315	5	9	
กลิ่นหอม					
ที่ระดับ 1: 1.7	6.13	1.008	4	8	.090
ที่ระดับ 1: 2	6.57	1.040	5	8	
ที่ระดับ 1: 2.2	6.57	1.251	5	8	
กลิ่นอับ					
ที่ระดับ 1: 1.7	6.23	.898	5	8	.500
ที่ระดับ 1: 2	6.07	1.230	4	8	
ที่ระดับ 1: 2.2	6.37	1.351	4	8	

ตารางผนวกที่ ๘ (ต่อ)

	Mean	SD	Min	Max	Sig.
รสหวาน					
ที่ระดับ 1: 1.7	5.87	1.795	1	9	.213
ที่ระดับ 1: 2	6.27	1.780	1	8	
ที่ระดับ 1: 2.2	5.93	1.701	1	9	
ความนุ่ม					
ที่ระดับ 1: 1.7	5.63	1.426	3	8	.002*
ที่ระดับ 1: 2	6.80	1.243	4	9	
ที่ระดับ 1: 2.2	7.13	1.167	5	9	
การเกาะตัว					
ที่ระดับ 1: 1.7	6.60	1.476	4	9	.275
ที่ระดับ 1: 2	6.43	1.040	5	8	
ที่ระดับ 1: 2.2	6.40	.932	4	8	
ความชอบรวม					
ที่ระดับ 1: 1.7	6.17	.986	5	8	.000*
ที่ระดับ 1: 2	7.23	.935	6	9	
ที่ระดับ 1: 2.2	7.07	1.258	4	9	
คะแนนเฉลี่ย					
ที่ระดับ 1: 1.7	6.23	.85513	4.86	7.71	.099
ที่ระดับ 1: 2	6.66	.79705	5.29	8.14	
ที่ระดับ 1: 2.2	6.61	.85644	4.86	8.43	

ตารางผนวกที่ ๑๑ การวิเคราะห์ทางสถิติค่าทางการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวพันธุ์หอมมะลิงอกอบที่หุงด้วยอัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่ระดับต่างๆ

	Mean	SD	Min	Max	Sig.
สี					
ที่ระดับ 1: 1.7	7.03	1.159	5	9	.913
ที่ระดับ 1: 2	6.90	1.125	5	8	
ที่ระดับ 1: 2.2	7.13	1.137	5	9	
กลิ่นหอม					
ที่ระดับ 1: 1.7	6.13	1.008	4	8	.356
ที่ระดับ 1: 2	6.53	1.502	3	9	
ที่ระดับ 1: 2.2	6.23	1.104	4	8	
กลิ่นอับ					
ที่ระดับ 1: 1.7	6.23	.898	5	8	.001*
ที่ระดับ 1: 2	5.90	1.242	3	8	
ที่ระดับ 1: 2.2	5.53	1.252	3	8	
รสหวาน					
ที่ระดับ 1: 1.7	5.87	1.795	1	9	.807
ที่ระดับ 1: 2	5.73	1.911	1	8	
ที่ระดับ 1: 2.2	5.73	2.243	1	9	
ความนุ่ม					
ที่ระดับ 1: 1.7	5.63	1.426	3	8	.039*
ที่ระดับ 1: 2	6.60	1.429	3	9	
ที่ระดับ 1: 2.2	6.67	1.295	4	9	
การเกาะตัว					
ที่ระดับ 1: 1.7	6.30	1.317	4	9	.492
ที่ระดับ 1: 2	6.53	1.697	3	9	
ที่ระดับ 1: 2.2	6.30	1.393	4	9	

ตารางผนวกที่ 9 (ต่อ)

ความชอบรวม					
ที่ระดับ 1: 1.7	6.03	.765	5	8	.185
ที่ระดับ 1: 2	6.73	1.311	4	9	
ที่ระดับ 1: 2.2	6.60	1.453	4	9	
คะแนนเฉลี่ย					
ที่ระดับ 1: 1.7	6.1763	.79499	4.86	7.71	.836
ที่ระดับ 1: 2	6.4193	1.08672	4.29	8.00	
ที่ระดับ 1: 2.2	6.3143	1.08239	4.57	8.29	

ตารางผนวกที่ 10 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าทางการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวพันธุ์หอมมะลิ ข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิ และข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิที่ผ่านการอบ

	Mean	SD	Min	Max	Sig.
สี					
ข้าวกล้อง	6.60	1.499	3	8	.049*
ข้าวกล้องหอมมะลิ	6.73	1.363	3	9	
ข้าวกล้องหอมมะลิอบ	5.90	1.517	3	9	
กลิ่นหอม					
ข้าวกล้อง	6.60	1.499	3	8	.005*
ข้าวกล้องหอมมะลิ	6.73	1.363	3	9	
ข้าวกล้องหอมมะลิอบ	5.90	1.517	3	9	
กลิ่นอับ					
ข้าวกล้อง	5.93	1.929	2	9	.201
ข้าวกล้องหอมมะลิ	6.10	1.423	2	8	
ข้าวกล้องหอมมะลิอบ	5.63	1.847	2	9	

ตารางผนวกที่ 10 (ต่อ)

	Mean	SD	Min	Max	Sig.
รสหวาน					
ข้าวกล้อง	6.07	2.016	1	9	.053
ข้าวกล้องหอมมะลิออก	6.20	2.203	1	9	
ข้าวกล้องหอมมะลิออกอบ	5.60	1.976	1	8	
ความนุ่ม					
ข้าวกล้อง	5.83	1.147	4	8	.046*
ข้าวกล้องหอมมะลิออก	6.77	1.501	3	9	
ข้าวกล้องหอมมะลิออกอบ	6.70	1.685	4	9	
การเกาะตัว					
ข้าวกล้อง	7.03	1.586	3	9	.000*
ข้าวกล้องหอมมะลิออก	6.33	1.470	4	9	
ข้าวกล้องหอมมะลิออกอบ	5.40	1.610	2	8	
ความชอบรวม					
ข้าวกล้อง	6.30	.915	5	8	.000*
ข้าวกล้องหอมมะลิออก	7.40	1.102	5	9	
ข้าวกล้องหอมมะลิออกอบ	6.27	1.639	4	9	
คะแนนเฉลี่ย					
ข้าวกล้อง	6.31	1.11834	4.00	8.14	.016*
ข้าวกล้องหอมมะลิออก	6.66	1.07684	4.29	8.43	
ข้าวกล้องหอมมะลิออกอบ	5.98	1.18862	4.14	8.29	

ตารางผนวกที่ 11 การวิเคราะห์หาค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องหุงสุกทั้ง 5 พันธุ์

source	SS	df	MS	F	Sig.
Moisture					
Rice's varieties	55.615	4	13.904	8.484	.003*
Error	16.388	10	1.639		
Total	49650.804	15			
carbohydrate					
Rice's varieties	36.605	4	9.151	6.343	.008*
Error	14.428	10	1.443		
Total	17873.491	15			
Protein					
Rice's varieties	.518	4	.130	161.925	.000*
Error	.008	10	.001		
Total	180.516	15			
Lipid					
Rice's varieties	5.076	4	1.269	24.791	.000*
Error	.512	10	.051		
Total	89.408	15			
Fiber					
Rice's varieties	.655	4	.164	67.154	.000*
Error	.024	10	.002		
Total	22.921	15			
Ash					
Rice's varieties	.065	4	.016	4.460	.025*
Error	.037	10	.004		
Total	14.903	15			

ตารางผนวกที่ 11 (ต่อ)

source	SS	df	MS	F	Sig.
Rice's varieties	.002	4	.000	3.900	.037*
Error	.001	10	.000		
Total	.198	15			
Niacin					
Rice's varieties	2.499	4	.625	600.779	.000*
Error	.010	10	.001		
Total	114.467	15			
Calcium					
Rice's varieties	7.697	4	1.924	990.479	.000*
Error	.019	10	.002		
Total	342.223	15			
Iron					
Rice's varieties	.157	4	.039	20.319	.000*
Error	.019	10	.002		
Total	3.858	15			

ตารางผนวกที่ 12 คะแนนความชอบเฉลี่ยของข้าวกล้องหุงสุกที่หุงด้วยน้ำระดับต่างๆ

พันธุ์ข้าว	คะแนนความชอบเฉลี่ยของข้าวกล้องหุงสุก ที่หุงด้วยอัตราส่วนข้าวต่อน้ำระดับต่างๆ			p-value
	1:1.7	1:2	1:2.2	
หอมมะลิ	6.30	6.90	6.99	.000
มันปู	5.67	6.09	6.48	.001
สังข์หยด	6.00	6.31	6.48	.000
หอมมะลิแดง	6.22	6.42	6.40	.118
หอมนิล	7.00	7.27	7.14	.034
หอมมะลิงอก	6.42	6.52	6.68	.800
หอมมะลิงอ	6.57	6.36	5.98	0.139
กอบ				

ตารางผนวกที่ 13 เปรียบเทียบความต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบระหว่างระดับน้ำที่ใช้ในการ
หุงข้าวแต่ละระดับ

พันธุ์ข้าว	ระดับน้ำที่เปรียบเทียบความแตกต่าง	p-value
หอมมะลิ	1:1.7 กับ 1:2	.004*
	1:2 กับ 1:2.2	.789
	1:2.2 กับ 1:1.7	.011*
มันปู	1:1.7 กับ 1:2	.092
	1:2 กับ 1:2.2	.179
	1:2.2 กับ 1:1.7	.015*
สังข์หยด	1:1.7 กับ 1:2	.108
	1:2 กับ 1:2.2	.315
	1:2.2 กับ 1:1.7	.123
หอมมะลิแดง	1:1.7 กับ 1:2	.553
	1:2 กับ 1:2.2	.988
	1:2.2 กับ 1:1.7	.640

ตารางผนวกที่ 13 (ต่อ)

พันธุ์ข้าว	ระดับน้ำที่เปรียบเทียบความแตกต่าง	p-value
หอมนิล	1:1.7 กับ 1:2	.280
	1:2 กับ 1:2.2	.946
	1:2.2 กับ 1:1.7	.594
หอมมะลิออก	1:1.7 กับ 1:2	.048*
	1:2 กับ 1:2.2	.911
	1:2.2 กับ 1:1.7	.084
หอมมะลิออกอบ	1:1.7 กับ 1:2	.173
	1:2 กับ 1:2.2	.514
	1:2.2 กับ 1:1.7	.700

ตารางผนวกที่ 14 การเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องก่อนและหลังหุงสุก (น้ำหนักแห้ง)

สารอาหาร		พันธุ์ข้าว									
		มันปู		สังข์หยด		หอมนิล		หอมมะลิ		หอมมะลิแดง	
		\bar{X}	p	\bar{X}	p	\bar{X}	p	\bar{X}	p	\bar{X}	p
คาร์โบ	ดิบ	86.81	0.007	85.87	0.000	85.52	0.008	86.32	0.007	84.36	.002
	สุก	80.69		82.92		79.19		80.76		81.91	
โปรตีน	ดิบ	8.76	0.398	9.38	0.022	8.27	0.033	8.26	0.007	9.09	.010
	สุก	8.49		8.56		7.56		8.29		7.90	
ไขมัน	ดิบ	2.48	0.002	2.55	0.127	3.60	0.001	2.66	0.005	3.94	.003
	สุก	5.26		3.52		7.65		5.53		5.72	
ใยอาหาร	ดิบ	0.60	0.005	0.38	0.002	0.73	0.014	0.84	0.005	0.74	.001
	สุก	3.23		2.33		3.50		2.98		2.30	
เถ้า	ดิบ	1.35	0.023	1.82	0.189	1.87	0.327	1.92	0.152	1.87	.007
	สุก	2.33		2.68		2.09		2.45		2.17	

ตารางผนวกที่ 14 (ต่อ)

สารอาหาร	พันธุ์ข้าว										
	มันปู		สังข์หยด		หอมนิล		หอมมะลิ		หอมมะลิ		
									แดง		
วิตามินบี 1	ดิบ	0.23	0.18	0.25	0.348	0.38	0.035	0.35	0.017	0.23	.635
	สุก	0.25		0.28		0.31		0.28		0.22	
ไนอะซิน	ดิบ	6.56	0.619	5.50	0.349	6.99	0.718	6.61	0.027	6.28	.198
	สุก	6.37		4.93		7.08		7.17		6.51	
แคลเซียม	ดิบ	8.12	0.019	9.82	0.538	12.40	0.229	8.41	0.009	8.83	.001
	สุก	11.25		9.58		13.40		9.39		11.86	
เหล็ก	ดิบ	0.90	0.012	1.04	0.548	1.64	0.261	1.14	0.025	1.05	.232
	สุก	1.40		1.01		1.44		0.84		1.13	
พลังงาน	ดิบ	404.59	0.78	403.93	0.195	407.59	0.048	402.3	0.003	409.24	.024
	สุก	404.05		397.56		415.87		405.94		410.76	

ตารางผนวกที่ 15 การเปรียบเทียบค่าทางโภชนาการระหว่างข้าวกล้องหอมมะลิงอกหุงสุกกับข้าวกล้องหอมมะลิงอกที่ผ่านการอบแล้วนำมาหุงสุก

คุณค่าทางโภชนาการ	ประเภทของข้าวกล้องหอมมะลิงอก				t	p
	ข้าวกล้องหอมมะลิงอกหุง		ข้าวกล้องหอมมะลิงอกอบหุงสุก			
	สุก			สุก		
	\bar{X}	S.D.	\bar{X}	S.D.		
moisture	60.3333	.93778	57.3667	1.28064	3.237	.032*
carb	33.1533	.87843	36.4100	1.31503	-3.567	.023*
protein	3.1833	.04163	3.2900	.05568	-2.657	.057 ^{as}
lipid	1.1100	.03606	1.0667	.04509	1.300	.263 ^{as}
fiber	.6533	.05508	.6433	.05033	.232	.828 ^{as}

ตารางผนวกที่ 15 (ต่อ)

คุณค่าทาง โภชนาการ	ประเภทของข้าวกล้องหอมมะลิออก				t	p
	ข้าวกล้องหอมมะลิออกหุง		ข้าวกล้องหอมมะลิออกอบหุงสุก			
	สุก			สุก		
	\bar{x}	S.D.	\bar{x}	S.D.		
ash	1.5667	.07095	1.2233	.06658	6.112	.004*
vitb1	.0867	.00416	.1100	.01000	-3.731	.020*
vitb2	.0330	.00200	.0330	.00200	-4.648	.010*
niacin	2.1967	.05508	2.4833	.03512	-7.601	.002*
iron	.2467	.03215	.3499	.05000	-3.009	.040*
gaba	5.7917	.06602	8.9523	.05016	-66.026	.000*

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ – นามสกุล	นางสาวงามศิริขวัญ เพิ่มศรี
วัน เดือน ปีที่เกิด	วันที่ 25 มีนาคม 2526
สถานที่เกิด	จังหวัดสุรินทร์
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (คหกรรมศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2549)

