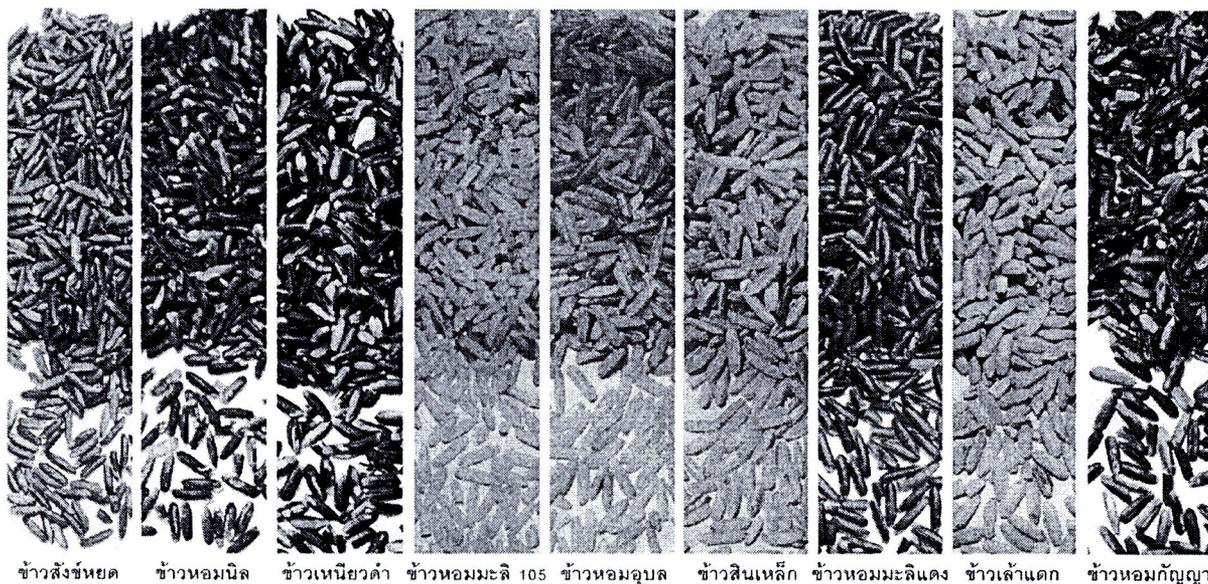


## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ข้าวที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 2.1 ข้าวที่ใช้ในการทดลอง 9 สายพันธุ์

#### ข้าวสังข์หยด

ข้าวสังข์หยดเป็นข้าวเจ้าที่มีคุณค่าทางอาหารสูง คือมีกากใยอาหารสูงจึงมีประโยชน์ในการชะลอความแก่ นอกจากนี้มีโปรตีน ธาตุเหล็ก และฟอสฟอรัสสูงกว่าข้าวพันธุ์อื่นๆ ซึ่งมีประโยชน์ในการบำรุงโลหิต บำรุงร่างกายให้แข็งแรงและป้องกันโรคความจำเสื่อมและยังมีสารแอนติออกซิแดนท์ พวก oryzanol และมี Gamma Amino Butyric Acid (GABA) ช่วยลดอัตราเสี่ยงของการเป็นมะเร็งจึงนับได้ว่าข้าวพันธุ์สังข์หยดเป็นข้าวพันธุ์พื้นเมืองที่มีคุณค่าทางอาหารสูง

ข้าวพันธุ์สังข์หยดมีลักษณะต่างจากข้าวอื่น คือข้าวสารหรือข้าวกล้องที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีขาวปนสีแดงจางๆ จนถึงสีแดงเข้มคล้ายข้าวกล้องในเมล็ดเดียวกันนั้น เมื่อข้าวหุงสุกจะนุ่มมากไม่เหมือนข้าวกล้องที่แข็งโดยข้าวสังข์หยดจะนุ่มเมื่อเย็นตัวลง คุณลักษณะของข้าวสารสังข์หยดเมล็ดเล็กเรียวยาวอ่อน เยื่อหุ้มเมล็ดจะมีสีแดงถึงแดงเข้ม เมื่อหุงสุกแล้วเมล็ดข้าวจะนุ่ม และจับตัวกันคล้ายข้าวเหนียว วิธีการหุงให้ข้าวข้าวเบาๆ โดยใช้เวลาให้น้อยที่สุดเพียงครั้งเดียว เพื่อไม่ให้สูญเสียคุณค่าของข้าวเติมน้ำให้ท่วมข้าว สูง 1

ข้าวนี้ เมื่อข้าวสุกทิ้งไว้ให้ข้าวระอุประมาณ 5-10 นาที หากต้องการให้ข้าวแข็งหรือนุ่มสามารถเติมหรือเพิ่มน้ำได้ตามความชอบ

คุณค่าทางโภชนาการของข้าวสังข์หยดต่อน้ำหนัก 100 กรัม มีค่าพลังงาน 364.2 กิโลแคลอรี โปรตีน 7.3 กรัม คาร์โบไฮเดรต 73.1 กรัม เส้นใย 4.81 กรัม แคลเซียม 13 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 317 มิลลิกรัม ธาตุเหล็ก 1.4 มิลลิกรัม วิตามินบี 1 0.32 มิลลิกรัม วิตามินบี 2 0.01 มิลลิกรัม ไนอะซิน 6.4 มิลลิกรัม (กลุ่มถ่ายทอดวิทยาการผลิตเมล็ดพันธุ์ดี ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวขอนแก่น, 2553)

นอกจากมีความอร่อยแล้ว ยังให้คุณค่าของสารอาหารมากกว่าข้าวชนิดอื่น เนื่องจากข้าวสังข์หยดมีโปรตีนสูง วิตามินหลายชนิดสูง โดยเฉพาะไนอะซินมีมากถึง 3.97 มิลลิกรัม (Kaset organic, 2553)

### ข้าวหอมนิล

ข้าวหอมนิลเป็นข้าวเจ้า ซึ่งเป็นข้าวที่ได้รับการคัดเลือก และพัฒนาจนได้ข้าวที่มีเมล็ดข้าวกลิ้ง เรียวยาวสีม่วงเข้มข้าวกลิ้งเมื่อหุงสุกจะนุ่มเหนียวและมีกลิ่นหอมน่ารับประทาน ข้าวเจ้าหอมนิลเป็นข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยมีโปรตีนอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 10-12.5 มีปริมาณแป้งอะมัยโลสประมาณร้อยละ 12-13 มีปริมาณสาร 2-acetyl-1-pyrroline ปานกลางร่วมกับสารหอมระเหยจำเพาะพวก Cyclohexanone ในปริมาณมาก มีแคลเซียม 4.2 มิลลิกรัมต่อ100 กรัม ปริมาณธาตุเหล็กแปรปรวนอยู่ระหว่าง 2.25- 3.25 มิลลิกรัมต่อ100 กรัม และธาตุสังกะสีประมาณ 2.9 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม

ข้าวเจ้าหอมนิลมีปริมาณสารแอนติออกซิแดนท์สูงประมาณ 293 ไมโครโมลต่อกรัม ในส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ดที่เป็นสีม่วงเข้มประกอบไปด้วยสาร anthocyanin, proanthocyanidin, bioflavonoids และวิตามินอีซึ่งเป็นสารแอนติออกซิแดนท์และดีต่อสุขภาพตามธรรมชาติ

ในส่วนของรำและจมูกข้าว มีวิตามินอี วิตามินบี และกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง ในส่วนของรำมีน้ำมันรำข้าวร้อยละ 18 เป็นองค์ประกอบ ซึ่งร้อยละ 80 เป็นชนิด C18:1 และ C18:2 เหมือนกับน้ำมันที่ได้จากถั่วเหลืองและข้าวโพดและพบว่ามีสาร omega-3 ประมาณร้อยละ 1-2 รำข้าวของข้าวเจ้าหอมนิลมีปริมาณเส้นใย digestible fiber สูงถึงร้อยละ 10 จากข้อมูลทางโภชนาการนับได้ว่าข้าวเจ้าหอมนิลเป็นข้าวที่มีศักยภาพในการนำมาแปรรูปทางอุตสาหกรรมอาหารสูง เช่น การผลิตผลิตภัณฑ์อาหารจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล รวมทั้งขนมขบเคี้ยวต่าง ๆ (เกษตรวิรุพ์, 2553)

### ข้าวเหนียวดำ

ข้าวเหนียวดำเป็นข้าวเหนียวซึ่งเป็นข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีม่วงดำ เป็นข้าวเหนียวที่มีกลิ่นหอมรสชาติอร่อย เมื่อเคี้ยวจะรู้สึกมันและนุ่มแบบหนุบๆ นำไปปลูกบริโภคกันอย่างทั่วถึง

เมล็ดข้าวเหนียวดำมีสารที่สำคัญ คือ แกมมา-โอโรซานอล ที่มีคุณสมบัติในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน สามารถลดคอเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์ และเพิ่มระดับ high density lipoprotein (HDL)

ในเลือด และมีสารแอนโทไซยานินซึ่งมีคุณสมบัติในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ช่วยการหมุนเวียนของเลือดชะลอการเสื่อมของเซลล์ร่างกาย ปัจจุบันได้มีการนำข้าวเหนียวดำมาเป็นส่วนประกอบสำคัญในผลิตภัณฑ์บำรุงสุขภาพ ยาและเวชภัณฑ์ต่าง ๆ (จรัญจิต และสุวัฒน์, 2552)

### **ข้าวหอมมะลิ 105**

ข้าวหอมมะลิเป็นชื่อที่คนทั่วไปเรียกติดปากแต่ชื่อที่เป็นทางการคือ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ข้าวหอมมะลิ 105 เป็นข้าวเจ้า ซึ่งเป็นสายพันธุ์ข้าวที่มีถิ่นกำเนิดในไทย มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 6 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 80

ข้าวหอมมะลิ 105 เป็นข้าวคุณภาพสูง มีลักษณะกลิ่นหอมคล้ายใบเตย เป็นพันธุ์ข้าวที่ปลูกที่ไหนในโลกไม่ได้คุณภาพดีเท่ากับปลูกในไทย และเป็นพันธุ์ข้าวที่ทำให้ข้าวไทยเป็นสินค้าส่งออกที่รู้จักไปทั่วโลก หลังการหุงต้มจะมีกลิ่นหอม ข้าวคงรูป เหนียวนุ่ม นุ่มรับประทาน ข้าวหอมมะลิเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ทนต่อสภาพแล้ง ทนต่อดินเปรี้ยวและดินเค็ม คุณภาพการขัดสีดี เมล็ดข้าวสารใส แข็งเป็นที่ต้องการของตลาด ขายได้ราคาดี (ครบเครื่องเรื่องสหกรณ์, 2552)

### **ข้าวหอมอุบล**

ข้าวหอมอุบลหรือข้าว กข 33 เป็นข้าวเจ้าที่เป็นผลจากการวิจัยระหว่างสถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ กับศูนย์วิจัยข้าวอุบลราชธานี สำนักวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าว กรมการข้าว ข้าวหอมอุบลเป็นข้าวที่มีคุณภาพเมล็ดทางกายภาพ คุณสมบัติทางเคมีใกล้เคียงพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ข้าวกล้องของข้าวหอมอุบลมีสีข้าวรูปร่างเรียวยาว ยาว 7.47 มิลลิเมตร กว้าง 2.11 มิลลิเมตร หนา 1.80 มิลลิเมตรปริมาณอะมัยโลสต่ำ (ร้อยละ 14.0 -16.8) ข้าวหอมอุบลเมื่อนำมาหุงต้มจะให้ผลใกล้เคียงข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 มีกลิ่นหอม (กลุ่มถ่ายทอดวิทยาการเมล็ดพันธุ์ดี ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวขอนแก่น, 2554)

### **ข้าวสินเหล็ก**

ข้าวสินเหล็กเป็นข้าวเจ้า โดยข้าวสินเหล็กได้จากผสมข้ามพันธุ์ระหว่างข้าวเจ้าหอมนิลกับข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวสีข้าวที่มีกลิ่นหอม รูปร่างเมล็ดเรียวยาว ไม่ไวต่อช่วงแสง ปลูกได้ตลอดทั้งปี มีความต้านทานต่อโรคไหม้

ข้าวสินเหล็กในฐานะเป็นข้าวหอมนุ่มที่มี ดัชนีน้ำตาล ต่ำปานกลาง เมื่อนำมาทดลองบริโภคในกลุ่มผู้ป่วยเบาหวาน พบว่าการบริโภคข้าวกล้องสินเหล็ก ช่วยแก้ปัญหาเบาหวานได้ ทำให้สภาวะดีต่อ insulin ลดลงและการทำงานของตับอ่อนดีขึ้น รวมทั้งทำให้ค่าเฉลี่ยของ triglyceride ลดลง นอกจากนี้ข้าวสินเหล็กยังมีธาตุเหล็กในเมล็ดสูง ข้าวพันธุ์นี้ได้ผ่านการประเมินคุณสมบัติความเป็นประโยชน์ของธาตุเหล็ก ทั้งในระดับห้องปฏิบัติการและในมนุษย์ โดยพบว่าการส่งเสริมการบริโภคข้าวสินเหล็กในเด็กนักเรียน

ที่มีภาวะพร่องธาตุเหล็ก ทำให้ระดับ hemoglobin มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (ศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าวและหน่วยปฏิบัติการค้นหาและใช้ประโยชน์ยีนข้าว, 2553)

### **ข้าวหอมมะลิแดง**

ข้าวหอมมะลิแดงเป็นข้าวเจ้า สำหรับข้าวหอมมะลิแดงมีคุณประโยชน์มากกว่าข้าวเจ้าทั่วไป เพราะมีสารอาหารจำพวกแป้ง ไขมัน โปรตีน ฟอสฟอรัส และธาตุเหล็กในปริมาณสูงมาก ข้าวหอมมะลิแดงในปริมาณ 100 กรัมมีธาตุเหล็กถึง 1.2 มิลลิกรัม ขณะเดียวกันก็มีทั้งวิตามินเอ วิตามินบีและวิตามินซี

ข้าวหอมมะลิแดงมีคุณสมบัติใช้รักษาโรคได้อย่างหลากหลาย เช่น ป้องกันโรคหัวใจ แขนขาไม่มีกำลังวังชา นอนไม่หลับ รักษาอาการมือเท้าบวม ผื่นขึ้น ระบบย่อยอาหารไม่ปกติ มีลมในท้องและลำไส้ (ศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าวและหน่วยปฏิบัติการค้นหาและใช้ประโยชน์ยีนข้าว, 2553)

จากการทดสอบข้าวหอมมะลิแดงในระดับหลอดทดลองพบว่า มีศักยภาพในการป้องกันและบรรเทาโรคเบาหวาน โดยการทดสอบสามารถใช้ในการทำนายผลระดับน้ำตาลในเลือดได้ เพื่อเป็นการคัดกรองในระดับแรก ก่อนนำผลที่ได้ไปทดสอบในมนุษย์ต่อไป จากการทดสอบพบว่า ข้าวหอมมะลิแดงที่หุงสุกแล้วมีการเพิ่มขึ้นของระดับของน้ำตาลกลูโคสในช่วงเวลา 20 นาทีแรกค่อนข้างช้า คือ 10.60 กรัมต่อ 100 กรัม และปริมาณน้ำตาลกลูโคสหลังจากย่อยผ่านไป 120 นาที มีค่าเพียง 8.59 กรัมต่อ 100 กรัม แสดงให้เห็นว่าข้าวหอมมะลิแดงน่าจะเป็นข้าวพื้นเมืองที่มีดัชนีน้ำตาลที่เหมาะสมกับการส่งเสริมให้ผู้บริโภคที่อยู่ในภาวะปกติ หรือผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 รับประทาน เพราะเมื่อรับประทานข้าวชนิดนี้เข้าไปแล้วร่างกายจะมีปริมาณน้ำตาลกลูโคสเพิ่มสูงขึ้นช้ากว่าข้าวเจ้าทั่วไป (มูลนิธิวิจัยข้าว, 2554)

### **ข้าวเล้าแตก**

ข้าวเล้าแตกเป็นข้าวเหนียวเป็นข้าวเหนียวประจำถิ่นอีสานนิยมปลูกในพื้นที่นาลุ่มมีน้ำขัง เป็นข้าวไวต่อช่วงแสง ต้นสูง 120 เซนติเมตร แตกกอปานกลางใบสีเขียวแก่มีรวงยาวจับถี่คอรวงเหนียวมาก เมล็ดมีลักษณะอ้วน ป้อม เปลือกสีเหลืองลายน้ำตาล เป็นข้าวพื้นเมืองพันธุ์ที่นิยมปลูกกันมากเติบโตง่ายในดินแทบทุกประเภท เมล็ดโตให้ผลผลิตดีมาก

จากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการพบว่าในข้าวหน่วยเชื้อ ข้าวหอมมะลิแดง ข้าวหอมมะลิทั่วไป ข้าวเหนียวเก่าเปลือกดำ ข้าวเหนียวเล้าแตกและข้าวช่อชิง มีธาตุเหล็กสูง 2.9 - 1.9 เท่าของข้าวเจ้ากล้องทั่วไป ข้าวเหนียวเล้าแตกสูง 10.3 เท่า ข้าวเหนียวเก่าเปลือกดำ 6.5 เท่า และข้าวช่อชิง 6 เท่า ของข้าวกล้องทั่วไปในข้าวเหนียวเก่าเปลือกดำ มีสารเบต้าแคโรทีนสูงถึง 3.81 เท่า ข้าวหน่วยเชื้อ 1.68 เท่า และข้าวเล้าแตก 1.58 เท่า ของข้าวเจ้ากล้องทั่วไป (สารานุกรมภูมิปัญญาท้องถิ่นไทย: ภูมิปัญญาข้าวไทย, 2553)

## 2.2 ความหมายของส่วนต่าง ๆ ที่ควรรู้จักของข้าว

**ข้าว** คือพืชล้มลุกตระกูลเดียวกับหญ้า ที่มีเมล็ดที่สามารถนำมาบริโภคได้ และข้าวก็เป็นอาหารหลักของคนไทย ในปัจจุบันกระแสอาหารเพื่อสุขภาพ กำลังได้รับความสนใจกับคนทั่วไป จึงทำให้ข้าวขัดสีน้อยได้รับความนิยมในการบริโภค

**ข้าวเปลือก** คือ เมล็ดข้าวที่เก็บมาจากต้นข้าว ยังสามารถนำไปเพาะปลูกได้

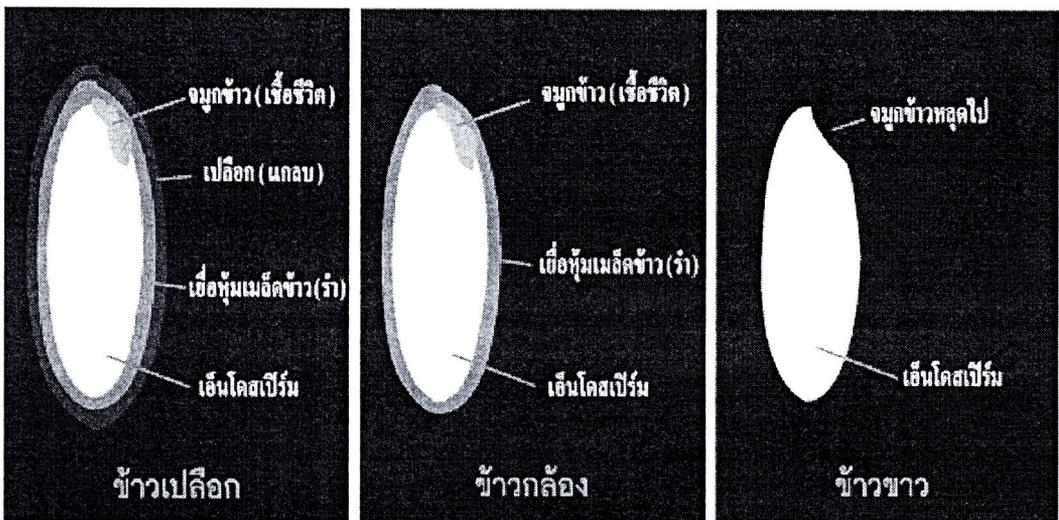
**ข้าวกล้อง**คือ ผลผลิตที่ได้จากการสีข้าวเพียงครั้งเดียว เพียงแค่ให้เปลือกที่หุ้มเมล็ดข้าว(แกลบ) อยู่ชั้นหลุดออกไป ที่เหลือเป็นเนื้อหรือเมล็ดข้าว และทั้งหมดคือข้าวกล้อง ซึ่งประกอบไปด้วยเยื่อหุ้มเมล็ด (รำข้าว)สีน้ำตาลอ่อน จมูกข้าว และเนื้อข้าว

**ข้าวซ้อมมือ** คือ ข้าวเปลือกที่ผ่านขบวนการ กะเทาะเปลือก โดยการตำในครก ด้วย กระเดื่องหรือ สากไม้ แล้วใช้กระโด่งในการล่อนแกลบออก ซึ่งเป็นวิธีโบราณ ปัจจุบันแทบไม่มีผลผลิตออกมาในเชิงอุตสาหกรรมแล้ว จะเหลือก็แต่ในชนบท ที่ชาวบ้านทำเพื่อใช้บริโภคในครัวเรือน

**เยื่อหุ้มเมล็ด** (รำข้าว) จะมีเส้นใยอาหารสูง และมีเกลือแร่อยู่บ้าง

**จมูกข้าว** เป็นส่วนที่มีชีวิต อุดมไปด้วยวิตามิน ไชมัน โปรตีน เกลือแร่ต่าง ๆ และเป็นส่วนของข้าวที่จะเจริญเป็นต้นข้าวต่อไป

**เนื้อข้าว** ถ้านำเมล็ดข้าวไปทำการขัดสีต่อส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ดและจมูกข้าวจะหลุดออก จนเหลือแต่ส่วนเนื้อข้าวสีขาว ที่เรารับประทานอยู่ทุกวันนี้ ซึ่งเป็นแบ่งที่ให้แต่พลังงานเท่านั้น (โครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวหอมกัมพูชาและข้าวเจ้าหอมนิล, 2544)



รูปที่ 2.2 องค์ประกอบของข้าวเปลือก ข้าวกล้องและข้าวขาว

(ที่มา : <http://www.google.co.th/imgres?imgurl=http://e-saving.egat.co.th/images/rice-5B>)

## 2.3 คุณค่าทางโภชนาการของข้าว

### 2.3.1 ความสำคัญของสารอาหารที่สำคัญ (บัญชา, 2544)

ร่างกายได้รับพลังงานจากอาหารที่บริโภค ซึ่งสารอาหารที่จะให้พลังงานคือ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน ซึ่งจัดเป็น Macronutrient นอกจากนี้ร่างกายต้องการวิตามินและแร่ธาตุเพียงเล็กน้อย ซึ่งจัดเป็น Micronutrient โดยวิตามินและแร่ธาตุมีหน้าที่ช่วยในการทำงานของเมตาบอลิซึมในร่างกายเกิดการ ทำงานอย่างสมบูรณ์ นอกจากนี้ยังมีใยอาหาร(dietary fiber) และ กากใย (crude fiber) ที่มีอยู่ในอาหารก็เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย

**คาร์โบไฮเดรต** เป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญสำหรับร่างกาย โดยจะเกิดการสันดาปแล้วปล่อยพลังงานเคมีเพื่อใช้ในการทำงานของอวัยวะต่าง ๆ สำหรับในข้าวที่มีแป้งเป็นส่วนประกอบหลัก จึงจัดเป็นแหล่งของพลังงานที่สำคัญอย่างหนึ่ง นอกจากนี้ใยอาหารก็จัดเป็นคาร์โบไฮเดรต หน้าที่สำคัญของใยอาหารจะช่วยในเรื่องของการขับถ่ายเนื่องจากร่างกายไม่สามารถย่อยได้จึงทำหน้าที่เพิ่มปริมาณของอุจจาระและยังช่วยลดความเสี่ยงในการเป็นมะเร็งลำไส้ใหญ่ด้วย

**โปรตีน** เป็นสารอาหารที่เป็นองค์ประกอบหลักของเซลล์ทุกเซลล์ในร่างกาย ทำหน้าที่สำคัญในรูป เอนไซม์ ฮอร์โมน ผนังเซลล์และยังเป็นตัวพาสารอื่น ๆ ในร่างกาย และเป็นส่วนประกอบโครงสร้างของร่างกาย คือ กล้ามเนื้อ กระดูก เนื้อเยื่อเกี่ยวพันและผิวหนัง

**ไขมัน** เป็นสารอาหารที่ร่างกายต้องการซึ่งเป็นทั้งแหล่งพลังงานและที่สำคัญไขมันจากอาหารจะมีกรดไขมันจำเป็นที่ร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์เองได้ (คณะกรรมการจัดทำข้อกำหนดสารอาหารที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย. 2546)

**เบต้าแคโรทีน** ( $\beta$  - Carotene) เป็นวิตามินเอที่มีอยู่ในพืชผัก จัดอยู่ในกลุ่มแคโรทีนอยด์ ซึ่งสามารถเปลี่ยนรูปเป็นเรตินอล (วิตามินเอ) ได้ ถ้าร่างกายได้รับแคโรทีนอยด์มาก ๆ นาน ๆ จะมีอาการผิวเหลืองโดยเฉพาะที่ฝ่ามือและฝ่าเท้า หรือเรียกว่า carotenaemia อาการนี้ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพและจะค่อย ๆ หายไปเองเมื่อกินอาหารที่มีสารจำพวกนี้น้อยลง ปัจจุบันเชื่อว่าแคโรทีนอยด์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระหรือสารแอนติออกซิแดนท์ อาหารที่พบเบต้าแคโรทีนมาก ได้แก่ แครอท ฟักทอง มะเขือเทศ มะม่วงสุก มะละกอสุก และผักใบเขียวเข้ม เช่น ตำลึง คะน้า

**วิตามินอี** (Vitamin E) หรือโทโคฟีรอล Tocopherol ทำหน้าที่ในการป้องกันการออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่งซึ่งเกิดจากอนุมูลอิสระ จัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระหรือสารแอนติออกซิแดนท์ การเกิดออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัว(ส่วนใหญ่ได้จากไขมันสัตว์) จะทำให้เซลล์ของร่างกายถูกทำลาย อาจเป็นมะเร็งบางชนิดได้ อาหารที่มีวิตามินอีสูง ได้แก่ น้ำมันพืช ถั่วเปลือกแข็ง เมล็ดพืช จมูกข้าวสาลีและข้าวกล้อง

**วิตามิน บี1 หรือไทอะมิน (Thiamin)** ทำหน้าที่เป็นโคเอนไซม์ในกระบวนการเมตาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตและกรดอะมิโนชนิดกิ่ง ถ้าร่างกายได้รับไทอะมินไม่พอต่อความต้องการจะทำให้เกิดโรคเหน็บชา อาหารที่มีวิตามินบี 1 สูง ได้แก่ เนื้อหมู ตับ หัวใจ ไต ถั่วเมล็ดแห้ง ข้าวกล้อง นม และมันฝรั่ง

**วิตามิน บี2 หรือไรโบฟลาวิน (Riboflavin)** เป็นส่วนหนึ่งของโคเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเผาผลาญสารอาหาร ร่างกายไม่ค่อยเก็บสะสมวิตามิน บี 2 ไว้ อาหารที่มีวิตามิน บี 2 สูง ได้แก่ นมและผลิตภัณฑ์นม ไข่ เนื้อสัตว์ ผักใบเขียวและธัญพืช ปัญหาการขาดวิตามินบี 2 มีอาการคือ โรคปากนกกระจอก ตามองไม่ชัด ผิวหนังอักเสบและอาจทำให้เป็นโรคโลหิตจางบางชนิด

**วิตามิน บี3 หรือไนอะซิน (Niacin)** เป็นต้นกำเนิดของเอนไซม์ที่จะทำหน้าที่ขนส่งไฮโดรเจนอะตอมในปฏิกิริยาออกซิเดชันรีดักชันที่เกี่ยวข้องกับการเผาผลาญสารอาหารต่าง ๆ รวมทั้งการสังเคราะห์กรดไขมันและคลอเลสเทอรอล ไนอะซินมีมากในตับสัตว์ เนื้อแดง เบียร์ ถั่วเปลือกแข็งและธัญพืช

**เหล็ก (iron, Fe)** ธาตุเหล็ก เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของฮีโมโกลบิน ซึ่งเป็นสารสีในเม็ดเลือดแดง ฮีโมโกลบินทำหน้าที่นำออกซิเจนไปตามกระแสเลือดเพื่อเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ทั้งร่างกาย ถ้าร่างกายขาดธาตุเหล็กจะผลิตฮีโมโกลบินไม่ได้ ทำให้เกิดโรคโลหิตจางและร่างกายยังต้องการธาตุเหล็กเพื่อสร้างฮีโมโกลบินซึ่งเป็นสารสีแดงที่ทำหน้าที่ส่งออกซิเจนไปเลี้ยงเฉพาะที่กล้ามเนื้อเท่านั้น ธาตุเหล็กยังเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์หลายชนิด ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่จะช่วยเปลี่ยนเบต้าแคโรทีนให้เป็นวิตามินเอ เป็นเอนไซม์ที่จำเป็นสำหรับการสังเคราะห์สารพันธุกรรมดีเอ็นเอและอาร์เอ็นเอ อาหารที่มีธาตุเหล็กมาก ได้แก่ เครื่องในสัตว์ (อยู่ในรูป heme iron) พืชผักบางชนิด (อยู่ในรูป non-heme iron) ทั้งนี้การดูดซึมธาตุเหล็กจากเนื้อสัตว์จะสามารถดูดซึมได้ประมาณร้อยละ 25 และจะดูดซึมธาตุเหล็กจากพืชได้ร้อยละ 10 หรือต่ำกว่า และการกินพืชผักที่มีธาตุเหล็กร่วมกับอาหารที่มีวิตามินซี เช่น ฝรั่ง ส้ม ก็จะช่วยในการดูดซึมธาตุเหล็ก non-heme iron ได้ดีมากขึ้น

**สังกะสี (zinc, Zn)** ธาตุสังกะสีเป็นส่วนประกอบของเนื้อเยื่อและเอนไซม์หลายชนิดในร่างกาย สังกะสีเป็นธาตุที่จำเป็นต่อการรักษาและสร้างสารพันธุกรรมดีเอ็นเอและอาร์เอ็นเอ จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของร่างกายและมีบทบาทต่อการพัฒนารังไข่และลูกอัณฑะ ถ้าขาดสังกะสีตั้งแต่เด็กหรือวัยรุ่นจะทำให้การเจริญเติบโตและการพัฒนาทางเพศบกพร่อง สังกะสีมีความสำคัญต่อระบบภูมิคุ้มกัน ถ้าขาดจะมีโอกาสติดเชื้อได้ง่าย จึงสำคัญต่อผู้สูงอายุที่อาจติดเชื้อได้ง่าย การกินอาหารที่หลากหลายก็ทำให้ร่างกายได้รับสังกะสีที่เพียงพอ อาหารที่มีธาตุสังกะสีมาก คือ อาหารทะเลโดยเฉพาะหอยนางรม และยังพบในเนื้อสัตว์อื่น เช่น เบียร์ ไข่ รวมทั้งธัญพืช โดยสังกะสีในธัญพืชส่วนใหญ่จะอยู่ที่เยื่อหุ้มเมล็ดซึ่งมักถูกขัดสีออก

**ซีลีเนียม (selenium, Se)** ธาตุซีลีเนียมเป็นแร่ธาตุที่ช่วยด้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในร่างกายของคน เนื่องจากเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์กลูตาไธโอน เพอออกซิเดส (glutathione peroxidase) ซึ่งช่วยป้องกันเนื้อเยื่อจากการทำลายของสารอนุมูลอิสระและควบคุมการผลิตสารพรอสตา

แกลนดิน (prostaglandin) ซึ่งช่วยควบคุมการทำงานหลายอย่างในร่างกาย ถ้าร่างกายขาดซีลีเนียม การเจริญเติบโต ระบบสืบพันธุ์และการทำงานของตับจะไม่เป็นปกติ ร่างกายจำเป็นต้องใช้ซีลีเนียมในการผลิตฮอร์โมนที่สำคัญต่าง ๆ หลายชนิด ปริมาณของซีลีเนียมในอาหารจะขึ้นกับระดับของแร่ธาตุนี้ในดินที่เพาะปลูก (แร่ธาตุที่มีอยู่ในอาหารนั้นขึ้นกับดินที่เพาะปลูก) ในประเทศจีนบางท้องถิ่นพบว่ามีปัญหาการขาดซีลีเนียม ส่วนในประเทศไทยมีการศึกษาปริมาณแร่ธาตุในอาหารไทยและคำนวณปริมาณที่ร่างกายได้รับโดยเฉลี่ยพบว่าอยู่ในเกณฑ์ที่แนะนำให้บริโภคต่อวัน

**ใยอาหาร (dietary fiber) และกากใย (crude fiber)** เส้นใยเป็นส่วนประกอบอยู่ในอาหารบางชนิด สมัยก่อนเรียกว่า crude fiber หมายถึง สารที่เหลืออยู่ภายหลังจากย่อยด้วยกรดและด่างแล้ว ซึ่งก็คือเซลลูโลสและลิกนินเท่านั้น ต่อมาได้มีการศึกษาเพิ่มเติม ทำให้ทราบว่าคาร์โบไฮเดรตมีผลดีต่อสุขภาพ จึงให้ชื่อใหม่ว่า เส้นใยอาหาร (dietary fiber) หมายถึง คาร์โบไฮเดรตที่ไม่ถูกไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ ใยอาหารประกอบด้วยเซลลูโลส ลิกนิน เฮมิเซลลูโลส เพนโทแซน กัมและเพกติน ดังนั้นเมื่อวิเคราะห์ใยอาหารจึงมากกว่ากากใยประมาณ 2 -16 เท่า (นิธิยา, 2545)

### 2.3.2 ข้อมูลและงานวิจัยเกี่ยวกับคุณค่าทางอาหารของข้าว

ในกระบวนการกะเทาะเปลือกของข้าวเปลือกได้เป็นข้าวกล้อง ทำให้มีโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และพลังงาน ซึ่งเป็นองค์ประกอบทางเคมีมากขึ้น แต่ทำให้ปริมาณกากใย เถ้า และใยอาหารลดลง เนื่องจากองค์ประกอบเหล่านี้มีมากในแกลบ ส่วนข้าวสารที่ได้จากการขัดขาวมีปริมาณสารอาหาร คือ โปรตีน ไขมัน กากใย เถ้า ใยอาหาร รวมทั้งพลังงานลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวกล้อง (สำนักพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าว, 2551a)

ตารางที่ 2.1 ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของข้าวเปลือกและส่วนที่ได้จากการขัดสีที่ความชื้นร้อยละ 14

ส่วนของข้าว	ข้าวเปลือก	ข้าวกล้อง	ข้าวสาร	รำข้าว	แกลบ
โปรตีน (g)	5.8-7.7	7.1-8.3	6.3-7.1	11.3-14.9	2.0-2.8
ไขมัน (g)	1.5-2.3	1.6-2.8	0.3-0.5	15.0-19.7	0.3-0.8
กากใย (g)	7.2-10.4	0.6-1.0	0.2-0.5	7.0-11.4	34.5-45.9
เถ้า (g)	2.9-5.2	1.0-1.5	0.3-0.8	6.6-9.9	13.2-21.0
คาร์โบไฮเดรต (g)	64-73	73-87	77-89	34-62	22-34
ใยอาหาร (g)	16.4-19.2	2.9-3.9	0.7-2.3	24-29	66-74
พลังงาน (kcal)	378	363-385	349-373	399-476	265-332

ที่มา : สำนักพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าว (2551)

สำหรับข้อมูลเกี่ยวกับคุณค่าโภชนาการของข้าวชนิดต่าง ๆ จากตารางที่ 2.2 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย โดยคณะกรรมการสวัสดิการกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข (พ.ศ. 2545) มีดังนี้

ตารางที่ 2.2 คุณค่าสารอาหารต่อ 100 กรัมที่กินได้ของข้าวเจ้าซ้อมมือ ข้าวเจ้าหอมมะลิ ข้าวกล้องหอมมะลิและข้าวเหนียวดำ

สารอาหาร	ข้าวเจ้า, ซ้อมมือ	ข้าวเจ้า, หอมมะลิ	ข้าวกล้อง, หอมมะลิ	ข้าวเหนียว, ดำ
<b>Proximate Composition</b>				
Energy (kcal)	358	356	366	364
Water (g)	12.7	12.0	9.9	11.8
Protein (g)	6.6	6.2	7.0	8.2
Fat (g)	2.3	1.1	2.4	3.0
Carbohydrate (g)	77.6	80.4	79.1	76.1
Dietary fiber (g)	1.7	0.6	2.5	4.9
Ash (g)	0.8	0.3	1.6	0.9
<b>Minerals</b>				
Calcium (mg)	-	3	27	26
Phosphorus (mg)	66	66	255	65
Iron (mg)	-	Tr.	3.7	2.3
<b>Vitamin</b>				
$\beta$ -carotene ( $\mu$ g)	Tr.	-	0	16
Vitamin E (mg)	-	-	0.41	-
Thiamin (mg)	0.34	0.11	0.55	0.55
Riboflavin (mg)	0.11	0.04	0.06	0.29
Niacin (mg)	1.4	0.9	2.8	0.6

Tr = trace , -ไม่ได้วิเคราะห์

ที่มา : คณะกรรมการสวัสดิการกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข (2545)

นอกจากข้าวจะเป็นอาหารหลักของประเทศไทยและแถบประเทศในตะวันออกแล้ว ปัจจุบันก็เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทั่วโลกให้ความสนใจ FAO ได้มีการเผยแพร่ข้อมูลเกี่ยวกับคุณค่าทางโภชนาการของข้าว โดย

มุ่งเน้นให้เห็นความหลากหลายของข้าวและคุณค่าทางโภชนาการที่แตกต่าง ข้าวที่มีสีจะมีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าข้าวขาวที่ผ่านการขัดสี (FAO, 2004)

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยเกี่ยวกับข้าวในประเทศต่างๆ ดังนี้

จรัญจิต และสุวัฒน์ 2552 ได้รายงานในการประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2552 เกี่ยวกับคุณค่าของสารอาหารในข้าวกล้องของข้าวเหนียวดำเปรียบเทียบกับข้าวหอมแดงและข้าวขาวดอกมะลิ 105

Juliano และคณะ 1973 ได้ศึกษาผลของปริมาณโปรตีนในข้าวที่มีต่อสมบัติของโปรตีนในข้าว พบว่าข้าว 10493 สายพันธุ์จากทั่วโลก มีปริมาณไลซีนอยู่ที่ร้อยละ 0.5 ของปริมาณโปรตีนในข้าว

Wang และคณะ 1978 ได้ศึกษาคุณภาพโปรตีนในข้าวสายพันธุ์ดั้งเดิม โดยวิธี RAT assay และศึกษาองค์ประกอบของกรดอะมิโน พบว่าในข้าวสายพันธุ์ดั้งเดิมมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 15.2-17.0 โดยน้ำหนักแห้ง และพบว่าโปรตีนในข้าวมีปริมาณส่วนที่ละลายในแอลกอฮอล์ต่ำแต่พบว่ามีส่วนของกลูเตลินสูง มีปริมาณของกรดอะมิโนจำเป็นโดยเฉพาะไลซีน และเมทไทโอนีนในปริมาณสูง

Resurrection และคณะ 1979 ได้รายงานไว้ใน brown rice ชนิดที่มีปริมาณโปรตีนต่ำร้อยละ 7.5 และชนิดโปรตีนสูงร้อยละ 10.8 พบว่าข้าวที่มีโปรตีนต่ำจะมีปริมาณเถ้าต่ำกว่าข้าวโปรตีนสูง พบกลูเตลินร้อยละ 87-93

Khoi และคณะ 1987 ได้ศึกษาโปรตีนและกรดอะมิโนในข้าวหลายสายพันธุ์ที่ปลูกในเวียดนาม ตอนเหนือพบว่าปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วงร้อยละ 7.0-10.8 และพบว่าร้อยละ 70-80 เป็นโปรตีนกลูเตลิน

Lim และคณะ 1999 ได้ศึกษาแป้งข้าว (Ilpumbyo) ของประเทศเกาหลี พบว่าปริมาณโปรตีนมีความสำคัญและมีผลต่อลักษณะเฉพาะ ความหนืดของน้ำแป้ง

Ju และคณะ 2001 ได้สกัดโปรตีนจากแป้งข้าวที่สกัดไขมันออก พบว่าโปรตีนในข้าวจะตกตะกอนที่ pI แตกต่างกันโดยอัลบูมิน (pH 4.1) กลอบูลิน (pH 4.3 และ pH 7.9) และกลูเตลิน (pH 4.8) ในขณะที่โปรลามินจะไม่ตกตะกอนเมื่อมีการปรับ pH และพบว่าโปรตีนทั้ง 3 ชนิดคือ อัลบูมิน กลอบูลิน และกลูเตลิน จะเกิดการเสียสภาพที่อุณหภูมิ 73.3, 78.9 และ 82.2 ตามลำดับ

Zhou และคณะ 2002 ศึกษาองค์ประกอบ สมบัติ และหน้าที่ ของข้าว พบว่าในข้าวจะพบองค์ประกอบหลักคือ แป้ง โปรตีน และ ลิพิด ซึ่งมีผลต่อคุณภาพในการหุงข้าวและทานข้าว และพบว่ามีปริมาณอะไมโลสและโปรตีนต่ำ

Rakwal และ Agrawal 2003 ได้สรุปว่าเทคนิคที่จะใช้ในการวิเคราะห์โปรตีนจากข้าวในปัจจุบันและอนาคตคือเทคนิคโปรตีโอมิกส์

Trisiriroj และคณะ 2004 ได้ศึกษาลักษณะทางโปรตีโอมิกส์ของโปรตีนจากข้าว (*Oryza sativa* L. ssp. *Indica*) ที่มีกลิ่นหอม 5 ชนิด และไม่มีกลิ่นหอม 9 ชนิด พบว่าจากการวิเคราะห์ 2-dimensional electrophoresis พบว่าทั้ง 14 ชนิดมี pH ในช่วง 3-10 และ 4-7 และจากการนำโปรตีนไปตรวจสอบโดยวิธี

MALDI-Q-TOF พบว่าเหมือนกับโปรลามิน และจากการตรวจวิเคราะห์ N-terminal sequence analyses พบว่ามีน้ำหนักโมเลกุล 13 kDa

Agboola และคณะ 2005 ศึกษาลักษณะและสมบัติหน้าที่ของโปรตีนที่แยกได้จากข้าวสายพันธุ์ Australian โปรตีนที่พบได้แก่ อัลบูมิน กลอบูลิน กลูเตลิน และโปรลามิน และศึกษาปริมาณและชนิดของโปรตีนโดยวิธี capillary electrophoresis (SDS-CE) และ sodium dodecyl sulphate polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE)

Komatsu และ Yano 2006 ได้กล่าวถึงเทคนิคโปรตีโอมิกส์ในการวิเคราะห์ข้าวโดยใช้ฐานข้อมูลโปรตีโอมข้าวเพื่อแยกความแตกต่างของชนิดเนื้อเยื่อและออร์แกเนลและแยกความแตกต่างโปรตีโอมิกส์โดยใช้เทคนิค 2-dimensional electrophoresis ในการแยกชนิดของโปรตีน

Rahman และคณะ 2006 ศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากข้าวสายพันธุ์ต่างๆ พบว่าปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วงร้อยละ 6.08-8.95 ในผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ ปริมาณ อะมัยโลสเท่ากับร้อยละ 22.03-24.86 และแร่ธาตุเท่ากับร้อยละ 1.55-1.98

Chen และคณะ 2008 ศึกษาปริมาณโปรตีนในแป้งข้าวและองค์ประกอบของโปรตีนโดยใช้ Near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) วัดองค์ประกอบของ โปรลามิน กลอบูลิน และ กลูเตลิน ในตัวอย่างแป้งข้าวจำนวน 119 ตัวอย่าง พบว่ามีความแตกต่างกันทั้งในด้านองค์ประกอบและขนาดของอนุภาคแป้ง และยังพบว่าการใช้ NIRS เป็นวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบของโปรตีนได้อย่างรวดเร็ว

Sun และคณะ 2008 ศึกษาปริมาณโปรตีนในข้าวโดยวิธี ดิจิทัล โครมาติก (digital chromatic method) โดยวัดค่าการเปลี่ยนแปลงสี แดง เขียว และฟ้า (RGB) chroma ปริมาณโปรตีนในตัวอย่างมีความแตกต่าง ตั้งแต่ 5 กรัมต่อข้าว 100 กรัม ถึง 13 กรัมต่อข้าว 100 กรัม และเมื่อเทียบปริมาณโปรตีนที่วัดโดยวิธี Kjeldahl พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน

Sun และคณะ 2008 ได้ใช้เทคนิค digital chromatic ในการวิเคราะห์โปรตีนในข้าวโดยวิเคราะห์ค่าสี red, green และ blue (RGB) ซึ่งพบว่าผลที่ได้ไม่มีความแตกต่างจากการวัดโปรตีนจากข้าวโดยวิธี Kjeldahl ซึ่งวิธีนี้มีความสะดวก และมีประสิทธิภาพสูงเชื่อถือได้

Sun และคณะ 2008 ศึกษาสมบัติการไหล (Rheological properties) ของแป้งข้าว ทางด้าน pasting cooling และ reheating พบว่าโปรตีนในข้าวมีผลต่อสมบัติการไหล โดยพบว่าปริมาณโปรตีนที่เพิ่มขึ้นช่วยทำให้เพิ่มความคงทนต่อความร้อนและมีผลต่อความแข็งแรง ความเหนียวของข้าวเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง

Chandi และ Sogi 2009 ได้รายงานลักษณะเฉพาะทางชีวเคมีของโปรตีนในข้าว 2 สายพันธุ์โดยหลักการ SDS-PAGE และได้จำแนกชนิดของโปรตีนในข้าวเป็น อัลบูมิน กลอบูลิน โปรลามิน และกลูเตลิน โดยพบในอัตราส่วน 11:19:4:75 และ 16:13:4:67 ในข้าวสายพันธุ์ Basmati 386 และ HBC19 ตามลำดับ

