รายงานการวิจัย

เรื่อง

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการจากข้าวพันธุ์ใหม่
The Analysis of Nutritional Quality of New Varieties of Rice

สุนันท์ พงษ์สามารถ และคณะ

ภาควิชาชีวเคมี คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

641.3318
ส451

พฤษภาคม 2531

ได้รับทุนวิจัยจากคณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีงบประมาณ 2527

รายงานการวิจัย

เรื่อง

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการจากข้าวพันธุ์ใหม่

The Analysis of Nutritional Quality of New Varieties of Rice

โดย

รศ.ดร. สุนันท์ พงษ์สามารถ

ผศ. ธิติรัตน์ ปานม่วง

ดร. จงดี ว่องพินัยรัตน์

น.ส. นรานิษร์ มารคแมน

นาง แสงนวล ทองเพียร

ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากคณะเภสัชศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประจำปีงบประมาณ 2527

ภาควิชาชีวเคมี คณะเภสัชศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มิถุนายน 2531

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการจากข้าวพันธุ์ใหม่

สุนันท์ พงษ์สามารถ ธิติรัตน์ ปานม่วง จงดี ว่องพินัยรัตน์
นรานินทร์ มารคแมน และ แสงนวล ทองเพียร

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์หาคุณค่าทางโภชนาการของข้าวพันธุ์ใหม่คือ กข 21 กข 23 กข 25 และ กข 27 เปรียบเทียบกับข้าวพันธุ์แม่ 2 พันธุ์คือ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวขาวตาแห้ง 17 ผลของการวิเคราะห์ทางเคมีของข้าวกล้องและข้าวสารพบมีปริมาณน้ำ 12-13% ในตัวอย่างข้าวพันธุ์ใหม่ทั้ง 4 พันธุ์ ส่วนประกอบไขมันพบมีประมาณ 1-2% ในข้าวกล้องของข้าว กข 21 กข 23 กข 25 และ กข 27 ในขณะที่พบมีไขมันเพียง 0.2% ในตัวอย่างข้าวสาร ส่วนข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวขาวตาแห้ง 17 มีส่วนประกอบของไขมัน 2.3% ในข้าวกล้องและมีเพียง 0.4% ในตัวอย่างข้าวสาร พันธุ์ข้าวทั้งหมดที่นำมาวิจัยพบมีคาร์โบฮัยเดรทประมาณ 77-78% ในข้าวสารและ 73-74% ในตัวอย่างข้าวกล้อง ส่วนประกอบโปรตีนพบประมาณ 9-10% ในทั้งตัวอย่างข้าวสารและข้าวกล้องที่นำมาวิจัย เส้นใยอาหารพบมีประมาณ 0.7-0.9% ในข้าวกล้องและประมาณ 0.1-0.2% ในตัวอย่างข้าวสาร ปริมาณของเถ้ามีประมาณ 1% ในข้าวกล้องและ 0.2-0.6% ในตัวอย่างข้าวสารตามลำดับ วิตามิน บี 1 วิตามิน บี 2 และไนอาซิน ในข้าวกล้องพบมีอยู่ในระดับสูงกว่าที่พบในข้าวสาร การวิเคราะห์หาส่วนประกอบของแร่ธาตุพวก แคลเซียม เหล็ก ฟอสฟอรัส โซเดียม โปตัสเซียม แมกนีเซียม ทองแดง สังกะสี แมงกานีส และอลูมิเนียม พบว่าในตัวอย่างข้าวกล้องมีแร่ธาตุพวกแคลเซียม ฟอสฟอรัส โปตัสเซียม แมกนีเซียม และแมงกานีส อยู่ในระดับสูงกว่าข้าวสาร อย่างไรก็ดีแร่ธาตุพวก เหล็ก โซเดียม สังกะสี และอลูมิเนียม พบในปริมาณไม่ต่างกันมากนักในตัวอย่างข้าวสารและข้าวกล้อง พบทองแดงในระดับต่ำมากในข้าว

การวิเคราะห์ส่วนประกอบของกรดอมิโนในโปรตีนของข้าวพบว่า ตัวอย่างพันธุ์ข้าวทั้งหมดที่นำมาวิจัยโปรตีนของมันประกอบด้วยกรดอมิโนทุกชนิดทั้งพวกกรดอมิโนจำเป็น(essential

amino acid) และกรดอมิโนไม่จำเป็น (non-essential amino acid) กรดอมิโนแต่ละชนิดในข้าวแต่ละพันธุ์พบอยู่ในปริมาณที่มีสัดส่วนคล้ายคลึงกัน พบมีค่า Amino Acid Score ของลัยซีนและไอโซลิวซีนค่อนข้างต่ำ ค่า Chemical Score ของโปรตีนของข้าวมีค่าประมาณ 60-70 จากผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าข้าวพันธุ์ใหม่ ๆ ทั้ง 4 พันธุ์มีคุณค่าทางโภชนาการดีคล้ายคลึงกับตัวอย่างข้าวพันธุ์แม่ 2 พันธุ์ที่นำมาวิจัยในครั้งนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

The Analysis of Nutritional Quality of New Varieties of Rice

Sunanta Pongsamart, Tetirat Panmaung
Chongdee Wongpinairat Naranin Markman and Sangnuan Tongpian

New rice varieties; RD 21, RD 23, RD 25 and RD 27, were investigated to determine their nutritional values compared with two parent varieties; Khao Dawk Mali 105 and Khao Ta Hang 17. The results of Chemical analysis of those milled and dehulled rice sample revealed that 12-13% of water existed in four new varieties of rice samples. Fat content was found about 1-2% in dehulled rice samples of RD 21, RD 23, RD 25 and RD 27, but only 0.2% fat was found in those milled rice samples. Khao Dawk Mali 105 and Khao Ta Hang 17 contained 2.3% fat in their dehulled samples and only 0.4% fat was found in milled samples. All of tested milled samples contained about 77-78% of carbohydrate and about 73-74% of carbohydrate was found in dehulled samples. Protein content was about 9-10% in both milled and dehulled rice samples tested. About 0.7-0.9% of crude fiber was found in dehulled rice and only about 0.1-0.2% of crude fiber remained in milled samples. Ash content was about 1% in dehulled and 0.2-0.6% in milled rice samples, respectively.

Vitamin B_1, Vitamin B_2 and niacin levels were higher in dehulled rice than milled rice samples. Mineral contents such as calcium, iron, phosphorus, sodium, potassium, magnesium, copper, zinc, manganese and alimunium were determined. Dehulled rice samples contained higher level of calcium, phosphorus, potassium, magnesium and manganese than

their milled samples. However, the levels of sodium, zinc and aluminium were not much different in milled and dehulled rice samples. Trace of copper was found in rice.

Amino acid composition in rice protein was investigated. Each variety of tested rice protein contained all kinds of essential and non-essential amino acids. Each sample seemed to contain a similar profile of their amino acid contents. Amino Acid Scores of lysine and isoleucine were rather low. Chemical Score of rice protein was about 60-70. Four new varieties of tested rice samples seem to have good nutritional values similar to two parent varieties of tested rice samples.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจาก คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประจำปีงบประมาณ 2527

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณผู้สนับสนุนและให้ความร่วมมืองานวิจัย ดังต่อไปนี้

1. กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข โดยคุณสุรีพันธ์ บุญวิสุทธิ์ ในความอนุเคราะห์ การวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเครื่อง Amino Acid Analyzer

2. ศูนย์เครื่องมือ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma Spectometer

3. สถาบันวิจัยข้าว กองการข้าว กรมวิชาการ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

4. รองศาสตราจารย์ บุญอรรถ สายศร คณบดี คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้อนุมัติทุนสนับสนุนการวิจัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
ชื่อเรื่องและชื่อผู้วิจัย	i
บทคัดย่อภาษาไทย	ii
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	iv
กิตติกรรมประกาศ	vi
สารบัญเรื่อง	vii
สารบัญตาราง	ix
สารบัญรูป	x
บทนำ	1
วัสดุและวิธีวิจัย	3
วัสดุ	3
สารเคมี	3
ตัวอย่างข้าว	3
วิธีวิจัย	3
การหาปริมาณความชื้น	3
การหาปริมาณโปรตีน	4
การวิเคราะห์กรดอมิโน	4
การหาปริมาณไขมัน	6
การหาปริมาณเส้นใยอาหาร	6
การหาปริมาณเถ้า	7
การวิเคราะห์แร่ธาตุ	8
การหาปริมาณ Total Phosphorus	8
การหาปริมาณคาร์โบไฮเดรท	10
การวิเคราะห์วิตามิน	10

หน้า

การคำนวณค่าพลังงานคาลอรี่ 11
การเตรียมตัวอย่างข้าว 12

ผลการวิจัย 17
ปริมาณสารอาหารในข้าว 17
ปริมาณแร่ธาตุในข้าว 19
ส่วนประกอบของกรดอมิโนของโปรตีนของข้าวและ Amino Acid Score 21

วิจารณ์และสรุป 25
ปริมาณสารอาหารในข้าว 26
ปริมาณแร่ธาตุในข้าว 28
ส่วนประกอบของกรดอมิโนของโปรตีนของข้าวและ Amino Acid Score 29

เอกสารอ้างอิง 32

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1	ปริมาณสารอาหารในข้าว 100 กรัม	18
ตารางที่ 2	ปริมาณแร่ธาตุในข้าว 100 กรัม	20
ตารางที่ 3	ปริมาณของกรดอมิโนในข้าว 100 กรัม	22
ตารางที่ 4	ปริมาณกรดอมิโนในโปรตีนจากข้าวเป็นมิลลิกรัม/1 กรัมโปรตีน	23
ตารางที่ 5	แสดงค่า Amino Acid Scoree ของกรดอมิโนจำเป็นในโปรตีนจากข้าว	24

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1 ตัวอย่างข้าว กข 21 14

รูปที่ 2 ตัวอย่างข้าว กข 23 14

รูปที่ 3 ตัวอย่างข้าว กข 25 15

รูปที่ 4 ตัวอย่างข้าว กข 27 15

รูปที่ 5 ตัวอย่างข้าวขาวดอกมะลิ 105 16

รูปที่ 6 ตัวอย่างข้าวขาวตาแห้ง 17 16

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทนำ

ข้าวเป็นอาหารหลักของประชากรในประเทศไทยมาตั้งแต่โบราณ ได้มีการค้นพบว่าประเทศในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้นี้อาจเป็นแหล่งดั้งเดิมที่มีการเพาะปลูกข้าวโดยได้มีการค้นพบว่ามีพันธุ์ข้าวป่าที่มีอายุเก่าแก่ที่สุดคือประมาณ 3500 ปีก่อนคริสต์ศักราชหรือประมาณ 5500 ปีมาแล้ว พบที่โนนนกทาจังหวัดขอนแก่น (1,2) ข้าวเป็นพืชในตระกูลหญ้า (Graminae) Genus ของข้าวคือ Oryza มีพันธุ์ข้าวต่าง ๆ อยู่กว่า 20 species พันธุ์ที่เพาะปลูกกันมากได้แก่ Oryza sativa ปลูกทั่วไปในเอเชียและ Oryza glaberrima เพาะปลูกในแถบตะวันตกของอาฟริกา (2) นอกจากนี้ยังพบมีพันธุ์ข้าวป่าอยู่หลายชนิดในประเทศไทย ส่วนข้าวที่เพาะปลูกกันทั่วไปของไทยเป็นชนิด Oryza sativa ซึ่งปัจจุบันได้มีการรวบรวมพันธุ์ต่าง ๆ ไว้ได้ 10,292 พันธุ์ (varieties)ในไทย (3) อย่างไรก็ดีพันธุ์ต่าง ๆ ของ Oryza sativa มีถึงเกือบ 120,000 พันธุ์ (2)ในโลกและในปัจจุบันยังได้มีการพัฒนาข้าวพันธุ์ใหม่ ๆ เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ มากมายที่จะส่งเสริมให้ชาวนาปลูกเพื่อเพิ่มผลผลิตให้เพียงพอแก่ความต้องการของประชากรที่เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในการใช้เป็นอาหารประจำวัน ดังนั้นคุณค่าทางอาหารที่ดีของข้าวที่ใช้รับประทานเป็นอาหารจึงเป็นเรื่องจำเป็นที่จะต้องศึกษาอย่างยิ่ง โดยเฉพาะในประเทศไทยซึ่งยังมีปัญหาการขาดอาหารของประชากรอยู่ เพราะพบว่าประชากรในวัยเด็กยังเป็นโรคขาดอาหารอยู่อีกมาก

ดังที่ได้กล่าวแล้วว่า ข้าวเป็นอาหารหลักของประชากรในภูมิภาคอาเซียนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งคนไทยมักจะรับประทานข้าวกันแทบทุกมื้อ ดังนั้นการสำรวจคุณค่าทางอาหารของข้าวพันธุ์ต่าง ๆ ที่เรานิยมรับประทานจึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจศึกษา เพื่อที่จะได้เป็นข้อมูลทางโภชนาการในการแนะนำให้ประชากรได้รู้จักรับประทานอาหารอย่างไรเพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุดและถูกต้องตามหลักโภชนาการ และข้อมูลทางคุณค่าอาหารนี้จะเป็นประโยชน์ในการแนะนำให้เกษตรกรได้เลือกใช้ข้าวพันธุ์ดีที่มีคุณค่าทางอาหารสูงมาเพาะปลูกเพื่อเพิ่มผลผลิตให้เป็นอาหารแก่ประชากรของประเทศและของโลกต่อไป คาดว่าการวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ในด้านโภชนาการที่ยังคงเป็นปัญหาของประเทศในขณะนี้

สำหรับข้าวพันธุ์ใหม่ ๆ ซึ่งได้ทำการพัฒนาขึ้นในประเทศไทยโดยสถาบันวิจัยข้าว กองการข้าว กรมวิชาการ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ในปัจจุบันได้พัฒนาพันธุ์ข้าวใหม่ ๆ ขึ้นมาอีกหลายพันธุ์เพื่อให้ได้ข้าวสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง ต้านทานโรคข้าวได้ดี และมีโปรตีนสูงคุณภาพดี ดังมีสายพันธุ์ต่าง ๆ ที่จะได้นำมาศึกษาได้แก่ กข 21 กข 23 กข 25 และ กข 27 เป็นต้น โดยมีข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งเป็นข้าวที่มีคุณภาพดีพันธุ์หนึ่งที่นิยมรับประทานกันมากใช้เป็นสายพันธุ์แม่ของข้าว กข 21 และ กข 25 ส่วนข้าว กข 27 พัฒนามาจากข้าวขาวตาแห้ง 17 และข้าวตาอู่ และข้าว กข 23 เป็นข้าวพันธุ์ผสมระหว่างข้าว กข 7 IR 32 กับ กข 1 (4) ข้าวสายพันธุ์ใหม่ดังกล่าวนี้พบว่าให้ผลผลิตสูงและมีความต้านทานโรคข้าวและเพลี้ยที่เป็นพาหะของไวรัสของโรคข้าวได้ดี

การศึกษานี้จะได้วิเคราะห์เกี่ยวกับคุณค่าทางอาหารของข้าวสายพันธุ์ใหม่คือ กข 21 กข 23 กข 25 และ กข 27 กับสายพันธุ์แม่คือ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และขาวตาแห้ง 17 โดยจะศึกษาส่วนประกอบของสารอาหารได้แก่คาร์โบฮัยเดรท โปรตีน ไขมัน เกลือแร่ วิตามิน และส่วนประกอบของกรดอมิโนในโปรตีนของข้าวเหล่านี้โดยละเอียดเพื่อนำมาพิจารณาคุณค่าทางโภชนาการต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วัสดุและวิธีวิจัย

วัสดุ

1. สารเคมี Ninhydrin, ethanol, trisodium citrate, 2-methoxy ethanol, sodium acetate, potassium sulfate, silinous acidทั้งหมดเป็นชนิด analytical reagent purity จากบริษัท Mallinkrodt Chemical Works, Boric acid เป็นชนิด reagent grade จากบริษัท Biedel-DeHean, Hannover, NaOH, H_2SO_4, HNO_3, HCl, ammonium molybdate, potassium antimonyl tartrate, potassium dihydrogen phosphate, potassium ferricyanide, cyanogen bromide, 4-methoxy-2-nitroaniline, oxalic acid, ascorbic acid ทั้งหมดเป็นชนิด extra purity grade จากบริษัท E. Merck Darmstadt, Germany, petroleum ether, acetone เป็นชนิด analytical reagent grade จากบริษัท E. merck Darmstadt, Germany.

2. ตัวอย่างข้าว ตัวอย่างข้าวพันธุ์ใหม่ ได้แก่ กข 21 กข 23 กข 25 กข 27 และ ข้าวสายพันธุ์แม่คือขาวหอมมะลิ 105 และขาวตาแห้ง 17 ในรูปของข้าวสารและข้าวกล้อง ได้รับความอนุเคราะห์จาก สถาบันวิจัยข้าว กองการข้าว กรมวิชาการ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

วิธีวิจัย

1. การหาปริมาณความชื้น ชั่งตัวอย่างข้าวบดละเอียด 5 กรัมใส่จานแก้วมีฝาปิดซึ่งได้อบแห้งใน hot air-oven (Mammert, Germany) ที่ 100 $\pm$ 2 °ซ นาน 6 ช.ม. ปิดฝาจานแก้วนำออกมาทิ้งให้เย็นใน desiccator บันทึกน้ำหนักแล้วนำไปอบต่ออีกนาน 1-2 ช.ม. และชั่งน้ำหนักอีกทำเช่นนี้จนกว่าจะได้น้ำหนักคงที่ จึงนำค่าน้ำหนักที่ได้มาคำนวณหาปริมาณน้ำทั้งหมดที่มีอยู่ในตัวอย่างข้าวที่นำมาทดลอง (5) ทำการทดลองตัวอย่างเดียวกัน 2-3 ครั้ง

นำค่าที่ได้ซึ่งมีความแตกต่างกันไม่เกิน $\pm$ 3% มาหาค่าเฉลี่ยของ % ความชื้นดังนี้

$$\% \text{ moisture} = \frac{\text{loss of Wt. (g)}}{\text{Wt. (g) of sample}} \times 100$$

2. การหาปริมาณโปรตีน ปริมาณโปรตีนวิเคราะห์โดยวิธีของ Kjeldahl (6) ทำโดยใช้เครื่อง Kjeltec System I, Sweden ชั่งตัวอย่างข้าวที่บดละเอียด 0.3-0.5 กรัม ย่อยใน digesting tube ซึ่งมี 7 มล. ของกรดกำมะถัน (H_2SO_4) เข้มข้นและ 2 เม็ดของคะตาลิสซึ่งประกอบด้วยด้วย K_2SO_4 และ Se เม็ดละ 1.5 กรัมและ 0.0075 กรัม ตามลำดับ (Kjeltec, Sweden) ย่อยตัวอย่างโดยใช้ความร้อน 420 °ซ นาน 45 นาที จนได้สารละลายใสแล้วนำออกมาตั้งทิ้งให้เย็น เติมน้ำกลั่น 20 มล. แล้วนำไปกลั่นใน distillation system โดยหลังจากเติม 30 มล. ของ 50% NaOH แล้วจึงกลั่นไล่ NH_3 ออกมาใส่ใน flash ที่รองรับซึ่งมี 10 มล. ของ 4% กรดบอริค และ 2 หยดของ indicator ซึ่งประกอบด้วย 0.2% methyl red และ 0.1% methylene blue เมื่อแอมโมเนียถูกไล่ออกมาหมดแล้วจึงนำ flask กรดบอริคไป titrate หาปริมาณไนโตรเจนกับ standard 0.1 N HCl และคำนวณหาปริมาณโปรตีนโดยใช้ factor 5.70 ดังนี้ (6)

$$\% \text{ โปรตีน} = \frac{\text{มล. HCl} \times \text{N.HCl}}{\text{น้ำหนัก (กรัม) ตัวอย่าง}} \times 1.4 \times 5.70$$

N = Normality ของกรด HCl

วิเคราะห์ตัวอย่าง 2-4 ครั้งนำค่าที่ได้ซึ่งต่างกันไม่เกิน $\pm$ 5% มาหาค่าเฉลี่ยของ % โปรตีนในตัวอย่างข้าว

3. การวิเคราะห์กรดอมิโน

3.1 ชั่งตัวอย่างข้าวที่บดละเอียดให้มีปริมาณโปรตีน 100 มก. ใส่ใน Bombelroll tube ขนาด 200 มล. เติม 6 N HCl จนครบ 50 มล. ปิดให้สนิท แล้วนำไปย่อยใน autoclave ที่ 121 °ซ ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว นาน 4 ช.ม. แล้วนำออกมาตั้งทิ้งให้เย็น

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 นำ hydrolyzate จากข้อ 3.1 มา 2.5 มล. ระเหยกรดเกลือออกโดยเครื่อง Rotary Evaporator จนแห้ง ละลายตะกอนที่เหลือด้วย sodium citrate buffer pH 2.2 จนครบปริมาตร 50 มล. กรอง hydrolyzate และนำสารละลายมาวิเคราะห์หาส่วนประกอบกรดอมิโนด้วยเครื่อง Hitachi Perkin Elmer Amino Amalyzer

3.3 การวิเคราะห์หาปริมาณ cystine ทำโดยชั่งตัวอย่างประมาณ 0.01-0.05 กรัม ใส่ใน Erlenmeyer Flask ขนาด 50 มล. เติม 2 มล. กรด performic ที่เย็นจัด (เตรียมโดยผสม 9 ส่วนของกรด formic และ 1 ส่วนของ H_2O_2 ที่อุณหภูมิห้องตั้งทิ้งไว้ 1 ช.ม. แล้วเก็บไว้ในที่เย็นจัด) ผสมตัวอย่างให้เข้ากับกรด ปิด flask และตั้งทิ้งไว้ค้างคืนในที่เย็นจัด

ถ่ายตัวอย่างใส่ใน Bombelroll Tube ขนาด 25 มล. ล้าง flask ด้วย 10 มล. 6 N HCl ปิดจุกนำไปย่อยใน autoclave ที่อุณหภูมิ 121 °ซ ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว นาน 6 ช.ม. แล้วทิ้งให้เย็น

นำตัวอย่างที่ได้มาระเหยให้แห้งใน Rotary Evaporator แล้วละลายตะกอนด้วย sodium citrate buffer pH 2.2 จนครบปริมาตร 25 มล. กรองและนำสารละลายมาวิเคราะห์หาปริมาณของ cystine ด้วยเครื่อง Amino Acid Analyzer (7)

3.4 การวิเคราะห์ Tryptophan ทำโดยการวัดการดูดสีของสารละลายตัวอย่างหลังจาก hydrolyzed ด้วย barium hydroxide กับ dimethyl-aminobenzaldehyde ตามวิธีของ Metheson (8)

ค่า Amino Acid Score ของกรดอมิโนจำเป็นได้คำนวณจากส่วนประกอบของกรดอมิโน (9) โดยมีสมการคำนวณดังนี้

$$\text{Amino Acid Score} = \frac{\text{mg. of an amino acid in 1 gm. test protein}}{\text{mg. of the amino acid in 1 gm reference pattern}} \times 100$$

4. การหาปริมาณไขมัน (Crude fat)

ปริมาณไขมันในตัวอย่างวิเคราะห์ได้โดยการนำตัวอย่างบดละเอียดมาสกัดไขมันออกด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ (organic solvent) แล้วชั่งหาน้ำหนักของไขมันที่สกัดออกมาได้โดยวิธี Soxhlet Method (10) ซึ่งทำการวิเคราะห์ดังนี้

4.1 ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัมใส่ลงใน thimble

4.2 นำมาสกัดด้วย petroleum ether ซึ่งมี boiling point 40-60 °ซ ในเครื่อง goldfish fat extractor 4-6 ชั่วโมง

4.3 ระเหย pertroleum ether ออกไป นำส่วนไขมันที่เหลือมาอบที่ 100-105 °ซ 30 นาที แล้วชั่งจนได้น้ำหนักคงที่ (M_1)

4.4 เติม petroleum ether ลงไปละลายส่วนที่เป็นไขมันแล้วรินทิ้งไป นำไปอบให้แห้งที่ 100-105 °ซ 30 นาที แล้วชั่งจนได้น้ำหนักคงที่ (M_2)

4.5 น้ำหนักของ (M_1-M_2) คือน้ำหนักของไขมัน นำไปคำนวณเป็นร้อยละของไขมันในข้าวที่ทดลอง

$$\% \text{ ไขมันในข้าว} = \frac{(M_1 - M_2)}{\text{น้ำหนักข้าวที่นำมาสกัด}} \times 100$$

วิเคราะห์ตัวอย่าง 2-4 ครั้ง นำค่าที่ได้ซึ่งต่างกันไม่เกิน $\pm$ 5% มาหาค่าเฉลี่ยไขมัน

5. การหาปริมาณเส้นใยอาหาร (Crude fiber)

ทำการวิเคราะห์โดยนำตัวอย่างบดละเอียดมาย่อยด้วยกรดและด่าง ส่วนที่เหลือจากการย่อยนี้เป็นเส้นใยอาหาร การวิเคราะห์เส้นใยอาหารใช้วิธีของ Lees (11) ซึ่งการวิเคราะห์ดำเนินการดังนี้

5.1 ชั่งตัวอย่าง 2 กรัม (หรือใช้ตัวอย่างที่เหลือจากการสกัดไขมันในข้อ 4.) ใส่ใน beaker สำหรับหาเส้นใยอาหารขนาด 600 มล.

5.2 เติม 200 มล. 1.25% sulfuric acid แล้ว reflux 30 นาที

5.3 กรองและล้างด้วยน้ำเดือดจนปราศจากกรด

5.4 นำกากที่กรองได้ใส่ลงใน beaker เติมแล้วเติม 200 มล. 1.25% sodium hydroxide แล้ว reflux 30 นาที

5.5 นำมากรองแล้วล้างด้วยน้ำเดือด และล้างด้วยแอลกอฮอล์

5.6 นำส่วนที่ได้ไปอบที่ 100-105 °ซ 3 ชั่วโมง แล้วชั่ง อบอีก 15 นาที แล้วชั่งจนได้น้ำหนักคงที่ (M_1)

5.7 ล้างเอาเส้นใยที่ภาชนะที่ใช้กรองออกให้หมดแล้วอบภาชนะที่ใช้กรองนี้ที่ 100-105 °ซ ชั่งจนได้น้ำหนักคงที่ (M_2)

$$\% \text{ เส้นใยอาหารในข้าว} = \frac{(M_1 - M_2)}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

วิเคราะห์ตัวอย่าง 2-4 ครั้ง นำค่าที่ได้ซึ่งต่างกันไม่เกิน $\pm$ 5% มาหาค่าเฉลี่ยของ crude fiber

6. การหาปริมาณเถ้า (Ash)

ทำการวิเคราะห์โดยวิธี Dry Ashing (12,13) ซึ่งทำการวิเคราะห์ดังนี้คือ

6.1 ชั่งตัวอย่างบดละเอียดประมาณ 5 กรัมใส่ใน porcelain crucible ซึ่งแช่ใน 6 N Hydrochloric acid ที่ต้มเดือด แล้วล้างสะอาดอบให้แห้งและเผาที่ 450 °ซ 15 นาที และชั่งน้ำหนักไว้แล้ว (M_2)

6.2 เผาตัวอย่างด้วยเตาไฟฟ้า จนกระทั่งตัวอย่างเป็นสีดำและไม่มีควันออกมาอีก

6.3 นำตัวอย่างนี้ไปทำให้เป็นเถ้าโดยเผาในเตาเผา (furnace) 550 °ซ จนกระทั่งเถ้าเป็นสีขาว

6.4 ทิ้งให้เย็นใน desiccator แล้วชั่ง (M_1) และคำนวณหาปริมาณเถ้าในอาหารได้จากสมการดังนี้

$$\% \text{ ของเถ้า} = \frac{(M_1 - M_2)}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

วิเคราะห์ตัวอย่าง 2-4 ครั้ง นำค่าที่ได้ซึ่งต่างกันไม่เกิน $\pm$ 5% มาหาค่าเฉลี่ยของ ash

7. การวิเคราะห์แร่ธาตุ

การวิเคราะห์ทำโดยวิธีวัด Inductively Coupled Plasma Emission ตรวจสอบปริมาณธาตุ calcium iron sodium potassium manganese magnesium copper zine และ aluminium ด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma Spectrometer, Shimadzu ICPS-50

7.1 การทดลองทำโดยย่อยตัวอย่างข้าวบดละเอียดประมาณ 1 กรัม ใน digestion tube โดยวิธี Wet Digestion (14) ในกรดเข้มข้นของ H_2SO_4 10 มล. และ NHO_3 5 มล. ต้มที่ 250 °ซ จนหมดควัน nitrous ถ้าสารละลายเป็นสีน้ำตาลเข้มให้หยดกรด HNO_3 ครั้งละ 3-4 หยด ต้มต่อไปจนกระทั่งได้สารละลายใสสีเหลืองอ่อน ต้มสารละลายต่อไปจนหมดควันของกรด H_2SO_4 ใช้เวลาทั้งหมดประมาณ 1.5 ช.ม. เตรียม Blank โดยใช้ reagent ในปริมาณเท่า ๆ กันแต่ไม่มีตัวอย่าง

7.2 นำตัวอย่างที่ย่อยจนสมบูรณ์แล้วออกมาตั้งทิ้งให้เย็นแล้วถ่ายใส่ volumetric flask ขนาด 100 มล. แล้วใช้น้ำกลั่นชนิดปราศจากแร่ธาตุล้าง digestion tube เทรวมลงไปใน volumetric flask และปรับปริมาตรจนครบ 100 มล. แล้วนำไปวิเคราะห์แร่ธาตุโดยเครื่อง Inductively Coupled Plasma Spectrometer

8. การหาปริมาณ Total Phosphorus

การวิเคราะห์ทำโดยวิธี Colorimetric Method (15) วัดสีที่เกิดจากปฏิกิริยาของ orthophosphate กับ ammonium molybdate ในสารละลายกรดให้สีน้ำเงินของ phosphomolybdic acid ที่ถูก reduce ด้วย ascorbic acid การวิเคราะห์ทำโดย

8.1 นำตัวอย่างที่ได้จาก dry ashing มาละลายใน evaporating dish ด้วย 5-10 มล. 6 N HCl และทำให้แห้งบน water bath และเติม 15 มล. 3 N HCl ต้มพอเริ่มเดือดนำออกมาตั้งให้เย็นและรองผ่านกระดาษกรองลงใน volumetric flask ขนาด 250 มล. โดยพยายามไม่เทตะกอนลงไปและเติม 10 มล. 3 N HCl ลงในตะกอนที่เหลือนำไปต้มจนเดือดเมื่อตั้งทิ้งให้เย็นแล้วกรองผสมลงไปใน volumetric flask รวมกับสารละลายครั้งแรก ล้าง evaporating dish 3 ครั้ง ด้วยน้ำกลั่นและกรองผสมรวมลงใน volumetric flask ล้างกระดาษกรองและปรับปริมาตร 250 มล.

8.2 การวิเคราะห์ phosphorus ทำโดย pipette สารละลายจากข้อ 8.1 ในปริมาตรที่เหมาะสมคือให้มีปริมาณของ phosphorus ประมาณ 20-100 µg ในลงใน 50 มล. volumetric flask เติม 0.3 N NaOH ปริมาตรเท่า ๆ กันไปทำให้สารละลายเป็นกลาง และเจือจางสารละลายจนครบปริมาตรประมาณ 30 มล. เติมสารละลาย 8 มล. working color solution ซึ่งประกอบด้วย 100 มล. ของ stock color reagent (ละลาย 6 กรัม ammonium molybdate และ 0.137 กรัม potassium antimonyl tartrate ใน 400 มล. น้ำกลั่น เติม 500 มล. 5 N HCl ผสมให้เข้ากันเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนปริมาตรครบ 1000 มล.) และ 0.53 กรัม ascorbic acid ที่เตรียมใหม่ ๆ แล้วเจือจางสารละลายจนครบปริมาตร 50 มล. ตั้งทิ้งให้เกิดสี 10 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดแสงโดยเครื่อง Spectrophotometer (Spectronic 21 Bausch & Lomb) ที่คลื่นแสง 882 nm.

8.3 การทำ standard โดย pipette 0,1,2,3,4, และ 5 มล. จาก working standard solution ซึ่งเตรียมโดยนำ 5 มล. ของ stock standard (ชั่ง KH_2PO_4 ที่อบแห้งนาน 2 ช.ม. ที่ 105 °ซ จำนวน 0.286 กรัมละลายในน้ำกลั่นจนครบปริมาตร 100 มล. ทำให้ได้ 2 มก. PO_4^{3-}/มล.) มาเจือจางในน้ำกลั่นจนปริมาตรครบ 500 มล. จะได้สารละลายเท่ากับ 20 µg PO_4^{3-}/มล.) ใส่ลงใน 50 มล. volumetric flask จะได้ความเข้มข้นของแต่ละ flask เป็น 0,20,40,60,80 และ 100 µg PO_4^{3-}/50 มล. จากนั้นเติมน้ำประมาณ 30 มล. และเติม 8 มล. ของ working color solution แล้วเจือจางจนครบปริมาตร 50 มล. ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ให้เกิดสีนาน 10 นาที แล้วจึงวัดค่า

การดูดแสงที่ 882 nm. นำค่าความเข้มข้นของ standard phosphate เป็น µg PO_4^{3-}/50 ml. และค่า absorbance มาเขียนกราฟของ calibration curve เพื่อนำมาใช้หาค่าความเข้มข้นของ phosphate จากตัวอย่างและ Blank นำมาคำนวณดังนี้

$$\text{phosphorus content (\% P)} = \frac{0.00815 \times (a-b)}{W \times v}$$

a = phosphate (µg PO_4^{3-}/50 ml.) ของตัวอย่าง

b = phosphate (µg PO_4^{3-}/50 ml.) ของ Blank

W = น้ำหนัก (กรัม) ของตัวอย่างที่นำมาทำ

v = มล. ของตัวอย่างจากข้อ 8.1 ที่นำมาวิเคราะห์

9. การหาปริมาณคาร์โบฮัยเดรต

ส่วนประกอบของคาร์โบฮัยเดรตในข้าว 100 กรัมคิดจากการคำนวณค่าที่เหลือจากการหักลบค่า ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และไฟเบอร์

10. การวิเคราะห์วิตามิน

10.1 วิตามิน B_1 (Thiamine) สกัดตัวอย่างข้าวที่บดละเอียดประมาณ 5-10 กรัมด้วยการเติมในกรดเจือจาง (1 : 60) แล้วนำสารสกัดมาวิเคราะห์หาปริมาณของ Thiamin (16)

10.2 วิตามิน B_2 (Riboflavin) ใช้ตัวอย่างข้าวประมาณ 5-10 กรัม ต้มในกรด 0.1 N HCl ในwater bath นาน 1 ช.ม. ตั้งทิ้งให้เย็นและปรับ pH 6.5 ด้วย 4% NaOH กรองสารละลายและปรับปริมาตรจนครบ 100 มล. นำสารสกัดมาวิเคราะห์ปริมาณของ Riboflavin (17)

10.3 ไนอะซิน (Niacin) สกัดตัวอย่างข้าวที่บดละเอียดประมาณ 5-10 กรัม ด้วย 1 N H_2SO_4 โดยอุ่นบน water bath นาน 1 ช.ม. นำออกมาตั้งทิ้งให้เย็น และปรับ pH 4.5 ด้วย 40% NaOH แล้วเจือจางสารละลายจนครบ 100 มล. กรองเอาสารละลายใสมาวิเคราะห์หาปริมาณ Niacin (18)

11. การคำนวณค่าพลังงานคาลอรี่ (Calorific value)

วิธีการคำนวณค่าพลังงานคาลอรี่ซึ่งใช้กับอาหารทั่วไป มีหน่วยของพลังงานที่ใช้โดยนักโภชนาการเป็นค่ากิโลคาลอรี่ (kilocalorie) หรือใช้ย่อว่า kcal โดยมีหลักการว่าพลังงานที่รับประทานจะได้จากผลรวมของพลังงานที่ได้จากการย่อยสลายของสารอาหาร คาร์โบฮัยเดรต ไขมัน โปรตีน และแอลกอฮอล์ในอาหารที่กิน การคำนวณจะใช้ค่า conversion factor ในการเปลี่ยนค่าปริมาณสารอาหารให้เป็นค่าพลังงานดังต่อไปนี้ (19)

ไขมัน มี conversion factor 9 kcal/g

โปรตีน มี conversion factor 4 kcal/g

แป้ง มี conversion factor 4 kcal/g

วิธีการคำนวณมีดังต่อไปนี้

Caloric Value (kcal/100 g) จะเท่ากับผลรวมของ

Protein colories + Fat calories + Carbohydrate calories

ค่า Protein calories = P x 4 kcal

(P = % protein content)

ค่า Fat calories = F x 9 kcal

(F = % fat content)

ค่า Carbohydrate calories = C x 4 kcal

(C = % carbohydrate (starch) content)

Caloric Value (kcal/100 g) = (P x 4) + (F x 9) + (C x 4)

12. การเตรียมตัวอย่างข้าว

ตัวอย่างข้าวพันธุ์ใหม่ที่เลือกมาวิจัย เป็นพันธุ์ข้าวที่ได้พัฒนาขึ้นโดย กองการข้าว กรมวิชาการ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ซึ่งได้ทำการขยายพันธุ์เป็นข้าว กข 21 กข 23 กข 25 และ กข 27 เมื่อวันที่ 17 มิถุนายน 2524 (4) คุณลักษณะของข้าวแต่ละพันธุ์มีดังนี้

12.1 ข้าวกข 21 เป็นพันธุ์ข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสงเป็นพันธุ์ผสมสามทางของข้าวขาวดอกมะลิ 105 กับข้าวนางมล S4 กับ IR 26 เป็นพันธุ์ที่มีความต้านทานโรคจู๋ โรคขอบใบแห้ง และเพลี้ยกระโดสีน้ำตาล (brown planthopper) ได้ดี มีอายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 120-130 วัน ทำให้สามารถปลูกได้ปีละมากกว่า 1 ครั้ง ข้าวหุงสุกมีเนื้อนุ่มมากจึงต้องใส่น้ำให้พอดีไม่เช่นนั้นจะแฉะ

12.2 ข้าวกข 23 เป็นพันธุ์ข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสงเป็นพันธุ์ผสมสามทางระหว่างข้าว กข 27 กับ IR 23 และ กข 1 จะให้ผลผลิตสูงมีอายุประมาณ 120-130 วัน มีความต้านทานโรคจู๋ และเพลี้ยกระโดสีน้ำตาล ข้างหุงสุกจะมีความนุ่มพอดีและมีรสดี

12.3 ข้าวกข 25 เป็นพันธุ์ข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสง เป็นพันธุ์ผสมซ้อนระหว่างลูกผสมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ IR 2061 กับลูกผสมของข้าวดอกมะลิ 105 กับ IR 26 มีอายุเก็บเกี่ยวเพียง 100 วัน จึงสามารถปลูกได้ปีละถึง 3 ครั้ง ให้ผลผลิตดี มีความต้านทานโรคข้าวและแมลงหลายชนิด ได้แก่ ต้านทานโรคขอบใบแห้ง โรคไหม้ ระยะคอรวง โรคกาบใบเน่าและโรคจู๋ ต้านทานเพลี้ยกระโดสีน้ำตาลได้ดีและต้านทานหนอนกอได้ปานกลาง

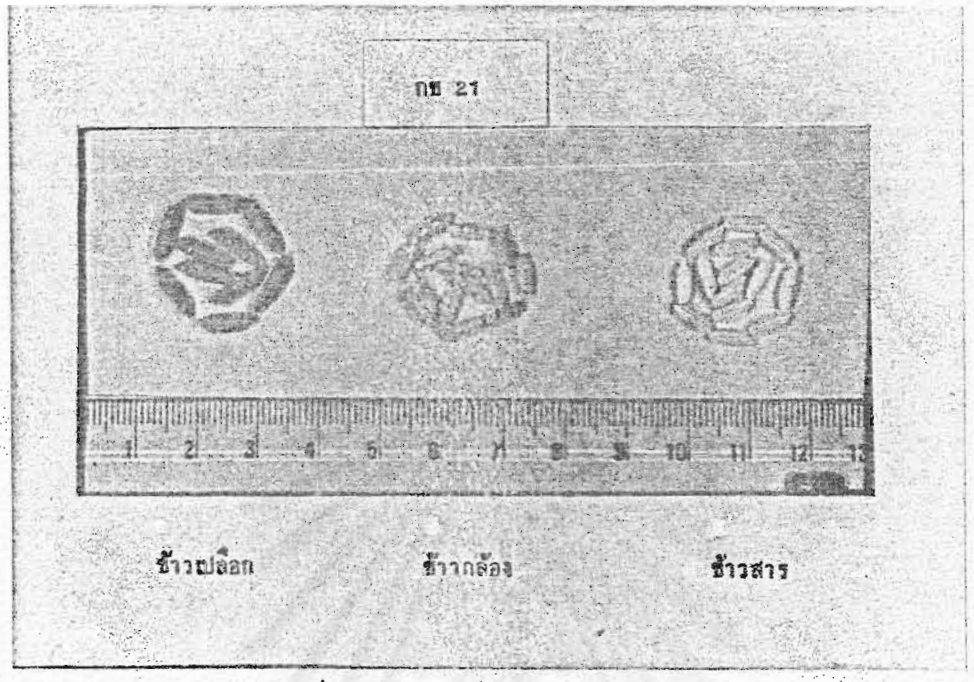
12.4 ข้าวกข 27 เป็นพันธุ์ข้าวเจ้าไวต่อช่วงแสง ปลูกได้ปีละครั้งเป็นพันธุ์ผสมของขาวตาแห้ง 17 กับข้าวตาอู๋ จะให้ผลผลิตสูง เป็นพันธุ์ที่ต้านทานโรคจู๋ โรคกาบใบแห้ง โรคไหม้ ระยะคอรวงและโรคกาบใบเน่าได้ปานกลาง ข้าวหุงสุกมีเนื้อนุ่มดี

ข้าวพันธุ์แม่ที่นำมาวิจัยได้แก่ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวตาแห้ง 17 ข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวที่นิยมรับประทานกันมากโดยทั่วไปซึ่งได้ใช้เป็นแม่พันธุ์ของข้าว กข 21 และ กข 25 ส่วนข้าวตาแห้ง 17 ใช้เป็นแม่พันธุ์ของข้าว กข 27

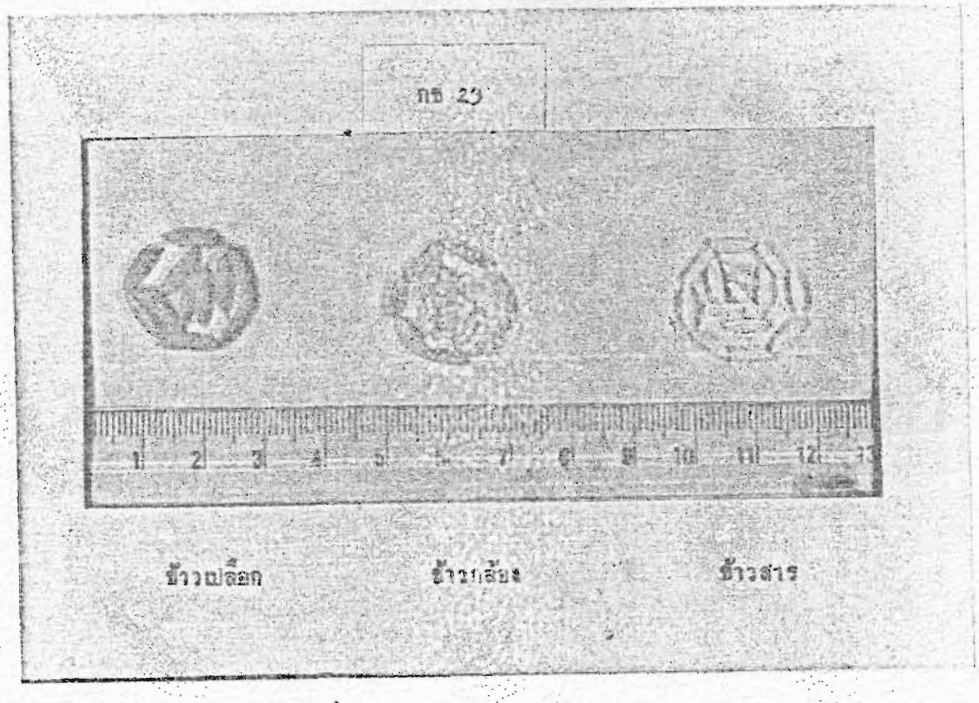
ตัวอย่างข้าวทั้งหมดที่นำมาทดลองอยู่ในรูปของข้าวสารและข้าวกล้องเพื่อดูความแตกต่างของคุณค่าอาหารในแต่ละรูปแบบของข้าวพันธุ์ใหม่แต่ละพันธุ์และเปรียบเทียบกับพันธุ์แม่ที่นิยมรับประทาน การเตรียมตัวอย่างที่จะนำไปทดลองแต่ละครั้งต้องนำข้าวสารหรือข้าวกล้องมาเลือกเอาข้าวเปลือกหรือแกลบที่อาจติดมาในข้าวสารหรือข้าวกล้องออกให้หมด แล้วจึงนำตัวอย่างไปบดละเอียดในเครื่องบด blender จนเป็นผงค่อนข้างละเอียดเป็นเนื้อเดียวกันแล้วจึงนำไปใช้ในการทดลอง

ตัวอย่างของพันธุ์ข้าวที่นำมาวิจัยทั้งหมดได้แสดงไว้ในรูปที่ 1-6

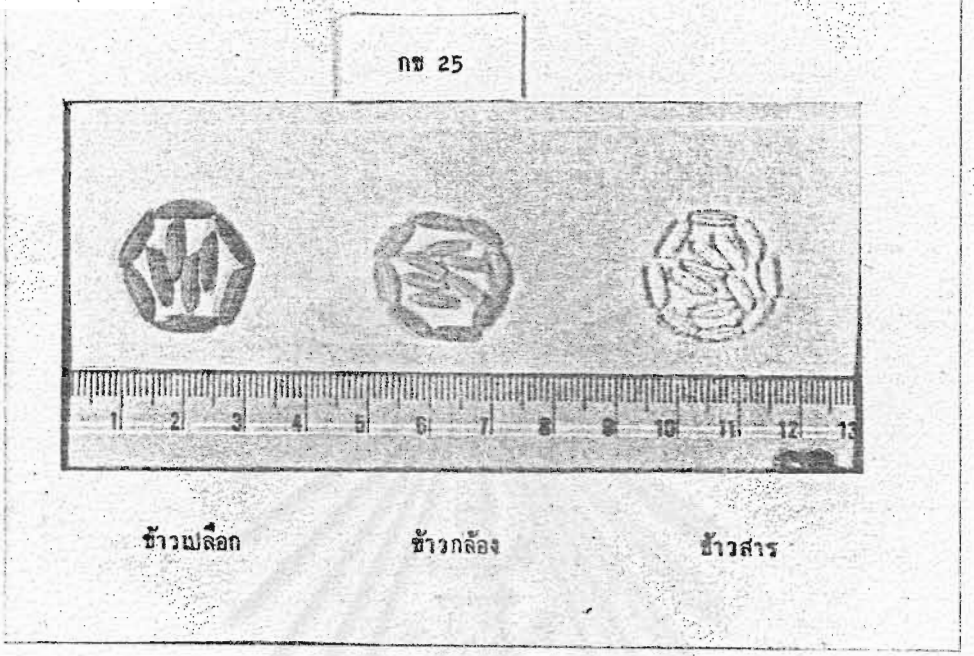
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



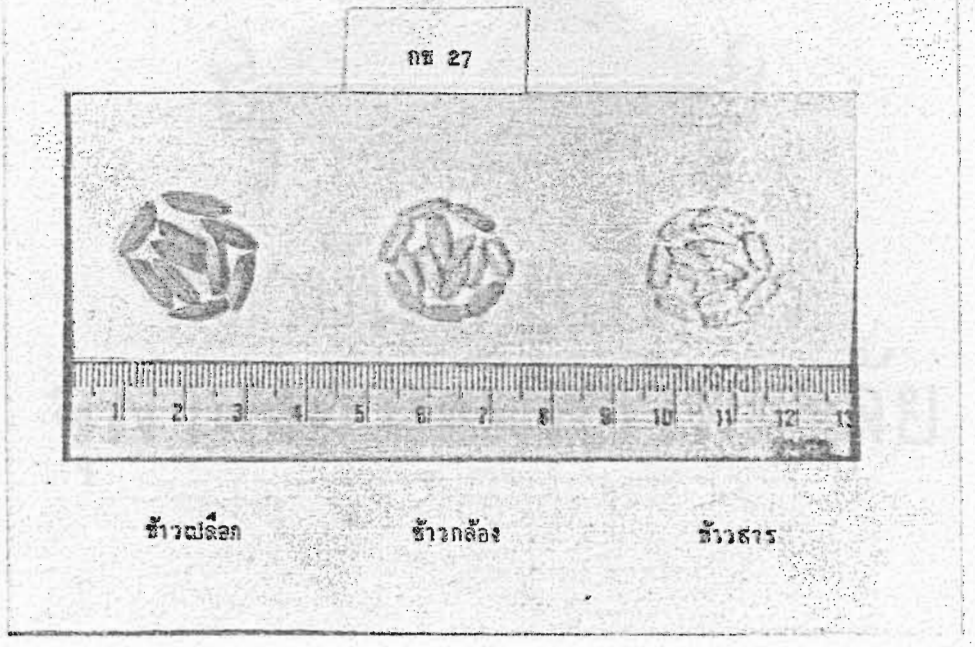
รูปที่ 1 ตัวอย่างข้าว กข 21



รูปที่ 2 ตัวอย่างข้าว กข 23

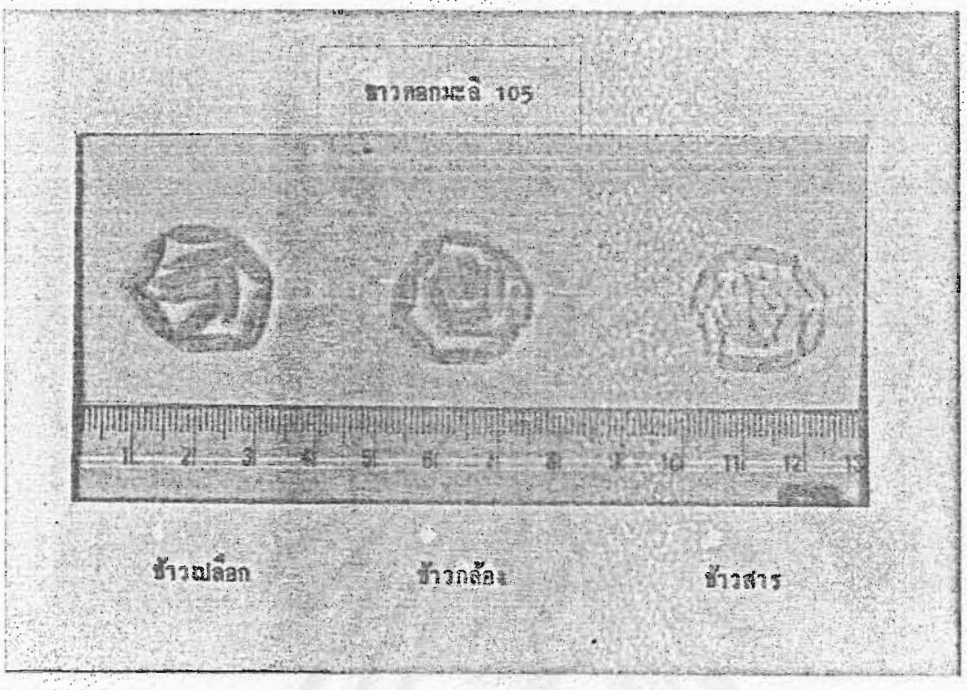


รูปที่ 3 ตัวอย่างข้าว กข 25

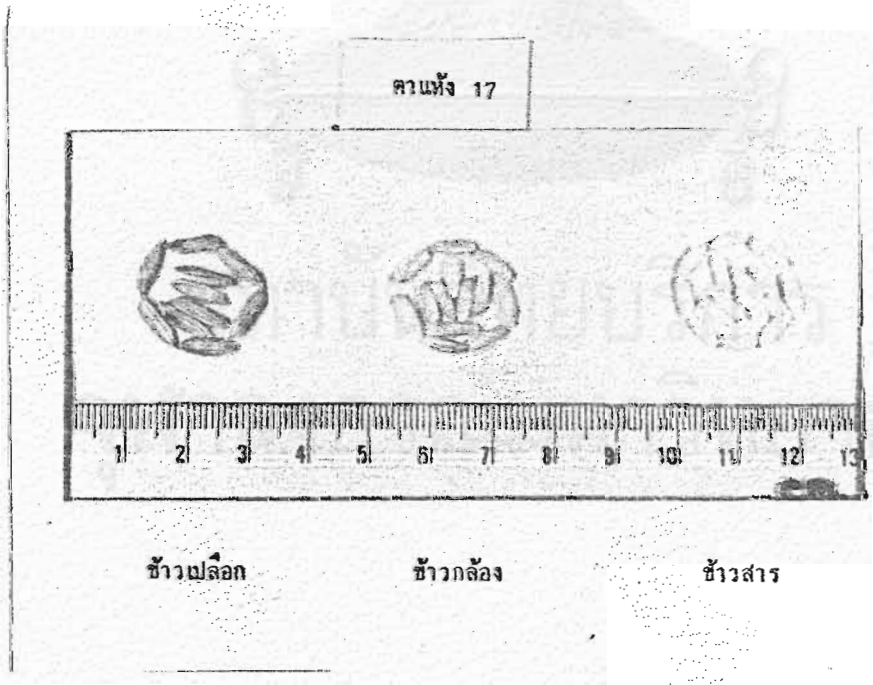


รูปที่ 4 ตัวอย่างข้าว กข 27

046002



รูปที่ 5 ข้าวขาวดอกมะลิ 105



รูปที่ 6 ข้าวขาวตาแห้ง 17

ผลการวิจัย

1. ปริมาณสารอาหารในข้าว

ข้าวพันธุ์ใหม่ที่นำมาวิเคราะห์ทั้งหมด 4 พันธุ์คือ ข้าว กข 21 กข 23 กข 24 และ กข 27 ทั้งในรูปของข้าวสารและข้าวกล้อง เปรียบเทียบกับสายพันธุ์แม่คือข้าวดอกมะลิ 105 และขาวตาแห้ง 17 ทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารอาหารได้แก่ น้ำ ไขมัน คาร์โบไฮเดรท โปรตีน เส้นใยอาหาร เถ้า เกลือแร่พวก แคลเซียม เหล็ก ฟอสฟอรัส และวิตามิน ได้แก่ วิตามิน บี 1 บี 2 และไนอาซิน ในข้าวกล้องและข้าวสารของข้าวแต่ละพันธุ์ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 ผลที่ได้พบว่าข้าวพันธุ์ใหม่ทั้ง 4 พันธุ์ ทั้งข้าวกล้องและข้าวสารมีความชื้นประมาณ 12-13% ซึ่งมีความชื้นค่อนข้างสูงกว่าข้าวสารพันธุ์แม่เพียงเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเป็นผลของระยะเวลาของการเก็บทิ้งไว้นานต่างกัน

การวิเคราะห์หาปริมาณไขมันพบว่าในข้าวกล้องจะมีสูงกว่าในข้าวสารมาก แสดงว่าไขมันส่วนใหญ่จะพบมากอยู่ในส่วนของปลอกข้าว (pericarp) เมื่อนำข้าวไปขัดสีจนเป็นข้าวสารแล้วจะทำลายส่วนของไขมันออกไปด้วยเกือบหมด พบว่าข้าวพันธุ์ใหม่ในข้าวกล้องมีไขมันประมาณ 1-2% ในขณะที่ข้าวพันธุ์แม่มีปริมาณไขมันค่อนข้างสูงกว่าเล็กน้อย คือพบมีมากกว่า 2%

ปริมาณคาร์โบไฮเดรทในข้าวส่วนใหญ่อยู่ในรูปของแป้งพบมีประมาณ 70-80% ไม่มีความแตกต่างกันในทั้งสองสายพันธุ์แม่และสายพันธุ์ใหม่ แต่ในข้าวสารพบว่ามีปริมาณแป้งสูงกว่าในข้าวกล้อง

ปริมาณโปรตีนพบมีประมาณ 9-10% ไม่มีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดในข้าวแต่ละสายพันธุ์ ทั้งข้าวสารและข้าวกล้อง

ปริมาณเส้นใยอาหาร (crude fiber) พบในข้าวกล้องมีสูงกว่าข้าวสารคือมีประมาณ 0.7-0.9% ในข้าวกล้อง แต่พบเพียง 0.1-0.2% ในข้าวสาร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดระหว่างข้าวแต่ละสายพันธุ์

ตารางที่ 1 ปริมาณสารอาหารในข้าว 100 กรัม

พันธุ์ข้าว		ความชื้น (กรัม)	คาลอรี (k cal)	ไขมัน (กรัม)	คาร์โบไฮเดรท (กรัม)	โปรตีน (กรัม)	เส้นใย (กรัม)	เถ้า (กรัม)	เกลือแร่			วิตามิน		
									แคลเซียม (มก)	เหล็ก (มก)	ฟอสฟอรัส (มก)	บี 1 (มก)	บี 2 (มก)	ไนอาซิน (มก)
ข้าวขาวดอกมะลิ 105	ข้าวสาร	12.1	326.4	0.4	77.1	9.6	0.2	0.6	4.7	0.7	124	0.14	0.04	2.6
	ข้าวกล้อง	12.1	353.9	2.3	73.5	9.8	0.9	1.4	8.4	1.7	237	0.42	0.06	8.8
ข้าวขาวตาแห้ง 17	ข้าวสาร	11.6	352.0	0.4	77.7	9.4	0.2	0.7	3.4	0.7	142	0.10	0.03	1.2
	ข้าวกล้อง	11.7	356.3	2.3	74.6	9.3	0.7	1.4	5.9	1.4	220	0.38	0.07	4.3
ข้าว กข 21	ข้าวสาร	12.3	349.0	0.2	78.1	8.7	0.4	0.3	3.2	0.7	97	0.10	0.03	2.3
	ข้าวกล้อง	12.4	353.0	2.2	74.2	9.1	0.9	1.2	6.1	1.4	265	0.32	0.06	6.8
ข้าว กข 23	ข้าวสาร	12.5	348.9	0.1	78.6	8.4	0.2	0.2	3.7	0.4	70	0.06	0.03	2.1
	ข้าวกล้อง	13.2	347.2	1.6	73.6	9.6	0.9	1.1	6.9	1.5	261	0.44	0.04	6.8
ข้าว กข 25	ข้าวสาร	13.0	346.6	0.2	77.3	8.9	0.1	0.5	3.9	1.3	123	0.11	0.03	2.7
	ข้าวกล้อง	12.9	349.7	1.7	74.0	9.6	0.7	1.1	6.3	1.1	258	0.53	0.04	6.8
ข้าว กข 27	ข้าวสาร	12.7	348.2	0.2	78.1	8.5	0.1	0.4	5.4	3.8	93	0.07	0.04	1.7
	ข้าวกล้อง	13.0	347.6	1.6	73.8	9.5	0.8	1.3	10.0	2.5	281	0.35	0.10	6.5

ปริมาณเถ้า (ash) พบประมาณ 0.2-0.6% ในข้าวสาร แต่ในข้าวกล้องพบสูงกว่าคือประมาณ 1%

ปริมาณแร่ธาตุได้แก่แคลเซี่ยมพบในข้าวกล้องประมาณ 5-6 mg% ในข้าวสารพบประมาณ 3-5 mg% ปริมาณเหล็กในข้าวกล้องพบประมาณ 1-2 mg% ในข้าวสารประมาณ 1 mg% ปริมาณฟอสฟอรัสในข้าวกล้องพบประมาณ 250 mg% ส่วนในข้าวสารพบประมาณ 100 mg% เป็นที่น่าสังเกตว่าข้าว กข 27 มีปริมาณของแคลเซี่ยมและเหล็กค่อนข้างสูงกว่าข้าวพันธุ์อื่น ๆ ส่วนฟอสฟอรัสพบมีในปริมาณไม่แตกต่างกัน

วิตามินในข้าวที่ทำการวิเคราะห์มี วิตามิน บี 1 บี 2 และไนอาซิน พบว่าปริมาณของวิตามิน บี 1 ในข้าวกล้องมีประมาณ 0.30-0.50 mg% ในข้าวสารมีประมาณ 0.1% มีวิตามิน บี 2 ในข้าวกล้องประมาณ 0.05 mg% ส่วนในข้าวสารมีประมาณ 0.03 mg% ปริมาณไนอาซินในข้าวกล้องพบประมาณ 7 mg% ในข้าวสารพบประมาณ 2 mg%

จะเห็นได้ว่าปริมาณของเกลือแร่และวิตามินจะมีมากอยู่ในปลอกข้าว ดังนั้นเมื่อข้าวถูกขัดสีจนเป็นข้าวสารจะทำให้ทั้งเกลือแร่และวิตามินลดลงอย่างมาก ค่าพลังงานเป็นคาลอรี่ที่ได้จากข้าวพบว่าทั้งข้าวสารและข้าวกล้อง 100 กรัม จะให้พลังงานประมาณ 350 kcal

2. <u>ปริมาณแร่ธาตุในข้าว</u>

แร่ธาตุต่าง ๆ ที่ทำการวิจัยได้แก่ โซเดียม โปตัสเซี่ยม แคลเซี่ยม เหล็ก แมกนีเซี่ยม ฟอสฟอรัส และพวกธาตุที่พบน้อยได้แก่ ทองแดง สังกะสี แมงกานีส และอลูมิเนียม เป็นต้น ปริมาณแร่ธาตุแต่ละชนิดทั้งในข้าวกล้องและข้าวสารได้แสดงไว้ในตารางที่ 2 ข้าวพันธุ์ใหม่คือ กข 21 กข 23 กข 25 และ กข 27 พบว่ามีปริมาณโซเดียมอยู่ประมาณ 6-10 mg% ซึ่งน้อยกว่าที่พบในข้าวสายพันธุ์แม่ซึ่งพบมีประมาณ 20-25 mg%ปริมาณโปตัสเซี่ยมในข้าวกล้องพบประมาณ 500 mg% พบในข้าวสารประมาณ 200 mg% ปริมาณแคลเซี่ยมในข้าวกล้องมีประมาณ 5-6 mg% ส่วนในข้าวสารพบประมาณ 3-5 mg% ปริมาณเหล็กในข้าวกล้องพบประมาณ 1-2 mg% พบในข้าวสารประมาณ 1 mg% ปริมาณของแมกนีเซี่ยมในข้าวกล้องมีประมาณ 85 mg% ในข้าวสารพบประมาณ 35 mg% พบฟอสฟอรัสในข้าวกล้องประมาณ 250 mg%

ตารางที่ 2 ปริมาณแร่ธาตุในข้าว 100 กรัม

พันธ์ข้าว		Na (มก)	K (มก)	Ca (มก)	Fe (มก)	Mg (มก)	P (มก)	Cu (มก)	Zn (มก)	Mn (มก)	Al (มก)
ข้าวขาวดอกมะลิ 105	ข้าวสาร	22.92	229.6	4.67	0.73	36.90	124	BDL	2.82	0.81	1.05
	ข้าวกล้อง	19.86	566.1	8.43	1.73	111.50	237	BDL	3.83	1.56	1.48
ข้าวขาวตาแห้ง 17	ข้าวสาร	25.13	258.8	3.36	0.75	37.94	142	0.10	3.44	0.73	0.99
	ข้าวกล้อง	19.68	485.5	5.93	1.43	84.92	220	0.23	4.15	1.37	1.94
ข้าว กข 21	ข้าวสาร	9.57	171.9	3.20	0.68	31.15	97	0.07	2.05	0.75	0.96
	ข้าวกล้อง	11.93	500.9	6.10	1.38	87.89	265	0.12	3.12	1.47	1.63
ข้าว กข 23	ข้าวสาร	5.96	126.2	3.67	0.44	22.05	70	0.07	1.91	0.71	0.55
	ข้าวกล้อง	6.73	479.6	6.90	1.49	86.66	261	0.10	2.53	1.69	0.62
ข้าว กข 25	ข้าวสาร	6.31	183.6	3.95	1.33	35.37	123	0.10	2.14	0.85	0.51
	ข้าวกล้อง	8.21	421.2	6.31	1.07	86.10	258	BDL	2.66	1.53	0.46
ข้าว กข 27	ข้าวสาร	8.92	183.6	5.43	3.79	30.26	93	BDL	2.25	0.75	1.04
	ข้าวกล้อง	6.31	500.4	10.02	2.48	95.60	281	BDL	2.99	1.71	3.09

BDL = Below Detection Limit (< 0.007 ppm)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ส่วนในข้าวสารพบประมาณ 100 mg% แร่ธาตุพวกทองแดงในข้าวพบน้อยมาก ธาตุสังกะสีในข้าวพบประมาณ 2-3 mg% ทั้งในข้าวสารและข้าวกล้อง ปริมาณธาตุแมงกานีสในข้าวกล้องพบประมาณ 1.5 mg% ในข้าวสารพบประมาณ 0.7-0.8 mg% ธาตุอลูมิเนียมพบประมาณ 0.5-1.5 mg% ทั้งในข้าวสารและข้าวกล้อง

3. ส่วนประกอบของกรดอมิโนในโปรตีนของข้าวและ Amino Acid Score

ปริมาณโปรตีนส่วนใหญ่ของเมล็ดข้าวพบอยู่ในส่วนของ endosperm เช่นเดียวกับแป้ง การวิเคราะห์หาปริมาณของกรดอมิโนในโปรตีนของข้าวได้แสดงไว้ในตารางที่ 3 จากตารางที่แสดงไว้พบว่าโปรตีนจากข้าวประกอบด้วยกรดอมิโนทุกชนิดในปริมาณต่าง ๆ กันในอัตราส่วนคล้ายคลึงกันในข้าวแต่ละพันธุ์โดยไม่เห็นความแตกต่างอย่างชัดเจน เมื่อคำนวณหาปริมาณกรดอมิโนจำเป็นใน 1 กรัมโปรตีน ดังที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4 โดยเทียบกับปริมาณกรดอมิโนจำเป็นที่ควรจะมีในสารอาหารโปรตีน 1 กรัม ตามที่เสนอแนะโดย FAO/WHO (1973) พบว่าปริมาณกรดอมิโนจำเป็นบางชนิดในข้าวยังมีปริมาณต่ำกว่ามาตรฐานได้แก่ Lysine Isoleucine Threonine และ Valine เมื่อนำมาคำนวณค่าของ Amino Acid Score จะได้ค่าของ Amino Acid Score ของกรดอมิโนจำเป็นแต่ละชนิดในข้าวดังแสดงไว้ในตารางที่ 5 ค่า Amino Acid Scoreของกรดอมิโนจำเป็นที่มีค่าไม่ถึง 100 แสดงว่ามีกรดอมิโนต่ำกว่ามาตรฐาน จากตารางที่ 5 พบว่ากรดอมิโนจำเป็นในข้าวส่วนใหญ่ที่มีค่า Amino Acid Score ถึง 100 ได้แก่ Leucine,Methionine + Cysteine,Phenylalanine + Tyrosine และ Tryptophan

ตารางที่ 3 ปริมาณของกรดอมิโนในข้าว 100 กรัม

		TRYPTOPHAN mg.	THREONINE mg.	ISOLEUCINE mg.	LEUCINE mg.	LYSINE mg.	METHIONINE mg.	CYSTINE mg.	PHENYLALANINE mg.	TYROSINE mg.	VALINE mg.	ARGININE mg.	HISTIDINE mg.	ALANINE mg.	ASPARTIC ACID mg.	GLUTAMIC ACID mg.	GLYCINE mg.	PROLINE mg.	SERINE mg.
ข้าวขาวดอกมะลิ 105	ข้าวสาร	153	337	328	760	432	168	224	509	186	455	779	323	584	949	1939	474	495	540
	ข้าวกล้อง	148	338	258	758	426	132	194	474	130	424	791	297	564	924	1869	501	598	525
ข้าวขาวตาแห้ง 17	ข้าวสาร	146	266	211	589	340	129	214	384	81	317	548	263	459	739	1544	387	369	435
	ข้าวกล้อง	148	317	298	683	428	150	222	479	166	401	885	280	548	824	1734	436	536	473
ข้าว กข 21	ข้าวสาร	134	259	250	560	288	124	254	446	109	336	464	226	425	691	1442	324	337	407
	ข้าวกล้อง	129	270	261	571	357	153	251	377	88	354	494	255	400	638	1405	334	382	406
ข้าว กข 23	ข้าวสาร	140	273	288	586	352	104	258	381	124	382	539	255	468	672	1568	376	432	418
	ข้าวกล้อง	140	314	322	664	445	149	261	432	141	408	645	290	495	740	1485	418	483	483
ข้าว กข 25	ข้าวสาร	148	282	286	657	349	139	242	387	105	384	568	237	473	698	1562	367	400	425
	ข้าวกล้อง	148	316	339	649	392	154	267	426	130	420	677	274	495	747	1597	405	462	441
ข้าว กข 27	ข้าวสาร	137	322	276	675	360	228	235	447	142	409	829	387	481	784	1730	399	494	475
	ข้าวกล้อง	140	338	305	710	431	205	218	475	160	429	789	277	519	839	1757	394	440	485

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4 ปริมาณกรดอมิโนจำเป็นในโปรตีนจากข้าวเป็น มิลลิกรัม/1 กรัมโปรตีน

พันธุ์ข้าว		ILE	LEU	LYS	MET CYS+	PHE TYR+	THR	TRP	VAL
FAO/WHO Amino Acid Pattern (1973) mg/g protein		40	70	55	35	60	40	10	50
ข้าวขาวดอกมะลิ 105	ข้าวสาร	34.16	79.16	45.00	40.83	72.39	35.10	15.94	47.39
	ข้าวกล้อง	26.32	77.34	43.77	33.26	61.63	34.49	15.10	43.26
ข้าวขาวตาแห้ง 17	ข้าวสาร	22.45	62.66	36.17	36.49	49.47	28.30	15.53	33.72
	ข้าวกล้อง	32.04	73.44	46.02	40.00	69.35	34.08	15.91	43.12
ข้าว กข 21	ข้าวสาร	28.74	64.37	33.10	43.45	63.79	29.77	15.40	38.62
	ข้าวกล้อง	28.68	62.75	39.23	44.40	51.10	29.67	14.18	38.90
ข้าว กข 23	ข้าวสาร	34.29	69.76	41.90	43.10	60.12	32.50	16.67	45.48
	ข้าวกล้อง	33.54	69.17	46.35	42.71	59.69	32.71	14.58	42.50
ข้าว กข 25	ข้าวสาร	32.13	73.82	39.21	42.81	55.28	31.69	16.63	43.15
	ข้าวกล้อง	35.31	67.60	40.83	43.85	57.92	32.92	15.42	43.75
ข้าว กข 27	ข้าวสาร	32.47	79.41	42.35	54.47	69.29	37.88	16.12	48.12
	ข้าวกล้อง	32.10	74.74	45.37	44.53	66.84	35.58	14.74	45.16

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5 แสดงค่า AMINO ACID SCORE ของกรดอมิโนจำเป็นในโปรตีนจากข้าว

พันธุ์ข้าว		AMINO ACID SCORE							
		ILE	LEU	LYS	MET CYS+	PHE TYR+	THR	TRP	VAL
ข้าวขาวดอกมะลิ 105	ข้าวสาร	85.4	113.1	81.8	116.7	120.6	87.7	159.4	94.8
	ข้าวกล้อง	65.8	110.5	79.0	95.0	102.7	86.2	151.0	86.5
ข้าวขาวตาแห้ง 17	ข้าวสาร	56.1	89.0	65.8	104.3	82.4	70.7	155.3	67.4
	ข้าวกล้อง	80.1	104.9	83.7	114.3	115.6	85.5	159.1	86.2
ข้าว กข 21	ข้าวสาร	71.9	92.0	60.2	124.1	106.3	74.4	154.0	77.2
	ข้าวกล้อง	71.7	89.6	71.3	126.9	85.2	74.2	141.8	77.8
ข้าว กข 23	ข้าวสาร	85.7	99.7	71.2	123.1	100.2	81.3	166.7	91.0
	ข้าวกล้อง	83.9	98.8	84.3	122.0	99.5	81.8	145.8	85.0
ข้าว กข 25	ข้าวสาร	80.3	105.5	71.3	122.3	92.1	79.2	166.3	86.3
	ข้าวกล้อง	88.3	96.6	74.2	125.3	96.5	82.3	154.2	87.5
ข้าว กข 27	ข้าวสาร	81.2	113.4	77.0	155.6	115.5	94.7	161.2	96.2
	ข้าวกล้อง	80.2	106.8	82.5	127.2	111.4	88.9	147.4	90.3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิจารณ์และสรุป

ข้าวเป็นพืชตระกูลหญ้า (Graminae) สามารถเจริญเติบโตขึ้นได้ทั้งในที่ลุ่มที่ไม่ต้องมีน้ำขังหรือมีน้ำขังได้ในระดับสูงกว่า 4 เมตร และขึ้นได้ในที่สูงจากระดับน้ำทะเล ข้าวสามารถปลูกได้ในดินที่เป็นกรดและดินที่เป็นด่าง (pH 3-10) รวมทั้งในดินเค็ม และสามารถเจริญได้ดีทั้งในเขตร้อนและเขตอบอุ่น (20)จึงมีข้าวพันธุ์ต่างๆ ทั่วโลกนับแสนพันธุ์เฉพาะใน species Oryza sativa มีถึงประมาณ 120,000 พันธุ์ (2) จากหลักฐานการศึกษาต่าง ๆ ทำให้เชื่อว่าถิ่นกำเนิดของข้าวอยู่ที่เอเชียใต้และตะวันออกเฉียงใต้ อาฟริกา ออสเตรเลีย อเมริกากลางและใต้ และจากหลักฐานด้านโบราณคดีทำให้เชื่อว่าอาจเป็นไปได้ที่ข้าวมีถิ่นกำเนิดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (20) ในประเทศไทยปรากฏหลักฐานของข้าวมากว่า 5500 ปีมาแล้ว(1) มีสถิติว่ามีการเพาะปลูกข้าวปีหนึ่งๆ ถึงกว่า 400 ล้านเมตริกตันเพื่อเป็นอาหารแก่ประชากรทั่วโลก(2) ประเทศไทยมีการเพาะปลูกทั้งเป็นอาหารและส่งขายต่างประเทศในปีหนึ่ง ๆ ถึงประมาณ 17.3 ล้านเมตริกตัน ซึ่งนับเป็นผลผลิตข้าว 4.4% ของผลผลิตทั่วโลกและเป็นประเทศเพาะปลูกข้าวที่ให้ผลผลิตเป็นอันดับ 5 ของโลก (2) จากหลักฐานการศึกษาโบราณคดีสรุปว่ามีการทำนาเพาะปลูกข้าวในประเทศไทยมากว่า 5000 ปีมาแล้ว (3, 21)

พันธุ์ข้าวที่เพาะปลูกในประเทศไทยเป็นชนิด Oryza sativa ซึ่งพันธุ์ต่าง ๆ มากมายได้มีการเก็บรวบรวมไว้ตามแหล่งต่าง ๆ ทั่วโลก และในประเทศไทย (2,3) การพัฒนาพันธุ์ข้าวในประเทศไทยได้ทำกันอย่างต่อเนื่อง ข้าวไทยจัดเป็นข้าวชั้นดีเป็นที่ยอมรับกันทั่วโลก การพัฒนาพันธุ์ข้าวมีจุดประสงค์เพื่อให้ได้พันธุ์ข้าวที่ต้านทานโรคข้าวได้ดี ให้ผลผลิตสูง และมีคุณค่าอาหารสูง ลักษณะของข้าวที่คนนิยมรับประทานขึ้นอยู่กับความนิยมของคนในแต่ละประเทศ เช่น คนญี่ปุ่นกับคนไทยอาจชอบรับประทานข้าวที่มีลักษณะต่างกันเป็นต้น

เนื่องจากข้าวเป็นอาหารหลักของประชากรกว่าพันล้านคนทั่วโลก คุณค่าทางอาหารของข้าวเป็นสิ่งสำคัญต่อสภาวะโภชนาการของคนที่รับประทานข้าวเป็นอาหารหลัก เช่น คนไทย คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาเกี่ยวกับเรื่องนี้อย่างละเอียดในข้าวพันธุ์ใหม่ ๆ ได้แก่ ข้าว กข 21 กข 23 กข 25 และ กข 27 เปรียบเทียบกับข้าวแม่พันธุ์ที่นิยมรับประทาน ได้แก่ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวตาแห้ง 17 การวิจัยคุณค่าทางอาหารของข้าวทำโดยการวิเคราะห์

ทางเคมี (Chemical Analysis) เพื่อหาปริมาณสารอาหารต่าง ๆ ในข้าว ดังต่อไปนี้

1. ปริมาณสารอาหารในข้าว

รายงานการศึกษาในเรื่องคุณค่าทางอาหารของข้าวพันธุ์ใหม่ ๆ ยังไม่พบว่ามีผู้ใดศึกษาโดยละเอียด จึงยังไม่มีข้อมูลที่สมบูรณ์ในเรื่องคุณค่าอาหารของข้าวพันธุ์ใหม่ ๆ เหล่านี้ เนื่องจากข้าวเป็นอาหารหลักของคนอย่างหนึ่งโดยเฉพาะคนในแถบเอเชีย ดังนั้นการศึกษาคุณค่าทางอาหารของข้าวจึงเป็นสิ่งจำเป็น จากการศึกษาข้าวพันธุ์ใหม่คือ กข 21 กข 23 กข 25 และ กข 27 เปรียบเทียบกับข้าวแม่พันธุ์ที่นิยมใช้เพาะปลูกรับประทานคือข้าวขาวดอกมะลิ 105 และขาวตาแห้ง 17 โดยวิเคราะห์ทั้งในข้าวสารและข้าวกล้อง จากผลในตารางที่ 1 ได้แสดงปริมาณสารอาหารต่าง ๆ ในข้าว 100 กรัม พบว่ามีข้าวพันธุ์ใหม่ ๆ ทั้ง 4 พันธุ์ มีความชื้นหรือน้ำประมาณ 12-13% ส่วนข้าวขาวดอกมะลิ และขาวตาแห้ง 17 มีความชื้นต่ำกว่าเล็กน้อยคือพบประมาณ 12% ทั้งนี้อาจเป็นเพราะระยะเวลาของการเก็บข้าวทิ้งไว้นานต่างกันก็ได้ ค่าความชื้นที่ได้นี้สอดคล้องกับผลที่ได้มีผู้ศึกษาในข้าวเจ้าชนิดหนึ่ง (22) การวิเคราะห์ส่วนประกอบของไขมัน พบว่าปริมาณไขมันส่วนใหญ่พบอยู่ในข้าวกล้องมากกว่าในข้าวสาร ดังแสดงค่าไว้ในตารางที่ 1 แสดงว่าส่วนประกอบไขมันของข้าวจะอยู่ในชั้นของปลอกข้าว (pericarp) เมื่อข้าวถูกขัดสีเป็นข้าวสารแล้วจึงพบว่าส่วนประกอบไขมันลดลงกว่า 6-10 เท่า พบไขมันในข้าวกล้องของข้าวพันธุ์ใหม่ประมาณ 1-2% ในขณะที่ข้าวกล้องของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และขาวตาแห้ง 17 มี 2.3% ส่วนในข้าวสารพบเพียง 0.4% ในขณะที่ข้าวสารของข้าวพันธุ์ใหม่พบไขมันประมาณ 0.2% จากผลที่ได้นี้แสดงว่าข้าวพันธุ์ใหม่มีปริมาณไขมันต่ำกว่าเล็กน้อยโดยเฉพาะข้าว กข 23 กข 25 และ กข 27

ปริมาณคาร์โบไฮเดรทของข้าวแต่ละพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกัน พบประมาณ 77-78% ในข้าวสารและพบประมาณ 73-74% ในข้าวกล้อง ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 แสดงว่าส่วนประกอบของคาร์โบไฮเดรทของข้าวจะอยู่ในชั้นของ endosperm จึงพบมีปริมาณมากในข้าวสารมากกว่าข้าวกล้อง ส่วนประกอบคาร์โบฮัยเดรทของข้าวจะอยู่ในรูปของแป้งเป็นส่วนใหญ่ ปริมาณของคาร์โบฮัยเดรทที่พบสอดคล้องกับที่มีผู้ศึกษาไว้แล้วในข้าวเจ้าและข้าวกล้องอื่น ๆ (22,23)

ปริมาณโปรตีนของข้าวในแต่ละสายพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันมากนัก ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 ข้าวประกอบด้วยโปรตีนประมาณ 9-10% ปริมาณโปรตีนที่พบในข้าวสารจะน้อยกว่าพบในข้าวกล้องเล็กน้อยแสดงว่าโปรตีนส่วนใหญ่พบอยู่ในชั้นของ endosperm เช่นเดียวกับพวกแป้ง ปริมาณโปรตีนของข้าวที่นำมาศึกษาในครั้งนี้พบว่ามีปริมาณโปรตีนค่อนข้างสูงกว่าที่ได้มีผู้ศึกษาในข้าวอื่น ๆ (22,23)

ปริมาณเส้นใยอาหารพบมีในข้าวกล้องมากกว่าในข้าวสารในข้าวกล้องพบประมาณ 0.7-0.9% ส่วนในข้าวสารพบประมาณ 0.1-0.2% ทั้งนี้ไม่เห็นความแตกต่างของปริมาณเส้นใยอาหารในข้าวแต่ละพันธุ์และจากที่ผู้อื่นศึกษาไว้ (22)

ปริมาณเถ้าของข้าวแต่ละพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันพบเถ้าในข้าวกล้องมากกว่าข้าวสารคือพบมีประมาณ 1% ในข้าวกล้องและ 0.2-0.6% ในข้าวสารตามลำดับ

วิตามินที่ศึกษาได้แก่ วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 และไนอาซิน ได้ผลดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 ปริมาณวิตามินต่าง ๆ จะพบมากในข้าวกล้องดังนี้ วิตามินบี 1 มี 0.3-0.5 mg% วิตามินบี 2 มี 0.05 mg% และไนอาซีนมี 7 mg% ส่วนในข้าวสารมีวิตามินบี 1 0.1 mg% มีวิตามินบี 2 0.03 mg% และไนอาซีน 2 mg% ปริมาณวิตามินต่าง ๆ ในข้าวแต่ละพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด และค่าที่ได้ก็ใกล้เคียงกับค่าที่มีผู้ศึกษาในข้าวอื่น ๆ (22,23) จากผลที่ได้สรุปได้ว่าปริมาณของวิตามินพบเป็นส่วนใหญ่อยู่ในชั้นของปลอกข้าว ดังนั้นในข้าวสารจึงมีปริมาณของวิตามินลดลงกว่าข้าวกล้องหลายเท่า

ค่าพลังงานเป็นคาลอรี่ในข้าวแต่ละพันธุ์พบมีค่าเฉลี่ยประมาณ 350 kcal ในข้าว 100 กรัม ซึ่งเป็นค่าที่ไม่แตกต่างจากข้าวพันธุ์อื่น ๆ ที่มีผู้ศึกษาไว้แล้ว (22,23)

จากผลนี้พอสรุปได้ว่าปริมาณสารอาหารต่าง ๆ ในข้าวพันธุ์ใหม่มีคุณค่าดีเช่นเดียวกับข้าวที่ใช้เป็นแม่พันธุ์ ยกเว้นปริมาณของไขมันที่ดูเหมือนว่าในข้าวพันธุ์ใหม่คือ ข้าว กข 23 กข 25 และ กข 27 จะมีระดับต่ำกว่าเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

2. ปริมาณแร่ธาตุในข้าว

ปริมาณแร่ธาตุในสารอาหารพวกแคลเซียม เหล็กและฟอสฟอรัส ได้ทำการศึกษาทั้งในข้าวสารและข้าวกล้อง และยังได้ศึกษาแร่ธาตุพวกที่เป็นอีเลคโตรไลท์ที่สำคัญ ได้แก่ โซเดียมและโปตัสเซียม นอกจากนี้ยังได้วิเคราะห์หาปริมาณของพวกแร่ธาตุส่วนน้อย (trace element) ได้แก่ แมกนีเซียม ทองแดง สังกะสี แมงกานีส และอลูมิเนียม เป็นต้น ปริมาณแร่ธาตุต่าง ๆ ที่พบในข้าวสารและข้าวกล้องของข้าวแต่ละพันธุ์ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าข้าวมีแร่ธาตุต่าง ๆ ดังกล่าวเหล่านี้อยู่ทั้งสิ้นในปริมาณแตกต่างกัน พบมีแคลเซียมในข้าวกล้องมากกว่าในข้าวสารคือในข้าวกล้องมีแคลเซียมประมาณ 5-6 มก./100 กรัม ยกเว้นข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าว กข 27 มีสูงกว่าคือพบมี 8 มก./100 กรัม และ 10 มก./100 กรัม ตามลำดับ ปริมาณแคลเซียมในข้าวสารพบ 3-5 มก./100 กรัม และเช่นเดียวกันพบแคลเซียมในข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าว กข 27 มากกว่าข้าวอื่น ๆ ที่นำมาวิจัย ธาตุแคลเซียมอาจมีอยู่ในส่วนของปลอกข้าวเพราะหลังจากนำข้าวกล้องไปขัดสีเป็นข้าวสารแล้วจะทำให้แคลเซียมลดลงถึงเกือบครึ่งของที่พบในข้าวกล้อง อย่างไรก็ดีข้าวที่นำมาศึกษาในครั้งนี้พบมีธาตุแคลเซียมน้อยกว่าที่มีการสำรวจในข้าวอื่น (22,23) ธาตุเหล็กในข้าวกล้องพบประมาณ 1-2 มก./100 กรัม ในข้าวสารพบประมาณ 1 มก./100 กรัม ข้าวแต่ละพันธุ์ไม่มีความแตกต่างในปริมาณของธาตุเหล็กมากนัก ยกเว้นข้าวกข 27 พบในระดับค่อนข้างสูงกว่าข้าวอื่น ๆ ปริมาณของธาตุเหล็กพบมีค่าใกล้เคียงกับที่มีผู้ศึกษาไว้แล้ว (22,23) ปริมาณของฟอสฟอรัสในข้าวกล้องจะมีสูงกว่าในข้าวสารถึงกว่า 1 เท่าตัว แสดงว่าในปลอกข้าวเป็นที่สะสมฟอสฟอรัสเช่นเดียวกับแคลเซียม พบฟอสฟอรัสในข้าวกล้องประมาณ 250 มก./100 กรัม และในข้าวสารพบมีประมาณ 100 มก./100 กรัม ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับที่มีผู้ศึกษาในข้าวพันธุ์อื่น (22)

ปริมาณแร่ธาตุที่สำคัญเกี่ยวกับอีเลคโตรลัยท์ได้แก่โซเดียมและโปตัสเซียมพบว่าส่วนประกอบของโซเดียมในข้าวสารและข้าวกล้องไม่แตกต่างกันมากนักในข้าวพันธุ์ใหม่ทั้งหมดพบมีโซเดียมน้อยกว่าข้าวแม่พันธุ์มากคือ มีโซเดียมอยู่ประมาณ 6-10 มก./100 กรัม ในข้าว กข 21 กข 23 กข 25 และ กข 27 แต่ในข้าวขาวดอกมะลิ 105 และขาวตาแห้ง 17 พบมีถึงประมาณ 20-25 มก./100 กรัม ส่วนประกอบของโปตัสเซียมพบมีสูงกว่าในข้าวกล้อง ธาตุโปตัสเซียมจะถูกทำลายไปกว่าครึ่งเมื่อข้าวถูกนำไปขัดสี พบมีโปตัสเซียมในข้าวกล้องประมาณ

500 มก./100 กรัม ส่วนในข้าวสารพบมีประมาณ 200 มก./100 กรัม จากผลที่ได้จะไม่เห็นความแตกต่างมากนักในข้าวแต่ละพันธุ์

ปริมาณแร่ธาตุส่วนน้อย (trace elements) ได้แก่แมกนีเซียม พบในข้าวกล้องประมาณ 85 มก./100 มก. และพบข้าวสารประมาณ 35 มก./100 กรัม แสดงว่าแมกนีเซียมจะถูกทำลายไปกว่าครึ่งเมื่อข้าวถูกนำไปขัดสี ดังนั้นปลอกข้าวจึงเป็นแหล่งที่มีแมกนีเซียมประกอบอยู่มากเช่นเดียวกับโปตัสเซียม แคลเซียมและฟอสฟอรัส ธาตุพวกทองแดงพบน้อยมากในข้าว (ตารางที่ 2) ธาตุสังกะสีในข้าวมีประมาณ 2-3 มก./100 มก. ไม่มีความแตกต่างของปริมาณสังกะสีอย่างเห็นได้ชัดในข้าวสารและข้าวกล้องและในข้าวแต่ละพันธุ์ ปริมาณของแมงกานีสในข้าวกล้องมีประมาณ 1.5 มก./100 กรัม ในข้าวสารมีประมาณ 0.7-0.8 มก./100 กรัม ปริมาณไม่แตกต่างกันในข้าวแต่ละพันธุ์ จากผลที่ได้แสดงว่า แมงกานีสจะพบอยู่ในปลอกข้าวมาก ธาตุอลูมิเนียมในข้าวพบประมาณ 0.5-1.5 มก./100 กรัม ทั้งในข้าวสารและข้าวกล้อง พบว่าข้าว กข 23 และ กข 25 มีธาตุอลูมิเนียมน้อยกว่าข้าวพันธุ์อื่น ๆ มากอย่างเห็นได้ชัดเจน

จากผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าแร่ธาตุหลายชนิดได้แก่ แคลเซียม ฟอสฟอรัส โปตัสเซียม แมกนีเซียม และ แมงกานีส จะพบมีมากอยู่ในส่วนของปลอกข้าว (pericarp) ดังนั้นการกินข้าวสารจะทำให้ได้คุณค่าทางอาหารแร่ธาตุเหล่านี้น้อยลง

3. ส่วนประกอบของกรดอะมิโนในโปรตีนของข้าวและ Amino Acid Score

โปรตีนในข้าวส่วนใหญ่จะพบอยู่ในส่วนของ endosperm เช่นเดียวกับพวกแป้งของข้าว จากการวิจัยพบว่ามีปริมาณของโปรตีนในข้าวพอควรคือประมาณ 8-9% ดังนั้นข้าวจึงเป็นอาหารที่จะให้โปรตีนแก่ร่างกายได้พอสมควรแต่ก็ยังไม่ควรใช้เป็นอาหารหลักที่จะให้โปรตีนได้เพียงอย่างเดียวเพราะคนต้องการโปรตีนถึงวันละประมาณ 0.6-1 กรัม/ก.ก.น้ำหนักตัว ถ้ามีน้ำหนักตัว 60 กิโลกรัม จะต้องการโปรตีนประมาณ 36-60 กรัม ดังนั้นถ้าข้าวมีโปรตีนสูงและมีคุณภาพดีจะทำให้ช่วยลดความต้องการโปรตีนจากสัตว์เพื่อเป็นอาหารคนลงได้ การประเมินคุณภาพของโปรตีนเพื่อจะดูว่าโปรตีนนั้น ๆ มีคุณภาพดีเช่นเดียวกับโปรตีนจากสัตว์ซึ่งเป็นอาหาร

โปรตีนคุณภาพสูงของคนได้หรือไม่นั้น จะต้องวิเคราะห์ข้อมูลที่สำคัญเบื้องต้นคือ หาส่วนประกอบของกรดอมิโนของโปรตีนนั้น ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบของกรดอะมิโนของโปรตีนในข้าวได้แสดงไว้ในตารางที่ 3 จากตารางแสดงให้เห็นว่าโปรตีนของข้าวประกอบด้วยกรดอะมิโนทุกชนิดทั้งพวกกรดอมิโนจำเป็น (essential amino acid) และกรดอมิโนไม่จำเป็น (non-essential amino acid) ประกอบด้วยกรดอมิโนแต่ละชนิด ในปริมาณและอัตราส่วนที่คล้ายคลึงกันมองไม่เห็นความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดในข้าวแต่ละพันธุ์

เมื่อเปรียบเทียบความต้องการกรดอมิโนจำเป็นในอาหารโปรตีนคุณภาพดีของคนตามที่ FAO/WHO (1973) กำหนดไว้ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่ากรดอมิโนจำเป็นในโปรตีนของข้าวบางตัวพบว่ามีอยู่ในปริมาณต่ำกว่าตามที่กำหนดได้แก่ Isoleucine Lysine Threonine และ Valine เป็นต้น ปริมาณกรดอมิโนจำเป็นใน 1 กรัมโปรตีนตามที่ FAO/WHO (1973) กำหนดให้ใช้เป็น Standard refereance pattern นี้เป็นค่าของกรดอมิโนที่ประกอบอยู่ในอัตราส่วนที่เหมาะสมเพื่อความสมดุลของไนโตรเจนในร่างกายเพื่อการเจริญเติบโตและดำรงชีวิต โปรตีนที่มีส่วนประกอบกรดอมิโนครบตามที่กำหนดนี้ถือว่าเป็นโปรตีนคุณภาพสูง จัดเป็นพวกโปรตีนสมบูรณ์ (complete protein) ที่มักพบในโปรตีนจากสัตว์ทั่ว ๆ ไป ซึ่งเหมาะสมสำหรับใช้เป็นอาหารโปรตีนที่ดีของคน (24) ดังนั้นถ้าโปรตีนชนิดใดที่มีส่วนประกอบกรดอมิโนจำเป็นของมันมีปริมาณต่ำกว่า standard reference pattern จะถือได้ว่ายังไม่เป็นโปรตีนที่มีคุณภาพดีพอที่จะใช้เป็นแหล่งอาหารโปรตีนหลัก

การคำนวณหาค่าของ Amino Acid Score จะเป็นดรรชนีหนึ่งที่ช่วยชี้ให้เห็นคุณภาพของโปรตีนนั้น ๆ ได้ชัดเจนโปรตีนใดที่กรดอมิโนจำเป็นทุกตัวของมันมีค่า Amino Acid Score ถึง 100 จะแสดงว่าโปรตีนนั้นเป็นโปรตีนสมบูรณ์ การหาค่า Amino Acid Score ของโปรตีนจากข้าวได้แสดงไว้ในตารางที่ 5 ผลที่ได้จากตารางนี้แสดงให้เห็นว่าโปรตีนของข้าวมีส่วนประกอบของกรดอมิโนจำเป็นบางตัวมีค่าของ Amino Acid Score ต่ำกว่า 100 และข้าวแต่ละพันธุ์พบว่ามีค่า Amino Acid Score ของกรดอมิโนแต่ละตัวเป็นรูปแบบคล้ายคลึงกัน ข้าวทุกพันธุ์ให้ค่า Amino Acid Score ของ Lysine และ Isoleucine ต่ำสุด ส่วนกรดอมิโนอื่น ๆ ที่ให้ค่าต่ำกว่า 100 ได้แก่ Threonine และ Valine ส่วน

กรดอมิโน Leucine และ Phenylalanine + Tyrosine พบว่ามีค่าต่ำกว่า 100 ในข้าวบางพันธุ์ได้แก่ ขาวตาแห้ง 17 (ข้าวสาร) กข 21 และ กข 25 จากตารางที่ 5 แสดงให้เห็นว่าค่า Chemical Score ของข้าวมีค่าประมาณ 60-70 จากผลที่ได้พอจะสรุปได้ว่าโปรตีนของข้าวอาจจัดอยู่ในพวกโปรตีนไม่สมบูรณ์บางส่วน (partially incomplete protein) เช่นเดียวกับโปรตีนของธัญญพืชและถั่วต่าง ๆ (24) ในขณะเดียวกันถ้าโปรตีนชนิดใดที่กรดอมิโนจำเป็นของมันมีค่าเท่ากับ 0 จะถือว่าโปรตีนนั้นจัดอยู่ในพวกโปรตีนไม่สมบูรณ์ (incomplete protein) ตามปกติร่างกายควรได้รับสารอาหารโปรตีนเพียงพอตามที่กำหนด ซึ่งก็หมายถึงว่าโปรตีนที่รับประทานจะต้องเป็นโปรตีนชนิดสมบูรณ์ แต่คนที่ไม่รับประทานเนื้อสัตว์ส่วนใหญ่จะได้รับโปรตีนจากพืชซึ่งมักเป็นโปรตีนไม่สมบูรณ์หรือไม่สมบูรณ์บางส่วน ดังนั้นบุคคลพวกนี้จำเป็นต้องมีความรู้เกี่ยวกับโภชนาการที่ดีและเลือกกินอาหารที่จะช่วยให้ร่างกายได้รับอาหารอย่างเพียงพอและครบถ้วน ดังนั้นถ้ารับประทานอาหารโปรตีนจากพืชอย่างเดียวก็ควรจะกินโปรตีนในปริมาณที่มากกว่าปริมาณที่กำหนดให้ เพราะร่างกายไม่สามารถใช้โปรตีนจากพืชได้ทั้งหมดดีเท่าร่างกายสามารถใช้โปรตีนจากสัตว์(25) การรับประทานอาหารของคนไทยที่มีข้าวเป็นหลักรับประทานร่วมกับอาหารอื่น ๆ ได้แก่เนื้อสัตว์และผักต่าง ๆ จึงทำให้ได้รับสารอาหารเพียงพอแก่ความต้องการและเมื่อได้มีความรู้ถึงคุณค่าอาหารของข้าวเช่นนี้แล้วจะได้เลือกรับประทานอาหารอื่น ๆ ได้ตามต้องการ เพื่อช่วยให้ร่างกายได้รับสารอาหารอย่างครบถ้วนตามความเหมาะสมได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ข้อมูลเกี่ยวกับคุณค่าอาหารนี้นอกจากจะมีความสำคัญในเรื่องของโภชนาการแล้วยังอาจมีความสำคัญแก่เกษตรกรในแนวทางของการพัฒนาพันธุ์ข้าวให้มีคุณค่าทางอาหารดีขึ้น และจากการศึกษาครั้งนี้พบว่าข้าวพันธุ์ใหม่ที่ได้นำมาวิจัยทั้งหมดมีคุณค่าทางอาหารที่ดีไม่แตกต่างจากข้าวที่ใช้เป็นแม่พันธุ์และจากข้อมูลที่ได้จากการวิจัยนี้อาจทำให้มีการพัฒนาพันธุ์ข้าวที่มีคุณค่าอาหารสูงขึ้นตามลำดับได้ต่อไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

1. Bayard, D.T. (1970) Excavation of Non Nok Tha, Northeastern Thailand, 1968, Asian Perspectives. 13, 109-143.

2. Swaminathan, M.S. (1984). Rice. Scientific American. 250:1, Jan 1984, 63-71.

3. นคร สำเภาทิพย์ (2531) : ข้าว : หลักฐานโบราณคดีที่เกี่ยวกับข้าวในประเทศไทย ใน ข้าวไพร่-ข้าวเจ้าของชาวสยาม สุจิตต์ วงษ์เทศ บรรณาธิการ หน้า 46-68.

4. ประวัติและลักษณะของข้าวพันธุ์ใหม่ กข 21 กข 23 กข 25 กข 27 และ กข 10 (2524) กองการข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

5. Osborne, D.R. and Voogt, P. (1978) The Analysis of Nutrients in Food, Academic Press, N.Y. p. 107-108.

6. Osborne, D.R. and Voogt, P. (1978) The Analysis of Nutrients in Food. Academic Press, N.Y. p. 113-116.

7. Moore, S. and Stein, W.H. (1963) Chromatographic Determination of Amino Acids by Use of Automatic Recording Equipment, Colowick, S.P. and Kaplan, N.O. eds, Methods in Enzymol. 6, 819.

8. Mathesen, N.A., (1974) The Determination of Tryptophan in Purified Proteins and in Feeding-Stuffs. Br. J. Nutr. 31, 393.

9. Food and Agriculture Organization (1973). Energy and Protein Reguirements. Report of a Joint FAO/WHO Ad Hoc Expert Committee. Food Nutr. Meet. Rep. Ser. No. 52. Food Agric. Organ. U.N., Rome.

10. Osborne, D.R. and Voogt, P. (1978) The Analysis of Nutrients in Food , Academic Press, London. p. 155-156.

11. Lee, R. (1975) Food Analysis, In Analytical and Quality Control Methods for the Food Manufacturer and Buyer. 3rd ed., Leonard Hill Books, London, p. 84.

12. Harold, E., Kirk, R.S. and Sawyer, R., (1981) Pearson's Chemical Analysis of Foods. 8th ed., Churchill Livingstone, N.Y. p. 20-24.

13. Osborne, D.R., and Voogt, P. (1978) The Analysis of Nutrients in Food , Academic Press, London, p. 166-167.

14. Osborne, D.R., Voogt, P. (1978) The Analysis of Nutrients in Food, Academic Press, London, p. 167.169.

15. Osborne, D.R., Voogt, P. (1978) The Analysis of Nutrients in Food, Academic Press, London, p. 178-180.

16. Strohecker, R. and Henning, H.M. (1966) Vitamin Assay-Tested Methods : Translated by Libman, D,D., Verlag Chemic GMBH Weinheim/Bergstr. p. 65-72.

17. Strohecker, R., and Henning, H.M. (1966) Vitamin Assay-Tested Methods, Translated by Libman, D.D., Verlag Chemic GMBH Weinheim/Bergstr. p. 98-104.

18. AOAC : Official Methods of Analysis (1980) 13th ed (William Horwitz, ed) Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C. p. 743-744.

19. Osborne, D.R. and Voogt, P. (1978) The Analysis of Nutrients in Food. Academic Press, N.Y. p. 239-240.

20. สงกรานต์ จิตรากร (2531) ข้าว : ความสำคัญและวิวัฒนาการ ในข้าวไพร่-ข้าวเจ้าของชาวสยาม สุจิตต์ วงษ์เทศ บรรณาธิการ หน้า 26-36.

21. ชิน อยู่ดี (2531) ข้าว : จากหลักฐานโบราณคดีในไทย ในข้าวไพร่-ข้าวเจ้าของชาวสยาม สุจิตต์ วงษ์เทศ บรรณาธิการ หน้า 38-44

22. ตารางแสดงคุณค่าอาหารไทยในส่วนที่กินได้ 100 กรัม (2521) กองโภชนาการ กรมอนามัย หน้า 1

23. Krause,M.V. and Mahan, L.K. (1979) Food, Nutrition and Diet Therapy, 6th ed. W.B. Saunders Co. Philadelphia, U.S.A. p. 853

24. Krause, M.V. and Mahan, L.K. (1979), Food, Nutrition and Diet Therapy, 6th ed. W.B. Saunder Co. Philadelphia, p. 74-77

25. Bender, A.E. (1982) Nutritional Value of Proteins and its Assessment, in Food Proteins. Fox, P.F. and Condon, J.J. eds. Applied Science Publisher, London, p. 121-131