การศึกษาการปรับปรุงข้าวคุณภาพต่ำกรณีศึกษาโดยการเพิ่มสารอาหารในเมล็ดข้าว
กรณีศึกษาการเพิ่มไอโอดีนในเมล็ดข้าว

A STUDY ON IMPROVING THE LOW QUALITY RICE BY FORTIFYING
A CASE STUDY OF PRODUCING IODINE FORTIFIED RICE

นายกวีวัฒน์	เชื้อสุพรรณ
นางสาวอกนิษฐ์	ชุมวิสูตร
นายอโนชา	การดื่ม

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล หลักสูตรวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

การศึกษาการปรับปรุงข้าวคุณภาพต่ำกรณีศึกษาโดยการเพิ่มสารอาหารในเมล็ดข้าว
กรณีศึกษาการเพิ่มไอโอดีนในเมล็ดข้าว
A STUDY ON IMPROVING THE LOW QUALITY RICE BY FORTIFYING
A CASE STUDY OF PRODUCING IODINE FORTIFIED RICE

นายกวีวัฒน์ เชื้อสุพรรณ
นางสาวอกนิษฐ์ ชุมวิสูตร
นายอโนชา การดื่ม

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล หลักสูตรวิศวกรรมเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2556

A STUDY ON IMPROVING THE LOW QUALITY RICE BY FORTIFYING A CASE STUDY OF PRODUCING IODINE FORTIFIED RICE

.

Khaweevat Chuesuphan
Akanit Chumwisut
Anocha Kanduem

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF ENGINEERING
IN AGRICULTURAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUE OF TECHNOLOGY LARDKRABANG
ACADEMIC YEAR 2013

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2556
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญานิพนธ์

....

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การศึกษาการปรับปรุงข้าวคุณภาพต่ำกรณีศึกษาโดยการเพิ่มสารอาหารในเมล็ดข้าว:กรณีศึกษาการเพิ่มไอโอดีนในเมล็ดข้าว
A study on improving the low quality rice by fortifying: A case study of producing Iodine fortified rice.

นักศึกษาผู้จัดทำ นายกวีวัฒน์ เชื้อสุพรรณ รหัสนักศึกษา 53010078
นางสาวอกนิษฐ์ ชุมวิสูตร รหัสนักศึกษา 53011821
นายอโนชา การดื่ม รหัสนักศึกษา 53011852

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล
หลักสูตรวิชา วิศวกรรมเกษตร
ปีการศึกษา 2556

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.ประสันต์ ชุ่มใจหาญ	ป.ส. ชุ่มใจ

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การศึกษาการปรับปรุงข้าวคุณภาพต่ำกรณีศึกษาโดยการเพิ่มสารอาหารในเมล็ดข้าว : กรณีศึกษาการเพิ่มไอโอดีนในเมล็ดข้าว

นักศึกษาผู้จัดทำ นายกวีวัฒน์ เชื้อสุพรรณ **รหัสนักศึกษา** 53010078

นางสาวอกนิษฐ์ ชุมวิสูตร **รหัสนักศึกษา** 53011821

นายอโนชา การดื่ม **รหัสนักศึกษา** 53011852

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ประสันต์ ชุ่มใจหาญ

ปีการศึกษา 2556

บทคัดย่อ

ข้าวนึ่งได้รับการยอมรับว่ามีสารอาหารเทียบกับข้าวกล้อง การเพิ่มเติมสารอาหารหรือแร่ธาตุที่สามารถละลายน้ำได้เข้าไปในข้าว ย่อมสามารถทำได้ในระหว่างขั้นตอนการแช่ ไอโอดีนเป็นหนึ่งในแร่แร่ธาติที่มีความจำเป็นต่อร่างกายและร่างกายไม่สามารถสร้างได้เอง ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาผลของเวลาในการแช่ข้าวต่อคุณภาพและศึกษาวิธีการเพิ่มสารอาหารในเมล็ดข้าวจากกระบวนการทำข้าวนึ่ง โดยการทดลองนี้ใช้สาร Potassium Iodide (KI) ในการเพิ่มสารไอโอดีน ผลการทดลองพบว่าเวลาในการแช่ 5 ชั่วโมงที่อุณหภูมิคงที่ 70 องศาเซลเซียส การแตกหักของข้าวเสริมไอโอดีนที่ใส่สารละลายโพแทสเซียมความเข้มข้น 0.003125 0.00625 0.0125 M น้อยที่สุด โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์การแตกหัก 8.51% 8.99% 8.56% ตามลำดับ และข้าวนึ่งที่แช่เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ในน้ำอุณภูมิ 70 C ให้เปอร์เซ็นต์ปริมาณเถ้ามากที่สุดคือ 0.91% 0.91% และ 0.93% ตามลำดับ สำหรับการตรวจสอบความเข้มข้นของไอโอดีนโดยใช้ 2 เทคนิค คือ UV-Vis Spectrophotometer และ X-Ray Fluorescence Spectrometerพบว่าไม่สามารถตรวจสอบปริมาณไอโอดีนได้แต่กับพบว่ามีปริมาณโพแทสเซียมในเมล็ดข้าวเพิ่มมากขึ้น

คำสำคัญ : ไอโอดีน ข้าวนึ่ง เถ้า

Thesis Title	A study on improving the low quality rice by fortifying : A case study of producing Iodine fortified rice.		
Authors	Mr. Khaweevat	Chuesuphan	53010078
	Ms.Akanit	Chumwisut	53011821
	Mr.Anocha	Kanduem	53011852
Thesis Advisor	Assoc Prof Dr.Prasan	Choomjaihan	

Abstract

Parboiled rice is recommended for the rich nutrient staple food comparing to the brown rice. The additional minerals can be added into parboiled rice during the soaking process. In this study, Iodine was selected because it is one of important mineral for the body which body can't build its own. Therefore, the objectives of this study are 1.) to study on the soaking period to improve the rice quality and 2.) to study on the approach of nutrient uptake to the rice kernel by applying the parboiling process technique. In this experiment used Potassium Iodide (KI) for fortifying. The results show that the 5 hours of the soaking period in 70 $^{\circ}$c water provided the minimum breakage of Iodine fortified rice at 0.003125, 0.00625, 0.0125 M with the percentage of breakage of 8.51%, 8.99% and 8.56% respectively and for three hours of steaming period gave the maximum ash contents which were 0.91%, 0.91% and 0.93% respectively. For the use of UV-Vis Spectrophotometer and X-Ray Fluorescence Spectrometer to detect the amount of iodine, the result showed that there was no iodine concentration was detected; however, these two techniques reported the higher amount of potassium.

Keywords: Iodine, Parboiled rice, Ash

กิตติกรรมประกาศ

รายงานฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีโดยการให้คำปรึกษาจาก ผศ.ดร.ประสันต์ ชุ่มใจหาญ อาจารย์ที่ปรึกษาด้านวิชาการและการจัดทำโครงงาน รวมทั้งอาจารย์หลักสูตรวิศวกรรมเกษตร สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ข้อคิดและคำแนะนำในการจัดทำโครงงาน

ขอบคุณคู่โปรเจคที่คอยช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ทำให้โครงงานนี้ผ่านไปได้ด้วยดี รวมไปถึงเพื่อนๆ และธุรการหลักสูตรวิศวกรรมเกษตร สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง รุ่นที่28 ที่คอยช่วยคัดแยกเมล็ดข้าว บดข้าว และคอยให้กำลังใจในการทำโครงงานนี้ทางคณะผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณทุกๆท่านมา ณ โอกาสนี้

คณะผู้จัดทำ

กวีวัฒน์ เชื้อสุพรรณ
อกนิษฐ์ ชุมวิสูตร
อโนชา การดื่ม

สารบัญ

หน้า

สารบัญ (ต่อ)

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 วิตามินและแร่ธาตุที่ได้จากข้าวกล้องกับการป้องกันโรคต่างๆ	5
2.2เปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องข้าวแดงหอม และข้าวขาวดอกมะลิ 105 (ต่อน้ำหนักข้าว 100 กรัม)	6
2.3 การประเมินขนาดและความยาวของเมล็ดข้าว	9
2.4 การประเมินรูปร่างของเมล็ดข้าว	10
2.5 การประเมินเกรดของท้องไข่	11
2.6 ลักษณะการเป็นท้องไข่ของข้าว	11
2.7 การแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอะไมโลส	12
2.8เปรียบเทียบปริมาณสารอาหารต่อข้าว 100 กรัม ระหว่างข้าวกล้องกับข้าวขัดสี	15
2.9 ปริมาณวิตามินและสารอาหารที่ร่างกายต้องการใน 1 วัน	20
4.1 เปอร์เซ็นต์การแตกหักของข้าวในแต่ละความเข้มข้นของสารละลาย โพแทสเซียมไอโอไดด์ต่อเวลาในการแช่ข้าว	39
4.2 เปอร์เซ็นต์ปริมาณเถ้าของข้าวในแต่ละความเข้มข้น	41
4.3 ผลความเข้มข้นของไอโอดีนที่ตรวจสอบด้วยเครื่อง X-Ray Fluorescence Spectrometer	43

สารบัญภาพ

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ประเทศไทยถือว่ามีทรัพยากรทางธรรมชาติที่สามารถใช้เป็นอาหารอย่างมากมาย เช่น พืชตระกูลเมล็ด ผักผลไม้ และเนื้อสัตว์ เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามยังมีประชากรในบางส่วนของประเทศยังคงขาดสารอาหาร โดยเฉพาะไอโอดีนพบว่าในบางพื้นที่ของประเทศที่ไม่สามารถเข้าถึงแหล่งไอโอดีนจากธรรมชาติได้เนื่องจากราคาค่อนข้างสูง ผลของการขาดไอโอดีนจะทำให้เกิดโรคต่างๆเช่น คอพอก (Goitre) ภาวะไทรอยด์ฮอร์โมนต่ำ (Hypothyroidism) ซึ่งถ้าร่างกายของหญิงตั้งครรภ์มีไทรอยด์ฮอร์โมนไม่เพียงพอส่งผลให้เกิดโรคเอ๋อของทารกได้ ดังนั้นการบริโภคสารไอโอดีนให้เพียงพอต่อความต้องการของร่างกายจึงมีความจำเป็น โดยทางเลือกการบริโภคไอโอดีนมีหลายรูปแบบ ทั้งการบริโภคอาหารสด เช่น อาหารทะเล หรือการบริโภคอาหารเสริมไอโอดีน เช่น เกลือเสริมไอโอดีน และน้ำปลาเสริมไอโอดีน อย่างไรก็ตามการบริโภคอาหารทะเลในพื้นที่ที่ขาดแคลนจึงเป็นเรื่องยากลำบากมากอีกทั้งราคาที่ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับอาหารท้องถิ่น สำหรับการบริโภคอาหารเสริมไอโอดีนจะมีความเค็มค่อนข้างสูง จึงอาจมีความเสี่ยงต่อการเป็นโรคไตได้เช่นกัน ดังนั้นแนวทางในการเสริมปริมาณไอโดดีนในอาหารที่มีการบริโภคอยู่แล้วย่อมเป็นทางเลือกหนึ่งได้

ข้าวถือว่าเป็นอาหารประเภทหนึ่งที่มีการบริโภคทั่วทั้งประเทศไทย ดังนั้นการผลิตข้าวโดยมีการเสริมไอโอดีนเข้าไปนอกจากจะเป็นการเสริมสร้างสุขภาพทำให้ลดปริมาณประชากรที่ขาดสารไอโอดีนแล้วอีกทั้งยังเป็นการเพิ่มคุณค่าของข้าว และอาจมีแนวโน้มเพื่อเพิ่มศักยภาพในการส่งออกข้าวเสริมสารอาหารของประเทศอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อเพิ่มสารไอโอดีนในเมล็ดข้าวโดยอาศัยหลักการทำข้าวนึ่ง

1.3 ขอบเขตการศึกษา

- ทดสอบการเพิ่มไอโอดีนในเมล็ดข้าวในห้องปฏิบัติการ
- ทดสอบกับข้าวพันธุ์หอมมะลิ (พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105)

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ได้ข้าวเสริมไอโอดีนที่สามารถช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนไอโอดีนในพื้นที่ขาดแคลน เพื่อให้ผู้บริโภคได้รับปริมาณไอโอดีนที่เหมาะสมต่อความต้องการของร่างกาย นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของข้าว และสามารถช่วยส่งเสริมให้เกษตรกร กลุ่มชาวบ้าน สถานประกอบการ มีรายได้ที่ดีขึ้น รวมถึงการส่งออกข้าวเสริมไอโอดีนไปจำหน่ายยังต่างประเทศ

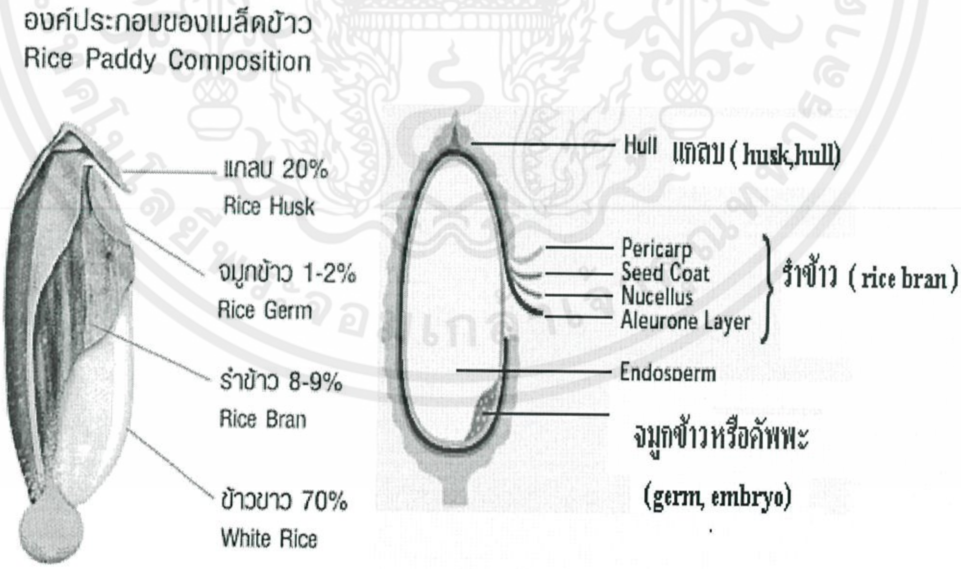
บทที่2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาการเพิ่มสารอาหารในเมล็ดข้าว ผู้วิจัยได้รวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อประกอบการวิจัย ได้แก่ องค์ประกอบของเมล็ดข้าว คุณสมบัติของข้าวชนิดต่างๆ คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีของเมล็ดข้าว สารอาหารที่มีในเมล็ดข้าว การเพิ่มสารอาหารด้วยวิธีการทำข้าวนึ่ง รวมทั้งสารอาหารที่จะเพิ่มเข้าไปในเมล็ดข้าวซึ่งงานวิจัยนี้ได้ทำการเพิ่มสารไอโอดีนเข้าไปในเมล็ดข้าว โดยรายละเอียดเพิ่มเติมของการรวบรวมความรู้และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีดังต่อไปนี้

2.1 องค์ประกอบของเมล็ดข้าว

ในเมล็ดข้าวกล้องประกอบด้วย จมูกข้าวหรือคัพภะ (germ หรือ embryo) และส่วนเอน-โดสเปอร์ม หรือข้าวขาว ห่อหุ้มด้วยชั้นรำข้าว (rice bran) ซึ่งประกอบด้วยเยื่อหุ้มเมล็ดหลายชั้นเยื่อ-อาลูโรน (aleurone layer) หรือชั้นรำละเอียด เป็นชั้นในสุดที่ติดกับเอนโดสเปอร์ม มีโปรตีนสูง และไขมันสูง นอกจากนี้ยังประกอบไปด้วย เซลลูโลส และ เฮมิเซลลูโลสซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตประเภทพอลิ-แซ็กคาไรด์ จมูกข้าว (germ) อยู่ติดกับเอนโดสเปิร์ม เอนโดสเปอร์ม (endosperm) คือส่วนเมล็ดข้าวสารที่นำมารับประทาน มีส่วนประกอบส่วนใหญ่ คือคาร์โบไฮเดรต ที่เป็นสตาร์ช (starch) ซึ่งมี อไมโลส และอไมโลแพกตินเป็นส่วนประกอบหลัก[1]



ภาพที่ 2.1 องค์ประกอบของเมล็ดข้าว

ที่มา: http://www.kingricebranoil.com

2.2 ข้าว

ข้าวเป็นอาหารหลักที่สำคัญสำหรับประชากรเกือบครึ่งหนึ่งของโลกมากกว่า1พันล้านครัวเรือนในทวีปเอเชีย , แอฟริกา และ อเมริกาใต้ ต้องพึ่งพาข้าวเพื่อเป็นแหล่งที่มาหลักของรายได้และการจ้างงานรูปแบบของข้าวที่บริโภครวมถึงเมล็ดธัญพืช (ข้าวกล้อง,ข้าวสาร หรือ ข้าวนึ่ง)แป้ง และ ผลิตภัณฑ์หมักโดยส่วนประกอบหลักของข้าว คือ สตาร์ช ซึ่งประกอบด้วยอะไมโลสและอะไมโลแพกตินซึ่งมีผลต่อเนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุก และใช้จำแนกชนิดของข้าว ข้าวนอกจากรับประทานเป็นข้าวหุงสุกแล้วยังใช้เป็นวัตถุดิบ เพื่อการแปรรูป (food processing) เพื่อการถนอมอาหารและเพิ่มมูลค่า เป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น แป้งข้าว ข้าวกระป๋อง ข้าวนึ่ง ขนมจีน เส้นหมี่ ก๋วยจั๊บ และนำมาหมักให้เกิดแอลกอฮอล์ (alcoholic fermentation) เป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์โดยประเภทของข้าวมีดังนี้[2]

2.2.1 ข้าวกล้อง

ภาพที่2.2 ข้าวกล้อง

ข้าวกล้อง คือ ข้าวที่สีเอาเปลือก (แกลบ) ออกไป โดยยังมีจมูกข้าวและเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวเหลืออยู่ ซึ่งจมูกข้าวและเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวนี้ เป็นส่วนที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายมาก สารอาหารในข้าวกล้องที่มีคุณค่าทางโภชนาการและเป็นประโยชน์ต่อร่างกายโดยข้าวกล้อง มีโปรตีนประมาณ 6-12 เปอร์เซ็นต์ การขัดสีข้าวกล้องจนมีสีขาวจะทำให้โปรตีนสูญหายไปประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์นอกจากนี้ในข้าวกล้องยังประกอบไปด้วยวิตามินเช่นวิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินบี 6 วิตามินอี และเกลือแร่ ได้แก่ แคลเซียม เหล็ก ฟอสฟอรัส ทองแดง ซึ่งจะช่วยให้ส่วนต่างๆ ของร่างกายทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ และมีเส้นใยอาหารมากซึ่งจะทำให้ท้องไม่ผูก และช่วยป้องกันมะเร็งในลำไส้ใหญ่ มีผลทำให้สุขภาพดีขึ้น เมื่อรับประทานข้าวกล้องเป็นประจำทุกวันคุณค่าทางโภชนาการของข้าวแดงที่ใช้บริโภคโดยสถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล ได้ทำการวิเคราะห์ส่วนประกอบของแร่ธาตุและวิตามินต่างๆ ในตัวอย่างข้างกล้องข้าวแดงหอม และข้าวกล้องข้าวขาวดอก

มะลิ 105 จากศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลกพบว่า ข้าวกล้องข้าวแดงหอมมีเส้นใยอาหาร และวิตามินบี 6 สูงกว่าข้าวกล้องขาวดอกมะลิ 105 แต่มีธาตุเหล็กและวิตามินต่างๆ โดวิตามินและแร่ธาตุที่ได้จากข้าวกล้องยังช่วยป้องกันโรคต่างๆดังนี้[2]ดังแสดงในตารางที่2.1

ตารางที่2.1 วิตามินและแร่ธาตุที่ได้จากข้าวกล้องกับการป้องกันโรคต่างๆ[3]

วิตามินและแร่ธาตุ	การป้องกันโรค
วิตามินบี 1	ช่วยป้องกันโรคเหน็บชา
วิตามินบี 2	ป้องกันโรคปากนกกระจอก
ไนอะซิน	ช่วยรักษาระบบผิวหนังและระบบประสาท
ฟอสฟอรัส	ช่วยในการเจริญเติบโตของกระดูกและฟัน
แคลเซียม	ทำให้กระดูกแข็งแรงป้องกันไม่ให้เป็นตะคริว
ทองแดง	สร้างเม็ดโลหิตและเฮโมโกลบิล
ธาตุเหล็ก	ป้องกันโรคโลหิตจาง
โปรตีน	เสริมสร้างส่วนที่สึกหรอ
ไขมัน	ให้พลังงานแก่ร่างกาย (ไขมันในเมล็ดข้าวไม่มีคอเลสเตอรอล)
คาร์โบไฮเดรท	ให้พลังงานแก่ร่างกาย
กาก	ข้าวกล้องมีกากอาหารมากซึ่งจะทำให้ท้องไม่ผูก และช่วยป้องกันมะเร็งในลำไส้

ที่มา : สถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล (2541)

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องข้าวแดงหอมและข้าวขาวดอกมะลิ 105 (ต่อน้ำหนักข้าว 100 กรัม)

	ข้าวกล้องข้าวแดงหอม	ข้าวกล้องขาวดอกมะลิ105
เส้นใยอาหาร (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 (ไมโครกรัม)	0.29	0.37
วิตามินบี 2 (ไมโครกรัม)	0.01	0.01
วิตามินบี 6 (ไมโครกรัม)	0.26	0.22

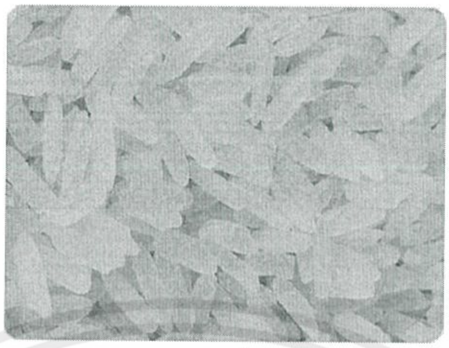
ที่มา : สถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล (2541)

2.2.2 ข้าวขาว

ภาพที่2.3 ข้าวสารหรือข้าวขาว

ข้าวขาว คือ ข้าวที่ขัดสีเอารำออกไปจนเหลือแต่เมล็ดข้าวที่ขาวทำให้สูญเสียประโยชนที่ได้จากจมูกข้าวและวิตามินที่อยู่ในชั้นรำ ซึ่งเป็นส่วนที่มีประโยชน์ต่อร่างกายมากที่สุด แต่ข้าวขาวจะเป็นที่นิยมของผู้บริโภคเนื่องจากมีสีขาวน่ารับประทานกว่าข้าวกล้อง การบริโภคข้าวขาวทำให้เราขาดวิตามินและเกลือแร่บางชนิดที่อยู่ในชั้นรำ แม้ว่าขาดสารบางชนิดนี้อาจจะไม่แสดงอาการเจ็บป่วยออกมาไม่ร้ายแรงนักแต่ก็ไม่ใช่ว่าไม่สำคัญเพราะเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เราเจ็บป่วยง่ายขึ้น ถ้าเราบริโภคข้าวขาวก็แสดงว่าบริโภคข้าวด้อยคุณภาพวันละ 3 ครั้ง ส่งผลให้ร่างกายไม่แข็งแรง[2]

2.2.3 ข้าวนึ่ง



ภาพที่2.4 ข้าวนึ่ง

ที่มา: http://www.riceland.co.th

ข้าวนึ่ง คือข้าวนึ่ง คือผลิตภัณฑ์จากข้าวที่ได้จากการนำข้าวเปลือกมาแช่น้ำจนความชื้นประมาณ 30-40% แล้วนึ่งหรือต้มจนสุก จากนั้นจึงนำมาทำแห้งจนมีความชื้นประมาณ14-16% แล้วจึงนำไปผ่านกระบวนการสีเอาเปลือกออก การทำข้าวนึ่งเป็นการปรับปรุงคุณภาพการสี ทำให้ข้าวหักน้อยลงและปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของข้าว เพราะ สารอาหารจากชั้นเปลือกจะซึมเข้าไปในเนื้อระหว่างการแช่ และ นึ่ง ข้าวที่ได้จะมีสีเหลืองอ่อน[2]

2.2.4 ข้าวหอมมะลิ

ข้าวหอมมะลิ(พันธุ์ขาวดอกมะลิ105) เป็นสายพันธุ์ข้าวที่มีถิ่นกำเนิดในไทย มีลักษณะกลิ่นหอมคล้ายใบเตย เป็นพันธุ์ข้าวที่ปลูกที่ไหนในโลกไม่ได้คุณภาพดีเท่ากับปลูกในไทย และเป็นพันธุ์ข้าวที่ทำให้ข้าวไทยเป็นสินค้าส่งออกที่รู้จักไปทั่วโลกสามารถปลูกได้ปีละ 1 ครั้งลักษณะข้าวเปลือกเรียวยาวเมื่อนำไปผ่านกระบวนการสีจะได้ข้าวเมล็ดยาว ขาวใสเป็นเงา มีท้องไข่น้อยโดยมีคุณสมบัติต่างๆดังนี้[4]

1. <u>คุณสมบัติของข้าวหอมมะลิ</u> ข้าวหอมมะลิที่นิยมปลูกและบริโภคกันอย่างแพร่หลายคือพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ พันธุ์ กข.15 ความหอมของข้าวหอมมะลิ เกิดจากสารระเหยชื่อ 2-acetyl-1-pyroline ซึ่งเป็นสารที่ระเหยหายไปได้ การรักษาความหอมของข้าวหอมที่ดีต้องเริ่มตั้งแต่ การเก็บเกี่ยว การเก็บรักษาข้าวเปลือกการสีข้าว และการเก็บรักษาข้าวที่สีเรียบร้อยแล้ว การจะรักษาความหอมของข้าวเอาไว้ต้องพยายามหลีกเลี่ยงภาวะแวดล้อมที่ร้อน อบอ้าว และมีความชื้นสูง การตากแดดหรือใกล้สถานที่ร้อนจัดเป็นเวลานานๆ เป็นสิ่งที่ควรหลีกเลี่ยงอย่างยิ่ง สภาวะที่เหมาะสมคือที่ที่มีอากาศค่อนข้างเย็น มีการถ่ายเทของอากาศดี ความชื้นไม่สูง[4]

2. <u>วิธีการตรวจความเป็นข้าวหอมมะลิ</u> การตรวจสอบที่สามารถยืนยันว่าเป็นข้าวหอมมะลิแท้หรือไม่นั้น ปัจจุบันมีเพียงวิธีเดียว คือ การตรวจสายพันธุกรรม (DNA) ซึ่งมีสถาบันที่สามารถ

ตรวจสอบได้อยู่น้อย มีค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบค่อนข้างสูง และต้องใช้เวลาในการตรวจสอบพอสมควร นอกจากนี้ยังมีวิธีการตรวจสอบเบื้องต้นเพื่อเป็นแนวทางในการบ่งชี้หาความเป็นข้าวหอมมะลิ คือ วิธีการตรวจทางกายภาพ[4]

รูปทรงของเมล็ดข้าวเปลือก ลักษณะพิเศษที่มีเอกลักษณ์เฉพาะที่บ่งชี้ว่าเป็นข้าวหอมอะไร ซึ่งต้องอาศัยความชำนาญเช่น

- ข้าวหอมมะลิ 105 มีจุกหางแยกออกชัดเจน
- ข้าวหอมมะลิ กข.15 ที่จุกหางมีลักษณะงอนขึ้นมากกว่า และเมล็ดจะกว้างกว่า
- ข้าวปทุมธานี 105 จะมีลักษณะคล้ายกับ หอมมะลิ 105 ต่างกันที่จุกหางจะแยกน้อยกว่า

2.3 คุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดข้าว

คุณภาพเมล็ดทางกายภาพ หมายถึง คุณสมบัติต่างๆของเมล็ดที่สามารถมองเห็นหรือชั่ง ตวง วัดได้ เช่นน้ำหนักเมล็ด สีข้าวเปลือกขนาดรูปร่างเมล็ด ลักษณะท้องไข่ ความขุ่นใสของข้าวสาร ความแกร่งของเมล็ด ความขาวของข้าวสาร และคุณภาพการสีการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดขาวเบื้องตนนั้นมีความจำเปนอยางยิ่ง ทั้งนี้เพื่อใชตอรองราคาในการซื้อขาย เชน ลักษณะของ ขาวเปลือกที่มีสีออนหรือสีฟาง จะมีราคาสูงกวาขาวเปลือกที่มีสีเขมหรือสีน้ำตาล เนื่องจากขาวเปลือกที่มีสีออน จะมีเปลือกที่บางงายตอการกะเทาะและขัดสี เปนตน สวนขนาดและรูปรางเมล็ดที่แตกตางกันจะทำใหเราจัดมาตรฐานของขาวและประเมินคุณภาพในการหุงตมไดสำหรับน้ำหนักเมล็ดจัดเปนองคประกอบผลผลิตที่ควบคุมโดยพันธุกรรม โดยทั่วไปมักรายงานเปนน้ำาหนักตอเมล็ดหรือน้ำหนักตอปริมาตร โดยมีการประเมินดังนี้[5]

1.<u>น้ำหนักเมล็ด</u> (Grain Weight) เปนองคประกอบผลผลิตที่ควบคุมโดยพันธุกรรมเปนสวนใหญแปรปรวนไปไดบางตามขนาด รูปรางเมล็ด ความชื้น การปลูก และสภาพภูมิอากาศ การหาน้ำหนักเมล็ดทำได 2 แบบคือ น้ำหนักตอจำนวนเมล็ดและน้ำหนักตอปริมาตร สำหรับน้ำหนักเมล็ดของพันธุขาวไทย พบวาขาวเปลือกมีน้ำหนักตั้งแต 16-42 กรัม ตอ 1000 เมล็ด และมีน้ำหนักตอปริมาตรแปรปรวนระหวาง 10-11.5 กิโลกรัมตอถัง

2.<u>สีของเมล็ดข้าวเปลือก</u> เป็นลักษณะประจำพันธุ์ ในสมัยก่อนมีส่วนในการตั้งชื่อพันธุ์ข้าว เช่น ขาวพวง ขาวนางเนย เนื่องจากเปลือกมีสีฟางหรือสีขาว เหลืองหอมเนื่องจากเปลือกมีสีน้ำตาลหรือสีเหลือง เป็นต้น

3.<u>สีข้าวกล้อง</u> เมื่อกะเทาะเปลือกข้าวออกจะพบข้าวกล้องที่มีสีขาวเป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้มีข้าวบางพันธุ์มีข้าวกล้องสีแดงหรือสีม่วงจนเกือบดำ ข้าวกล้องที่มีสีเหล่านี้ถือว่าเป็นข้าวคุณภาพเฉพาะ และมักนิยมบริโภคเพื่อวัตถุประสงค์ทางด้านโภชนาการ หรือเป็นขนมหวาน เช่น ข้าวแดง ข้าวเหนียวดำ ข้าวกล้องที่มีสีนี้ หากเป็นสีล้วนๆ จะมีราคาสูง แต่ถ้าปนในข้าวขาวจะทำให้คุณภาพหรือราคาด้อยลง

4<u>. ขนาดรูปร่างเมล็ด</u> เป็นลักษณะแรกทางด้านคุณภาพเมล็ด ที่นักปรับปรุงพันธุ์ใช้ในการจำแนกพันธุ์ข้าว ขนาดรูปร่างเมล็ด หมายถึง ความยาว ความกว้าง และความหนาของเมล็ด ดังแสดงในตารางที่2.3

± ความยาวของเมล็ด หมายถึง ระยะทางจากปลายยอดสุดเมล็ดถึงโคนเมล็ด

± ความกว้างของเมล็ด หมายถึง ระยะทางส่วนที่กว้างที่สุดของเมล็ดระหว่างเปลือกใหญ่ (lemma) ถึงเปลือกเล็ก (palea)

± ความหนาของเมล็ด หมายถึง ระยะทางที่มากที่สุดระหว่างเปลือกด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างข้าวกล้อง ข้าวสาร และข้าวเปลือก รูปร่างของเมล็ดข้าวสามารถแบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ เรียว ปานกลาง ป้อมดังแสดงในตาราง2.3ซึ่งผลที่ได้จะบอกถึงคุณภาพประสิทธิภาพของการขัดสีข้าวเปลือกเป็นข้าวกล้อง และข้าวสาร แต่ละชนิด

ตารางที่2.3 การประเมินขนาดและความยาวของเมล็ดขาว

ขนาด	ความยาว(มม.)
ยาวมาก (Very long-VL)	>7.5
ยาว (Long-L)	7.06-7.5
ค่อนข้างยาว (Medium long-ML)	6.61-7.059
ปานกลาง (Medium-M)	6.101-6.609
ค่อนข้างสั้น (Medium short-MS)	5.51-6.10
สั้น (Short-s)	<5.5

ที่มา : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2539)

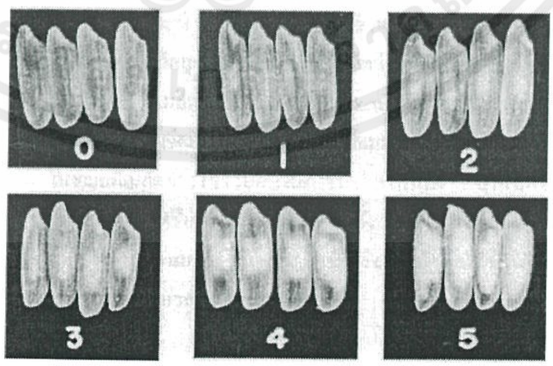
ตารางที่2.4 การประเมินรูปร่างของเมล็ดข้าว

รูปร่าง	ความยาว/ความกว้าง
เรียว (Slender-SL)	>3.0
ปานกลาง (Intermediate-L)	2.1-3.0
ป้อม (Bold-B)	<2.0

ที่มา : กระทรวงเกษตรและสหกรณ (2539)

มาตรฐานข้าวไทยไม่มีการกำหนดรูปร่างเมล็ด เนื่องจากข้าวส่วนใหญ่มีเมล็ดยาวเรียว และยึดถือข้าวที่มีความยาวเกิน 7.0 มิลลิเมตร เป็นข้าวคุณภาพดี

5.<u>ข้าวท้องไข่</u> (Chalky grain) เป็นจุดขาวทึบแสงภายในเมล็ดข้าวเจ้า ซึ่งเกิดจากการจับตัวอย่างหลวมๆ ระหว่างผลึกแป้ง (starch granule) กลุ่มแป้ง (starch compound) และโปรตีน (protein body) ทำให้เกิดช่องอากาศเล็กๆ ภายในเมล็ด จึงเห็นเป็นลักษณะทึบแสง จุดขุ่นขาวนั้นอาจมีขนาดแตกต่างกัน ดังนั้น สถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (IRRI) จึงจัดระดับความเป็นท้องไข่ของเมล็ดเป็น 0-5 โดยให้ระดับ 0 เป็นเมล็ดใสทั้งเมล็ด และระดับ 5 เป็นเมล็ดที่มีส่วนขาวขุ่นร้อยละ 80 ของทั้งเมล็ดดังแสดงในตาราง2.5 ตำแหน่งของท้องไข่อาจเกิดขึ้นตรงกลางเมล็ด (white center) จากด้านท้องที่อยู่ข้างเดียวกับคัพภะ (white belly) หรือจากด้านหลัง (white back)โดยลักษณะการเป็นท้องไข่ของข้าวสามารถแสดงได้ดังตารางที่2.6 นอกจากเป็นลักษณะทางพันธุกรรมแล้ว สภาพแวดล้อมยังมีผลกระทบกระเทือน เช่น แหล่งปลูก ฤดูกาล และการใส่ปุ๋ย เป็นต้น



ภาพที่2.5 ระดับความเป็นท้องไข่ของข้าว

ที่มา: http://www.brrd.in.th

ตารางที่2.5 การประเมินเกรดของทองไข

ระดับท้องไข่	ลักษณะท้องไข่	สัดส่วนท้องไข่ในเมล็ด(%)
0	All clear grain	ไม่มี
1	Minutely chalky grain	<10
2	Slightly chalky grain	10-20
3	Medium chalky grain	20-35
4	Chalky grain	35-50
5	Very chalky grain	>50

ที่มา : กระทรวงเกษตรและสหกรณ (2539)

ตารางที่2.6 ลักษณะการเป็นท้องไข่ของข้าว

ลักษณะการเป็นท้องไข่	ค่าท้องไข่
เป็นน้อย (Slightly chalky -Sch)	<1
เป็นปานกลาง (Moderately chalky-Mch)	1-1.5
เป็นค่อนข้างมาก (Chalky-Ch)	1.6-2.0
เป็นมาก (Very chalky-Vch)	>2

ที่มา: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2539)

6. <u>ความใสของเมล็ด</u> หมายถึง ความทึบแสง ความใสของเนื้อข้าวสารทั้งเมล็ด จะสังเกตเห็นความแตกต่างในเมล็ดข้าวเจ้า ส่วนเมล็ดข้าวเหนียวจะมีลักษณะขาวขุ่นอย่างเดียว ความใสขุ่นของข้าวสารเป็นคนละลักษณะของข้าวท้องไข่

7. <u>ความใสของเมล็ด</u> หมายถึง ความทึบแสง ความใสของเนื้อข้าวสารทั้งเมล็ด จะสังเกตเห็นความแตกต่างในเมล็ดข้าวเจ้า ส่วนเมล็ดข้าวเหนียวจะมีลักษณะขาวขุ่นอย่างเดียว ความใสขุ่นของข้าวสารเป็นคนละลักษณะของข้าวท้องไข่

2.4 คุณสมบัติทางเคมี

คุณภาพเมล็ดข้าวทางเคมี คือ สัดส่วน และ องค์ประกอบทางเคมีที่มีผลต่อคุณภาพข้าวสุก โดยมีผลทำให้ข้าวสุกนั้น นุ่ม เหนียว หรือ ร่วนขึ้นหม้อ ซึ่งคุณภาพข้าวสุกนี้จะขึ้นกับคุณภาพเมล็ดทางเคมี คือ สัดส่วนอะไมโลสและอะไมโลแพกติน ความคงตัวของแป้งสุก อุณหภูมิแป้งสุก การยืดตัว ของเมล็ดข้าวสุก โปรตีน ความชื้น และการเก็บรักษาโดยมีรายละเอียดดังนี้[6],[7]

1.<u>ปริมาณอะไมโลส</u> โดยทั่วไปมักนิยมแบ่งประเภทข้าวโดยถืออะไมโลสเป็นหลัก ในแป้งข้าวเจ้าจะมีอะไมโลสปนอยู่ประมาณ 10-34% ปริมาณอะไมโลสเป็นสาเหตุทำให้ข้าวสุกมีความเหนียวลดลงหรือร่วนมากขึ้น และทำให้ข้าวนุ่มน้อยลงด้วย ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติการคืนตัวของอะไมโลสที่สุกแล้ว มีการจัดแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอะไมโลสดังแสดงในตาราง 2.7 ดังนี้

ตารางที่2.7 การแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอะไมโลส

ประเภทข้าว	ปริมาณอะไมโลส(ร้อยละ)	ลักษณะข้าวสุก
ข้าวเหนียว	1-2	เหนียวมาก
ข้าวเจ้าอะไมโลสต่ำมาก	2-9	เหนียวนุ่ม
ข้าวเจ้าอะไมโลสต่ำ	9-20	เหนียวนุ่ม
ข้าวเจ้าอะไมโลสปานกลาง	20-25	นุ่ม ค่อนข้างเหนียว
ข้าวเจ้าอะไมโลสสูง	25-33	ร่วนแข็ง

ที่มา : กระทรวงเกษตรและสหกรณ (2539)

ข้าวที่มีอะไมโลสสูงจะดูดน้ำได้มากในระหว่างการหุงต้ม ดังนั้น ปริมาณน้ำที่ใช้ในการหุงต้มจึงมีส่วนกระทบกระเทือนคุณภาพของข้าวสุก เช่น ข้าวที่มีอะไมโลสต่ำต้องการน้ำน้อย หากใส่น้ำมากเกินไปจะทำให้ได้ข้าวแฉะ แต่สำหรับข้าวที่มีอะไมโลสสูงหากใส่น้ำขนาดเดียวกับข้าวอะไมโลสต่ำ จะได้ข้าวที่แข็งกระด้างมาก เนื่องจากการหุงต้มข้าวที่มีอะไมโลสสูงต้องการน้ำมากและเมื่อสุกแล้วจะได้ข้าวที่ร่สนฟูไม่เหนียวติดกันจึงทำให้ข้าวสุกขยายปริมาตรมากหรือข้าวขึ้นหม้อดี ในขณะที่มีอะไมโลสต่ำ เป็นข้าวที่เหนียวเกาะติดกันเป็นก้อนจึงไม่ขึ้นหม้อ

2.<u>ความคงตัวของแป้งสุก</u> แม้ว่าปริมาณอะไมโลสจะเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้ข้าวมีคุณภาพการหุงต้มและรับประทาน ที่แตกต่างกัน แต่ในข้าวบางสายพันธุ์แม้จะมีอะไมโลสใกล้เคียงกัน เมื่อหุงสุกก็ยังมีคุณภาพที่แตกต่างกันบ้าง ทั้งนี้เนื่องจากข้าวสุกเมื่อเย็นแล้วมีความแข็งหรือความคงตัวแตกต่างกัน ข้าวที่มีความคงตัวของแป้งสุกอ่อนจะนุ่มกว่าข้าวพันธุ์ที่มีความคงตัวของแป้งสุกแข็ง

3.<u>อุณหภูมิแป้งสุก</u> หมายถึงอุณหภูมิที่เม็ดสตาร์ชเริ่มพองตัว(อุณหภูมิเจลาทิไนซ์)ในน้ำร้อนและเปลี่ยนจากลักษณะทึบแสงเป็นโปร่งใส อุณหภูมิแป้งสุกมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาการหุงต้ม ถ้าข้าวมีอุณหภูมิแป้งสุกสูงจะหุงสุกช้ากว่าข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ แม้ว่าระยะเวลาการหุงต้ม

จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิแป้งสุกก็ตามแต่ความกว้างและความหนาของเมล็ดข้าวก็มีผลต่อเวลาการหุงต้มด้วย ข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกเท่ากันแต่มีเมล็ดหนามากกว่าจะใช้เวลาในการหุงต้มนานกว่า

4.การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก ในระหว่างการหุงต้ม เมล็ดข้าวมีการขยายตัวทุกด้าน โดยเฉพาะด้านยาว คุณลักษณะนี้เป็นคุณสมบัติพิเศษของข้าว ซึ่งจะช่วยเสริมให้เมล็ดข้าวสุกขยายขนาดเพิ่มขึ้น และหากข้าวสุกเป็นข้าวที่ไม่เหนียวติดกัน การขยายขนาดเมล็ดข้าวสุกจะช่วยให้ข้าวขึ้นหม้อดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยให้ข้าวนุ่มมากขึ้น เพราะการขยายตัวทำให้เนื้อข้าวโปร่งขึ้นไม่อัดกันแน่น

5 ปริมาณโปรตีน ในเมล็ดข้าวมีโปรตีนอยู่ประมาณร้อยละ 9.8 ซึ่งถือว่าน้อยแต่ก็มีผลกระทบต่อคุณภาพการหุงต้มและรับประทานเช่นกัน ปริมาณโปรตีนจะมีความสัมพันธ์กับเวลาในการหุงต้มข้าวสุกนานขึ้น เมื่อปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นเนื่องจากโปรตีนเป็นตัวขัดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำเข้าไปยังเมล็ดและโปรตีนยังมีความสัมพันธ์กับการดูดซึมน้ำของเมล็ด ความนุ่ม และความเหนียว กล่าวคือทำให้เมล็ดดูดซึมน้ำได้น้อยลง ทำให้ข้าวสุกมีความนุ่มและความเหนียวน้อยลงนอกจากนี้ข้าวที่มีปริมาณโปรตีนสูงจะมีอุณหภูมิการเกิดเจลาทิไนซ์เชชั่นสูงกว่าข้าวที่มีปริมาณโปรตีนต่ำ โปรตีนส่วนใหญ่ในเมล็ดข้าวเป็นกลูเตลิน โดยมีมากกว่าร้อยละ80 ของโปรตีนทั้งหมดในข้าว

6.ความชื้น ความชื้นในเมล็ดข้าวจะส่งผลต่อการที่ข้าวหุงขึ้นหม้อและความร่วนของข้าวเช่นกัน ข้าวที่มีความชื้นต่ำส่วนใหญ่จะเป็นข้าวเก่าจะหุงขึ้นหม้อ และมีความร่วนมากกว่าข้าวที่มีความชื้นสูงหรือข้าวใหม่ ในประเทศไทยส่วนใหญ่จะนิยมบริโภคข้าวเจ้าที่เป็นข้าวเก่าเนื่องจากหุงขึ้นหม้อดีกว่า ทำให้ข้าวเก่ามีราคาสูงกว่าข้าวใหม่ นอกจากนี้ความชื้นในข้าวยังเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเก็บรักษาข้าว ถ้าเมล็ดข้าวมีความชื้นสูงทำให้เชื้อรา และจุลินทรีย์ต่างๆเจริญเติบโตได้ดี ทำให้ข้าวจะเสื่อมคุณภาพในระยะเวลาอันสั้น ดังนั้นมาตรฐานข้าวของประเทศต่างๆจึงได้กำหนดระดับความชื้นของข้าวไว้แตกต่างกัน

7.การเก็บรักษา การเปลี่ยนแปลงของข้าวจะเกิดขึ้นภายหลังการเก็บเกี่ยว 3-4 เดือนเนื่องจากปริมาณความชื้นลดลงทำให้มีผลต่อคุณสมบัติข้าวสุก คือทำให้ข้าวสุกแข็งและร่วนมากขึ้นข้าวสุกขยายปริมาตรได้มากขึ้นหรือหุงขึ้นหม้อ เมล็ดข้าวจะดูดน้ำได้มากขึ้นน้ำ ข้าวจะใสมากขึ้นและใช้เวลาหุงต้มนานขึ้นเล็กน้อย

2.5 สารอาหารที่มีในเมล็ดข้าว

เมล็ดข้าวเป็นแหล่งอาหารที่ให้ปริมาณสารอาหารค่อนข้างสูง ส่วนประกอบทางเคมีของข้าวจะผันแปรไปตามลักษณะพันธุกรรมของข้าวพันธุ์ต่างๆ และสภาพแวดล้อม เช่น ลักษณะพื้นที่ปลูก ฤดูกาล ปริมาณการใส่ปุ๋ย คุณภาพการสี และสภาพการเก็บรักษาแต่โดยทั่วๆไป เมล็ดข้าวสารจะประกอบด้วยส่วนของแป้งร้อยละ 80 โปรตีนร้อยละ 7.5 เถ้าร้อยละ 0.5 และน้ำร้อยละ 12 ในส่วนของแป้งจะประกอบด้วยอะไมโลส และอะไมโลแพกตินในสัดส่วนที่แตกต่างกันไม่ทำให้คุณค่าทางโภชนาการของข้าวแตกต่างกัน แต่ทำให้คุณภาพการหุงต้ม และการบริโภคต่างกัน[7] ดังแสดงในตารางที่2.8

ตารางที่2.8 เปรียบเทียบปริมาณสารอาหารต่อข้าว 100 กรัม ระหว่างข้าวกล้องกับข้าวขัดสี

ข้าวกล้อง		ข้าวขัดสี/ข้าวขาว		คุณค่าทางโภชนาการ
คาร์โบไฮเดรต	75.1	คาร์โบไฮเดรต	79.4	ให้พลังงานแก่ร่างกาย
โปรตีน	7.1	โปรตีน	6.7	ทำให้ร่างกายแข็งแรงและช่วยในการเจริญเติบโต
ไขมัน	2.0	ไขมัน	0.8	ทำให้ร่างกายอบอุ่นและช่วยละลายวิตามินชนิดที่ละลายในไขมันได้
ใยอาหาร	2.1	ใยอาหาร	0.7	ช่วยขจัดของเสียและสิ่งที่เป็นพิษต่อร่างกาย
		เกลือแร่		
โซเดียม	84	โซเดียม	79	ช่วยสร้างและรักษากระดูกและฟันให้แข็งแรง
โพแทสเซียม	144	โพแทสเซียม	121	
แคลเซียม	9	แคลเซียม	6	
ฟอสฟอรัส	267	ฟอสฟอรัส	195	
แมกนีเซียม	60	แมกนีเซียม	27	
เหล็ก	1.3	เหล็ก	1.2	
สังกะสี	0.49	สังกะสี	0.48	
ทองแดง	0.11	ทองแดง	0.14	
		วิตามิน		
บี1	0.76	บี1	0.07	ทำให้อวัยวะต่างๆของร่างกายทำงานได้เป็นปกติ
บี1	0.04	บี1	0.02	
ไนอาซิน	5.40	ไนอาซิน	1.79	

ที่มา : สถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล (2541)

2.6 การเพิ่มสารอาหารในเมล็ดข้าวด้วยวิธีการทำข้าวนึ่ง

การเพิ่มสารอาหารในเมล็ดข้าวทำได้โดย การประยุกต์หลักการของการทำข้าวนึ่ง ใช้หลักการความดันของน้ำที่แตกต่างกันระหว่างภายนอกและภายในของเมล็ดข้าว ทำให้สารอาหารที่ละลายในน้ำได้สามารถแพร่เข้าไปในเนื้อข้าวจนกระทั่ง เข้าสู่จุดสมดุลย์ ซึ่งคือจุดที่ความแตกต่างของแรงดันของไอน้ำมีค่าเท่ากับศูนย์ และจุดที่ความเข้มข้นของสารอาหาร(ที่ต้องการใส่เข้าไปในเมล็ดข้าว)ในและนอก

เมล็ดมีค่าเท่ากัน แต่อย่างไรก็ตามที่สภาวะสมดุลย์สารอาหารที่อยู่ภายในเนื้อข้าวก็สามารถเคลื่อนที่ออกมาภายนอกได้โดยกระบวนการแพร่ เนื่องจากในสภาวะสมดุลย์สารอาหารที่แพร่ออกไม่ต้องเคลื่อนที่สวนทางกับกระแสของน้ำ

การเพิ่มสารอาหารในเมล็ดข้าวทำได้โดยอาศัยกรรมวิธีการทำข้าวนึ่ง คือ การนำข้าวเปลือกไปแช่ นึ่ง และอบลดความชื้นก่อนนำไปผ่านกระบวนการสีกรรมวิธีการทำข้าวนึ่งมีวัตถุประสงค์หลัก คือ เพื่อเพิ่มปริมาณข้าวต้น(ลดปริมาณการแตกหักระหว่างกระบวนการสี) นอกจากนี้ยังเป็นการปรับปรุงคุณภาพของข้าว และช่วยลดการสูญเสียแร่ธาตุอาหารในบางส่วนของเมล็ดข้าวในระหว่างการสีกรรมวิธีการทำข้าวนึ่งมีขั้นตอนหลักๆอยู่3 ขั้นตอน[8] คือ

1.การแช่ (soaking) โดยการนำเมล็ดข้าวเปลือกไปแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 3-6 ชั่วโมงหรือ 80 องศาเซลเซียส นาน 1-3 ชั่วโมงในจนมีความชื้น30-40% ขั้นตอนนี้จะทำให้ช่องว่างบริเวณเปลือกเริ่มปริสารอาหารในชั้นรำเริ่มเคลื่อนที่เข้าไปในเมล็ดข้าว

2. การนึ่ง (steaming) เมื่อเม็ดแป้งภายใน เอนโดสเปิร์ม ของเมล็ดข้าวดูดซับน้ำไว้เพียงพอแล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการให้ความร้อนเพื่อทำให้เม็ดแป้งเกิดการพองตัวเป็นเม็ดแป้งสุกปกติการนึ่งจะใช้เวลา 15-30 นาทีโดยใช้อุณหภูมิ 100-105 องศาเซลเซียส

3.การทำให้แห้ง (drying) ในการลดความชื้นของเมล็ดข้าวนึ่งนี้จะต้องทำเป็นสองระยะ คือ ในระยะแรกเมื่อความชื้นลดลง 19-20% ก็หยุดพักโดยเก็บเมล็ดไว้ที่อุณหภูมิห้องสักระยะหนึ่ง จากนั้นนำมาอบต่อจนมีความชื้น 14 %

ปัจจัยที่ต้องควบคุมในการทำข้าวนึ่ง [2]

1.ข้าวเปลือกหรือวัตถุดิบสำหรับทำข้าวนึ่ง ควรมีสีของเปลือกและสีชั้นปลอกรำ อ่อน เช่น ขาว (ฟาง) หรือน้ำตาล เมล็ดอยู่ในสภาพสะอาด ไม่มีรอยแมลงกัดกินหรือเชื้อราทำลาย

2.ต้องควบคุมอุณหภูมิของน้ำและระยะเวลาการแช่ให้พอเหมาะ เพื่อป้องกันการเกิดกลิ่นและสีที่ไม่ดีของข้าวนึ่งในการแช่ควรทำให้มีการหมุนเวียนของน้ำและข้าวด้วย เพื่อป้องกันความร้อนสะสมซึ่งจะทำให้รูปร่างของเมล็ดผิดปกติ (deform grain)

3.อุณหภูมิและเวลาขณะนึ่งต้องควบคุมให้พอเหมาะ ไม่ควรให้สูงเกินไปเพราะจะมีผลต่อสีข้าวนึ่ง ลักษณะเมล็ดผิดปกติ (deform grain) และข้าวสารแข็งเกินไปเมื่อใช้เวลานาน

4.การทำให้แห้ง ต้องเป็นไปอย่างช้า ๆ และสม่ำเสมอ ถ้าใช้ความร้อนสูงเกินไปและทำให้แห้งรวดเร็ว ข้าวจะแตกร้าว สีแล้วหักมากขึ้น

5.ความชื้นของข้าวนึ่งไม่ควรเกิน 14% เมื่อเก็บไว้ในยุ้งฉางหรือโกดัง ทั้งนี้เพื่อป้องกันการทำลายของจุรินทรีย์โดยเฉพาะเชื้อราต่าง ๆ

<u>ข้อดีของข้าวนึ่ง</u>[9]

1.เพิ่มผลผลิต เนื่องจากมีความแข็งที่สูงกว่าข้าวสารทำให้การแตกหักลดลง เมื่อนำไปผ่านกระบวนการสี ปกติอัตราส่วนการแตกหักของข้าวสาร : ข้าวนึ่ง =6:1

2.ลดการสูญเสียวิตามิน ปกติวิตามินในข้าวเป็นชนิดละลายน้ำได้และอยู่ในชั้นรำของเมล็ดข้าวเมื่อนำมาผ่านขั้นตอนการขัดขาวทำให้ชั้นรำออกไปทำให้สูญเสียวิตามินไปแต่ในกรรมวิธีการทำข้าวนึ่งจะทำให้วิตามินที่อยู่ในชั้นรำเคลื่อนที่เข้าไปในเมล็ดข้าวทำให้ลดการสูญเสียวิตามินและมีวิตามินในเนื้อข้าวเพิ่มขึ้น

3.เก็บได้นานขึ้น โดยขั้นตอนการนึ่งต้องให้ความร้อนที่สูงทำให้จุลินทรีย์ถูกทำลาย นอกจากนี้ยังมีการควบคุมความชื้นในขั้นตอนการอบลดความชื้นด้วยทำให้สภาวะไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย

4.คุณภาพเชิงรูปร่างเป็นที่ดึงดูดใจ มีสีเหลืองอ่อน สามารถทนความร้อนในการหุงต้มได้สูงเมล็ดไม่เหนียวติดกัน

<u>ข้าวนึ่งคุณภาพดี</u> พิจารณาจากสิ่งต่างๆดังนี้[10]

สี	ควรเป็นสีเหลืองอ่อนหรือน้ำตาลอ่อน
กลิ่น	เมื่อหุงสุกแล้วควรมีกลิ่นน้อยที่สุด
คุณภาพการสี	สีได้เนื้อมีข้าวหักน้อย
ลักษณะเมล็ด	ใส ไม่มีท้องไข่ ขนาดเมล็ดเหมือนข้าวธรรมดา
ลักษณะข้าวสุก	เมื่อหุงสุกแล้วเมล็ดร่วนไม่ติดกัน

2.7 การบริโภคสารอาหารของคนใน 1 วัน

การดูแลสุขภาพทางโภชนาการ เป็นกระบวนการเพิ่มความสามารถในการเสริมสร้างสุขภาพในแต่ละบุคคล ให้สามารถดำรงชีวิตได้ดีขึ้น การบริโภคอาหารที่ถูกต้องตามสัดส่วน จะส่งผลต่อสุขภาพทั้งทางกายและสุขภาพจิต ดังนั้นควรพิจารณาคุณค่าของสารอาหารแต่ละประเภท เพื่อเลือกบริโภคอาหารที่มีสารอาหารที่ร่างกายต้องการในปริมาณที่เพียงพอที่ช่วยให้ร่างกายเติบโตสมวัยและมีสุขภาพร่างกายแข็งแรงต่อต้านโรคภัยไข้เจ็บได้ แต่ในปัจจุบัน การบริโภคอาหารของคนไทย ยังคงบริโภคอาหารไม่ถูกสุขลักษณะ เนื่องจากนิสัยการบริโภคอาหารตามความชอบในแต่ละบุคคล ทำให้ได้รับสารอาหารไม่เพียงพอในแต่ละวัน จึงจำเป็นต้องมีการบริโภคอาหารเสริมร่วมกับอาหารหลักเพื่อให้การบริโภคอาหารในแต่ละวันได้รับคุณประโยชน์สูงสุด

จากการวิจัยของกระทรวงสาธารณะสุข สามารถกำหนดปริมาณอาหารที่เหมาะสมและครอบคลุมกลุ่มคนไทยอายุ ตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป จนถึงผู้สูงอายุ โดยปริมาณสารอาหารที่ร่างกายควรจะได้รับในแต่ละวันได้มีดังนี้[12]

ระดับพลังงาน แตกต่างกันตามเพศ วัย และกิจกรรม

- พลังงาน 1600 กิโลแคลอรี – สำหรับเด็ก หญิงวัยทำงาน และผู้สูงอายุ
- พลังงาน 2000 กิโลแคลอรี – สำหรับวัยรุ่น ชายวัยทำงาน
- พลังงาน 2400 กิโลแคลอรี – สำหรับผู้ที่ใช้พลังงานมาก เช่น นักกีฬา เกษตรกร กรรมกร

เพื่อให้การบริโภคมีความเพียงพอและสุมดุลมากขึ้น ควรพิจารณาจากปริมาณอาหารในแต่ละกลุ่ม ดังนี้

1.<u>กลุ่มข้าว – แป้ง</u>

ควรบริโภคให้พอเหมาะกับความต้องการในแต่ละวัย ถ้าเป็นหญิงวัยทำงาน วัยทอง หรือสูงอายุ บริโภควันละ 8 ทัพพี ชายวัยทำงานบริโภควันละ 10 ทัพพี อาหารในกลุ่มนี้ประกอบด้วย ข้าว ก๋วยเตี๋ยว บะหมี่ ขนมจีน ขนมปัง และขนมที่มีแป้งเป็นส่วนประกอบ เช่น ขนมเค้ก ซาลาเปา บัวลอย ซ่าหริ่ม เป็นต้น

2.<u>กลุ่มผัก</u>

เป็นแหล่งของใยอาหาร ผู้ใหญ่ควรบริโภคผักวันละ 6 ทัพพี เด็กวันละ 4 ทัพพี (1 ทัพพีประมาณ 3-4 ช้อนกินข้าว) ซึ่งอาหารที่มีผักเป็นส่วนประกอบมีมากมาย ไม่ว่าจะเป็นแกงส้ม แกงเลียง แกงป่าหรืออาหารจานเดียว เช่น ขนมจีนน้ำพริก น้ำยา เป็นต้น

3.<u>กลุ่มผลไม้</u>

ควรบริโภคผลไม้ในระหว่างวันและหลังบริโภคอาหารทุกมื้อ ควรเลือกผลไม้อย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้ เช่น กล้วยน้ำว้า 1 ผล ส้มเขียวหวาน 1 ผลใหญ่ ฝรั่ง 1/2 ผล เงาะ 4 ผล ถ้าเป็นผลไม้ผลใหญ่ เช่น มะละกอ สับปะรด แตงโม ควรบริโภคประมาณ 6-8 คำ ปริมาณผลไม้มากน้อยขึ้นอยู่กับความต้องการพลังงาน ซึ่งในหนึ่งวัน ควรบริโภคผัก – ผลไม้ รวมกันไม่น้อยกว่า 1/2 กิโลกรัมจึงจะได้ใยอาหารเพียงพอ

4.<u>กลุ่มเนื้อสัตว์ ไข่ ถั่วเมล็ดแห้ง</u>

ควรเลือกบริโภคเนื้อสัตว์ขนาดเล็ก เช่น ปลา ไก่ เพราะมีไขมันต่ำ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากถั่วเหลือง เช่น เต้าหู้ชนิดต่าง ๆ เป็นต้น ปริมาณการบริโภคอาหารในกลุ่มนี้คือ 6-12 ช้อนกินข้าว ปริมาณอาหารที่เทียบเท่ากับเนื้อสัตว์ 1 ช้อนกินข้าว คือ เต้าหู้ขาวแข็ง 1/4 ก้อน เต้าหู้ขาวหลอด 1/2 หลอด ไข่ 1/2 ฟอง ปลาทู 1/2 ตัว เป็นต้น

5.<u>กลุ่มนม</u>

เด็กควรดื่มนมจืดวันละ 2-3 แก้ว ผู้ใหญ่ควรดื่มวันละ 1-2 แก้ว หรือดื่มนมถั่วเหลือง ซึ่งให้โปรตีนปริมาณใกล้เคียงกัน แต่ควรเพิ่มการบริโภคปลาเล็กปลาน้อยและ ผักใบเขียวเข้ม เพื่อให้ได้รับแร่ธาตุแคลเซียมเพียงพอนอกจากอาหารหลักแล้ว การเครื่องปรุงอาหารที่มีน้ำตาล เกลือและน้ำมันเป็นส่วนประกอบ ควรควบคุมเพื่อไม่ให้เกินปริมาณที่เหมาะสมดังแสดงในตารางที่2.8

- ปริมาณน้ำตาลต่อวัน ไม่ควรเกิน 4 ช้อนชาสำหรับเด็ก และ 6 ช้อนชาสำหรับผู้ใหญ่
- น้ำมันไม่เกิน 65 กรัมหรือไม่เกิน 16 ช้อนชา
- โซเดียม(ของที่ให้รสเค็ม) 2300 มิลลิกรัม (ประมาณ 1 ช้อนชา)

ตารางที่2.9 ปริมาณวิตามินและสารอาหารที่ร่างกายต้องการใน 1 วัน

สารอาหาร (Nutrient)	ปริมาณที่แนะนำต่อวัน (Thai RDI)	หน่วย (Unit)
ไขมันทั้งหมด (Total Fat)	65*	กรัม (g)
ไขมันอิ่มตัว (Saturated Fat)	20*	กรัม (g)
โคเลสเตอรอล (Cholesterol)	300	มิลลิกรัม (mg)
โปรตีน (Protein)	50*	กรัม (g)
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (TotalCarbohydrate)	300*	กรัม (g)
ใยอาหาร (Dictary Fiber)	25	กรัม (g)
วิตามินเอ (Vitamin A)	800	ไมโครกรัม อาร์ อี (mg RE)
วิตามินบี 1 (Thiamin)	1.5	มิลลิกรัม (mg)
วิตามินบี 2 (Riboflavin)	1.7	มิลลิกรัม (mg)
ไนอะซิน (Niacin)	20	มิลลิกรัม เอ็น อี (mg NE)
วิตามินบี 6 (Vitamin B6)	2	มิลลิกรัม (mg)
โฟเลต (Folate)	200	ไมโครกรัม (mg)
ไบโอติน (Biotin)	150	ไมโครกรัม (mg)
กรดแพนโทธินิค (Pantothenic Acid)	6	มิลลิกรัม (mg)
วิตามินบี 12 (Vitamin B12)	2	ไมโครกรัม (mg)
วิตามินซี (Vitamin C)	60	มิลลิกรัม (mg)
วิตามินดี (Vitamin D)	5	ไมโครกรัม (mg)
วิตามินอี (Vitamin E)	10	มิลลิกรัมแอลฟา-ที อี (mga -TE)
วิตามินเค (Vitamin K)	80	ไมโครกรัม (mg)
แคลเซียม (Calcium)	1000	มิลลิกรัม (mg)
ฟอสฟอรัส (Phosphorus)	800	มิลลิกรัม (mg)
เหล็ก (Iron)	15	มิลลิกรัม (mg)
ไอโอดีน (Iodine)	150	ไมโครกรัม (mg)
แมกนีเซียม (Magnesium)	350	มิลลิกรัม (mg)
สังกะสี (Zinc)	15	มิลลิกรัม (mg)
ทองแดง (Copper)	2	มิลลิกรัม (mg)

ที่มา: กรมอนามัย.(2532).

หมายเหตุ * คือ ปริมาณของไขมันทั้งหมด ไขมันอิ่มตัว โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต ที่แนะนำให้บริโภคต่อวัน จากการเปรียบเทียบพลังงานที่ควรได้จากสารอาหารดังกล่าวเป็นร้อยละ 30, 10, 10 และ 60 ตามลำดับของพลังงานทั้งหมด หากพลังงานทั้งหมดที่ควรได้รับต่อวันเป็น 2,000 กิโลแคลอรี (ไขมัน 1 กรัมให้พลังงาน 9 กิโลแคลอรี, โปรตีน 1 กรัมให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรี, คาร์โบไฮเดรต 1 กรัม ให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรี)

2.8 ไอโอดีน

ไอโอดีน เป็นแร่ธาตุที่สำคัญต่อร่างกาย ซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็นในการสร้างฮอร์โมนไทรอกซิน ในต่อมไทรอยด์ ซึ่งทำหน้าที่เสริมสร้างและควบคุมการเจริญเติบโตของระบบประสาท สมอง และเนื้อเยื่อของร่างกาย ต่อมไทรอยด์ เป็นต่อมไร้ท่อ โดยอาศัยแร่ธาตุไอโอดีนในการทำงานอย่างน้อย 50 ไมโครกรัมต่อวัน ในการสร้างไทรอยด์ฮอร์โมน ถ้าร่างกายได้รับไอโอดีนไม่เพียงพอจะส่งผลเสียต่อร่างกายทำให้สมองทำงานช้าลง เชื่องช้า ง่วงซึม น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น หนาวง่าย ปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ และทำให้ต่อมไทรอยด์โตขึ้นจนกลายเป็นโรคคอพอก ดังนั้นวิธีการป้องกันเพื่อไม่ให้ขาดสารไอโอดีนต้องได้รับไอโอดีนที่เพียงพอต่อวัน ซึ่งอยู่ระหว่าง 100-150 ไมโครกรัมต่อวัน สำหรับหญิงที่อยู่ในช่วงตั้งครรภ์ต้องการอย่างน้อย 200 ไมโครกรัม เนื่องจากมีการขับออกทางปัสสาวะเพิ่มขึ้น และให้ลูกใช้ในการสร้างไทรอยด์ฮอร์โมน การกำหนดความรุนแรงของภาวะขาดการไอโอดีน ผู้ที่ขาดเพียงเล็กน้อยจะมีไอโอดีนอยู่ระหว่าง 50-100 ไมโครกรัมต่อวัน ผู้ที่มีไอโอดีนปานกลางอยู่ระหว่าง 25-50 ไมโครกรัม และผู้ที่ขาดขั้นรุนแรงเมื่อมีไอโอดีนน้อยกว่า 25 ไมโครกรัมต่อวัน ซึ่งกรมอนามัย กระทรวงสาธารณะสุขของไทย เป็นผู้สำรวจและวิจัยในเรื่องนี้เมื่อ ปีพุทธศักราช 2552 และในปัจจุบันได้มีการรณรงค์ให้ประชาชนในประเทศหันมาใส่ใจในเรื่องสุขภาพเพิ่มมากขึ้น เพื่อลดจำนวนของผู้ที่ขาดสารอาหารในประเทศลง[13]

2.9 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.9.1ความชื้นฐานเปียก (Wet basis)

เป็นตัวบอกปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในวัสดุเมื่อเทียบกับมวลของวัสดุเปียก

สมการ %Mw.b = (w-d)*100/w ....(2.1)

W = น้ำหนักของวัสดุเปียก

d = น้ำหนักของวัสดุแห้งที่ไม่มีความชื้นอยู่เลย

2.9.2.เปอร์เซ็นต์การแตกหักของข้าวกล้อง

สมการ %การแตกหัก = (น้ำหนักเมล็ดข้าวหัก/น้ำหนักเมล็ดทั้งหมด)*100 ....(2.2)

2.9.3ปริมาณเถ้า(g Ash/g dry material)

เถ้าคือสารอนินทรีย์ที่เหลืออยู่จากการที่วัสดุถูกให้ความร้อนตั้งแต่ช่วง 550-980 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงในเตาเผาอุณหภูมิสูง

สมการ ปริมาณเถ้า = (น้ำหนักเถ้า/น้ำหนักแห้ง) ....(2.3)

โดยที่ น้ำหนักแห้ง = (1-ปริมาณความชื้น/100)*น้ำหนักเปียก ....(2.4)

บทที่ 3

อุปกรณ์และการดำเนินการทดลอง

การศึกษาครั้งนี้เป็นการทดลองการผลิตข้าวเสริมไอโอดีนด้วยกรรมวิธีการทำข้าวนึ่ง โดยได้ทำการควบคุมอุณหภูมิในการแช่ 70 องศาเซลเซียส ที่ระดับระยะเวลาแตกต่างกัน 4 ระดับคือ 2, 3, 4และ 5 ชั่วโมง และควบคุมอุณหภูมิในการนึ่ง 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 นาที จากนั้นจึงนำมาผ่านกระบวนการลดความชื้นเพื่อหาระยะเวลาในการแช่ที่ได้ปริมาณเถ้าสูงสุด เปอร์เซ็นต์การแตกหักน้อยที่สุดและความเข้มข้นของไอโอดีนในเมล็ดข้าวที่เหมาะสม

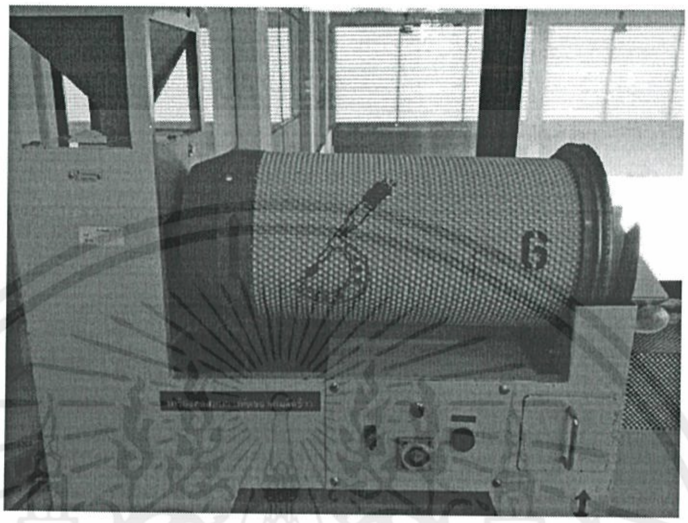
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินการทดลอง

3.1.1 เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล

ใช้ในการชั่งน้ำหนักวัสดุต่างๆเป็นแบบทศนิยม 4 ตำแหน่ง เครื่องชั่งมีการจำกัดน้ำหนักวัสดุไม่เกิน 210 กรัม

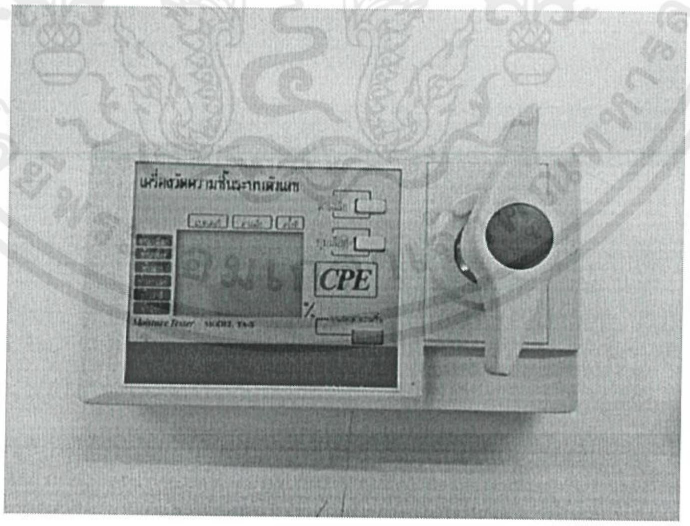
ภาพที่3.1 เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล แบบทศนิยม 4 ตำแหน่ง

3.1.2 เครื่องทดสอบการคัดขนาดเมล็ดข้าว SATAKE รุ่น TWSB
สำหรับคัดแยกข้าวกล้องหรือข้าวที่ผ่านกระบวนการกะเทาะเปลือกและยังสามารถแยกข้าวเต็มเมล็ดออกจากข้าวหัก หลังจากกะเทาะเปลือกและหลังการขัดขาวเพราะใช้เกณฑ์ในการคัดขนาดตามความยาวของเมล็ดข้าว



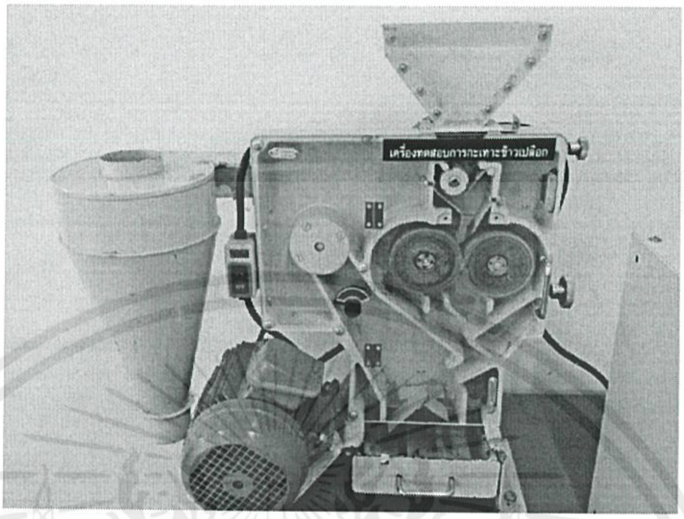
ภาพที่3.2 เครื่องทดสอบการคัดขนาดเมล็ดข้าว SATAKE รุ่น TWSB

3.1.3 เครื่องวัดความชื้น MOISTURE METER TA-5
ใช้ในการวัดเปอร์เซ็นต์ความชื้น สามารถวัดได้ทั้งข้าวเปลือกและข้าวกล้อง



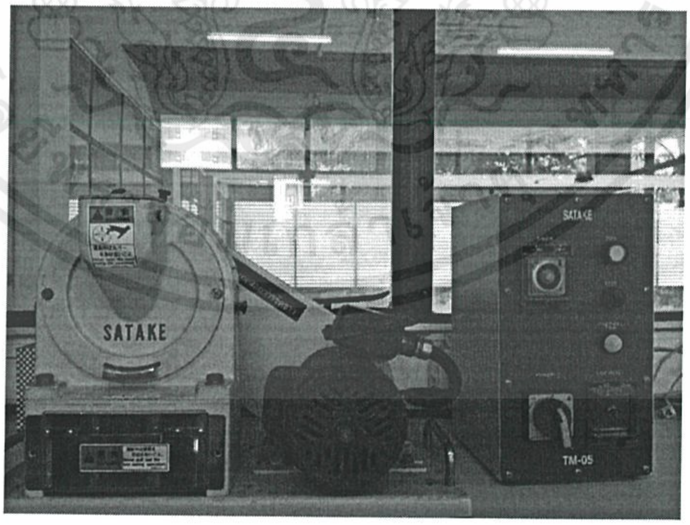
ภาพที่3.3 เครื่องวัดความชื้น MOISTURE METER TA-5

3.1.4 เครื่องกะเทาะเปลือก SATAKE HUSK TESTER รุ่น THU
ใช้ในการกะเทาะเปลือกข้าวเปลือกให้เป็นข้าวกล้อง ก่อนนำไปขัดขาว



ภาพที่3.4 เครื่องกะเทาะเปลือก SATAKE HUSK TESTER รุ่น THU

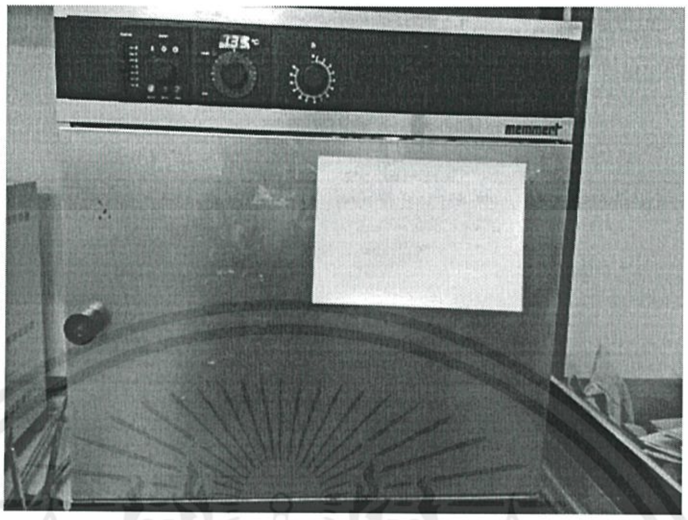
3.1.5 เครื่องทดสอบการขัดขาว SATAKE รุ่น TM05
ใช้ในการขัดขาวข้าวกล้องที่ปริมาณวัสดุต่างๆ เครื่องทดสอบขัดขาว SATAKE รุ่น TM05 เป็นเครื่องทดสอบขนาดเล็กจึงมีปริมาณจำกัดในการขัดขาวไม่เกิน 200 กรัม



ภาพที่3.5 เครื่องทดสอบการขัดขาว SATAKE รุ่น TM05

3.1.6 ตู้อบลมร้อน

ใช้ในการอบลดความชื้นข้าวนึ่งให้อยู่ในระดับความชื้นที่เหมาะสม



ภาพที่3.6 ตู้อบลมร้อน

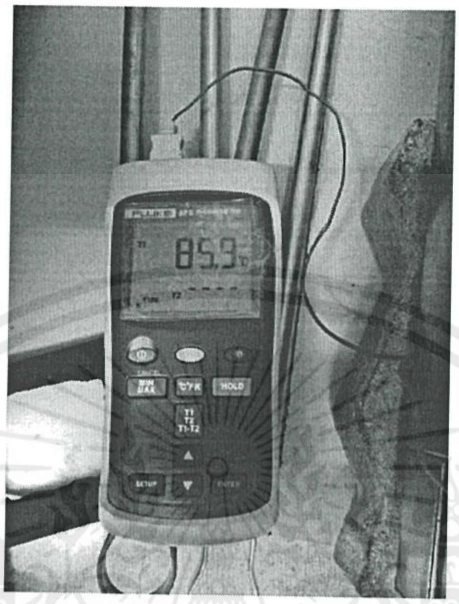
3.1.7 อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath)

ใช้ในการแช่ข้าวในอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม เพื่อทำให้เกิดการแพร่จากน้ำและเปลือกข้าวเข้าสู่เมล็ดข้าว

ภาพที่3.7 อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath)

3.1.8 THERMOCOUPLE

ใช้ในการวัดอุณหภูมิที่แน่นอนภายในตู้อบลมร้อนและ Water Bath โดยระบบดิจิตอล



ภาพที่3.8 THERMOCOUPLE

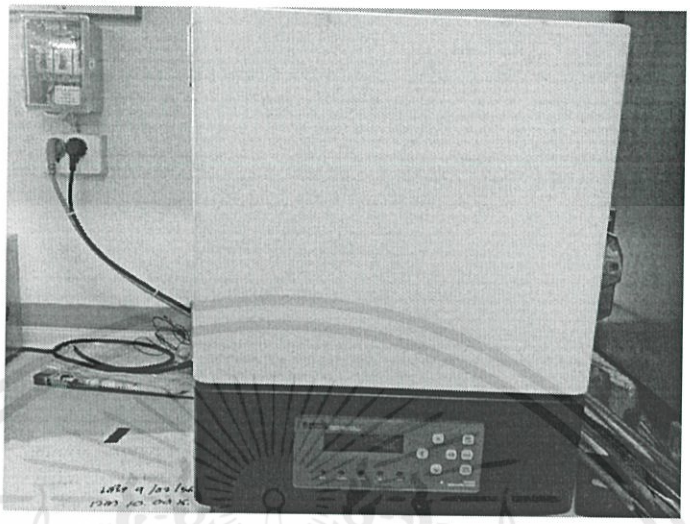
3.1.9 โถดูดความชื้น (Desiccator)

ใช้ในการลดความร้อนและความชื้นของข้าวหลังทำการออกซิเดชั่นในเตาเผาอุณหภูมิสูง

ภาพที่3.9 โถดูดความชื้น (Desiccator)

3.1.10 เตาเผาอุณหภูมิสูง (Furnace)

ใช้ในกระบวนการออกซิเดชั่นทำเพื่อเอาสารอาหารออกเพื่อทำให้เหลือแต่แร่ธาตุ



ภาพที่3.10 เตาเผาอุณหภูมิ (Furnace)

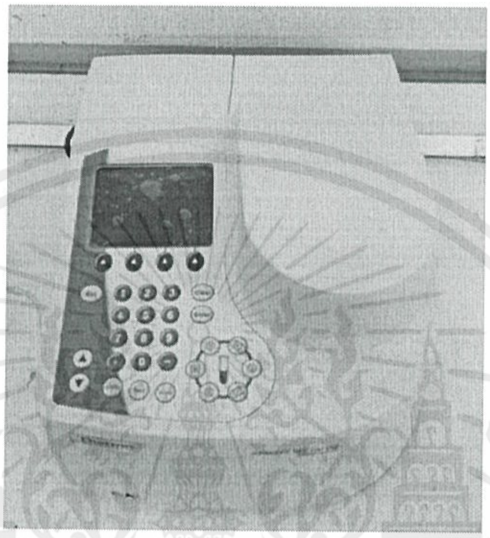
3.1.11 เครื่องปั่นแยกสาร (Spectrafuge)

ใช้ในการแยกแยกตะกอนออกจากสารละลาย

ภาพที่3.11 เครื่องปั่นแยกสาร (Spectrafuge)

3.1.12 UV-Vis Spectrophotometer

ใช้ในการตรวจสอบความเข้มข้นไอโอดีนในเมล็ดข้าว โดยใช้การตรวจวัดปริมาณแสงและค่า Intensity ในช่วงรังสี UV และช่วงแสงขาวที่ทะลุผ่านหรือดูดกลืนโดย ตัวอย่างที่วางอยู่ในเครื่องมือ โดยที่ความยาวคลื่นแสง จะมีความสัมพันธ์กับปริมาณและชนิดของสารที่อยู่ในตัวอย่าง



ภาพที่3.12 UV-Vis Spectrophotometer

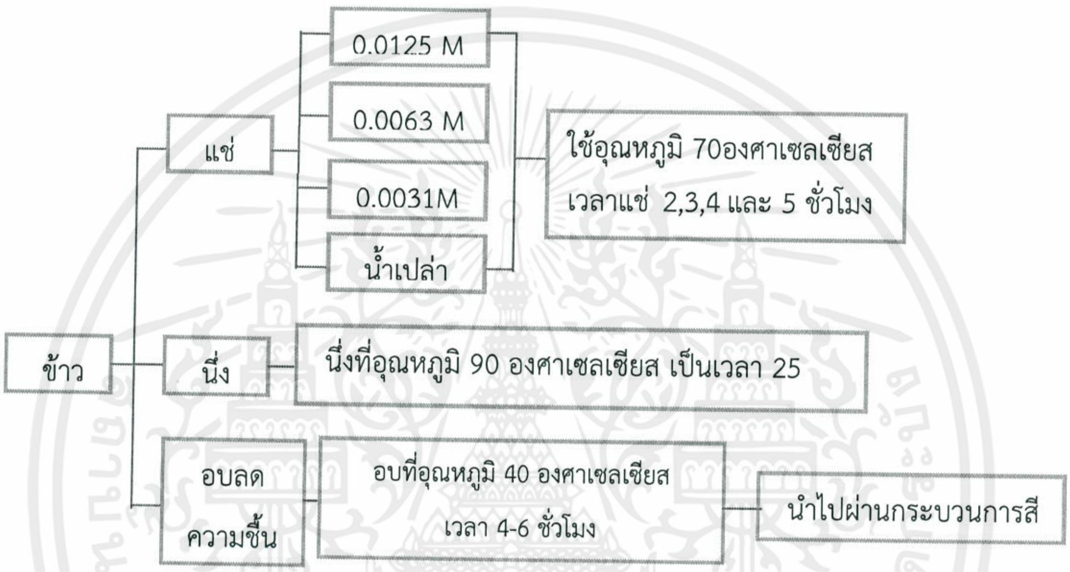
3.1.13 X-Ray Fluorescence Spectrometer

เป็นเครื่องมือวิเคราะห์หาปริมารธาตุได้ทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ ตั้งแต่ธาตุแบเรียมจนถึงธาตุยูเรเนียม โดยใช้หลักการทำงานแบบ Wavelength Dispersive X-ray Fluorescence

ภาพที่3.13 X-Ray Fluorescence Spectrometer

3.2 การดำเนินการทดลอง

การเพิ่มสารอาหารในเมล็ดข้าวทำได้โดยการประยุกต์หลักการของการทำข้าวนึ่ง โดยการทำข้าวนึ่งคือการนำข้าวเปลือกมาผ่านการแช่น้ำและอบลดความชื้นด้วยความร้อนก่อนนำเข้ากระบวนการสี กรรมวิธีการทำข้าวนึ่งมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเพิ่มปริมาณข้าวต้น นอกจากนี้ยังช่วยลดการสูญเสียแร่ธาตุอาหารในบางส่วนของเมล็ดข้าวระหว่างการสี การผลิตข้าวนึ่งประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอนหลัก ดังแสดงในภาพที่3.14



ภาพที่3.14 การผลิตข้าวเสริมไอโอดีนโดยวิธีการทำข้าวนึ่ง

3.2.1 การแช่

ทำการชั่งข้าวเปลือกใส่ในกระป๋องทดลอง กระป๋องล่ะ 120 กรัม จากนั้นนำสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ความเข้มข้น 0.0125 M. มาชั่งปริมาณ 100 กรัม แล้วนำไปแช่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิโดยทำการตั้งค่าอุณหภูมิไว้ที่ 70 องศาเซลเซียส และแช่ไว้เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ดังแสดงในภาพที่3.15

ภาพที่3.15 ข้าวเปลือกแช่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ

3.2.2 การนึ่ง

นำกระป๋องข้าวเปลือกที่ปิดฝาด้วยฟอยล์ห่ออาหารใส่ลงในอ่างควบคุมอุณหภูมิอีกครั้ง เพื่อทำการนึ่งข้าวเปลือกด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 นาที ดังแสดงในภาพที่3.16

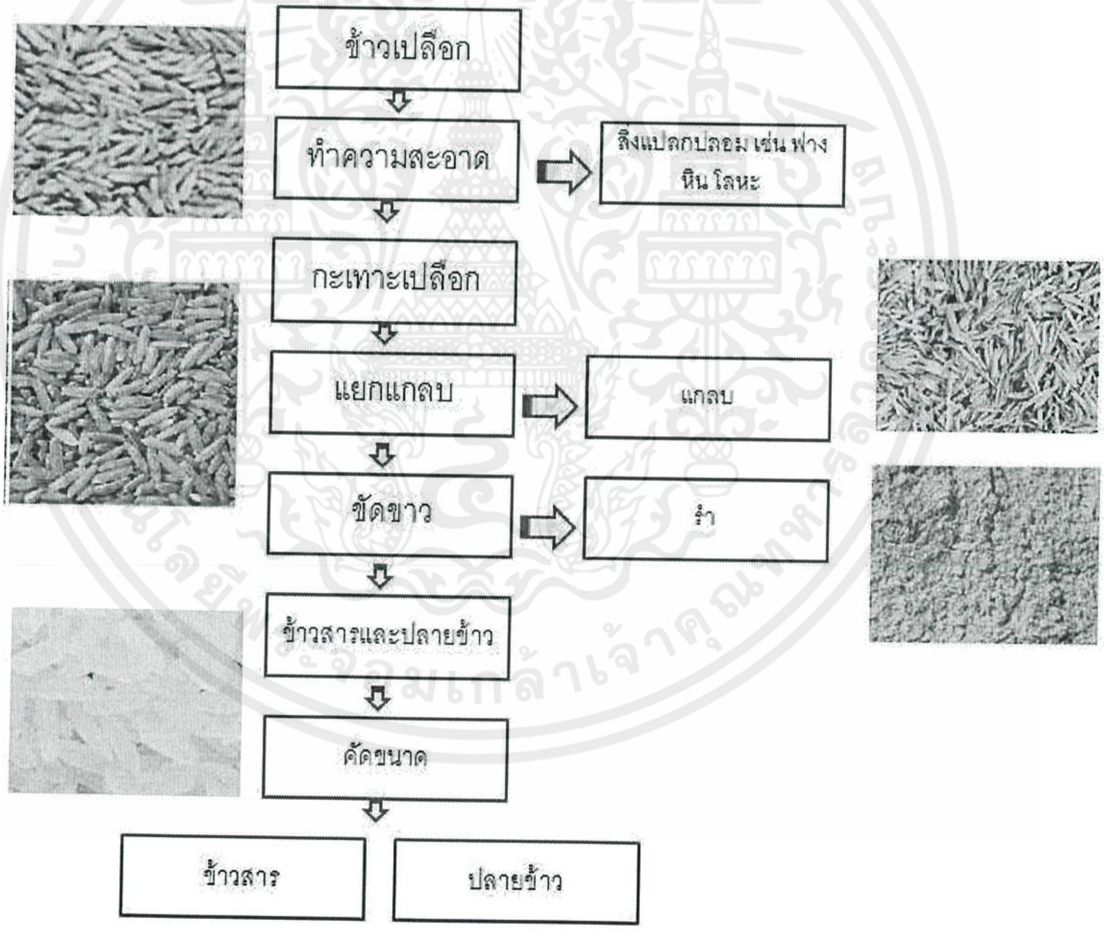
ภาพที่3.16 ข้าวเปลือกนึ่งในอ่างควบคุมอุณหภูมิ

3.2.3 การอบลดความชื้น

จากภาพที่3.7 เทข้าวเปลือกในกระป๋องใส่ถาด เพื่อนำข้าวเปลือกที่ผ่านการนึ่งแล้วไปอบลดความชื้นในตู้เอาลมร้อนที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งใช้เวลาประมาณ 6-8 ชั่วโมง จนมีความชื้นประมาณ 14-16 % ซึ่งเป็นความชื้นที่เหมาะสมในการเข้ากระบวนการสีในขั้นถัดไป

3.3 กระบวนการสีข้าว

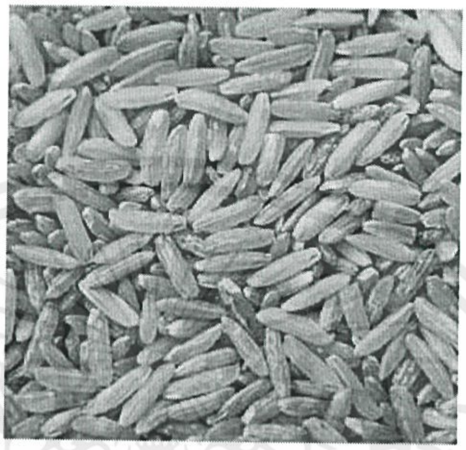
กระบวนการสีข้าว เป็นขั้นตอนการกระเทาะเปลือกของข้าวเปลือกให้ได้ข้าวกล้อง หลังจากนั้นเมื่อนำข้าวกล้องไปผ่านการขัดขาวจะได้ข้าวสารที่เหมาะสมกับการนำไปรับประทาน โดยมีขั้นตอนดังแสดงในรูปที่3.17



ภาพที่3.17 กระบวนการสีข้าว

3.3.1 การกระเทาะเปลือก

นำข้าวนึ่งที่อบลดความชื้นไปผ่านกระบวนการสีข้าว โดยใช้เครื่องกะเทาะเปลือกที่มีระยะห่างของลูกล้อที่กะเทาะเปลือกประมาณ 1 มิลลิเมตร ซึ่งจะได้ข้าวกล้อง ดังแสดงในภาพที่3.18



ภาพที่3.18 ข้าวกล้อง

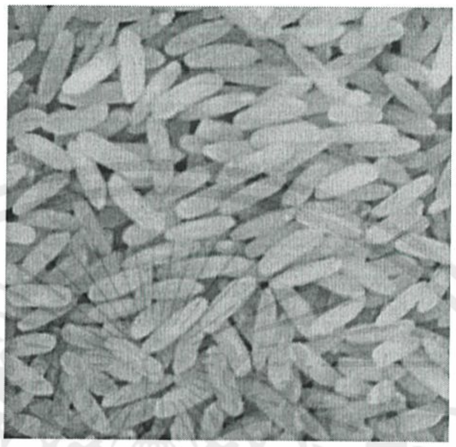
3.3.2 การขัดขาว

นำข้าวกล้อง 150 กรัม มาขัดขาวโดยเครื่องขัดขาวเป็นเวลา 90 วินาที เพื่อทำให้ได้ข้าวสารดังแสดงในภาพที่ 3.19

ภาพที่3.19 ข้าวสาร

3.3.3 การคัดขนาดข้าว

นำข้าวสารที่ได้ไปคัดขนาดด้วยเครื่องคัดขนาดเมล็ดข้าวเบอร์ 6 แล้วนำข้าวที่คัดขนาดแล้วมาชั่งน้ำหนักข้าวเต็มเมล็ดและข้าวหัก



(ก)

(ข)

ภาพที่3.20 (ก) ข้าวเต็มเมล็ด, (ข) ข้าวหัก

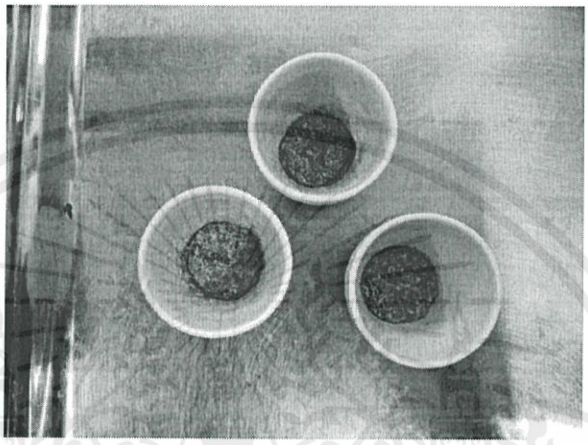
3.4 การตรวจสอบ

ในการศึกษาได้ทำการตรวจสอบหาปริมาณสารไอโอดีนในเมล็ดข้าวนึ่ง 3 วิธีด้วยกัน คือ 1. การตรวจสอบโดยการใช้ปริมาณเถ้า 2.การตรวจสอบโดยใช้ UV-Vis Spectrophotometer 3.การตรวจสอบโดยใช้ X-Ray Fluorescence Spectrometer และได้ตรวจสอบปริมาณการแตกหักของเมล็ดข้าวนึ่งเสริมไอโอดีน ดังแสดงในภาพที่3.21

ภาพที่3.21 วิธีการตรวจสอบไอโอดีน

3.4.1 ปริมาณเถ้าแห้ง

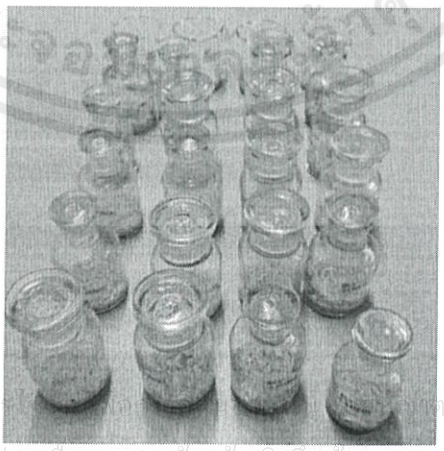
นำตัวอย่างข้าวขาวบางส่วนมาชั่งจำนวน 10 กรัม ตามเวลาแต่ละการแช่ เพื่อไปผ่านกระบวนการเผาด้วยเครื่อง Furnace ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาใส่โถดูดความชื้นแล้วนำมาชั่งน้ำหนักปริมาณเถ้าแห้งและบันทึกค่า ดังแสดงภาพที่3.22



ภาพที่3.22 ปริมาณเถ้าแห้ง

3.4.2 UV-Vis Spectrophotometer

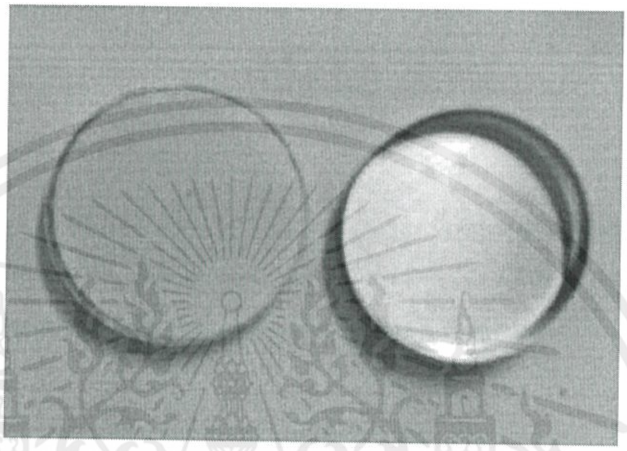
นำตัวอย่างข้าวสาร 10 กรัมแช่ในน้ำเปล่าเป็นเวลา 3 4 และ 5 ชั่วโมง หลังจากนั้นดูดน้ำข้าวออกเพื่อน้ำมาปั่นโดยใช้เครื่องปั่นแยกสาร จะได้น้ำข้าวที่ใสแล้วจึงนำมาผสมกับกรดไฮโดรคลอริกในอัตราส่วน 2.7:1.7แล้วนำเข้าเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 351 นาโนเมตร เพื่อหาความเข้มข้นของไอโอดีนในเมล็ดข้าว ดังแสดงในภาพที่3.23



ภาพที่3.23 ข้าวสารแช่น้ำเพื่อหาความเข้มข้นไอโอดีน

3.4.3 X-Ray Fluorescence Spectrometer

ทำการบดข้าวสารให้ละเอียดจำนวน 8 กรัม หลังจากนั้นนำผงข้าวดังกล่าวผสมกับขี้ผึ้ง 1 กรัมเพื่อทำการอัดก่อนที่จะนำเข้าเครื่อง X-Ray Fluorescence Spectrometer เพื่อหาปริมาณความเข้มข้นของไอโอดีน ดังแสดงในภาพที่3.24



ภาพที่3.24 ตัวอย่างข้าวที่ใช้ในการตรวจสอบด้วยX-Ray Fluorescence Spectrometer

3.4.4 ปริมาณการแตกหักของเมล็ดข้าวนึ่งเสริมไอโอดีน

หลังจากข้าวผ่านกระบวนการสีข้าวจะผ่านการคัดขนาดด้วยเครื่องคัดขนาดเบอร์ 6 เพื่อแยกข้าวหักกับข้าวเต็มเมล็ดออกจากกันหลังจากนั้นจะทำการชั่งน้ำหนักข้าวเต็มเมล็ดและข้าวหักพร้อมทั้งจดบันทึกค่า เพื่อนำมาคิดหาเปอร์เซ็นต์การแตกหัก

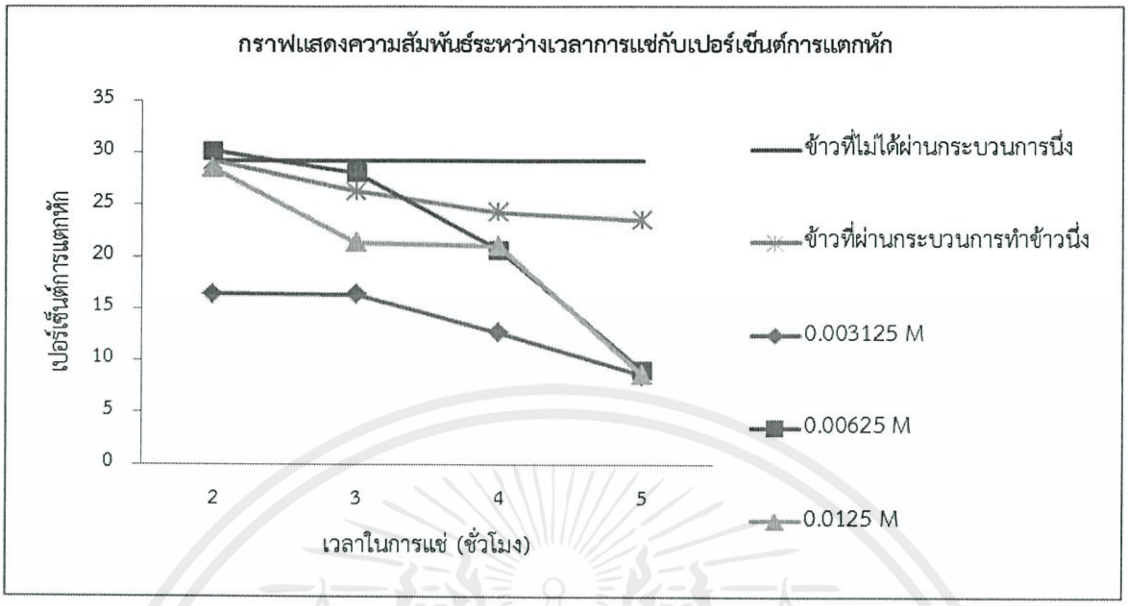
บทที่ 4

ผลการดำเนินการทดลองและอภิปราย

จากการทดลองนี้มีจุดประสงค์เพื่อเพิ่มสารไอโอดีนในเมล็ดข้าวด้วยกรรมวิธีการทำข้าวนึ่ง ซึ่งไอโอดีนถือเป็นแร่ธาตุที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งในร่างกายที่จะต้องควบคุมให้มีปริมาณที่เหมาะสม จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ โดยทางเราเลือกที่จะเสริมไอโอดีนในเมล็ดข้าวด้วยกรรมวิธีการทำข้าวนึ่งเนื่องจากข้าวเป็นอาหารหลักที่มีการบริโภคเกือบครึ่งหนึ่งของโลกและกรรมวิธีการทำข้าวนึ่งนอกจากจะช่วยลดการสูญเสียแร่ธาตุแล้ว ยังคงลดเปอร์เซ็นต์การแตกหักของเมล็ดข้าวอีกด้วย โดยได้แบ่งงานวิจัยนี้ออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ การศึกษาระยะเวลาในการแช่ที่ทำให้ได้ปริมาณเถ้าสูงที่สุด การศึกษาระยะเวลาในการแช่ที่ทำให้เปอร์เซ็นต์การแตกหักน้อยที่สุดและศึกษาความเข้มข้นของไอโอดีนในเมล็ดข้าว โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ผลของเวลาในการแช่ข้าวเปลือกต่อเปอร์เซ็นต์การแตกหัก

จากกราฟที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าที่เวลาในการแช่ 5 ชั่วโมง การแตกหักของข้าวเสริมไอโอดีนที่ใส่สารละลายโพแทสเซียมความเข้มข้น 0.0031 ,0.0062 ,0.0125 M น้อยที่สุด โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์การแตกหัก 8.51% , 8.99% , 8.56% ตามลำดับ ในขณะที่ข้าวที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการนึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์การแตกหัก 28.97% ทั้งนี้เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการแตกหักของเมล็ดข้าวที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการนึ่ง และผ่านกระบวนการนึ่งพบว่า ข้าวที่ผ่านกระบวนการนึ่งที่เวลาในการแช่ข้าวนานกว่า 3 ชั่วโมงมีค่าเปอร์เซ็นต์การแตกหักลดลงอย่างมาก ทั้งนี้เกิดจากกระบวนการทำข้าวนึ่งเป็นขั้นตอนที่ทำให้เมล็ดข้าวสุกบางส่วนจนทำให้ส่วนที่เกิดการแตกหักหรือร้าว ประสานกันเป็นเนื้อเดียวได้ และเมื่อนำความชื้นออกจากเมล็ดข้าวแล้วรอยร้าวและการแตกหักภายในเมล็ดก็หมดไป เมื่อพิจารณาในส่วนของการใส่สาร KI ในระหว่างการแช่พบว่าข้าวมีเปอร์เซ็นต์การแตกหักลดลงจากการไม่ใส่สาร KI อย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะเมื่อใส่สาร KI ในปริมาณ 0.003125 M แต่เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบในกรณีที่ประมาณความเข้มข้นของสาร KI แตกต่างกันพบว่าเมื่อใส่สาร KI ที่ความเข้มข้นมากขึ้นส่งผลให้ปริมาณการแตกหักมีค่าสูงกว่าการใส่สาร KI ที่ความเข้มข้นต่ำกว่า ทั้งนี้อาจเกิดจากการที่สาร KI ทำให้เกิดการประสานตัวของข้าวได้อย่างดีโดยเพิ่มความแกร่งของเมล็ดข้าวทำให้ทนต่อแรงกดดันเนื่องจากกระบวนการสีข้าวได้ แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ KI แล้วทำให้คุณสมบัติของเมล็ดข้าวมีความแข็งมากขึ้นแต่ก็เปราะง่าย จึงทำให้มีปริมาณการแตกหักที่สูงกว่า



กราฟที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการแช่กับเปอร์เซ็นต์การแตกหัก

ตารางที่4.1 เปอร์เซ็นต์การแตกหักของข้าวในแต่ละความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ต่อเวลาในการแช่ข้าว

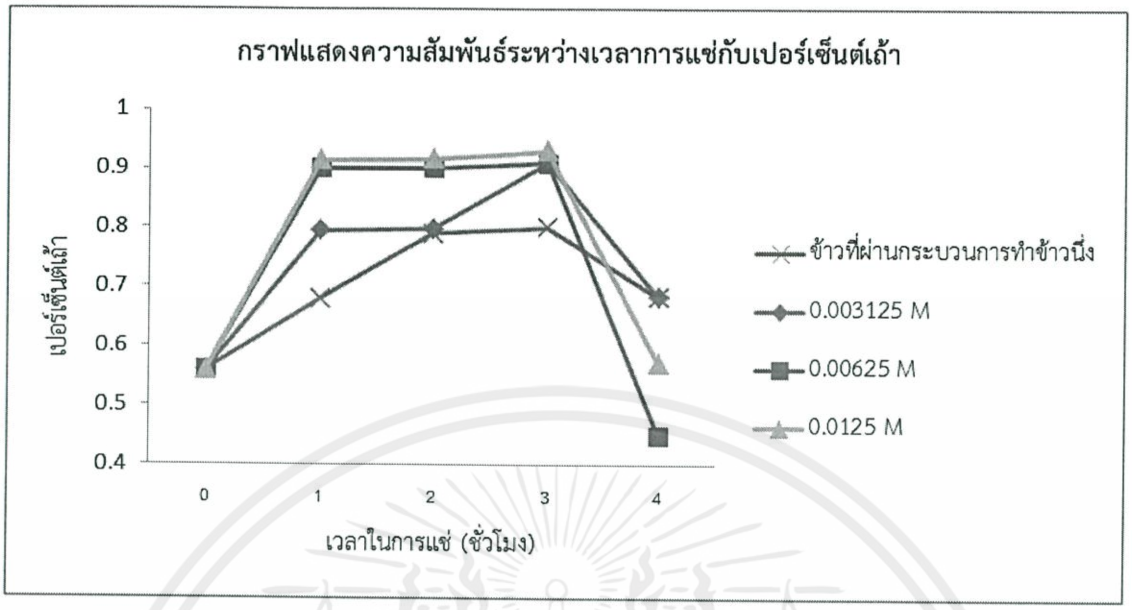
ข้าวไม่ผ่านกระบวนการทำข้าวนึ่ง			
เวลาแช่(ชม.)	เปอร์เซ็นต์แตกหักหลังการขัดสี		
0	29.19		
ข้าวที่ผ่านกระบวนการทำข้าวนึ่ง		**ความเข้มข้น 0.0063**	
เวลาแช่(ชม.)	เปอร์เซ็นต์แตกหัก	เวลาแช่(ชม.)	เปอร์เซ็นต์แตกหัก
2	29.19	2	30.15
3	26.23	3	28.01
4	24.23	4	20.63
5	23.49	5	8.99

ตารางที่4.1 เปอร์เซ็นต์การแตกหักของข้าวในแต่ละความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ต่อเวลาในการแช่ข้าว(ต่อ)

ความเข้มข้น 0.0031		**ความเข้มข้น 0.0125**	
เวลาแช่(ชม.)	เปอร์เซ็นต์แตกหัก	เวลาแช่(ชม.)	เปอร์เซ็นต์แตกหัก
2	16.4	2	28.45
3	16.33	3	21.33
4	12.71	4	21
5	8.51	5	8.56

4.2 ผลปริมาณเถ้า

จากกราฟที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าที่เวลาในการแช่ 3 ชั่วโมง เปอร์เซ็นต์เถ้าของข้าวเสริมไอโอดีนที่ใส่สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ความเข้มข้น 0.0031 ,0.0063 ,0.0125 M มีค่าสูงสุด 0.93% ,0.91% ,0.91% ตามลำดับ หลังจากนั้นปริมาณเถ้าจะลดลงเนื่องจากสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์เคลื่อนที่เข้าสู่เมล็ดข้าวจนกระทั่งเข้าสู่สมดุล ในขณะที่ข้าวที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการนึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์ 0.56% ทั้งนี้เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบข้าวที่ผ่านกระบวนการทำข้าวนึ่งและข้าวที่ผ่านกระบวนการเสริมไอโอดีนพบว่า ข้าวที่ผ่านการเสริมไอโอดีนมีปริมาณเถ้าสูงกว่าข้าวที่ผ่านกระบวนการทำข้าวนึ่งอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากการแช่ข้าวเปลือกในสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์มีแร่ธาตุเข้าไปในเมล็ดข้าวสูงกว่าข้าวที่ผ่านกระบวนการทำข้าวนึ่งดังแสดงในตารางที่4.3 และเมื่อพิจารณาเวลาในการแช่ข้าวพบว่าเมื่อแช่ข้าวนานกว่า 3 ชั่วโมงจะทำให้มีปริมาณเถ้าลดลง เนื่องความดันของน้ำที่แตกต่างกันระหว่างภายนอกและภายในของเมล็ดข้าว ทำให้สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์สามารถแพร่เข้าไปในเนื้อข้าวจนกระทั่ง เข้าสู่จุดสมดุลย์ ซึ่งคือจุดที่ความแตกต่างของแรงดันของไอน้ำมีค่าเท่ากับศูนย์ และจุดที่ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ภายในและภายนอกเมล็ดมีค่าเท่ากัน แต่ที่สภาวะสมดุลย์สารอาหารที่อยู่ภายในเนื้อข้าวก็สามารถเคลื่อนที่ออกมาภายนอกได้โดยกระบวนการแพร่ได้เช่นกัน ทำให้เมื่อแช่ข้าวนานเกินสภาวะสมดุลปริมาณเถ้าลดลง



กราฟที่4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการแช่กับเปอร์เซ็นต์เถ้า

ตารางที่4.2 เปอร์เซ็นต์ปริมาณเถ้าของข้าวในแต่ละความเข้มข้น

ข้าวไม่ผ่านกระบวนการทำข้าวนึ่ง			
เวลาแช่ (ชม.)	เปอร์เซ็นต์เถ้า		
0	0.56		
ข้าวที่ผ่านกระบวนการทำข้าวนึ่ง		**ความเข้มข้น 0.0063**	
เวลาแช่ (ชม.)	เปอร์เซ็นต์เถ้า	เวลาแช่ (ชม.)	เปอร์เซ็นต์เถ้า
1	0.68	1	0.90
2	0.79	2	0.90
3	0.80	3	0.91
4	0.68	4	0.45

ตารางที่4.2 เปอร์เซ็นต์ปริมาณเถ้าของข้าวในแต่ละความเข้มข้น(ต่อ)

ความเข้มข้น 0.0031		**ความเข้มข้น 0.0125**	
เวลาแช่ (ชม.)	เปอร์เซ็นต์เถ้า	เวลาแช่ (ชม.)	เปอร์เซ็นต์เถ้า
1	0.79	1	0.91
2	0.80	2	0.92
3	0.91	3	0.93
4	0.68	4	0.57

4.3 ผลการตรวจความเข้มข้นของไอโอดีนด้วย UV-Vis Spectrophotometer และ X-Ray Fluorescence Spectrometer

4.3.1 UV-Vis Spectrophotometer

จากการศึกษาทดลองการแช่ข้าวที่ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ที่แตกต่างกันพบว่า เมื่อนำข้าวสารที่ผ่านกระบวนการเสริมไอโอดีน มาทำการแช่ด้วยน้ำเปล่าที่เวลา 3 4 และ 5ชั่วโมง และนำน้ำที่ผ่านการแช่ไปผสมกับสารละลายกรด HCLในอัตราส่วน 2.7:1.7 แล้วนำไปทดสอบหาปริมาณไอโอดีนโดยใช้เทคนิค UV-Vis spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 351 นาโนเมตร พบว่าค่าที่ออกมามีความแปรปรวนอย่างมาก และที่ความยาวคลื่นดังกล่าวสามารถตรวจสอบแร่ธาตุอื่นที่อยู่ในเมล็ดข้าวได้เช่นกัน เนื่องจากแร่ธาตุอื่นที่อยู่ในเมล็ดข้าวมีปริมาณมากกว่าไอโอดีนที่เสริมเข้าไป เพราะว่าไอโอดีนอาจเกิดการสูญเสียไปในระหว่างกระบวนการทางความร้อน และเนื่องจากไอโอดีนต้องการปริมาณความร้อนไม่มากนักเพื่อเปลี่ยนสถานะเป็นไอ

4.3.2 X-Ray Fluorescence Spectrometer

สำหรับการตรวจสอบความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียสไอโอไดด์ที่แตกต่างกัน 5 ตัวอย่างคือ ตัวอย่างที่1 ข้าวที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการใดๆ ตัวอย่างที่2 ข้าวที่ผ่านกระบวนการทำข้าวนึ่ง ตัวอย่างที่3 ข้าวที่ผ่านการเสริมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ 0.0031 M ตัวอย่างที่4

ข้าวที่ผ่านการเสริมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ 0.0063 M ตัวอย่างที่5 ข้าวที่ผ่านการเสริมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ 0.0125 M ข้าวที่พบว่าเมื่อนำข้าวสารมาบดละเอียดจำนวน 8 กรัม แล้วนำมาผสมขี้ผึ้ง 1 กรัม เพื่อนำมาอัดขึ้นรูปในถ้วยดังรูปภาพที่3.23 แล้วนำเข้าเครื่อง X-Ray Fluorescence Spectrometer ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ผลเชิงปริมาณพบว่าในข้าวที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการใดๆและข้าวที่ผ่านกระบวนการทำนึ่งไม่สามารถตรวจสอบปริมาณไอโอดีนในเมล็ดข้าวได้เนื่องจากมีปริมาณไอโอดีนในเมล็ดข้าวมีน้อยมาก และในข้าวที่ผ่านการเสริมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ 0.0031 M และข้าวที่ผ่านการเสริมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ 0.0063 M มีค่า 53%wt (%wt คือ ร้อยละโดยมวล) และในข้าวผลที่ผ่านการเสริมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ 0.0125 M มีค่า 0%wt จึงไม่สามารถสรุปได้ว่ามีปริมาณไอโอดีนในเมล็ดข้าวจำนวนเท่าไรแสดงในตารางที่4.3

ตารางที่4.3 ผลความเข้มข้นของไอโอดีนที่ตรวจสอบด้วยเครื่อง X-Ray Fluorescence Spectrometer

ข้าวที่ไม่ผ่านกระบวนการใดๆ		ข้าวที่ผ่านกระบวนการทำข้าวนึ่ง	
Formula	Concentration (%wt)	Formula	Concentration (%wt)
K	39.30	K	47.50
P	22.50	P	19.30
S	10.10	S	10.10
Mg	6.08	Mg	4.44
Si	5.77	Ca	4.35
Ca	0.05	Si	4.01
Cl	3.75	Cl	3.70
Fe	3.15	Fe	2.57
Al	2.24	Zn	1.27
Zn	1.18	Al	0.99
I	0 < LLD	I	0 < LLD

ตารางที่4.3 ผลความเข้มข้นของไอโอดีนที่ตรวจสอบด้วยเครื่อง X-Ray Fluorescence Spectrometer (ต่อ)

ข้าวที่ผ่านการเสริม KI 0.0031 M		ข้าวที่ผ่านการเสริม KI 0.0063 M	
Formula	Concentration (wt)	Formula	Concentration (wt)
K	48.20	K	45.90
P	20.10	P	22.30
S	10.20	S	10.20
Mg	4.69	Mg	6.11
Ca	3.82	Cl	3.99
Cl	3.71	Ca	3.58
Si	2.67	Si	3.22
Fe	2.16	Fe	1.56
Zn	1.28	Ru	1.54
Mn	1.06	Zn	1.12
Al	0.40	Al	0.50
I	53.00	I	53.00

ข้าวที่ผ่านการเสริมKI 0.0125 M	
Formula	Concentration (wt)
K	45.20
P	22.20
S	10.20
Mg	5.86
Si	3.88
Cl	3.82
Ca	3.59
Fe	2.32
Ru	1.30
Zn	1.08
Al	0.59
I	0.00

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาระยะเวลาในการแช่ข้าวต่อเปอร์เซ็นต์การแตกหัก ระยะเวลาการแช่ข้าวต่อปริมาณเถ้า และความเข้มข้นของไอโอดีนในเมล็ดข้าวที่ผ่านการเสริมด้วยกรรมวิธีการทำข้าวนึ่งโดยใช้เวลาในการแช่ข้าวที่แตกต่างกัน 4 ระดับคือ 2, 3, 4และ 5 ชั่วโมง และระดับความเข้มข้นสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์แตกต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ น้ำเปล่า, 0.0031M, 0.0063M และ0.0125M ดังนั้นในบทนี้ได้นำเสนอในส่วนสรุปผล 3 ส่วนที่ได้กล่าวไปข้างต้น ทั้งนี้ข้อเสนอแนะที่ควรเพิ่มเติมเพื่อให้งานสมบูรณ์มากขึ้นได้นำเสนอในบทนี้เช่นกัน

5.1สรุปผลการทดลอง

5.1.1 ผลการศึกษาระยะเวลาในการแช่ข้าวต่อเปอร์เซ็นต์การแตกหัก

พบว่าการแช่ข้าวเปลือกในน้ำอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง แล้วทำการนึ่งที่อุณหภูมิ 90C เป็นเวลา 25 นาที หลังจากนั้นทำการอบลดความชื้นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 40C เป็นเวลา 4-6ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้นสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ 3 ระดับคือ 0.0031 0.0063 และ0.0125 M มีเปอร์เซ็นต์การแตกหักน้อยที่สุดคือ 8.51, 8.99 และ 8.56 ตามลำดับ แต่การแช่เป็นเวลา 5 ชั่วโมงจะทำให้ปริมาณเถ้าลดน้อยลงนั่นก็หมายความว่าปริมาณแร่ธาตุในเมล็ดข้าวลดน้อยลงด้วยเช่นกัน ดังนั้นเวลาในการแช่ 3 ชั่วโมงเป็นเวลาที่เหมาะสมที่สุดเนื่องจากมีปริมาณเถ้าสูงที่สุดและให้เปอร์เซ็นต์การแตกหักที่ระดับ 28.01, 16.33 และ21.33 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียม 0.0031 0.0063 และ0.0125 M ตามลำดับ

5.1.2 ผลการศึกษาแตกหักระยะเวลาการแช่ข้าวต่อปริมาณเถ้า

ในการทดลองนี้ได้ทำการแบ่งตัวอย่างทดลอง 5 ตัวอย่าง โดยตัวอย่างที่ 1 คือข้าวที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการทำข้าวนึ่ง, ตัวอย่างที่ 2 คือข้าวที่ผ่านกระบวนการนึ่ง ตัวอย่างที่ 3 คือข้าวที่แช่สารละลายโพแทสเซียม 0.0031 M, ตัวอย่างที่ 4 คือข้าวที่แช่สารละลายโพแทสเซียม 0.0063 M, ตัวอย่างที่ 5 คือข้าวที่แช่สารละลายโพแทสเซียม 0.0125 M . โดยแบ่งเวลาในการแช่ออกเป็น 3 ระดับ คือ 2, 3, 4 และ 5 ชั่วโมง

จากการทดลองพบว่าการแช่ข้าวที่สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ 0.0125 M เป็นเวลา 3 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์ปริมาณเถ้ามากที่สุดคือ 0.93% รองลงมาการแช่ข้าวที่สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ 0.00625 M เป็นเวลา 3 ชั่วโมงมีเปอร์เซ็นต์ปริมาณเถ้า 0.91% รองลงมาการแช่ข้าวที่สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ 0.003125 M เป็นเวลา 3 ชั่วโมงมีเปอร์เซ็นต์ปริมาณเถ้า 0.91% ซึ่งเปอร์เซ็นต์ปริมาณเถ้าจะมากขึ้นตามความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์และในข้าวที่ผ่านกระบวนการทำข้าวนึ่งมีปริมาณเถ้าสูงกว่าในข้าวที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการใดๆ

5.1.3 ผลการศึกษาความเข้มข้นของไอโอดีนในเมล็ดข้าวที่ผ่านการเสริมด้วยกรรมวิธีการทำข้าวนึ่ง

จากการตรวจสอบความเข้มข้นของไอโอดีนในเมล็ดข้าวที่ผ่านการเสริมด้วยกรรมวิธีการทำข้าวนึ่งที่ระดับความเข้มข้นสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ 3 ระดับคือ 0.0031 0.0063 และ0.0125 M และข้าวที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการใดๆและข้าวที่ผ่านกระบวนการทำข้าวนึ่ง โดยใช้ 2 เทคนิคในการตรวจสอบได้แก่

1. UV-Vis Spectrophotometer พบว่าค่าที่ออกมามีความแปรปรวนอย่างมากและที่ความยาวคลื่น 351 นาโนเมตร สามารถตรวจสอบแร่ธาตุอื่นที่อยู่ในเมล็ดข้าวได้เช่นกันเนื่องจากแร่ธาตุอื่นที่อยู่ในเมล็ดข้าวมีปริมาณมากกว่าไอโอดีนที่เสริมเข้าไป เพราะว่าไอโอดีนเกิดการสูญเสียไปในระหว่างกระบวนการทางความร้อน
2. X-Ray Fluorescence Spectrometer พบว่าข้าวที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการใดๆและข้าวที่ผ่านกระบวนการทำนึ่งไม่สามารถตรวจสอบปริมาณไอโอดีนในเมล็ดข้าวได้เนื่องจากมีปริมาณไอโอดีนในเมล็ดข้าวมีน้อยมาก และในข้าวที่ผ่านการเสริมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ 0.0031 M และข้าวที่ผ่านการเสริมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ 0.0063 M มีค่า 53%wt และในข้าวผลที่ผ่านการเสริมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ 0.0125 M มีค่า 0%wt จึงไม่สามารถสรุปได้ว่ามีปริมาณไอโอดีนในเมล็ดข้าวจำนวนเท่าไร

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาวิธีการเพิ่มปริมาณสารอาหารในเมล็ดข้าวสาร ดังที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าข้าวกล้องที่ผ่านกระบวนการนึ่งและผสมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ที่ความเข้มข้น 0.0125 M มีปริมาณเถ้ามากที่สุด รองลงมา สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ที่ความเข้มข้น 0.00625 M 0.003125 M ข้าวที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการนึ่งจะมีปริมาณเถ้าลดลงมาตามลำดับ นั่นคือการเพิ่มสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์เข้าสู่เมล็ดได้จริง เพื่อทำให้การศึกษาที่สมบูรณ์มากขึ้นควรมีการศึกษาเพิ่มเติม มีรายละเอียดดังนี้

1. ศึกษากับพันธุ์ข้าวอื่นๆที่เหมาะสมกับการเพิ่มสารอาหารเข้าไป
2. ศึกษาการตรวจค่าไอโอดีนที่มีความแม่นยำโดยใช้วิธีตรวจสอบแบบอื่นที่มีความละเอียดนอกเหนือจากการตรวจสอบด้วยปริมาณเถ้าเช่นวิธีการตรวจสอบทางเคมี
3. ศึกษาการเพิ่มสารอาหารชนิดอื่น ที่นอกเหนือจากไอโอดีน โดยใช้กระบวนการทำข้าวนึ่งเป็นพื้นฐาน

เอกสารอ้างอิง

[1]ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร. 2557 .องค์ประกอบของข้าว. [ออนไลน์] แหล่งที่มา: http://www.foodnetworksolution.com,เข้าดูเมื่อวันที่ 1/03/2557 .

[2]ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร. 2557 .ข้าว. [ออนไลน์] แหล่งที่มา: http://www.foodnetworksolution.com,เข้าดูเมื่อวันที่ 2/03/2557 .

[3]สถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล. 2541.วิตามินและแร่ธาตุที่ได้จากข้าวกล้อง.[ออนไลน์] แหล่งที่มา: http://www.ricethailand.go.th,เข้าดูเมื่อวันที่ 28/02/2557.

[4]บริษัท ไทยสยามบุญพงษ์ จำกัด.ข้าวหอมมะลิ.[ออนไลน์]แหล่งที่มา: http://www.thaisiamboonphong.com,เข้าดูเมื่อวันที่ 3/03/2557.

[5]สำนักพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าว. คุณสมบัติทางกายภาพของข้าว.[ออนไลน์] แหล่งที่มา: http://www.riceproduct.org,เข้าดูเมื่อวันที่ 3/03/2557.

[6]สำนักพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าว. คุณสมบัติทางเคมีของข้าว.[ออนไลน์] แหล่งที่มา: http://www.riceproduct.org, เข้าดูเมื่อวันที่ 3/03/2557.

[7]สุพิศา สมโต.2547.คุณลักษณะทางกายภาพ ทางเคมี และความคงตัวของข้าวไทยที่มีรงควัตถุ,มหาวิทยาลัยศิลปากร.

[8] เครือวัลย์ อัตตะวิริยะสุข.2536. คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพและการแปรสภาพเมล็ด,หน้า1-53.ในเอกสารประกอบการบรรยายฝึกอบรมหลักสูตรวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว ณ ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง ฝ่ายฝึกอบรม สถาบันวิจัยข้าวกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

[9] ผดุงศักดิ์ วานิชชัง.2551.อิทธิพลของความชื้นขณะเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่มีผลต่อคุณภาพการสีข้าวเปลือก, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก.

[10]ธนชัย ธราพร และคณะ. 2555. การศึกษาวิธีการเพิ่มปริมาณสารอาหารในเมล็ดข้าวสาร , กรุงเทพ : สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล หลักสูตร วิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[11]มาตรฐานข้าวไทย.2552.ข้าวนึ่ง.[ออนไลน์] แหล่งที่มา: http://www.ricethailand.go.th,เข้าดูเมื่อวันที่ 8/03/2557.

[12]สถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล. 2541.การบริโภคสารอาหารของคนใน1วัน.[ออนไลน์] แหล่งที่มา: http://blog.school.net.th,เข้าดูเมื่อวันที่ 8/03/2557.

[13]ศูนย์ข้อมูลสุขภาพกรุงเทพ.2557.ไอโอดีน.[ออนไลน์] แหล่งที่มา: http://blog.school.net.th,เข้าดูเมื่อวันที่ 9/03/2557.

[14]รายชื่อธาตุเคมี.2557. [ออนไลน์] แหล่งที่มา: http://blog.school.net.th,เข้าดูเมื่อวันที่ 9/03/2557

[15]ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง.2557.เครื่อง x-ray fluorescence (XRF).แหล่งที่มา: http://www.mfu.ac.th,เข้าดูเมื่อวันที่ 12/03/2557.

[16]หลักการทำงาน UV-vis spectrophotometer.2557.แหล่งที่มา: http://www.glasswarechemical.com, เข้าดูเมื่อวันที่ 14/03/2557.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางผลการทดลอง

รางก.1 เปอร์เซ็นต์การแตกหักของข้าวในแต่ละความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ต่อเวลาในการแช่ข้าว

ข้าวไม่ผ่านกระบวนการทำข้าวนึ่ง							
เวลาแช่(ชม.)	นน.หลังสี	นน.คัดขนาดหลังสี		เปอร์เซ็นต์แตกหัก	นน.คัดขนาดหลังสี		เปอร์เซ็นต์แตกหัก
		เต็ม	หัก		เต็ม	หัก	
0	159.56	150.11	9.29	0.06	132.46	28.97	29.19
ข้าวที่ผ่านกระบวนการทำข้าวนึ่ง							
เวลาแช่(ชม.)	นน.หลังสี	นน.คัดขนาดหลังสี		เปอร์เซ็นต์แตกหัก	นน.คัดขนาดหลังสี		เปอร์เซ็นต์แตกหัก
		เต็ม	หัก		เต็ม	หัก	
2	159.56	150.11	9.29	0.06	132.46	28.97	29.19
3	159.98	156.92	2.93	0.02	137	26.04	26.23
4	159.53	157.22	2.32	0.01	135.02	24.05	24.23
5	157.75	156.01	1.64	0.01	139.62	23.32	23.49

ตารางก.1 เปอร์เซ็นต์การแตกหักของข้าวในแต่ละความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ต่อเวลาในการแช่ข้าว (ต่อ)

ความเข้มข้น 0.003125 M							
เวลาแช่(ชม.)	นน.หลังสี	นน.คัดขนาดหลังสี		เปอร์เซ็นต์แตกหัก	นน.คัดขนาดหลังสี		เปอร์เซ็นต์แตกหัก
		เต็ม	หัก		เต็ม	หัก	
2	177.3	159.24	17.52	0.10	123.43	16.27	16.40
3	178.95	167.72	10.33	0.06	129.76	16.21	16.33
4	178.95	168.51	9.44	0.05	128.35	12.61	12.71
5	183.97	175.63	7.66	0.04	132.48	8.45	8.51
ความเข้มข้น 0.00625 M							
เวลาแช่(ชม.)	นน.หลังสี	นน.คัดขนาดหลังสี		เปอร์เซ็นต์แตกหัก	นน.คัดขนาดหลังสี		เปอร์เซ็นต์แตกหัก
		เต็ม	หัก		เต็ม	หัก	
2	175.27	146.2	28.48	0.16	106.95	29.87	30.15
3	173.68	146.23	27	0.16	104.98	27.75	28.01
4	176.34	162.19	13.51	0.08	126.18	20.47	20.63
5	179.48	169.86	8.6	0.05	133.27	8.92	8.99

ตารางก.1 เปอร์เซ็นต์การแตกหักของข้าวในแต่ละความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ต่อเวลาในการแช่ข้าว (ต่อ)

ความเข้มข้น 0.0125 M							
เวลาแช่(ชม.)	นน.หลังสี	นน.คัดขนาดหลังสี		เปอร์เซ็นต์แตกหัก	นน.คัดขนาดหลังสี		เปอร์เซ็นต์แตกหัก
		เต็ม	หัก		เต็ม	หัก	
2	177.58	162.68	14.28	0.08	103.25	28.18	28.45
3	178.04	165.45	11.66	0.07	105.03	21.13	21.33
4	177.72	166.73	10.05	0.06	106.50	20.80	21.00
5	176.35	168.31	6.82	0.04	109.65	3.48	8.56

ตารางก.2 เปอร์เซ็นต์ปริมาณเถ้าของข้าวในแต่ละความเข้มข้น

ข้าวไม่ผ่านกระบวนการ							
เวลาแช่	นน.ถ้วยเผา	นน.ข้าวเริ่มต้น	ความชื้นข้าว	นน.ข้าวแห้ง	นน.เถ้า	นน.เถ้า-นน.ถ้วย	เปอร์เซ็นต์เถ้า
0	29.33	10.02	8.96	8.97	29.38	0.05	0.56
ข้าวที่ผ่านกระบวนการทำข้าวนึ่ง							
เวลาแช่	นน.ถ้วยเผา	นน.ข้าวเริ่มต้น	ความชื้นข้าว	นน.ข้าวแห้ง	นน.เถ้า	นน.เถ้า-นน.ถ้วย	เปอร์เซ็นต์เถ้า
1	18.06	10.00	13.12	8.84	18.12	0.06	0.68
2	21.00	10.00	13.49	8.81	21.07	0.07	0.79
3	17.95	10.00	13.90	8.78	18.09	0.07	0.80
4	17.79	10.01	13.88	8.79	17.85	0.06	0.68

ตารางก.2 เปอร์เซ็นต์ปริมาณเถ้าของข้าวในแต่ละความเข้มข้น (ต่อ)

ปริมาณเถ้าที่ 0.0125 M							
เวลาแช่	นน.ถ้วยเผา	นน.ข้าวเริ่มต้น	ความชื้นข้าว	นน.ข้าวแห้ง	นน.เถ้า	นน.เถ้า-นน.ถ้วย	เปอร์เซ็นต์เถ้า
1	21.00	10.00	13.49	8.81	21.07	0.07	0.79
2	17.95	10.00	13.90	8.78	18.02	0.07	0.80
3	18.01	10.00	13.88	8.78	18.09	0.08	0.91
4	17.79	10.01	13.88	8.79	17.85	0.06	0.68
ปริมาณเถ้าที่ 0.0063 M							
เวลาแช่	นน.ถ้วยเผา	นน.ข้าวเริ่มต้น	ความชื้นข้าว	นน.ข้าวแห้ง	นน.เถ้า	นน.เถ้า-นน.ถ้วย	เปอร์เซ็นต์เถ้า
1	21.19	10.00	12.61	8.88	21.27	0.08	0.90
2	17.54	10.00	12.61	8.88	17.62	0.08	0.90
3	21.19	10.00	14.29	8.75	21.27	0.08	0.91
4	18.37	10.01	13.11	8.85	18.41	0.04	0.45

ตารางก.2 เปอร์เซ็นต์ปริมาณเถ้าของข้าวในแต่ละความเข้มข้น (ต่อ)

ปริมาณเถ้าที่ 0.0031 M							
เวลาแช่	นน.ถ้วยเผา	นน.ข้าวเริ่มต้น	ความชื้นข้าว	นน.ข้าวแห้ง	นน.เถ้า	นน.เถ้า-นน.ถ้วย	เปอร์เซ็นต์เถ้า
1	18.26	10.00	14.29	8.75	18.34	0.08	0.91
2	18.84	10.00	14.53	8.73	18.92	0.08	0.92
3	20.73	10.01	14.55	8.64	17.22	0.08	0.93
4	17.14	10.01	15.86	8.74	20.78	0.05	0.57

ตารางก.3 ผลความเข้มข้นของไอโอดีนที่ตรวจสอบด้วยเครื่อง X-Ray Fluorescence Spectrometer

ข้าวที่ไม่ผ่านกระบวนการใดๆ		**ข้าวที่ผ่านกระบวนการทำข้าวนึ่ง**	
Formula	Concentration (%wt)	Formula	Concentration (%wt)
K	39.30	K	47.50
P	22.50	P	19.30
S	10.10	S	10.10
Mg	6.08	Mg	4.44
Si	5.77	Ca	4.35
Ca	0.05	Si	4.01
Cl	3.75	Cl	3.70
Fe	3.15	Fe	2.57
Al	2.24	Zn	1.27
Zn	1.18	Al	0.99
I	0 < LLD	I	0 < LLD

ตารางก.3 ผลความเข้มข้นของไอโอดีนที่ตรวจสอบด้วยเครื่อง X-Ray Fluorescence Spectrometer (ต่อ)

ข้าวที่ผ่านการเสริม KI 0.0031 M		ข้าวที่ผ่านการเสริม KI 0.0063 M		ข้าวที่ผ่านการเสริมKI 0.0125 M	
Formula	Concentration (%wt)	Formula	Concentration (%wt)	Formula	Concentration (%wt)
K	48.20	K	45.90	K	45.20
P	20.10	P	22.30	P	22.20
S	10.20	S	10.20	S	10.20
Mg	4.69	Mg	6.11	Mg	5.86
Ca	3.82	Cl	3.99	Si	3.88
Cl	3.71	Ca	3.58	Cl	3.82
Si	2.67	Si	3.22	Ca	3.59
Fe	2.16	Fe	1.56	Fe	2.32
Zn	1.28	Ru	1.54	Ru	1.30
Mn	1.06	Zn	1.12	Zn	1.08
Al	0.40	Al	0.50	Al	0.59
I	53.00	I	53.00	I	0.00

ภาคผนวก ข

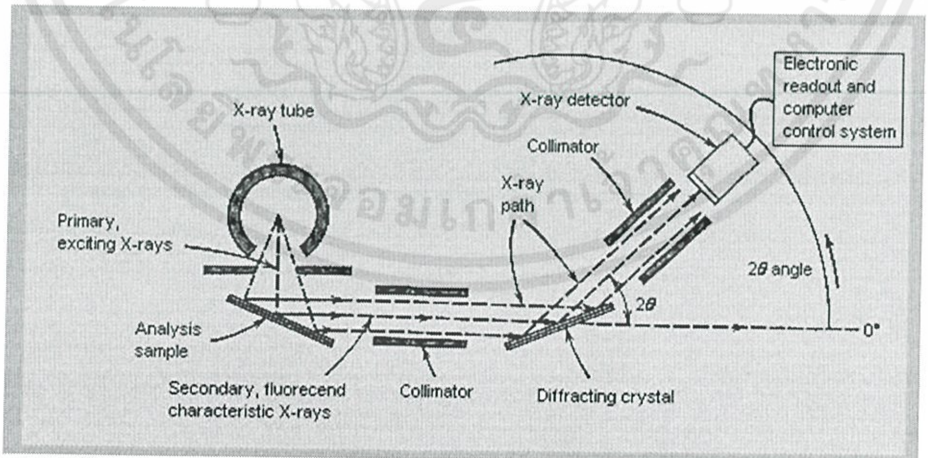
หลักการทำงานของเครื่องมือตรวจสอบ

1. หลักการทำงานของเครื่อง X-ray Fluorescence (XRF)[15]

X-ray Fluorescence (XRF) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ธาตุ ที่อยู่ในตัวอย่างทดสอบ โดยสามารถวิเคราะห์ได้ทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ โดยสามารถใช้ได้กับงานวิจัยในหลายๆ ด้าน เช่น วัสดุศาสตร์, ธรณีวิทยา, สิ่งแวดล้อม, ทางการแพทย์ รวมถึงตัวอย่างจากอุตสาหกรรมด้านต่างๆ เป็นต้น การวิเคราะห์ของเครื่อง XRF จะอาศัยหลักการเรื่องรังสีเอกซ์ ของตัวอย่าง โดยจะยิงรังสีเอกซ์เข้าไปในตัวอย่าง ธาตุต่างๆ ที่อยู่ในตัวอย่างจะดูดกลืนรังสีเอกซ์ แล้วคายพลังงานออกมา โดยพลังงานที่คาย หรือ Fluorescene ออกมานั้น จะมีค่าพลังงานขึ้นกับชนิดของธาตุที่อยู่ในตัวอย่างนั้นๆ ทำให้เราสามารถแยกได้ว่า ในตัวอย่างที่ทดสอบนั้น มีธาตุอะไรอยู่บ้าง โดยใช้ Detector วัดค่าพลังงานที่ออกมาจากตัวอย่าง

<u>ลักษณะตัวอย่างที่เหมาะสมในการส่งเพื่อทดสอบ</u>

เครื่อง XRF แม้ว่าจะสามารถวิเคราะห์ตัวอย่างได้ในหลายรูปแบบ แต่ตัวอย่างที่เหมาะสมที่สุด ก็คือ ตัวอย่างที่อยู่ในรูปของแข็ง และสามารถทนต่อสภาพ Low Pressure หรือ Vaccuum ได้ ดังนั้น ในกรณีตัวอย่างที่เป็น Powder ต้องทำการอัดขึ้นรูปเป็นเม็ด โดยต้องมีขนาดไม่น้อยกว่า 20mm (ด้านกว้าง - ยาว หรือ เส้นผ่าศูนย์กลาง) และต้องมีขนาดไม่เกิน 15cm หนาไม่เกิน 7.5cm (สำหรับตัวอย่างที่เป็นทรงกระบอกนะครับ) ในกรณีที่ ตัวอย่างอยู่ในรูปของแข็ง ด้านที่ต้องการทดสอบ ต้องขัด หรือ ทำให้เรียบ



ภาพข.1 ส่วนประกอบหลักในเครื่อง X-ray Fluorescence

ที่มา: http://www.kmitl.ac.th

2. หลักการของเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer[16]

UV-VIS Spectrophotometer เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดปริมาณแสงและค่า intensity ในช่วงรังสียูวีและช่วงแสงขาวที่ทะลุผ่านหรือถูกดูดกลืนโดยตัวอย่างที่วางอยู่ในเครื่องมือ โดยที่ความยาวคลื่นแสงจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณและชนิดของสารที่อยู่ในตัวอย่างซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นสารอินทรีย์ สารประกอบเชิงซ้อนและสารอนินทรีย์ที่สามารถดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นเหล่านี้ได้ คุณสมบัติในการดูดกลืนแสงของสารเมื่อโมเลกุลของตัวอย่างถูกฉายด้วยแสงที่มีพลังงานเหมาะสมจะทำให้อิเล็กตรอนภายในอะตอมเกิดการดูดกลืนแสงแล้วเปลี่ยนสถานะไปอยู่ในชั้นที่มีระดับพลังงานสูงกว่าเมื่อทำการวัดปริมาณของแสงที่ผ่านหรือสะท้อนมาจากตัวอย่างเทียบกับแสงจากแหล่งกำเนิดที่ความยาวคลื่นค่าต่างๆตามกฎของ Beer-Lambert ค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ของสารจะแปรผันกับจำนวนโมเลกุลที่มีการดูดกลืนแสง ดังนั้นจึงสามารถใช้เทคนิคนี้ในระบุชนิดและปริมาณของสารต่างๆที่มีอยู่ในตัวอย่างได้

<u>ส่วนประกอบของเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer</u>

1. แหล่งกำเนิดแสง

แหล่งกำเนิดแสงในเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์จะต้องให้รังสีในช่วงความยาวคลื่นที่ต้องการอย่างต่อเนื่องและคงที่ตลอดเวลา รวมทั้งมีความเข้มแสงที่มากพอด้วยหลอดกำเนิดแสง มีหลายชนิดตามความยาวคลื่นแสงที่เปล่งออกมา ซึ่งต้องเลือกใช้ให้ถูกต้องเหมาะสมกับของเหลวที่นำมาวัดค่าดูดกลืนแสงตัวอย่างแหล่งกำเนิดแสง ช่วง UV ใช้หลอด H_2 and D_2 lamp ให้ความยาวคลื่นอยู่ในย่าน 160-380 nm ชนิดของสเปกโทรสโกปี UV molecular absorption และช่วง visible ใช้หลอด Tungsten/halogen ให้ความยาวคลื่นในช่วง 240-2,500 nm ชนิดของสเปกโทรสโกปีเป็นแบบ UV/visible/near-IR molecular absorption

2.Monochromator

ส่วนประกอบนี้เป็นส่วนที่ใช้ควบคุมแสงโดยจะทำให้แสงที่ออกมาจากต้นกำเนิดแสง ซึ่งเป็นพอลิโครเมติก ให้เป็นแสงโมโนโครเมติก ซึ่งเป็นแถบแสงแคบๆ หรือมีความยาวคลื่นเดียว ใช้ฟิลเตอร์(กระจกสี) ปริซึม (prism) หรือ เกรตติ้ง (grating)

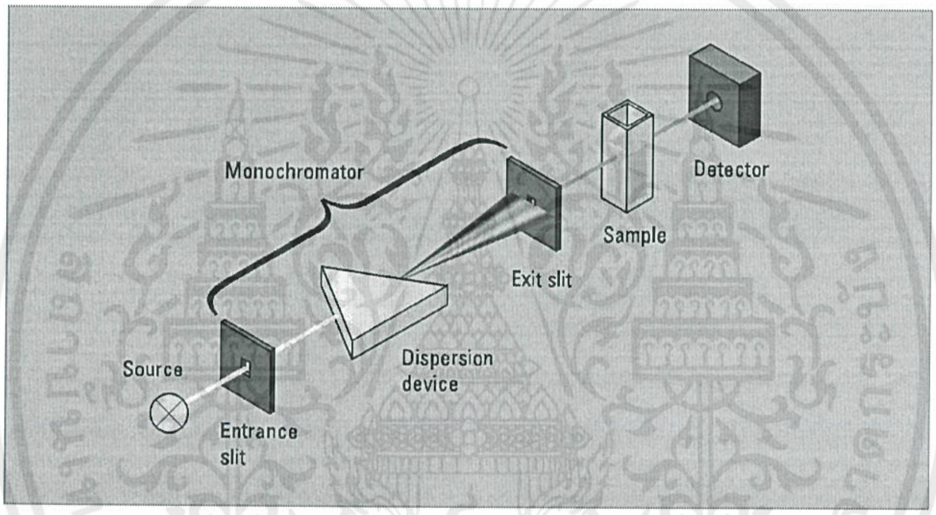
3.เซลล์ที่ใช้บรรจุสารละลายตัวอย่าง

เซลล์ที่ใส่สารตัวอย่าง (cell sample) บางครั้งอาจเรียกว่า คิวเวทท์ (cuvettes) รูปแบบที่ใช้กันทั่วไปได้แก่เซลล์ที่ทำด้วยแก้วธรรมดา จะใช้ได้เฉพาะช่วงวิสิเบิล เพราะเนื้อแก้ว

ธรรมดาถูกดูดกลืนแสงในช่วงยูวีได้ และเซลล์ที่ทำด้วยซิลิกา และควอร์ตซ์ (quartz) ใช้ได้ทั้งช่วงยูวีและวิสิเบิล

4. Detector

ทำหน้าที่ในการวัดความเข้มของรังสีที่ถูกดูดกลืนโดยการแปลงพลังงานคลื่นรังสีเป็นพลังงานไฟฟ้าเครื่องตรวจจับสัญญาณที่ดีต้องมีสภาพไวสูง คือแม้ปริมาณแสงจะเปลี่ยนไปเล็กน้อย ก็สามารถตรวจจับสัญญาณความแตกต่างได้ เครื่องวัดแสงที่ยังนิยมกันอยู่ในปัจจุบัน คือ หลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ (photomultiplier tube, PMT) และเครื่องวัดแสงชนิดซิลิกอนไดโอด (silicon diode detector)



ภาพข.2 การทำงานของเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer

ที่มา: http://www.mfu.ac.th