กรรมวิธีการผลิตอาหารเช้าธัญพืชชนิดไรซ์เฟลคเสริมกรดโฟลิคและธาตุเหล็ก

Process Development of Breakfast Cereal ; Folic Acid and Iron Fortified Rice Flake.

คณะผู้วิจัย

1. ดร.อัศวิน อมรสิน และคณะ
2. นางสาวเพ็ญวิภา อ้วนแพง

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนการวิจัย

จากงบประมาณรายได้ ประจำปี พ.ศ. 2550

Mahasarakham University

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการผลิตอาหารเช้าธัญพืชจากข้าวหรือไรซ์เฟลค โดยมีการเติมสารไวตามินและแร่ธาตุที่จำเป็นได้แก่ กรดโฟลิคและธาตุเหล็ก จากการศึกษาวิจัยพบว่าการผลิตไรซ์เฟลคโดยตรงจากเมล็ดข้าวในสภาวะที่ศึกษาได้ผลิตภัณฑ์ของเฟลคข้าวเหนียวและข้าวเจ้าล้วนมีเนื้อสัมผัสที่แข็ง ไม่ชวนบริโภค จึงได้พัฒนาสูตรโดยการใช้ข้าวบดละเอียด เติมแป้งชนิดอื่นๆ ผงฟู และน้ำมันพืช ในส่วนผสม จากการพัฒนาพบว่า สูตรแป้งฟลาวของข้าวจ้าว 40 % ที่มีความละเอียดสูง 80 เมส และมีส่วนผสมของแป้งสาลี 30% ผงฟู 8%, น้ำ 19 %, น้ำมันปาล์ม 3% ให้เนื้อสัมผัสที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีเหลืองอ่อน (L= 52.54, a = 6.33, b = 29.62) ค่าa_w = 0.47 , ความชื้น 4.52%, ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง (Hardness) = 87.52 N ความกรอบ (crispiness) = 15.67 Peaks การเติมไวตามินด้วยกรดโฟลิคและที่ละลายน้ำสามารถพ่นโดยตรงสู่ผลิตภัณฑ์ได้ โดยเตรียมสารละลายกรดโฟลิค 1.4 mg/lb และ ธาตุเหล็ก (ferrous sulfate) 19.5 mg/lb พบว่าปริมาณกรดโฟลิคและธาตุเหล็กในระหว่างการเก็บมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ เมื่อระยะเวลาผ่านไป และธาตุเหล็ก (ferrous sulfate) ถูกจำกัดปริมาณเนื่องจากกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ถ้าเติมในปริมาณที่มากขึ้น ผลิตภัณฑ์มีอายุในการเก็บรักษา 14 เดือน มีค่าความเหม็นหืน(TBA value) ไม่เกิน 0.05 mg.Malonaldehyde/kg.ตัวอย่าง ปริมาณของกรดโฟลิคและธาตุเหล็ก 0.0022 mg/lb, 1.26 mg/lb ตามลำดับ และการยอมรับรวมของผู้ทดสอบชิมมีคะแนนในระดับชอบเล็กน้อย (6.9) ต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ไรซ์เฟลค 38.34 บาทต่อกิโลกรัม

(S93P) : กรรมวิธีการผลิตอาหารเช้าธัญพืชชนิดไรซ์เฟลดด้วยแป้งชนิดต่าง ๆ

เพ็ญวิภา อ้วนแพง[1], อัศวิน อมรสิน[2]
[1]นิสิตปริญญาโท, [2]อาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
เบอร์โทรศัพท์ 043-743509 , E-mail : aswin777@msn.com

บทคัดย่อ

ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญพืชเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมมากในปัจจุบันเนื่องจากมีความสะดวกสบาย ใช้รับประทานในเวลาที่เร่งรีบทำให้ประหยัดเวลา ประเทศไทยนั้นมีการปลูกข้าวเป็นจำนวนมาก สามารถนำมาแปรรูปได้หลายชนิด งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญพืชชนิดไรซ์เฟลด (rice flake) ที่ผ่านเครื่องรีดแบบลูกกลิ้งคู่ จากข้าวกล้องพันธุ์ดอกมะลิ 105 และ กข 6 โดยศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของไรซ์เฟลด ได้แก่ ขนาดที่เหมาะสมของข้าวบด (rice grits) ชนิดของแป้งที่ใช้ในการปรับปรุงสูตรเพื่อให้มีลักษณะและคุณภาพเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค การผลิตอาหารเช้าธัญพืชชนิดไรซ์เฟลดมีขั้นตอนดังนี้ นำข้าวกล้องของข้าวทั้งสองพันธุ์มาผ่านการบดและร่อนแล้วนำไปอบแห้งให้ได้ความชื้น 7-8% เพื่อใช้ในการผลิตต่อไป นำแป้งข้าวที่ได้มาผสมกับแป้งสาลี ผงฟู น้ำ และน้ำมันปาล์ม นวดให้เข้ากันด้วยเครื่องดีผสม และให้ความร้อน 80 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที จากนั้นปั้นให้เป็นก้อนลักษณะทรงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร นำเข้าเครื่องรีดแบบลูกกลิ้งคู่ ปรับระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 0.1 มิลลิเมตรจะได้เฟลด (flake) ลักษณะเป็นแผ่น นำเฟลดที่ได้เข้าอบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที จากการศึกษาพบว่า ขนาดที่เหมาะสมของ rice grits ควรเล็กกว่า 80 เมส เนื่องจากผู้ทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสจัดลำดับความชอบด้วยวิธี hedonic 9 scale test อยู่ในระดับมาก (8.95) เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพของไรซ์เฟลดที่ผลิตจากแป้งข้าวกล้องทั้งสองชนิด พบว่าแป้งข้าวกล้องดอกมะลิ 105 จะให้ลักษณะเนื้อสัมผัสที่กรอบร่วนกว่าข้าวกข 6 ซึ่งมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แข็ง แต่เมื่อนำแป้งสาลีและผงฟูผสมเข้าด้วยจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีขึ้น จากการทดลองในการปรับปรุงสูตรพบว่า สูตรที่เหมาะสมมีอัตราส่วนดังนี้ แป้งข้าวกล้องหอมมะลิ 55% แป้งสาลี 22%, ผงฟู 8%, น้ำ 12%, น้ำมันปาล์ม 3% ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีเหลืองอ่อน (L= 55.82, a = 5.62, b = 31.78) ค่าa_w = 0.314 , ความชื้น 3.67%, ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง (Hardness) = 87.52 N ความกรอบ (crispiness) = 15.67 N ผู้ทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสจัดลำดับความชอบด้วยวิธี hedonic 9 scale test มีคะแนนความชอบรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (8.5)

คำสำคัญ : ไรซ์เฟลด(rice flake), เครื่องรีดแบบลูกกลิ้งคู่

(PS42) : กรรมวิธีการผลิตอาหารเช้าธัญพืชชนิดไรซ์เฟลคเสริมกรดโฟลิคและธาตุเหล็ก

Process Development of Breakfast Cereal; Folic Acid and Iron Fortified Rice Flake.

เพ็ญวิภา อ้วนแพง[1] , ศิริธร ศิริอมรพรรณ[2] , อัศวิน อมรสิน[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการผลิตอาหารเช้าธัญพืชจากข้าวหรือไรซ์เฟลค โดยมีการเติมสารไวตามินและแร่ธาตุที่จำเป็นได้แก่ กรดโฟลิคและธาตุเหล็ก จากการศึกษาวิจัยพบว่าการผลิตไรซ์เฟลคโดยตรงจากเมล็ดข้าวในสภาวะที่ศึกษาได้ผลิตภัณฑ์ของเฟลคข้าวเหนียวและข้าวเจ้าล้วนมีเนื้อสัมผัสที่แข็ง ไม่ชวนบริโภค จึงได้พัฒนาสูตรโดยการใช้ข้าวบดละเอียด เติมแป้งชนิดอื่นๆ ผงฟู และน้ำมันพืช ในส่วนผสม จากการพัฒนาพบว่า สูตรแป้งฟลาวของข้าวจ้าว 40 % ที่มีความละเอียดสูง 80 เมส และมีส่วนผสมของแป้งสาลี 30% ผงฟู 8%, น้ำ 19 %, น้ำมันปาล์ม 3% ให้เนื้อสัมผัสที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีเหลืองอ่อน (L= 52.54, a = 6.33, b = 29.62) ค่า a_w = 0.47 , ความชื้น 4.52%, ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง (Hardness) = 87.52 N ความกรอบ (crispiness) = 15.67 Peaks การเติมไวตามินด้วยกรดโฟลิคที่ละลายน้ำสามารถพ่นโดยตรงสู่ผลิตภัณฑ์ได้ โดยเตรียมสารละลายกรดโฟลิค 1.4 mg/lb และ ธาตุเหล็ก (ferrous sulfate) 19.5 mg/lb พบว่าปริมาณกรดโฟลิคและธาตุเหล็กในระหว่างการเก็บมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ เมื่อระยะเวลาผ่านไป และธาตุเหล็ก (ferrous sulfate) ถูกจำกัดปริมาณเนื่องจากกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ถ้าเติมในปริมาณที่มากขึ้น ผลิตภัณฑ์มีอายุในการเก็บรักษา 33 เดือน มีค่าความเหม็นหืน (TBA value) ไม่เกิน 0.05 mg.Malonaldehyde/kg. ตัวอย่าง ปริมาณของกรดโฟลิคและธาตุเหล็ก 0.0022 mg/lb, 1.26 mg/lb ตามลำดับ และการยอมรับรวมของผู้ทดสอบชิมมีคะแนนในระดับชอบเล็กน้อย (6.9) ต้นทุนในการผลิตผลิตภัณฑ์ไรซ์เฟลคซึ่งไม่รวมค่าพลังงาน 38.34 บาทต่อกิโลกรัม

คำสำคัญ : ธาตุเหล็ก, ไรซ์เฟลค, อาหารเช้าธัญพืช, แป้งฟลาว

[1] นิสิตระดับปริญญาโท ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนศาสตร์ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. (เทคโนโลยีการอาหารและโภชนาการ), คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

[3] อาจารย์ ดร. (เทคโนโลยีการอาหารและโภชนาการ), คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

บทที่ 1

บทนำ

ข้าว (*Oryza sativa* L.) เป็นธัญพืชที่มีความสำคัญของประเทศไทย จะเห็นได้จากประชากรบริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก นอกจากใช้เป็นอาหารแล้วข้าวยังเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญของประเทศอีกด้วย (อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547 : 15) เนื่องจากข้าวเป็นอาหารที่สำคัญของมนุษย์ แต่การที่บริโภคข้าวสารที่สีจนขาว ซึ่งวิตามินส่วนใหญ่ถูกขัดออกจนเกือบหมดทำให้ผู้บริโภคเกิดโรค เช่น โรคเหน็บชา เป็นต้น ปัญหาเช่นนี้เกิดจากการสีข้าวไม่ถูกวิธี โดยขัดจนขาว ข้าวกล้องนับว่ามีคุณค่าทางโภชนาการมากกว่าข้าวขัดจนสีขาว (งามชื่น คงเสรี, 2545)

สารอาหารบางอย่างสูญหายไประหว่างการแปรรูป การเก็บรักษา เป็นต้น และสารอาหารดังกล่าวมีความจำเป็นต่อสุขภาพ อาหารบางอย่างไม่มีสารอาหารที่จำเป็นต่อสุขภาพ จำเป็นต้องมีการแต่งเติมเพิ่มเข้าไปเราเรียกอาหารเหล่านี้ว่า อาหารปรุงแต่ง-แต่งเติม (Food Fortification) ซึ่งในปัจจุบันและอนาคตมีแนวโน้มที่ผู้บริโภคจะให้ความสนใจเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากมนุษย์ทุกคนต้องมีสุขภาพดีอายุยืนยาว อาหารที่ประเทศกำลังพัฒนาควรเสริม ได้แก่ ไวตามินเอ ธาตุเหล็ก ไอโอดีน ไทอามีนและไรโบฟลาวิน (Dexter, 1998) ส่วนกรดโฟลิคเป็นไวตามินในกลุ่มไวตามินบี สำคัญที่องค์การอนามัยโลกแนะนำให้เสริมในอาหาร(FAO/WHO, 2002) ในข้าวขาวมีกรดโฟลิค ประมาณ 0.1 μg/g และธาตุเหล็ก 4.1 ppm ส่วนในข้าวกล้องมีกรดโฟลิค ประมาณ 03 μg/g และธาตุเหล็ก 8.8 ppm กรดโฟลิคถูกบังคับเสริมในอาหารเช้าธัญพืชที่สหรัฐอเมริกาเริ่มจากปี ค.ศ. 1998 (FDA, 1996)

สำหรับประเทศที่พัฒนาแล้วมีการนำข้าวไปทำข้าวกึ่งสำเร็จรูปรวมถึง ไรซ์เฟลค (Juliano, 1993) ซึ่งผลิตภัณฑ์ประเภทไรซ์เฟลค ได้รับความนิยมมากในประเทศทางตะวันตก เนื่องจากมีความสะดวกสบาย ใช้รับประทานในเวลาที่เร่งรีบ ทำให้ประหยัดเวลา ในต่างประเทศมีการทำ ไรซ์เฟลค เช่นกันแต่ยังไม่มากมายเนื่องจากยังมีการปลูกข้าวน้อย ส่วนใหญ่จะเป็นการปลูกข้าวโพดมากกว่า จึงนิยมนำข้าวโพดมาทำเป็น corn flake มากกว่า ไรซ์เฟลค แต่ในประเทศไทยนั้นมีการปลูกข้าวเป็นอาชีพหลัก โดยเฉพาะข้าวพันธุ์ กข 6 (ข้าวเหนียว) และข้าวหอมมะลิ (ข้าวเจ้า)เนื่องจากข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์นี้นิยมปลูกมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ดังนั้นในการทำวิจัยครั้งนี้จึงได้นำข้าวมาเพิ่มมูลค่าของข้าวด้วยการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทไรซ์เฟลค อีกทั้งปัจจุบันนิยมบริโภคข้าวกล้องมากขึ้น การนำข้าวกล้องมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารธัญพืชรวมทั้งเสริมวิตามินและแร่ธาตุบางชนิดเข้าไปทดแทน จึงน่าจะเป็นแนวทางหนึ่งที่จะได้บริโภคผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการมากขึ้น

Mahasarakham University

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ข้าว

ข้าว (*Oryza sativa* L.) เป็นอาหารหลักของประชากรมากกว่าครึ่งหนึ่งของโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทวีปเอเชีย (เอเชียตะวันออก, เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และเอเชียใต้) ข้าวเป็นธัญชาติ ของพืชใบเลี้ยงเดี่ยววงศ์หญ้า (Family : *Grammineae* หรือ *Poaceae*) เรียกว่า ธัญพืช สกุลออริซา (Genus : *Oryza*) เจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อนและเขตอบอุ่น ตั้งแต่เส้นรุ้งที่ 50 องศาเหนือถึง 40 องศาใต้ และสามารถขึ้นได้ตั้งแต่ระดับน้ำทะเลจนถึงระดับประมาณ 3,000 เมตร นอกจากนี้ยังทนต่อสภาพดินหลากหลาย ตั้งแต่พื้นดินที่น้ำท่วมสูง จนถึงพื้นที่สูงที่ไหล่เขา ทนดินที่มีแร่ธาตุเหล็ก อะลูมิเนียม ดินเค็ม เป็นต้น ดังนั้นจึงมีหลายประเทศทั่วโลกมากกว่า 100 ประเทศที่สามารถปลูกข้าวเพื่อบริโภคได้ (สงกรานต์ จิตรากร. 2544 : 13-28)

1. การจำแนกชนิดข้าว

โดยทั่วไปแล้วนิยมจำแนกข้าวออกตามคุณสมบัติทางอาหารของแป้ง (starch) ซึ่งเป็นสารประกอบคาร์โบไฮเดรตที่มีอยู่ในเมล็ดข้าวที่ทำให้ข้าวแต่ละชนิดมีลักษณะรสชาติและเนื้อสัมผัสที่ปรากฏแตกต่างกันออกไป

- ข้าวเจ้า (Nonwaxy rice) ข้าวชนิดนี้มีองค์ประกอบของแป้งที่เรียกว่า อะมิโลส (amylose) ในปริมาณที่มากซึ่งให้ลักษณะของข้าวเจ้าเมื่อเป็นข้าวสาร เมล็ดจะใส เนื้อแข็งและเมื่อผ่านการหุงข้าวจะมีสีขาวขุ่นขึ้นหม้อร่วนไม่เกาะตัวหรือมีการเกาะตัวกันน้อยนิยมบริโภคบริโภคในแถบภาคกลาง และภาคใต้ของไทย

- ข้าวเหนียว (Glutinous rice)พันธุ์ข้าวพวกนี้มีลักษณะของ endosperm เป็นสีขาวขุ่นและมีความเลื่อมมันเมื่อนำมาหุงต้มจะเหนียวเมล็ดเกาะตัวกันดีมากหากหุงต้มใส่น้ำมากเมล็ดจะบานออก และยังมีความคงตัวดีเหมือนเดิม พันธุ์ข้าวพวกนี้แข็งส่วนใหญ่เป็น amylopeetin และส่วนน้อยหรืออาจจะไม่มีเลยเป็น amylase กล่าวคือในเมล็ดจะประกอบด้วย amylopectin ตั้งแต่ 92-100 % และ amylose ตั้งแต่ 0-8 % ของน้ำหนัก

เมล็ดข้าวเมื่อนำไปนึ่ง จะมีความนุ่มไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับชนิดและสายพันธุ์ของข้าว โดยที่ข้าวที่มีความนุ่มน้อยจะมีปริมาณแป้งชนิด amylasc อยู่สูงกว่านอกจากนี้อาจเป็นเพราะปริมาณโปรตีนในเมล็ด อายุการเก็บรักษา และสภาพการเก็บรักษาอีกด้วย

Mahasarakham University

2. พันธุ์ข้าว

2.1 ข้าวพันธุ์ กข 105 (ข้าวเจ้าหอมมะลิ)

ข้าวหอมมะลิ 105เป็นพันธุ์ข้าวที่ได้จากการนำข้าวพันธุ์พื้นเมืองจากนาเกษตรกร อำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา จำนวน 199 รวงมาปลูกรักษาพันธุ์ได้รวงที่ 105 ซึ่งทีกลิ่นหอม และคุณภาพการหุงต้มอ่อนนุ่มจึงนำมาปรับปรุงให้เป็นพันธุ์บริสุทธิ์ตามหลักวิชาการจนได้พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ รัฐบาลได้ประกาศให้ขยายพันธุ์ออกส่งเสริมได้ เมื่อวันที่ 25 พฤษภาคม 2502 พื้นที่ปลูกที่เหมาะสม คือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ และภาคกลางบางพื้นที่

ข้าวหอมมะลิจัดเป็นข้าวที่มีอะมิโลส คือ ประมาณร้อยละ ๑๒ - ๑๘ ทำให้ข้าวสุกมีความอ่อนนุ่มนิ่มนวล ข้าวหอมมะลิหรือข้าวดอกมะลิ ปลูกได้ทั่วประเทศไทย แต่ปัจจุบันข้าวหอมมะลิที่ดีที่สุดมา จากภาคตะวันออกเฉียงเหนือในพื้นที่ จังหวัดสุรินทร์ บุรีรัมย์ ศรีสะเกษ อุบลราชธานี ร้อยเอ็ด และยโสธร เนื่องมาจากมีสภาพน้ำและอากาศ เหมาะสำหรับปลูกข้าวหอมมะลิให้ได้คุณภาพตามที่นิยม มากกว่าแห่งอื่น มีผู้นำข้าวหอมมะลิ ไปปลูกในประเทศอื่น ๆ แต่คุณภาพไม่อาจเทียบเคียงกับข้าวหอมมะลิ ที่ปลูกในประเทศไทย โดยเฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า เป็นแหล่งผลิตข้าวหอมมะลิที่ดีที่สุดในโลก ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวกับการเจริญเติบโตของข้าว ข้าวมีปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับ การเจริญเติบโต คือ ดิน น้ำ ลม(อากาศ) ไฟ ดินหรือสภาพพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการปลูกข้าว ข้าวเป็นพืชที่ปลูกได้ทุกสภาพพื้นที่หรือภูมิประเทศ ถ้าเลือกใช้พันธุ์ที่เหมาะสม

ข้าวหอมมะลิ 105 มีลักษณะทั่วไปดังนี้

1. เป็นข้าวเจ้า ไวต่อแสงช่วงเช้า
2. เป็นข้าวเจ้าต้นสูง สูงประมาณ 140-150 ซม.
3. อายุการเก็บเกี่ยว ข้าวจะออกดอกประมาณวันที่ 20 ตุลาคมและสุกแก่เก็บเกี่ยวได้ประมาณ วันที่ 20 พฤศจิกายน ของทุกปี
4. ระยะพักตัวของเมล็ด 56 วัน หรือ 18 สัปดาห์
5. ขนาดเมล็ดข้าวกล้อง ยาว 7.5 มม. กว้าง 2.1 มม. หนา 1.8 มม.
6. ลักษณะเมล็ดข้าวเปลือกเมล็ดจะเรียวยาว ก้นงอน สีฟาง
7. ผลผลิตประมาณ 30-60 ถัง/ไร่
8. มีการแตกกออยู่ในเกณฑ์ดี มีต้นและใบค่อนข้างเล็ก ใบยาวสีเขียวอ่อน

ลักษณะที่ดีของข้าวหอมมะลิ คือ มีกลิ่นหอม อ่อนนุ่ม ทนต่อสภาพแล้ง ทนต่อดินเปรี้ยว ดินเค็ม คุณภาพการสีดี เมล็ดข้าวสารใส แกร่ง มีท้องไข่น้อย ถ้าใช้แรงคนนวด ถือว่าแบาแรงมาก เพราะข้าวร่วงง่ายคุณภาพการขัดสีดี ถ้ามีการปลูก ดูแลรักษาดี เก็บเกี่ยวเวลาพอเหมาะและคากนวดดี สามารถสีข้าวได้เต็มเมล็ด และต้นข้าวถึง 56% คุณภาพการหุงต้มดี มีกลิ่นหอม รสชาติดีและอ่อนนุ่ม แต่ข้าวชนิดนี้มีข้อจำกัดคือ ไม่ต้านทานโรคขอบใบแห้ง โรคใบสีส้ม โรคใบจุดสี

น้ำตาล และโรคไหม้ ไม่ต้านทานแมลงบั่ว เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ถ้าปลูกในบริเวณที่มีดินอุดมสมบูรณ์สูง ทำให้ต้นล้มง่าย

2.2 ข้าวพันธุ์ กข 6(ข้าวเหนียว)

กข 6 มีคุณภาพข้าวสุกนุ่ม และมีกลิ่นหอมเป็นที่ต้องการของตลาดพันธุ์นี้มีอายุเก็บเกี่ยวประมาณปลายเดือนพฤศจิกายนจึงเหมาะสำหรับปลูกในสภาพนาลุ่มแต่เมื่อปลูกในสภาพนาดอนจะประสบกับปัญหาการขาดน้ำในระยะสร้างเมล็ดกข 6 และยังสามารถปลูกได้ทั้งฤดูนาปีและนาปรัง ปลูกข้าวได้ในเขตพื้นที่นาดอน และนาชลประทานของภาค

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของข้าว

ข้าวจัดเป็นพืชตระกูลหญ้าชนิดหนึ่งจัดอยู่ในวงศ์ (Family) *Gramineae* Genus *Oryza* ซึ่งสามารถเจริญได้ทั้งในเขตร้อนและเขตอบอุ่น ข้าวที่ปลูกเป็นอาหารของมนุษย์มี 2 ชนิดคือ *Oryza Sativa* ที่ปลูกกันทั่วไปกับ *Oryza Glaberrima* ที่ปลูกเฉพาะในแอฟริกาเท่านั้น (อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น. 2536 : 3) ข้าวชนิด *Oryza Sativa* มีจำนวนพันธุ์และความแตกต่างในลักษณะของพันธุ์มากกว่า *Oryza Glaberrima* จึงใช้เป็นพันธุ์ที่ปลูกทั่วไป ทั้งในเอเชีย แอฟริกา ยุโรป อเมริกา และออสเตรเลีย (ณรงค์ นิยมวิทย์. 2538 : 3 ; สุมิตรา สีตลารมณ์. 2534 : 6) ข้าวชนิด *Oryza Sativa* ที่ผลิตและขายกันในท้องตลาดในโลก ปัจจุบันแบ่งออกเป็น 3 ชนิด (Subspecies) ตามแหล่งที่ปลูก คือ (อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น. 2536 : 3)

ข้าวอินดิกา (Indica) เป็นข้าวที่ปลูกในภูมิภาคเอเชียเขตมรสุมคือทางเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น ไทย จีน ฟิลิปปินส์ ลาว กัมพูชา พม่า มาเลเซีย อินโดนีเซีย แถบเอเชียใต้ เช่น อินเดีย ศรีลังกา และต่อมาถูกนำไปปลูกในทวีปอเมริกาด้วย ข้าวพวกนี้จะมีลักษณะเมล็ดยาว ต้นสูง ไวต่อช่วงแสง ใบมากและโค้งงอ โดยปกติจะไม่ตอบสนองต่อปุ๋ยจึงให้ผลผลิตค่อนข้างต่ำ แต่สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี

ข้าวจาปอนิกา (Japonica) หรือชินิกา (Sinica) เป็นข้าวที่ปลูกในเขตอบอุ่น เช่น ญี่ปุ่น จีน เกาหลี ข้าวพวกนี้เป็นข้าวที่มีเมล็ดป้อม ต้นเตี้ย ใบตั้งและสั้น ไม่ค่อยไวต่อช่วงแสง และตอบสนองต่อปุ๋ยได้ดี ถ้าใส่ปุ๋ยจะให้ผลผลิตค่อนข้างสูงเพราะเมื่อต้นงามจากการใส่ปุ๋ยต้นจะไม่ค่อยสูงและล้ม

ข้าวจาวานิกา (Javanica) มีปลูกไม่มากนักในในประเทศอินโดนีเซียและฟิลิปปินส์ ข้าวประเภทนี้มีต้นสูงและเมล็ดที่ป้อมใหญ่ แต่ให้ผลผลิตต่ำกว่าข้าวอินดิกาและไม่ค่อยตอบสนองต่อปุ๋ยจึงไม่นิยมปลูกกันในปัจจุบัน

Mahasarakham University

1. โครงสร้างของเมล็ดข้าว (Rice grain)

เมล็ดข้าว (Rice Fruit, Rice Grain, Rice Seed) เป็นผลชนิด Caryopsis เนื่องจากส่วนที่เป็นเมล็ดเดี่ยว (Single Seed) ติดแน่นอยู่กับผนังของรังไข่หรือเยื่อหุ้มผล (Pericarp) เมล็ดข้าวประกอบด้วยส่วนใหญ่ๆ 2 ส่วนคือ (อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547 : 43 ; Juliano. 1993 : 37)

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

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

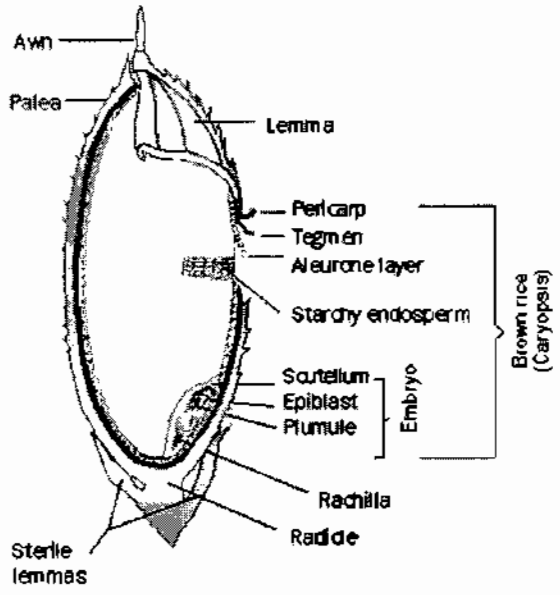
1.2.1เยื่อหุ้มผล (Pericarp) หรือ Fruit Coat ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้นด้วยกัน คือ Epiearp, Mesocarp และ Endocarp, Pericarp มีลักษณะเป็น Fibrous ผนังเซลล์ประกอบด้วย Protein, Cellulose และ Hemicellulose

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

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

1.2.4 ส่วนที่เป็นแป้ง (Starch Endosperm) หรือส่วนที่เป็นข้าวสาร อยู่ชั้นในสุดของเมล็ดประกอบด้วยแป้งเป็นส่วนใหญ่และมีโปรตีนอยู่บ้าง แป้งในเมล็ดข้าวมี 2 ชนิด คือ อะไมโลเพคติน (Amylopectin) ซึ่งเป็น Polymer ของ D-Glucose ที่ต่อกันเป็นสายโซ่กิ่ง (Branch Chain) และอะไมโลส (Amylose) ซึ่งเป็น Polymer ของ D-Glucose ที่ต่อกันเป็นพอลิเมอร์เชิงเส้น (Linear Chain) (อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547 : 158) ส่วนประกอบของแป้งทั้ง 2 ชนิด มีสัดส่วนแตกต่างกันไปตามชนิดของข้าว ในข้าวเหนียวจะมีอะไมโลเพคติน (Amylopectin) เป็นส่วนใหญ่ และ มีปริมาณอะไมโลสน้อยมาก คือประมาณ 5-7 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเมล็ดข้าวเจ้าประกอบด้วยอะไมโลส (Amylose) มากกว่าคือ ประมาณ 15-30 เปอร์เซ็นต์ (ประพาส วีระแพทย์. 2531 : 26-27)

1.3 คัพภะ (Embryo) อยู่ติดกับ Endosperm ทางด้าน Lemma เป็นส่วนที่จะเจริญเป็นต้นต่อไป Embryo ประกอบด้วย ต้นอ่อน (Plumule) รากอ่อน (Radicle) เยื่อหุ้มต้นอ่อน (Coleoptile) เยื่อหุ้มรากอ่อน (Coleorhiza) ท่อน้ำท่ออาหาร (Epiblast) และใบเลี้ยง (Scutellum) Embryo เป็นส่วนที่มี โปรตีนและไขมันสูง (กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2543 : 30)



ภาพประกอบ 1 โครงสร้างของเมล็ดข้าว

คุณสมบัติทางเคมีของข้าว

องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดข้าวที่สำคัญ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และน้ำหรือความชื้น ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้มีผลต่อคุณภาพของข้าว ทั้งข้าวเปลือก ข้าวกล้อง และข้าวสาร โดยคาร์โบไฮเดรตจะประกอบไปด้วย สตาร์ชเป็นหลักซึ่งจะประกอบไปด้วยอะมิโลสและอะมิโลเพคติน ซึ่งจะบ่งบอกถึงคุณภาพการบริโภค คือ ความนุ่มไม่นุ่มของข้าว และในข้าวแต่ละชนิดมีปริมาณที่แตกต่างกัน สำหรับโปรตีนในข้าวยังนับว่าเป็นแหล่งอาหารหลักซึ่งประชาชนในทวีปเอเชียได้รับจากอาหาร เนื่องจากบริโภคข้าวเป็นจำนวนมากกว่า แหล่งโปรตีนจากอาหารอื่น ส่วนไขมันในข้าว จะอยู่เป็นกลุ่มไขมัน (Lipid Bodies) หรือหยดกลม (Spherosome) โดยรวมอยู่กับสตาร์ช และโปรตีน ในชั้นแอลิวโรน และดัพภะ จะมีผลในการเสื่อมเสียขณะเก็บรักษาเมล็ดรวมทั้งเมล็ดที่แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์องค์ประกอบทางเคมีของข้าวมีผลมาจากพันธุ์ สภาวะการปลูก การเก็บเกี่ยว และกระบวนการแปรรูปจากข้าวเปลือกเป็นข้าวกล้องและข้าวสาร การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยทั่วไปใช้วิธีการวิเคราะห์ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (Proximate Analysis) เพื่อให้ทราบองค์ประกอบทางเคมี หรือสารอาหารหลักที่มีในข้าว คือ โปรตีน ไขมัน เส้นใยหยาบ เถ้า และ คาร์โบไฮเดรต เป็นหลัก นอกจากนี้เป็นการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ที่ให้คุณค่าทางอาหารและโภชนาการ ได้แก่ วิตามิน แร่ธาตุ และปริมาณกรดอะมิโนที่มีอยู่ในโปรตีนของข้าว (Juliano. 1993 : 39 ; อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547 : 155-169)

1. คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate)

คาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบทางเคมีที่มีอยู่ในข้าวซึ่งมีสตาร์ชเป็นหลัก และสตาร์ชนี้ประกอบไปด้วยอะไมโลสและอะไมโลเพคติน ในอัตราส่วนแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของข้าวทำให้ข้าวมีลักษณะในการหุงต้ม และคุณภาพในการกินต่างกันไป ตลอดจนมีผลต่อคุณค่าทางอาหาร เนื่องจากเป็นแหล่งสะสมพลังงาน (Henry and Kettlewell. 1996 : 251)

สตาร์ช แหล่งเกิดของสตาร์ชจะอยู่ในเม็ดสตาร์ชซึ่งมีลักษณะเป็นรูปห้าเหลี่ยมขนาด 3-9 ไมโครเมตร รวมกันเป็นกลุ่มภายในอะมิโลพลาส (Amyloplast) มีลักษณะกลมหรือรี มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7-39 ไมโครเมตร โดยภายในแต่ละอะมิโลพลาสท์มีเม็ดสตาร์ชเกาะรวมกันอยู่ประมาณ 20-60 เม็ด และระหว่างเม็ดสตาร์ชจะมีกลุ่มโปรตีนแทรกอยู่เห็นเป็นร่องเม็ดสตาร์ช (Champage. 1996 : 833-838) สตาร์ชจากข้าวประกอบด้วยอะมิโลส 7-33 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักเมล็ดข้าวสาร หรือ 8-37 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณสตาร์ชทั้งหมด ส่วนที่มีมากคืออะมิโลเพคตินซึ่งในข้าวเหนียวอาจมีถึง 100 เปอร์เซ็นต์ แต่การเกาะกันอยู่ของโมเลกุลอะมิโลสและอะมิโลเพคตินเป็นสตาร์ชนั้นมีลักษณะอย่างไร นักวิทยาศาสตร์ยังต้องศึกษาและวิจัยต่อไป แต่สันนิษฐานว่าส่วนที่ให้โครงสร้างและเป็นผลึก นั้นเกิดจากอะมิโลเพคติน การสกัดเม็ดสตาร์ชออกจากเมล็ดข้าวโดยใช้วิธีการบดแบบเปียกด้วยน้ำ หรือด่างอ่อนเพื่อสกัดแยกโปรตีนออกไป และสารละลายช่วยไม่ให้เกิดสตาร์ชเสียหายในการบด แยกส่วนสตาร์ชจากสารละลาย ทำให้แห้งแล้วบดให้ละเอียดก็จะได้สตาร์ชจากข้าว ซึ่งสตาร์ชจากข้าวเจ้าและข้าวเหนียวจะมีคุณสมบัติทางเคมี-กายภาพที่แตกต่างกันดังแสดงในตาราง 1 (อรอนงค์
นัยวิกุล. 2538 : 53)

คุณภาพของข้าวสุกนั้นขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสตาร์ชที่เป็นองค์ประกอบเป็นสำคัญโดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณอะไมโลส ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ ข้าวสุกจะมีลักษณะนุ่ม และเหนียว ส่วนข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูงข้าวสุกจะมีลักษณะร่วนและแข็ง (ตาราง 2) (อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547 : 155) สตาร์ชเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของข้าวในระหว่างการแปรรูปและหลังการแปรรูป คือการเกิดเจลลาติไนเซชัน (Gelatinization) และการเกิดรีโทรกราเดชัน
(Retrogradation) การเกิดรี
โทรกราเดชันเป็นปรากฏการณ์ที่ขึ้นอยู่กับเวลาและอุณหภูมิ เกิดขึ้นเมื่อองค์ประกอบของแป้งที่ถูกเจลาติไนซ์แล้วมารวมกันอีกครั้งในโครงสร้างที่เป็นระเบียบในภาวะที่เหมาะสมมีผลทำให้เกิดผลึกขึ้น (Atwell and others. 1988 : 306-311)

Mahasarakham University

ตาราง 1 คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของสตาร์ชข้าวเจ้าและข้าวเหนียว

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

พอลิแซกคาร์ไรด์ที่ไม่ใช่สตาร์ช พบมากในเปลือกหุ้มผลและเปลือกหุ้มเมล็ด มากกว่าในเนื้อและคัพภะ จะเป็นพอลิแซกคาไรด์ในรูป เส้นใยอาหาร ซึ่งประกอบไปด้วย เฮมิเซลลูโลส เซลลูโลส สารเพคติน ลิกนิน และโปรตีนที่ติดอยู่ ปริมาณเส้นใย (Crude Fiber) เส้นใยในข้าวกล้อง ข้าวสารและข้าวนึ่งเป็น 0.9 0.3 และ 0.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากการวิเคราะห์แต่ละส่วนของข้าว (โปรตีนสูง) ที่ขัดสีในห้องปฏิบัติการและข้าวในท้องตลาด พบว่า มีปริมาณเส้นใยตั้งแต่ 1.5-3 เปอร์เซ็นต์ (Juliano. 1993 : 43) เส้นใยหยาบและเส้นใยอาหารมีมากในรำและคัพภะ แต่ถ้าวิเคราะห์ปริมาณพอลิแซกคาไรด์จากผนังเซลล์ที่เตรียมได้จะมีมากในข้าวสารเพราะปริมาณเนื้อเมล็ดมีมากกว่าส่วนรำและคัพภะในเมล็ดนอกจากนี้ยังเหลือส่วนที่ละลายได้ในน้ำร้อนและด่างมากกว่ารำและคัพภะอีกด้วย (อรอนงค์ นัยวิกุล. 2538 : 55-59)

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

ตาราง 2 คุณภาพข้าวหุงสุกแบ่งตามปริมาณอะไมโลส

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

Mahasarakham University

2. โปรตีน (Protein)

โปรตีนในข้าวมีปริมาณมากน้อยแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ข้าว และมีน้อยกว่าในธัญชาติชนิดอื่น โปรตีนเป็นสารอาหารที่มีในข้าวมากเป็นที่สองรองจากคาร์โบไฮเดรต (ฉรงค์ นิยมวิทย์. 2538 : 13) โดยคิดคำนวณจากการวิเคราะห์วิธีเจลดาลห์ (Kjeldahl) โปรตีนในข้าวมีอยู่ประมาณ 6-14 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักข้าวสาร โปรตีนในข้าวอยู่กันเป็นกลุ่มมีลักษณะเป็นเม็ด (Granular Protein) มีมากในบริเวณเอนโดสเปิร์มภายนอก ซึ่งแทรกระหว่าง Starch Granule มีขนาด 1-4 ไมโครเมตร ปริมาณกรดอะมิโนแต่ละชนิดในโปรตีนจากข้าวเปลือกไม่ต่างจากข้าวขาวและข้าวกล้องมากนัก เนื่องจากในส่วนเปลือกมีปริมาณโปรตีนไม่มากนัก (2-3 เปอร์เซ็นต์) แต่อย่างไรก็ตามในเปลือกมีปริมาณกรดอะมิโนไลซีนอยู่มากกว่าส่วนอื่น และในข้าวกล้องจะมีไลซีนมากกว่าข้าวสารเล็กน้อย ซึ่งไลซีนจัดเป็นอะมิโนจำเป็นที่มีไม่เพียงพอในโปรตีนจากข้าวและธัญพืชอื่น และปริมาณไลซีนจะมีในรำและคัพภะมากกว่าในส่วนของเนื้อเมล็ด แต่ถ้าคิดโดยปริมาณรวมของโปรตีนทั้งหมด เราจะได้รับจากเนื้อเมล็ดมาก เนื่องจากสัดส่วนของเนื้อเมล็ดมีมากกว่าส่วนอื่น และแหล่งที่มีโปรตีนอีกส่วนหนึ่งคือชั้นแอลิวโรนและชั้นถัดจากชั้นแอลิวโรน โดยสะสมเป็นกลุ่มโปรตีน ซึ่งมีองค์ประกอบต่างกันขึ้นอยู่กับแหล่งที่เกิดของกลุ่มโปรตีนนั้น โปรตีนแบ่งตามลักษณะการละลายได้ 4 ชนิด คือ

1. โปรตีนที่ละลายได้ในน้ำ เรียกว่า แอลบิวมิน (Albumin)
2. โปรตีนที่ละลายได้ในน้ำเกลือ เรียกว่า โกลบิวลิน (Globulin)
3. โปรตีนละลายได้ในแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ เรียกว่า ไกลอะดิน (Gliadin) หรือ โพรลามีน (Prolamin)
4. โปรตีนที่ละลายได้ในกรดและด่างเจือจาง เรียกว่า กลูเตนิน (Glutenin)

โปรตีนในข้าว 90 เปอร์เซ็นต์ เป็นชนิดที่ละลายได้ในด่าง ข้าวจะมีโปรตีนกลูเตนินสูงกว่าธัญพืชอื่น และมีโพรลามีนค่อนข้างต่ำ คือประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ (Juliano. 1995 : 265-274) แต่ไลซีนมีปริมาณค่อนข้างสูง การที่ข้าวมีปริมาณโปรตีนกลูเตนินและโพรลามีน ในระดับที่แตกต่างกันมากและโปรตีนส่วนใหญ่เป็นแบบเม็ด จึงทำให้ข้าวไม่เกิดกลูเตนเมื่อผสมกับน้ำ ส่วนเนื้อเยื่อที่อยู่ใกล้เปลือกของเมล็ดข้าวในชั้น รำ คัพภะและรำละเอียดจะมีแอลบูมิน และโกลบูลินมากกว่าโปรตีนอื่น สำหรับในเนื้อเมล็ดจะมีกลูเตลิน มากที่สุดแต่โพลามินจะมีน้อยในทุกส่วนของเมล็ด (Juliano. 1993 : 44)

Mahasarakham University

3. ไขมัน (Lipid)

ไขมันของข้าวอยู่ในรำเป็นส่วนใหญ่ (ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง) ซึ่งไขมันที่อยู่ในเมล็ดข้าวจะอยู่ในลักษณะเป็นก้อนกลม (Lipid Droplets) แทรกอยู่ในชั้นแอลิวโรนขนาดเล็กกว่า 1.5 ไมโครเมตร อยู่ในชั้นถัดจากแอลิวโรนมีขนาดเล็กกว่า 1 ไมโครเมตร และอยู่ในส่วนคัพภะขนาดเล็กกว่า 0.7 ไมโครเมตร สำหรับในส่วนเนื้อเมล็ดจะอยู่รวมกับกลุ่มโปรตีน และในเม็ดสตาร์ชก็จะมีไขมันชนิดที่มีโครงสร้างร่วมกับสารอื่น (Bound Lipids) ไขมันในเมล็ดส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณเยื่อ Aleurone Layer และคัพภะ ซึ่งขจัดออกไปเมื่อผ่านกระบวนการสีข้าว สำหรับองค์ประกอบกรดไขมันมีกรดไขมันปาล์มมิติก โอเลอิก และ ลิโนเลนิกใกล้เคียงกัน โดยในแกลบมีโอเลอิกมากที่สุด ข้าวสารมีปาล์มมิติกและลิโนลิอิกมากที่สุด ถ้าเปรียบเทียบองค์ประกอบของไขมันจากส่วนที่ไม่ใช่สตาร์ชกับไขมันจากสตาร์ช พบว่า ไขมันจากสตาร์ชข้าวเจ้ามีปาล์มมิติกมากกว่าไขมันที่ไม่ได้มาจากสตาร์ช แต่มีโอเลอิกน้อยกว่าในขณะที่มีลิโนเลนิกใกล้เคียงกัน (ณรงค์ นิยมวิทย์. 2538 : 14 ; อรอนงค์ นัยวิกุล. 2538 : 65)

ประเภทของไขมันในข้าวส่วนใหญ่ คือ ไตรกลีเซอไรด์ รองลงมา คือ ฟอสฟอลิพิด , ไกลโคลิพิด และเทอร์พีนอยด์ ทั้งไขมันภายนอก และภายในเม็ดสตาร์ชเป็นไขมันประเภทสารประกอบมอโนแอซิล ซึ่งกลุ่มของมอโนแอซิลจะเป็นกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัว โดยเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากกว่า สำหรับไขมันภายในเมล็ดสตาร์ชยังมีไลโซเลซิทิน และกรดไขมันอีกด้วย (อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547 : 166) ไขมันที่อยู่กับสตาร์ชจากข้าวกล้องของข้าวเจ้าจะมีประมาณ 0.6-0.7 เปอร์เซ็นต์ และข้าวเหนียวประมาณ 0.2 เปอร์เซ็นต์ ในทำนองเดียวกันปริมาณไขมันที่อยู่ในสตาร์ชจากข้าวสารข้าวเจ้าจะมีประมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์ และข้าวเหนียวประมาณ 0.1 เปอร์เซ็นต์ แต่อย่างไรก็ตามปริมาณไขมันโดยรวมในข้าวเจ้าและข้าวเหนียวจะไม่ต่างกันมากนัก และลักษณะไขมันที่แทรกอยู่ในสตาร์ชอาจจะอยู่รวมกับส่วนอะมิโลสดังเช่นของกลีเซอรอลโมโนสเทียรินกับอะมิโลส (Juliano. 1993 : 45)

4. ปริมาณเส้นใย (Crude Fiber)

ปริมาณเส้นใยในข้าวกล้อง ข้าวสาร และข้าวนึ่ง เป็น 0.9 0.3 และ 0.2% ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ในแต่ละส่วนของข้าว (โปรตีนสูง) ที่ขัดในห้องปฏิบัติการ และข้าวในท้องตลาด พบปริมาณเส้นใยตั้งแต่ 1.5% ปริมาณเส้นใยในแป้งมีบทบาทไม่มากนักทั้งนี้เนื่องจากไม่มีผลกระทบกระเทือนต่อคุณภาพแป้งที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร (เยาวลักษณ์ สุรพันธ์, 2527)

Mahasarakham University

5. แร่ธาตุ (mineral)

แร่ธาตุต่าง ๆ ส่วนใหญ่อยู่ตามบริเวณนอกของเมล็ดจะแตกต่างกันไปตามความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ปลูก จากรายงานค่าของเถ้าของข้าวสาร 259 ตัวอย่างมีค่าตั้งแต่ 0.26-1.95 % (dry basis) เฉลี่ย 0.69 0.64 และ 0.61% สำหรับข้าวเมล็ดยาว ปานกลาง และสั้น ตามลำดับ

ในข้าวมีฟอสฟอรัส แมกนีเซียม และโพแทสเซียม อยู่พอสมควรและมีธาตุแคลเซียม คลอรีน ซิลิคอน โซเดียม และเหล็กอยู่เล็กน้อย ในข้าวกล้องและข้าวสารมีปริมาณเหล็กและแคลเซียมยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย ธาตุฟอสฟอรัสที่มีอยู่แล้วแม้ว่าจะมีปริมาณสูงแต่อยู่ในรูปที่ร่างกายนำไปใช้ได้ไม่หมด เพราะเป็น phytin phosphorus สูงถึง 55%

ในการวิเคราะห์หาแร่ธาตุในอาหารอาจใช้เถ้าเป็นตัวแทน โดยทำการเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส สารอินทรีย์ จะถูกเผาให้กลายเป็นแก๊ส ส่วนที่เหลือเรียก "เถ้า" ซึ่งเป็นตัวแทนของอินทรีย์สาร แต่ไม่ได้เป็นตัวแทนของอินทรีย์สารอย่างแท้จริง เนื่องจากมีธาตุบางอย่าง เช่น โซเดียม โพแทสเซียม ซัลเฟอร์ และฟอสฟอรัส ได้สูญเสียไประหว่างการเผา และยังมีแร่ธาตุบางอย่างมาจากอนินทรีย์สาร เช่น กำมะถัน และฟอสฟอรัส ซึ่งเป็นส่วนประกอบของโปรตีนในแป้ง ถ้ามีการปะปนของอนินทรีย์สารอื่น ๆ ก็จะทำให้ปริมาณเถ้าสูงด้วย ดังนั้นปริมาณเถ้าในแป้ง จะบอกให้ทราบถึงคุณภาพแป้งว่ามีความบริสุทธิ์มากน้อยเพียงใด นอกจากนี้ปริมาณเถ้า ยังมีผลต่อประสาทสัมผัสของผู้บริโภคในแง่ความระคายต่อลิ้นเวลารับประทาน ทั้งนี้ยังมีผลต่อปริมาณของผลิตภัณฑ์ขนมอีกด้วย (ทัศนีย์ พรกิจประสานและอรอนงค์ นัยวิกุล, 2530)

ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นแผ่นเฟลก (flakes)

การทำให้เป็นแผ่น (flaking) นี้จะทำได้กับธัญพืชทั้งเมล็ด อนุภาคชิ้นใหญ่หรือแป้ง ถ้านำเมล็ดของข้าวสาลี ข้าวโพด ข้าวเจ้าหรือข้าวโอ๊ต ผ่านไประหว่างลูกกลิ้งก็จะได้ชิ้นที่มีขนาดเล็กลง หรือถ้านำเมล็ดธัญพืช เหล่านี้มาผ่านไอน้ำก่อน เมื่อรีดผ่านลูกกลิ้งจะได้เป็นแผ่นบางหรือ flakes เช่นกัน หรือถ้าใช้แป้ง (native starch) ซึ่งมีเม็ดแป้งขนาดใหญ่จะต้องทำให้สุกก่อน (gelatinize) เพื่อให้ย่อยได้ง่ายและเกิดเนื้อสัมผัสที่ต้องการการผลิต flakes จะต้องปรับปริมาณความชื้นให้พอเหมาะ เพื่อจะได้มีความยืดหยุ่นดี และปั้นเป็นรูปที่ต้องการได้ หลังจากนั้นนำมาทำให้แห้งหรือสุกเพื่อลดความชื้นลงทำให้เกิดกลิ่นที่ต้องการและบางครั้งมีผลทำให้พองตัวดีด้วย ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีความชื้นต่ำ เปราะและกรอบ (อุสาห์ เจริญวัฒนา,2526) ผลิตภัณฑ์จากธัญพืชควรมีค่าความเหม็นหืน (TBA valuc) ของ 0.03-0.05 mg.Malonaldehydc/kg.ตัวอย่าง (Butt M. S. et al, 2006)

การทำแห้ง (Dehydration)

การทำให้อาหารแห้งหรือการดึงน้ำออกจากอาหาร นับว่าเป็นวิธีการถนอมอาหารแบบหนึ่งที่ทำได้ง่าย และเป็นวิธีการที่เก่าแก่ที่สุดวิธีหนึ่ง ซึ่งมนุษย์ได้เรียนรู้จากธรรมชาติ โดยสังเกตจากเมล็ดพืช เช่น ข้าวเปลือก ข้าวโพด ข้าวสาลี กั่วชนิดต่างๆสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานปี ถ้าให้ผลผลิตเหล่านี้แก่เต็มที่ แต่ถ้าเก็บเกี่ยวผลผลิตตามระยะเวลาผลผลิตเหล่านี้อาจเน่าเสียง่ายจึงทำให้รู้ว่าถ้าเก็บผลิตผลทางเกษตรกรรมในสรูปที่แห้งโดยการนำมาผึ่งแดดเสียก่อน จะเก็บรักษาไว้ได้นานซึ่งวิธีการทำให้อาหารแห้งโดยอาศัยธรรมชาตินี้ไม่มีเทคนิคและหลักวิชาการเข้าไปเกี่ยวข้องเลย ความชื้นที่ระเหยออกไปจากอาหารจะเพียงพอในระดับใดก็ขึ้นอยู่กับประสบการณ์และความชำนาญของผู้ทำ จากผลการศึกษาพบว่า ปริมาณความชื้นที่จะป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารเนื่องจากจุลินทรีย์ โดยทั่วไปควรจะดึงน้ำออกจนเหลือต่ำกว่าร้อยละ 10 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบเป็นสำคัญ ถ้าจะป้องกันการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ควรจะลดให้ต่ำลงอีกจนถึงประมาณร้อยละ 5 มีการให้ความร้อนลูกกลิ้งที่ทำจากโลหะเหล็กทรงกระบอกกลวงซึ่งหมุนอย่างช้าๆ โดยใช้ไอน้ำความดันสูงที่อุณหภูมิ 120-170 ° C อาหารจะแผ่เป็นชิ้นบางๆ อย่างสม่ำเสมอบนผิวของลูกกลิ้งโดยการจุ่ม การฉีดพ่น หรือการแผ่บางๆ อาหารแห้งจะถูกขูดออกโดยใบมีดซึ่งจะสัมผัสกับผิวของลูกกลิ้งอย่างสม่ำเสมอ ก่อนที่ลูกกลิ้งจะหมุนครบหนึ่งรอบ (ภายใน 20 วินาที-3นาที) เครื่องอบแห้งนี้อาจประกอบด้วย ลูกกลิ้ง 1 หรือ 2 ลูกก็ได้ นิยมใช้ลูกกลิ้งเดี่ยวมากกว่า เพราะมีความยืดหยุ่นในการใช้มากกว่าแบบลูกกลิ้งคู่ เนื่องจากมีพื้นที่ผิวของลูกกลิ้งที่ใช้ในการอบแห้งสูงกว่า ดูแลรักษาง่าย ไม่เกิดความเสียหายเนื่องจากวัตถุโลหะหล่นลงมาระหว่างลูกกลิ้ง

การอบและการย่าง (Baking and Roasting)

ในการอบอาหารนั้น อาหารจะได้รับความร้อนจากการแผ่รังสีจากผนังเครื่องอบ การพาความร้อนจากอากาศที่หมุนเวียนและการนำความร้อนผ่านถาดที่มีอาหารวางอยู่ ความร้อนส่วนใหญ่จะถ่ายเทไปยังอาหารโดยการนำความร้อน ส่วนการถ่ายเทความร้อนของอากาศ ก๊าซอื่นๆ และไอน้ำในเครื่องอบเกิดขึ้นโดยการพาความร้อน และเปลี่ยนเป็นการนำความร้อนที่ผิวหน้าของอาหารและที่ผนังเครื่องอบ ฟิล์มบางๆของอากาศเป็นตัวต้านทานการถ่ายเทความร้อนสู่อาหาร และการเคลื่อนที่ของไอน้ำจากอาหาร ความเร็วของอากาศและคุณสมบัติของผิวหน้าของอาหารจะเป็นตัวกำหนดความหนาของชั้นฟิล์มนี้ กระแสการพาความร้อนส่งเสริมให้เกิดการกระจายความร้อนอย่างสม่ำเสมอในตู้อบ มีการติดตั้งพัดลมในตู้อุตสาหกรรม เพื่อเสริมกระแสการพาความร้อนตามธรรมชาติ การนำความร้อนผ่านจานอบซึ่งสัมผัสกับแหล่งให้ความร้อนในตู้อบ หรือบนสายพานจะเพิ่มความแตกต่างของอุณหภูมิที่ด้านล่างของอาหาร และทำให้เกิดอัตราการอบที่แตกต่างกัน อาหารที่มีค่าในการนำความร้อนต่ำ จึงทำให้เกิดอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนมีค่า

Mahasarakham University

ต่ำและมีผลมากต่อเวลาการอบ ขนาดของชิ้นอาหารเป็นตัวกำหนดระยะทางที่ความร้อนต้องเคลื่อนที่จากผิวอาหารเข้าสู่ใจกลางอาหารเพื่อให้เกิดการอบอย่างเพียงพอ (วิไล รังสาดทอง,2546)

ชนิดของวิตามินและแร่ธาตุ

ธาตุเหล็ก (Iron)

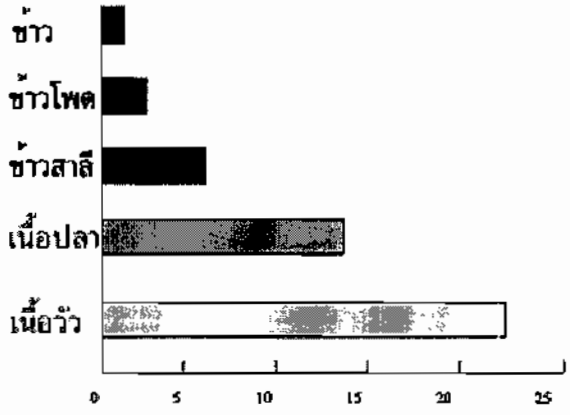
เป็นสารอาหารในกลุ่มแร่ธาตุ ธาตุเหล็กมีอยู่ในเม็ดเลือดแดงทุกเม็ดและในเซลล์ทุกเซลล์ ธาตุเหล็กเป็น ส่วนประกอบของ hemoglobin ที่ถูกห่อหุ้มอยู่ในเม็ดเลือดแดง ซึ่งสาร hemoglobin จะทำหน้าที่ในการจับออกซิเจน ไปให้เซลล์ต่าง ๆ ในร่างกาย ธาตุเหล็กยังเป็นส่วนประกอบของ enzyme ต่าง ๆ ในปฏิกิริยาชีวะเคมีที่เกี่ยวข้องกับการ สร้างพลังงาน และยังเกี่ยวข้องกับการสร้างสารพันธุกรรมหรือการนำพาอิเลคตรอน ดังนั้น ธาตุเหล็กจึงมีความจำเป็น สำหรับการดำรงชีวิตอยู่ ถ้าร่างกายมีภาวะพร่องหรือขาดธาตุเหล็กจะทำให้ขบวนการสร้างพลังงานบกพร่องไป จะมีผลให้ ประสิทธิภาพในการทำงานทั้งด้านกำลังกายและสมองบกพร่องไปด้วย ซึ่งจะมีผลกระทบทำให้ประสิทธิภาพในการทำงาน ลดลง และจะส่งผลต่อเนื่องทำให้เกิดปัญหาเศรษฐกิจตามมา ฉะนั้นการรักษาดุลยภาพของธาตุเหล็ก ในร่างกายจึงเป็นสิ่ง ที่ต้องให้ความสำคัญ เพราะจะมีผลต่อสุขภาพและการดำรงชีวิตอยู่อย่างมีคุณภาพ

ในภาวะปกติ ปริมาณธาตุเหล็กในร่างกายเกือบจะคงที่และร่างกายไม่มีอวัยวะขับถ่ายธาตุเหล็ก แต่ร่างกาย มีการ สูญเสียธาตุเหล็กออกจากร่างกายเล็กน้อย โดยการลอกหลุดของเซลล์บุอวัยวะต่างๆ เช่น ลำไส้ ไต ผิวหนัง เป็นต้น แล้วจะถูก ขับออกทางอุจจาระ ปัสสาวะ และเหงื่อ ซึ่งมีการศึกษาพบปริมาณธาตุเหล็กที่ขับออกจากร่างกาย อาทิ ขับออกทางอุจจาระ 0.5 มิลลิกรัม ขับออกทางปัสสาวะ 0.1 มิลลิกรัม และการลอกหลุดของเซลล์ผิวหนัง 0.2 มิลลิกรัม เป็นต้น

การสูญเสียธาตุเหล็กออกจากร่างกายโดยการลอกหลุดของเซลล์บุอวัยวะต่างๆ จัดเป็นการสูญเสียขั้นพื้นฐาน (basal loss) การสูญเสียธาตุเหล็กขั้นพื้นฐานแปรผันตามเพศและวัย ในสตรีวัยเจริญพันธุ์ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลง ทางสรีระของร่างกายเข้าสู่วัยมีประจำเดือน ทำให้มีการสูญเสียธาตุเหล็กเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีการเสียเลือดทางประจำเดือน วันละ 0.5-1.9 มิลลิกรัม ฉะนั้นผู้หญิงวัยมีประจำเดือนจะสูญเสียธาตุเหล็กมากกว่าผู้หญิงวัยหมดประจำเดือน

การต้องการรักษาดุลยภาพของธาตุเหล็กในร่างกาย ร่างกายจะต้องรักษาความสมดุลย์ของธาตุเหล็ก เพื่อให้เพียงพอสำหรับการสร้างเม็ดเลือดแดงและการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อในการขยายขนาดหรือการซ่อมแซมของร่างกาย ฉะนั้นร่างกายจะต้องได้รับปริมาณธาตุเหล็กทดแทนปริมาณธาตุเหล็กที่สูญเสียออกไป และปริมาณธาตุเหล็ก เพื่อการเจริญเติบโตของร่างกาย การให้ได้ปริมาณธาตุเหล็กที่ร่างกายต้องการต่อวัน (minimum daily requirement, MDR) ร่างกายจะต้องได้รับธาตุเหล็กในอาหารที่มีปริมาณเพียงพอ

จากการศึกษาพบว่า อัตราการดูดซึมธาตุเหล็กจากอาหารมีความแตกต่างกัน อาหารหลักของประชากรโลกคือข้าว ข้าวสาลีพบว่า อัตราการดูดซึมธาตุเหล็กของอาหารกลุ่มนี้ประมาณ 1-2% ของปริมาณธาตุเหล็กที่มีอยู่ อาหาร จำพวกถั่ว ดูดซึมได้ประมาณ 5-7% ส่วนเนื้อวัว เนื้อปลา ดูดซึมธาตุเหล็กได้ดีประมาณ 12-20% จะเห็นว่า อัตราการดูดซึมธาตุเหล็กจะแตกต่างกันตามชนิดของอาหาร อัตราการดูดซึมธาตุเหล็กจากอาหารคิดโดยเฉลี่ยเท่ากับ 10% ของปริมาณธาตุเหล็กในอาหาร ดังแสดงในภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 ปริมาณธาตุเหล็กที่พบในอาหาร

ในภาวะปกติปริมาณธาตุเหล็กที่ร่างกายต้องการเพื่อรักษาสมดุลของธาตุเหล็กมีปริมาณน้อยเพียงประมาณ 1 มิลลิกรัมในผู้ชาย และ 2 มิลลิกรัมในผู้หญิงวัยเจริญพันธุ์ ถ้าหากสตรีวัยเจริญพันธุ์มีการตั้งครรภ์ ความต้องการ ธาตุเหล็กก็เพิ่มขึ้นเพื่อให้กับทารกในครรภ์ การขยายขนาดของร่างกายและปริมาตรเม็ดเลือดแดง คลอดจนการ สูญเสียเลือดเมื่อคลอด เมื่อคิดเป็นปริมาณเหล็กทั้งหมดที่ต้องการต่อการตั้งครรภ์ประมาณ 1000 มิลลิกรัม หรือ ประมาณ 3 มิลลิกรัมต่อวัน และหลังคลอดในระยะที่มารดาให้นมบุตรใน 6 เดือนแรก มารดาจะเสียธาตุเหล็ก ในน้ำนมประมาณวันละ0.3 มิลลิกรัม ฉะนั้นในผู้หญิงวัยเจริญพันธุ์จึงมีปริมาณธาตุเหล็กในร่างกายน้อยกว่าในผู้ชาย แหล่งอาหารของธาตุเหล็ก ธาตุเหล็กมีอยู่ในอาหารทั้งในพืชและเนื้อสัตว์ ธาตุเหล็กมีมากในเนื้อสัตว์ เช่น เนื้อหมู เนื้อวัว ปลา ในเลือดสัตว์ สำหรับในพืช ธาตุเหล็กมีมากในผักใบเขียว เช่น ผักโขม หรือในพืชที่เป็นเมล็ด หรือหัว เช่น ถั่วต่าง ๆ เป็นต้น

ธาตุเหล็กถูกบังคับเสริมในการเสริมในอาหารเช้าธัญพืชที่วางจำหน่ายทั่วสหรัฐอเมริกา เริ่มจากปี ค.ศ. 1998 (FDA, 1996) และให้มีปริมาณ 13 – 26 mg/lb (Dexter, 1998)

Iron ส่วนมากอยู่ในร่างกายมนุษย์ในรูปของเม็ดโลหิตแดง ซึ่ง Iron จะทำหน้าที่ล้อมรอบโปรตีน เส้นเลือดแดงจะส่งออกซิเจนไปยังเนื้อเยื่อต่างๆ ซึ่งจะทำการแลกเปลี่ยนในเซลล์ต่างๆ Iron

จะประกอบไปด้วยเอนไซม์ต่างๆ ที่ร่างกายเราต้องการเพื่อจะทำหน้าที่ยับยั้งการเกิดกรดไขมันและกลูโคส ข้าวกล้องที่หุง ½ ถ้วยตวง จะมี Iron 8% U.S. Daily Value (DV) ข้าวขัดขาวที่หุง ½ ถ้วยตวง จะมี Iron 7% U.S. Daily Value (DV) (ศิริธร ศิริอมรพรรณ, มปป.)

ธาตุเหล็กจะถูกดูดซึมได้ดีในบริเวณลำไส้เล็กส่วนต้น ในกระเพาะอาหารมีการดูดซึมธาตุเหล็กน้อยมาก บริเวณที่ ดูดซึมธาตุเหล็กได้ดีคือ duodernum และ jejunum การดูดซึมธาตุเหล็กจะดีที่สุดบริเวณ duodenum แล้ว การดูดซึมธาตุเหล็กจะลดลงตามลำดับในส่วนทางเดินอาหารที่ห่างออกไป ที่ terminal ileum แทบไม่มีการดูดซึม ธาตุเหล็ก ธาตุเหล็กในอาหารส่วนใหญ่ประมาณ 90% จะเป็นธาตุเหล็กชนิดเหล็กอนินทรีย์ และอยู่ในรูป ferric ซึ่งจะถูกดูดซึมได้ไม่ดีในสิ่งแวดล้อมในลำไส้เล็กส่วนต้นที่มี pH น้อยกว่า 3

ธาตุเหล็กที่นิยม เสริมในผลิตภัณฑ์อาหารธัญพืช ได้แก่

1. Ferrous sulfate เป็นแร่ธาตุที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีราคาถูก เป็นผงสีขาวหรือเขียว ละลายได้ในน้ำ มีค่าความสามารถในการดูดซับใช้ได้ 100 % (Hurrell R., 1999)นิยมใช้เสริมในแป้งสาลีที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์เบอเกอรี่ แต่สามารถเกิดออกซิเดชั่นได้ ทำให้มีกลิ่นของผลิตภัณฑ์ผิดปกติไป และเกิดการเปลี่ยนแปลงสีในผลิตภัณฑ์ได้ ปริมาณที่แนะนำให้ใช้ในการเสริมในแป้งสาลี 35-60 มิลลิกรัม/กิโลกรัมแป้ง (De Ritter, E. 1976)

2. Ferrous Fumarate เป็นแร่ธาตุที่มีผงสีน้ำตาลอมแดง ละลายน้ำได้เล็กน้อย มีค่าการดูดซับใช้ได้ 100 % เท่ากับ Ferrous sulphate แต่เนื่องจากมีสีน้ำตาลเมื่อนำมาผสมกับข้าวสารจะให้สีที่ไม่เป็นที่ยอมรับกับผู้บริโภค ปริมาณที่แนะนำให้ใช้ในการเสริมในแป้งสาลี 35-60 มิลลิกรัม/กิโลกรัมแป้ง (Hurrell R., 1999)

3. Ferrous gluconate เป็นแร่ธาตุที่เป็นผงสีเหลือง สามารถละลายได้ในน้ำ สามารถใช้แทน Ferrous sulphate ได้ มีค่าความสามารถในการดูดซับใช้ได้ 89 % แต่ไม่เป็นที่นิยมเนื่องจากมีราคาแพง (Hurrell R., 1999)

4. Elemental iron powders ไม่ค่อยได้รับความนิยมเนื่องจากมีผลต่อสี ผลิตภัณฑ์และรสชาติ และเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติได้ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

5. sodiumiron-EDTA or disodium EDTA สามารถละลายได้ในน้ำ ช่วยในการดูดซึมธาตุเหล็กได้ดี โดยสารมารถที่จะป้องกันการขัดขวางการดูดซึมธาตุเหล็กของ กรดไฟติกได้ (Phytic aeid) และถ้าใช้ร่วมกับ ferrous sulfate ยิ่งส่งเสริมให้การดูดซึมธาตุเหล็กไปใช้ได้ดี

กรดโฟลิค

เป็นสารอาหารในกลุ่มของวิตามินบี ซึ่งถูกจัดลำดับให้เป็นวิตามินบี 9 กรดโฟลิคอาจอยู่ในรูปสารประกอบชนิดอื่น และมีชื่อเรียกต่างๆกันไป เช่น โฟเลท (folate), โฟเลซิน (folaein),

แอซิดัมโฟลิคัม (acidum folicum) และโฟลินไซร์ (folinsyre)(William, M., 1994)

กรดโฟลิคมีหน้าที่ในการสังเคราะห์สารพันธุ์กรรม (DNA) และควบคุมการสร้างกรดอะมิโน กรดโฟลิคเมื่อเข้าสู่ร่างกายจะถูกดูดซึมที่ลำไส้เล็กจากนั้นจะถูกส่งไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกายและในที่สุดจะถูกขับออกไปกับปัสสาวะในรูปของโฟเลท (ศิริธร ศิริอมรพรรณ, มปป.)

กรดโฟลิคจำเป็นต่อการสร้างเซลล์ใหม่และมีส่วนช่วยในการเสริมสร้างความสมบูรณ์แข็งแรงของเซลล์จะวัดปริมาณของโฟเลทในเม็ดเลือดแดงเพื่อเป็นการทำนายภาวการณ์ตั้งครรภ์ของสตรีทั้งนี้เพราะว่าการได้รับปริมาณกรดโฟลิคหรือโฟเลทอย่างเพียงพอจะสามารถป้องกันความพิการทางสมองในเด็กแรกเกิดได้ เมื่อขาดกรดโฟลิคจะเกิดภาวะโลหิตจาง มะเร็งบางชนิดจะเติบโตได้ดี ความดันเลือดสูงและเบาหวาน

โดยปกติแล้วร่างกายคนเรานั้นทนต่อโฟเลทหรือกรดโฟลิคได้ดี มีการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการรับประทานโฟเลทหรือโฟลิคมากถึง 5000 ไมโครกรัมต่อวันไม่เกิดผลข้างเคียงในผู้กินเลยซึ่งหมายความว่าการรับประทานโฟเลทวันละ 400 ไมโครกรัมปลอดภัยต่อผู้บริโภคแต่ผลข้างเคียงอาจเกิดขึ้นได้ในรายที่รับประทานโฟเลทมากกว่าค่า RDA 10 เท่าติดต่อกันนานถึง 1 เดือน (ศิริธร ศิริอมรพรรณ, มปป.)

กรดโฟลิคถูกบังคับเสริมในการเสริมในอาหารเช้าธัญพืชที่วางจำหน่ายทั่วสหรัฐอเมริกาเริ่มจากปี ค.ศ. 1998 (FDA, 1996) และให้มีปริมาณ 0.7 – 1.4 mg/lb (Dexter, 1998)

เนื่องจากกรดโฟลิคไม่คงตัว สลายตัวได้ง่ายเมื่อถูกแสง ขณะที่เป็นกลางและด่างรวมทั้งในระหว่างการหุงต้ม แต่ยังคงตัวต่อความร้อนในสภาวะที่เป็นกรด ดังนั้นในการเติมสารที่เป็นรีดิวซิงเอเจนต์ เช่น กรดแอสคอร์บิคเพื่อช่วยป้องกันการออกซิไดซ์คือจะช่วยป้องกันโฟเลทต่อการทำลายออกซิเจนและอนุมูลอิสระได้ การสูญเสียโฟเลทในอาหารจะขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร อุณหภูมิที่ใช้ในการแปรรูปและธรรมชาติทางเคมีของอาหาร เช่น ตัวเร่ง ออกซิเจน ความเป็นกรดด่าง และบัฟเฟอร์ เป็นต้น(Hurrell R., 1999)

การเสริมวิตามินและแร่ธาตุ

1. กรรมวิธีการเสริมวิตามินและแร่ธาตุ

การเสริมโภชนาการกระทำได้โดยวิธีการดังนี้

1. การผสมข้าวเสริมโภชนาการกับข้าวขาว (Pennix kernel) โดยวิธีของ Hoffman-La Roche เป็นการผลิตข้าวเสริมโภชนาการ โดยการผสมข้าวที่ผ่านกระบวนการเสริมโภชนาการกับข้าวธรรมดา คือ การพ่นสารละลายที่มีไทอะมีน (B1) และไนอะซีน (B2) ลงไปค่อย ๆ ลดความชื้นลง หลังจากนั้นจึงเคลือบด้วยสารละลายกรด stearic, zein และ abietic acid ในแอลกอฮอล์ 2 ครั้ง ในขั้นตอนสุดท้ายจึงนำสาร ferric pyrophosphate และผงแป้งโรยเพื่อป้องกันการเกาะตัวกัน

ของเมล็ดข้าว เมื่อบริโภคจึงนำเมล็ดข้าวเสริมโภชนาการนี้ผสมกับข้าวขาวในอัตราส่วน 1 : 200 และหุงต้ม (Hoffpauer and Wrigh , 1994)

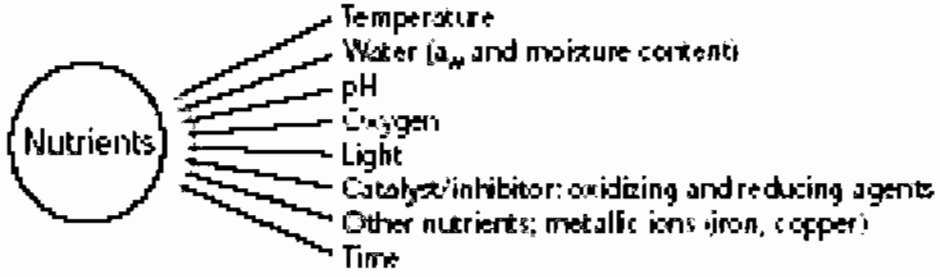
2. การผสมกับผงของสารอาหาร (Powdered premix) เป็นการผสมอย่างง่ายๆ โดยผสมสารอาหาร 0.5-0.1 ส่วนต่อข้าว 16,000 ส่วน ข้าวเสริมโภชนาการนี้ไม่ควรล้างข้าวเมื่อจะหุงต้ม เพราะสารอาหารเหล่านั้นจะสูญหายไปกับน้ำ (Hoffpauer and Wrigh , 1994)

3. การเลียนแบบเมล็ดข้าวหรือข้าวเทียม (Simulate rice) เป็นวิธีการผสมวิตามินและเกลือแร่ที่แปลกออกไป โดยทำเป็นข้าวเทียม แล้วนำข้าวเทียมไปผสมกับข้าวสารขาวในขณะทำการหุงต้ม ข้าวเทียมประกอบด้วยแป้งสาลีหรือแป้งข้าวเจ้า น้ำ วิตามินและเกลือแร่ นำไปผ่านเครื่องอัดเป็นก้อนยาวแล้วตัดเป็นท่อนเล็กๆ มีลักษณะเหมือนกับเมล็ดข้าวสาร ทำให้แห้ง ความเข้มข้นของวิตามินและเกลือแร่ในเมล็ดข้าวมีประมาณ 200 เท่า ของข้าวปกติ ด้วยเหตุนี้จึงนำไปผสมกับข้าวสารจะใช้เพียง 1 ส่วนในข้าวสาร 200 ส่วน การผสมวิตามินวิธีนี้มีทั้งข้อดีและข้อเสีย ส่วนที่เป็นข้อดี คือ สามารถเปลี่ยนแปลงส่วนผสมให้เหมาะกับสภาวะการขาดแคลนอาหารได้ ส่วนข้อเสีย คือ มีการสูญเสียวิตามินและเกลือแร่มากระหว่างการล้างและหุงต้ม (Hoffpauer and Wrigh , 1994)

4. วิธีของ Merok เป็นวิธีที่คล้ายคลึงกับวิธีของ Hoffman-La Roche เริ่มด้วยการพ่นสารละลายวิตามินบีหนึ่ง ไนอะซิน วิตามินบีสอง ferric orthrophosphate และ ethyloeellose ในอาซีโตนผสมน้ำ ระเหยให้แห้งเคลือบทับด้วย talc (Dexter, 1998)

2. ความคงตัวของวิตามินและแร่ธาตุ

กระบวนการ fortifieation จะสำเร็จบรรลุวัตถุประสงค์ได้จะต้องขึ้นอยู่กับความคงตัวของสารอาหารในระหว่างกระบวนการผลิตและการเก็บรักษา โดยปัจจัยที่มีผลต่อความคงตัวประกอบด้วย ปัจจัยทางกายภาพและเคมี (Dexter, 1998) ดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 ปัจจัยที่มีผลต่อความคงตัวของวิตามินและแร่ธาตุ

จากการศึกษาของ Capanzana,. M. V.และคณะ โดยทำการศึกษาภาชนะที่ใช้ในการเก็บข้าวเสริมธาตุเหล็กในอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 เดือนในภาชนะ 4 ชนิด ดังนี้

1. polyethylene
2. plastic sack
3. polyethylene bag in a box
4. sachet

ผลจากการทดลองคือ การบรรจุข้าวเสริมวิตามินในภาชนะบรรจุ polyethylene bag in a box จะพบว่าไม่มีปัจจัยทางเคมีและทางกายภาพเข้ารบกวนได้ หรืออาจรบกวนได้แต่น้อย แต่ผลทางด้านสีพบว่าจะเกิดเป็นสีเทาขาวซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค แต่ถ้าเก็บข้าวไว้ใน sachet พบว่า จะสามารถเก็บได้นานถึง 8 เดือน โดยยังคงรักษาสี กลิ่น รส และเนื้อสัมผัสที่ดีหลังจากการหุงต้มได้เป็นอย่างดี และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (Capanzana,. M. V. et al.,2002)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Thomson B. (2005) ได้ศึกษาปริมาณของโฟเลทและธาตุเหล็กในผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ ได้แก่ อาหารเด็ก ขนมปัง อาหารเช้าธัญพืช น้ำผลไม้ เนื้อสัตว์เปรียบเทียบกับข้อมูลโภชนาการในฉลากของแต่ละชนิดพบว่า ผลิตภัณฑ์อาหารเช้ามีปริมาณของโฟเลทประมาณ133 - 880 µg/100g เมื่อนำผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมาศึกษาความคงตัวในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน พบว่า หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน ปริมาณของโฟเลทลดลง 30% และเมื่อเก็บรักษานานเป็นเวลา 4 เดือนปริมาณของโฟเลทลดลง 25% ส่วนการศึกษาปริมาณของธาตุเหล็กผลิตภัณฑ์อาหารเช้ามีปริมาณของธาตุเหล็กประมาณ 6.0 – 17.8 µg/100g เมื่อนำผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมาศึกษาความคงตัวในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6เดือน พบว่า หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน ปริมาณของธาตุเหล็กลดลง 10 % และเมื่อเก็บรักษานานเป็นเวลา 4 เดือนปริมาณของธาตุเหล็กลดลง 20%

สงวนศรี เจริญเหรียญ และกมลวรรณ อิศราคาร (2547) ได้ศึกษาผลของกระบวนการแช่แข็งต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพข้าวและผลิตภัณฑ์ข้าวเพื่อการส่งออก จากการวิจัยสมบัติพื้นฐานทางเคมีและกายภาพของข้าวพันธุ์ต่างๆ ที่มีระดับอะไมโลสต่างกัน ได้แก่ กข 6 (5.64%), ขาวดอกมะลิ 105 (17.46%), กข 7 (27.60%) และเหลือง 11 (34.23%) แป้งข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำจะใช้พลังงานในการเกิดเจลาติไนซ์สูงกว่า โดยอุณหภูมิเริ่มต้นในการเกิดเจลาติไนซ์ของเหลือง 11, ขาว

ดอกมะลิ 105, กข 6, และ กข 7 ประมาณ 69, 62, 65, และ 74°C ตามลำดับและมีแนวโน้มที่จะสุกที่อุณหภูมิต่ำกว่าแป้งที่มีอะไมโลสสูง

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิค (2547) ได้ศึกษาผลของกระบวนการเอกซ์ทรูชันต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพข้าว และผลิตภัณฑ์ข้าวเพื่อการส่งออก จึงได้ศึกษาสมบัติพื้นฐานทางเคมีและกายภาพของข้าวพันธุ์ต่างๆ ที่มีระดับอะไมโลสต่างกันคือ ข้าวเหนียว กข 6, ข้าวดอกมะลิ 105, ข้าวสุพรรณบุรี 60 และข้าวชัยนาท 1 ซึ่งปริมาณอะไมโลส 7, 17, 24 และ 33% ตามลำดับ พบว่า ข้าวพันธุ์ที่ศึกษาที่มีปริมาณอะไมโลสปานกลางขึ้นไป คือ ข้าวสุพรรณบุรี 60และข้าวชัยนาท 1 ให้คุณภาพของเอกซ์ทรูเดตที่ดีเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส โดยขนาดของข้าวที่ผ่านการบดที่เข้าสู่เครื่องเอกซ์ทรูเดอร์มีผลต่อคุณภาพของเอกซ์ทรูเดตซึ่งพบว่าขนาดที่เหมาะสมของ rice grits ควรเล็กกว่า 212 μm (70 เมส) เนื่องจากผู้ทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสจัดลำดับความชอบอยู่ในระดับมาก เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพของเอกซ์ทรูเดตที่เตรียมจากข้าวกล้องและข้าวขาวโดยเลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ผ่านการบดและร่อนให้ได้ขนาดเล็กกว่า 212μm พบว่า rice grits จากข้าวกล้องให้เอกซ์ทรูเดตที่มีคุณภาพที่ดีกว่าข้าวขัดขาวโดยได้คะแนนการจัดลำดับความชอบที่สูงกว่า ทั้งนี้เนื่องจากเอกซ์ทรูเดตจากข้าวกล้องให้ลักษณะโครงสร้างของเซลล์หรือความเป็นรูพรุนที่เล็กและสม่ำเสมอกว่าเอกซ์ทรูดที่ได้จากข้าวขัดขาว

กมลวรรณ แจ้งชัดและคณะ (2547) มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาอาหารขบเคี้ยวข้าวผสมผลไม้ และศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ และการยอมรับของผู้บริโภค การพัฒนาอาหารขบเคี้ยวแปรรูปโดยวิธีเอกซ์ทรูชันจากข้าวผสมกล้วยแปรรูป 2 ชนิด คือ กล้วยอบเนย และกล้วยสุกอบแห้ง จากการศึกษาอิทธิพลของปริมาณกล้วยและปริมาณความชื้นต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ พบว่าเมื่อปริมาณกล้วยหรือปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น อาหารขบเคี้ยวทั้งสองชนิดมีอัตราการพองตัวลดลง มีค่าความแข็งและความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่ออาหารขบเคี้ยวที่เคลือบด้วยน้ำเชื่อมผสมกลิ่นคาราเมลที่พัฒนาได้พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบอยู่ที่ระดับปานกลาง สำหรับการพัฒนาอาหารขบเคี้ยวอัดแท่งจากข้าวผสมผลไม้ พบว่าอัตราส่วนของข้าวพอง(ผลิตจากข้าวกล้องขาวดอกมะลิ 105) ต่อผลไม้อบแห้ง ปริมาณเนย ปริมาณน้ำผึ้ง และอัตราส่วนของสารยึดเกาะที่ต่างกัน มีอิทธิพลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ทางกายภาพ และทางประสาทสัมผัส สูตรที่เหมาะสมมีอัตราส่วนของข้าวพองต่อผลไม้อบแห้งเท่ากับ 1:1 และมีส่วนประกอบอื่นๆ ได้แก่ ถั่วลิสง น้ำผึ้ง เนย สารยึดเกาะน้ำตาล และเกลือ ผลิตภัณฑ์มีคะแนนความชอบรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับชอบมาก

Mahasarakham University

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) เพื่อศึกษา 1. การศึกษาหากรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญพืชชนิดไรซ์เฟลคจากข้าว 2 ชนิด คือ ข้าวพันธุ์ กข 6 และข้าวหอมมะลิ และได้สูตรที่เหมาะสม 2. ศึกษาระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดโฟลิคและธาตุเหล็กในผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญพืชชนิดไรซ์เฟลค โดยดำเนินการวิจัยตามลำดับดังต่อไปนี้

1. แผนการวิจัย
2. วิธีดำเนินการวิจัย
3. การวิเคราะห์ข้อมูล

แผนการวิจัย

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้แบ่งการวิจัยออกเป็น 2 การทดลอง คือ 1. การศึกษาหากรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญพืชชนิดไรซ์เฟลคจากข้าว 2 ชนิด คือ ข้าวพันธุ์ กข 6 และข้าวหอมมะลิ และได้สูตรที่เหมาะสม 2. ศึกษาระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดโฟลิคและธาตุเหล็กในผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญพืชชนิดไรซ์เฟลค ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ในการทดลองที่ 1 เป็นการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิตและคุณภาพผลิตภัณฑ์ โดยใช้แผนการทดลอง CRD (Completely Random Design) มี 4 ปัจจัย ดังนี้

1. ขนาดที่เหมาะสมของข้าวบด (rice grits)
2. ชนิดของแป้งที่ใช้ในการปรับปรุงสูตร
3. อุณหภูมิในการอบ
4. เวลาที่ใช้ในการอบ

ในการทดลองที่ 2 เป็นการศึกษาระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดโฟลิคและธาตุเหล็กในผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญพืชชนิดไรซ์เฟลค เป็นระยะเวลา 0 ,2, 4, 6 เดือน วิเคราะห์หาปริมาณกรดโฟลิคและธาตุเหล็กโดยใช้แผนการทดลอง CRD (Completely Random Design)

Mahasarakham University

วิธีดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. กรรมวิธีการผลิตอาหารเช้าธัญพืชชนิดไรซ์เฟลค

1.1 เพื่อศึกษาขนาดที่เหมาะสมของข้าวบด (rice grits)

นำข้าวกล้องกข.6 และข้าวกล้องดอกมะลิ 105 มาทำการลดขนาดด้วยเครื่องบด จากนั้นนำแป้งข้าวที่ได้มาทำการร่อนโดยให้ผ่านตะแกรงร่อนขนาด 35, 50, 80 mesh ตามลำดับ นำแป้งข้าวกล้องที่ผ่านการร่อนแล้วเข้าอบไล่ความชื้นด้วยเครื่อง hot air oven อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ให้ได้ความชื้น 7-8 เปอร์เซ็นต์ เพื่อใช้ในการผลิตต่อไป

1.2 กรรมวิธีการผลิต

นำแป้งข้าวกล้องและแป้งชนิดอื่น (แป้งสาลี, แป้งข้าวโพด, แป้งมัน, ผงฟู) มาทำการร่อนด้วยตะแกรงร่อนขนาด 80 mesh ผสมน้ำ นวดให้เข้ากัน นำมาให้ความร้อนโดยการนึ่งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที จนแป้งมีลักษณะใส นำมาปั้นให้เป็นก้อนลักษณะทรงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร นำเข้าเครื่องรีดแบบลูกกลิ้งคู่ ปรับระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 0.8 มิลลิเมตรจะได้เฟลค (flake) ลักษณะเป็นแผ่น นำเฟลคที่ได้เข้าอบที่อุณหภูมิ 180, 200, 220องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7, 9, 11 นาที บรรจุในภาชนะปิดสนิท เก็บที่อุณหภูมิห้อง

1.3 วิเคราะห์คุณสมบัติทั้งทางกายภาพและยอมรับได้โดยผู้บริโภค

1.3.1 การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น (AOAC, 1980)

ขั้นตอนในการวิเคราะห์คือ อบ moisture can พร้อมฝา ในตู้อบอุณหภูมิ 100-102°C เป็นเวลา 15 นาที นำมาใส่ desciccator ให้เย็นลง ชั่ง moisture can พร้อมฝาโดยใช้เครื่องชั่งชนิดละเอียดถึงหน่วยมิลลิกรัม บดตัวอย่าง ชั่งตัวอย่างมาประมาณ 3.000 – 5.000 กรัมใส่ใน moisture can แล้วปิดฝา ชั่งน้ำหนักให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนโดยใช้เครื่องชั่งชนิดละเอียดถึงหน่วยมิลลิกรัม

นำ moisture can ไปใส่ในตู้อบ Hot Air oven ที่อุณหภูมิ 100-102°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาในการอบแห้ง นำ moisture can ไปใส่ใน desciccator ทิ้งให้เย็นแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก ควรชั่งน้ำหนักถึงหน่วยมิลลิกรัม เพื่อนำมาคำนวณหาปริมาณความชื้นต่อไป

การคำนวณ

ให้ น้ำหนักตัวอย่างอาหาร (กรัม) = w_1

น้ำหนักที่หายไป (กรัม) = w_2

น้ำหนักตัวอย่างอาหารแห้ง (กรัม) = w_3

ดังนั้น % ความชื้น (moisture) $= (w_2 / w_1) \times 100$

% ของแข็งรวม (total solid) $= (w_3 / w_1) \times 100$

1.3.2 การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า (AOAC. 1996 : 52)

หลักการในการวิเคราะห์หาปริมาณเถ้าคือ ทำการเผาสารอินทรีย์ในตัวอย่างอาหารเป็นขั้นตอน คือ ขั้นแรกเผาที่อุณหภูมิต่ำเพื่อไล่น้ำ ขั้นที่สอง เผาที่อุณหภูมิสูงขึ้นเพื่อให้สารอินทรีย์กลายไปเป็นถ่านสีดำ ขั้นสุดท้าย นำไปเผาในเตา Muffle Furnace ที่ 550 องศาเซลเซียส เพื่อให้กลายเป็นเถ้าสีขาว ขั้นตอนในการวิเคราะห์คือ ขั้นคอนแรกทำการเผาถ้วย Crucible เปล่าตามจำนวนที่ต้องการในเตา Muffle Furnace ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที หรือมากกว่า จากนั้นนำถ้วย Crucible มาทำให้เย็นใน Desecrator ประมาณ 1 ชั่วโมง จนเย็นลงถึงอุณหภูมิห้อง ชั่งถ้วย Crucible ให้ละเอียดถึงหน่วยมิลลิกรัม จากนั้นทำการทดลองโดยชั่งตัวอย่างข้าวสารบดละเอียด ประมาณ 5 .xxxx กรัม โดยการชั่งน้ำหนักนั้นต้องมีความละเอียดถึงหน่วยมิลลิกรัมใส่ในถ้วย Crucible ถ้าตัวอย่างอาหารเป็นของเหลวจงทำระเหยของเหลวบน Steam Bath เพื่อป้องกันการประทุออกในขั้นคอนเผาให้เป็นถ่านสีดำ วางถ้วย Crucible บนเตาไฟฟ้าในตู้ควัน เพิ่มอุณหภูมิทีละน้อยจนควันหมดไป ตัวอย่างอาหารเปลี่ยนเป็นถ่านสีดำ ใส่ถ้วย Crucible ในเตา Muffle Furnace โดยพยายามวางตรงกลางเตาปรับอุณหภูมิเผาที่ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง เอาถ้วย Crucible ออกจากเตา Muffle Furnaee ถ้าได้เถ้าสีขาวนำไปทำให้เย็นในเครื่องดูดความชื้น แต่ถ้ายังมีส่วนสีดำปนอยู่ในเถ้า นำไปทำให้เย็นในเครื่องดูดความชื้น แล้วเติมน้ำกลั่น 2.0-3.0 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วคนหรือขูดให้เถ้าแตกกระจายในน้ำกลั่น เอาไปอบไล่น้ำออก เมื่อน้ำแห้งเอาไปเข้าเตา Muffle Furnaee อีก 24 ชั่งโมง จนกลายเป็นเถ้าสีขาว จากนั้นนำมาทำให้เย็นในเครื่องดูดความชื้นที่อุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนักถึงหน่วยมิลลิกรัม เพื่อนำมาคำนวณหาน้ำหนักเถ้าต่อไป

การคำนวณ

ให้ น้ำหนักตัวอย่างอาหาร (กรัม) $= W_1$

น้ำหนักเถ้า (กรัม) $= W_2$

ดังนั้นเปอร์เซ็นต์เถ้า $= (W_2/W_1)\times 100$

1.3.3 การวัดเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture analyzer Model TA-XT2

วัดหาค่าความกรอบ Crispiness (Peaks) และค่าความแข็ง Hardness (N)

1.3.4 วัดค่าสีโดยใช้ Chromatometer (Minolta ; Model CR-300)

นำตัวอย่างมาวางในถาดให้แน่นเพื่อไม่ให้มีช่องว่าง วัดค่าสีโดยใช้เครื่อง Chromatometer

1.3.5 การประเมินทางประสาทสัมผัส

การทดสอบความชอบและการยอมรับรวมของผู้บริโภคโดยการใช้แบบทดสอบความชอบ Hedonic scaling ใช้กลุ่มผู้บริโภค 20 คน โดยการนำตัวอย่างอาหารเช้าธัญพืชไรซ์เฟลคแต่ละตัวอย่างใส่แก้วขนาดเล็กที่มีขนาดเท่ากัน และมีรหัสเป็นตัวเลขสุ่ม 3 หลัก ปิดด้วย Aluminium foil

2. การเสริมกรดโฟลิคและธาตุเหล็กในผลิตภัณฑ์ไรซ์เฟลค

นำไรซ์เฟลคที่ได้มาเสริมกรดโฟลิคและธาตุเหล็ก อบไล่ความชื้นให้ได้ความชื้นสุดท้าย 5 เปอร์เซ็นต์ บรรจุในภาชนะปิดสนิท เก็บที่อุณหภูมิห้อง

2.1 เทคนิคกรรมวิธีการเสริมกรดโฟลิคและธาตุเหล็ก

กรดโฟลิคและธาตุเหล็กเติมลงสู่ผลิตภัณฑ์โดยวิธีการพ่นโดยตรง แล้วนำไปอบแห้งเพื่อบรรจุถุงต่อไป โดยมีวิธีการเตรียมสารละลายกรดโฟลิค และ ธาตุเหล็ก (ferrous sulfate) 50
เปอร์เซ็นต์ w/w ใส่ในหัวฉีดพ่นฝอยแบบใช้มือกดธรรมดา แล้วพ่นให้ทั่วแผ่นเฟลค คำนวนปริมาณสุดท้ายจากปริมาตร และน้ำหนักเฟลคเป็น mg/lb

ศึกษาอายุการเก็บรักษา

โดยศึกษาปริมาณถรดโฟลิคและธาตุเหล็กและในผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญพืชชนิดไรซ์เฟลคที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ที่ระยะเวลาการเก็บ 6 เดือน

2.2.1 การวิเคราะห์หาปริมาณธาตุเหล็ก (Kosse J.S. 2001)

การวิเคราะห์หาปริมาณธาตุเหล็กมีขั้นตอนในการวิเคราะห์คือ ขั้นตอนแรกเป็นขั้นตอนการสกัด ทำโดยชั่งตัวอย่าง 1 กรัม ใส่ในหลอดทดลอง เติมตัวทำละลายผสมลงไป 10 มิลลิลิตร ที่ประกอบด้วย Hydroxylamine Monohyrochhloride 50 กรัม, HCl 100 มิลลิลิตร และ 100 กรัม ของ trichloroacetic acid ปรับปริมาตรให้ได้ 1000 ml ด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน ปิดหลอดทดลองด้วย parafilm นำไปต้มเป็นเวลา 15 นาที นำไปกรองด้วยกระดาษกรอง นำส่วนที่กรองได้ 1 มิลลิลิตร เติม Bathophenanthroline disulfonic acid (BPDS; 300 มิลลิลิตร) เจือจางด้วยน้ำกลั่น 15 มิลลิลิตร และ 3 มิลลิลิตร ของ 3 โมลของ Sodium acetate ปรับปริมาตรให้ได้ 1000 ml ด้วยน้ำกลั่นทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 15 นาที นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometor ความยาวคลื่น 535 นาโนเมตร

2.2.2 การวิเคราะห์หาปริมาณโฟลิค

การวิเคราะห์หาปริมาณโฟลิคมีขั้นตอนในการวิเคราะห์คือ ขั้นตอนแรกขั้นตอนการสกัด ทำโดยชั่งตัวอย่าง 2 กรัม เติมตัวทำละลายผสมลงไป 50มิลลิลิตร ที่ประกอบด้วย 0.1โมล K_2HPO_4 และ 0.05%(w/v) ascorbate ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน 1 ชั่วโมง ปรับ pH ให้ได้ 6.9

ด้วย Phosphoric Acid ย่อยด้วยเอนไซม์ α-amylase นำไปต้มที่ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง Centrifuge ที่ 5000 rpm เป็นเวลา 15 นาที เพื่อให้ตกตะกอน นำส่วนบนมา 50มิลลิลิตร นำสารละลายตัวอย่างที่ได้มากรองด้วย 0.45μm nylon filter จากนั้นนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC โดยใช้สภาวะดังนี้ (Osseyi E.S., et al. 1998)

- columm I.D. guard –C18 (3μm, 100 x 4.6 mm.)
- deteetor UV-Vis detector โดยวิเคราะห์ที่ความยาวคลื่น280 nm.
- Flow rate 1.0 m. / min
- Injection volume 20 μl
- Mobile phase 24 %methanol + 76 % potassium phosphate

การวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ Statistical Package for Social Sciences (SPSS 10.0 for Windows) วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยใช้วิธี Sheffe's multiple range test (SMRT)

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

ตอนที่ 1 ศึกษากรรมวิธีการผลิตอาหารเช้าธัญพืชชนิดไรซ์เฟลคจากข้าว

1.1 ศึกษาขนาดที่เหมาะสมของข้าวบด (rice grits)

จากการนำข้าวกล้องกข. 6 และข้าวกล้องดอกมะลิ 105 มาทำการลดขนาดด้วยเครื่องบด จากนั้นนำแป้งข้าวที่ได้มาทำการร่อนโดยให้ผ่านตะแกรงร่อนขนาด 35, 50, 80 mesh ตามลำดับนำแป้งข้าวกล้องที่ผ่านการร่อนแล้วเข้าอบไล่ความชื้นด้วยเครื่อง hot air oven อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ให้ได้ความชื้น 7-8% เพื่อใช้ในการผลิตไรซ์เฟลคต่อไป

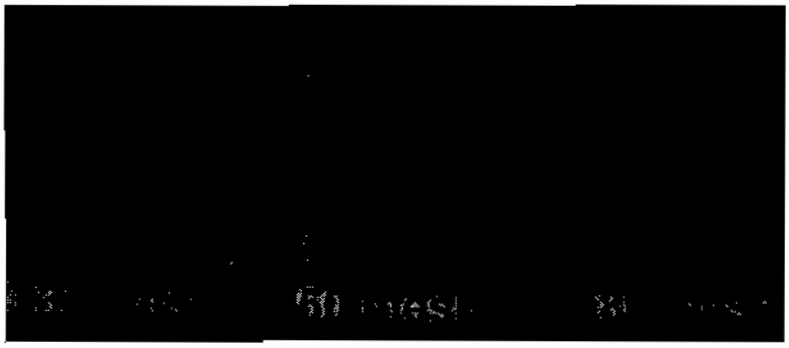
ผู้ทดสอบให้ผลการยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากแป้งฟลาว หรือ ข้าวบด ของข้าวโดยข้าวที่ผ่านการบดอย่างละเอียด มากกว่า ได้รับการยอมรับมากกว่าที่บดหยาบ ดังข้อมูลแสดงในตาราง 3 ซึ่งข้าวบดขนาด 80 เมส มีการยอมรับสูงกว่า ดังนั้นจึงนำแป้งข้าวนี้สำหรับพัฒนาสูตรต่อไป ภาพประกอบ 4 แสดงเฟลคที่ผ่านการผลิตจากแป้งฟลาวขนาดต่างกัน จากการประเมินอย่างหยาบโดยผู้วิจัยพบว่าที่แป้งฟลาวที่มีเนื้อละเอียดกว่าจะมีเนื้อสัมผัสที่เนียนและเรียบกว่าอย่างเห็นได้ชัด

ตาราง3 การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมไรซ์เฟลคที่ผลิตจากข้าวบด (rice grits) ที่มีขนาดต่างกัน

ขนาดตะแกรง	ลักษณะทางประสาทสัมผัส				
(mesh)	สี	กลิ่น	รสชาติ^{ns}	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม
35	6.4±0.59^{c}	8.5±0.51^{a}	6.8±0.4	6.95±0.39^{c}	6.35±0.67^{c}
50	7.15±0.48^{b}	6.95±0.39^{c}	6.85±0.36	7.3±0.47^{b}	6.9±0.30^{b}
80	8.5±0.51^{a}	7.3±0.57^{b}	6.95±0.39	8.05±0.60^{a}	8.09±0.64^{a}

^{a,b,c} ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ (p=0.05)

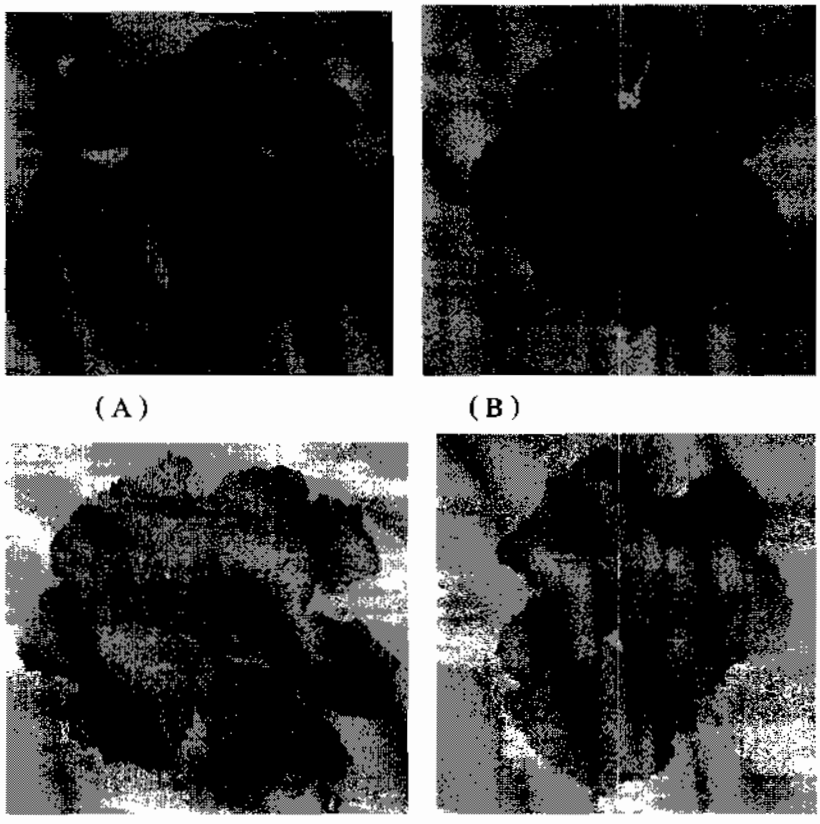
^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



ภาพประกอบ 4 เปรียบเทียบลักษณะของไรซ์เฟลคที่ผลิตจากข้าวบด (rice grits) ที่มีขนาดต่างกัน

1.2 การศึกษาชนิดของแป้งและสูตรที่ใช้ในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์

นำแป้งฟลาวผสมกับองค์ประกอบหลักตามสูตร ได้แก่ แป้ง ผงฟู น้ำมันปาล์ม และน้ำ ตามที่กำหนด ได้ลักษณะของผลิตภัณฑ์แสดงดังภาพประกอบ 5 ซึ่งพบว่า ลักษณะของผลิตภัณฑ์โดยทั่วไปโป่งพองใกล้เคียงกับท้องตลาด และมีสีเหลืองนวล แล้วนำ ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ไปทดสอบคุณสมบัติด้านต่างๆ



(A) (B)

(C) (D)

ภาพประกอบ 5 เปรียบเทียบลักษณะของไรซ์เฟลคที่ผลิตจากแป้งชนิดต่างๆ
(A=แป้งข้าวกล้องKDMLผสมแป้งข้าวโพด, B=แป้งข้าวกล้องKDMLผสมแป้งมัน, C=แป้งข้าวกล้องKDMLผสมแป้งสาลี, D=แป้งข้าวกล้องKDMLผสมผงฟู)

1.2.1 การวิเคราะห์ความคงตัวของผลิตภัณฑ์

ทดลองผลิตผลิตภัณฑ์ตามกรรมวิธีปรับปรุงจากตอนที่1 โดยเลือกสูตรต่างๆ แล้วทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์ โดยการวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ water activity (Aw) และค่าความชื้น (% moisture) พบว่ากรรมวิธีการผลิตให้ผลิตภัณฑ์ มีค่า Aw ต่ำ (<0.5) ซึ่งเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ประเภทอบแห้ง มีความคงตัวและไม่เสื่อมเสียโดยง่าย ค่าผลการวิเคราะห์แสดงดังตาราง 4

ตาราง4 การวิเคราะห์ค่า Aw และความชื้นของผลิตภัณฑ์ไรซ์เฟลคที่ผลิตจากแป้งผสมชนิดต่างๆ

สูตร	ลักษณะทางเคมี	
	Aw	% moisture
1	0.49±0.01[a]	7.96±0.08[b]
2	0.38±0.01[b]	7.13±0.47[c]
3	0.47±0.01[a]	7.52±0.38[c]
4	0.38±0.05[b]	7.48±0.13[c]
5	0.47±0.01[a]	7.48±0.03[c]
6	0.38±0.01[b]	7.21±0.03[c]
7	0.33±0.01[c]	9.73±0.26[a]
8	0.30±0.005[d]	9.72±0.13[a]

[a, b, c] ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

[ns] ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตัวอย่างที่1= แป้งข้าวกล้องKDML, 2 =แป้งข้าวกล้องกข6, 3 =แป้งสาลีผสมแป้งข้าวกล้องKDML, 4 =แป้งสาลีผสมแป้งข้าวกล้องกข 6,5 =แป้งข้าวโพดผสมแป้งข้าวกล้องKDML, 6 =แป้งข้าวโพดผสมแป้งข้าวกล้องกข6, 7 =แป้งมันผสมแป้งข้าวกล้องKDML, 8 =แป้งมันผสมแป้งข้าวกล้องกข6

1.2.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์

การวิเคราะห์คุณภาพโดยใช้เครื่องมือวัดมีประโยชน์ในการควบคุณภาพ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความสม่ำเสมอ โดยใช้ร่วมกับการประเมินทางประสาทสัมผัส ซึ่งจะตัดสินใจการยอมรับได้ดีกว่า ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องมือวัดเนื้อสัมผัสอาหารพบว่า สูตรที่1 แป้ง

ฟลาวข้าวกล้องหอมะลิ (KDML), สูตรที่3 แป้งฟลาวข้าวกล้องหอมะลิ (KDML) ผสมแป้งสาลี และสูตรที่ 5 แป้งฟลาวข้าวกล้องหอมะลิ (KDML) ผสมแป้งข้าวโพด มีความแข็งต่ำสุด ในขณะที่มีความกรอบ (crispiness) สูง ซึ่งแสดงข้อมูลดังตาราง 5 ส่วนผลของการวัดค่าสีนั้นพบว่าเฟลดที่ได้ออกไปในโทนสีเหลืองคล้ำ และในแต่ละสูตรไม่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด มีเพียงสูตรที่ผสมแป้งมัน (7,8) ที่มีสีคล้ำกว่าสูตรอื่นๆ

ตาราง 5 การทดสอบทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไรซ์เฟลดที่ผลิตจากแป้งผสมชนิดต่างๆ

สูตร	สี			ลักษณะเนื้อสัมผัส	
	L	a	b	hardness(Newton)	crispness(Peaks)
1	54.67±0.13^{abc}	3.35±0.29^{b}	26.02±1.86^{cd}	79.24±0.07^{d}	19.75±1.13^{a}
2	56.36±0.65^{a}	3.38±0.08^{b}	22.43±0.92^{ef}	97.20±1.88^{c}	12.03±0.11^{cd}
3	52.63±0.28^{cd}	6.33±0.31^{a}	29.62±0.64^{ab}	87.52±0.01^{d}	15.67±0.05^{b}
4	55.54±1.01^{ab}	3.23±0.28^{b}	24.36±1.30^{de}	96.20±1.40^{c}	11.09±0.55^{d}
5	53.51±2.23^{bcd}	6.56±0.29^{a}	27.77±1.04^{bc}	87.61±0.06^{d}	16.79±0.05^{b}
6	54.38±0.52^{abc}	6.64±0.25^{a}	31.69±1.45^{a}	97.09±1.09^{c}	13.04±1.40^{c}
7	51.74±2.38^{d}	3.32±0.04^{b}	21.47±0.68^{f}	118.13±2.65^{b}	8.616±0.30^{e}
8	51.28±1.39^{d}	3.37±0.07^{b}	23.55±2.73^{def}	123.49±2.34^{a}	7.88±0.37^{e}

$^{a, b, c, d, e, f}$ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตัวอย่างที่1= แป้งข้าวกล้องKDML, 2 =แป้งข้าวกล้องกข6, 3 =แป้งสาลีผสมแป้งข้าวกล้องKDML, 4 =แป้งสาลีผสมแป้งข้าวกล้องกข 6,5 =แป้งข้าวโพดผสมแป้งข้าวกล้องKDML, 6 =แป้งข้าวโพดผสมแป้งข้าวกล้องกข6, 7 =แป้งมันผสมแป้งข้าวกล้องKDML, 8 =แป้งมันผสมแป้งข้าวกล้องกข6

1.2.3 การวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยประสาทสัมผัส

ผลการวิเคราะห์คุณภาพโดยใช้เครื่องมือวัดไม่สามารถตัดสินคุณภาพดีที่สุดได้อย่างชัดเจน อย่างไรก็ตามเมื่อนำผลิตภัณฑ์มาประเมินทางประสาทสัมผัสตามคะแนนความชอบ (1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด ถึง 9 คือ ชอบมากที่สุด) พบว่าคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสและการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์ในสูตรที่ 3 แป้งฟลาวข้าวกล้องหอมะลิ (KDML) ผสมแป้งสาลี มีความโดดเด่นกว่า

สูตรอื่น มีคะแนนในระดับชอบนากถึงมากที่สุด (8.5) ดังแสดงในตาราง6 นอกจากนั้นยังพบว่าผลิตภัณฑ์ได้รับผลการประเมินทุกสูตรส่วนใหญ่อยู่ในระดับชอบมาก

ตาราง 6 การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมไรซ์เฟลค จากแป้งผสมชนิดต่างๆ ทดสอบแบบความชอบ

ตัวอย่างที่	ลักษณะทางประสาทสัมผัส*				
	สี	กลิ่น^{ns}	รสชาติ^{ns}	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม
1	7.22±2.06^{b}	7.52±1.07	7.84±1.00	7.75±0.65^{b}	7.21±0.97^{b}
2	8.25±1.29^{a}	7.50±1.05	7.82±1.19	7.51±1.10^{b}	7.20±1.56^{b}
3	8.19±0.89^{a}	7.40±1.69	7.91±0.53	8.98±0.98^{a}	8.50±1.11^{a}
4	7.08±0.16^{b}	7.55±0.95	7.15±0.56	7.89±1.12^{b}	7.34±0.78^{b}
5	7.26±1.16^{b}	7.59±0.84	7.16±1.13	7.45±0.89^{b}	7.56±1.32^{b}
6	7.02±3.56^{b}	7.39±1.15	7.36±0.98	7.65±1.09^{b}	7.34±0.41^{b}
7	6.01±2.31^{c}	7.45±1.64	7.92±0.19	7.69±0.89^{b}	6.56±1.44^{c}
8	5.89±1.46^{c}	7.49±0.89	7.89±1.14	7.57±1.31^{b}	6.49±0.93^{c}

^{a,b,c} ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p\leq0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตัวอย่างที่1= แป้งข้าวกล้องKDML, 2 = แป้งข้าวกล้องกข6, 3 = แป้งสาลีผสมแป้งข้าวกล้องKDML, 4 = แป้งสาลีผสมแป้งข้าวกล้องกข 6,5 = แป้งข้าวโพดผสมแป้งข้าวกล้องKDML, 6 = แป้งข้าวโพดผสมแป้งข้าวกล้องกข6, 7 =แป้งมันผสมแป้งข้าวกล้องKDML, 8 =แป้งมันผสมแป้งข้าวกล้องกข6

*ใช้แบบทดสอบแบบ Hedonic 9 Scalc คะแนน 1: ไม่ชอบมากที่สุด 9 : ชอบมากที่สุด

1.2.4 อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบต่อความชื้น

อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบในสภาวะที่กำหนดไม่ส่งผลต่อค่า Aw และ ค่าความชื้น (moisture content) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะความชื้นสุดท้ายเหลือน้อยทำให้มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่ออิทธิพลของอุณหภูมิและเวลา มีความแปรปรวนไม่มาก (180-220°C, 7-11 นาที) ทั้งนี้จึงเป็นประโยชน์ในการผลิตเนื่องจากตู้อบกรอบขนาดเล็กทั่วไประบบควบคุมอุณหภูมิยังมีความแปรปรวนสูง จึงลดข้อกังวลด้วนความคงตัวของผลิตภัณฑ์ได้ส่วนหนึ่ง ผลการทดลองแสดงในตาราง 7

ตาราง 7 ผลของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบไรซ์เฟลคต่อลักษณะทางเคมี (ค่าความชื้น, ปริมาณน้ำอิสระ(Aw))

อุณหภูมิ(°C):เวลา(min.)	ลักษณะทางเคมี	
	Aw^{ns}	% moisture^{ns}
180 : 7	0.39±0.16	4.54±0.95
180 : 9	0.39±0.06	4.53±1.13
180 : 11	0.38±0.89	4.50. ±1.14
200 : 7	0.38±0.13	4.48±0.56
200 : 9	0.38±0.56	4.45±0.93
200 : 11	0.37±0.26	4.40±0.85
220 : 7	0.36±0.35	4.39±1.12
220 : 9	0.35±0.06	438±0.84
220 : 11	0.34±0.13	4.37±0.56

^{ns}ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

1.2.5 อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบต่อค่าสีและลักษณะเนื้อสัมผัส

ผลการวิเคราะห์ค่าสีพบว่าที่อุณหภูมิในการอบสูงกว่าจะมีสีคล้ำและเหลืองเข้มกว่า แต่มีความแข็งน้อยกว่า และมีความกรอบมากขึ้น ดังแสดงในตาราง 8 การเปลี่ยนแปลงของสีที่อุณหภูมิสูงอาจเกิดเนื่องจากปฏิกิริยาสีน้ำตาลของน้ำตาลไหม้ (caramelization) และการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงทำให้มีการระเหยออกของน้ำอย่างรวดเร็วซึ่งอาจทำให้มีโครงสร้างเป็นรูพรุน ผลิตภัณฑ์จึงมีความกรอบนุ่มมากขึ้น จากการทดลองการอบที่อุณหภูมิ 220 °C เป็นเวลา 11 นาที น่าจะเหมาะสมที่สุด เนื่องจากมีสีไม่คล้ำมาก มีความนุ่มและความกรอบค่อนข้างดี

ตารางที่ 8 ผลของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบไรซ์เฟลคต่อลักษณะทางภาพกาย (ค่าสี, ลักษณะเนื้อสัมผัส)

อุณหภูมิ (°C):เวลา (min.)	สี			ลักษณะเนื้อสัมผัส	
	L	a[ns]	b	hardness (Newton)	Crispness (Peaks)
180 : 7	54.81±0.95[a]	3.48±0.39	25.02±0.21[c]	87.53±0.54[a]	15.68±0.67[e]
180 : 9	54.55±1.25[a]	3.23 ±0.25	27.35±0.39[c]	85.54±1.23[b]	17.67±1.13[d]
180 : 11	50.89±0.39[b]	3.33±0.29	30.34±0.99[ab]	85.51±0.13[b]	17.67±0.57[d]
200 : 7	50.12±0.56[b]	3.33±0.06	30.93±1.35[ab]	85.45±1.64[b]	17.98±0.54[d]
200 : 9	50.00±0.12[b]	3.30±1.21	31.34±0.97[b]	80.24±0.43[c]	20.75±0.46[c]
200 : 11	49.02±0.56[b]	3.31±0.06	34.64±0.46[a]	80.03±0.97[c]	21.89±0.47[c]
220 : 7	49.15±1.56[b]	3.30±114	32.53±0.95 [b]	85.49±0.16[b]	25.04±0.92[b]
220 : 9	49.54 ±0.24[b]	3.30±0.06	34.94±1.19[a]	82.13±1.16[b]	24.75±0.78[b]
220 : 11	45.26± 0.34[c]	3.31±1.24	35.26±0.80[a]	78.26±0.43[d]	32.36±0.63[a]

[a, b, c, d, e] ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

[ns] ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

2. การเสริมกรดโฟลิคและธาตุเหล็กในผลิตภัณฑ์ไรซ์เฟลค

สารละลายกรดโฟลิคและธาตุเหล็ก (Ferrous sulfate) ทางการค้า ถูกพ่นโดยตรง (direct spraying) เนื้อเฟลคที่ผ่านการอบเรียบร้อยแล้วในอัตราส่วนที่กำหนดแล้วจึงนำไปอบที่ 200 °C นาน จนแห้ง (1-2 นาที) กรดโฟลิคจะมีสีเหลืองนวล ส่วนธาตุเหล็กจะมีสีฟ้าอมเขียว ไรซ์เฟลคที่เสริมโฟลิคได้รับการยอมรับสูงขึ้นจากผู้ทดสอบชิม เมื่อมีการเพิ่มปริมาณการเติมสูงสุดในขอบเขตที่กำหนด ทั้งนี้เนื่องจากสีและกลิ่นของสารไม่ส่งผลทางลบต่อผลิตภัณฑ์ ดังตาราง 9 อย่างไรก็ตามการเติมธาตุเหล็กมีข้อจำกัดมากกว่า ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับต่ำมาก (2.9) เมื่อมีการเติมสารในปริมาณ มากกว่า 19.5 mg/lb ดังแสดงในตารางที่ 11 ผู้ทดสอบวิจารณ์ถึงกลิ่นไม่พึงปรารถนาของเหล็กและให้การยอมรับน้อยลง จากการทดลองพบว่า สีและความกรอบของผลิตภัณฑ์ที่เติมโฟลิคและธาตุเหล็กไม่มีผลต่อการยอมรับโดยผู้ทดสอบชิม

ตารางที่ 9 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น ความกรอบของผลิตภัณฑ์ไรซ์เฟลค หลังจากการเสริมกรดโฟลิค

Folic acid	ลักษณะทางประสาทสัมผัส		
(mg/lb)	สี	กลิ่น[ns]	ความกรอบ[ns]
0.7	5.53 ± 1.26[b]	4.94 ± 1.45	6.94 ±1.17
1.05	5.98 ± 0.93[b]	5.02 ± 0.23	7.03±0.54
1.4	7.19 ± 1.62[a]	5.21 ±0.65	7.24±0.67

[a, b] ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

[ns] ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตาราง 10 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น ความกรอบของผลิตภัณฑ์ไรซ์เฟลค หลังจากการเสริมธาตุเหล็ก

Ferrous sulfate	ลักษณะทางประสาทสัมผัส		
(mg/lb)	สี[ns]	กลิ่น	ความกรอบ[ns]
13	5.97 ± 1.78	5.94 ± 0.85[b]	5.97 ±0.44
19.5	5.98 ± 0.13	7.67 ± 0.53[a]	6.08±0.78
26	6.19 ± 0.34	2.95 ±1.67[c]	6.17±0.14

[a, b, c] ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

[ns] ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

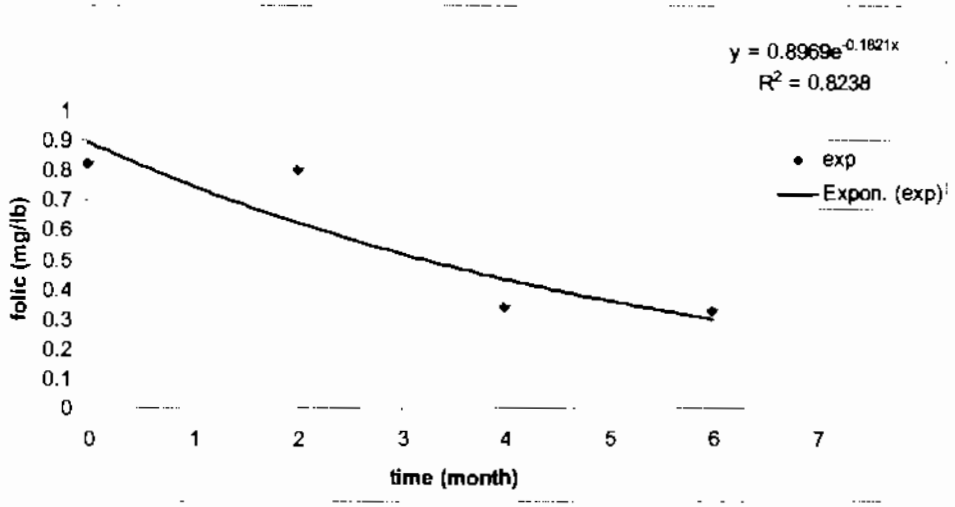
เมื่อมีการเพิ่มปริมาณการเติมสูงสุดในขอบเขตที่กำหนด พบว่ามีปัญหาด้านสีและกลิ่นของสารส่งผลทางลบต่อผลิตภัณฑ์จึงเติมสารละลายกรดโฟลิคและธาตุเหล็ก (Ferrous sulfate) ในผลิตภัณฑ์ไรซ์เฟลคตามปริมาณที่ผู้บริโภคสามารถยอมรับได้ (Folic acid 1.4 mg/lb และ Ferrous sulfate19.5 mg/lb) จากนั้นทำการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่าหลังจากทำการเติมกรดโฟลิคแล้วนำไปทำการอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 200°C นาน จนแห้ง (1-2 นาที) พบว่าปริมาณของกรดโฟลิคลดลง 41.43 % หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน ปริมาณของกรดโฟลิคลดลง 2.50% และเมื่อเก็บรักษานานเป็นเวลา 4 เดือนปริมาณของโฟเลทลดลง 58.54% ทั้งนี้เนื่องมาจากกรดโฟลิคไม่คงตัว การสูญเสียเนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ในการแปรรูปและธรรมชาติทางเคมีของอาหาร เช่น ตัวเร่ง ออกซิเจน ความเป็นกรดด่าง และบัฟเฟอร์ เป็นต้น(Hurrell R., 1999) ส่วนปริมาณ Ferrous

sulfate พบว่าหลังหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน ปริมาณของธาตุเหล็กลดลง 17% และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ปริมาณของธาตุเหล็กลดลง 38 % ดังแสดงในตาราง 11 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของกรดโฟลิคและธาตุเหล็กกับระยะเวลาในการเก็บรักษา พบว่า ปริมาณกรดโฟลิคและธาตุเหล็กในระหว่างการเก็บมีแนวโน้วลดลงเรื่อยๆ เมื่อระยะเวลาผ่านไป ดังแสดงในภาพประกอบ 6 และภาพประกอบ 7

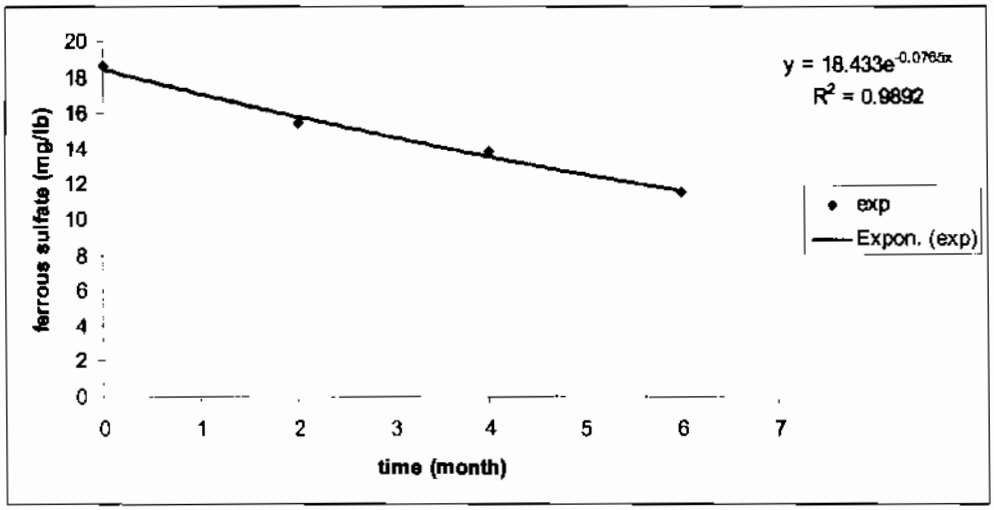
ตารางที่ 11 ปริมาณกรดโฟลิคและธาตุเหล็กระหว่างการเก็บรักษาไรซ์เฟลคเป็นเวลา 6 เดือน

อายุการเก็บรักษา (เดือน)	Folic acid (mg/lb)	Ferrous sulfate (mg/lb)
control	0.22 ± 0.005^{d}	0.83 ± 0.248^{e}
0	0.82 ± 0.005^{a}	18.58 ± 0.262^{a}
2	0.80 ± 0.005^{b}	15.44 ± 0.110^{b}
4	0.33 ± 0.004^{c}	13.90 ± 0.054^{c}
6	0.32 ± 0.005^{c}	11.55 ± 0.782^{d}

a, b, c,d ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



ภาพประกอบ 6 ปริมาณกรดโฟลิคระหว่างการเก็บรักษาไรซ์เฟลคเป็นเวลา 6 เดือน



ภาพประกอบ 7 ปริมาณธาตุเหล็กระหว่างการเก็บรักษาไรซ์เฟลคเป็นเวลา 6 เดือน

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือนพบว่าไม่ส่งผลต่อปริมาณแร่ธาตุในอาหารแต่ส่งผลต่อค่าAw และ ค่าความชื้น (moisture content) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะอากาศสามารถผ่านเข้าออกในภาชนะบรรจุและนอกจากนี้ยังส่งผลต่อค่าความเหม็นหืน(TBA value) ผลิตภัณฑ์มีค่าความเหม็นหืนในระหว่างการเก็บรักษา 5.7×10^{-3} - 13.9×10^{-3} mg.Malonaldehyde/kg. เป็นค่าสามารถยอมรับได้เนื่องจากผลิตภัณฑ์ธัญพืชควรมีค่าความเหม็นหืน (TBA value) ไม่เกิน 0.05 mg.Malonaldehyde/kg. (Butt M. S. et al, 2006) ตัวอย่าง ดังแสดงในตาราง12

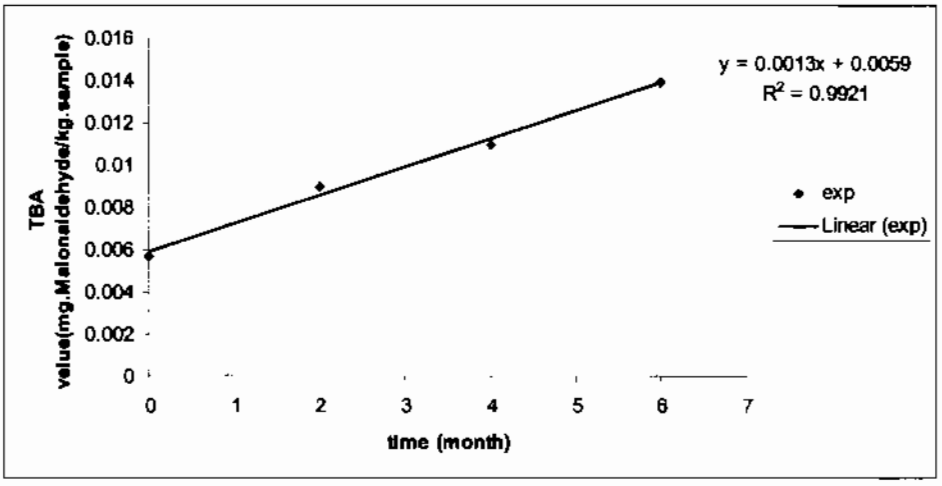
ตาราง 12 การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีระหว่างการเก็บรักษาไรซ์เฟลคเป็นเวลา 6 เดือน

อายุการเก็บรักษา (เดือน)	ปริมาณความชื้น (%)	Aw	เถ้า^{ns}	ค่าความเหม็นหืน (TBA value) (mg.Malonaldehyde/kg.ตัวอย่าง)
control	4.21 ± 0.34^{c}	0.30 ± 0.03^{c}	94.28 ± 0.010	$5.7 \times 10^{-3} \pm 0.0006^{b}$
0	4.24 ± 0.12^{c}	0.32 ± 0.01^{c}	94.29 ± 0.005	$5.7 \times 10^{-3} \pm 0.0070^{b}$
2	4.33 ± 0.01^{bc}	0.36 ± 0.00^{bc}	94.29 ± 0.005	$9.0 \times 10^{-3} \pm 0.0010^{ab}$
4	4.57 ± 0.11^{ab}	0.40 ± 0.01^{b}	94.29 ± 0.010	$11.0 \times 10^{-3} \pm 0.0004^{ab}$
6	4.68 ± 0.05^{a}	0.47 ± 0.02^{a}	94.28 ± 0.000	$13.9 \times 10^{-3} \pm 0.0004^{a}$

^{a,b,c}ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

อายุในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไรซ์เฟลคคือ 14 เดือน เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ค่าความเหม็นหืน (TBA value) ของผลิตภัณฑ์ธัญพืชต้องไม่เกิน 0.05 mg.Malonaldehyde/kg. (Butt M. S. et al, 2006) ดังแสดงในภาพที่ 8



ภาพประกอบ 8 ค่าความเหม็นหืน (TBA Value)ระหว่างการเก็บรักษาไรซ์เฟลคเป็นเวลา 6 เดือน

ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องมือวัดเนื้อสัมผัสพบว่า ไรซ์เฟลคที่มีอายุการเก็บรักษา 0 เดือน มีความกรอบมากกว่าไรซ์เฟลคที่มีอายุการเก็บรักษายาวนานขึ้น ส่วนผลของการวัดค่าสีนั้นพบว่าไรซ์เฟลคที่ได้ออกไปในโทนสีเหลืองคล้ำ และในแต่ละสูตรไม่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด

ตาราง 13 การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพระหว่างการเก็บรักษาไรซ์เฟลคเป็นเวลา 6 เดือน

อายุการเก็บรักษา (เดือน)	สี			ลักษณะเนื้อสัมผัส	
	L^{ns}	a^{ns}	b^{ns}	hardness (Newton)	Crispness (Peaks)
control	50.23 ± 3.21	3.36 ± 1.09	27.74 ±2.54	89.34± 3.35^{b}	15.63 ±2.75^{a}
0	52.90 ±2.13	3.27 ± 3.83	27.18±1.09	89.37± 1.94^{b}	15.25 ±3.98^{a}
2	51.32 ± 1.98	3.23 ± 2.87	26.91±3.57	90.54± 2.36^{b}	13.76 ±1.09^{a}
4	53.08 ± 1.08	3.33 ± 1.21	26.84±3.01	108.32± 3.86^{ab}	8.54 ±2.87^{b}
6	54.54 ± 2.76	3.29 ± 2.09	26.79±2.34	115.84± 2.09^{a}	7.96 ±1.53^{b}

^{a,b} ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพโดยใช้เครื่องมือวัดไม่สามารถตัดสินคุณภาพดีที่สุดได้อย่างชัดเจน อย่างไรก็ตามเมื่อนำผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเก็บรักษา 6 เดือนมาประเมินทางประสาทสัมผัสตามคะแนนความชอบ (1 คือไม่ชอบมากที่สุด ถึง 9 คือ ชอบมากที่สุด) พบว่าคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสและการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์ไรซ์เฟลคซึ่งมีอายุการเก็บรักษา 2 เดือน มีคะแนนในระดับชอบถึงมาก (8.12) นอกจากนั้นยังพบว่าผลิตภัณฑ์ได้รับผลการประเมินส่วนใหญ่อยู่ในระดับชอบมาก ดังแสดงในตาราง 14

ตาราง 14 ผลการทดสอบผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น ความกรอบของผลิตภัณฑ์ไรซ์เฟลคหลังจากการเสริมกรดโฟลิค ทดสอบแบบความชอบ

อายุการเก็บรักษา (เดือน)	ลักษณะทางประสาทสัมผัส*				
	สี^{ns}	กลิ่น	รสชาติ^{ns}	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม
control	7.32±2.06	6.73±2.81^{a}	7.14±1.00	7.44±0.33^{c}	7.89±1.39^{a}
0	7.38±1.59	6.52±1.52^{b}	7.09±0.23	7.46±3.27^{c}	8.00±4.21^{a}
2	7.29±1.98	6.50±2.41^{b}	7.16±3.63	7.68±0.18^{b}	8.12±2.78^{a}
4	7.25±0.16	5.23.±2.08^{c}	7.25±0.65	7.99±1.12^{a}	7.12±4.23^{b}
6	7.31±1.16	5.09±2.65^{c}	7.16±2.75	6.45±0.89^{d}	6.90±2.36^{b}

^{a,b,c} ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* ใช้แบบทดสอบแบบ Hedonic 9 Scale คะแนน 1: ไม่ชอบมากที่สุด 9 : ชอบมากที่สุด

Mahasarakham University

บทที่ 5

สรุป

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาหากรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญพืชชนิดไรซ์เฟลคจากข้าว 2 ชนิด คือ ข้าวพันธุ์ กข 6 และข้าวหอมมะลิ เพื่อได้สูตรที่เหมาะสม และ ศึกษาระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดโฟลิคและธาตุเหล็กในผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญพืชชนิดไรซ์เฟลค

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษากรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญพืชชนิดไรซ์เฟลคจากข้าวกล้องพันธุ์ กข 6 และข้าวหอมมะลิ และได้สูตรที่เหมาะสม โดยผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและยอมรับได้โดยผู้บริโภค

2. เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณกรดโฟลิคและธาตุเหล็กในผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญพืชชนิดไรซ์เฟลคจากข้าวกล้องพันธุ์ กข 6 และข้าวหอมมะลิ ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ที่ระยะเวลาการเก็บ 0, 2, 4, และ 6 เดือน

สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยครั้งนี้ สรุปได้ว่า

1. สูตรที่ดีที่สุดในการผลิตอาหารเช้าธัญพืชไรซ์เฟลค ประกอบด้วยส่วยผสมดังนี้
   - แป้งข้าวกล้องข้าว 40 % ซึ่งมีความละเอียด 80 เมส
   - แป้งสาลี 30%
   - ผงฟู 8%
   - น้ำ 19 %
   - น้ำมันปาล์ม 3%

กรรมวิธีการผลิตทำโดยนำแป้งข้าวกล้องข้าวผสมกับแป้งสาลี ผงฟู น้ำ และน้ำมันปาล์ม ตามอัตราส่วนนวดให้เข้ากันด้วยเครื่องตีผสม พักโด 10 นาที และให้ความร้อน 80 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที จากนั้นปั้นให้เป็นก้อนลักษณะทรงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร นำเข้าเครื่องรีดแบบลูกกลิ้งคู่ ปรับระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 0.8 มิลลิเมตรจะได้เฟลค (flake) ลักษณะเป็นแผ่น นำเฟลคที่ได้เข้าอบที่อุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 11 นาที โดย

Mahasarakham University

ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีเหลืองอ่อน (L= 55.82, a = 5.62, b = 31.78) ค่าAw = 0.314 , ความชื้น 3.67%, ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง (Hardness) = 87.52 N ความกรอบ (crispiness) = 15.67 peaks

2. การเติมไวตามินด้วยกรดโฟลิคทางการค้าและเหล็กในรูปเฟอร์รัสซัลเฟต ที่ละลายน้ำสามารถพ่นโดยตรงสู่ผลิตภัณฑ์ได้ โดย FDA กำหนดให้ผลิตภัณฑ์อาหารธัญพืชมีปริมาณกรดโฟลิค 0.7 – 1.4 mg/lb ซึ่งตัวอย่างไรซ์เฟลคที่ทำการศึกษาที่มีอายุการเก็บรักษา 2 เดือนมีปริมาณกรดโฟลิคตามกำหนด (0.8 mg/lb) ส่วนปริมาณธาตุเหล็ก(ferrous sulfate) FDA กำหนดให้มีปริมาณ 13 – 26 mg/lb ซึ่งตัวอย่างไรซ์เฟลคที่ทำการศึกษาที่มีอายุการเก็บรักษา 4 เดือนมีปริมาณธาตุเหล็กตามกำหนด (13.90 mg/lb) และธาตุเหล็กถูกจำกัดปริมาณเนื่องจากกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ถ้าเติมในปริมาณที่มากขึ้น ผลิตภัณฑ์ไรซ์เฟลคน่าจะมีอายุในการเก็บรักษามากกว่า 6 เดือน เนื่องจากมีค่าความเหม็นหืน(TBA value) ไม่เกิน 0.05 mg.Malonaldehyde/kg.ตัวอย่าง และการยอมรับรวมของผู้ทดสอบชิมมีคะแนนในระดับชอบเล็กน้อย (6.9)

3. ต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตภัณฑ์ไรซ์เฟลค 38.34 บาทต่อกิโลกรัม

ข้อเสนอแนะ

ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์ไรซ์เฟลคนิยมผลิตแบบเกล็ดมากกว่าแบบเฟลค

บรรณานุกรม

กรมอนามัย กระทรวงสาธารณะสุข, 2545. ความชุกของภาวะโลหิตจางใน ประเทศไทย จำแนกตามภาค.

กองโครงการและประสานงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการแห่งชาติ. 2547. การใช้ประโยชน์จากข้าวในการสร้างมูลค่าเพิ่มเพื่อการส่งออก.

กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 2536.

งานชื่น คงเสรี. 2545. ผลิตภัณฑ์จากข้าว. [http:www.charpa.co.th.]. สืบค้นเมื่อ 2 มิถุนายน 2548.

ณรงค์ นิยมวิทย์. 2538. ธัญชาติและพืชหัว. หน้า 53 – 54.

นวรัตน์ อังค์วัฒนะ.ปัญหาพิเศษเรื่องการผลิต corn flake ในระดับชาวบ้าน. ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2531.

พาณิชย์,กระทรวง.มาตรฐานข้าวไทย พ.ศ.2540.กรุงเทพฯ : ประกาศกระทรวงพาณิชย์ เรื่อง มาตรฐานสินค้าข้าว พ.ศ. 2540, 2540.

วิไล รังสาดทอง. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 3. คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2536.

ศิริธร ศิริอมรพรรณ. มปป. คุณค่าทางโภชนาการอาหารกับผลกระทบทางเทคโนโลยี. ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนศาสตร์ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

อรอนงค์ นัยวิกุล. เคมีทางธัญญาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,2541.

อุสาห์ เจริญวัฒนา. 2536. ผลิตภัณฑ์ธัญพืชภาควิชาผลิภัณฑ์เกษตร. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

Bienvenido O. Juliano. 1991. Breakfast Rice Cereals and Baby foods. Rice utilization. VolumeII.P.180

Bor S. Luh..1993. Major Processed rice produets. Rice in human nutrition. P.111

Burrington, K. 2001. Keeping the Crunch in Breakfast Cereals.

Butt M. S. et al, 2006. Preparatiou and Characterisation of Cake Rusks by Using Red Palm Oil Fortificd Shortening. Food Science and Technology International. 12 : 85.

Chun, J. et al. 2005. A differential assay of folic acid aud totle folate in foods containing cnriched cereal-grain products to calculate μg dietary folate equivalents (μg DFE). Journal of food composition and analysis. 19 : 182-187.

Consultation Bangkok, Thailand.

Dexter, patricia B. 1998. Rice Fortification For Developing Countries. OMNI/USAID.

Mahasarakham University

FAO/WHO. 2002. Human Vitamin and Mineral Requirements: Report of a joint FAO/WHO expert Consultation Bangkok, Thailand.

FDA. 1996.: P96-3:Folic Acid to fortify U.S. food products to prevent birth defects. US Food and Drug Administration.

Frame, N.D. 1994. The Technology of Extrusion cooking. Bake Academic&Professional. New York

Groff, J.L., Gropper, S.S. and Hunt, S.M. 1995. Advance Nutrition and Human Metabolism. West Publishing Co. New York.

Hoffpauer, D. W., S.L. Wright. 1994. Enrichment of Rice. Rice science and Technology, ed. W.E. Marshall, J.I. Wadsworth,. Marcel Dekker, Inc. New York.

Hurrell R. 1999. The Mineral Fortification of Food. UK.

Kosse, J. S., Andrew C. Yeung, Ana I. Gil, Dennis D. Miller. 2001. A rapid method for iron determination in fortified food. Food Chemistry. 75 : 371 – 376.

Nestel, P. and Nalubola, R. 2003. Food Fortification Is Health Intervention. ILSI Human Nutrition Institute. Washington, DC.

Osseyi, E. S., Randy L. Wehling, Julie A. Albrecht. 1998. Liquid ehromatographic method for determing added folic acid in fortified cereal products. Journal of Chromatography. 826 : 235 – 240.

Ott, R. L. 1992. An Introduction to statistical methods and data analysis.

Puwastien, P. et al. 2005. International inter-laboratory analyes of food folate. Journal of food composition and analysis. 18 : 387-397 .

Rader, J. I. 2000. Totle folate enriched cereal-grain products in the United States following fortification. Food Chemistry. 70 : 275 – 289.

Shrestha. A. K., Jayashree Arcot, Janet L. Paterson. 2000.Folate assay of food by traditional and tri-enzyme treatments using cryoprotected Lactobacillus casei. Food Chemistry. 71 : 545-552.

Shrestha, A. K., Jayashree Arcot, Janet L. Paterson. 2003. Edible coating meterials – their properties and use in the fortification of rice with folic acid. Food Research Internatioonal. 36 : 921 – 928.

Thomson , B. 2005. Fortification overages of the food supply folate and Iron. Prepared for the NZFSA.

Valentas, K.J., Levine, L., and Clark, J.P. 1991. Food Processing Operations and Scale Up. Marcel Dekker, New York.

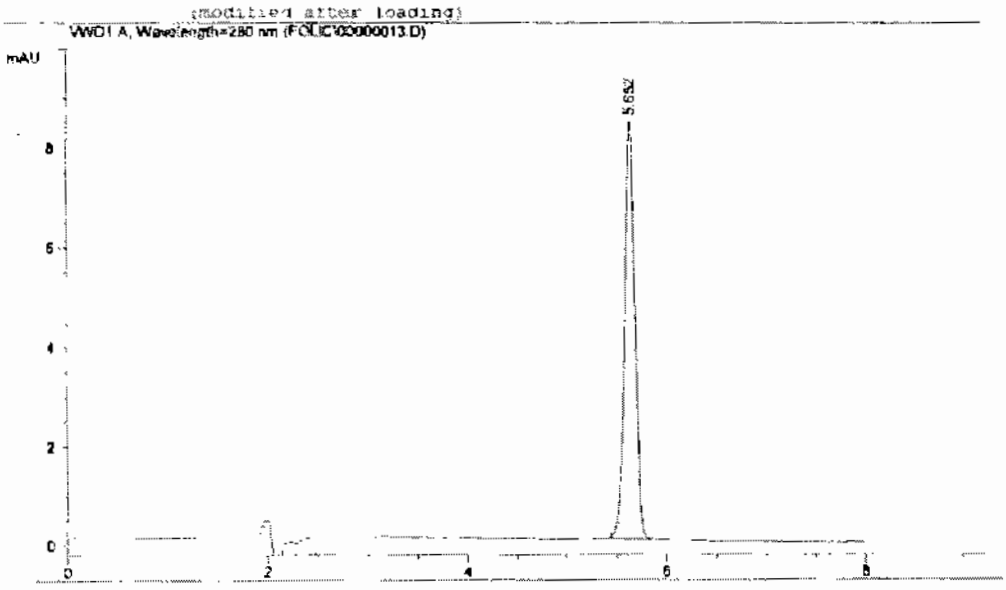
Whittaker, P. 2001. Iron and folate in fortified eereals. Journal of the American College of nutrition, 20 : 247 – 257.

Wirakartakusumah, M., A. and P. Hariyadi. 1998. Technical aspects of food fortification. Food and Nutrition Bulletin, 19 : 101-108

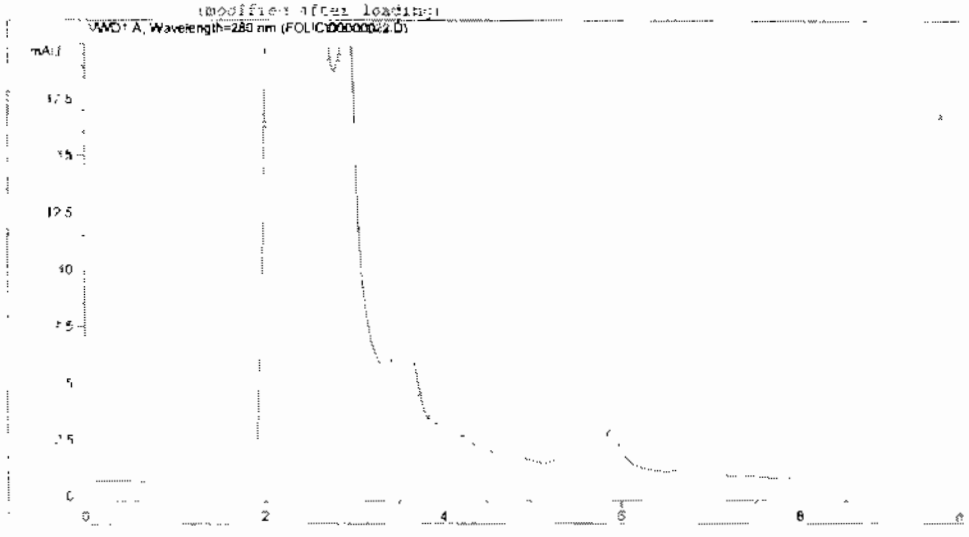
ภาคผนวก

Mahasarakham University

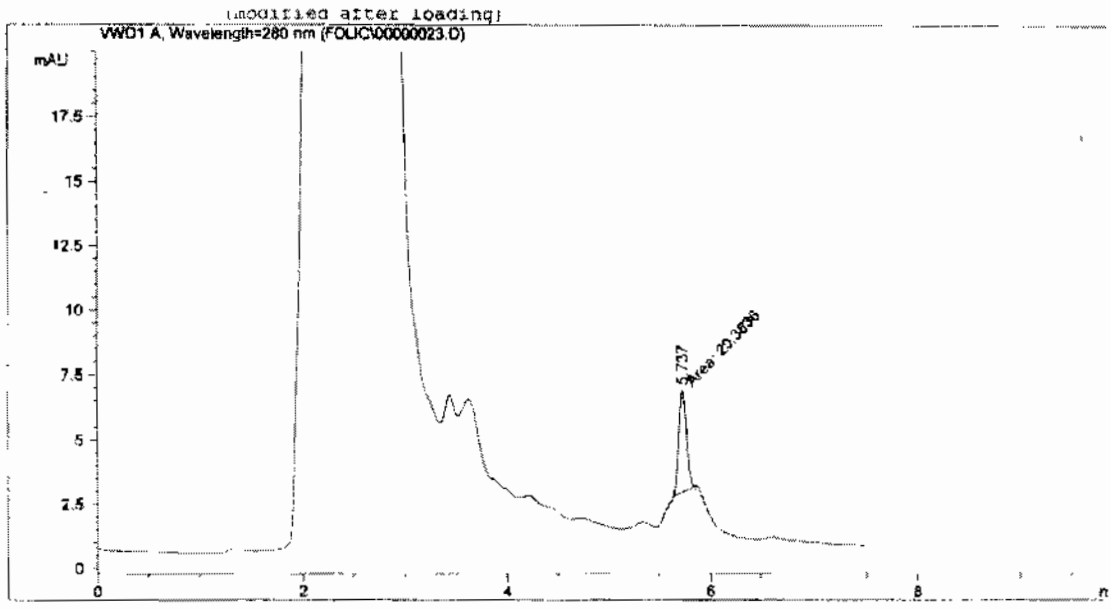
ภาคผนวก



ภาพประกอบ 18 ปริมาณกรดโฟลิคมาตรฐาน



ภาพประกอบ 19 ปริมาณกรดโฟลิคในผลิตภัณฑ์ไรซ์เฟลคในตัวอย่าง control



ภาพประกอบ 20 ปริมาณกรดโฟลิคในตัวอย่างไรซ์เฟลคที่ผ่านการเสริมกรดโฟลิค 1.4 mg/lb และ ferrous sulfate 19.5 mg/lb เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 เดือน

ก. 1 แบบรายงานการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส Descriptive Analysis Line Seale

---

แบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารธัญพืชไรซ์เฟลค

Descriptive Analysis Line Scale

ชื่อผู้ทดสอบชิม.....เพศ.....วันที่.....

คำชี้แจง

โปรดทำเครื่องหมายเส้นตรงตามขวางตั้งฉากกับเส้นสเกลแนวนอนที่ให้ไว้เพื่อแสดงตำแหน่งที่ท่านได้ให้กับตัวอย่างในลักษณะนั้นๆ กรุณาเขียนชื่อตัวอย่างบนเครื่องหมายเส้นตรงที่ท่านเขียนด้วย

โปรดทดสอบตัวอย่างตามลำดับต่อไปนี้

514 267 136 147

1. สี (Color)

สีอ่อนมาก สีเข้มมาก

2. กลิ่น (กลิ่นเหล็ก)

ไม่มีกลิ่นเหล็ก กลิ่นแรงมากที่สุด

3. ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture)

ไม่กรอบ กรอบมากที่สุด

ก. 2 แบบทดสอบแบบ Hedonic 9 – scale test

แบบทดสอบชิมผลิตภัณฑ์อาหารธัญพืชไรซ์เฟลค

ชื่อ.....**เพศ**.....**อายุ**.....

กรุณาอ่านข้างล่างให้เข้าใจก่อนชิม

พิจารณาความชอบต่อผลิตภัณฑ์ตามลำดับคะแนนดังนี้

คะแนน	ความชอบ	คะแนน	ความชอบ
9	ชอบมากที่สุด	4	ไม่ชอบเล็กน้อย
8	ชอบมาก	3	ไม่ชอบปานกลาง
7	ชอบปานกลาง	2	ไม่ชอบมาก
6	ชอบเล็กน้อย	1	ไม่ชอบมากที่สุด
5	เฉยๆ		

คุณภาพ	514	267	136	147
สี				
กลิ่น				
รสชาติ				
เนื้อสัมผัส				
การยอมรับรวม				

ข้อเสนอแนะ_____

_____

ภาคผนวก

รูปแบบของการเผยแพร่และถ่ายทอดผลการวิจัย

การนำเสนอผลงานต่อที่ประชุม/สัมมนา

เพ็ญวิภา อ้วนแพง,อัศวิน อมรสิน. กรรมวิธีการผลิตอาหารเช้าธัญพืชชนิดไรซ์เฟลคด้วยแป้งชนิดต่างๆ. การประชุมเชิงวิชาการ "มหาวิทยาลัยมหาสารคามวิจัย" ครั้ง 2 วันที่ 6-8 กันยายน 2550 ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อ.เมือง จ.มหาสารคาม

เพ็ญวิภา อ้วนแพง,ศิริธร ศิริอมรพรรณ และ อัศวิน อมรสิน. กรรมวิธีการผลิตอาหารเช้าธัญพืชชนิดไรซ์เฟลเสริมกรดโฟลิคและธาตุเหล็ก. การประชุมเชิงวิชาการ "มหาวิทยาลัยมหาสารคามวิจัย" ครั้ง 2 วันที่ 6-7 กันยายน 2550 ณ โรงแรมตักสิลา อ.เมือง จ.มหาสารคาม

ประวัตินักวิจัย

1. ชื่อ อัศวิน อมรสิน
2. ตำแหน่ง อาจารย์ ระดับ7
3. ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้ ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนศาสตร์ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
4. ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา	ระดับการศึกษา	วุฒิ	สาขา	สถาบันการศึกษา
ค.ศ.2003	ดุษฎีบัณฑิต	Ph.D	Food Science &Technology	The University of Georgia Athens, USA
ค.ศ.1999	มหาบัณฑิต	M.S.	Food Science &Technology	The University of Georgia Athens, USA
พ.ศ.2537	ปริญญาตรี	วท.บ.	เทคโนโลยีการอาหารและโภชนาการ	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, มหาสารคาม

5. ประสบการณ์ทำงาน
   เป็นอาจารย์ผู้สอนมาแล้ว 11 ปี
6. ผลงานทางวิชาการ

งานแต่ง และเรียบเรียง แปล ตำรา บทความทางวิชาการ

Amornsin, A. and Toledo R.T. 2000. Effect of high pressure/shear on PE activity and cloud stability in orange juice. IFT (Institute of Food Teachnologists) meeting, Dalas, USA.

ผลงานวิจัย

Amornsin, A. 2003. Thermocal version XPPro3:A computer software for real time thermal process evalution and process simulation of canning processes. Windows Software.

Amornsin, A. and Toledo R.T. 2003. Properties of waxy rice starch and rice grain and application in process development for an instant waxy rice product. Ph.D. Desertation. The University of Geogia.

Amornsin, A. and Toledo R.T. 2003. An improved Macro-program for calculation of texture profile analysis (TPA) by TA-XT2™ (Stable Microsystems) texture analyzer. (Inpress.)

Amornsin, A. 2002. CoolCal version 1.0 : A computer software for prediction of freezing time and thermophysical properties of foods. Windows Software.

Amornsin, A. 2002. TPF version 1.0 : A computer software for empirical calcation of thermophysical properties of foods. Windows Software.

Amornsin, A. and Toledo R.T. 1999. Effect of high pressure throttling on ascorbic acid, pectin esterase activity and limonin content in citus juice. MS. Thesis. The University of Georgia.

7. ประสบการณ์

ระยะเวลาที่ทำการสอน 11 ปี

ประวัตินิสิต

ชื่อ	นางสาวเพ็ญวิภา อ้วนแพง
วันเกิด	วันที่ 6 มกราคม พ.ศ. 2526
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 150 หมู่ 6 ตำบลบ้านพร้าว อำเภอเมือง จังหวัดหนองบัวลำภู
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2544	มัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสตรีราชินูทิศ อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี
พ.ศ. 2548	ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) วิชาเอกวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตกาฬสินธุ์

Mahasarakham University

รายงานการใช้จ่ายเงิน

โครงการวิจัย งบประมาณเงินรายได้ ประจำปี 2550

ชื่อโครงการ กรรมวิธีการผลิตอาหารเช้าธัญพืชชนิดไรซ์เฟลคเสริมกรดโฟลิคและธาตุเหล็ก

หัวหน้าโครงการ **นายอัศวิน อมรสิน** หน่วยงานที่สังกัด **มหาวิทยาลัยมหาสารคาม**
ที่อยู่ ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนศาสตร์ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000
ได้รับเงินเพื่อดำเนินโครงการแล้วเป็นจำนวน 30,000 บาท (สามหมื่นบาทถ้วน)
ได้ใช้จ่ายเงินไปแล้วทั้งสิ้นเป็นจำนวน 30, 000 บาท (สามหมื่นบาทถ้วน)

ดังรายละเอียดต่อไปนี้

รายการ	**จำนวนเงิน (บาท)**
1. หมวดสารเคมี	
1.1 สารเคมี	20,000
2. หมวดค่าใช้สอย	
2.1 วัตถุดิบ	5,500
2.2 ค่าจัดทำรายงานและเอกสาร	1,000
2.3 ค่าจ้างวิเคราะห์หรือทดสอบตัวอย่าง	3,500
รวม	30,000

ข้าพเจ้าขอรับรองว่าข้อความดังกล่าวเป็นความจริงทุกประการ

ลงชื่อ.....

(นายอัศวิน อมรสิน)
หัวหน้าโครงการ