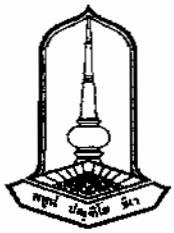


รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ชื่อโครงการ

กรรมวิธีการผลิตอาหารเช้าธัญพืชระดับชุมชน ชนิดไรซ์เฟลค เสริมกรดโฟลิคและธาตุเหล็ก

Process development of breakfast cereals for community scale production: folic acid enriched and Iron fortified rice flake.

ดร.อัศวิน อมรสิน

หัวหน้าโครงการ

ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนศาสตร์

คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย มหาสารคาม

ทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ประจำปีงบประมาณ แผ่นดิน ปี 2548

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยมหาสารคามที่ให้ทุนสนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร และโภชนศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และบุคลากร จนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้พัฒนาการผลิตอาหารเช้าธัญพืชจากข้าว หรือไรซ์เฟลค โดยออกแบบการผลิตอย่างง่ายให้เหมาะกับการผลิตในระดับวิสาหกิจชมชุน โดยมีการเติมสารไวตามินและแร่ธาตุที่จำเป็นได้แก่ กรดโฟลิคและธาตุเหล็ก จากการศึกษาวิจัยพบว่าการผลิตไรซ์เฟลคโดยตรงจากเมล็ดข้าวในสภาวะที่ศึกษาได้ผลิตภัณฑ์ของเฟลคข้าวเหนียวและข้าวเจ้าล้วนมีเนื้อสำผัสที่แข็ง ไม่ชวนบริโภค จึงได้พัฒนาสูตรโดยการใช้ข้าวบดละเอียด เติมแป้งชนิดอื่นๆ ผงฟู และน้ำมันพืช ในส่วนผสม จากการพัฒนาพบว่า สูตรแป้งฟลาวของข้าวจ้าวที่มีความละเอียดสูง และมีส่วนผสมของแป้งสาลี ให้เนื้อสัมผัสที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด การเติมไวตามินด้วยกรดโฟลิคทางการค้าและเหล็กในรูปเฟอร์รัสซัลเฟต ที่ละลายน้ำ สามารถพ่นโดยตรงสู่ผลิตภัณฑ์ได้ โดยให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีปริมาณกรดโฟลิคและธาตุเหล็กปริมาณ 1-1.4 mg/lb และ 20 mg/lb ตามลำดับ พบว่า ธาตุเหล็ก (ferrous sulfate) ถูกจำกัดปริมาณเนื่องจากกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ถ้าเติมในปริมาณที่มากขึ้น

คำสำคัญ ธาตุเหล็ก, กรดโฟลิค, ไรซ์เฟล, อาหารเช้าธัญพืช

Mahasarakham University

Abstract

This research developed a process of making breakfast cereal (rice flake) for community scale production. The products were fortified with folic acid and iron (ferrous sulfate). It was found that rice flakes made, under circumstance, from rice grain kernels both from waxy rice (RD6) and non-waxy rice (KMDL105) gave undesirable rigid texture. Therefore, the further developing process was studied. The developed flake formula composed of rice flour (rice grit), other starch, leavening agent (sodium bicarbonate) and vegetable oil. The rice flake having wheat four resulted better texture and acceptability. Commercial acid and ferrous sulfate could be fortified by directly spray their solution on the roasted flake. They could be fortified until final content for folie acid and ferrous sulfate were 1-1.4 mg/lb and 20 mg/lb respectively. Maximum amount of ferrous sulfated was limited by its off flavor.

Keywords: folic acid, iron, rice flake ,breakfast cereal

สารบัญ

บทนำ 1
วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัย 3
ขอบเขตการศึกษา 3
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6
ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากข้าว 6
การจำแนกชนิดข้าว 6
องค์ประกอบของเมล็ดข้าว 7
องค์ประกอบของแป้งทางเคมี 8
คุณภาพของข้าว 11
พันธุ์ข้าว 13
การทำแห้ง(Dehydration) 16
การอบและการย่าง (Baking and Roasting) 17
การเสริมวิตามินและแร่ธาตุ 18
วิธีการดำเนินงานวิจัย 24
ตอนที่ 1 กรรมวิธีการผลิตอาหารเช้าธัญพืชชนิดไรซ์เฟลคเบื้องต้นจากข้าว 24
3.1 ศึกษากรรมวิธีการผลิตอาหารเช้าธัญพืชชนิดไรซ์เฟลคเบื้องต้นจากข้าว 24
ตอนที่ 2 ปรับปรุงเนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญพืชชนิดไรซ์เฟลค และการเสริมกรดโฟลิค และ ธาตุเหล็ก 25
3.2 ศึกษากรรมวิธีการผลิต rice flakes 25
3.3 เทคนิคกรรมวิธีการเสริมกรดโฟลิคและธาตุเหล็ก 27
3.4 ขั้นตอนและวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล 27
ขอบเขตของโครงการวิจัย 27
ผลการวิจัยและอภิปราย 28
ตอนที่ 1 ศึกษากรรมวิธีการผลิตอาหารเช้าธัญพืชชนิดไรซ์เฟลคจากข้าว 28
4.3 ศึกษากรรมวิธีการผลิตอาหารเช้าธัญพืชชนิดไรซ์เฟลคจากข้าว 28
4.3 ตอนที่ 2 ศึกษากรรมวิธีปรับปรุงเนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญพืชชนิดไรซ์เฟลค และการเสริมกรดโฟลิค และ ธาตุเหล็ก 35
สรุปกรรมวิธีการผลิตโดยย่อที่ผ่านการพัฒนาเบื้องต้นแล้ว 43
สรุปผลการวิจัย 47
บรรณานุกรม 48
การถ่ายทอดงานวิจัย 51
อภิธานศัพท์ 55
ประวัติย่อผู้วิจัย 56
สรุปรายงานการใช้จ่ายเงิน 57

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารเช้าธัญพืชโดยทั่วไป 3
ตารางที่ 2 ค่า Estimated Average Requirement (EAR) และ Recommended Nutrient Intake (RNI) สำหรับ folic acid (แสดงในรูป dietary folate equivalents) แยกตามกลุ่มอายุ 4
ตารางที่ 3 ค่า Recommended Nutrient Intake ตามกลุ่มอายุ และ Bio-availability 5
ตารางที่ 4 ความแตกต่างของอะมิโลสและอมัยโลเพคติน 9
ตารางที่ 5 ค่าการสลายเม็ดในด่าง KOH 1.7%มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิแป้งสุก 12
ตารางที่ 6 การแบ่งข้าวออกตามปริมาณอะมิโลส 13
ตารางที่ 7 สีของข้าวเปลือก 15
ตารางที่ 8 ปริมาณวิตามินและแร่ธาตุที่เสริมในข้าวสารและความคงทนต่อการหุงต้ม 18
ตารางที่ 9 เปรียบเทียบปริมาณวิตามินและแร่ธาตุในข้าวสาร ข้าวกล้องและข้าวเสริมคุณค่า ทางอาหาร (มิลลิกรัม/100 กรัม) 19
ตารางที่ 10 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของสารเคลือบ 21
ตารางที่ 11 การจัดลำดับสารเคลือบ 22
ตารางที่ 12 แสดงค่าความชื้นของข้าวหลังจากการอบแห้ง 28
ตารางที่ 13 แสดงผลผลิตภัณฑ์เฟลคจากข้าวหอมมะลิเก็บมาวัดค่าสี1 29
ตารางที่ 14 แสดงผลผลิตภัณฑ์เฟลคจากข้าวเหนียว กข 6 นำมาวัดค่าสี 29
ตารางที่ 15 แสดงข้อมูลจากการนำ rice flake ที่ผลิตจากข้าวหอมมะลิมาวัดลักษณะสัมผัส โดย เครื่อง Texture analyzer 31
ตารางที่ 16 แสดงค่าการวัดลักษณะสัมผัสของ rice flake ที่ผลิตจากข้าวเหนียว กข 6 32
ตารางที่ 17 แสดงการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิม rice flake ที่ผลิตจากข้าวจ้าวหอมมะลิ จากเวลาการอบต่างๆ ทดสอบแบบ Hedonic 9 – scales test 32
ตารางที่ 18 แสดงการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิม rice flake ที่ผลิตจากข้าวเหนียว กข 6 จากที่เวลาการอบต่างๆทดสอบแบบ Hedonic 9 – scales test 32
ตารางที่ 19 แสดงการดูดซับน้ำของ rice flake จากข้าวทั้ง 2 ชนิดและ corn flakes ที่ขายตามท้องตลาด (Rehydration) 34
ตารางที่ 20 แสดงปริมาณเถ้าในข้าวทั้ง 2 ชนิดจากข้าวขาว เทียบกับข้าวกล้อง 34
ตารางที่ 21 การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมไรซ์เฟลคที่ผลิตจากข้าวบด (rice grits) ที่มีขนาดต่างกัน 36
ตารางที่ 22 ผลการวิเคราะห์ค่า Aw และความชื้นของผลิตภัณฑ์ไรซ์เฟลคที่ผลิตจากแป้งผสมชนิดต่างๆ 38
ตารางที่ 23 การทดสอบทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไรซ์เฟลคที่ผลิตจากแป้งผสมชนิดต่างๆ 39
ตารางที่ 24 การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมไรซ์เฟลค จากแป้งผสมชนิดต่างๆ ทดสอบแบบ hedonic 9 scale test 39
ตารางที่ 25 ผลของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบไรซ์เฟลคต่อลักษณะทางเคมี (ค่าความชื้น, ปริมาณน้ำอิสระ (Aw)) 40

ตารางที่ 26 ผลของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบไรซ์เฟลคต่อลักษณะทางกายภาพ (ค่าสี, ลักษณะเนื้อสัมผัส)41
ตารางที่ 27 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น ความกรอบของผลิตภัณฑ์ไรซ์เฟลคหลังจากการเสริมกรดโฟลิค โดยวิธี Descriptive Analysis Line – scale (0-10).....42
ตารางที่ 28 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น ความกรอบของผลิตภัณฑ์ไรซ์เฟลค หลังจากการเสริมธาตุเหล็ก โดยวิธี Descriptive Analysis Line – scale (0-10) 42
ตารางที่ 29 กรรมวิธีการผลิตอาหารเช้าธัญพืชไรซ์เฟลคเสริมกรดโฟลิคและธาตุเหล็ก.....43

สารบัญรูปภาพ

รูปภาพ 1 สัดส่วนของอาหารเช้าธัญพืชที่ผลิตจำหน่ายโดยทั่วไป (Valentas et al.,1991)..... 4

รูปภาพ 2 แสดงโครงสร้างของเมล็ดข้าว..... 7

รูปภาพ 3 โครงสร้าง Amylose..... 9

รูปภาพ 4 โครงสร้าง Amylopectin..... 9

รูปภาพ 5 เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง(drum driers หรือ roller dryers)..... 16

รูปภาพ 6 ตัวอย่างเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งเดี่ยวและลูกกลิ้งคู่..... 17

รูปภาพ 7 ปัจจัยที่มีผลต่อความคงตัวของวิตามินและแร่ธาตุ..... 19

รูปภาพ 8 การเก็บรักษาข้าวเสริมวิตามินและแร่ธาตุใน sachet..... 20

รูปภาพ 9 กรรมวิธีการผลิตอาหารธัญพืชไรซ์เฟลคเสริมกรดโฟลิคและธาตุเหล็ก..... 26

รูปภาพ 10 เครื่องมือผลิตอาหารธัญพืชไรซ์เฟลค ประกอบด้วยส่วนที่ทำให้ส่วนผสมเป็นชิ้นเล็กๆ (Particle forming) ซึ่งชิ้นอาหารจะถูกรีดผ่านลูกกลิ้งกลายเป็นแผ่นเฟลค จากนั้นจะถูกนำไปอบ (toasting) ให้พองตัวและแห้ง..... 27

รูปภาพ 11 ผลิตภัณฑ์ White rice flake จากข้าวข้าวหอมมะลิ 105..... 30

รูปภาพ 12 ผลิตภัณฑ์ White rice flake จากข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6..... 30

รูปภาพ 13 กราฟตัวอย่างแสดงการวัดเนื้อสัมผัสของเฟลค จากข้าวทั้ง 2 ชนิด..... 31

รูปภาพ 14 เส้นกราฟค่าการดูดซับน้ำ (Rehydration) ของผลิตภัณฑ์เฟลคจาก 3 แหล่งคือ คอร์นเฟลค ทางการค้า (commercial corn flakes) ข้าวข้าวหอมมะลิ 105 (Hom mali 105) และข้าวเหนียว กข 6 (Glutinous RD6)..... 33

รูปภาพ 15 เปรียบเทียบลักษณะของไรซ์เฟลคที่ผลิตจากข้าวบด (rice grits) ที่มีขนาดต่างกัน..... 36

รูปภาพ 16 เปรียบเทียบลักษณะของไรซ์เฟลคที่ผลิตจากแป้งชนิดต่างๆ..... 37

บทที่ 1

บทนำ

ข้าว *(Oryza sativa.)*เป็นธัญพืชที่มีความสำคัญที่สุด ประชากรกว่าครึ่งโลกกินข้าวเป็นอาหารหลัก โดยเฉพาะในเอเชีย ประเทศไทยปลูกข้าวเป็นอาชีพหลักและก็กินข้าวเป็นอาหารหลักเช่นกัน คุณประโยชน์ที่ได้จากการกินข้าว คือเป็นอาหารที่ให้พลังงานและมีสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต โปรตีนและวิตามิน ข้าวสารยังสามารถสร้างรายได้ให้กับประเทศอย่างมากมาย แต่การที่จะเพิ่มรายได้จากข้าวอีกอย่างก็คือการนำข้าวมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อให้มีมูลค่าที่เพิ่มมากขึ้น สำหรับประเทศที่พัฒนาแล้วมีการนำข้าวไปทำข้าวกึ่งสำเร็จรูป รวมถึง rice flake (Juliano,1993) ซึ่งผลิตภัณฑ์ประเภท rice flake ได้รับความนิยมมากในประเทศทางตะวันตก เนื่องจากมีความสะดวกสบาย ใช้รับประทานในเวลาที่เร่งรีบ ทำให้ประหยัดเวลา ในต่างประเทศมีการทำ rice flake เช่นกันแต่ยังไม่มากมายเนื่องจากยังมีการปลูกข้าวน้อย ส่วนใหญ่จะเป็นการปลูกข้าวโพดมากกว่า จึงนิยมนำข้าวโพดมาทำเป็น corn flake มากกว่า rice flake แต่ในประเทศไทยนั้นมีการปลูกข้าวเป็นอาชีพหลักดังที่กล่าวไว้ข้างต้นจึงน่าจะนำข้าวมาทำ rice flake ซึ่งในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ได้ใช้ข้าวพันธุ์ กข 6 (ข้าวเหนียว) และข้าวหอมมะลิ (ข้าวจ้าว) เนื่องจากข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์นี้นิยมปลูกมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

กลุ่มอาหารเช้าธัญพืช (breakfast cereal) ซึ่งอาหารกลุ่มนี้เป็นที่นิยมในประเทศที่พัฒนาแล้วดังกล่าว จัดเป็นอาหารมวลชนที่บริโภคทั่วไปทุกครัวเรือน และมีแนวโน้มการบริโภคสูงขึ้น(Frame,1994) กระบวนการผลิต flakes ซึ่งสามารถทำจากธัญพืชได้หลายชนิด เช่น ข้าวสาลี ข้าวจ้าวและข้าวโพด เป็นต้น ตัวอย่างการทำเป็นแผ่นบางจากข้าว เรียกว่า rice flakes คือเมล็ดข้าวที่ใช้เป็นวัตถุดิบจะผ่านการทำความสะอาด ทำให้สุกแล้วนำไปรีดเป็นแผ่นด้วย drum drier นำไปเข้าตู้อบ hot air oven เพื่อปรับความชื้นให้เหลือประมาณ 3-4% จากนั้นนำเข้าเครื่อง bake เพื่ออบให้ flakes สุก เหลืองกรอบ ข้าวมีศักยรูปที่จะพัฒนาให้เป็นผลิตภัณฑ์ในกลุ่มนี้ได้ ดัง ตารางที่1 ซึ่งแสดงส่วนประกอบวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารเช้าธัญพืชโดยทั่วไป เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรหลักที่พัฒนาโดยบริษัทต่างประเทศ ซึ่งใช้ ข้าวบาร์เล่ย์ ข้าวสาลี ข้าวโพด และข้าวโอ๊ต เป็นส่วนใหญ่ (Frame, 1994) การที่ประเทศไทยจะก้าวขึ้นเป็นครัวของโลก ไทยมีโอกาสที่จะป้อนผลิตภัณฑ์กลุ่มนี้สู่ตลาดโลกเช่นกัน อย่างน้อยที่สุดเป็นการส่งเสริมให้มีการบริโภคอาหารที่ผลิตและใช้วัตถุดิบภายในประเทศ การวิจัยนี้จะรวมถึงการพัฒนาเทคโนโลยีในการผลิตที่จะออกแบบให้สมารถผลิตได้ในระดับชุมชน (OTOP scale) หรือกลุ่มอุตสาหกรรมขนาดย่อมซึ่งลิขสิทธิ์ด้านเทคนิคการผลิตเป็นของไทย ซึ่งจะสามารถสามารถถ่ายทอดได้โดยเสรี เป็นการส่งเสริมการแข่งขันกับบริษัทต่างประเทศที่กำลังรุกเปิดช่องทางการจำหน่ายในประเทศไทย เช่น บริษัทยักษ์ใหญ่ของวงการอาหารเช้าธัญพืช (breakfast cereal) อย่าง Nabisco/Kellogg ของสหรัฐอเมริกา กรรมวิธีการผลิตอาหารเช้าธัญพืชมีหลายแบบขึ้นกับลักษณะของผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ต้องการ และองค์ประกอบเสริมต่างๆ เช่น ผลไม้แห้ง หรือไวตามินต่างๆ อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้จะพัฒนาผลิตภัณฑ์ประเภท cereal flake เป็นเบื้องต้น ส่วนกรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทอื่นๆ เช่น extruded products และ Gun Puffed products ทางคณะวิจัยจะทำการศึกษาในชุดโครงการต่อไป รูปที่ 1 แสดงสัดส่วนของอาหารธัญพืชที่ผลิตจำหน่ายโดยทั่วไป ซึ่งจะเห็นว่า ธัญพืชต่างๆ สามารถนำมาแปรรูปได้หลายแบบ อย่างไรก็ตามเทคโนโลยีการผลิตอันทันสมัยเหล่านี้ไม่สามารถเข้าถึงได้ในระดับชุมชน หรือไม่ตู้ลูกผลิตในวงจำกัดภายใต้สิทธิบัตร งานวิจัยเผยแพร่ถึงเทคนิคการผลิตเหล่านี้มีความสำคัญอย่างยิ่ง

Mahasarakham University

ที่สหรัฐอเมริกาการเสริมอาหารประเภทไวตามินและเกลือแร่ลงในอาหารเช้าธัญพืชนับเป็นกลยุทธ์ที่สำคัญสำหรับกระจายสารอาหารที่จำเป็นสู่คนส่วนใหญ่ของประเทศ (Nestel and Nalubola, 2003) ทางคณะวิจัยเชื่อว่าในอนาคตอาหารเช้าธัญพืชของไทยอาจใช้กลยุทธ์นี้เช่นกัน อาหารที่ประเทศกำลังพัฒนา (developing country) ควรเสริมได้แก่ ไวตามินเอ ธาตุเหล็ก ไอโอดีน ไทอามีนและไรโบฟลาวิน (Dexter,1998) ส่วน กรดโฟลิคเป็นไวตามินในกลุ่มไวตามินบี สำคัญที่องค์การอนามัยโลกแนะนำให้เสริมในอาหาร (FAO/WHO,2002) ในข้าวขาวมีกรดโฟลิค ประมาณ 0.1 µg/g และธาตุเหล็ก 4.1 ppm ส่วนในข้าวกล้อง มีกรดโฟลิค ประมาณ 0.3 µg/g และธาตุเหล็ก 8.8 ppm กรดโฟลิคถูกบังคับเสริมในอาหารเช้าธัญพืชที่วางจำหน่ายทั่วไปในสหรัฐอเมริกาในเริ่มจากปี ค.ศ. 1998 (FDA,1996) โครงการวิจัยนำร่องนี้ (เพื่อให้เหมาะกับงบประมาณที่จัดสรร) จึงศึกษาเทคนิควิธีการสำหรับเสริมสารอาหารเหล่านี้ลงในผลิตภัณฑ์ด้วยโดยเลือกศึกษาการเติมสาร กรดโฟลิคและธาตุเหล็กเป็นอันดับแรก โดยการวิจัยรวมถึงการศึกษาเทคนิคกรรมวิธีการผลิต อิทธิพลของการเติม การยอมรับของผู้บริโภค และการเสื่อมเสีย กรดโฟลิคเป็นไวตามินสำคัญตัวหนึ่งจำเป็นต่อการทำงานของระบบสมอง และเชื่อว่ามีส่วนลดปัญหาโรคพิการทางสมองและประสาท เรียกว่า Neural tube Defects (NTD)ของทางรกที่เกิดจากสตรีมีครรภ์ที่ขาดไวตามินตัวนี้ ไวตามินตัวนี้อาจเพิ่มน้ำหนักเด็กแรกเกิด และลดความเสี่ยงจากปัญหาโรคพิการทางสมองและประสาท ได้ถึง 50% (FAO/WHO,2002) หากคนไทยได้รับไวตามินตัวนี้อย่างเพียงพออาจลดจำนวนผู้พิการแรกเกิดทางสมองได้ซึ่งเป็นการลดภาระของประเทศอีกทางหนึ่ง อย่างไรก็ตามไวตามินตัวนี้สำคัญสำหรับทุกเพศทุกวัย ดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งกรดโฟลิคมีส่วนในการลดความเสี่ยงจากปัญหาโรคหัวใจ ลดการเกิดโรคมะเร็งชนิด colorectal cancer และยังช่วยลดปัญหาเกี่ยวกับความจำในผู้สูงอายุอีกด้วย ส่วนธาตุเหล็กจำเป็นสำหรับการสร้างเม็ดเลือดและกระบวนการถ่ายเทอิเล็กตรอนในเซล ผู้ที่มีโอกาสได้รับธาตุเหล็กไม่เพียงพอได้แก่ เด็กเล็ก (อายุต่ำกว่า 4 ขวบ) เด็กวัยรุ่น หญิงวัยประจำเดือน และสตรีมีครรภ์ (Groff et al.,1995) นอกจากนั้นผู้ที่บริโภคมังสวิรัติอาจขาดธาตุเหล็กเนื่องมีปัญหาการดูดซึมต่ำ เพราะมีสารขัดขวางการดูดซึม (inhibitors เช่น phytates, polyphenols, calcium, และ phosphate) ตารางที่ 3 สรุปความต้องการธาตุเหล็กตามกลุ่มอายุและความสามารถในการดูดซับใช้ได้ (Bio-availability) ความผิดปกติที่เกิดขึ้นจากการขาดธาตุเหล็ก เช่นโรคโลหิตจาง (Iron deficiency with anemia) และระบบภูมิคุ้มกันบกพร่องเป็นต้น จากรายงานของกรมอนามัย ประเทศไทยที่เป็นโรคโลหิตจางในสตรีมีครรภ์ ประมาณ 12% และในเด็ก 6% (กรมอนามัย กระทรวงสาธารณะสุข, 2545) งานวิจัยนี้จะเป็นหนึ่งอีกแนวทางสำหรับการกระจายธาตุอาหารสู่ชุมชนเพื่อเป็นการส่งเสริมสุขภาพของคนในชาติ

Mahasarakham University

วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัย

1) เพื่อศึกษากรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญพืชชนิดไรซ์เฟลคได้ โดยผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและยอมรับได้โดยผู้บริโภค โดยใช้วัตถุดิบส่วนใหญ่ (ข้าว) และอื่นๆที่ผลิตได้ในประเทศ
2) เพื่อศึกษาและประดิษฐ์เครื่องมือขนาดย่อม สำหรับผลิตอาหารเช้าธัญพืชชนิดไรซ์เฟลคได้
3) เพื่อเพื่อศึกษาเทคนิคกรรมวิธีการเสริมกรดโฟลิค และ ธาตุเหล็กในผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญพืชชนิดไรซ์เฟลค

ขอบเขตการศึกษา

1.ศึกษาหากระบวนการผลิตที่เหมาะสมของ rice flakes

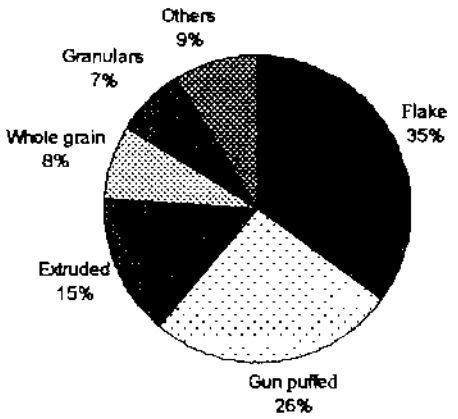
2.ศึกษาองค์ประกอบและคุณสมบัติทางกายภาพของ rice flakes ที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค จากข้าวทั้ง 2 ชนิด โดยทำการศึกษาความชื้น วัดคุณภาพเนื้อสัมผัสด้านความแข็งและความกรอบ

ตารางที่ 1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารเช้าธัญพืชโดยทั่วไป

กลุ่มวัตถุดิบ	ตัวอย่าง
ธัญพืช	
Barley	Malted barley (sugar source), whole barley
corn	Corn flour, degermed yellow corn meal, milled yellow corn
oats	Oat bran, oat flour, rolled oats, whole rolled oats, whole oats, whole oat flour
rice	Milled rice, rice flour
wheat	Defatted wheat germ, wheat brand, wheat germ, wheat gluten(protein source), whole rolled wheat, whole wheat, whole wheat four, graham flour
Fruits	Apple, apple juice, date, dried apples, raisins, strawberry, strawberry juice concentrate
Protein source	
Nuts and legume (flavor, fat)	peanut butter, soy flour, almond pieces, hazelnuts, pecan, walnut
Dairy products	Non fate dry milk, dried whey, calcium caseinate
Others	Gelatin (structural), L-lysine monohydrochloride, wheat gluten
Vitamins and minerals	
Vitamin A	Vitamin A palmitate
B vitamin	Niacin, niacinamide, folic acid, thiamine mononitrate, thiamine hydrochloride (B1), pyridoxine hydrochloride (B6), vitamin B12
Vitamin C	Sodium ascorbate, ascorbic acid
vitamin D	vitamin D
Vitamin E	DL-alpha tocopherol acetate
iron	Iron, reduce iron
zinc	zinc oxide
calcium	calcium pantothenate, calcium carbonate(structural), tricalcium and dicalcium phosphate (structural), sodium phosphate (structural)

Structural additives	gelatin (protein), corn starch, modified corn starch, modified food starch. wheat starch. maltodextrin. pectin. cellulose gel and gum, sodium alginate, glycerine, trisodium phosphate. calcium carbonate (mineral), baking soda,), tricalcium and dicalcium phosphate, sodium phosphate (dough conditioner and mineral)
Sugar	Brown sugar, brown sugar syrup, cereal malt syrup, corn syrup, dextrose, fructose, high fructose corn syrup. honey, invert sugar. malt flavoring.malted barley (cereal), malted barley extract. molasses
Preservatives and stabilizers	BHA. BHT. BHT in packaging, sulfur dioxide in (in fruits), citric acid (flavor), mono-and di-glycerides, soy lecithin
Fat	Coconut oil, partially hydrogenated oils
Flavor	Natural flavor and artificial flavor

ที่มา: คัดแปลงจาก Frame(1994)



รูปภาพ 1 สัดส่วนของอาหารเช้าธัญพืชที่ผลิตจำหน่ายโดยทั่วไป (Valentas et al.,1991)

ตารางที่ 2 ค่า Estimated Average Requirement (EAR) และ Recommended Nutrient Intake (RNI) สำหรับ folic acid (แสดงในรูป dietary folate equivalents) แยกตามกลุ่มอายุ

กลุ่มอายุ (ปี)	EAR (µg/day)	RNI(µg/day)
0-6 เดือน	65	80
7-12 เดือน	65	80
1-3	120	160
4-6	160	200
7-9	250	300
เด็กวัยรุ่น (Adolescents), 10-18	300	400
19-65	320	400
65+	320	400

สตรีมีครรภ์ (Pregnancy)	520	600
สตรีให้นมบุตร (Lactation)	450	500

[a] Based on a human milk intake of 0.75 l/day.

ที่มา : FAO and WHO (2002)

ตารางที่ 3 ค่า Recommended Nutrient Intake ตามกลุ่มอายุ และ Bio-availability

กลุ่ม	อายุ (ปี)	น้ำหนักตัวเฉลี่ย (kg)	Recommended Nutrient In take[a] (mg/day) % Dietary Iron Bio-availability			
			15	12	10	5
Children	0.5-1	9	[6.2][b]	[7.7][b]	[9.3][b]	[18.6][b]
	1-3	13.3	3.9	4.8	5.8	11.6
	4-6	19.2	4.2	5.3	6.3	12.6
	7-10	28.1	5.9	7.4	8.9	17.8
Males	11-14	45	9.7	12.2	14.6	29.2
	15-17	64.4	12.5	15.7	18.8	37.6
	18+	75	9.1	11.4	13.7	27.4
Females	11-14[c]	46.1	9.3	11.7	14	28
	11-14	46.1	21.8	27.7	32.7	65.4
	15-17	56.4	20.7	25.8	31	62
	18+	62	19.6	24.5	29.4	58.8
Post-menopausal		62	7.5	9.4	11.3	22.6
Lactating		62	10	12.5	15	30

[a] Based in part on a 1988 report from the FAO/WHO and in part on new calculations of the distribution of iron requirements in menstruating women. Because of the very skewed distribution of iron requirements in these women, dietary iron requirements are calculated for four levels of dietary iron bio-availability.

[b] Bio-availability of dietary iron during this period varies greatly.

[c] Non-menstruating.

ที่มา : FAO and WHO (2002)

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากข้าว

ข้าวเป็นพืชที่มีคุณสมบัติพิเศษที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ตั้งแต่ลำต้น เมล็ด แม้กระทั่งแกลบ แต่ต้องผ่านกระบวนการแปรสรูปที่ดีและเหมาะสมจึงจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ และสามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างคุ้มค่าในเชิงเศรษฐกิจ ทั้งนี้มีผลิตภัณฑ์จากส่วนต่างๆของข้าวอีกมากมาย เช่น สุรา ไวน์ เบียร์ น้ำมันรำข้าว ทำเป็นสาร Wax จากรำข้าวสามารถทำเป็นสารเคลือบเอกสารต่างๆ สามารถทำเป็นเนย ทำชา จากรำข้าว อาหารเสริม น้ำส้มสายชู ส่วนแกลบใช้ใส่ดินไม้ดอกไม้ดอลุมดิน ทำปุ๋ย ทำอิฐ ทรถ่านอัดแท่งและสกัดเอาสารบางอย่างเพื่อไปใช้ในอุตสาหกรรมสี ฯลฯ

ในส่วนของข้าวที่เป็นเมล็ดเรายังมีการนำมาทำข้าวสุกบรรจุกระป๋องโดยที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี มีการพัฒนาข้าวกึ่งสำเร็จรูปชนิดชงร้อนบริโภคได้เลย คล้ายกับบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปมีการใส่สารปรุงรส เนื้อผักอบแห้ง เพื่อเพิ่มรสชาติและคุณค่า พวกเกร็ดข้าวนำมาบดให้หยาบและผ่านกระบวนการอัดที่อุณหภูมิสูง เพื่อให้เกิดการพองตัว จึงมีลักษณะคล้ายอาหารว่าง และ cereal ได้

นอกจากนี้กรมวิชาการเกษตรยังได้ร่วมมือกับมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ทำการทดลองนำแป้งมาทดแทนแป้งสาลีในการทำขนมต่างๆซึ่งประสบความสำเร็จเป็นที่น่าพอใจ แต่สิ่งสำคัญในการใช้แป้งทดแทนแป้งชนิดอื่นนั้นจะต้องมีการเฉพาะเจาะจงคุณสมบัติของแป้งด้วยว่ามาจากข้าวชนิดใด ตัวอย่าง คือ แป้งข้าวที่นำมาทำขนมเค้ก ต้องการใช้แป้งข้าวในกลุ่มข้าวหอมมะลิ และต้องผ่านกรรมวิธีการโม่แห้ง จึงจะได้ผลใกล้เคียงกับเค้กที่ทำจากแป้งสาลีมากที่สุด

ในการนำข้าวมาเป็นวัตถุดิบเพื่อแปรรูปผลิตภัณฑ์ต่างๆนั้นสิ่งสำคัญที่สุด คือ ต้องคัดแยกชนิดข้าวที่นำมาเป็นวัตถุดิบ เพราะข้าวแต่ละชนิดมีคุณสมบัติ
หรือปริมาณอะมิโลสแตกต่างกัน

ดังนั้นวัตถุดิบประเภทข้าวที่เข้าสู่กระบวนการทางอุตสาหกรรมเช่น อุตสาหกรรมแป้ง หรือประเภทเส้นต่างๆต้องการข้าวอะมิโลสสูง และไม่จำเป็นต้องใช้ข้าวเต็มเมล็ดที่มีราคาแพงแต่ใช้ปลายข้าวแทน แต่ปัญหาที่พบ คือ ปลายข้าวเป็นวัตถุดิบที่มีอะมิโลสสูงที่ปลาย ข้าวหอมนะลิจะไม่ก่อปัญหาในอุตสาหกรรมแป้ง และเส้นก๋วยเตี๋ยว ทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์เหล่านี้ด้อยลงไป

การจำแนกชนิดข้าว

โดยทั่วไปแล้วนิยมจำแนกข้าวออกตามคุณสมบัติทางอาหารของแป้ง (starch) ซึ่งเป็นสารประกอบคาร์โบไฮเดรตที่มีอยู่ในเมล็ดข้าวที่ทำให้ข้าวแต่ละชนิดมีลักษณะรสชาติและเนื้อสัมผัสที่ปรากฏแตกต่างกันออกไป

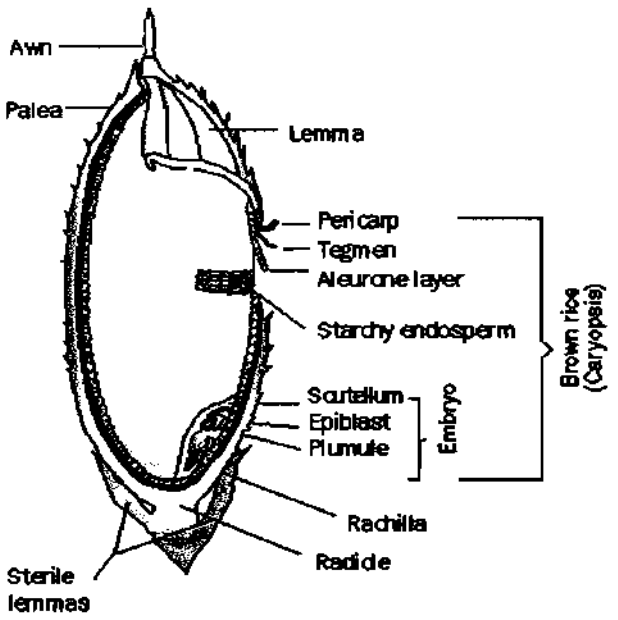
- ข้าวข้าว (Nonwaxy rice) ข้าวชนิดนี้มีองค์ประกอบของแป้งที่เรียกว่า อะมิโลส (amylose)ในปริมาณที่มากซึ่งให้ลักษณะของข้าวข้าวเมื่อเป็นข้าวสาร เมล็ดจะใส เนื้อแข็งและเมื่อผ่านการหุงข้าวจะมีสีขาวขุ่นขึ้นหน้อย ร่วนไม่เกาะตัวหรือมีการเกาะตัวกันน้อยนิยมบริโภคในแถบภาคกลาง และภาคใต้ของไทย

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

เมล็ดข้าวเมื่อนำไปนึ่ง จะมีความนุ่มไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับชนิดและสายพันธุ์ของข้าว โดยที่ข้าวที่มีความนุ่มน้อยจะมีปริมาณแป้งชนิด amylase อยู่สูงกว่านอกจากนี้อาจเป็นเพราะปริมาณโปรตีนในเมล็ด อายุการเก็บรักษา และสภาพการเก็บรักษาอีกด้วย

องค์ประกอบของเมล็ดข้าว

สัดส่วนโดยน้ำหนัก 80 เปอร์เซ็นต์ของเมล็ดข้าวเป็นแป้ง อีก 20 เปอร์เซ็นต์เป็นรำและจมูกข้าว (รูปที่ 2) โครงสร้างแป้งอยู่ในส่วนของ endosperm ที่มีส่วนน้อยเป็นโปรตีน รำ (rice bran) เป็นเนื้อเยื่อที่ห่อหุ้มส่วนที่เป็น endosperm ไว้ รำจะมีความหนาบางต่างกันไปขึ้นกับพันธุ์ข้าวแต่ละพันธุ์ ส่วนของจมูกข้าว (endosperm) จะอยู่ที่ปลายเมล็ดข้าวด้านที่ติดกับก้านเป็นจุดเริ่มของการงอกเป็นต้นข้าว เปลือกข้าวหรือแกลบ (hull) เป็นตัวห่อหุ้มเมล็ดข้าวทั้งเมล็ดไว้



รูปภาพ 2 แสดงโครงสร้างของเมล็ดข้าว

2.1 โภชนาการในส่วนของเมล็ด (Endosperm)

สารที่เป็นแหล่งพลังงานพวกคาร์โบไฮเดรตเป็นสารหลักที่พบในส่วนนี้ของเมล็ดข้าวแป้งข้าวอาจแบ่งตามโครงสร้างเป็น แป้งข้าวเจ้า (amylose) และแป้งข้าวเหนียว (amylopectin) ข้าวแต่ละพันธุ์มีสัดส่วนของแป้ง amylose และ amylopectin ที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ความนุ่ม/ความกระด้างของข้าวแต่ละพันธุ์ไม่เท่ากัน ข้าวที่มีเปอร์เซ็นต์แป้ง amylose สูงจะได้ข้าวที่แข็งขึ้นหม้อ ในทางตรงข้าม ข้าวที่มีแป้ง amylose ต่ำจะได้ข้าวที่เหนียวนุ่ม

ในทางอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารจากแป้งข้าวยังขึ้นกับสัดส่วนของแป้งamylose/amylopectin เป็นสำคัญแป้งที่มี amylopectin สูงจะให้ความกรอบซึ่งนิยมนำมาทำเป็นอาหาร ขนมคบเคี้ยวต่างๆ เช่น Arare และ Senbe เทียบได้กับ cracker จากข้าวสาลีซึ่งกำลังเป็นที่นิยมมากในต่างประเทศเพราะไม่ต้องใช้น้ำมันหรือเนยมาก ทำให้ได้ cracker ที่มีไขมันต่ำ (97% fatfree) โดยเฉพาะแป้งข้าวเหนียวจะให้ความกรอบนุ่มมากที่สุด ทำให้ได้ cracker ที่ดีที่สุด นอกจากนี้เมล็ดข้าวเหนียวกล้องยังสามารถ "pop" ได้เมื่อนำไปคั่วไฟอ่อนๆ ได้ puffed rice ซึ่งสามารถนำไปแปรรูปเป็น cereal bar, breakfast cereal ได้ดี ข้าวเหนียวยังเหมาะกับการหมักเป็นเหล้าสาเก, ทำเบียร์ และ gelatinized starch อีกด้วย และในอนาคตอาจนำมาใช้ผสมแป้งสาลีทำขนมปังได้

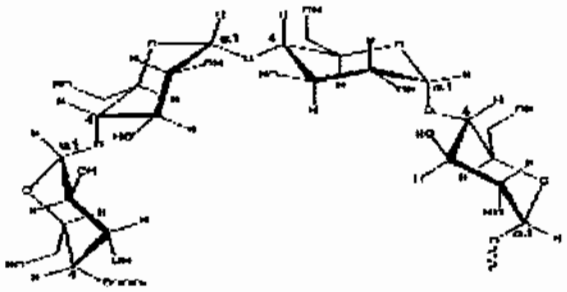
ส่วนข้าวที่มี amylose สูงกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป แป้งจะแข็งเหนียวเหมาะกับการทำเส้นก๋วยเตี๋ยว, เส้นขนมจีน, แคปซูลยา และ modified starch และข้าวที่มี amylose สูงกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ เหมาะแก่การใช้ทำสปาเก็ตตี หากเปรียบเทียบแป้งข้าวเจ้ากับแป้งข้าวเหนียวแล้วพบว่าการแปรรูปจากข้าวเหนียวมีความหลากหลายกว่า ปัจจุบันเราเพาะปลูกข้าวเหนียวเพื่อการบริโภคเท่านั้น ซึ่งปลูกเพียงปีละครั้ง แต่ในทางอุตสาหกรรมวัตถุดิบที่เก็บเอาไว้นานๆ (aging) จะทำให้สมบัติของแป้งแข็งขึ้น ซึ่งอาจทำให้ต้องมีการปรับขบวนการผลิตไปอีกด้วย ดังนั้น model ข้าวเหนียวแปรรูปควรจะปลูกได้ตลอดปีเพื่อให้ได้วัตถุดิบที่มีความสม่ำเสมอตลอดทั้งปี จุดสำคัญคือคุณค่าทางโภชนาการ เช่น protein, กรดอะมิโนที่สำคัญ วิตามินควรมีความโดดเด่น เพื่อให้ได้สินค้าแปรรูปที่น่าสนใจมากขึ้น

องค์ประกอบของแป้งทางเคมี

แป้ง

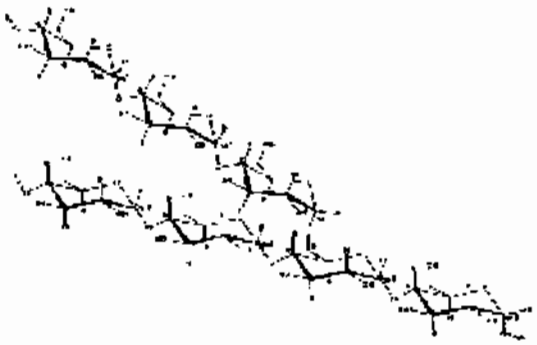
ประกอบด้วยคาร์บอน (C) ร้อยละ 44.4 ไฮโดรเจน (H) ร้อยละ 6.2 และออกซิเจน (O) ร้อยละ 49.4 โดยอยู่ในรูปของ α , D- glucose เป็นส่วนใหญ่นอกจากนั้นจะมีโปรตีน ไขมัน ฟอสฟอรัส และเถ้า แป้ง(starch)เป็นโพลีแซคคาไรด์ที่จัดอยู่ในกลุ่มโฮโมโพลีแซคคาไรด์ (homopolysaccharideหรือ homoglycans) พบในรูปของหน่วยอิสระเป็นเม็ดเล็กๆอัดกันแน่น เรียก เม็ดแป้ง (Starch granule) ซึ่งประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสเป็นโมโนแซคคาไรด์เพียงชนิดเดียว แต่เชื่อมต่อกันเป็นสายโพลิเมอร์ 2 แบบ ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของแป้ง คือ โมเลกุลเป็นสายยาวของอะมิโลส (amylose) มีโครงสร้างเป็นกลูโคสที่ต่อกันด้วยพันธะ 1,4 linkage ส่วนอีกสายมีโครงสร้างเป็นกลูโคสเช่นเดียวกันต่อกันเป็นสายยาวด้วยพันธะ 1,4 linkage และมีกิ่งก้านสาขาซึ่งต่อเชื่อมกันด้วยพันธะ 1,6 linkage เรียก อมัยโลเพคติน(amylopectin) ทั้งอะมิโลสและอมัยโลเพคติมจะอยู่ในเม็ดแป้งในรูป helix โดยแต่ละลูกโซ่ประกอบด้วยกลูโคส 6 หน่วย ซึ่งจะจับไอโอดีนไว้ได้ 1 โมเลกุล (Hollo และ Szeiili,1998) จึงอาศัย

คุณสมบัตินี้เพื่อวิเคราะห์หาอะมิโลสโดยให้แป้งทำปฏิกิริยากับสารละลายไอโอดีนและวัดสีน้ำเงินที่เกิดขึ้นโดยใช้ spectrophotometer



รูปภาพ 3 โครงสร้าง Amylose

ที่มา : www.cassava.org/cstru/pub/1998/1998_0.



รูปภาพ 4 โครงสร้าง Amylopectin

ที่มา: www.cassava.org/cstru/pub/1998_0.

ตารางที่ 4 ความแตกต่างของอะมิโลสและอมัยโลเพคติน

Amylose	Amylopectin
1.ประกอบด้วยกลูโคสที่ต่อกันเป็นเส้นตรงด้วยพันธะ α-1,4 glucosidic linkage	1.ประกอบด้วยโมเลกุลกลูโคสต่อกันมีกิ่งก้านสาขาด้วยพันธะα-1,6 glucosidic linkage
2.ประกอบด้วยกลูโคส 200-2,100 หน่วย	2.แต่ละกิ่งมีกลูโคส 20-30 หน่วย
3.ละลายน้ำได้ดีกว่า	3.ละลายน้ำได้น้อยกว่า
4.เมื่อต้มในน้ำจะมีความข้นหนืดน้อยและขุ่น	4.ข้นหนืดมากและใส
5.ให้สีน้ำเงินกับสารละลายไอโอดีน	5.ให้มีสีม่วงแดงหรือสีน้ำตาลแดงกับสารละลายไอโอดีน
6.ต้มแล้วทิ้งไว้จะจับตัวเป็นเจลได้	6.ไม่จับตัวเป็นเจล

ที่มา: Kerr (1950)

โปรตีน (Protien)

มีอยู่ประมาณ 6-14 % ของน้ำหนักข้าวสาร ปริมาณโปรตีนของข้าวสารคำนวณจาก Kjeldahl nitrogen คูณด้วย factor 5.95 (โปรตีนในข้าวมีไนโตรเจนอยู่ 16.8 %) โปรตีนในข้าวอยู่กันเป็นกลุ่มเรียกว่า protien body แทรกอยู่ระหว่าง starch compound มีขนาด 1-4 ไมครอน และมีความหนาแน่นตามบริเวณขอบมากกว่าส่วนตรงกลาง

โปรตีนอาจแบ่งตามคุณสมบัติการละลายของมันได้เป็น 4 ชนิด

- Albumin-water soluble protien
- Globulin-salt soluble protien
- Prolamin-Alcohol soluble protien
- Glutelin-Dituted acid or alkali soluble protien

ข้าวสารมี Glutelin อยู่ประมาณ 80 % ของโปรตีนทั้งหมด Glubulin 10 % , Albumin 5%และ Prolamin ไม่เกิน 5 % กรดอะมิโนที่มีองค์ประกอบของโปรตีนมีไลซีน (lysine) ประมาณ 4g/16.8gN ซึ่งนับว่าเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพดีกว่าโปรตีนจากเมล็ดธัญพืชชนิดอื่นๆ โปรตีนในเมล็ดข้าวมีส่วนทำให้การดูดซึมน้ำของเมล็ดช้าลง ความนุ่ม ความเหนียว และความเลื่อมมันลดลงด้วย (ทัศนีย์ พรกิจประสานและอรอนงค์ นัยวิกุล,2530)

ไขมัน (fat)

ไขมันในเมล็ดข้าวส่วนใหญ่ อยู่ตามแกยบริเวณแอลูโรน และดัพคะ ซึ่งถูกขัดออกมาเมื่อผ่านกระบวนการขัดสีข้าว ไขมันของข้าวประมาณร้อยละ 80 อยู่ในส่วนที่เป็นรำและไขมันจากทุกส่วนของเมล็ดจะมีองค์ประกอบคล้ายคลึงกัน ไม่ว่าจะสกัดข้าวเหนียวหรือข้าวจ้าว กรดไขมันส่วนใหญ่เป็น oleic, linoleic และ palmetic อัตราส่วนของ oleic และ linoleic เป็น 1:1

นอกจากนี้ไขมันของข้าวสารมี aotioxidant อยู่คือ oryzanol และ tocopherol สารนี้จะช่วยระงับปฏิกิริยาการเติมออกซิเจน (oxidation) ทำให้ไขมันคงอยู่ได้มานโดยไม่หืน (งามชื่น คงเสรี และกายจนา เนตรสำราญ,2518) แต่อย่างไรก็ตาม แป้งข้าวเหนียวที่ดีควรมีปริมาณไขมันอยู่เพียงเล็กน้อย เนื่องจากถ้ามีปริมาณไขมันอยู่มากก็อาจเกิดปัญหาของคุณภาพแป้ง ในแง่การเกิดหืน (rancidity) ได้เช่นกัน เมื่อนำไปทำผลิตภัณฑ์อาหาร อาหารที่ได้มีคุณภาพด้อยลง และแป้งเก็บไว้ได้ไม่นาน (เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์,2527)

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)

แร่ธาตุ (mineral)

แร่ธาตุต่าง ๆ ส่วนใหญ่อยู่ตามบริเวณนอกของเมล็ดจะแตกต่างกันไปตามความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ปลูก จากรายงานต่างของเถ้าของข้าวสาร 259 ตัวอย่างมีค่าตั้งแต่ 0.26-1.95 % (dry basis) เฉลี่ย 0.69 0.64 และ 0.61% สำหรับข้าวเมล็ดยาว ป่านกลาง 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)

ปริมาณความชื้น (moisture content)

ข้าวสารมีความชื้นประมาณ 14% ถ้าความชื้นน้อยกว่านี้ จะเป็นผลให้สามารถเก็บไว้ได้นานขึ้น ในแป้งยังมีผลต่อคุณภาพในการเก็บอีกด้วย การที่แป้งมีความชื้นสูงเป็นผลให้ starch granule ดูดซับ (absorb) น้ำเพิ่มมากขึ้นแป้งมีลักษณะเป็นก้อนกระจายตัวไม่สม่ำเสมอเมื่อนำไปกระจายตัวในน้ำ เป็นผลให้เมื่อนำแป้งไปใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพไม่ดี เนื้อสัมผัส (texture) ไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นในการนำแป้งไปใช้ประกอบอาหารนิยมทำให้ความชื้นในแป้งน้อยลงก่อนนำไปคากเตดหรืออบด้วยความร้อนต่ำ ประมาณ 45-60 องศาเซลเซียส ก่อนนำมาร่อนให้แป้งกระจายตัว

คุณภาพของข้าว

คุณภาพข้าว มีความสำคัญต่อผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากข้าว เมื่อพิจารณาถึงคุณภาพข้าวจะต้องทราบวัตถุประสงค์ของการนำข้าวไปใช้ เนื่องจากข้าวสามารถนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิด แต่ละชนิดต้องการข้าวที่มีคุณสมบัติแตกต่างกันไป คุณภาพข้าวสามารถแบ่งออกเป็น คุณภาพทางกายภาพและทางเคมี (ละม้ายมาศ ยังสุข, 2542) เมื่อนำไปใช้ประโยชน์หรือนำไปแปรรูปจึงควรเลือกใช้พันธุ์ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

คุณภาพทางกายภาพ หมายถึง คุณสมบัติต่างๆ ของเมล็ดที่สามารถมองเห็น ชั่ง ตวง หรือวัดได้ สามารถแบ่งออกได้เป็น

-พันธุ์ข้าว ข้าวแต่ละพันธุ์มีคุณภาพต่างกัน ทั้งคุณภาพการสี คุณภาพการหุง คุณภาพการรับประทาน และคุณภาพทางกายภาพ การกำหนดพันธุ์ข้าวในการรับซื้อข้าวเป็นสิ่งสำคัญ ข้าวเมล็ดยาวเมื่อหุงสุกแล้วจะมีลักษณะร่วนซุย เหมาะสำหรับเตรียมข้าวนึ่ง ข้าวหุงเร็ว ข้าวกระป๋อง และอาหารที่มีข้าวเป็นส่วนผสม ข้าวเมล็ดยาวปานกลางและข้าวเมล็ดสั้น เมื่อหุงสุกแล้วจะมีลักษณะเหนียวนุ่มนวลอะหนะ และจับตัวกันเป็นก้อน เหมาะสำหรับทำอาหารข้าวมื้อเช้า (Breakfast cereal) และอาหารเสริมเด็กอ่อน (Webb และ Sterner,1972)

-ขนาดและรูปร่าง หมายถึง ความยาว ความกว้าง ความหนา ป้อมหรือเรียว เป็นลักษณะที่ควบคุมโดยพันธุกรรม

- สีและความโปร่งแสง ข้าวที่มีลักษณะดีควรมีสีขาวหรือสีครีม คุณภาพรองลงไปควรมีสีขาวอ่อน สีของข้าวนอกจากจะบอกคุณภาพแล้ว ยังบอกถึงปริมาณโปรตีนด้วย ข้างที่มีโปรตีนสูงจะมีสีเข้มเมื่อทำให้สุก แต่ระดับการสีและปริมาณไขมันก็มีผลต่อการสีของข้าวเช่นเดียวกัน ส่วนความโปร่งแสง ข้าวข้าวจะเป็นเงาและโปร่งแสง แต่จะน้อยหรือมากขึ้นอยู่กับความแข็ง ลักษณะเช่นนี้เป็นที่ต้องการของตลาดมาก นักพันธุ์ศาสตร์พยายามที่จะผสมพันธุ์ข้าวให้มีเนื้อโปร่งแสงมากๆ ปราศจากจุดขาว ข้าวที่มีสีขุ่นอาจเกิดจากการเก็บเกี่ยวเร็วเกินไป เมล็ดข้าวไม่แก่พอ นอกจากนี้พื้นที่เพาะปลูกก็มีผลต่อลักษณะขุ่นขาวด้วย ข้าวเหนียวมีเนื้อแป้งจะขุ่นขาวแสงผ่านได้น้อยมาก (Webb and sterner,1972)

-ความชื้น ความชื้นมีผลต่อคุณภาพข้าวมาก นอกจากนี้ยังมีผลต่อการเก็บด้วย ถ้าข้าวมีความชื้นสูงเก็บไว้ 2-3 วันข้าวจะเริ่มเสีย สำหรับข้าวที่มีความชื้นประมาณร้อยละ 13 เก็บได้ไม่เกิน 6 เดือน ถ้าต้องการเก็บให้มากกว่านี้ต้องให้มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 12 ข้าวที่เก็บเกี่ยวในระหว่างความชื้น และการตากแห้งที่เหมาะสมจะทำให้มีข้าวหักน้อยลงในระหว่างการสี

คุณภาพเมล็ดทางเคมี หมายถึง คุณสมบัติต่างๆ ที่ซ่อนเร้นลายในเมล็ด ซึ่งไม่สามารถมองเห็นจำเป็นต้องใช้เทคนิคทางเคมีในการตรวจสอบ คุณภาพเมล็ดทางเคมีเกี่ยวข้องโดยตรงกับคุณภาพการหุงต้มและรับประทาน หรือคุณภาพข้าวสุก สามารถแบ่งได้เป็น

-ค่าการละลายเมล็ดในสารละลายเบส เนื่องจากว่ามีความสัมพันธ์โดยตรงกับคุณภาพการหุงต้มและรับประทานหรือคุณภาพข้าวสุก

วิเชียร วรพุทธพรและคณะ (2540) ได้รวบรวมวิธีและหลักเกณฑ์การให้คะแนนการสลายเมล็ดในสารละลายเบส ว่าค่าการสลายเมล็ดในด่างโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 1.7% มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิแป้งสุก จึงได้มีการแบ่งประเภทข้าวออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

ตารางที่ 5 ค่าการสลายเมล็ดในด่าง KOH 1.7%มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิแป้งสุก

ค่าการละลายเมล็ดใน 1.7%KOH	อุณหภูมิแป้งสุก(°C)	ลักษณะข้าวที่หุงสุก
6-7	ต่ำกว่า 65 oC (ต่ำ)	นุ่มและเหนียว
4-5	70-74°C (ปานกลาง)	ร่วนและแข็ง
1-3	สูงกว่า 74°C (สูง)	ร่วนและแข็ง

ที่มา : วิเชียร วรพุทธพรและคณะ,2540

ข้าวประเภทต่างๆ จะมีความแตกต่างทางด้านคุณภาพข้าวที่เห็นได้ชัดเมื่อข้าวสุกแล้ว ซึ่งเกิดจากองค์ประกอบของแป้งที่ปะปนอยู่ในเมล็ดข้าวแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ อมัยโลเพคตินและอะมิโลส (Amylopectin and And Amylose) ซึ่งเป็นอมัยโลเพคตินมีคุณสมบัติทำให้ข้าวสุกเหนียวและนุ่ม ในขณะที่แป้งอะมิโลสจะทำให้ข้าวร่วนแข็งและกระด้าง ดังนั้นสถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (Internation Rice Reseach Institute : IRRI) จึงแบ่งข้าวออกเป็น 4 ประเภท ตามปริมาณอะมิโลสดังนี้

ตารางที่ 6 การแบ่งข้าวออกตามปริมาณอะมิโลส

ประเภทข้าว	ประเภทอะมิโลส(%)	ลักษณะข้าวสุก
ข้าวเหนียว	0.1	เหนียวมาก
ข้าวอะมิโลสต่ำ	10.20	นุ่มอ่อนข้างเหนียว
ข้าวอะมิโลสปานกลาง	20.25	อ่อนข้างร่วนไม่แข็ง
ข้าวอะมิโลสสูง	25.34	ร่วนแข็ง

ที่มา : สถาบันวิจัยข้าวนามาชาติ

เนื่องจากเมล็ดข้าวไทย มีคุณภาพแป้งแตกต่างกันตั้งแต่ข้าวเหนียว ข้าวอะมิโลสต่ำ-สูง ดังนั้นการแปรรูปข้าวเป็นผลิตภัณฑ์จึงสามารถทำได้หลากหลายชนิด (วารสารกรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม กันยายน-ตุลาคม,2545)

พันธุ์ข้าว

ข้าวพันธุ์ กข 105 (ข้าวเจ้าหอมมะลิ)

ข้าวหอมมะลิ 105เป็นพันธุ์ข้าวที่ได้จากการนำข้าวพันธุ์พื้นเมืองจากนาเกษตรกร อำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา จำนวน 199 รวงมาปลูกรักษาพันธุ์ได้รวงที่ 105 ซึ่งมีกลิ่นหอมและคุณภาพการหุงต้มอ่อนนุ่มจึงนำมาปรับปรุงให้เป็นพันธุ์บริสุทธิ์ตามหลักวิชาการจนได้พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 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 และอำนาจเจริญ เนื่องมาจากมีสภาพน้ำและอากาศ เหมาะสำหรับปลูกข้าวหอมมะลิให้ได้คุณภาพตามที่นิยม มากกว่าแห่งอื่น มีผู้นำข้าวหอมมะลิ ไปปลูกในประเทศอื่น ๆ แต่คุณภาพไม่อาจเทียบเคียงกับข้าวหอมมะลิ ที่ปลูกในประเทศไทย โดยเฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า เป็นแหล่งผลิตข้าวหอมมะลิที่ดีที่สุดในโลก ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวกับการเจริญเติบโตของข้าว ข้าวมีปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับ การเจริญเติบโต คือ ดิน น้ำ ลม(อากาศ) ไฟ ดิน หรือสภาพพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการปลูกข้าว ข้าวเป็นพืชที่ปลูกได้ทุกสภาพพื้นที่หรือภูมิประเทศ ถ้าเลือกใช้พันธุ์ที่เหมาะสม

ข้าวหอมมะลิ 105 มีลักษณะทั่วไปดังนี้

1.เป็นข้าวจ้าว ไวต่อแสงช่วงเช้า

2.เป็นข้าวต้นสูง 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 ถือว่าเบาแรงมาก เพราะข้าวร่วงง่าย คุณภาพการขัดสีดี ถ้ามีการปลูก ดูแลรักษาดี เก็บเกี่ยวเวลาพอเหมาะและตากนวดดี สามารถสีข้าวได้เต็มเมล็ด และต้นข้าวถึง 56% คุณภาพการหุงต้มดี มีกลิ่นหอม รสชาติดีและอ่อนนุ่ม แต่ข้าวชนิดนี้มีข้อจำกัดคือ ไม่ต้านทานโรคขอบใบแห้ง โรคใบสีส้ม โรคใบจุดสีน้ำตาล และโรคไหม้ ไม่ต้านทานแมลงบั่ว เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ถ้าปลูกในบริเวณที่มีดินอุดมสมบูรณ์สูง ทำให้ต้นล้มง่าย

1. ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานนี้ มีดังนี้

1.1 "ข้าวหอมมะลิไทย" (THAI HOM MALI RICE OR THAI JASMINE RICE) หมายถึง ข้าวกล้องและข้าวขาวที่แปรรูปมาจากข้าวเปลือกเจ้าพันธุ์ข้าวหอม ที่ผลิตในประเทศไทย ซึ่งกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ประกาศรับรอง เช่น พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์ กข. 15 พันธุ์ทดลองหลวง 1 ที่มีกลิ่นหอมตามธรรมชาติขึ้นอยู่กับว่าเป็นข้าวใหม่หรือข้าวเก่า เมื่อหุงเป็นข้าวสวยแล้วเมล็ดข้าวสวยจะอ่อนนุ่ม

1.2 "อมิโลส" (Amylose) หมายถึง แป้งชนิดหนึ่งที่มีอยู่ในเมล็ดข้าว เมื่อหุงแล้ว ทำให้ข้าวสวยมีความอ่อนนุ่มหรือกระด้าง แตกต่างกันไปตามปริมาณอมิโลส

2. ลักษณะและขนาดของเมล็ดข้าว

ข้าวหอมมะลิไทยต้องมีลักษณะและขนาดของเมล็ด ดังนี้

2.1 ลักษณะโดยทั่วไปของเมล็ดข้าวหอมมะลิไทยเป็นข้าวเมล็ดยาว

2.2 ความยาวเฉลี่ยของข้าวเต็มเมล็ดที่ไม่มีส่วนใดหักต้องไม่ต่ำกว่า7.0 มิลลิเมตร

2.3 อัตราส่วนความยาวเฉลี่ยต่อความกว้างเฉลี่ยของข้าวเต็มเมล็ดที่ไม่มีส่วนใดหัก ต้องไม่ต่ำกว่า 3.0

3. คุณสมบัติทางเคมี

ข้าวหอมมะลิไทยต้องมีปริมาณอมิโลส ดังนี้

3.1 มีปริมาณอมิโลสไม่ต่ำกว่าร้อยละ 12.0 และไม่เกินร้อยละ 19.0 ที่ระดับความชื้นร้อยละ 14.0

4. ประเภทของข้าว

แบ่งข้าวหอมมะลิไทยออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

4.1 ข้าวขาว

4.2 ข้าวกล้อง

5. ชั้นของข้าวหอมมะลิไทย

ให้แบ่งข้าวหอมมะลิไทยออกเป็น 3 ชั้น ตามอัตราข้าวเจ้าพันธุ์อื่นที่ไม่ใช่ข้าวหอมมะลิไทยปน ดังนี้

5.1 ข้าวหอมมะลิไทย ชั้นดีเลิศ (Prime quality) อาจมีข้าวเจ้าพันธุ์อื่นที่ไม่ใช่ข้าวหอมมะลิไทยปน ไม่เกินร้อยละ 10.0 โดยน้ำหนัก

5.2 ข้าวหอมมะลิไทย ชั้นดีพิเศษ (Superb quality) อาจมีข้าวเจ้าพันธุ์อื่นที่ไม่ใช่ข้าวหอมมะลิไทยปนไม่เกินร้อยละ 20.0 โดยน้ำหนัก

5.3 ข้าวหอมมะลิไทย ชั้นดี (Premium quality) อาจมีข้าวเจ้าพันธุ์อื่นที่ไม่ใช่ข้าวหอมมะลิไทยปน ไม่เกินร้อยละ 30.0 โดยน้ำหนัก

ข้าวพันธุ์ กข 6(ข้าวเหนียว)

กข 6 มีคุณภาพข้าวสุกนุ่ม และมีกลิ่นหอมเป็นที่ต้องการของตลาดพันธุ์นี้มีอายุเก็บเกี่ยวประมาณปลายเดือนพฤศจิกายน จึงเหมาะสำหรับปลูกในสภาพนาลุ่ม แต่เมื่อปลูกในสภาพนาดอนจะประสบกับปัญหาการขาดน้ำในระยะสร้างน้ำหนักเมล็ดกข 6 และยังสามารถปลูกได้ทั้งฤดูนาปี และนาปรัง ปลูกข้าวได้ในเขตพื้นที่นาดอน และนาชลประทานของภาค

ตารางที่ 7 สีของข้าวเปลือก

พันธุ์ข้าว	สีของข้าวเปลือก
ขาวดอกมะลิ 105	สีฟางข้าว
กข 6	สีฟางข้าว

ตารางที่ 2.5 แสดงเปอร์เซ็นต์ความชื้นของข้าวเปลือก

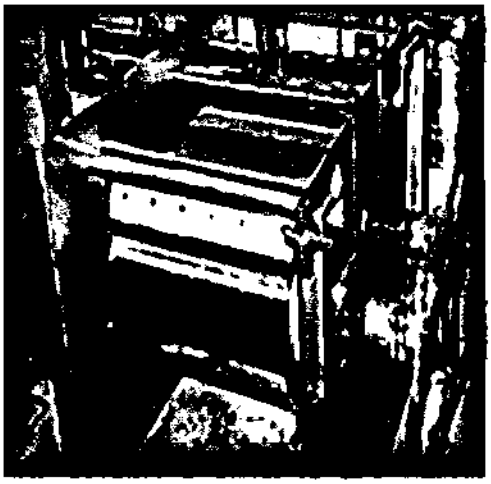
พันธุ์ข้าว	ความชื้น (เฉลี่ย)%
ขาวดอกมะลิ 105	14.2
กข 6	13.5

2.2 ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นแผ่นเฟลก (flakes)

การทำให้เป็นแผ่น (flaking) นี้จะทำได้กับธัญพืชทั้งเมล็ด อนุภาคชิ้นใหญ่หรือแป้ง ถ้านำเมล็ดของข้าวสาลี ข้าวโพด ข้าวข้าวหรือข้าวโอ๊ต ผ่านไประหว่างลูกกลิ้งก็จะได้ชิ้นที่มีขนาดเล็กลงหรือถ้านำเมล็ดธัญพืชเหล่านี้มาผ่านไอน้ำก่อน เมื่อรีดผ่านลูกกลิ้งจะได้เป็นแผ่นบางหรือ flakes เช่นกัน หรือถ้าใช้แป้ง (native starch) ซึ่งมีเม็ดแป้งขนาดใหญ่จะต้องทำให้สุกก่อน (gelatinize) เพื่อให้ย่อยได้ง่ายและเกิดเนื้อสัมผัสที่ต้องการการผลิต flakes จะต้องปรับปริมาณความชื้นให้พอเหมาะ เพื่อจะได้มีความยืดหยุ่นดี และปั้นเป็นรูปที่ต้องการได้ หลังจากนั้นนำมาทำให้แห้งหรือสุกเพื่อลดความชื้นลงทำให้เกิดกลิ่นที่ต้องการและบางครั้งมีผลทำให้พองตัวดีด้วย ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีความชื้นต่ำ เปราะและกรอบ (อุสาห์ เจริญวัฒนา,2526)

การทำแห้ง(Dehydration)

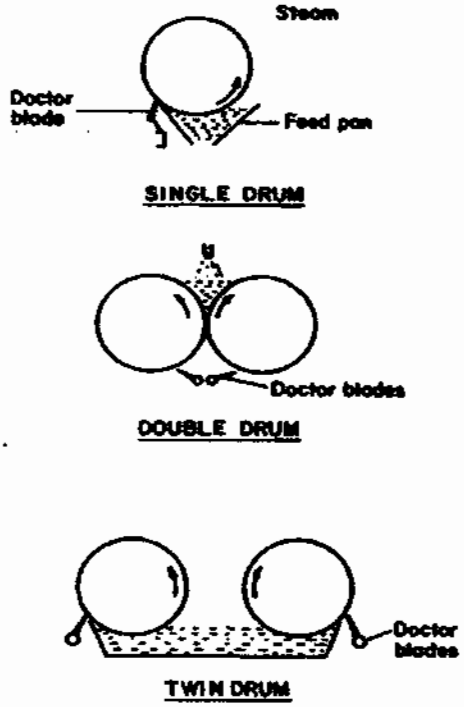
การทำให้อาหารแห้งหรือการดึงน้ำออกจากอาหาร นับว่าเป็นวิธีการถนอมอาหารแบบหนึ่งที่ทำได้ง่าย และเป็นวิธีการที่เก่าแก่ที่สุดวิธีหนึ่ง ซึ่งมนุษย์ได้เรียนรู้จากธรรมชาติ โดยสังเกตจากเมล็ดพืช เช่น ข้าวเปลือก ข้าวโพด ข้าวสาลี ถั่วชนิดต่างๆสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานปี ถ้าให้ผลผลิตเหล่านี้แก่ตื่มที่ แต่ถ้าเลี่ยนที่อาจผลผลิตตามระยะเวลาผลผลิตเหล่านี้อาจเน่าเสียง่ายจึงทำให้รู้ว่าก้าเก็บผลิตผลทางเกษตรกรรมในสรูปที่แห้งโดยลารนำมาผึ่งแดดเสียก่อน จะเก็บรักษาไว้ได้นานซึ่งวิธีการทำให้อาหารแห้งโดยอาศัยธรรมชาตินี้ไม่มีเทคนิคและหลักวิชาการเข้าไปเกี่ยาข้องเลย ความชื้นที่ระเหยออกไปจากอาหารจะเพียงพอในระดับใดก็ขึ้นอยู่กับประสบการณ์และความชำนาญของผู้ทำ จากผลการศึกษาพบว่า ปริมาณความชื้นที่จะป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารเนื่องจากจุลินทรีย์ โดยทั่วไปควรจะดึงน้ำออกจนเหลือต่ำกว่าร้อยละ 10 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบเป็นสำคัญ ถ้าจะป้องกันการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ควรจะลดให้ต่ำลงอีกจนถึงประมาณร้อยละ 5



รูปภาพ 5 เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง(drum driers หรือ roller dryers)

ที่มา : สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน โดยพระราชประสงค์ในสนเด็จพระเจ้าอยู่หัว เล่มที่ ๑๘ หน้าที่ ๑๑๕

มีการให้ความร้อนลูกกลิ้งที่ทำจากโลหะเหล็กพรงกระบอกกลวงซึ่งหมุนอย่างช้าๆ โดยใช้ไอน้ำความดันสูงที่อุณหภูมิ 120-170 ° C อาหารจะแผ่เป็นชั้นบางๆ อย่างสม่ำเสมอบนผิวของลูกกลิ้งโดยการจุ่ม การฉีดพ่น หรือการแผ่บางๆ อาหารแห้งจะถูกขูดออกโดยใบมีดซึ่งจะสัมผัสกับผิวของลูกกลิ้งอย่างสม่ำเสมอ ล่อนที่ลูกกลิ้งจะหมุนครบหนึ่งรอบ (ภายใน 20 วินาที-3นาที) เครื่องอบแห้งนี้อาจประกอบด้วย ลูกกลิ้ง 1 หรือ 2 ลูกก็ได้ ดังแสดงในรูป นิยมใช้ลูกกลิ้งเดี่ยวมากกว่า เพราะมีความยืดหยุ่นในการใช้มากกว่าแบบลูกกลิ้งคู่ เนื่องจากมีพื้นที่ผิวของลูกกลิ้งที่ใช้ในการอบแห้งสูงกว่า ดูแลรักษาง่าย ไม่เกิดความเสียหายเนื่องจากวัตถุโลหะหล่นลงมาระหว่างลูกกลิ้ง



รูปภาพ 6 ตัวอย่างเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งเดี่ยวและลูกกลิ้งคู่

ที่มา: วิไล รังสาคทอง,2540.

การอบและการย่าง (Baking and Roasting)

ในการอบอาหารนั้น อาหารจะได้รับความร้อนจากการแผ่รังสีจากผนังเครื่องอบ การพาความร้อนจากอากาศที่หมุนเวียนและการนำความร้อนผ่านถาดที่มีอาหารวางอยู่ ความร้อนส่วนใหญ่จะถ่ายเทไปยังอาหารโดยการนำความร้อน ส่วนการถ่ายเทความร้อนของอากาศ ก๊าซอื่นๆ และไอน้ำในเครื่องอบเกิดขึ้นโดยการพาความร้อน และเปลี่ยนเป็นการนำความร้อนที่ผิวหน้าของอาหารและที่ผนังเครื่องอบ ฟิล์มบางๆของอากาศเป็นตัวต้านทานการถ่ายเทความร้อนสู่อาหาร และการเคลื่อนที่ของไอน้ำจากอาหาร ความเร็วของอากาศและคุณสมบัติของผิวหน้าของอาหารจะเป็นตัวกำหนดความหนาของชั้นฟิล์มนี้ กระแสการพาความร้อนส่งเสริมให้เกิดการกระจายความร้อนอย่างสม่ำเสมอในตู้อบ มีการติดตั้งพัดลมในตู้อุตสาหกรรม เพื่อเสริมกระแสการพาความร้อนตามธรรมชาติ การนำความร้อนผ่านจานอบซึ่งสัมผัสกับแหล่งให้ความร้อนในตู้อบ หรือบนสายพานจะเพิ่มความแตกต่างของอุณหภูมิที่ด้านล่างของอาหาร และทำให้เกิดอัตราการอบที่แตกต่างกัน อาหารที่มีค่าในการนำความร้อนต่ำ จึงทำให้เกิดอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนมีค่าต่ำและมีผลมากต่อเวลาการอบ ขนาดของชิ้นอาหารเป็นตัวกำหนดระยะทางที่ความร้อนต้องเคลื่อนที่จากผิวอาหารเข้าสู่ใจกลางอาหารเพื่อให้เกิดการอบอย่างเพียงพอ (วิไล รังสาคทอง,2546)

การเสริมวิตามินและแร่ธาตุ

2.2.1 กรรมวิธีการเสริมวิตามินและแร่ธาตุ

การเสริมโภชนาการกระทำได้โดยวิธีการดังนี้

1. การผสมข้าวเสริมโภชนาการกับข้าวขาว (Permix kernel) โดยวิธีของ Hoffman-La Roche เป็นการผลิตข้าวเสริมโภชนาการ โดยการผสมข้าวที่ผ่านกระบวนการเสริมโภชนาการกับข้าวธรรมดา คือ การพ่นสารละลายที่มี ไทอะมีน (B1) แกะไนอะซีน (B2) ลงไป ค่อยๆลดความชื้นลง หลังจากนั้นจึงเคลือบด้วยสารละลายกรด stearic, zein และ abietic acid ในแอลกอฮอล์ 2 ครั้ง ในขั้นตอนสุดท้ายจึงนำสาร ferric pyrophospbate และผงแป้งไรซ์เพื่อป้องกันการเกาะตัวกันของเมล็ดข้าว 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 ความเข้มข้นของวิตามินและเกลือแร่ในเมล็ดข้าวนี้ประมาณ 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 orthurophosphate และ ethylocellose ในอาซีโตนผสมน้ำ ระเหยให้แห้ง เคลือบทับด้วย talc (Dexter, 1998)

ข้าวสารเสริมคุณค่าทางอาหารที่ได้จากกรรมวิธีการเติมวิตามินลงไป ข้าวสารที่ได้นี้มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ดังตารางที่ 9 จึงควรใช้ผสมกับข้าวสารธรรมดาในอัตราส่วนข้าวสารเสริมโภชนาการต่อข้าวสารธรรมดาเป็น 1 ต่อ 200 ก็จะคุณค่าทางอาหารใกล้เคียงกับข้าวกล้องดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 8 ปริมาณวิตามินและแร่ธาตุที่เสริมในข้าวสารและความคงทนต่อภารหุงต้ม

สารอาหาร	ปริมาณ (มิลลิกรัม/กรัม)	ส่วนที่คงอยู่หลังการหุงต้ม(%)
ไทอะมีน	1.5	89
ไรโบฟลาวิน	0.06	88
ไนอะซิน	6.2	92
กรดแพนโทดินิก	2.34	97
ไพริดอกซีน	0.08	100

วิตามินอี	1.38	85
แคลเซียม	8.0	-
เหล็ก	1.2	-

ที่มา: Misaki และ Yasumatsu, 1985(อ้างตามอรอนงค์ นัยวิกุล)

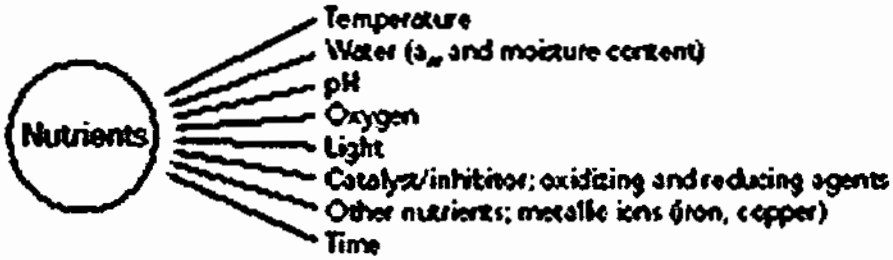
ตารางที่ 9 เปรียบเทียบปริมาณวิตามินและแร่ธาตุในข้าวสาร ข้าวกล้องและข้าวเสริมคุณค่า ทางอาหาร (มิลลิกรัม/100 กรัม)

สารอาหาร	ข้าวสาร	ข้าวกล้อง	ข้าวผสมข้าวเสริมคุณค่าอาหาร
ไทอะมีน	0.12	0.54	0.84
ไรโบฟลาวิน	0.03	0.06	0.06
ไนอะซิบ	1.40	4.50	4.50
กรดแพนโทลินิก	0.23	1.40	1.40
ไพริดอกซีน	0.06	0.43	0.10
วิตามินอี	0.09	0.78	0.78
แคลเซียม	6.0	10.0	10.0
เหล็ก	0.5	1.1	1.1

ที่มา : Misaki และ Yasumatsu, 1985(อ้างตามอรอนงค์ นัยวิกุล)

2.2.2 ความคงตัวของวิตามินและแร่ธาตุ

กระบวนการ fortification จะสำเร็จบรรลุวัตถุประสงค์ได้จะต้องขึ้นอยู่กับความคงตัวของสารอาหารในระหว่างกระบวนการผลิตและการเก็บรักษา โดยปัจจัยที่มีผลต่อความคงตัว ประกอบด้วย ปัจจัยทางกายภาพและเคมี (Dexter, 1998) ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปภาพ 7 ปัจจัยที่มีผลต่อความคงตัวของวิตามินและแร่ธาตุ

ที่มา: Wirakartakusumah, M.A., and P. Hariyadi., 1998.

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 เดือนโดยยังคงรักษาสี กลิ่น รส และเนื้อสัมผัสที่ดีหลังจากการหุงต้มได้เป็นอย่างดี และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (Capanzana,. M. V. et al.,2002)

รูปภาพ 8 การเก็บรักษาข้าวเสริมวิตามินและแร่ธาตุใน sachet

ที่มา : www.fnri.dost.gov.ph/ gif/ifrice.jpg

2.2.3 ชนิดของวิตามินและแร่ธาตุ

ธาตุเหล็ก (Iron)

ในกระบวนการเสริมธาตุเหล็กในผลิตภัณฑ์อาหาร ที่นิยม ได้แก่

Ferrous sulphate เป็นแร่ธาตุที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีราคาถูก เป็นผงสีขาว ไม่ละลายน้ำหรือละลายน้ำได้น้อย มีค่าความสามารถในการดูดซับใช้ได้ 100 % (Hurrell R., 1999)

Ferrous Fumarate เป็นแร่ธาตุที่มีผงสีน้ำตาลอมแดง ละลายน้ำได้เล็กน้อย มีค่าการดูดซับใช้ได้ 100 % เท่ากับ Ferrous sulphate แต่เนื่องจากมีสีน้ำตาลเมื่อนำมาผสมกับข้าวสารจะให้สีที่ไม่เป็นที่ยอมรับกับผู้บริโภค(Hurrell R., 1999)

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

กรดโฟลิค (Folic acid)

เป็นสารอาหารในกลุ่มของวิตามินบี ซึ่งถูกจัดลำดับให้เป็นวิตามินบี 9 กรดโฟลิคอาจอยู่ในรูปสารประกอบชนิดอื่นและมีชื่อเรียกต่างๆกันไป เช่น โฟเลท (folate), โฟเลซิน (Folacin), แอคซิดัมโฟลิคัม (acidum folicum) และโฟลินไซร์ (folinsyre)(William, M., 1994)

เนื่องจากกรดโฟลิคไม่คงตัว สลายตัวได้ง่ายเมื่อถูกแสง ขณะที่เป็นกลางและด่างรวมทั้งในระหว่างการหุงต้ม แต่ยังคงตัวต่อความร้อนในสภาวะที่เป็นกรด ดังนั้นในการเติมสารที่เป็นรีดิวซิงเอเจนต์ เช่นกรดแอสคอร์บิค เพื่อช่วยป้องกันการออกซิไดซ์คือจะช่วยป้องกันโฟเลตต่อการทำลายออกซิเจนและอนุมูลอิสระได้ การสูญเสียโฟเลตในอาหารจะขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร อุณหภูมิที่ใช้ในการแปรรูปและธรรมชาติทางเคมีของอาหาร เช่น ตัวเร่ง ออกซิเจน ความเป็นกรดด่าง และบัฟเฟอร์ เป็นต้น (Hurrell R., 1999)

2.2.4 สารที่ใช้เคลือบกรดโฟลิคในผลิตภัณฑ์เสริมวิตามินและแร่ธาตุ

ข้าวเสริมวิตามินและแร่ธาตุที่เคลือบด้วยสารเคลือบ ethylcellulose, locust bean gum , agarและ xanthan gum จะสามารถรักษาปริมาณของกรดโฟลิคในระหว่างการล้างข้าวและการหุงต้มได้ดีกว่าสารเคลือบชนิดอื่น

ตารางที่ 10 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของสารเคลือบ.

Composition of coating solution*	Film properties*
1.15 g MC in 50 ml water	Transparent, thin, flexible, readily soluble
0.6 g sodium alginate in 50 ml water	Transparent, thin, flexible, readily soluble
15 g gum arabic in 50 ml water	Pale yellow film, firmly stuck to the glass, soluble
7.5 g PC 790 in 75 ml water	Transparent, rough surface, slight rigid, slowly dissolve in water
1 g tragacanth in 120 ml water	Transparent, soft, easy to tear, readily soluble
1 g carrageenan in 50 ml water	Slight translucent, soft but good tensile strength, insoluble in water
0.3 g xanthan gum in 50 ml water	Translucent, soft, readily collapse in water forming mucilaginous mass
1 g agar in 75 ml water	Thick gel, could not be dried completely
2.5 g CMC in 50 ml water	Transparent, thick, fairly strong, slowly dissolve in water
3.0 g EC in 50 ml ethanol	Translucent, soft but good tensile strength, insoluble in water
0.25 g LBG in 50 ml water	Translucent, thin, firmly attached to glass, swell and dissolve in water
(1.5 g MC+0.5 g HPMC) in 50 ml water	Transparent, thin, flexible, readily soluble in water

0.5 g carrageenan in 50 ml water+1 g agar in 50 ml[b]	Translucent, hard and good tensile strength, shrink but did not dissolve in water
1 g carrageenan in 50 ml water+0.7 ml sodium alginate in 50 ml water[b]	Translucent, soft, insoluble in water
0.5 g carrageenan in 50 ml water+0.2 g xanthan gum in 50 ml water[b]	Translucent, soft, insoluble in water
1 g agar in 75 ml water+0.375 g LBG in 75 ml[b]	Slight translucent, rough surface, hard, insoluble in water
(1.5 g MC+5 g PC 790) in 50 ml water	Transparent, rigid, slowly dissolve in water
(2 g MC in 50 ml+1 g agar) in 75 ml water[b]	Translucent, thick, strong but flexible, slowly dissolve in water
(0.25 g LBG+0.2 g xanthan gum) in 80 ml water	Translucent (milky), soft, insoluble in water
0.375 g LBG in 75 ml+1 g agar in 75 ml water[b]	Translucent, rough surface, brittle, insoluble in water
0.375 g LBG in 75 ml+7.5 g PC 790 in 75 ml[b]	Transparent, rough surface, brittle, swell and lowly dissolve in water

[a] Solutions were prepared in hot water (80 _5 _ C), except EC.

[b] Individually prepared and mixed together in equal portions.

[c] Solubility in water.

MC=methylcellulose; HPMC=hydroxypropyl methylcellulose; EC=ethylcellulose; CMC=carboxymethylcellulose; PC 790=pure cote 790 (modified corn starch); LBG=locust bean gum.

ที่มา : Shrestha และคณะ, 2003.

ตารางที่ 11 การจัดลำดับสารเคลือบ

Ranking[a]	Washing loss	Cooking loss	Color	Water absorption ratio
1	EC	EC	LBG + xanthan gum[b]	EC
2	Pectin	Pectin	MC + HPMC	Folic acid only
3	LBG + agar	MC + HPMC	Agar + xanthan gum[b]	MC + HPMC
4	Rice gruel	LBG + xanthan gum[b]	Rice gruel	Pectin
5	LBG + xanthan gum[b]	Folic acid only	EC	Agar+ xanthan gum[b]
6	LBG + xanthan gum	Agar + xanthan gum[b]	LBG + agar	LBG
7	LBG	LBG + xanthan gum	LBG + xanthan gum	LBG + agar
8	Agar + xanthan gum[b]	LBG + agar	Pectin	LBG + xanthan gum
9	MC + HPMC	LBG	LBG	ND
10	Folic acid only	ND	Folic acid only	ND

[a] Ranking is based on the best performances of products e.g., low folic acid in wash- or cook-water, less yellow color, and low water absorption ratio.

[b] Folic acid was dissolved in 30 ml rice protein concentrate solution and sprayed prior to coating solution.

ที่มา : Shrestha และคณะ, 2003.

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

เก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน ปริมาณของธาตุเหล็กลดลง 10 % และเมื่อเก็บรักษานานเป็นเวลา 4 เดือนปริมาณของธาตุเหล็กลดลง 20%

สงวนศรี เจริญเหรียญ และกมลวรรณ อิศรางคาร (2547) ได้ศึกษาผลของกระบวนการแช่เข็งต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพข้าวและผลิตภัณฑ์ข้าวเพื่อการส่งออก จากการวิจัยสมบัติพื้นฐานทางเคมีและกายภาพของข้าวพันธุ์ต่างๆ ที่มีระดับอะไมโลสต่างกัน ได้แก่ กข 6 (5.64%), ขาวดอกมะลิ 105 (17.46%), กข 7 (27.60%) และเหลือง 11 (34.23%) แป้งข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำจะใช้พลังงานในการเกิดเจลาติไนซ์สูงกว่า โดยอุณหภูมิเริ่มต้นในการเกิดเจลาติไนซ์ของเหลือง 11, ขาวดอกมะลิ 105, กข 6, และ กข 7 ประมาณ 69, 62, 65,และ 74°C ตามลำดับและมีแนวโน้มที่จะสุกที่อุณหภูมิต่ำกว่าแป้งที่มีอะไมโลสสูง

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต (2547) ได้ศึกษาผลของกระบวนการเอกซ์ทรูชันต่อการเปลี่ยน แปลงคุณภาพข้าว 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

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานวิจัยได้แบ่งออกเป็น 2 ตอน เพื่อศึกษาคุณสมบัติของไรซ์เฟลคในกรรมวิธีการผลิตแบบต่างๆ เพื่อให้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้จริง และมีการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้

ตอนที่ 1 กรรมวิธีการผลิตอาหารเช้าธัญพืชชนิดไรซ์เฟลคเบื้องต้นจากข้าว

3.1 ศึกษากรรมวิธีการผลิตอาหารเช้าธัญพืชชนิดไรซ์เฟลคเบื้องต้นจากข้าว

3.1.1 ข้าวตัวอย่าง

ข้าวสารเหนียว พันธ์ กข และ ข้าวสารข้าวหอมมะลิ 105 ซื้อได้จากร้านซูเปอร์มาเกต ของจังหวัดมหาสารคาม โดยข้าวจะถูกเก็บไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิ 5-10 °C

3.1.2 เครื่องรีดอบแห้งชนิดลูกกลิ้ง

เครื่องอบแห้งชนิดลูกกลิ้งคู่ (Double drum dryer) ของภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ถูกใช้สำหรับกรีดตัวอย่างข้าวให้เป็นแผ่น และใช้ไอน้ำเป็นตัวให้ความร้อน ที่ความดัน 10-15 psig. โดยปรับระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งไว้ที่ 0.8 มม.

3.1.3 เครื่องอบแห้ง

เครื่องอบแห้งแบบตู้ (Cabinet hot air oven) ของภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ถูกใช้สำหรับอบแห้งอาหารที่ผ่านการรีดด้วยลูกกลิ้งแล้ว โดยปรับอุณหภูมิของการอบแห้งเป็น 65°C โดยแปรผันเวลาที่ 0,3,6 และ 9 ชั่วโมงตามลำดับ

3.1.4 การอบกรอบ

ตู้อบขนมแบบใช้แก๊ส ของภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยมหาสารคามถูกใช้สำหรับอบกรอบเฟลคที่ผ่านการอบแห้งแล้วบางส่วนโดย ปรับอุณหภูมิที่ 265-275 °C เป็นเวลา 15-16 นาที

3.1.5 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพ

อาหารที่ผ่านการอบแล้วจะนำมาวิเคราะห์ความชื้น (AOAC) วัดค่าสี (Chroma meter:Minolta model CR-300) เนื้อสัมผัส (Texture analyzer,TA-XT2 ®)) และ การทดสอบทางด้านประสาทโดยผู้ทดสอบชิม โดยวิธี Hedonic 9 scale ใช้ผู้ทดสอบชิม จำนวน 20 คน

3.1.6 การวิเคราะห์การดูดซับน้ำ

ค่าการดูดซับน้ำ (Rehydration) วัดจากความชื้น (moisture content) ของเฟลค 100 กรัม เมื่อนำมาแช่ในน้ำอุณหภูมิห้องที่เวลา 2-10 นาที

3.1.7 การเตรียมตัวอย่างก่อนการรีดด้วยลูกกลิ้ง

ข้าวข้าวจะผ่านการคั่มสุกในน้ำเดือด เป็นเวลา 10 นาทีก่อนทำการรีดเป็นเฟลค สำหรับข้าวเหนียวจะผ่านการแช่น้ำน้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 คืน (12 ชั่วโมง) แล้วนำมานึ่งให้สุกด้วยไอน้ำเดือด เป็นเวลา 12 นาทีก่อนทำการรีดเป็นเฟลค

ตอนที่ 2 ปรับปรุงเนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญพืชชนิดไรซ์เฟลค และการเสริมกรดโฟลิค และ ธาตุเหล็ก

3.2 ศึกษากรรมวิธีการผลิต rice flakes

3.2.1 เพื่อศึกษาขนาดที่เหมาะสมของข้าวบด (rice grits)

1. นำข้าวกล้องกข.6 และข้าวกล้องดอกมะลิ 105 มาทำการลดขนาดด้วยเครื่องบด จากนั้นนำแป้งข้าวที่ได้มาทำการร่อน โดยให้ผ่านตะแกรงร่อนขนาด 35, 50, 80 mesh ตามลำดับ

2. นำแป้งข้าวกล้องที่ผ่านการร่อนแล้วเข้าอบไล่ความชื้นด้วยเครื่อง hot air oven อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ให้ได้ความชื้น 7-8% เพื่อใช้ในการผลิตต่อไป

3.2.2 กรรมวิธีการผลิต

1. นำแป้งข้าวกล้องและแป้งชนิดอื่น (แป้งสาลี, แป้งข้าวโพด, แป้งมัน, ผงฟู) มาทำการร่อนด้วยตะแกรงร่อนขนาด 80 mesh ผสมน้ำ นวดให้เข้ากัน

2. นำมาให้ความร้อนโดยการนึ่งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที จนแป้งมีลักษณะใส

3. นำมาปั้นให้เป็นก้อนลักษณะทรงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร

4. นำเข้าเครื่องรีดแบบลูกกลิ้งคู่ ปรับระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 0.1 มิลลิเมตรจะได้เฟลค (flake) ลักษณะเป็นแผ่น

6. นำเฟลคที่ได้เข้าอบที่อุณหภูมิ 180, 200, 220องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7, 9, 11 นาที

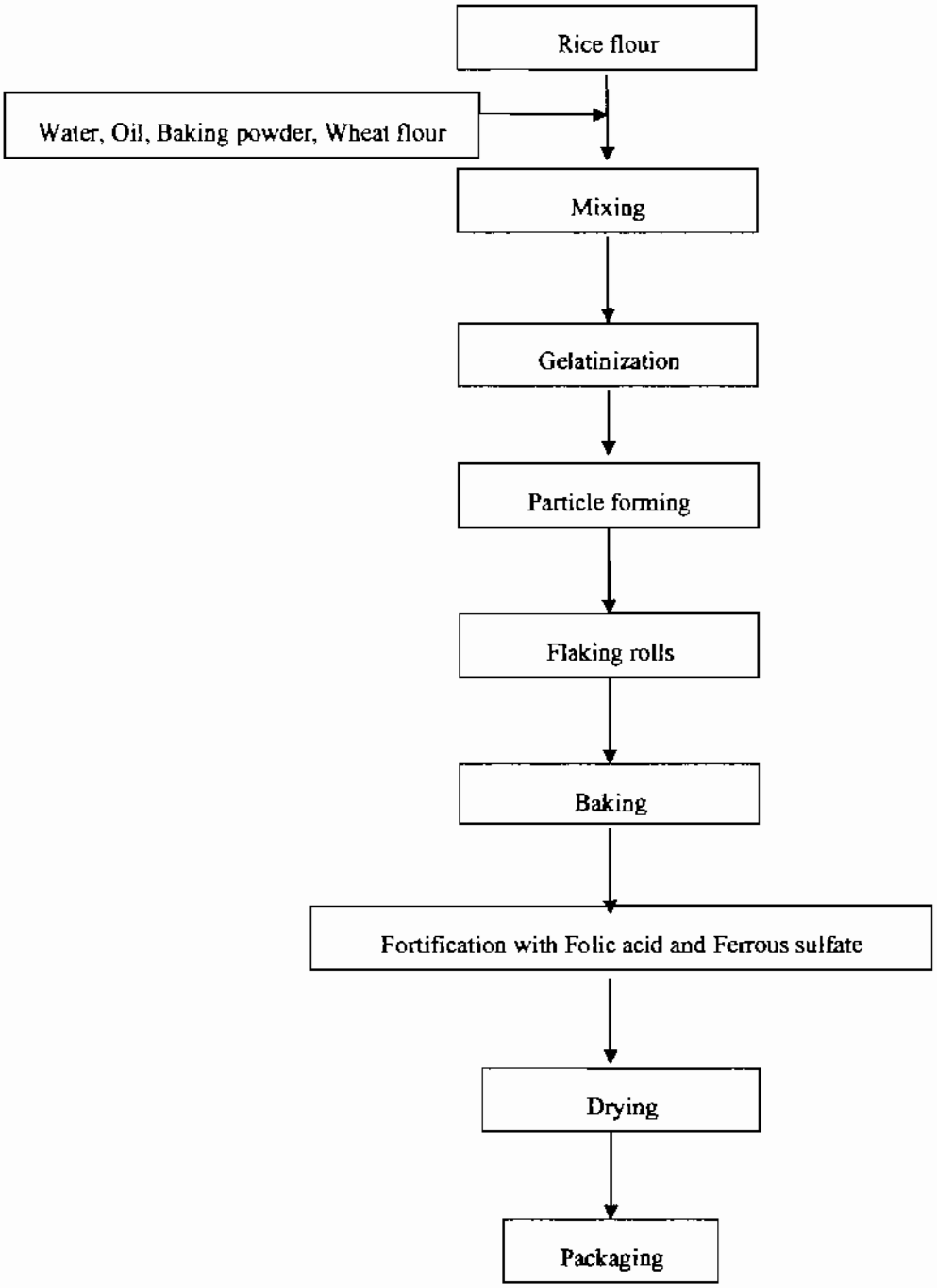
7. บรรจุในภาชนะปิดสนิท เก็บที่อุณหภูมิห้อง

3.2.3 การเสริมกรดโฟลิคและธาตุเหล็กในผลิตภัณฑ์ไรซ์เฟลค

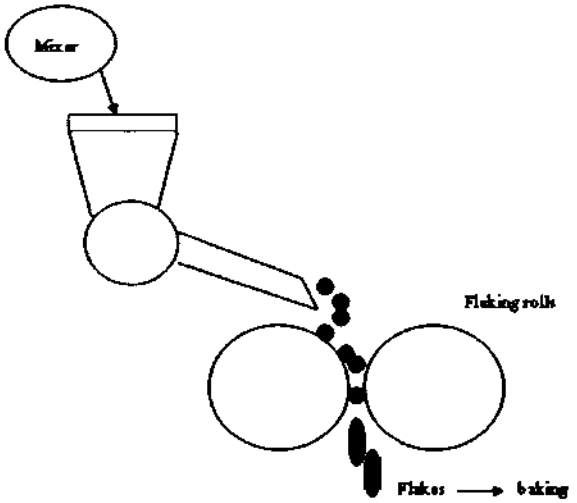
1. นำไรซ์เฟลคที่ได้มาเสริมกรดโฟลิคและธาตุเหล็ก

2. อบไล่ความชื้นให้ได้ความชื้นสุดท้าย 4 เปอร์เซ็นต์

3. บรรจุในภาชนะปิดสนิท เก็บที่อุณหภูมิห้อง



รูปภาพ 9 กรรมวิธีการผลิตอาหารธัญพืชไรซ์เฟลคเสริมกรดโฟลิคและธาตุเหล็ก



รูปภาพ 10 เครื่องมือผลิตอาหารธัญพืชไรซ์เฟลค ประกอบด้วยส่วนที่ทำให้ส่วนผสมเป็นชิ้นเล็กๆ (Particle forming) ซึ่งชิ้นอาหารจะถูกรีดผ่านลูกกลิ้งกลายเป็นแผ่นเฟลค จากนั้นจะถูกนำไปอบ (toasting) ให้พองตัวและแห้ง

3.3 เทคนิคกรรมวิธีการเสริมกรดโฟลิคและธาตุเหล็ก

กรดโฟลิคและธาตุเหล็กเคลือบลงสู่ผลิตภัณฑ์โดยวิธีการพ่นโดยตรง แล้วนำไปอบแห้งเพื่อบรรจุถุงต่อไป โดยมีวิธีการเตรียมสารละลายกรดโฟลิค และ ธาตุเหล็ก (ferrous sulfate) 50% w/w ใส่ในหัวฉีดพ่นฝอยแบบใช้มือกดธรรมดา แล้วพ่นให้ทั่วแผ่นเฟลค คำนวนปริมาณสุดท้ายจากปริมวตร และน้ำหนักเฟลคเป็น mg/lb

3.4 ขั้นตอนและวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

ทุกทรีทเมนท์ (treatments) ที่เกี่ยวข้องในการทดลองจะถูกวัดค่าอย่างน้อย 3 ซ้ำเพื่อนำมาประเมินผลทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป (SAS® software) การประเมินผลทางประสาทสัมผัสจะใช้วิธีการชิมด้วยนักชิมที่ได้รับการฝึกฝนแล้วจำนวนอย่างน้อย 20 คน แล้วนำมาประเมินผลด้วยวิธีการทางสถิติ

ขอบเขตของโครงการวิจัย

ศึกษากรรมวิธีการผลิตชนิดไรซ์เฟลคจากข้าวและวัตถุดิบหลักที่ผลิตในประเทศ ออกแบบและประดิษฐ์เครื่องมือผลิตอาหารเช้าธัญพืช ชนิดเฟลค แบบลูกกลิ้งคู่ ศึกษาเทคนิคกรรมวิธีการเสริมกรดโฟลิค และ ธาตุเหล็กแบบไดเรค (direct adding)

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปราย

ตอนที่ 1 ศึกษากรรมวิธีการผลิตอาหารเช้าธัญพืชชนิดไรซ์เฟลคจากข้าว

การวิจัยเพื่อศึกษาคุณสมบัติของข้าวเหนียว กข 6 และข้าวข้าวหอมมะลิเพื่อนำมาผลิตเป็นไรซ์เฟลค อย่างง่าย โดยทดสอบคุณสมบัติต่างๆ เมื่อผ่านกรรมวิธีการผลิตโดยทั่วไป

4.3 ศึกษากรรมวิธีการผลิตอาหารเช้าธัญพืชชนิดไรซ์เฟลคจากข้าว

4.2.1 ศึกษาความชื้นภายในข้าวหลังจากผ่านการรีดและอบแห้ง

นำข้าวที่ผ่านการรีดเป็นแผ่นโดย drum drier นำมาวัดค่าความชื้น โดยกำหนดเวลาในการอบแห้ง(hot air) ที่อุณหภูมิ 65°C เป็น 0, 3,6 และ 9 ชั่วโมง ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 12 แสดงค่าความชื้นของข้าวหลังจากการอบแห้ง

เวลาในการอบแห้ง(ชม.)	% ความชื้น	
	ข้าวหอมมะลิ	ข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6
0	65.17 ± 1.23^{b}	41.82 ± 1.72^{b}
3	5.37 ± 0.24^{a}	4.23 ± 0.09^{a}
6	5.07 ± 0.05^{a}	3.00 ± 0.21^{a}
9	4.82 ± 0.28^{a}	2.77 ± 0.19^{a}

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 12 ความชื้นหลังการอบแห้ง เมื่อเวลาผ่านไป 3 ชั่วโมง จะมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ 4-5 % และ 3-4 % สำหรับข้าวข้าวหอมมะลิ และข้าวเหนียว กข-6 ตามลำดับ การประมาณค่าระยะเวลาในการอบแห้งใช้เพื่ออ้างอิงในการออกแบบกรรมวิธีการผลิตต่อไป ซึ่ง ณ อุณหภูมิที่กำหนด ข้าวอาจนำมาอบแห้งเป็นระยะเวลา 3 ก่อนที่จะทำการอบกรอบต่อไป

4.2.2 ผลการทดสอบวัดค่าสี

เฟลคที่ผ่านการอบแห้งอุณหภูมิต่างๆ แล้วนำมาอบกรอบที่ 265-275°C เป็นเวลา 15 นาที โดยผลิตภัณฑ์มีความชื้นเฉลี่ยที่ 2-3 % เมื่อนำผลิตภัณฑ์มาวัดค่าสี พบว่าผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำขึ้นเล็กน้อย (L มากกว่า) และออกไปในโทนสีเหลืองและสีแดงในข้าวข้าว (a และ b มีค่าเป็นบวก) ส่วนในข้าวเหนียวผลิตภัณฑ์มีสีแดงเข้มขึ้นเล็กน้อย ดังแสดงในตารางที่ 13 และ 14 การเปลี่ยนแปลงของสีอาจเกิดจากปฏิกิริยา caramelization ของน้ำตาลที่มีในข้าว อย่างไรก็ตาม ค่าความขาวของข้าวเฟลค (L) และค่าสีเหลือง (b) มีความแปรปรวน อย่างมาก กับระยะเวลาการอบแห้ง อาจพอสรุปได้ว่าจากสภาวะ กรรมวิธีการผลิตที่ออกแบบนี้ ระยะเวลาในการอบแห้งมากกว่า 3 ชั่วโมงมีผลเพียงเล็กน้อยต่อสีของผลิตภัณฑ์ ดูรูปที่ 11 และ 12 ประกอบ

ตารางที่ 13 แสดงผลผลิตภัณฑ์เฟลคจากข้าวหอมมะลิแล้วมาวัดค่าสี1

Drying time (hr.)	L	a	b
0	27.16 ± 1.38[a]	2.72±0.25[b]	23.86± 0.33[ab]
3	33.37± 3.25[ab]	2.33± 0.44[b]	22.83 ± 0.52[a]
6	50.35± 5.15[b]	2.58± 0.32[a]	28.61 ± 1.40[c]
9	38.27± 2.89[c]	4.35± 0.39[c]	24.96± 0.90[b]

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

[1]ค่า L เป็นค่าที่แสดงถึงความสว่าง ค่า a เป็นค่าที่แสดงถึงสีแดง ค่า b แสดงถึงค่าสีเหลือง

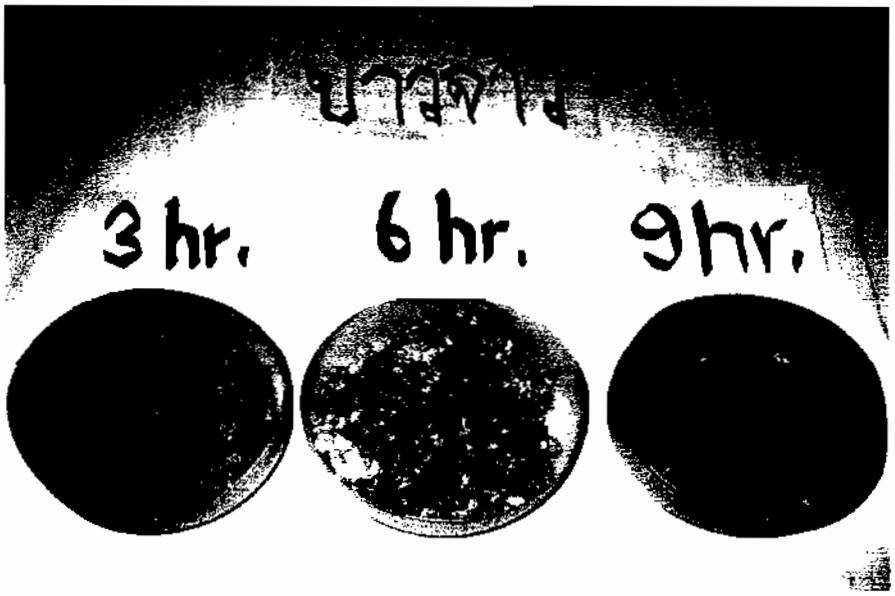
ตารางที่ 14 แสดงผลผลิตภัณฑ์เฟลคจากข้าวเหนียว กข 6 นำมาวัดค่าสี

Drying time (hr.)	L[ns]	a	b[ns]
0	44.03±1.38	0.63±0.11[a]	23.49±1.20
3	44.10± 7.56	1.00 ± 0.78[a]	24.12 ± 1.38
6	35.64 ± 3.39	3.29 ± 2.25[b]	25.42± 2.74
9	43.52 ± 2.98	0.38± 0.22[a]	23.97 ± 0.88

[ns] ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

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

ผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเฟลคแสดงในรูปที่ 11 และ 12 ซึ่งพบว่าให้สีเป็นสีเหลืองนวลคล้ายกับคอร์นเฟลคที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

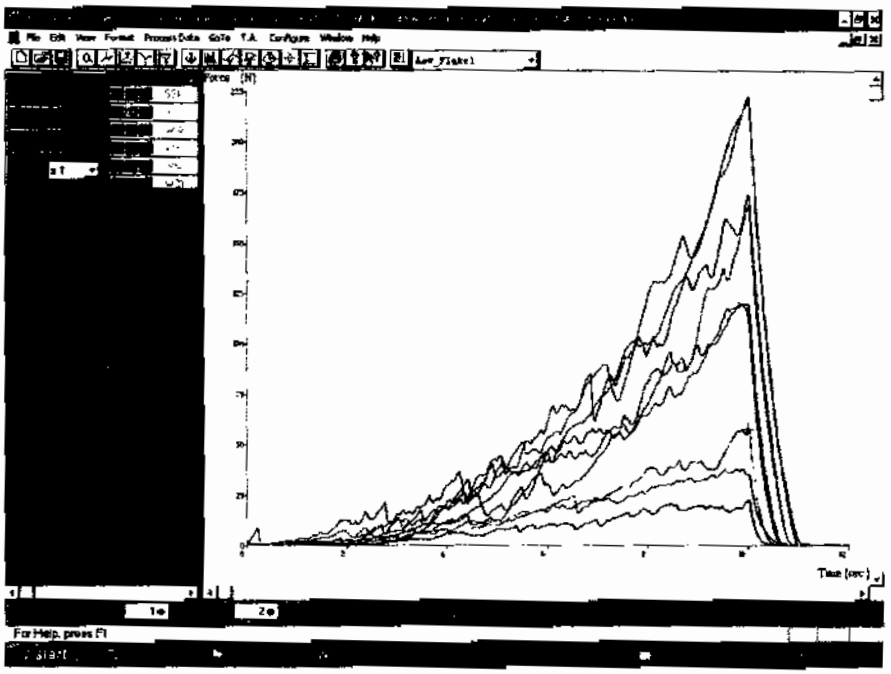


รูปภาพ 11 ผลิตภัณฑ์ White rice flake จากข้าวจ้าวหอมมะลิ 105

รูปภาพ 12 ผลิตภัณฑ์ White rice flake จากข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6

4.2.3 เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์จากเครื่องมือวัดเนื้อสัมผัส

ข้าวที่ผ่านการอบกรอบแล้วจะนำมาวัดค่าความแข็ง (Hardness) และ ความกรอบ (crispiness) ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส ซึ่งผลจากการรันแสดงดังรูปที่ 13 โดยค่าความแข็งคือแรงสูงสุดจากการวัด ส่วนค่า ความกรอบคือจำนวนพีค หรือจำนวนรอยหยักของเส้นกราฟแรงกับเวลา โดยตัวอย่างที่มีรอยหยัก (ที่มีนัยสำคัญ) มากกว่าแปรผลเป็นความกรอบมากกว่า พบว่าข้าวที่มีความชื้นต่ำหรืออบแห้งเป็นระยะเวลานานขึ้น เมื่อผ่านการอบกรอบแล้วจะมีค่าความกรอบ หรือ crispiness เพิ่มขึ้นเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม ก็มีความแข็งเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน ที่การอบแห้งนาน 9 ชั่วโมง ดังแสดงในตารางที่ 15 ส่วนข้าวเหนียวนั้นผลการวัดมีค่าแปรปรวนสูง ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ สำหรับการยอมรับรวมทางประสาทสัมผัสนั้น ถูกประเมินในอันดับต่อไปโดยใช้ผู้ทดสอบชิม



รูปภาพ 13 กราฟตัวอย่างแสดงการวัดเนื้อสัมผัสของเฟลค จากข้าวทั้ง 2 ชนิด

ตารางที่ 15 แสดงข้อมูลจากการนำ rice flake ที่ผลิตจากข้าวหอมมะลิมาวัดลักษณะสัมผัส โดย เครื่อง Texture analyzer

Drying time (hr.)	Crispiness (Peak)	Hardness (Newton)
3	10.00 ± 2.80^{a}	39.97 ± 24.48^{a}
6	7.00 ± 1.40^{a}	44.43 ± 9.37^{a}
9	19.00 ± 0.00^{b}	146.68 ± 38.14^{b}

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

ตารางที่ 16 แสดงค่าการวัดลักษณะสัมผัสของ rice flake ที่ผลิตจากข้าวเหนียว กข 6

Drying time (hr.)	Crispiness[ns] (peaks)	Hardness[ns] (Newton)
3	8.5 ± 2.12	170.47 ±70.95
6	4.00 ±1.41	275.92 ±75.85
9	18.00	167.85

[ns] ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากตารางที่ 16 พบว่าที่ระยะเวลาในการอบ 9 ชั่วโมงจะมีค่า crispiness สูงที่สุด แต่เมื่อพิจารณาค่า crispiness และค่า hardness ที่เวลาการอบแห้งที่เวลาต่างๆแล้วพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่($P>0.05$)

4.2.4 การทดสอบทางด้านประสาทโดยผู้ทดสอบชิม

ผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมที่ไม่ได้มีการฝึกฝนจำนวน 20 คน สำหรับข้าวจ้าวพบว่าความชอบของผู้บริโภคส่วนใหญ่จะอยู่ที่เวลาการอบแห้ง 3 ชั่วโมงซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 5.90 - 7.25 คะแนน (ชอบมากกว่า) ทั้งนี้ ผู้บริโภคอาจไม่ชอบกลิ่นและรสชาติ สาเหตุมาจากการอบแห้งที่นานขึ้น ซึ่งถือว่าผู้บริโภคมีความชอบในระดับชอบเล็กน้อย ถึงชอบปานกลาง ดังข้อมูลแสดงในตารางที่ 17 ส่วนข้าวเหนียว พบว่าผู้บริโภคมีความยอมรับรวมเพิ่มขึ้นเล็กน้อยที่เวลาการอบแห้งนานขึ้น อย่างไรก็ตาม ผู้ทดสอบชิมมีความชอบกลิ่นเมื่ออบแห้งที่เวลาน้อยกว่าหรือ 3 ชั่วโมง ดังข้อมูลในตารางที่ 18

ผลการผลิตเฟลคจากข้าวทั้ง สองชนิดผู้บริโภคให้การยอมรับในระดับคะแนน ชอบเล็กน้อย ถึงชอบมาก (6-7) ซึ่งเป็นประโยชน์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป

ตารางที่ 17 แสดงการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิม rice flake ที่ผลิตจากข้าวจ้าวหอมมะลิ จากเวลาการอบต่างๆ ทดสอบแบบ Hedonic 9 – scales test

เวลาอบแห้ง (ชม.)	สีและลักษณะปรากฏ[ns]	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม
3	5.90±1.02	7.45±0.68[b]	7.00 ±0.97[b]	7.20 ±1.00[b]	7.25 ±0.91[b]
6	5.80 ±0.80	5.65 ±0.93[a]	5.60 ±0.94[a]	5.80 ±1.24[a]	6.15 ±0.67[a]
9	5.80 ±0.70	5.40 ±0.59[a]	6.15 ±0.93[a]	6.75 ±1.44[b]	6.65 ±0.93[a]

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

[ns] ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 18 แสดงการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิม rice flake ที่ผลิตจากข้าวเหนียว กข 6 จากที่เวลาการอบต่างๆทดสอบแบบ Hedonic 9 – scales test

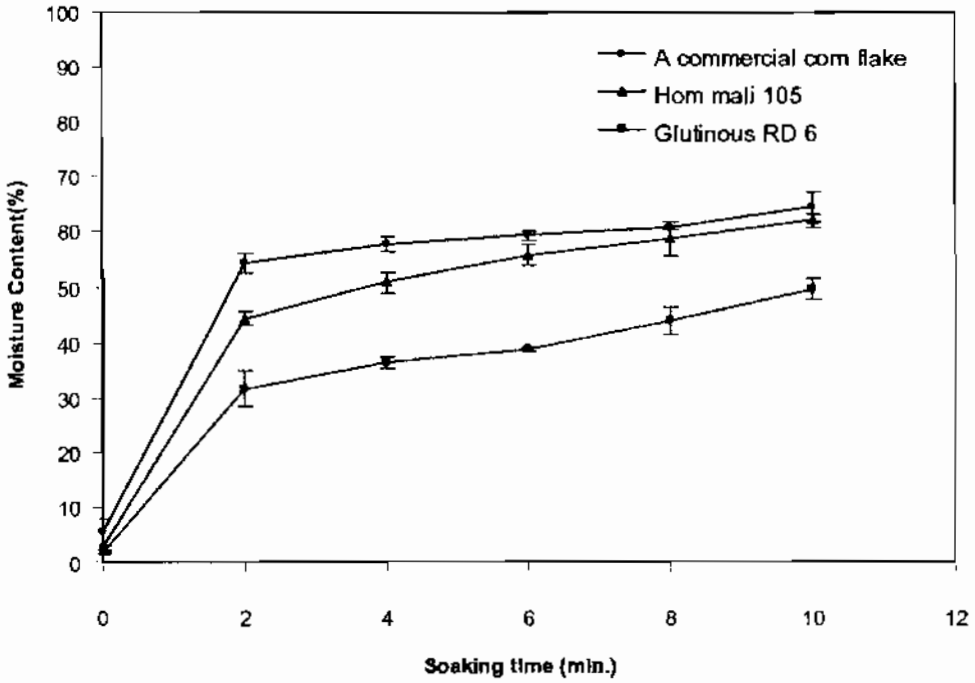
เวลาอบแห้ง (ชม.)	สีและลักษณะปรากฏ	กลิ่น	รสชาติ[ns]	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม
3	7.25 ±0.85[b]	7.05 ±0.60[c]	5.55 ±0.88	4.00 ±1.12[a]	5.55 ±0.75[a]
6	6.00 ±1.07[a]	6.55 ±0.82[a]	6.15 ±1.59	5.15 ±0.93[b]	6.35 ±1.30[b]
9	7.10 ±1.07[b]	6.10 ±1.07[b]	5.95 ±0.99	6.35 ±0.87[b]	6.95 ±0.99[b]

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

[ns] ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

4.2.5 ค่าการดูดซับน้ำ (Rehydration)

ตัวอย่างไรซ์เฟลคที่ผ่านกรรมวิธีการผลิตโดยการอบแห้ง 3 ชั่วโมง แล้วอบกรอบ เป็นเวลา 15 นาที ทั้ง 2 ชนิดมาทดสอบการดูดซับน้ำ(Rehydra tion) ได้ผลแสดงดังรูปที่ 14 และตารางที่ 19



รูปภาพ 14 เส้นกราฟค่าการดูดซับน้ำ (Rehydration) ของผลิตภัณฑ์เฟลคจาก 3 แหล่งคือ คอร์นเฟลค ทางการค้า (commercial corn flakes) ข้าวข้าวหอมมะลิ 105 (Hom mali 105) และข้าวเหนียว กข 6 (Glutinous RD6)

ตารางที่ 19 แสดงการดูดซับน้ำของ rice flake จากข้าวทั้ง 2 ชนิดและ corn flakes ที่ขายตามท้องตลาด (Rehydration)

เวลา (นาที)	A commercial corn flake	ข้าวหอมมะลิ	ข้าวเหนียว กข 6
0	5.57± 2.37[a]	2.60± 0.37[a]	1.62 ± 0.18[a]
2	54.15± 1.70[b]	44.49 ±1.17[b]	31.77 ±3.21[b]
4	57.74± 1.42[c]	50.69 ±1.73[c]	36.42 ±0.91[c]
6	59.30± 0.95[c]	55.81 ±1.90[d]	38.86 ±0.27[c]
8	60.82± 0.22[c]	58.75 ±3.14[d]	44.09 ±2.47[d]
10	64.68± 2.71[d]	62.09 ±1.17[e]	49.59 ±1.91[e]

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

จากเส้นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของกราฟในรูปที่ 14 เฟลคทางการค้า (ข้าวโพด) มีการดูดซับน้ำได้ในปริมาณที่มากที่สุด รองลงมาคือข้าวจ้าว ส่วนข้าวเหนียวจะมาการดูดกลับของน้ำช้าที่สุด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะความแตกต่างของปริมาณอมัยโลสในเฟลค โครงสร้างภายในของข้าวซึ่งข้าวจ้าวหอมมะลิที่มีโครงสร้างที่เป็นอะมิโลสมาก แต่ข้าวเหนียว มีโครงสร้างที่มีอมัยโลเพคตินมากในส่วนโครงสร้างของข้าวที่มีอมัยโลเพคตินมากจะทำให้อัตราการดูดซับน้ำต่ำลง (อรอนงค์ นัยวิกุล,2530) แต่เมื่อเปรียบเทียบกับคอร์นเฟลคที่ขายตามท้องตลาดแล้วจะเห็นว่าการดูดซับน้ำของคอร์นเฟลคจะดูดซับน้ำได้มากกว่า rice flake เนื่องจากว่าส่วนผสมของคอร์นเฟลคจะเป็นแบบการนำส่วนผสมทุกอย่างมาต้มรวมกันทำให้โครงสร้างของคอร์นเฟลคมีลักษณะหลวมไม่เกาะกันแน่น สามารถดูดน้ำได้มากกว่า rice flake ที่มีโครงสร้างซับซ้อนซึ่งทำให้น้ำซึมผ่านเข้าไปได้ค่อนข้างยาก

จากตารางที่ 19 การดูดซับน้ำข้าวหอมมะลิมีมากกว่าข้าวเหนียว กข 6 พบว่าที่เวลาในการดูดซับน้ำของข้าวจ้าวหอมมะลิที่ 6 กับ8 นาที และข้าวเหนียวเวลาการดูดซับน้ำที่ 4 กับ6 นาที จะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ ($p>0.05$)

4.2.6 ปริมาณเถ้า

ปริมาณเถ้าในข้าวถูกวัดเพื่อประเมินประมาณแร่ธาตุเบื้องต้นในผลิตภัณฑ์เฟลคที่ผลิตขึ้น จากตารางที่ 20 พบว่าปริมาณเถ้าเฉลี่ยของข้าวขาวทั้ง 2 ชนิด มีปริมาณเถ้าที่น้อยกว่าข้าวกล้องทั้ง 2 ชนิด ทั้งนี้อาจเนื่องจากภายในข้าวกล้องมีปริมาณ Inorganic mineral สูงกว่าข้าวขาว (อรอนงค์ นัยวิกุล,2530)

ตารางที่ 20 แสดงปริมาณเถ้าในข้าวทั้ง 2 ชนิดจากข้าวขาวเทียบกับข้าวกล้อง

ชนิดข้าว	ปริมาณเถ้า (%)
ข้าวเหนียว กข 6 (ขาว)	0.885
ข้าวจ้าวหอมมะลิ (ขาว)	0.785
เทียบกับ ข้าวเหนียว กข 6 (กล้อง)	1.56
ข้าวจ้าวหอมมะลิ (กล้อง)	1.48

4.2.7 สรุปผลการทดลองตอนที่ 1

(1) การยอมรับของผู้ทดสอบชิม โดยทดสอบแบบ Hedonic 9-scales test ของ rice flake ที่ทำจากข้าวข้าวหอมมะลิ ผู้ทดสอบชิมมีความชอบ rice flake ที่เวลาการอบแห้ง 3 ชั่วโมง ซึ่งมีความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง มีความชื้นหลังจากการอบแห้ง 5.37% สีเหลืองเข้ม ลักษณะเนื้อสัมผัสมีค่า crispiness 10.00 N.ค่า hardness 39.97 N.

(2) การยอมรับของผู้ทดสอบชิม โดยทดสอบแบบ Hedonic 9-scales test ของ rice flake ที่ทำจากข้าวเหนียว กข 6 ผู้ทดสอบชิมมีความชอบ rice flake ที่เวลาการอบแห้ง 9 ชั่วโมง ซึ่งมีความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง มีความชื้นหลังจากการอบแห้ง 2.77% มีสีเหลืองจาง ลักษณะเนื้อสัมผัสมีค่า crispiness 18.00 N. ค่า hardness 167.85 N.

(3) ทดสอบการคืนตัวน้ำ (Rehydration) พบว่า rice flake ทั้ง 2 ชนิดมีอัตราการคืนตัวน้ำเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น แต่เมื่อพิจารณาแล้ว rice flake ที่ผลิตจากข้าวข้าวหอมมะลิมีอัตราการคืนตัวน้ำมากกว่า rice flake ที่ทำจากข้าวเหนียว กข 6

(4) ปริมาณเถ้าของ rice flake ของข้าวขาวทั้ง 2 ชนิดพบว่ามีปริมาณเถ้าที่ได้น้อยกว่า rice flake ที่ผลิตจากข้าวกล้อง

4.3 ตอนที่ 2 ศึกษากรรมวิธีปรับปรุงเนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญพืชชนิดไรซ์เฟลค และการเสริมกรดโฟลิค และ ธาตุเหล็ก

การผลิตเฟลคโดยตรงจากเมล็ดข้าวทั้งเมล็ดในตอนที่1 แม้ได้รับความสำเร็จเป็นเฟลคข้าวตามต้องการ แต่ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อสัมผัสที่แข็ง เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ในลักษณะเดียวกันที่มีจำหน่ายในท้องตลาด ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์โดยการทำเฟลคจากแป้งฟลาวของข้าว และมีการผสมองค์ประกอบอื่นๆ ลงไปในสูตรต่างๆ

วัตถุประสงค์ของการศึกษาในตอนที่ 2 คือ

(1) พัฒนากรรมวิธีการผลิตไรซ์เฟลคเพื่อปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์

(2) การเสริมโฟลิคและธาตุเหล็กอย่างง่ายในผลิตภัณฑ์

4.2.1 ศึกษาขนาดที่เหมาะสมของข้าวบด (rice grits)

นำข้าวกล้องกข.6 และข้าวกล้องคอกมะลิ 105 มาทำการลดขนาดด้วยเครื่องบด จากนั้นนำแป้งข้าวที่ได้มาทำการร่อนโดยให้ผ่านตะแกรงร่อนขนาด 35, 50, 80 mesh ตามลำดับ

นำแป้งข้าวกล้องที่ผ่านการร่อนแล้วเข้าอบไล่ความชื้นด้วยเครื่อง hot air oven อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ให้ได้ความชื้น 7-8% เพื่อใช้ในการผลิตไรซ์เฟลคต่อไป

ผู้ทดสอบให้ผลการยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากแป้งฟลาว หรือ ข้าวบด ของข้าวโดยแป้งฟลาวข้าวที่ผ่านการบดอย่างละเอียด มากกว่า ได้รับการยอมรับมากกว่าที่บดหยาบ ดังข้อมูลแสดงในตารางที่ 21 ซึ่งข้าวบดขนาด

80 เมสมีการยอมรับสูงกว่า ดังนั้นจึงนำแป้งข้าวนี้สำหรับพัฒนาสูตรต่อไป ภาพที่ 15 แสดงเฟลตที่ผ่านการผลิตจากแป้งฟลาวขนาดต่างกัน จากการประเมินอย่างหยาบโดยผู้วิจัยพบว่าที่แป้งฟลาวที่มีเนื้อละเอียดกว่าจะมีเนื้อสัมผัสที่เนียนและเรียบกว่าอย่างเห็นได้ชัด

ตารางที่ 21 การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมไรซ์เฟลตที่ผลิตจากข้าวบด (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]	9±0.64[a]

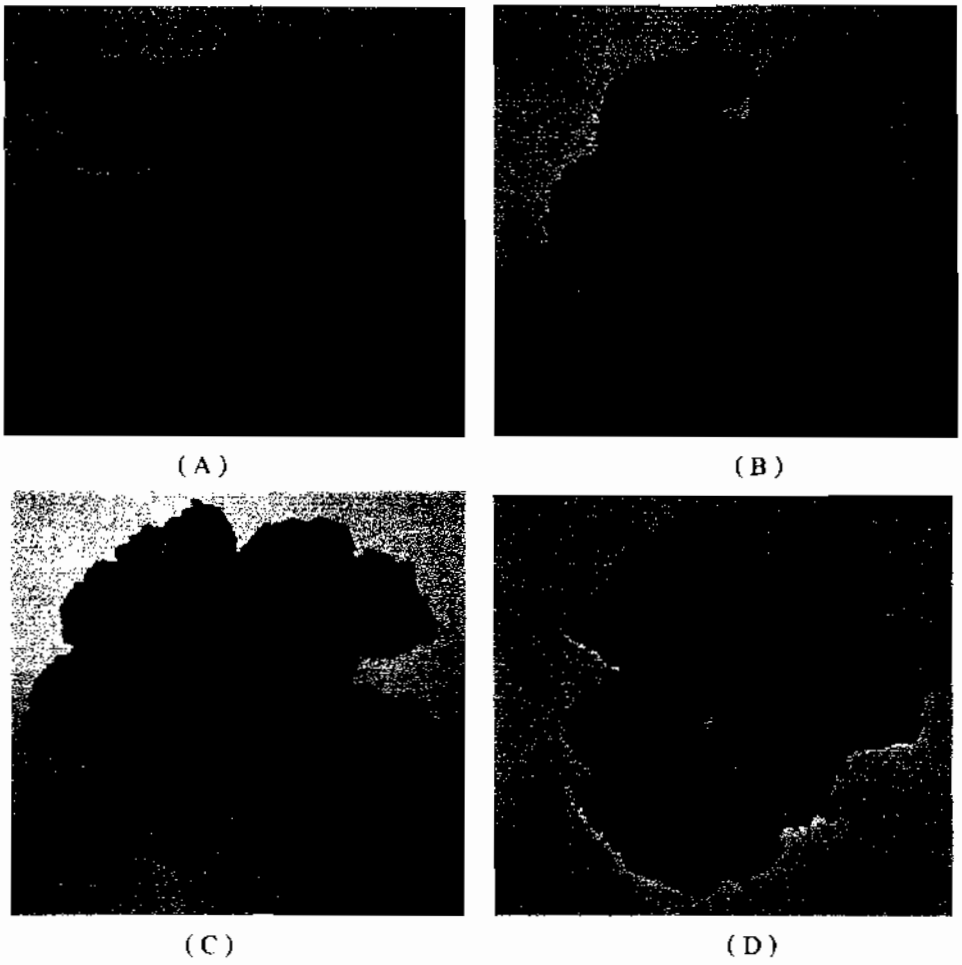
a, b, c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

รูปภาพ 15 เปรียบเทียบลักษณะของไรซ์เฟลตที่ผลิตจากข้าวบด (rice grits) ที่มีขนาดต่างกัน

4.2.2 การศึกษาชนิดของแป้งและสูตรที่ใช้ในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์

นำแป้งฟลาวผสมกับองค์ประกอบหลักตามสูตร ได้แก่ แป้ง ผงฟู น้ำมันปาล์ม และน้ำ ตามที่กำหนด ได้ลักษณะของผลิตภัณฑ์แสดงดังรูปที่ 16 ซึ่งพบว่า ลักษณะของผลิตภัณฑ์โดยทั่วไปโป่งพองใกล้เคียงกับท้องตลาด และมีสีเหลืองนวล แล้วนำ ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ไปทดสอบคุณสมบัติด้านต่างๆ



รูปภาพ 16 เปรียบเทียบลักษณะของไรซ์เฟลคที่ผลิตจากแป้งชนิดต่างๆ

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

4.2.3 การวิเคราะห์ความคงตัวของผลิตภัณฑ์

ทดสองผลิตผลิตภัณฑ์ตามกรรมวิธีปรับปรุงจากตอนที่1 โดยเลือกสูตรต่างๆ แล้วทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์ โดยการวัดค่า water activity (Aw) และค่าความชื้น (% moisture) พบว่ากรรมวิธีการผลิตให้ผลิตภัณฑ์ มีค่า Aw ต่ำ (<0.5) ซึ่งเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ประเภทอบแห้ง มีความคงตัวและไม่เสื่อมเสียโดยง่าย ค่าผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 22

ตารางที่ 22 ผลการวิเคราะห์ค่า 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

4.2.4 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์

การวิเคราะห์คุณภาพโดยใช้เครื่องมือวัดมีประโยชน์ในการควบคุมคุณภาพ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความสม่ำเสมอ โดยใช้ร่วมกับการประเมินทางประสาทสัมผัส ซึ่งจะตัดสินใจการยอมรับได้ดีกว่า ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องมือวัดเนื้อสัมผัสอาหารพบว่า สูตรที่1 แป้งฟลาวข้าวกล้องหอมมะลิ (KDML), สูตรที่3 แป้งฟลาวข้าวกล้องหอมมะลิ (KDML) ผสมแป้งสาลี และสูตรที่5แป้งฟลาวข้าวกล้องหอมมะลิ (KDML) ผสมแป้งข้าวโพด มีความแข็งต่ำสุด ในขณะที่มีความกรอบ (crispiness) สูง ซึ่งแสดงข้อมูลดังตารางที่ 23 ส่วนผลของการวัดค่าสีนั้นพบว่าเฟลคที่ได้ออกไปในโทนสีเหลืองคล้ำ และในแต่ละสูตรไม่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด มีเพียงสูตรที่ผสมแป้งมัน (7,8) ที่มีสีคล้ำกว่าสูตรอื่นๆ

ตารางที่ 23 การทดสอบทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไรซ์เฟลคที่ผลิตจากแป้งผสมชนิดต่างๆ

สูตร	สี			ลักษณะเนื้อสัมผัส	
	L	a	b	hardness(Newton)	crispness
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 ตัวเลขที่บ่งบอกร่วมกับแตกต่างกันในแนวตั้งบ่งความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่บ่งความแตกต่างกันทางสถิติ

ตัวอย่างที่ 1= แป้งข้าวกล้องKDML, 2 =แป้งข้าวกล้องกข6, 3 =แป้งสาลีผสมแป้งข้าวกล้องKDML, 4 =แป้งสาลีผสมแป้งข้าวกล้องกข 6,5 =แป้งข้าวโพดผสมแป้งข้าวกล้องKDML, 6 =แป้งข้าวโพดผสมแป้งข้าวกล้องกข6, 7 =แป้งมันผสมแป้งข้าวกล้องKDML, 8 =แป้งมันผสมแป้งข้าวกล้องกข6

4.2.5 การวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยประสาทสัมผัส

ผลการวิเคราะห์คุณภาพโดยใช้เรื่องมือวัดไม่สามารถตัดสินคุณภาพดีที่สุดได้อย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม เมื่อนำผลิตภัณฑ์มาประเมินทางประสาทสัมผัสตามคะแนนความชอบ (1 ไม่ชอบมากที่สุด –9 ชอบมากที่สุด) พบว่าคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสและการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์ในสูตรที่ 3 แป้งฟลาวข้าวกล้องหอมมะลิ (KDML) ผสมแป้งสาลี มีความโดดเด่นกว่าสูตรอื่น มีคะแนนในระดับชอบมากถึงมากที่สุด (8.5) ดังแสดงในตารางที่ 24 นอกจากนั้นยังพบว่าผลิตภัณฑ์ได้รับผลการประเมินทุกสูตรส่วนใหญ่อยู่ในระดับชอบมาก

ตารางที่ 24 การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมไรซ์เฟลค จากแป้งผสมชนิดต่างๆ ทดสอบแบบ hedonic 9 scale test

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 ($p \leq 0.05$)

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

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

8 =แป้งมันผสมแป้งข้าวกล้องกข6

*คะแนน 1:ไม่ชอบมากที่สุด – 9 :ชอบมากที่สุด

4.2.6 อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบต่อความชื้น

อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบในสภาวะที่กำหนดไม่ส่งผลต่อค่า Aw และ ค่าความชื้น (moisture content) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะความชื้นสุดท้ายเหลือน้อยทำให้มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่ออิทธิพลของอุณหภูมิและเวลา มีความแปรปรวนไม่มาก (180-220°C, 7-11 นาที) ทั้งนี้จึงเป็นประโยชน์ในการผลิตเนื่องจากตู้อบกรอบขนาดเล็กทั่วไประบบควบคุมอุณหภูมิยังมีความแปรปรวนสูง จึงลดข้อกังวลด้วนความคงตัวของผลิตภัณฑ์ได้ส่วนหนึ่ง ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 25

ตารางที่ 25 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±1.13	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±1.13	4.37±0.56

[ns]ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

4.2.7 อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบต่อค่าสีและลักษณะเนื้อสัมผัส

ผลการวิเคราะห์ค่าสีพบว่าที่อุณหภูมิในการอบสูงกว่าจะมีสีคล้ำและเหลืองเข้มกว่า แต่มีความแข็งน้อยกว่า และมีความกรอบมากขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 26 การเปลี่ยนแปลงของสีที่อุณหภูมิสูงอาจเกิดเนื่องจากปฏิกิริยาสีน้ำตาลของน้ำตาลไหม้ (caramelization) และการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงทำให้มีการระเหยออกของน้ำอย่างรวดเร็วซึ่งอาจทำให้มีโครงสร้างเป็นรูพรุน ผลิตภัณฑ์จึงมีความกรอบนุ่มมากขึ้น จากการทดลองการอบที่อุณหภูมิ 200 °C เป็นเวลา 10±1 นาทีน่าจะเหมาะสมที่สุด เนื่องจากมีสีไม่คล้ำมาก มีความนุ่มแกะความกรอบต่อนข้าง

ตารางที่ 26 ผลของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบไรซ์เฟลคต่อลักษณะทางกายภาพ (ค่าสี, ลักษณะเนื้อสัมผัส)

อุณหภูมิ (°C):เวลา (min.)	สี			ลักษณะเนื้อสัมผัส	
	L	a^{ns}	b	hardness (Newton)	crispness
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

4.2.8 การเสริมกรดโฟลิคในผลิตภัณฑ์ไรซ์เฟลคและธาตุเหล็ก

สารละลายกรดโฟลิคและธาตุเหล็ก (Ferrous sulfate) ทางการค้า ถูกพ่นโดยตรง (direct spraying) เนื้อเฟลคที่ผ่านการอบเรียบร้อยแล้วในอัตราส่วนที่กำหนดแล้วจึงนำไปอบที่ 200 °C นาน จนแห้ง (1-2 นาที) กรดโฟลิคจะมีสีเหลืองนวล ส่วนธาตุเหล็กจะมีสีฟ้าอมเขียว เฟลคที่เสริมโฟลิคได้รับการยอมรับสูงขึ้นจากผู้ทดสอบชิม (Descriptive Analysis Line – scale, 0-10) เมื่อมีการเพิ่มปริมาณการเติมสูงสุดในขอบเขตที่กำหนด ทั้งนี้เนื่องจากสีและกลิ่นของสารไม่ส่งผลทางลบต่อผลิตภัณฑ์ ดูตารางที่ 27 ประกอบ อย่างไรก็ตามการเติมธาตุเหล็กมีข้อจำกัดมากกว่า ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับต่ำมาก (2.9) เมื่อมีการเติมสารในปริมาณ มากกว่า 19.5 mg/lb ดังแสดงใน

ตารางที่ 28 ผู้ทดสอบวิจารณ์ถึงกลิ่นไม่พึงปรารถนาของเหล็กและให้การยอมรับน้อยลง จากการทดลองพบว่า สี และความกรอบของผลิตภัณฑ์ที่เติมโฟลิคและธาตุเหล็กไม่มีผลต่อการยอมรับโดยผู้ทดสอบชิม

ตารางที่ 27 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น ความกรอบของผลิตภัณฑ์ไรซ์เฟลคหลังจากการเสริมกรดโฟลิค โดยวิธี Descriptive Analysis Line – scale (0-10)

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

ตารางที่ 28 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น ความกรอบของผลิตภัณฑ์ไรซ์เฟลค หลังจากการเสริมธาตุเหล็ก โดยวิธี Descriptive Analysis Line – scale (0-10)

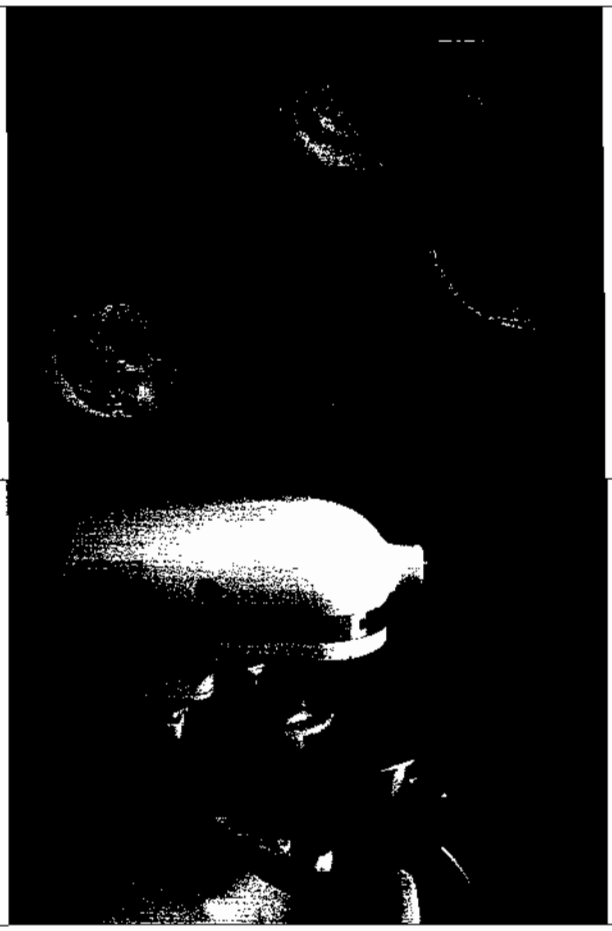
Ferrous sulfate	ลักษณะทางประสาทสัมผัส		
(mg/lb)	สี^{ns}	กลิ่น	ความกรอบ^{ns}
13	5.97 ± 1.78	5.94 ± 0.85^{b}	5.97 ±0.44
19.5	5.98 ± 0.13	7.67 ± 0.53^{a}	6.08±0.78
26	6.19 ± 0.34	2.95 ±1.67^{c}	6.17±0.14

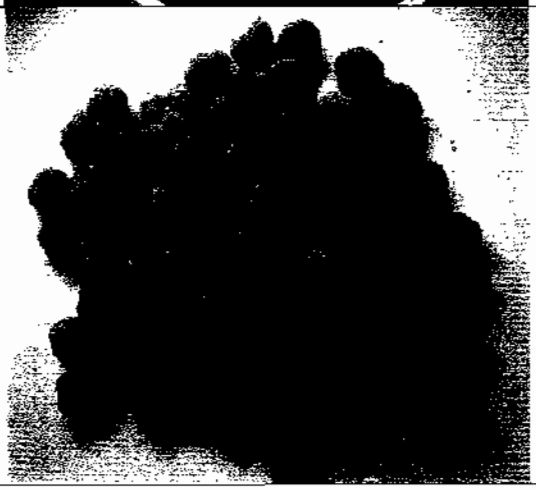
a, b, c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

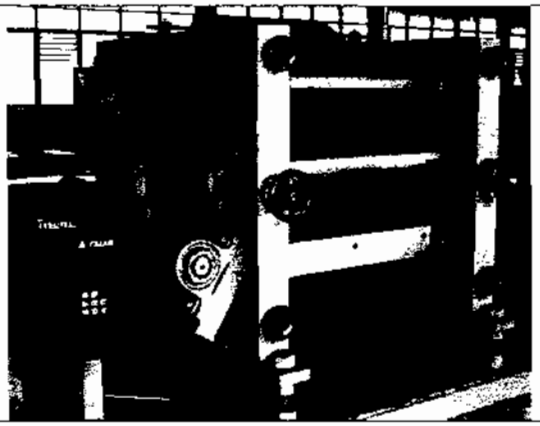
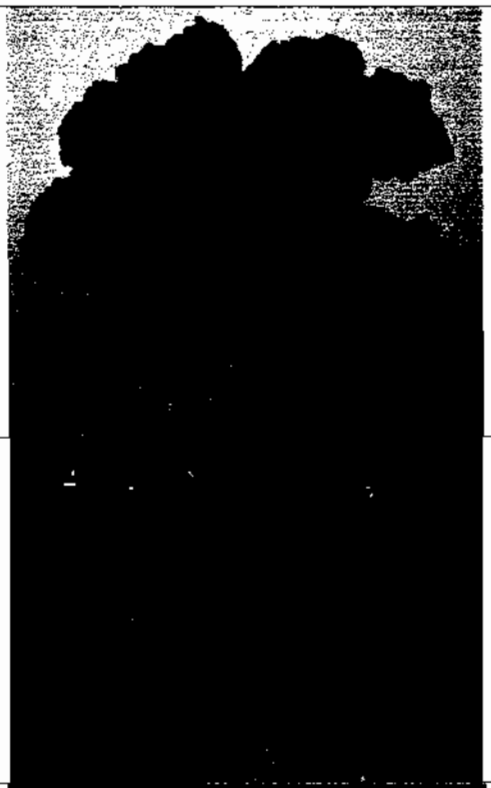
ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

สรุปกรรมวิธีการผลิตโดยย่อที่ผ่านการพัฒนาเบื้องต้นแล้ว

ตารางที่ 29 กรรมวิธีการผลิตอาหารเช้าธัญพืชไรซ์เฟลคเสริมกรดโฟลิคและธาตุเหล็ก

ขั้นตอนการผลิต	ตัวอย่างภาพประกอบ
(1) ทำแป้งฟลาวโดยน้ำข้าวสารมาบดแล้วร่อนด้วยตระแกรงขนาด 80 เมส	
(2) เตรียมส่วนผสมต่างๆ ประกอบด้วย แป้งฟลาวข้าวกล้อง แป้งสาลี ผงฟู น้ำมันปาล์ม และน้ำ	
(3) นวดผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องนวดตีผสม	

(4) พักก้อนโดประมาณ 10 นาที	
(5) แบ่งเป็นก้อนแป้ง แล้วทำให้สุกในน้ำร้อนที่ 80 °C (gelatinization)	
(6) ทำให้เกิด Particle forming โดยปั้นให้เป็นก้อนลักษณะทรงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร	

(7) การทำเฟลค (Flake) ให้มีลักษณะเป็นแผ่นด้วยเครื่องรีดแบบลูกกลิ้งคู่ ปรับระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 0.1 มิลลิเมตร	
(8) นำแผ่นเฟลคชิ้นไปอบแห้งที่ 100 °C นาน 12 ชั่วโมง	
(9) นำเฟลคแห้งไปอบกรอบที่ 180°C นาน 10 นาที จะได้ผลิตภัณฑ์เฟลค	
(10) เตรียมสารละลายกรดไฟลิค และ เหล็ก (ferrous sulfate)	
(11) ฉีดพ่นสารละลายลงในผลิตภัณฑ์โดยตรง ให้ทั่วแผ่นเฟลคให้ได้ปริมาณเฉลี่ย กรดไฟลิค 1-1.4 mg/lb และ ferrous sulfate 20 mg/lb	
(12) นำผลิตภัณฑ์ไปอบแห้งต่อที่ 200 °C	

เป็นเวลา 2 นาที	
(13) บรรจุถุงเพื่อเก็บรักษา	

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

1. การผลิตไรซ์เฟลคจากเมล็ดข้าวทั้งเมล็ดภายใต้สภาวะที่กำหนด ได้ผลิตภัณฑ์เฟลคที่มีเนื้อสำผัสที่แข็ง แม้ อัตราการคืนตัวของเฟลคที่ทำจากข้าวหอมมะลิจะมีค่ามาก
2. การพัฒนาปรับปรุงเฟลคจากข้อที่ 1 ทำโดยใช้แป้งมคละเอียด ใช้ผงฟูเพื่อขึ้นรูป เพิ่ม ส่วนผสมของแป้งสาลี และน้ำมันพืชเป็นองค์ประกอบ
3. การเติมกรดโฟลิค และเหล็กทำได้ด้วยวิธีการอย่างง่ายแบบ direct spraying ของกรดโฟลิค และ ferrous sulfate ซึ่งละลายน้ำได้ดี
4. การเติมเหล็กถูกจำกัดปริมาณ ที่ ประมาณ 20 mg/lb ผลิตภัณฑ์ทั้งนี้เนื่องจากเกิดปัญหาด้านกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาอายุของการเก็บผลิตภัณฑ์
2. ควรมีการศึกษา การเสริมแต่งกลิ่นรสเพื่อให้เหมาะกับการค้าในเชิงพาณิชย์

แผนงานวิจัยต่อยอด

1. กำลังศึกษาการเสริมกรดโฟลิคและธาตุเหล็กในผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปอื่นๆ

บรรณานุกรม

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

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

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

Chun, J. et al. 2005. A differential assay of folic acid and totle folate in foods containing enriched 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.

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

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

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

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

Frame, N.D. 1994. The Technology of Extrusion cooking. Blake 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,. Mareel 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 chromatographic method for determing added folie acid in fortified cereal products. Journal of Chromatography.826 : 235 – 240.

Purwastien, 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 Areot, 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 cereals. 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

กรมอนามัย กระทรวงสาธารณะสุข, 2545. ความชุกของภาวะโลหิตจางใน ประเทศไทย จำแนก ตามภาค

กองโครงการและประสานงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการแห่งชาติ. 2547. การใช้ประโยชน์จากข้าวในการสร้างมูลค่าเพิ่มเพื่อการส่งออก

กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 2536.

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

ฉลวงค์ 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 รังสาคทอง.เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร.พิมพ์ครั้งที่ 3,คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.2536.

ศิริธร ศิริอมรพรรณ. มปป. คุณค่าทางโภชนาการอาหารกับผลกระทบทางเทคโนโลยี. ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนศาสตร์ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

อรอนงค์ นัยวิกุล.เคมีทางธัญญาหาร.ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะ อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,2541.

อุสาห์ เจริญวัฒนา. 2536. ผลิตภัณฑ์ธัญพืชภาควิชาผลิตภัณฑ์เกษตร. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อุสาห์ เจริญวัฒนา.ผลิตภัณฑ์ธัญพืชภาควิชาผลิตภัณฑ์เกษตร .คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.2536.

ภาคผนวก

Mahasarakham University

ภาคผนวก ก.

การถ่ายทอดงานวิจัย

บทความวิชาการ

เสนองานประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยมหาสารามวิจัย ปี 2549

เรื่อง กรรมวิธีการผลิตอาหารเช้าธัญพืชชนิดไรซ์เฟลคด้วยแป้งชนิดต่างๆ

เพ็ญวิภา อ้วนแพง1 อัศวิน อมรสิน2

1นิสิตปริญญาโทภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนศาสตร์ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

2อาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

บทนำ

ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญพืชเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมมากในปัจจุบันเนื่องจากมีความสะดวกสบาย ใช้รับประทานในเวลาที่เร่งรีบทำให้ประหยัดเวลา ประเทศไทยนั้นมีการปลูกข้าวเป็นจำนวนมาก สามารถนำมาแปรรูปได้หลายชนิด งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญพืชชนิดไรซ์เฟลค (ricc flake) ที่ผ่านเครื่องรีดแบบลูกกลิ้งคู่ จากข้าวกล้องพันธุ์ดอกมะลิ 105 และ กข 6 โดยศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของไรซ์เฟลค ได้แก่ ขนาดที่เหมาะสมของข้าวบด (ricc grits) ชนิดของแป้งที่ใช้ในการปรับปรุงสูตรเพื่อให้มีลักษณะและคุณภาพเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค

ระเบียบวิธีวิจัย

วัตถุดิบหลัก

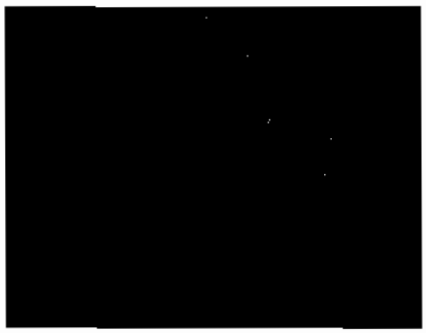
- ข้าวกล้องหอมมะลิ (KDML 105)
- ข้าวกล้อง กข 6 (ข้าวเหนียว)

การผลิตไรซ์เฟลค

การผลิตไรซ์เฟลคทำได้โดย นำข้าวกล้องของข้าวทั้งสองพันธุ์มาผ่านการบดและร่อนแล้วนำไปอบแห้งให้ได้ความชื้น 7- 8% เพื่อใช้ในการผลิตต่อไป นำแป้งข้าวที่ได้มาผสมกับแป้งสาลี ผงฟู น้ำ และน้ำมันปาล์ม นวดให้เข้ากันด้วยเครื่องตีผสม และให้ความร้อน 80 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที จากนั้นปั้นให้เป็นก้อนลักษณะทรงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร นำเข้าเครื่องรีดแบบลูกกลิ้งคู่ ปรับระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 0.1 มิลลิเมตร จะได้เฟลค (flake) ลักษณะเป็นแผ่น นำเฟลคที่ได้เข้าอบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 นาที

ผลการทดลอง

แป้งข้าวโพด



แป้งมัน

แป้งสาลี

ภาพ 1 เปรียบเทียบลักษณะของไรซ์เฟลคที่ผลิตจากแป้งชนิดต่างๆ

ภาพ 2 เปรียบเทียบลักษณะของไรซ์เฟลคที่ผลิตจากข้าวบด (rice grits) ที่มีขนาดต่างกัน

ตาราง 1 การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมไรซ์เฟลด จากแป้งผสมชนิดต่างๆ ทดสอบแบบ hedonic 9 scale test

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 ($p \leq 0.05$)

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

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

8 =แป้งมันผสมแป้งข้าวกล้องกข6

*คะแนน 1:ไม่ชอบมากที่สุด – 9 :ชอบมากที่สุด

สรุปและวิจารณ์ผล

ขนาดที่เหมาะสมของ rice grits ควรเล็กกว่า 80 เมส เนื่องจากผู้ทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสจัดลำดับความชอบด้วยวิธี hedonic 9 scale test อยู่ในระดับมาก เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพของไรซ์เฟลดที่ผลิตจากแป้งข้าวกล้องทั้งสองชนิด พบว่าแป้งข้าวกล้องดอกมะลิ 105 จะให้ลักษณะเนื้อสัมผัสที่กรอบร่วนกว่าข้าว กข 6ซึ่งมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แข็ง แต่เมื่อนำแป้งสาลีมาผสมเข้าด้วยจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีขึ้น

เอกสารอ้างอิง

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

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.

อภิธานศัพท์

Flaking	การทำให้เป็นแผ่น นี้จะทำได้กับธัญพืชทั้งเมล็ด อนุภาคชิ้นใหญ่หรือแป้ง ถ้านำเมล็ดของข้าวสาลี ข้าวโพด ข้าวข้าวหรือข้าวโอ๊ต ผ่านไประหว่างลูกกลิ้งก็จะได้ชิ้นที่มีขนาดเล็กลงหรือถ้านำเมล็ดธัญพืช เหล่านี้มาผ่านไอน้ำก่อน เมื่อรีดผ่านลูกกลิ้งจะได้เป็นแผ่นบางหรือ flakes เช่นกัน หรือถ้าใช้แป้ง (native starch) ซึ่งมีเม็ดแป้งขนาดใหญ่จะต้องทำให้สุกก่อน (gelatinize) เพื่อให้ย่อยได้ง่ายและเกิดเนื้อสัมผัสที่ต้องการการผลิต flakes จะต้องปรับปริมาณความชื้นให้พอเหมาะ เพื่อจะได้มีความยืดหยุ่นดี และปั้นเป็นรูปที่ต้องการได้ หลังจากนั้นนำมาทำให้แห้งหรือสุกเพื่อลดความชื้นลงทำให้เกิดกลิ่นที่ต้องการและบางครั้งมีผลทำให้พองตัวดีด้วย ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีความชื้นต่ำ เปราะและกรอบ (อุสาห์ เจริญวัฒนา,2526)
Rice flake	คือ เมล็ดข้าวที่ใช้เป็นวัตถุดิบจะผ่านการทำความสะอาด ทำให้สุกแล้วนำไปรีดเป็นแผ่นด้วยเครื่องรีดแบบลูกกลิ้งคู่ drum drier นำไปเข้าตู้อบ Hot air oven เพื่อปรับความชื้นให้เหลือประมาณ 3 -4 % จากนั้นนำเข้าเครื่อง bake เพื่ออบให้สุก สีเหลือง กรอบ (อุสาห์ เจริญวัฒนา, 2526)
Glutinous rice	ข้าวเหนียว พันธุ์ข้าวพวกนี้มีลักษณะของ endosperm เป็นสีข้าวขุ่นและมีความเลื่อมมันเมื่อนำมาหุงต้มจะเหนียวเมล็ดเกาะตัวกันดีมากหากหุงต้มใส่น้ำมากเมล็ดจะบานออก และยังมีความคงตัวดีเหมือนเดิม พันธุ์ข้าวพวกนี้แข็งส่วนใหญ่เป็น amylopectin และส่วนน้อยหรืออาจจะไม่มีเลยเป็น amylase กล่าวคือในเมล็ดจะประกอบด้วย amylopectin ตั้งแต่ 92-100 % และ amylose ตั้งแต่ 0-8 % ของน้ำหนัก
Nonwaxy rice	ข้าวข้าว ข้าวชนิดนี้มีองค์ประกอบของแป้งที่เรียกว่า อะมิโลส (amylose)ในปริมาณที่มากซึ่งให้ลักษณะของข้าวข้าวเมื่อเป็นข้าวสาร เมล็ดจะใส เนื้อแข็งและเมื่อผ่านการหุงข้าวจะมีสีขาวขุ่นขึ้นหม้อร่วนไม่เกาะตัวหรือมีการเกาะตัวกันน้อยนิยมบริโภคบริโภคในแถบภาคกลาง และภาคใต้ของไทย
Fortification	คือ การเติมสารอาหารหรือวิตามินอื่นเพื่อทดแทนสารอาหารบางอย่างที่สูญหายไประหว่างการแปรรูป และการเก็บรักษา (งามชื่น ดงเสรี, 2545)

ประวัติย่อผู้วิจัย

1. ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) นายอัศวิน อมรสิน

(ภาษาอังกฤษ) Mr. Aswin Amornsin

2. รหัสประจำตัวนักวิจัยแห่งชาติ

3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ ระดับ 7

4. หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก ภาควิชาเทคโนโลยีอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44001 โทรศัพท์ 043-721728 โทรสาร 043-743135

5. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบ	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญาและชื่อเต็ม	สาขาวิชา	ชื่อสถาบันการศึกษา	ประเทศ
2537	ตรี	วท.บ. วิทยาศาสตรบัณฑิต	เทคโนโลยีอาหาร	ม.ศรีนครินทรวิโรฒ	ไทย
2542	โท	M.S. Food Science and Technology	Food Science and Technology	University of Georgia, Athens, GA	สหรัฐอเมริกา
2546	เอก	Ph.D. Food Science and Technology	Food Science and Technology	University of Georgia, Athens, GA	สหรัฐอเมริกา

6. สาขาวิชาที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

วิศวกรรมอาหาร

สรุปรายงานการใช้จ่ายเงิน

รายการ	จำนวนเงิน
1. หมวดค่าจ้างชั่วคราว	
- ค่าจ้างชั่วคราว	76,320
รวม	76,320
2. หมวดค่าตอบแทน	
- ค่าตอบแทนนักวิจัย (10 % ของงบดำเนินการ)	81,625
- ค่าบริหารโครงการ (10 % ของงบดำเนินการ)	81,625
รวม	163,250
3. หมวดค่าใช้สอย	
- ค่าติดต่อประสานงาน (โทรศัพท์ ไปรษณีย์ และอื่น ๆ)	19,930
- ค่าพลังงาน	50,000
- ค่าซ่อมบำรุง ห้องปฏิบัติการ	100,000
- ค่านำเสนอผลงาน	50,000
- ค่าจัดอบรมเทคนิคการแปรรูปอาหารเข้าธัญพืชชนิดเฟลค	50,000
รวม	269,930
4. หมวดค่าวัสดุ	
- วัสดุสำนักงาน	20,000
-ค่าวัสดุปกรณ์สิ่งประดิษฐ์	200,000
-ค่าตัวอย่าง	50,000
- ค่าสารเคมีและอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์	200,000
รวม	470,000
5. หมวดค่าครุภัณฑ์	
6. อื่นๆ	
รวมงบดำเนินการ	816,250
รวมทั้งหมด	979,500