บทที่ 1

บทนำ

ข้าวจัดเป็นพืชล้มลุกสกุล *Oryza* สามารถเจริญเติบโตและขึ้นได้อย่างกว้างขวาง หากแบ่งชนิดของข้าวตามแหล่งกำเนิดได้ 2 ชนิด ชนิดแรก คือ ข้าวปลูกเอเชีย(*Oryza sativa* L.) เป็นข้าวที่มีแหล่งกำเนิดในทวีปเอเชียและมีการปลูกกันทั่วไปในเอเชีย และแหล่งอื่นๆของโลก ส่วนชนิดที่สอง คือ ข้าวปลูกแอฟริกา (*O. glaberrima* Steud.) เป็นข้าวที่มีแหล่งกำเนิดและปลูกเฉพาะในทวีปแอฟริกา(อัมมาร และวิโรจน์, 2533) ชนิดข้าวที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูง และเป็นที่ต้องการของตลาดค้าข้าวมากที่สุด คือ ข้าวปลูกเอเชีย(*O. sativa*) ข้าวที่ปลูกในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นชนิด *O. sativa* และชนิดย่อยอินดิคา มีทั้งข้าวเจ้า(Non-glutinous rice) และข้าวเหนียว(Glutinous rice) พันธุ์ข้าวที่เกษตรกรใช้ปลูกมีทั้งพันธุ์พื้นเมืองในแต่ละท้องถิ่น ข้าวเหนียวดำเป็นข้าวที่มีลักษณะพิเศษ คือ มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำหรือแดงก่ำ สีเยื่อหุ้มเมล็ดเกิดจากการสังเคราะห์ของสารชนิดหนึ่งที่เรียกว่า Anthocyanin ซึ่งเป็นสารสีแดง น้ำเงิน หรือม่วง การเกิดสีในเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวแตกต่างกันไปในแต่ละพันธุ์และแต่ในสภาพแวดล้อม(อรอนงค์, 2547)

มีการนำข้าวเหนียวดำมาใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารเสริมเพื่อสุขภาพและผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ประจำวันหรือเครื่องสำอาง รวมทั้งสามารถนำมาแปรรูปใช้สำหรับทำเครื่องดื่มที่เป็นแอลกอฮอล์ โดยการใช้ยีสต์สายพันธุ์ 116 ในการผลิต(Quan, 1999) จากการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการในข้าวกล้องของข้าวเหนียวดำ พบว่า มีปริมาณโปรตีนไขมัน ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม เส้นใย เหล็ก แคลเซียม วิตามิน บี2 และแร่ธาตุอื่นๆ สูงกว่าข้าวขาว สำหรับคุณค่าทางโภชนาการของข้าวเหนียวดำเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวชนิดต่างๆ พบว่ามีแร่ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อร่างกาย เช่น ข้าวเหนียวดำมีปริมาณโปรตีนและธาตุเหล็กซึ่งสูงกว่าข้าวมันปูและข้าวหอมมะลิ มีการแปรรูปโดยใช้ข้าวเหนียวขาวเป็นวัตถุดิบในการผลิตข้าวอบกรอบซึ่งเป็นขนมขบเคี้ยวสำคัญในประเทศญี่ปุ่นซึ่งสามารถแบ่งข้าวอบรอบ ข้าวอบกรอบที่ผลิตจากข้าวเหนียวมีชื่อเรียกทั่วไปว่า อาร์ราเร่(Arare) หรือ โอคากิ(Okaki) มีเนื้อสัมผัสเฉพาะตัวโดยจะละลายในปากหลังจากเคี้ยว ส่วนข้าวอบกรอบที่ผลิตจากข้าวเจ้าเรียกว่า เซนเบ่(Senbei) ซึ่งมีเนื้อสัมผัสที่แข็งและหยาบ ในปีที่ผ่านมาขนมสไตล์ญี่ปุ่นมียอดขายเพิ่มขึ้น ข้าวอบกรอบที่ผลิตในไทยส่วนมากเพื่อส่งออกไปจำหน่ายในประเทศญี่ปุ่นเป็นตลาดหลักคิดเป็นส่วนแบ่งตลาดประมาณ 86% คิดเป็นปริมาณการส่งออก 21,139 ตัน คิดเป็นมูลค่า 1,633 ล้านบาท เป็นยอดจัดจำหน่ายที่เพิ่มขึ้นต่อปี 14.67-15.48% ต่อปี(สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2546) แต่พบว่าในปัจจุบันข้าวอบกรอบที่ผลิตในท้องตลาดพบแต่ชนิดที่ผลิตจากข้าวเหนียวขาว ยังไม่มีการผลิตข้าวอบกรอบที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำและศึกษาคุณลักษณะด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ข้าวอบกรอบที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำ

คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาขบวนการผลิตข้าวอบกรอบที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำ และศึกษาคุณลักษณะด้านต่างๆ พร้อมทั้งศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ดังกล่าว เพื่อเพิ่มความหลากหลายให้กับผลิตภัณฑ์ข้าวอบกรอบและเป็นทางเลือกของผู้บริโภค

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. สามารถผลิตขนมข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำ ที่ผู้บริโภคให้การยอมได้
2. ศึกษาคุณลักษณะด้านกายภาพ เคมี และอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำ

ตรวจเอกสาร

1. ข้าว (Rice)

ข้าวเป็นพืชล้มลุกตระกูลหญ้า (Annual grass) ถูกจัดอยู่ในตระกูลออไรซา (Genus *Oryza*) ของวงศ์เกรมินี (Family Paoceae หรือ Gramineae) สามารถเจริญเติบโตได้ดีทั้งในเขตร้อน (Tropical zone) และเขตอบอุ่น (Temperate zone) จำนวน ชนิด (Species) ทั้งหมดที่พบในสกุลออไรซาของข้าวนั้นมีประมาณ 20 ชนิด (บุญหงส์, 2549)

ข้าวมีความสำคัญต่อมนุษย์ และสัตว์มาก ประชากรกว่าครึ่งโลกบริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก โดยเฉพาะชาวเอเชีย ดั้งนั้นข้าวจึงปลูกมากในเอเชีย และบริโภคในเอเชียประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ ข้าวที่ปลูกสำหรับบริโภคทั่วโลกมี 2 ชนิด จำนวนมากกว่า 120,000 พันธุ์ คือ ข้าวปลูกเอเชียและข้าวปลูกแอฟริกา (อภิชาต และคณะ, 2542) จากหลักฐานทางภูมิศาสตร์ และโบราณคดีบางอย่างทำให้สันนิฐานได้ว่าข้าวคงมีถิ่นกำเนิดในแอฟริกา เกาะมาดาคัสการ์ อินเดีย อเมริกากลาง อเมริกาใต้ แอนตาร์ริกา และออสเตรเลีย ซึ่งแต่สมัยก่อนยังรวมตัวกันอยู่ในบริเวณเขตร้อน ของผืนแผ่นดินกอนด์วานา (Gondwanalad continent) ในมหายุคพาลีโอโซอิก (Paleozoic Era) ประมาณ 230 – 500 ล้านปีมาแล้ว ก่อนที่ผืนแผ่นดินเหล่านี้จะแยกตัวออกจากกันตามสมมุติฐานที่ว่าด้วยการเลื่อนตัวของทวีป (Continental drift) ข้าวที่ขึ้นในท้องที่ต่าง ๆ ของโลก แบ่งออกได้ 3 กลุ่มใหญ่ ๆ ได้แก่ ออไรซา ซาไทวา (*Oryza sativa*) ซึ่งมีแหล่งกำเนิดในทวีปเอเชีย และปลูกกันทั่วไปในเอเชีย และแหล่งอื่น ๆ ของโลก ออไรซา กลาเบอริมา (*Oryza glaberrima*) ซึ่งมีแหล่งกำเนิด และปลูกเฉพาะในแอฟริกา และข้าวป่า (Wild rice) ซึ่งกำเนิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ในประเทศต่าง ๆ ของทุกทวีปที่ปลูกข้าว เช่น ออไรซา เพอเรนนิส (*Oryza peremmis*) ออไรซา ออฟฟิซินาลิส (*Oryza officinalis*) ออไรซา สปอนทาเนีย (*Oryza spontanea*) ออไรซา (*Oryza nivara*) เป็นต้น ได้มีการสันนิษฐานว่าข้าวที่ปลูกทุกวันนี้ได้มาจากการวิวัฒนาการของข้าวป่าข้ามปี (Perennial wild rice) มาเป็นข้าวปีเดียว (Annual wild rice) ตามลำดับ โดยมนุษย์โบราณในยุค 9,000 ปี ที่แล้วได้นำข้าวป่ามาปลูก และทำการคัดเลือกพันธุ์ในบริเวณใกล้เคียงกับถิ่นฐานที่อยู่อาศัย

ประเทศไทยอยู่ในเขตความหลากหลายทางสายพันธุกรรมทั้งข้าวป่า และข้าวที่ปลูก มีข้าวป่าแพร่กระจ่ายทั่วประเทศ 5 ชนิด ในจำนวนนี้มีชนิดที่เป็นบรรพบุรุษของข้าวเอเชีย คือ ข้าวป่าข้ามปี และข้าวป่าปีเดียว ประเทศไทยนอกจากจะมีความหลากหลายในชนิดของข้าวแล้ว ไทยมีความหลากหลายของพันธุ์ข้าวปลูกอีกด้วย ปัจจุบันสถาบันวิจัยข้าวได้รวบรวมพันธุ์ข้าวปลูก และข้าวป่าของไทยไว้มากกว่า 19,000 ตัวอย่าง พบว่าอย่างน้อย 5,500 ตัวอย่าง ที่มีชื่อปลูกต่างกัน ลักษณะที่เห็นได้ชัด คือ ลักษณะข้าวเจ้า ข้าวเหนียว ข้าวอายุเบา อายุกลาง และอายุหนัก เป็นต้น ซึ่งในข้าว แต่ละลักษณะก็ยังมีความหลากหลายอีก เช่น มีปริมาณอะไมโลส (amylose) ต่างกัน เป็นสาเหตุ ให้หุงสุกแล้วนุ่ม แข็ง หรือเหนียว จากความหลากหลายของพันธุกรรมในข้าวป่าที่บรรพบุรุษของ ข้าวปลูก ตลอดจนความหลากหลายของพันธุกรรมข้าวที่ปลูก

จำนวนมากในประเทศไทยนี้ จึงเป็นที่ยอมรับว่าประเทศไทยเป็นศูนย์กำเนิด และแพร่กระจายข้าวเอเชีย (อภิชาต, 2542)

1.1 พันธุ์ข้าว

ตารางที่ 1 พันธุ์ข้าว

ชื่อพันธุ์ และปีที่ส่งออกขยายพันธุ์	แหล่งแนะนำให้ปลูก	ลักษณะข้าวสุก
ขาวหอมมะลิ 105 (พ.ศ. 2502)	ข้าวนาปี	นุ่มหอม
เหนียวสันป่าตอง (พ.ศ. 2505)	ข้าวนาสวนนาปีภาคเหนือ	นุ่ม
นางพญา 132 (พ.ศ. 2505)	ข้าวนาสวนนาปีภาคใต้	ร่วน ค่อนข้างแข็ง
นางมล เอส -4 (พ.ศ.2508)	ข้าวนาสวนนาปีภาคกลาง	นุ่มหอม
ขาวปากหม้อ 148 (พ.ศ. 2508)	ข้าวนาสวนนาปีภาค ตะวันออกเฉียงเหนือ	ค่อนข้างนุ่ม
กข. 25 (พ.ศ. 2524)	ข้าวนาสวนนาปีทุกภาค	ร่วน ค่อนข้างนุ่ม
ข้าวเหนียวอุบล 1 (พ.ศ. 2526)	ข้าวนาสวนนาปีภาค ตะวันออกเฉียงเหนือ	นุ่ม
สุพรรณบุรี 60 (พ.ศ.2530)	ข้าวนาสวนนาปีทุกภาค	นุ่ม

ที่มา : บุญหงษ์ (2549)

1.2 องค์ประกอบของข้าว

ข้าวเหนียว และข้าวเจ้าจะมีองค์ประกอบทางเคมีของแป้ง (starch) ที่มีอยู่ในเมล็ดแตกต่างกัน โดยที่ความแตกต่างนี้เกิดจากชนิดของแป้งที่อยู่ภายในเมล็ด ซึ่งแป้งที่เกิดขึ้นนี้สามารถแบ่งออกได้ 2 ชนิดด้วยกัน คือ อะไมโลส และอะไมโลเพกติน (amylopectin) โดยมีปริมาณแป้งทั้งสองชนิดนี้จะอยู่ในสัดส่วนที่ผกผันซึ่งกัน และกัน โดยข้าวจะมีองค์ประกอบของแป้งชนิดอะไมโลส ในปริมาณที่สูง คือ มีตั้งแต่ 13 -33 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในข้าวเหนียวนั้นจะมีปริมาณของแป้งชนิดอะไมโลสต่ำ คือ มีเพียง 1- 8 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น แต่ในลักษณะพันธุ์ข้าวทุกสายพันธุ์ จะมีทั้ อะไมโลส และอะไมโลเพกตินอยู่รวมกัน แต่จะอยู่มากน้อยขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของข้าวนั้น ดังนั้นลูกผสมที่เกิดขึ้นจะสามารถบอกถึงลักษณะที่จะเกิดขึ้นว่าเป็นข้าวเหนียวหรือข้าวเจ้าได้ ดูจากแป้ง ทั้ง 2 ชนิด ที่เกิดขึ้นได้ โดยข้าวจะมีส่วนผสมของแป้งมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ในเมล็ดแบ่งเป็นอะไมโลส และอะไมโลเพกติน โดยมีปริมาณของอะไมโลสจะมีส่วนในคุณภาพการทำอาหาร และรับประทานอีกทั้งยังเกี่ยวข้องกับคุณภาพอื่น ๆ อีก เช่น ความนุ่ม ความเงาเป็นต้น

โดยข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ หรือมีปริมาณอะไมโลเพกตินสูงนั้น คุณลักษณะของข้าวจะมีความเหนียวสูง ความชื้นสูง และความมันเงาสูงด้วย เหมาะในการทำอาหารประเภท ข้าวปั้นในญี่ปุ่น หรือรับประทานเป็นข้าวเหนียวในแถบเอเชียใต้ ส่วนในข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูง หรืออะไมโลเพกตินต่ำนั้น คุณลักษณะข้าวจะมีความเหนียวลดลง เมล็ดมีความแข็งขึ้นเหมาะสำหรับทำอาหารประเภทข้าวผัด (อภินันท์, 2545) คุณค่าทางอาหารของข้าวนอกจากจะให้แป้ง หรือคาร์โบไฮเดรตในปริมาณ ร้อยละ 70 ซึ่งถือว่าเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญแล้ว เมล็ดข้าวยังประกอบด้วยอาหารหมู่อื่น ๆ ได้แก่

ตารางที่ 2 อัตราการบริโภคข้าว และพลังงานที่ได้รับจากข้าว โดยเฉลี่ยของประชากรในทวีเอเชีย ในปี พ.ศ. 2536

	ปริมาณข้าวสารที่บริโภค (กิโลกรัม/คน/ปี)	จำนวนแคลอรีทั้งหมดที่ได้รับ (กิโลแคลอรี/คน/วัน)	แคลอรีที่ได้จากข้าว (เปอร์เซ็นต์)
ปากีสถาน	19	2,377	8
ญี่ปุ่น	62	2,926	24
มาเลเซีย	79	2,697	29
อินเดีย	66	2,243	30
สาธารณรัฐประชาชนจีน	94	2,270	36
เกาหลีใต้	99	2,840	36
ฟิลิปปินส์	94	2,452	41
ศรีลังกา	102	2,286	42
เกาหลีเหนือ	125	2,860	47
ไทย	128	2,271	55
อินโดนีเซีย	138	2,631	58
เวียดนาม	146	2,215	68
ลาว	190	2,475	70
พม่า	190	2,448	77
กัมพูชา	167	2,114	80

ที่มา : บุญหงษ์ (2549)

1.2.1 โปรตีน (Protein)

จะอยู่หนาแน่นที่บริเวณผิวนอกของเมล็ดข้าวกล้อง (Brown rice) และบริเวณคัพภะ (Embryo) มากกว่าที่ส่วนอื่น ๆ ของเมล็ดอย่างไรก็ตาม ปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวจะมีมากหรือน้อย

ย่อมขึ้นอยู่กับข้าว และสภาพแวดล้อมที่ปลูกข้าว เช่น สภาพดิน ลมฟ้าอากาศ และการให้ปุ๋ย เป็นต้น โดยปกติข้าวกล้องจะมีปริมาณโปรตีนตั้งแต่ 4.3 – 18.2 เปอร์เซ็นต์ หรือปริมาณ 9.5 เปอร์เซ็นต์โดยเฉลี่ย สำหรับข้าวจาโปนิคานั้นจะมีปริมาณโปรตีนเฉลี่ย 11.1 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ข้าวอินดิคามีปริมาณโปรตีน เฉลี่ย 9.8 เปอร์เซ็นต์ และจากการวิเคราะห์พบว่าข้าวไทยมีปริมาณโปรตีน 7.48 ± 1.65 เปอร์เซ็นต์ โดยข้าวสารไทยมีปริมาณโปรตีนเฉลี่ย 6.5 เปอร์เซ็นต์

1.2.2 ไขมัน (Fat)

พบเฉพาะที่ชั้นในสุดของเยื่อหุ้มเมล็ด (Aleurne layer) และที่ส่วนของคัพภะดังนั้นในการขัดสีข้าวกล้องให้เป็นข้าวสารขาว (Milled rice) จึงเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการสูญเสียไขมันไปอยู่ในรูปของรำข้าวเป็นปริมาณมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์

1.2.3 แร่ธาตุ (Minerals)

ส่วนใหญ่จะพบอยู่บริเวณผิวนอกของเมล็ดปริมาณมากน้อยของแร่ธาตุในเมล็ดข้าวจะขึ้นอยู่กับปริมาณของแร่ธาตุในดินที่มีอยู่ และปริมาณแร่ธาตุที่ได้จากปุ๋ย และยังขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวอีกด้วย กลุ่มแร่ธาตุที่อยู่ในเมล็ดข้าวค่อนข้างมาก ได้แก่ ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม และโพแทสเซียม สำหรับธาตุฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในเมล็ดข้าวนั้น ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปแบบที่ร่างกายใช้ประโยชน์ได้ยาก นอกจากแร่ธาตุกลุ่มดังกล่าวแล้ว ยังมีแร่ธาตุอีกกลุ่มหนึ่งซึ่งมีอยู่ในเมล็ดข้าวปริมาณเล็กน้อย ได้แก่ แคลเซียม คลอรีน ซิริคอน เหล็ก อะลูมิเนียม แมงกานีส โซเดียม และสังกะสี สำหรับธาตุ และแคลเซียมนั้นจะมีปริมาณไม่เพียงพอความต้องการของร่างกาย

1.2.4 วิตามิน (Vitamin)

ส่วนใหญ่จะพบที่บริเวณเยื่อหุ้มเมล็ดชั้นในสุด และที่คัพภะจึงเป็นสาเหตุให้ข้าวสารขาวมีวิตามินเหลืออยู่เพียงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวกล้องที่มีวิตามินอยู่ในปริมาณที่สูงกว่ามาก วิตามินที่มีอยู่ค่อนข้างมากได้แก่ กรดนิโคตินิก (Nicotinic acid) หรือไนอะซีน (Niacin) วิตามินที่มีอยู่ในปริมาณที่มีอยู่ในปริมาณน้อยได้แก่ ไทอะมีน (Thiamine) หรือวิตามิน 1 (B_1) และไรโบฟลาวิน (Riboflavin) หรือวิตามิน 2 (B_2) ส่วนวิตามินที่มีอยู่ในปริมาณน้อยมากได้แก่ วิตามินเอ ซึ่งเฉพาะในข้าวเหนียวดำ วิตามินซี (Ascorbic acid) วิตามินดี และวิตามินบี 12 (B_{12} or obalamine) วิตามินในเมล็ดข้าวอาจสูญเสียไปง่ายเมื่อเก็บข้าวไว้ในรูปของข้าวสารในโรงเก็บที่อุณหภูมิสูง ดังนั้นจึงควรเก็บไว้ในรูปของข้าวเปลือกในโรงเก็บที่มีอากาศถ่ายเทได้ดี หรือมีอุณหภูมิต่ำ นอกจากนั้นวิธีการหุงข้าวก็ยังเป็นองค์ประกอบสำคัญในการทำให้เกิดการสูญเสียวิตามินไปด้วย กล่าวคือ ถ้ามีการซาวข้าว หรือล้างข้าวยิ่งมากครั้งก่อนหุงต้มก็ยิ่งจะทำให้สูญเสียวิตามินบี 1 ในปริมาณ 22 – 40 เปอร์เซ็นต์ วิตามินบี 2 ในปริมาณ 12 – 24 เปอร์เซ็นต์ และกรดนิโคตินิกในปริมาณ 36 – 45 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 3 องค์ประกอบต่าง ๆ ด้านคุณค่าอาหารภายในข้าวกล้อง ข้าวสาร และคัพภะ (จมูกข้าว) ในส่วนที่รับประทาน 100 กรัม

องค์ประกอบข้าว	ข้าวกล้อง	ข้าวสาร	คัพภะ
แป้ง	75.9	79	47.5
อะไมโลส	35.8	32.7	-
กาก	0.8	0.1	3.4
ไขมัน	1.8	0.9	20.6
โปรตีน	7.6	6.5	22.4
เหล็ก	2.8	0.9	-
แคลเซียม	16	0	-
ไลซีน	4.1	3.8	-
ไทอะมีนหรือบี 1	0.34	0.2	-
ไรโบฟลาวิน หรือบี 2	0.07	0.4	-
ไนอะซีน	5.0	1.6	-
เถ้า	1.4	0.3	5.1

ที่มา : บุญหงษ์ (2549)

ส่วนในอีกลักษณะ คือ เมล็ดที่มีปริมาณอะไมโลสเป็นผลผลิตระหว่างขบวนการผลิต นั้นเป็นข้าวที่มีคุณลักษณะที่เหมาะในการบริโภค เพราะมีความเหนียวพอดี มีความนุ่ม และเป็นเงา ความแตกต่างในลักษณะปริมาณของอะไมโลสนี้ทำให้สามารถที่จะจำแนกกลุ่มหรือพันธุ์ของข้าวได้ โดยมีการศึกษาถึงความแตกต่างว่า ถ้ามีปริมาณของอะไมโลสเท่าไรข้าวจะมีคุณลักษณะอย่างไร

ตารางที่ 4 การศึกษาการจำแนกลักษณะข้าวสุกตามปริมาณอะไมโลส

ปริมาณอะไมโลส (เปอร์เซ็นต์)	ชนิดข้าว	ลักษณะข้าวสุก
1-2	ข้าวเหนียว	เหนียวมาก
3-9	ข้าวเจ้าอะไมโลส ต่ำมาก	เหนียวนุ่ม
10-20	ข้าวเจ้าอะไมโลส ต่ำ	เหนียวนุ่ม
21-25	ข้าวเจ้าอะไมโลส ปานกลาง	นุ่ม ค่อนข้างเหนียว
26-33	ข้าวเจ้าอะไมโลส สูง	ร่วนแข็ง

ที่มา : อภิชาติ (2545)

2. องค์ประกอบทางเคมีและโครงสร้างของอะไมโลส และอะไมโลเพกติน

ในข้าวอะไมโลสเป็นแป้งในรูปแบบหนึ่ง โดยมีโครงสร้างเป็นการเกาะตัวกันของน้ำตาลกลูโคส โดยมีโครงสร้างเป็นแบบดี กลูโคส (D-glucose) โดยอะไมโลส เป็นการเกาะตัวกัน ของกลูโคส เรียงด้วยพันธะแอลฟา 1,4 ของกลูโคส(alpha-1,4 glucose linkages) เป็นเส้นยาวต่อกัน ไม่มีการ แตกออกเป็นกิ่งก้านสาขา การเกาะรวมกันของกลูโคสจะเรียงกันอยู่ระหว่าง 200 -1000 หน่วย มีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ระหว่าง 1.6 x 10^5 ถึง 7.1 x 10^5 โดยในเมล็ดส่วนใหญ่จะมีจำนวนกลูโคสประมาณ 300-400 หน่วย โดยทั่วอะไมโลสจะเสื่อมสภาพลง เมื่อมีอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จะทำให้อะไมโลสขยายขนาดของไฮโดรเจนบอนด์ทำให้รูปร่างเกิดการเปลี่ยนแปลง กลายเป็นรูปคล้ายผลึก (crystalline) ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

2.1 อะไมโลเพกติน

เป็นแป้งที่มีขนาดของโมเลกุลใหญ่กว่าอะไมโลส ประมาณ 1000 เท่า มีการจัดเรียงตัวและการเกาะกลุ่มของกลูโคสประมาณ 300,000-400,000 หน่วย โดยมีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ระหว่าง $5x10^4$ ถึง $1x\ 10^6$ มีการเรียงตัวกันเป็นเส้นยาว ด้วยพันธะแอลฟา-1,4 และแตกกิ่งก้านสาขาออกไป โดยการเกาะกันด้วยพันธะแอลฟา-1,6 ของกลูโคส (Alpha-1,6 glucosidic linkages) โดยที่แต่ละ กิ่งก้าน ที่แตกออกไปมีกลูโคสประมาณ 20-25 หน่วย

2.1.1 คุณสมบัติของอะไมโลเพกติน

1) มีอัตราส่วนของ non-reducing end group ต่อ reducing end group มีค่าสูง (โดยทั่วไปมีค่าหลายร้อย)

2) ทำปฏิกิริยากับไอโอดีนได้สีม่วงแดงหรือน้ำตาลแดง

3) ดูดซับไอโอดีนได้ต่ำ

4) มีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า 10,000 D.P. (degree of polymerization)

5) ย่อยสลายด้วยแอลฟา อะไมโลสได้ต่ำ (ประมาณร้อยละ 50)

6) ไม่สามารถรวมตัวเป็นสารเชิงซ้อนกับ 1-บิวทานอล หรือสารอื่น

7) ดูดซับด้วยเซลลูโลสได้ต่ำ

2.1.2 สภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับปริมาณของอะไมโลส และอะไมโลเพกติน

การที่จะสร้างปริมาณอะไมโลส และอะไมโลเพกตินขึ้นมานั้น สภาพแวดล้อมของโลกในแต่ละสถานที่จะมีผลกระทบต่อปริมาณของอะไมโลส และอะไมโลเพกติน ได้มีการรายงานว่า การเพิ่มขึ้นของอะไมโลสนั้น ในระยะที่เกิดการสุกแก่จะมีมาก เมื่อต้นข้าวได้รับสภาพแวดล้อมที่มีลักษณะอุณหภูมิที่ต่ำ โดยมีการทดลองในข้าวพันธุ์ที่มีอะไมโลสต่ำ และพอดีกว่า การเปลี่ยนสถานที่ในการปลูกข้าวยังมีผลกระทบต่อปริมาณของอะไมโลสด้วยเช่นกัน โดยมีการทดลองในเขตภาคเหนือของญี่ปุ่น พบว่าข้าวที่

ปลูกในเขตภาคเหนือจะมีปริมาณของอะไมโลสสูงกว่าข้าวที่ปลูกในภาคใต้ จะเห็นได้ว่าสภาพแวดล้อมก็มีอิทธิพลในการสร้างอะไมโลสด้วยเช่นกัน ยิ่งมีการปลูกในสภาพที่แตกต่างกันมาก ๆ ปริมาณของอะไมโลสที่เกิดขึ้นก็จะมีความแตกต่างกัน อีกทั้งเมื่อความแตกต่างของอุณหภูมิเข้ามาเกี่ยวข้องการแสดงออกของข้าวที่เป็นอะไมโลสสูง นั้นจะถูกเปลี่ยนแปลงไปกลายเป็นข้าวที่มีปริมาณของอะไมโลสต่ำ แสดงออกมาแทน ลักษณะดังกล่าวจะแสดงเมื่ออยู่ภายใต้อุณหภูมิที่อบอุ่นหรือต่ำ และยังพบอีกว่าอุณหภูมินั้นสามารถที่จะชักจูงให้เกิดการสร้างอะไมโลสได้ โดยเกิดในช่วงข้าวใกล้เก็บเกี่ยว ในช่วงนี้ถ้าไม่ได้รับอุณหภูมิที่เหมาะสมและเพียงพอก็จะไม่เกิดการสร้างขึ้น นอกจากสภาพแวดล้อมจะเข้ามาเกี่ยวข้องกับการสร้างอะไมโลสแล้วยังพบว่ามีผลกระทบต่อพันธุ์ กับแวดล้อม รวมถึงลักษณะต่าง ๆ เช่น เปอร์เซ็นต์การโม่ และอุณหภูมิที่ทำให้เกิดเจล (Gelatinization emperature) ด้วยเช่นกัน จะเห็นได้ว่าปริมาณ ของอะไมโลสสามารถที่จะเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อมีสภาพแวดล้อมต่าง ๆ เข้ามากระทบ

2.2 อะไมโลส

เป็นพอลิเมอร์ของกลูโคสเช่นกัน แต่มีโครงสร้างของโมเลกุลเป็นเส้นยาว (Iincar fraction) โดยเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ แอลฟา 1-4

2.2.1 คุณสมบัติของอะไมโลส

1) อัตราส่วนของ non-reducing end group ต่อ reducing end group ในโมเลกุลมีค่าเป็น1

2) ทำปฏิกิริยากับไอโอดีน ได้สีน้ำเงิน

3) ดูดซับไอโอดีน (iodine isoptentiometrically) ได้มาก

4) มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำเพียง 600-1,600 D.P.

5) สามารถย่อยสลายด้วย แอลฟา อะไมโลส ได้ร้อยละ 100

6) สามารถรวมตัวเป็นสารเชิงซ้อน โดยทำปฏิกิริยา กับ 1- บิวทานอล และสารอินทรีย์ชนิดอื่น

7) สามารถดูดซับด้วยเซลลูโลส

8) ในสภาพสารละลายมีคุณสมบัติการคงสภาพ (stability) ต่ำ (งามชื่น, 2543)

ส่วนในประเทศไทยนั้นข้าวแต่ละพันธุ์ก็จะมีปริมาณของอะไมโลส ที่แตกต่างกันตามสายพันธุ์

ตารางที่ 4 การจำแนกปริมาณอะไมโลส และการนำไปใช้ประโยชน์

ปริมาณอะไมโลส (เปอร์เซ็นต์)	ชนิด	นำมาใช้ประโยชน์
2 %	ข้าวเหนียว	แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์รสหวานและน้ำสลัด
12 - 19 %	ข้าวเจ้าอะไมโลส ต่ำ	ทำอาหารเด็ก อาหารเช้า ขนมปัง
20 - 25 %	ข้าวเจ้าอะไมโลส ปานกลาง	ทำขนมเด็ก ซุปกระป๋อง
มากกว่า 25 %	ข้าวเจ้าอะไมโลส สูง	ทำก๋วยเตี๋ยว ผลิตภัณฑ์เส้นต่าง ๆ

ที่มา : อภินันท์ (2543)

3. สถานภาพการผลิตข้าวของประเทศไทย การส่งออก และมูลค่า

ในปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าวทั้งหมดประมาณ 62 ล้านไร่ โดยพื้นที่ปลูกนาปรังมีจำนวน 6 ล้านไร่ และนาปีจำนวน 56 ล้านไร่ ในพื้นที่ดังกล่าวนี้สามารถผลิตข้าวเปลือกได้ปีละประมาณ 22 ล้านตัน โดยข้าวนาปี และข้าวนาปรังจะให้ผลผลิตข้าวเปลือกต่อไร่ประมาณ 320 และ 640 กิโลกรัม ตามลำดับ และให้ผลผลิตรวมเป็น 18 และ 4 ล้านตันตามลำดับ จากข้าวเปลือกจำนวนทั้งหมดที่ผลิตได้นี้จะใช้ในการบริโภคของคนใช้ทำพันธุ์ ใช้เลี้ยงสัตว์ และใช้ในโรงงาน ในอุตสาหกรรมปีละประมาณ 13 ล้านตัน จึงเหลือข้าวเปลือกประมาณ 6-8 ล้านตัน ที่จะสีเป็นข้าวสารได้ประมาณ 4-5 ล้านตัน ในปี พ. ศ. 2542 นั้น ประเทศไทยได้ส่งข้าวออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศทั้งในรูปของข้าวสารเจ้า ปลายข้าวสารเจ้า ข้าวสารเหนียว ปลายข้าวสารเหนียว ข้าวกล้อง ข้าวนึ่ง และปลายข้าวนึ่งมูลค่ารวมประมาณ 70,000 ล้านบาท โดยมีประเทศที่ซื้อข้าว จากไทยเป็นประจำใน 6 กลุ่มทวีปกล่าวคือ กลุ่มประเทศในเอเชีย ได้แก่ ฮ่องกง สาธารณประชาชนจีน สิงค์โปร มาเลเซีย ไต้หวัน ญี่ปุ่น เกาหลีเหนือ เกาหลีใต้ อินโดนีเซีย กัมพูชา ฟิลิปปินส์ บรูไน และเนปาล กลุ่มประเทศในตะวันออกกลาง ได้แก่ ซาอุดิอาระเบีย เอมิเรตส์ เยเมน อิสราเอล ไซปรัส อิหร่าน ตุรกี ซีเรีย และเลบานอน กลุ่มประเทศในยุโรป ได้แก่ ออสเตรีย เนเธอร์แลนด์ อิตาลี เบลเยียม สเปน ฝรั่งเศส สวิตเซอร์แลนด์ นอร์เวย์ กรีซ เยอรมนี สวีเดน ฮังการี โรมาเนีย และสาธารณรัฐสโลวัก กลุ่มประเทศในแอฟริกา ได้แก่ กาบอง กานา คอโมโรส เคนยา จิบูตี ตูนิเซีย มาดากัสการ์ มอริเตเนีย เซียร์ราลีโอน เบนิน เซเนกัล เรอูนียง ซาอีร์ แกมเบีย แองโกลา แอฟริกาใต้ แอฟริกาใต้ โมซัมบิก โซมาเลีย ไอวอรี่โคสต์ และโตโก กลุ่มประเทศในอเมริกาได้แก่ สหรัฐอเมริกา แคนาดา บราซิล ชิลี เปรู เฮติ และสาธารณรัฐโดมินิกัน และกลุ่มประเทศในเขตโอเชียเนีย ได้แก่ นิวซีแลนด์ ออสเตรเรีย ฟิจิ และนิวแคลิโดเนีย

ตารางที่ 5 ต้นทุนและผลกำไรจากการปลูกข้าวนาปีและนาปรังในปี พ.ศ. 2541

ฤดูทำนา	ผลผลิตข้าวเปลือก (กิโลกรัม/ไร่)	ต้นทุนการผลิต (บาท/ไร่)	ต้นทุนการผลิต (บาท/เกวียน)	ราคาข้าวเปลือก (บาท/เกวียน)	ผลกำไร (บาท/ไร่)	ผลกำไร (บาท/เกวียน)
นาปี	342	1,562.43	4,807.48	6,973	822.34	2,165.52
นาปรัง	677	2,143.18	3,194.01	6,893	2,522.03	3,696.99

ที่มา : บุญหงษ์ (2549)

จากสถิติการเกษตรของประเทศไทย ปรากฏว่าในปี พ.ศ. 2541 นั้น ประเทศไทยใช้พื้นที่ในการปลูกข้าวนาปีประมาณ 56 ล้านไร่ โดยสามารถผลิตข้าวเปลือกได้ประมาณ 342 กิโลกรัมต่อไร่ และได้ผลผลิตประมาณ 677 กิโลกรัมต่อไร่ และได้ผลผลิตทั้งหมดประมาณ 4.8 ล้านตัน เมื่อเปรียบเทียบถึงจำนวนต้นทุน และกำไร ในการทำนาทั้งแบบนาปี และนาปรัง โดยใช้ค่าเฉลี่ยของผลผลิตต่อไร่ และราคาข้าวเปลือกในปี พ.ศ. 2541 มาเป็นฐานข้อมูล (ตารางที่ 6) จากสถิติการเกษตรของประเทศไทยปรากฏว่าในปี พ.ศ. 2541 นั้น ประเทศไทยใช้พื้นที่ในการปลูกข้าวนาปีประมาณ 56 ล้านไร่ โดยสามารถผลิตข้าวเปลือกได้ประมาณ 342 กิโลกรัม ต่อไร่ และได้ผลผลิตข้าวเปลือกต่อทั้งปีประมาณ 18.8 ล้านตัน ส่วนข้าวนาปรังนั้นมีพื้นที่ปลูกประมาณ 7 ล้านไร่ โดยให้ผลผลิตประมาณ 677 กิโลกรัมต่อไร่ และได้ผลผลิตทั้งหมดประมาณ 4.8 ล้านตัน เมื่อเปรียบเทียบถึงจำนวนต้นทุน และกำไร ในการทำนาทั้งแบบนาปี และนาปรัง โดยใช้ค่าเฉลี่ยของผลผลิตต่อไร่ และราคาข้าวเปลือกในปี พ.ศ.2541 มาเป็นฐานข้อมูล (ตารางที่ 6) จะเห็นได้ว่าการ ทำนาปีนั้นมีต้นทุนทั้งหมดต่อไร่ประมาณ 1,562 บาท ในขณะที่ทำนาปรังนั้นต้องใช้ต้นทุนต่อไร่ประมาณ 2,143 บาท หรือต้นทุนต่อเกวียนข้าวเปลือกประมาณ 3,194 บาท เมื่อนำราคาซื้อข้าวเปลือกนาปี และนาปรัง ซึ่งมีอัตรา 6,973 และ 6,891 บาทต่อเกวียนตามลำดับ มาลบต้นทุน การผลิตออกพบว่าการทำนาปี และนาปรังนั้นจะมีผลกำไรประมาณเกวียนข้าวเปลือกละ 2,165 และ 3,696 บาท หรือกล่าวได้ว่าในการผลิตข้าวเปลือก 1 เกวียนนั้น การทำนาปรัง จะมีผลกำไร เป็นประมาณ 1.7 เท่าของการทำนาปี เมื่อเปรียบเทียบถึงผลกำไรต่อไร่ก็จะพบว่าการทำนาปีนั้น มีผลกำไรประมาณ 822 บาทต่อไร่ ในขณะที่การทำนาปรังมีผลกำไรประมาณ 2,522 บาทต่อไร่

เมื่อเปรียบเทียบถึงปริมาณการส่งออกข้าวสารของประเทศไทยกับประเทศอื่น ๆ บางประเทศที่มีการปลูกข้าวเป็นหลัก จะเห็นได้ว่าประเทศไทยนั้นมีปริมาณการส่งข้าวออกเป็น อันดับหนึ่งของโลก โดยมีรายได้เฉลี่ยในปี พ.ศ.2534 ประมาณ 30,000 ล้านบาทขึ้นไป และมูลค่า การส่งออกนี้ได้เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในปีถัดไป ดังตารางที่ 7 และ 8 ส่วนในปี พ.ศ. 2543 และ 2544 นั้น ประเทศไทยมีการส่งออกข้าวสารจำนวน 6.5 ล้านตัน โดยราคาข้าวสารเจ้า 5% ตามราคาซื้อขายระหว่างประเทศ (FOB) เฉลี่ยตันละ 8,880 บาท

ตารางที่ 6 ปริมาณ และมูลค่าข้าวสารส่งออกของประเทศไทย และประเทศอื่น ๆ ที่สำคัญในปี พ.ศ. 2534 และ 2543

ประเทศ	2534		2543	
	ปริมาณข้าวสารส่งออก(ล้านตัน)	ปริมาณคุณค่า* (ล้านบาท)	ปริมาณข้าวสารส่งออก(ล้านตัน)	ปริมาณคุณค่า* (ล้านบาท)
ไทย	4.7	30,515.8	6.1	65,516
สหรัฐอเมริกา	2.2	17,582.4	2.7	33,574
เวียดนาม	1.2	9,590.4	3.4	26,801
จีน	0.5	3,996.0	3.1	23,223
อินเดีย	0.5	3,996.0	1.5	26,323
อิตาลี	0.5	3,296.8	0.7	12,431
ออสเตรเลีย	0.4	799.2	0.6	9,214
พม่า	0.1	799.2	-	-
สเปน	0.1	639.4	0.3	4,941
อียิปต์	0.08	399.6	0.4	4,521
โคลัมเบีย	00.05	239.8	-	-
อินโดนีเซีย	0.03	239.8	-	-

*จำนวนมูลค่าจากราคาซื้อขายระหว่างประเทศ โดยข้าวขาว 100 เปอร์เซ็นต์ ชั้น 2 มีมูลค่าตันละ 7,992 บาท

ที่มา : บุญหงษ์ (2549)

เนื่องจากข้าวหอมไทยมีชื่อเสียงทั้งในด้านคุณภาพเมล็ด ความหอม คุณภาพการหุงต้ม และความน่ารับประทาน จึงเป็นสาเหตุให้ข้าวหอมมะลิสามารถส่งออกได้มากกว่า 1 ล้านตันต่อปี โดยมีมูลค่าส่งออกมากกว่า 10,000 ล้านบาท (บุญหงษ์, 2549)

4. ข้าวเหนียว

ข้าวเหนียวบางครั้งอาจเรียกว่าข้าวมันหรือข้าวหวาน ข้าวเหนียวเป็นอาหารหลักของคนเอเชีย ในประเทศไทยจำนวนมากบริโภคเป็นอาหารหลักที่สำคัญ คือ ทางภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ทั้งสองภาคเป็นแหล่งเพาะปลูก และเป็นผู้ผลิตข้าวเหนียวที่สำคัญ ความแตกต่างของข้าวเหนียวกับข้าวที่ไม่ใช่ข้าวเหนียวคือข้าวเหนียวจะทำให้สุก โดยการนึ่งสำคัญจากแช่ไว้ 1 คืน จะไม่ต้มเหมือนข้าวที่ไม่ใช่ข้าวเหนียว การแช่จะใช้เวลานานเพื่อให้น้ำซึมเข้าไปในเมล็ดข้าวทำให้มีการคงตัวดีกว่าข้าวที่ไม่ใช่ข้าวเหนียว

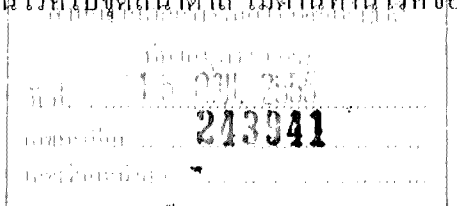
พันธุ์ข้าวเหนียวไทยได้รับอิทธิพลมาจากข้าวอินเดียซึ่งมีเมล็ดยาว ประกอบด้วยข้าวที่ปลูกในที่ราบลุ่ม ข้าวที่ปลูกในที่ราบสูง และข้าวที่ปลูกในพื้นที่ทั่วไป (Suwinmon et al., 2007) การทราบว่าลักษณะที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของเมล็ดควบคุมด้วยยีน (gene) หรือสามารถถ่ายทอดทางพันธุกรรม ได้ถูกนำมาใช้เป็นแนวทาง ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวให้มีลักษณะคุณภาพของเมล็ดตามที่ต้องการอย่างกว้างขวาง พันธุ์ข้าวเหนียวที่พัฒนามาจากพันธุ์พื้นเมือง เช่น พันธุ์เหมยนอง 62 เอ็ม พันธุ์ข้าวเหนียวสันป่าตอง พันธุ์หางยี พันธุ์นางฉลอง (ข้าวขึ้นน้ำ)พันธุ์ข้าวเหนียวที่ปรับปรุงพันธุ์ โดยการเปลี่ยนแปลงพันธุกรรมโดยฉายรังสีโคบอลท์ได้แก่ กข. 6 และ กข. 10 พันธุ์ข้าวเหนียวที่ได้จากการผสมเกสร และคัดเลือกพันธุ์ได้แก่ กข. 2 กข. 4 กข. 8 พันธุ์ ข้าวเหนียวอุบล และพันธุ์ข้าวเหนียวแพร่ 1พันธุ์ข้าวเหนียวที่เป็นข้าวไร่ ได้แก่ พันธุ์ชิวแม่จัน

คุณสมบัติเคมีของข้าวเหนียวนาสวน เช่น พันธุ์กำผาย 41 มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนในเมล็ด 6 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์อะไมโลส 52 เปอร์เซ็นต์ ข้าวเหนียวสันป่าตองมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนในเมล็ด6.5 ถึง 10.2 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์อะไมโลส 1.5 ถึง 2.8 เปอร์เซ็นต์ ข้าวเหนียวพันธุ์เหนียวนอง 62 เอ็ม มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนในเมล็ด 8.5 ถึง 9.7 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์อะไมโลส 1.6 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ ข้าวเหนียวพันธุ์ดอเล 4 – 2 เปอร์เซ็นต์โปรตีนในเมล็ด 11.0 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์อะไมโลส 5.7 เปอร์เซ็นต์ ข้าวเหนียวพันธุ์แพร่ มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนในเมล็ด 8.8 เปอร์เซ็นต์ ข้าวเหนียวพันธุ์ กข. มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนในเมล็ด 6.1 ถึง 8.0 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์อะไมโลส 1.5 ถึง 1.9 เปอร์เซ็นต์ ข้าวเหนียวพันธุ์ กข. 10 มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนในเมล็ด 7.9 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์อะไมโลส 1.5 เปอร์เซ็นต์

4.1 พันธุ์ข้าวเหนียว

4.1.1 ข้าวเหนียวพันธุ์ กข. 6

ข้าวเหนียวพันธุ์ กข. 6 เป็นข้าวเหนียวไวแสง ต้นสูง ได้จากการปรับปรุงพันธุ์โดยชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม โดยใช้รังสีแกมมาขนาด 20 กิโลเมตร อาบรังสีเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 จากการคัดเลือกได้ข้าวเหนียวพันธุ์แรกที่ได้จากการอาบรังสี คณะกรรมการพิจารณาพันธุ์ให้ใช้ขยายพันธุ์เมื่อวันที่ 4 พฤษภาคม 2520 ได้ชื่อว่าพันธุ์ กข. 6 ความสูง 150 เซนติเมตร ระยะเมล็ดฟักตัว 5 สัปดาห์ ข้าวเปลือกสีน้ำตาลข้าวกล้องเรียวยาว 7.2 มิลลิเมตร ข้าวสุกนุ่มหอม ลักษณะสำคัญบางประการคือ ทนแล้ง และมีคุณภาพการหุงต้มดีมีกลิ่นหอม ต้านทานโรคใบจุดสีน้ำตาล ไม่ต้านทานโรคขอบใบแห้ง เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและแมลงปั่ว



4.2 องค์ประกอบข้าวเหนียว

ข้าวเหนียวมีองค์ประกอบทางเคมีของแป้ง ซึ่งแป้งที่เกิดขึ้นสามารถแบ่งออกได้ เป็น 2 ชนิด คือ อะไมโลส และอะไมโลเพกติน ในข้าวเหนียวนั้นจะมีปริมาณของแป้งชนิด อะไมโลส ต่ำ คือ มีเพียง 1 – 8 เปอร์เซ็นต์ ข้าวเหนียวประกอบด้วยอะไมโลเพกตินเป็นส่วนใหญ่ และมีอะไมโลสเป็นส่วนน้อยโดยอะไมโลเพกตินจะทำให้เมล็ดข้าวมีความเหนียวเมื่อสุก (ขนิษฐา, 2549) และมีปริมาณโปรตีน

ประมาณ 7.0 8.0 เปอร์เซ็นต์ ข้าวจะมีส่วนของแป้งมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ แบ่งเป็นอะไมโลส และอะไมโลเพกติน โดยข้าวจะมีปริมาณอะไมโลสต่ำ หรือปริมาณอะไมโลเพกตินสูง คุณลักษณะของข้าวว่าจะมีความเหนียวสูง ความชื้นสูง และความมันเงาสูง ข้าวเหนียวจึงเหมาะในการทำอาหารประเภทข้าวปั้นในญี่ปุ่น หรือรับประทานเป็นข้าวเหนียวในแคนเอเชียใต้ (Suwimon et al., 2007)

5. การแปรรูปผลิตภัณฑ์จากข้าว และข้าวเหนียว

จากเมล็ดข้าว สามารถนำมาแปรรูปหรือพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ได้มากมาย จากการศึกษาพบว่าข้าวนอกจากจะใช้หุงต้มรับประทานแล้ว ยังสามารถแปรรูปเพื่อทำผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ อันส่งผลให้ข้าวมีมูลค่าเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นส่วนต่าง ๆ ของข้าว เช่น ฟาง แกลบ ต่างนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมหาศาลทั้งในด้านเกษตรกรรม และอุตสาหกรรม ดังนั้นชาวนา หรือผู้ปลูกข้าวมีความสนใจศึกษา การใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เหล่านี้ ก็จะเป็นหนทางเลือกที่จะช่วยให้การผลิตข้าวมีผลกำไรเพิ่มขึ้นอย่างแน่นอน สำหรับแนวทางในการทำผลิตภัณฑ์ข้าว และการใช้ประโยชน์จากส่วนต่าง ๆ ของข้าวอาจสรุปได้ดังต่อไปนี้ (บุญหงษ์, 2549)

5.1 ผลิตภัณฑ์จากข้าวที่เป็นข้าวเปลือก

จากข้าวเปลือกสามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ต่าง ๆ ดังนี้

1) ข้าวกล้องและข้าวสารหรือข้าวขาว เมื่อผ่านขบวนการสีขาวเปลือกจะได้ ข้าวกล้อง และข้าวสารทั้งข้าวกล้องและข้าวสารนี้สามารถนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ มากมาย

2) ข้าวนึ่ง ข้าวเปลือกที่มีคุณภาพการสีต่ำ เนื่องจากพันธุ์ข้าวหรือสภาพการปลูก เช่น ข้าวขึ้นน้ำหรือข้าวฟางลอย ซึ่งปลูกในแหล่งที่มีระดับน้ำลึกมากนอกจากนี้ การเก็บเกี่ยวข้าวเปลือกในฤดูฝน ข้าวเปลือกจะเปียกน้ำหรือมีความชื้นสูงมาก ทำให้เมล็ดหักก่อนสี และมีคุณภาพการสีต่ำ ข้าวเปลือกเหล่านี้นิยมนำมาทำเป็นข้าวนึ่งเพื่อการส่งออก นอกจากนี้มีรายงานการนำข้าวนึ่งมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์จากต่างประเทศ

3) ข้าวตอก ผลิตภัณฑ์พื้นเมืองที่ทำจากข้าวเปลือก

5.2 ผลิตภัณฑ์จากข้าวนึ่ง

ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากข้าวนึ่ง ได้แก่

1) Rice flake เป็นการนำข้าวนึ่งไปทำให้เกิดการพองตัวโดยใช้ความร้อน และแรงกด ทำให้เมล็ดข้าวมีลักษณะพอง และแบน ใช้สำหรับบริโภคเป็นอาหารเช้า

2) Puffed rice เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำให้พองคล้ายข้าวเม่าของไทย แต่การพองของเมล็ดข้าวอาจทำโดยการคั่ว หรืออบในตู้อุณหภูมิสูง ผลิตภัณฑ์นี้สามารถนำมาบริโภคเป็นอาหารเช้าได้เช่นกัน

5.3 ผลิตภัณฑ์จากข้าวกล้อง

เป็นส่วนที่มีคุณค่าทางอาหารสูงแต่การรักษาคุณภาพกระทำได้ยากเนื่องจากการทำลายจากแมลง ดังนั้นความนิยมในบริโภคข้าวกล้องจึงไม่สู้กว้างขวางผลิตภัณฑ์ที่ทำจากข้าวกล้องได้แก่

1) ข้าวอบกรอบ (Rice cracker) เป็นข้าวพองชนิดหนึ่งที่บริโภคเป็นอาหารเช้า โดยการทาแยมผลไม้ หรือแฮม การผลิตในปัจจุบันผลิต หรือการส่งออก

2) ข้าวกล้องกึ่งสำเร็จรูป เป็นผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องสุกที่ทำให้แห้ง เมื่อจะบริโภค จึงนำมาทำให้คืนรูป โดยต้มในน้ำเดือดระยะเวลาสั้น ๆ หรือแช่ในน้ำร้อน

5.4 ผลิตภัณฑ์จากข้าวสาร หรือข้าวขาว

ข้าวสารโดยเฉพาะข้าวเต็มเมล็ด หรือต้นข้าว ส่วนใหญ่จะนำมาบริโภคเป็นข้าวสุกโดยตรง อย่างไรก็ตามมีผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาจากข้าวขาว ดังนี้

1) ข้าวเสริมโภชนาการ เนื่องจากกระบวนการขัดสีได้ขัดรำออกไป และสูญเสียแร่ธาตุและวิตามินต่าง ๆ ดังนั้นจึงมีการนำเมล็ดข้าวสารมาเสริมโภชนาการ เพื่อทดแทนคุณค่าอาหารในส่วนที่สูญหายไป ในการเสริมโภชนาการอาจทำ โดยการนำสารอาหารมาผสมกับข้าวสารโดยตรงหรือเคลือบผิวเมล็ด

2) ข้าวกึ่งสำเร็จรูป เป็นการทำให้เมล็ดข้าวสุกแล้วทำให้แห้ง เมื่อจะบริโภค จึงจะนำมาทำให้คืนตัวโดยต้มในน้ำร้อนเป็นเวลาสั้น ๆ ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้อาจมีการเติมสารปรุงรสเพื่อเพิ่มรสชาติภายหลังการคืนรูป

3) เต้าเจี้ยวญี่ปุ่น ประเทศญี่ปุ่นมีการนำเข้าไทยไปใช้ในการผลิตเต้าเจี้ยว ชนิดบดละเอียด แต่วัตถุดิบที่นำเข้าเป็นชนิดข้าวขาวมิใช่ข้าวหักเนื่องจากในหักมีสิ่งเจือปนสูง

4) เครื่องดื่มแอลกอฮอล์หรือเหล้า ในประเทศญี่ปุ่นนำข้าวเจ้ามาผลิตเหล้าสาเก (Sake) ซึ่งเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย ประเทศไทยมีการนำข้าวมาทำเหล้าเช่นกัน เช่น สุรา และวิสกี้ต่าง ๆ ที่ผลิตในประเทศเหล้าสาโท น้ำขาว แต่ส่วนใหญ่จะทำจากข้าวเหนียว เช่นเดียวกับการทำ Tapuy ในฟิลิปปินส์

5) เบียร์ ในบางประเทศมีการนำเข้ามาเป็นส่วนผสม (Adjunce) ในการผลิตเบียร์ ข้าวที่เป็นวัตถุดิบ คือ ข้าวหักเพราะมีต้นทุนต่ำ

6) น้ำส้มสายชูหมัก ในสมัยก่อนมีการทำน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวเช่นกัน แต่เนื่องจากต้นทุนสูงในปัจจุบันนี้จึงมีการผลิตน้อย

5.5 ผลิตภัณฑ์ทำให้พอง

การทำให้เมล็ดข้างพองขึ้นเป็นการทำให้ภายในเกิดรูพรุน และทำให้ผลิตภัณฑ์ มีลักษณะกรอบหรือดูดซึมน้ำได้รวดเร็วเมื่อต้องการทำให้คืนตัว จึงนิยมนำวิธีการทำให้พองนี้มาใช้ในการผลิตอาหารเด็กอ่อน อาหารเช้า อาหารว่าง หรือข้าวกึ่งสำเร็จรูป

5.6 ผลิตภัณฑ์ประเภทเส้น และแผ่น

ได้แก่ ก๋วยเตี๋ยว เส้นหมี่ ขนมจีน ลอดช่อง เกี๊ยมอี๋ ก๋วยจั๊บ เมี่ยงญวน ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ผลิตขึ้นโดยการนำปลายข้าวประเภทแข็ง (อะไมโลสสูง) ไปโม่น้ำให้เป็นแป้ง แล้วจึงทำให้ เป็นเส้น หรือแผ่นทีหลัง เช่น ในการทำขนมจีน หรือเส้นหมี่ก็จะใช้วิธีอัดแป้งให้ผ่านรูเล็ก ๆ โดยแป้งที่นำมาอัด เพื่อใช้ทำเส้นหมี่จะมีความชื้นน้อยกว่าในการทำขนมจีน ในการทำแป้งแผ่นหรือเมี่ยงญวน จะต้องโม่แป้งให้ละเอียดกว่าผลิตภัณฑ์อื่น ๆ แล้วจึงนำแป้งไปหมักกับเกลือในปริมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2 - 3 วัน เพื่อให้แป้งมีรสเค็ม และไม่แห้งกรอบแตกหักง่ายในระหว่างการผลิต การทำแผ่นก๋วยจั๊บนั้นจะต้องมีการอบแป้งให้แห้งพอเหมาะ ส่วนการทำลอดช่องนั้นจะมีการเติมน้ำปูนใสลงในแป้งเพื่อให้แป้งเหนียวมากขึ้น มีสีเหลืองอ่อน ๆ และมีกลิ่นหอมน่ารับประทาน

5.7 ผลิตภัณฑ์ขนมกรอบ

ขนมกรอบอาจแบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ขนมกรอบที่ทำจากข้าวเหนียว ซึ่งชาวญี่ปุ่นเรียกว่า อาราเร่ (arare) ซึ่งพันธุ์ข้าวเหนียวที่เหมาะสมในการทำผลิตภัณฑ์ได้แก่ กข.6

การทำข้าวเกรียบว่าว โดยข้าวเกรียบว่าวจะมีการเติมน้ำมัน และน้ำตาลลงไปในแป้งก่อนนำไปย่างให้ขยายตัวมากขึ้น สำหรับขนมกรอบที่ทำจากข้าวเจ้านั้น ชาวญี่ปุ่นเรียกว่า เซมเบ่ (Sembei) ข้าวที่ใช้ในการผลิตที่เหมาะสมได้แก่ พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 กข. 15 กข. 21

ส่วนการทำข้าวกล้องอบกรอบ (Rice cracker) ทำโดยการนำเมล็ดข้าวกล้องมาอัด ไว้ระหว่างแผ่นให้ความร้อน (Hot plate) 2 แผ่น ภายในแม่พิมพ์กลม เมื่อแผ่นให้ความร้อนนี้ ถูกเคลื่อนห่างออกจากกันก็จะทำให้แรงอัดลดลง ทำให้ไอน้ำภายในระเหยออกมาทันที และดันเมล็ดข้าวให้พอง และแข็งตัวทำให้มีลักษณะขึ้น

5.8 ผลิตภัณฑ์ข้าวกึ่งสำเร็จรูป หรือข้าวสุกอบแห้ง

ได้แก่ โจ๊ก หรือข้าวต้มกึ่งสำเร็จรูปที่มีการเติมสารปรุงรสหรือสารอาหารต่าง ๆ หรือการผลิตเมล็ดข้าวให้พองตัว โดยผ่านแรงอัดสูงภายใต้สภาพที่ร้อนจัดก่อนที่จะนำมาบดอย่างหยาบ ๆ ซึ่งทั้งโจ๊กหรือข้าวต้มกึ่งสำเร็จรูป และข้าวพองที่บดนี้สามารถรับประทานได้ทันทีเมื่อเติมน้ำร้อนลงไปและคนให้เข้ากัน

5.9 ผลิตภัณฑ์ข้าวแช่แข็ง

ได้แก่ การนำข้าวสุกไปแช่เย็นจนแข็ง และเมื่อจะบริโภคก็นำข้าวแช่แข็งไปอุ่นในเตาไมโครเวฟ

5.10 ผลิตภัณฑ์ข้าวนึ่ง

เป็นวิธีการนำข้าวเปลือกที่มีคุณภาพการสีต่ำมาผ่านกระบวนการนึ่งก่อนเพื่อเพิ่มคุณภาพการสีโดยทำให้แป้งภายในเมล็ดเชื่อมตัวกันดีขึ้น และยังเป็นการเพิ่มคุณค่าทางอาหารให้มากขึ้น กล่าวคือ พวกวิตามินบี 1 วิตามินบี 2 ไนอาซิน และเกลือแร่ต่าง ๆ ซึ่ง โดยปกติจะสะสมอยู่มาก ในส่วนของรำข้าว เมื่อผ่านการแช่น้ำก็จะให้สารต่าง ๆ เหล่านี้ละลายแทรกซึมเข้าไปในเมล็ดข้าว และการทำข้าวนึ่งก็ยังเป็นการทำลายแมลงที่ติดมากับเมล็ดข้าวอีกด้วย สำหรับข้อเสียของข้าวนึ่ง
ก็คือ ทำให้ข้าวที่สีได้มีสีคล้ำกว่าข้าวสารปกติ และข้าวที่หุงสุกจะมีลักษณะร่วนกว่าข้าวธรรมดา
(งามชื่น, 2543)

6. การผลิตแป้งข้าว

ซึ่งมีทั้งแป้งข้าวจ้าวและแป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเหล่านี้จะถูกนำไปใช้ประโยชน์ในการทำผลิตภัณฑ์อื่น ๆ เช่น ขนม หรือผลิตภัณฑ์ประเภทเส้นต่าง ๆ การผลิตแป้งข้าวเจ้านั้น มักใช้ข้าวสารที่มีลักษณะแข็ง เช่น ข้าวสารจากพันธุ์ชัยนาท 1 สุพรรณบุรี 1 สุพรรณบุรี 90 หรือเหลืองประทิว 1 2 3

แป้งข้าวที่มีผลิตในประเทศไทยอาจผลิตได้ 3 ระบบ

1) แป้งโม่น้ำ เป็นแป้งข้าวที่ผลิตกันแพร่หลายในประเทศ และจากการผลิตนี้ ยังสามารถขยายขบวนการผลิตต่อไปในการทำผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ อีกเช่น ก๋วยเตี๋ยว เส้นหมี่ ก๋วยจั๊บ จากแป้งข้าวแห้งยังสามารถนำไปทำอาหาร และขนมต่าง ๆ อีกมากมาย

2) แป้งโม่แห้ง เป็นการบดแตกเมล็ดข้าวในสภาพที่แห้ง หรือมีน้ำน้อย มีรายงานการนำแป้งชนิดนี้ในการทำขนมปัง และเค้ก เพื่อทดแทนการใช้แป้งสาลี นอกจากนี้การทำขนมอบกรอบของญี่ปุ่น เช่น อะราเร่ (Arare) และเซมเบ (Sembei) จะใช้ระบบการโม่แห้งเช่นกัน

3) แป้งชนิดโม่ผสม ได้จากการนำเมล็ดข้าวเหนียวนึ่งสุกแล้วทำให้แห้ง โม่ให้ละเอียด แป้งชนิดนี้ใช้สำหรับทำขนมโก๋ (งามชื่น, 2543)

7. ข้าวเหนียวดำ

ข้าวก่ำ (Purple Rice) เป็นข้าวพื้นเมืองของเอเชีย มีชื่อเรียกหลากหลายชื่อ ทั้งข้าวเหนียวดำ (Black Sticky Rice) ข้าวที่ถูกลืม (Forbidden Rice) ซึ่งหมายถึงข้าวที่ไม่ใช่ข้าวเศรษฐกิจ ไม่นิยมปลูกกัน ข้าวป่า (Wild Rice) ข้าวดำจีน (Chinese Black Rice) ข้าวเหนียวดำ หรือเรียกตามภาษาพื้นเมืองของทางเหนือว่า ข้าวก่ำ เป็นการเรียกตามลักษณะสีของเมล็ดที่มีสีม่วงดำ หรือแดงก่ำ นิยมปลูกมากในภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย นอกจากนี้ยังมีปลูกทั่วไปในประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว สาธารณรัฐเวียดนาม อินเดีย ญี่ปุ่น และสาธารณรัฐประชาชนจีน พันธุ์ข้าวเหนียวดำมีลักษณะ

เป็นข้าวพันธุ์ไวแสง และเป็นข้าวเหนียว ปลูกได้เฉพาะฤดูนาปี นอกจากนี้ข้าวเหนียวดำพันธุ์พื้นเมืองจะมีความสามารถในการทนแล้ง และการฟื้นตัวจากแล้งได้ดี ต้านทานต่อเพลี้ยจักจั่นสีเขียว ลักษณะเฉพาะที่แตกต่างไปจากข้าวทั่วไปที่เห็นอย่างชัดเจน คือการปรากฏของสีม่วงบนส่วนต่าง ๆ ของต้น เช่น กาบใบ แผ่นใบ กลีบดอก เปลือกเมล็ด และเยื่อหุ้มเมล็ด เป็นต้น ปริมาณของสีจะเข้มข้นแตกต่างกันไป เป็นลักษณะเฉพาะประจำพันธุ์ซึ่งตามภูมิปัญญาท้องถิ่นข้าวเหนียวดำไร่ จะมีลักษณะสีม่วงเฉพาะส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ดเท่านั้น ในขณะที่ข้าวเหนียวดำนา จะมีลักษณะสีม่วงปรากฏ อยู่ในส่วนอื่น ๆ ด้วย นอกจากนี้อาจแบ่งลักษณะสีม่วงปรากฏอยู่ในส่วนอื่น ๆ ด้วย นอกจากนี้อาจแบ่งลักษณะประจำตามสีเยื่อหุ้มเมล็ด โดยเฉพาะข้าวเหนียวดำนาเรียกตามท้องถิ่น คือ ข้าวก่ำล้วน (เมล็ดข้าวมีสีม่วงทั้งเมล็ด) กับ ข้าวก่ำผ่า (เมล็ดมีสีม่วงเพียงบางส่วน)

7.1 พันธุ์ข้าวเหนียวดำ

ตารางที่ 7 พันธุ์ข้าวเหนียวดำ

ลำดับ	ชื่อพันธุ์	แหล่งที่มา
1. ก่ำดอยสะเก็ด	Kumdoisaket	จังหวัดเชียงใหม่
2. ข้าวก่ำอมก๋อย	Kaokum-omkoi	จังหวัดเชียงใหม่
3. ก่ำดอยมูเซอร์	Kumdoimooser	จังหวัดเชียงใหม่
4. ข้าวก่ำน่าน	Kaokumnan	จังหวัดน่าน
5. ก่ำลาว	Kumlao	สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว
6. เวียตนาม 4	Vienam 4	สาธารณรัฐเวียดนาม
7. เหนียวดำ 99151	Neodum 99151	จังหวัดน่าน
8. ข้าวก่ำ 7677	Kaokum 7677	จังหวัดน่าน
9. ข้าวก่ำ (88046)	kaokun (88046)	จังหวัดน่าน
10. ข้าวก่ำ 106971	kaokun 103971	จังหวัดน่าน
11. ข้าวก่ำ 88040	kaokun 88040	สถานวิจัยข้าว
12. อีก่ำ 5577	E – Kum 5577	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
13. ข้าวก่ำ 91195	Kaokum 91195	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
14. ดออีก่ำ 87009	Dau E - Kum 87009	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
15. ดอข้าวก่ำ 87090	Daukaokum 87090	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
16. ข้าวก่ำ 87090	Kaokum 87090	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
17. ข้าวก่ำ 88013	Kaokum 88013	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ที่มา : คำเนิน และคณะ (2543)

7.2 องค์ประกอบข้าวเหนียวดำ

รงควัตถุที่ทำให้เกิดสีในพืช แบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ ดังนี้ คือ คลอโรฟิลล์ มีสีเขียว คาโรตินอยด์ (Carotinoid) มีสีเหลืองจนถึงแดง และฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) โดยมีรงควัตถุที่สำคัญคือ แอนโทไซยานิน (Anthocyanin) มีตั้งแต่สีแดงจนถึงสีม่วง หรือสีน้ำเงิน พบว่าโดยส่วนใหญ่แล้วสีที่ปรากฏขึ้นบนส่วนต่าง ๆ ของต้นข้าวเหนียวดำ เกิดจากรงควัตถุแอนโทไซยานิน และรงควัตถุที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน ใน rice anthocyan มีสารประกอบที่ให้สี คือ แอนโทไซยานิน โดยมีไซยานิดิน (Cyanidin) เป็นองค์ประกอบ และเรียกข้าวชนิดนี้ว่า "Purple rice"

รงควัตถุกลุ่มนี้จะให้สีบนต้นข้าวแตกต่างกันไป ตั้งแต่สีชมพูจนถึงสีม่วงดำ และมีการกระจายรงควัตถุไปตามส่วนต่าง ๆ ของต้นข้าวแตกต่างกันตามสายพันธุ์ ส่วนใหญ่จะพบรงควัตถุ และให้สีในทุกส่วนของต้นข้าวที่เป็นลำต้น และใบ (Vegetative part) และเกือบทุกส่วนของช่อดอก (Floral part) ยกเว้นในส่วนของ Embryo หรือ Endosperm ที่ไม่พบการกระจายของรงควัตถุ แอนโทไซยานิน จะอยู่ใน แวคิวโอล (Vacuole) ใน cell ที่อยู่ในชั้นของ Epidermal cell ของใบ ดอก และผลของพืช และโครงสร้างของแอนโทไซยานินจะเปลี่ยนแปลงไป เมื่อค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ใน Ovuleเปลี่ยนไป ถ้า pH = 1 หรือต่ำกว่า 1 จะให้สีส้มแดง ถ้า pH > 6 จะไม่มีสี ถ้า pH < 6 จะให้สีน้ำเงินม่วง แอนโทไซยานินสามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายที่มีขั้ว เช่น แอลกอฮอล์ และสามารถละลายได้ในน้ำ โดยทั่วไปแล้ว ลักษณะของการแสดงออกของสีในพืชจะเป็นการแสดงออกที่คงที่มากกว่าลักษณะพื้นฐานอื่น ๆ ที่เป็นลักษณะคุณภาพ (Qualitative characters) ถึงอย่างไรก็ตามยังคงมีเงื่อนไขของสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการปรากฏของสี เช่น ระยะของการเจริญเติบโต Growth stage) อุณหภูมิ (Temperpature) หรือแสงอาทิตย์ (Sunlight) ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีผลกระทบต่อการสังเคราะห์ และการสลายตัวของแอนโทไซยานิน ทำให้ปริมาณแอนโทไซยานิน และความเข้มของสีปรากฏเปลี่ยนไป

คุณค่าของข้าวเหนียวดำพันธุ์พื้นเมืองตามภูมิปัญญาท้องถิ่นเชื่อว่าข้าวเหนียวดำเป็นสมุนไพร การปลูกข้าวเหนียวดำจึงเป็นการปลูกเพียงเพื่อใช้ในการรักษาโรคเท่านั้น ซึ่งโรคที่ใช้ข้าวเหนียวดำรักษา คือ การตกเลือกของหญิงคลอดลูก กล่าวกันว่าในอดีต และมีการตกเลือด จะนำเอาต้นข้าวเหนียวดำมาต้มกับใบเมี่ยง (ใบชา) ให้รับประทาน ดังนั้นการปลูกข้าวเหนียวดำในอดีตจึงมิได้ปลูกเพื่อบริโภค แต่จะปลูกเพื่อสมุนไพร ดังนั้นการเก็บเกี่ยวจึงจะเก็บเกี่ยวไว้ทั้งต้น (ดำเนิน และคณะ, 2543)

ตารางที่ 8 สารอาหาร และส่วนประกอบของ ข้าวกล้อง ข้าวขาว และข้าวเหนียวดำ

ปริมาณสารอาหาร (เปอร์เซ็นต์)	ข้าวกล้อง	ข้าวสาร	ข้าวเหนียวดำ
ความชื้น	12.0	12.0	12.0
กิโลแคลอรี่ (100g)	360	363	360-363
โปรตีน	7.5	6.7	7.0-8.0
ไขมัน	1.9	0.4	1.5-2.5
เถ้า	1.2	0.5	1.0-1.5
เยื่อใย	0.9	0.3	0.9-1.0
คาร์โบไฮเดรต	77.4	80.4	75.0-80.0
เบต้าแคโรทีน (mg/kg)	3.58	0.12	4.0-5.1

ที่มา : ดำเนิน และคณะ (2543)

ในปัจจุบัน และอนาคตมีแนวโน้มของการบริโภคข้าวเหนียวดำมีมากขึ้น เพราะนอกจากจะสามารถนำข้าวเหนียวดำไปใช้เป็นวัตถุดิบ ในการผลิตขนมหวานชนิดต่าง ๆ และการผลิตไวน์ ข้าวเหนียวดำแล้ว ยังสามารถนำข้าวเหนียวดำมาบริโภคเป็นอาหารเพื่อสุขภาพได้ในรูปแบบของอาหารหวาน เช่น ข้าวหลาม ข้าวแตน ข้าวเหนียวสังขยา หรืออาหารเพื่อสุขภาพ เช่น ธัญญาหารจากข้าว เครื่องดื่มธัญญาหารข้าวเหนียวดำ เครื่องดื่มชีวะจิต หรือใช้เป็นส่วนประกอบในเครื่องสำอาง เช่น สบู่ ยาสระผม ครีมนวดผม และครีมทาผิว (อัญชลี, 2549)

สีจากข้าวเหนียวดำ เป็นสีธรรมชาติชนิดหนึ่งที่มีการใช้กันมาตั้งแต่โบราณอย่างปลอดภัย ข้าวเหนียวดำมีสารแอนโทไซยานิน มีความเข้มข้นสูงมากพอที่จะสกัดมาใช้ในอุตสาหกรรมได้สกัดแอนโทไซยานินจากข้าวเหนียวดำใช้เป็นสีผสมอาหารทดแทนสีสังเคราะห์ที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภคอีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมให้มีการใช้วัตถุดิบที่สามารถผลิตได้ในประเทศ และช่วยลดปริมาณการนำเข้าสีสังเคราะห์จากต่างประเทศ ซึ่งนับว่าเป็นประโยชน์ทางเศรษฐกิจเป็นอย่างยิ่ง (ดวงกมล และคณะ, 2551)

โดยแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) มีคุณสมบัติในการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (antioxidant) ช่วยการหมุนเวียนของกระแสโลหิต ต้านอนุมูลอิสระ ชลอการเสื่อมของเซลล์ร่างกาย ช่วยป้องกันโรคหัวใจโดยเฉพาะแอนโทไซยานิน ชนิดพบในข้าวสีม่วงกลุ่มอินดิก้า (indicatype) ซึ่งก็รวมข้าวก่ำไทย คือ cyanindin 3 -- glucoside ได้พิสูจน์แล้วว่ามีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็ง ปอดส่วนสารแกมมาโอไรซ่านอล (Gamma Oryzanol) นอกจากจะมีคุณสมบัติเป็นการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เช่นเดียวกันแล้วยังสามารถลด กลีเซอรอล ไตรกลีเซอไรด์ และเพิ่มระดับของ High Density

Lipoprotein (HDL) ในเลือด และยังมีผลต่อการทำงานของต่อมใต้สมอง ยับยั้งการหลั่งกรดในกระเพาะอาหาร และยับยั้งการรวมตัวของเกล็ดเลือด ลดน้ำตาลในเลือด และเพิ่มระดับของฮอร์โมนอินซูลิน ของคนเป็นโรคเบาหวาน ชนิดที่ 2 ยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งกระเพาะ นอกจากนี้ยังมีหน้าที่ต้านการหืนของไขมันในรำข้าว และของนมผงไขมันเต็ม รวมทั้งกระตุ้นให้ภูมิคุ้มกันในคนด้วย

8. อาหารขบเคี้ยว (Snack foods)

อาหารว่างหลายชนิดที่ได้พัฒนารูปแบบที่เหมาะสมจึงสามารถเข้าสู่ความต้องการของผู้บริโภคได้โดยง่ายก่อให้เกิดพฤติกรรมในการรับประทานอาหารที่ไม่เป็นเวลาที่แน่นอน จนยากที่กำหนดว่าเป็นอาหารว่างในช่วงเวลาใด เพราะมีการรับประทานในทุกโอกาสตามแต่ผู้บริโภคแต่ละคนต้องการจากพฤติกรรมการบริโภคอาหารจุบจิบ (Nibble type products) ดังกล่าว จึงทำให้เกิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากอาหารว่างที่ใช้รับประทานทั่วไปให้มีลักษณะเฉพาะ ที่สะดวกต่อการบริโภคมากขึ้นในทุกโอกาสไม่ต้องเสียเวลาจัดเตรียม การจะเรียกว่าเป็นผลิตภัณฑ์อาหารว่างอาจก่อให้เกิดความสับสน เพราะไม่สอดคล้องกับพฤติกรรมการบริโภค การรับประทานมิใช่ใช้รับประทานเฉพาะในเวลาว่างเท่านั้น แต่มีการรับประทานในเวลาต่าง ๆ กัน และยังมีอาหารว่างอื่นอีกหลายชนิดที่ยังไม่ได้พัฒนารูปแบบที่เหมาะสมที่จะจัดอยู่ในอาหารกลุ่มใหม่นี้ ด้วยเหตุนี้จึงมีการเรียกผลิตภัณฑ์กลุ่มใหม่นี้ว่า "ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว" (เพ็ญขวัญ และทัศนีย์, 2543)

ปัจจุบันได้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ และสารอาหารให้ครบถ้วนอย่างหลากหลาย จากการสำรวจตลอดของอเมริกาในปี 2006 พบว่า อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากธรรมชาติให้พลังงานสูง (Energy bars) มียอดขายลดลง เนื่องจากรับประทานแล้วทำให้ผู้บริโภคน้ำหนักเพิ่มมาก มีไขมันอิ่มตัว และน้ำตาลสูง ส่วนยี่ห้อที่ให้พลังงานต่ำ เช่น ฟิตเน่ พบว่ามียอดขายดีกว่า ซึ่งจะเห็นได้ว่าผู้บริโภคให้ความสนใจในเรื่องสุขภาพกันมากขึ้น (ศิริภัณฑ์ และคณะ, 2551)

9. ข้าวอบกรอบ (rice cracker)

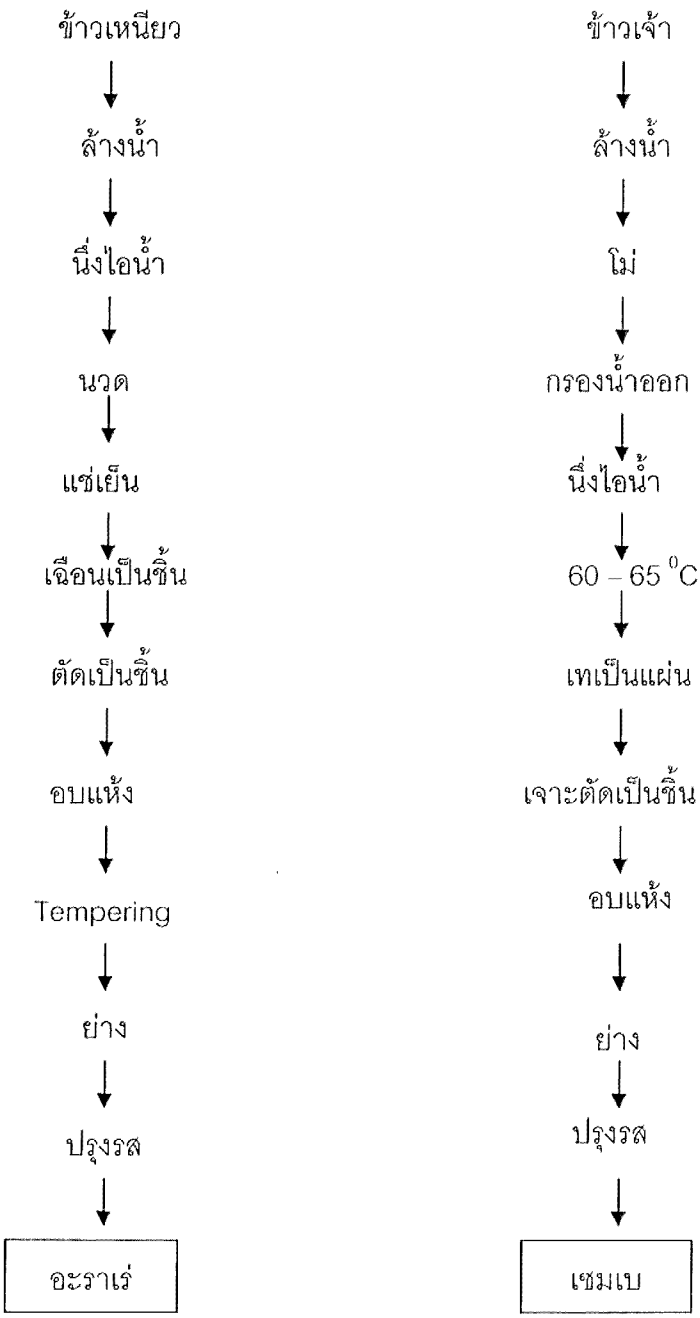
ในหลาย ๆ ชนิดที่เป็นของว่างพวกสแน็ค ในญี่ปุ่นข้าวอบกรอบที่ทำมาจากข้าวเหนียวเป็นที่รู้จักกันทั่วไปเรียกว่าอาราเร่ เนื้อสัมผัสที่นุ่ม และละลายได้ง่ายในปาก ข้าวอบกรอบที่ทำมาจากข้าวที่ไม่ใช่ข้าวเหนียวเรียกว่า เซมเบ ซึ่งจะมีเนื้อแข็ง และหยาบทั้ง อาราเร่ และ เซมเบ เป็นข้าวอบกรอบที่สำคัญ และมีมานานในญี่ปุ่นจะแบ่งข้าวอบกรอบออกเป็น 2 ชนิด คือ

1) อาราเร่ เป็นข้าวอบกรอบที่ทำมาจากข้าวเหนียว ซึ่งจะมีเนื้อสัมผัสที่นุ่ม และละลายได้ง่ายในปาก

2) เซมเบ เป็นข้าวอบกรอบที่ทำมาจากข้าวที่ไม่ใช่ข้าวเหนียว จะมีเนื้อสัมผัสที่แข็ง และหยาบ

ทั้ง อาราเร่ และ เซมเบ เป็นข้าวอบกรอบที่สำคัญ และมีมานานแล้วในญี่ปุ่น และยังมีการศึกษาผลของวัตถุดิบ กระบวนการผลิตที่เหมาะสม และกระบวนการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ ของข้าวอบกรอบ (Suwimon et al., 2007)

9.1 กระบวนการผลิตข้าวอบกรอบ



ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตอะราเร่ และเซมเบ

ที่มา : งามชื่น (2543)

ข้าวอบกรอบในปัจจุบันกำลังเป็นที่นิยมจากคนไทยค่อนข้างสูง โดยเฉพาะผู้บริโภค ในกลุ่มเด็ก และวัยรุ่น การส่งออกของข้าวอบกรอบมีการขยายตัวขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตข้าวอบกรอบมีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว และมีการแข่งขันกันทางการตลาด ค่อนข้างสูง เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมทั้งตลาดในประเทศ และต่างประเทศ ซึ่งปัจจุบันได้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ และสารอาหารให้ครบถ้วนอย่างหลากหลายมากยิ่งขึ้น (กมลวรรณ และคณะ, 2548)

9.1.1 การล้าง หรือการแช่ข้าว

ความร้อนจากการนึ่งนี้ทำให้สตาร์ชที่อยู่ในแป้งเกิดการแปลี่ยนแปลง จากที่ไม่เหนียว สีขาวขุ่นกลายเป็นใส เหนียว เกาะกันเป็นแผ่นที่ดึงได้ไม่ขาด ก็เนื่องจากความร้อนทำให้โมเลกุลของสตาร์ชตรงพันธะไฮโดรเจนเกาะจับกับน้ำ พองตัวขึ้น อุ้มน้ำได้พอเหมาะสัดส่วนน้ำที่มีในส่วนผสมทำให้ข้าวสุกพอดี (อรอนงค์, 2547)

9.1.2 การทำแห้ง

โดยอาศัยวิธีการทางเทคนิคเข้าช่วย (Dehydration หรือ Artificial drying) วิธีการนี้มีการนำเอาเทคนิค และหลักวิชาทางวิทยาศาสตร์เข้ามาเกี่ยวข้องด้วยอย่างมากซึ่งอาศัยหลักการส่งความร้อนเข้าไปในชิ้นอาหารเพื่อทำให้น้ำ หรือความชื้นกลายเป็นไอระเหยออกไป จากผิวหน้าอาหาร ซึ่งความร้อนที่ส่งเข้าไปอาจจะเป็นการนำความร้อน (Conduction) การพาความร้อน (Convection) หรือการส่งแผ่รังสี (Radiation) ซึ่งการสร้างเครื่องทำอาหารแห้ง (Dryer) มักจะอาศัยหลักการนำ และการพาความร้อนเป็นสำคัญ ซึ่งทำให้จำแนกแบบของเครื่องทำอาหารแห้งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ เครื่องทำอาหารแห้งโดยอาศัยการพาความร้อนเป็นหลัก คือ ปล่อยให้ลมร้อนพัดผ่านอาหารแล้วพาเอาไอน้ำที่ระเหยจากอาหารออกไป (Adiabatic dryer) ซึ่งได้แก่ Cabinet dryer, Tunnel dryer, Spray dryer และเครื่องทำให้อาหารแห้งโดยอาศัยการนำความร้อน ได้แก่ Drum dryer และ Freeze dryer การทำแห้งโดยอาศัยหลักการถ่ายเทความร้อนประเภทการนำความร้อนเป็นหลัก ซึ่งการทำแห้งแบบนี้บางทีเรียกว่า เครื่องทำแห้งแบบถาด (Tray หรือ Pan carier) โดยส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องทำแห้งแบบตู้นี้ได้แก่ ตู้ หรือห้องอบ (Drying chamder) แหล่งพลังงานความร้อน (Heater) พัดลม (Fan) ตัวกรองอากาศ (Screen หรือ Filter) และช่องระบายอากาศ (Damprers) โดยชิ้นส่วนอาหารที่ทำการทำแห้งที่ผ่านการเตรียมมาเรียบร้อยแล้ว จะจัดวางไว้ในถาดที่เรียงอยู่ในห้องอบโดยถาดที่เรียงอยู่ในห้องอบถาดควรทำด้วยเหล็กปลอดสนิม และมีรูเปิดที่ถาดไว้ด้วยเพื่อทำให้ลมร้อนสามารถไหลเวียนผ่านได้ความร้อนทำให้เกิดกระแสลมร้อน ซึ่งจะพัดพาอาหารในถาดที่ว่างอยู่ในตู้ลมร้อนจะถ่ายเทให้น้ำในอาหารเพื่อให้กลายเป็นไอ และระเหยออกจากผิวอาหาร ลมร้อนที่มีไอน้ำจะถูกปล่อยออกไปตามช่องระบายอากาศในขณะเดียวกันประโยชน์การทำแห้งก็ คือ ช่วยเก็บรักษาอาหารไว้ได้นาน เพราะอาหารแห้งป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ต่าง ๆ ได้มาก (เพ็ญขวัญ และทัศนีย์, 2543)

9.1.3 กระบวนนึ่ง (Steaming)

เป็นการทำให้อาหารสุกโดยการใช้ไอน้ำ โดยการนำข้าวที่ได้จากการแช่ 12 – 24 ชั่วโมง นำไปใช้บดให้แห้งเป็นแป้ง และนำแป้งที่ได้ไปนึ่งให้สุกโดยใช้อุณหภูมิในการนึ่งที่ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที การนึ่งแป้งจะทำให้แป้งสุก และมีความอ่อนตัว เพื่อให้ง่ายต่อการนวดแป้งเพื่อทำเป็นผลิตภัณฑ์ต่อไป (ศิริลักษณ์, ม.ป.ป.) ความร้อนจากการนึ่งนี้ทำให้สตาร์ชที่อยู่ในแป้งเกิดการแปลี่ยนแปลง จากที่ไม่เหนียว สีขาวขุ่น กลายเป็นใส เหนียว เกาะกันเป็นแผ่นที่ดึงได้ไม่ขาด ก็เนื่องจากความร้อนทำให้โมเลกุลของสตาร์ชตรงพันธะไฮโดรเจนเกาะจับกับน้ำ พองตัวขึ้น อุ้มน้ำได้พอเหมาะ สัดส่วนน้ำที่มีในส่วนผสมทำให้ข้าวสุกพอดี (อรอนงค์, 2547)

9.1.4 การปิ้งหรือย่าง

เป็นการทำให้อาหารสุก โดยวางอาหารไว้เหนือไฟอ่อน ๆ กลับไปมาบ่อย ๆ จนอาหารข้างในสุก และข้างนอกจะมีความอ่อนนุ่มหรือแห่งกรอบต้องใช้เวลานานพอสมควรจึงจะได้อาหารที่มีลักษณะรสชาติที่ดีส่วนการปิ้ง คือ การทำให้สุกโดยย่างอาหารไว้เหนือไฟอ่อน ๆ การปิ้งต้องปิ้งให้สุกเกรียมหรือกรอบ การปิ้ง หรือย่างข้าวอบกรอบก็เพื่อทำให้ข้าวอบกรอบมีความกรอบมากยิ่งขึ้นมีสีสันน่ารับประทานมากยิ่งขึ้น (ศิริลักษณ์, ม.ป.ป.)

10. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กมลวรรณ และคณะ (2548) ศึกษาการพัฒนาอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้อง และผลไม้แห้ง อาหารว่าง หรืออาหารขบเคี้ยว เป็นอาหารที่รับประทานระหว่างมื้อเป็นอาหารคบเคี้ยวที่มีลักษณะเป็นแท่งรับประทานได้ทันที สะดวกในการพกติดตัว อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง แต่ละชนิดมีส่วนผสมต่างกัน ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างของเนื้อสัมผัส และรสชาติ ส่วนผสมหลักที่ใช้สำหรับเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง ได้แก่ ธัญพืช ถั่วต่าง ๆ ผัก และผลไม้ เป็นต้น อาจเป็นวัตถุดิบหลักชนิดเดียว หรือหลายชนิดรวมกัน นอกจากนี้ยังมีส่วนผสมลองอื่น ๆ เช่น สารช่วยยึดเกาะ และสารช่วยเพิ่มกลิ่นรสเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับ ของผู้บริโภคมากขึ้น ตัวอย่างอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งได้แก่ มูสลีแท่ง ผลไม้อัดแท่ง ซ็อกโกแลตแท่ง และลูกกวาดแท่ง เป็นต้น ได้พัฒนาอาหารเช้าสำเร็จรูปแบบผสมชนิดแท่ง โดยใช้ส่วนผสมหลัก คือ ข้าวเมา ถั่วลิสง เมล็ดทานตะวัน และแยมสับปะรด ได้พัฒนาอาหารขบเคี้ยวจากข้าวกล้องหักหอมมะลิผสมเนยถั่วลิสง มีการศึกษาผลการใสสารยึดเกาะเพื่อพัฒนาอาหารขบเคี้ยวแท่ง

ดวงกมล และคณะ (2551) ศึกษาการสกัดแอนโทไซยานินจากข้าวเหนียวดำ เริ่มจากการคัดเลือกปัจจัยที่มีผลต่อการสกัด โดยใช้การทดลองแบบแพลกเกตต์ แอนด์ เบอร์แมน (Plackett and Burman desing) 4 ปัจจัยคือ อัตราส่วน ของข้าวเหนียวดำต่อน้ำ อุณหภูมิ เวลา และการเขย่า พบว่าอุณหภูมิ และการเขย่ามีผลต่อ การสกัดแอนโทไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้ อุณหภูมิ และเวลามีผลต่อของแข็งทั้งหมด จากการศึกษา

ภาวะที่เหมาะสมในการสกัดแอนโทไซยานิน จากข้าวเหนียวดำ โดยใช้การสกัดทดลองแบบแฟคทอเรียล 3 × 4 ด้วยแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดแบบสมบูรณ์ (Complete randomized desing) ศึกษา 2 ปัจจัย คือ อุณหภูมิ (55 60 และ 65 องศาเซลเซียส) และเวลา (45 60 75 และ 90 นาที) วิเคราะห์ผลโดยวิธีพื้นผิวตอบสนอง (Response surface methodology) พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการสกัด คือ อุณหภูมิ 62 – 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 67 – 75 นาที โดยใช้อัตราส่วนข้าวเหนียวดำต่อน้ำเท่ากับ 1 : 3 ด้วยเครื่องควบคุมอุณหภูมิแบบแขย่า

ดำเนิน และคณะ (2543) ศึกษาพันธุศาสตร์การปรับปรุงพันธุ์ และโภชนศาสตร์เกษตร ผลการวิเคราะห์ศักยภาพของข้าวเหนียวดำที่รวบรวมได้จำนวน 31 พันธุ์ ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว และสาธารณรัฐเวียดนามพบว่าความแตกต่างกันภายในกลุ่มของข้าวเหนียวดำโดยเฉพาะลักษณะพืชไร่ เช่น สีของใบ สีของลำต้น (ปล้องและข้อ) เปลือกเมล็ด และเยื่อหุ้มเมล็ด ซึ่งแสดงสีตั้งแต่สีขาว ขาวเหลือง ม่วงอ่อน และม่วงแก่การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนศาสตร์เกษตร พบว่ากลุ่มข้าวเหนียวดำโดยมีส่วนประกอบโดยเฉลี่ย ของเถ้า โปรตีน และ เทนนิน ในเมล็ดกะเทาะเปลือกเท่ากับ 2.02 เปอร์เซ็นต์ DM 11.75 เปอร์เซ็นต์DM 3.84 เปอร์เซ็นต์ DM 0.0162 เปอร์เซ็นต์ DM ตามลำดับ สูงกว่าข้าวเหนียวดำที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.09เปอร์เซ็นต์DM และ85.68 เปอร์เซ็นต์ DM ตามลำดับ สำหรับ Zinc (Fe) นั้นมีค่าเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันคือ ในกลุ่มข้าวเหนียวดำ และในกลุ่มข้าวขาว 0.035 เปอร์เซ็นต์ DM และ 0.06 เปอร์เซ็นต์ DM ตามลำดับ

นฤสันส์ และคณะ (2542) ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากปลายข้าวหอมมะลิ เป็นการหาแนวทางและเพิ่มมูลค่าให้แก่ปลายข้าวหอมมะลิจากการสำรวจพฤติกรรม ทัศนคติ และความต้องการของผู้บริโภค พบว่าผู้บริโภคต้องการให้ผลิตภัณฑ์มีสีครีมมีความยาว 2 5 3 เซนติเมตร มีรสเค็มมากกว่ารสหวาน ปรุงแต่งรสบาร์บีคิว และสูตรประกอบด้วย ปลายข้าวหอมมะลิ แป้งถั่วลิสง และน้ำ ทำให้สุก อัดเป็นแท่ง ตัดให้ได้ขนาด 2- 5 เซนติเมตร อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ทำการทอดที่อุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียส นาน 19-20 วินาที ปรุงแต่งด้วยรสบาร์บีคิว และการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค พบว่าผู้บริโภคชอบผลิตภัณฑ์ในระดับปานกลางถึงชอบมาก

วิจิตรา (2546) ศึกษาการแปรรูปแผ่นข้าวอบกรอบโดยไมโครเวฟ เพื่อศึกษาหาสูตรแผ่นข้าวอบกรอบผลของปริมาณอะไมโลสต่อความกรอบของแผ่นข้าวอบกรอบ กระบวนการแปรรูปแผ่นข้าวอบกรอบ และคุณภาพทางเคมี กายภาพ จุลชีววิทยา และการยอมรับของผู้ทดสอบชิม ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของแผ่นข้าวอบกรอบที่แปรรูปด้วยไมโครเวฟ ได้แก่ แป้งข้าวเหนียว ซึ่งมีผลต่อการพอง เมื่อใช้แป้งข้าวเหนียวเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 14 เป็นร้อยละ 20.5 จะทำให้ความพองลดลงจาก 0.85 เป็น 0.65 มอล์สกัดมีผลต่อค่าสีแดง (a) ค่าสีเหลือง (b) และสีเหลืองมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 0.32 เป็น 2.71, 13.94 เป็น 18.17 และ 0.75

เป็น 1.01 ตามลำดับ และเลซิทินมีผลต่อความสว่าง (L) ความพอง และรสหวานมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 69.74 เป็น 76.53 0.65 เป็น 0.85 และ 0.87 เป็น 0.94 ตามลำดับ ปริมาณที่เหมาะสมของแป้งข้าวเหนียว มอล์สกัด และเลซิทิน 14, 3.5 และ 0.3 ตามลำดับ ปริมาณอะไมโลสมี ผลต่อความกรอบของแผ่นข้าวอบกรอบ โดยอะไมโลสร้อยละ 20.98 จะให้ แผ่นข้าวอบกรอบที่มีความกรอบมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ศิริภัทร์ และคณะ (2551) ศึกษาอิทธิพลของส่วนผสมต่อคุณภาพอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากธัญพืชและผักผลไม้ผสม การศึกษาสัดส่วนของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง โดยการวางแผนการทดลองแบบ (3 × 2) Factorial in CRD ปัจจัยที่ศึกษา คือ สัดส่วนเอ็กซทรูเดอร์คอนแฟล็ก (1:1 2:1 4:1) และปริมาณโปรตีนเกษตร (ร้อยละ 10 20) พบว่า สัดส่วนเอ็กซทรูเดอร์คอนแฟล็กเพิ่มขึ้นมีผลทำให้คะแนนความชอบรวมลดลง สัดส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสม คือ เอ็กซทรูเดอร์คอนแฟล็กเท่ากับ 2:1 และปริมาณโปรตีนเกษตร ร้อยละ 10 การศึกษาสัดส่วนของผักผลไม้ผสมใน อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง โดยจัดสิ่งทดลองแบบผสม ปัจจัยที่ศึกษามี 3 ปัจจัย ได้แก่สับปะรด กล้วย และมัน พบว่า การเพิ่มปริมาณสับปะรดมีผลทำให้คะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะของผักผลไม้ผสมแท่งและอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งเสริมผักผลไม้ผสมแท่งเพิ่มขึ้น สัดส่วนของสับปะรด กล้วย และมันเทศที่เหมาะสม คือ 45:45:10 ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งไส้ผักผลไม้ผสมที่ได้ค่าความแข็ง นิวตัน ของผักผลไม้ผสมแท่ง และอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งเท่ากัน และตามลำดับ คะแนนความชอบเฉลี่ย 8.0 อยู่ในความชอบมาก

อภิชาติ และคณะ (2542) ศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของข้าวเหนียวในเขตภาคเหนือของประเทศไทย ผลการทดลองพบว่าลักษณะทางการเกษตร การเจริญเติบโต และพัฒนาของข้าวเหนียวพันธุ์ต่างกันที่มีความต่างกัน สำหรับพันธุ์ข้าวเหนียวแนะนำของทางราชการ คือ พันธุ์เหลืองบุญมา และพันธุ์เหมยนอง 62 เอ็ม เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงมากกว่า 1,400 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนพันธุ์ข้าวเหนียวพันธุ์ดอดอกแงะ เทวดา ลวดยาว และแม่ฟ้าหลวง ให้ผลผลิตประมาณ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่ข้าวเหนียวดำพันธุ์สุโขทัยให้ผลผลิตสูงถึง 840 กิโลกรัมต่อไร่ องค์ประกอบผลผลิตที่มีอิทธิพล โดยตรงต่อผลผลิตต่อข้าวคือ จำนวนรวงต่อกอ จำนวนเมล็ดต่อรวง จำนวนเมล็ดดีต่อรวง และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด เมล็ดพันธุ์ข้าวเหนียวทั้งหมดภายหลังการปลูกขยายพันธุ์เมล็ดได้แล้ว ได้เก็บรักษาไว้ในห้องเก็บเมล็ดภาควิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เพื่อให้เป็นเชื้อพันธุ์สำหรับอนาคต

อภินันท์ (2545) ศึกษาการคัดเลือกปริมาณอะไมโลสในข้าวลูกผสมระหว่างข้าวเหนียวดำ กับข้าวเจ้าขาว สัดส่วนทางพันธุกรรมของการถ่ายทอดปริมาณอะไมโลสในเมล็ดข้าว เป็นปัจจัยหลักที่ประเมินปริมาณการตอบสนองต่อการคัดเลือกปริมาณอะไมโลส ในลูกผสมระหว่างข้าวเหนียว กับข้าวเจ้า หากสัดส่วนทางพันธุกรรมมีค่าสูง การคัดเลือกปริมาณอะไมโลส ในแต่ละ G-generation ของลูกผสมก็จะมีความก้าวหน้า ในงานทดลองนี้ เป็นการวิเคราะห์สัดส่วนทางพันธุกรรมของลักษณะปริมาณอะไมโลสใน

เมล็ดข้าวและการคาดคะเนต่อการคัดเลือกอะไมโลส มาตรฐาน ซึ่งทดลองในฤดูปลูกปี 2542 และ ปี 2543 ใช้ลูกผสมระหว่างพ่อแม่มีปริมาณอะไมโลส ที่แตกต่างกันโดยทำการทดลอง ณ แปลงทดลองของภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

อัญชลี (2549) ศึกษาการประเมินลักษณะทางสัณฐานวิทยา และการให้ผลผลิตของข้าวเหนียวดำพันธุ์พื้นเมือง ข้าวเหนียวดำ หรือข้าวก่ำเป็นข้าวเหนียวพันธุ์พื้นเมืองที่มีเมล็ดสีดำ มีความหลากหลายทางพันธุกรรม สามารถนำไปใช้ในการแปรรูป เช่น อาหาร เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ และเครื่องสำอาง เนื่องจากแนวโน้มของผู้บริโภคข้าวเหนียวดำมีเพิ่มมากขึ้น การพัฒนาข้าวเหนียวดำให้ตรงตามความต้องการจึงมีความจำเป็น การศึกษาจึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อประเมินลักษณะทางสัณฐานวิทยา และจัดกลุ่มข้าวเหนียวดำ รวมทั้งประเมินการให้ผลผลิตของข้าวเหนียวดำอีกต่อไป

keeratipiboon et al. (2007) ศึกษาผลของพันธุ์ข้าวเหนียวไทย ความยาวของเมล็ด และพื้นที่ในการปลูกที่มีผลต่อคุณภาพข้าวอบกรอบ (อาราเร่) เคมีทางกายภาพ และคุณสมบัติที่เกิดจากการให้ความร้อนของข้าวเหนียวไทย 2 พันธุ์ กข. 6 และข้าวเมล็ดสั้น (short grain) ความแตกต่างของความยาวเมล็ด และพื้นที่ในการปลูก (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน และภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง) และลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวอบกรอบ ที่ได้จากการศึกษาข้าวพันธุ์ กข. 6 จะศึกษาความแตกต่างปริมาณอะไมโลส ความเหนียวของเจล อัตราการขยายตัว และความแข็งของข้าวอบกรอบ ว่าต่างจากพันธุ์เมล็ดสั้น อย่างไร ข้าวเมล็ดหักจะมีอะไมโลสมากกว่า ความแข็งของเจล เมื่อเย็นการพองตัวน้อย มีอัตราการขยายตัวต่ำ และข้าวเมล็ดหักจะแข็งกว่าข้าวเมล็ดสมบูรณ์ ข้าวอบกรอบที่ดีควรมีอะไมโลส และค่าอะไมโลแกรมต้องน้อย เจลความเหนียวที่เกิดจากมีนัยสำคัญสัมพันธ์กัน ในด้านคุณสมบัติอื่น ๆ ของข้าว การวิเคราะห์คุณสมบัติในด้านอุตสาหกรรม และควบคุมคุณภาพ ข้าวเหนียวที่จะทำเป็นวัตถุดิบ