บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวก่ำเพื่อปริมาณอะไมโลสในเมล็ดโดยมีเป้าหมายเพื่อผลิตพันธุกรรมข้าวก่ำสายพันธุ์ใหม่ที่มีลักษณะเป็นข้าวเจ้านั้น ขบวนการคัดเลือกพันธุกรรมเหมาะสม (desirable genotype) จะเป็นเช่นเดียวกันกับขบวนการคัดเลือกที่ใช้กับพืชผสมตัวเอง (self pollination crop) ทั่วไป

การคัดเลือกสายพันธุ์ในกระบวนการปรับปรุงพันธุ์ข้าว (line selection in rice breeding)

เป็นขบวนการคัดเลือกเพื่อให้ได้ลักษณะหรือชนิดที่ต้องการ ซึ่งขบวนการการคัดเลือกจะแตกต่างกันออกไป ในแต่ละพืช การคัดเลือกจำเป็นต้องมีความรู้ในหลักการทางพันธุศาสตร์ของพืช เพราะลักษณะที่ต้นพืชแสดงออกมานั้นเป็นลักษณะของ phenotype แต่ในการคัดเลือกต้องการเลือกลักษณะ genotype ซึ่งสามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกได้ หลักการคัดเลือกเบื้องต้นตามแนวคิดของ Allard (1960) คือ การคัดเลือกจะประสบผลสำเร็จก็ต่อเมื่อลักษณะที่คัดเลือกแสดงความแตกต่างทางพันธุกรรม และการคัดเลือกเป็นการเลือกหรือแยกลักษณะที่แสดงความแตกต่างออกจากกันแต่ไม่สามารถสร้างหรือก่อให้เกิดความแตกต่างได้

การคัดเลือกแบบบันทึกประวัติ (Pedigree method)

การคัดเลือกแบบบันทึกประวัติ เป็นการคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีการบันทึกประวัติอย่างเป็นขั้นตอน สามารถติดตามประวัติของพืชแต่ละสายพันธุ์ได้อย่างละเอียด เหมาะสมกับพืชที่แต่ละต้นสามารถคัดเลือกและเก็บเกี่ยวแยกต้นได้ง่าย เป็นวิธีการที่ใช้ทั่วไปในพืชที่มีการผสมตัวเอง เช่น ข้าว ถั่วเหลือง และธัญพืชอื่นๆ เป็นต้น นอกจากนี้ยังเหมาะกับลักษณะที่แสดงออกได้ดีในรุ่นลูกและมีค่าอัตราทางพันธุกรรมสูง การคัดเลือกแบบบันทึกประวัติ เสนอครั้งแรกโดย Love (1927) อ้างโดย กฤษฎา (2551) สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 รูปแบบคือ

การคัดแยกสายพันธุ์ เป็นวิธีการคัดเลือกพืชแต่ละต้นแยกกันในแต่ละชั่วของการทดลอง จัดเป็นรูปแบบของการบันทึกประวัติอย่างสมบูรณ์ โดยการคัดเลือกจะเริ่มต้นตั้งแต่ F_1 ควรปลูก F_1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ในสภาพไร้การแข่งขัน เพื่อให้แต่ละคู่ผสมแสดงศักยภาพทางพันธุกรรมได้เต็มที่ จำนวนต้นต่อคู่ผสมขึ้นอยู่กับปริมาณเมล็ด F_2 ที่ต้องการ ในชั่ว F_2 จะปลูกประชากรของแต่ละคู่ผสมแยกกัน โดยมีการจัดระยะปลูกให้สม่ำเสมอ คัดเลือกต้นที่ดีแยกกัน และนำไปปลูกในชั่ว F_3 แบบต้นต่อแถว คัดเลือกต้นที่ดีจากแถวที่ดีนำไปปลูกแบบต้นต่อแถวในชั่ว F_4 ทำเช่นเดิมในชั่ว F_5 แต่เก็บเมล็ดรวมกันในแต่ละแถวที่ได้รับการคัดเลือก เพื่อให้มีเมล็ดเพียงพอสำหรับการทดสอบผลผลิตเบื้องต้น คัดเลือกสายพันธุ์ที่ดีจำนวนหนึ่ง เพื่อทดสอบผลผลิตต่อไป ในชั่ว F_6 และ F_7 และคัดเลือกเฉพาะสายพันธุ์ที่มีศักยภาพในการใช้เป็นพันธุ์ส่งเสริม เพื่อทดสอบผลผลิตในสภาพเกษตรกรในชั่ว F_8-F_{10}

การเปรียบเทียบผลผลิตภายในสถานี ทำได้โดยคัดเลือกพันธุ์ข้าวที่มีลักษณะทางการเกษตรดีจากแปลงศึกษาพันธุ์ ไปปลูกเปรียบเทียบผลผลิตภายในสถานี เพื่อประเมินศักยภาพด้านผลผลิตเบื้องต้น

การเปรียบเทียบผลผลิตระหว่างสถานี เป็นการประเมินศักยภาพการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน โดยการนำสายพันธุ์ข้าวที่คัดเลือกได้จากแปลงเปรียบเทียบผลผลิตภาพในสถานีไปปลูกเปรียบเทียบผลผลิตในหลายพื้นที่ เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ที่ดีไปปลูกทดสอบผลผลิตในสภาพไร่ในแปลงของเกษตรกร

การเปรียบเทียบผลผลิตในราษฎร์ เป็นการประเมินความเหมาะสมในทุกด้าน โดยการนำพันธุ์ดีที่คัดเลือกจากแปลงเปรียบเทียบผลผลิตระห่างสถานีมาปลูกทดสอบ

การคัดเลือกแยก Family (Family selection) ในชั่ว F_1-F_2 ทำเช่นเดียวกับการคัดแยกสายพันธุ์ แต่ในชั่ว F_3-F_5 จะคัดเลือกพืชที่ดีรวมกันในแต่ละแถวที่ได้รับการคัดเลือก เพื่อนำไปปลูกแบบแถวต่อแถว ส่วนในขั้นตอนอื่นเหมือนกับการคัดแยกสายพันธุ์

การคัดเลือกทั้ง 2 แบบ มีข้อดีข้อเสียต่างกัน วิธีคัดแยกสายพันธุ์ เป็นการคัดแยกต้น ทำให้ได้รายละเอียดของสายพันธุ์ และติดตามแต่ละสายพันธุ์ได้อย่างใกล้ชิด แต่จะเปลืองแรงงานและพื้นที่ปลูก เพราะจำนวนสายพันธุ์ที่คัดเลือกไว้ในรุ่นหลังๆจะเพิ่มมากขึ้น ส่วนวิธีการคัดเลือกโดยไม่แยกสายพันธุ์ภายในแถว จนกว่าพืชจะมีความคงตัวทางพันธุกรรมสูง F_5 เป็นต้นไป ทำให้สามารถเลือกจำนวนแถวของ F_3 ได้มากขึ้น และได้สายพันธุ์ในขั้นสุดท้าย ที่มีความหลากหลายทางพันธุกรรมสูง ใช้พื้นที่และแรงงานน้อยกว่า วิธีการนี้เหมาะกับการคัดเลือกสายพันธุ์โดยทั่วไป ส่วนวิธีการคัดแยกสายพันธุ์ จะใช้ก็ต่อเมื่อต้องการติดตามลักษณะบางอย่างที่ต้องการอย่างใกล้ชิด Martinez *et al*. (1996) เปรียบเทียบความคงตัวทางพันธุกรรมของความต้านทานโรคใบไหม้ในข้าวที่ได้จากคัดเลือกโดยวิธี anther culture และ การคัดเลือกแบบบันทึกประวัติ พบว่าความคงตัวของความต้านทานโรคใบไหม้ในข้าวที่ได้จากวิธีคัดเลือกแบบบันทึกประวัติ จะมีความคงตัวสูงกว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การประเมินลักษณะของสายพันธุ์

การประเมินหรือ การคัดเลือกสายพันธุ์ในรุ่นใดหลังจากการผสมพันธุ์ยังไม่มีข้อสรุปที่แน่นอน มีความคิดเห็นที่แตกต่างกันมากมาย ข้อสรุปที่แตกต่างกันนั้นอาจเนื่องมาจาก ความแตกต่างของพืช สายพันธุ์ที่ใช้ในการผสมพันธุ์ วิธีการทดลอง ความแม่นยำของข้อมูล (กฤษฎา, 2551) แต่จากหลายงานวิจัยสามารถสรุปได้ว่าการประเมินคุณค่าของสายพันธุ์ในชั่วแรกๆของพืชที่ผสมตัวเอง โดยวิธีคัดเลือกแบบบันทึกประวัติ สามารถทำได้ตั้งแต่ชั่ว F_2 หรือ F_3 ซึ่งค่อนข้างมีประสิทธิภาพ (Steven *et al*., 2002) ในชั่ว F_2 ประชากรพืชจะมีการกระจายตัวมาก แต่ละต้นจะมีความแตกต่างกัน ในชั่ว F_3 และ F_4 ยีนในหลายๆตำแหน่งจะเริ่มเป็น homozygous และลักษณะประจำ Family จะเริ่มปรากฏ ภายใน Family เดียวกันจะมีความเหมือนกัน หลังจากนั้นการคัดเลือกในชั่ว F_3 - F_6 จะทำการประเมินระหว่าง Family และภายใน Family เดียวกัน โดยคัดเลือก Family ที่ดีที่สุด และจะเริ่มคัดเลือกแบบมีซ้ำในชั่ว F_4 (Allard, 1960 ; Poelhman and Sleper, 1995) การคัดเลือกแบบบันทึกประวัติจะมีประสิทธิภาพถ้าลักษณะที่คัดเลือกสามารถแยกออกจากกันได้ง่าย ตามปกติพืชที่มีการผสมตัวเองค่า heterozygosity จะลดลงครึ่งหนึ่งทุกครั้งที่มีการผสมตัวเอง หลังจากที่ผสมตัวเองไปหลายๆชั่วค่า heterozygosity ในประชากรจะเหลือน้อยมาก ดังนั้น ในชั่ว F_5 หรือ F_6 สามารถประมาณได้ว่าทุกตำแหน่งของยีนเป็น homozygous (Allard, 1960) Jennings *et al*. (1979) กล่าวว่าประชากรใน F_2 เป็นช่วงวิกฤตที่สุดจะเป็นตัวกำหนดว่าลักษณะที่กำลังศึกษาอยู่จะประสบผลสำเร็จหรือไม่ ความสำเร็จในการคัดเลือกในชั่ว F_2 ขึ้นอยู่กับขนาดประชากรที่ปลูกต้องมีขนาดใหญ่เพื่อให้พบลักษณะ หรือต้นที่ต้องการ มีระยะปลูกที่เหมาะสม มีการคัดเลือกอย่างเข้มงวดและคัดลักษณะที่ไม่ดีทิ้งไป รวมทั้งสามารถแยกความแตกต่างระหว่างผลที่เกิดจาการแข่งขันและลักษณะสัณฐานวิทยาที่ไม่ต้องการออกไป สาเหตุที่ทำให้ประชากรในชั่ว F_2 เป็นช่วงวิกฤตเพราะลักษณะหลายๆลักษณะจะคงตัวทางพันธุกรรมในชั่วต้นๆ แต่ในบางครั้งการคัดเลือกพร้อมกันหลายๆลักษณะในช่วงแรกประชากรจะยังคงมีการกระจายตัวการคัดเลือกอาจทำได้ไม่ดี ดังนั้นจึงอาจเปลี่ยนไปคัดเลือกในชั่ว F_3 หรือในชั่วหลังๆแทน การคัดเลือกในชั่ว F_2 จะเป็นการคัดเลือกที่ใช้ art มากกว่า science ประชากรพืชในชั่ว F_2 และ F_3 จะยังไม่คงตัวทางพันธุกรรม การคัดเลือกในชั่วดังกล่าวจะใช้ทำนายลักษณะเมื่อพืชมีความคงตัวทางพันธุกรรมในชั่วหลังๆ และเพื่อลดจำนวนพืชที่ไม่ต้องการออกไป Halil and Necmi (2005) คัดเลือกผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวใน early generation รวมทั้งศึกษาค่า heritability ของลักษณะต่างๆในข้าว โดยศึกษาในชั่ว F_3, F_4 และ F_5 พบว่าการคัดเลือกน้ำหนักเมล็ด และจำนวนเมล็ด/รวง มีประสิทธิภาพในการคัดเลือกในชั่วแรกๆ ทั้งสองลักษณะมีค่า heritability สูง ดังนั้น การคัดเลือกเพื่อลักษณะต่างๆในชั่วแรกๆค่า heritability จะเป็นตัวกำหนดการตอบสนองต่อการคัดเลือก Simmonds (1979) กล่าวว่าการคัดเลือกใน early

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

generation จาก Pedigree method จะมีประสิทธิภาพเฉพาะลักษณะที่มีค่า heritability สูง เท่านั้น เช่น ขนาดเมล็ด เช่นเดียวกับ Kato (1990) พบว่าการคัดเลือกขนาดเมล็ดข้าวสามารถคัดเลือกได้ในชั่วต้นๆหลังจากการผสมพันธุ์พืชเสร็จ Sneep (1977) พบว่าการคัดเลือกเพื่อผลผลิตที่สูงสามารถคัดเลือกได้ตั้งแต่ในชั่ว F_2 และในประชากรที่ยังมีการกระจายตัว Swati and Ramesh (2004) พบว่า grain yield มีค่า heritability สูง ในขณะที่ใบธงและความสูงต้นข้าวมีค่า heritability ปานกลาง Hosseini *et al*. (2005) พบว่าค่า heritability ของ grain yield ในข้าวมีค่าสูง เท่ากับ 61% (board sense heritability) ในขณะที่วันออกดอกและความสูงจะมีค่า heritability ปานกลาง Jennings *et al*. (1979) ลักษณะ grain length และ shape เป็นลักษณะเชิงปริมาณ ลูก F_1 ที่ได้จะมีลักษณะกึ่งกลางระหว่างพ่อและแม่ และในชั่ว F_2 จะมีการกระจายตัวของเมล็ดที่มีขนาดสั้นกว่าและยาวกว่าพ่อและแม่ ลักษณะ grain size เป็นลักษณะที่สามารถถ่ายทอดทางพันธุกรรมได้สูงในสภาวะแวดล้อมทั่วไป และลักษณะดังกล่าวจะคงตัวทางพันธุกรรมอย่างรวดเร็วในชั่วที่ยังมีการกระจายตัวทางพันธุกรรม ถ้าลักษณะ ที่ต้องการคัดเลือกไม่พบในชั่ว F_2 การคัดเลือกต่อใน F_3 จะไม่มีนัยสำคัญ แต่ถ้าลักษณะที่ต้องการปรากฏในชั่ว F_2 แล้วมีการกระจายตัวมาก การคัดเลือกอย่างเข้มงวดมีความจำเป็นอย่างมากในชั่วดังกล่าว ส่วนการทดสอบผลผลิตสามารถเริ่มทำได้ตั้งแต่ในชั่ว F_3 หรือ F_4 ซึ่งยังคงมีการกระจายตัวทางพันธุกรรม หรือจะทำให้ในชั่ว F_5 หรือ F_6 แม้ในชั่ว $F_6 – F_7$ จะยังมีการกระจายตัวอยู่บ้างเล็กน้อยในบางลักษณะได้แก่ ลักษณะของหางเมล็ด การเกิดสี การสุกแก่ และลักษณะของเอนโดสเปิร์ม He *et al*. (2006) ศึกษาค่า heredity ของลักษณะ Harvest Index (HI) ในข้าวและความสัมพันธ์ระหว่าง HI กับ ลักษณะทางการเกษตรที่สำคัญพบความสัมพันธ์ทางบวกกับอัตราการสะสมน้ำหนักของเมล็ด และมีความสัมพันธ์ทางลบกับ น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ความยาวรวง การปรับปรุงลักษณะ HI จะมีประสิทธิภาพ โดยการคัดเลือกความยาวรวง และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ซึ่งทั้งสองลักษณะมีค่า Heritability สูงสามารถคัดเลือกได้ตั้งแต่ ในช่วง early generation Shi *et al*. (1997) พบว่าปริมาณ อะไมโลสเป็นลักษณะที่มีค่า heritability สูง สามารถคัดเลือกลักษณะดังกล่าวได้ตั้งชั่ว F_2 หรือ F_3 Khush *et al*. (1979) กล่าวว่าการคัดเลือกลักษณะปริมาณอะไมโลสสามารถคัดเลือกได้ตั้งแต่ F_4 เป็นต้นไป

คุณภาพของเมล็ด (grain quality)

คุณภาพของเมล็ดแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ คุณภาพเมล็ดทางกายภาพ และคุณภาพทางเคมี คุณภาพเมล็ดทางกายภาพ เป็นลักษณะที่เกี่ยวข้องกับความยาว ความกว้างเมล็ด และความหนาของเมล็ด คุณภาพทางเคมีเป็นลักษณะที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบทางเคมีที่รวมกันเป็นเมล็ดแป้งซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวจะมีผลต่อคุณสมบัติการหุงต้มและรับประทานของข้าว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. ปริมาณอะไมโลส (amylose content)

อะไมโลสเป็นพอลิเมอร์สายยาวของน้ำตาลกูลโคส ประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคสหรือหน่วย α-D -กลูโคราโนซิล ประมาณ 250-2,000 หน่วย เรียงต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ที่ตำแหน่ง α-D (1-4) โมเลกุลของอะไมโลสเป็นพอลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคสสายยาวที่มีขนาดใหญ่มาก มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 10^6 ดาลตัน อะไมโลสไม่ละลายน้ำ แต่เมื่อเติมน้ำลงไปอะไมโลสจะเกาะตัวกันเป็นตะกอนที่ไม่ละลาย และเนื่องจากโมเลกุลของอะไมโลสเป็นสายยาว จึงมีโอกาสที่จะจับคู่กับอะไมโลสอีกโมเลกุลหนึ่ง เป็นสายยาวคู่ขนานเกาะกันด้วยพันธะไฮโดรเจน กลายเป็นตาข่ายที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำลดลงและตกตะกอนได้ ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า รีโทรเกรเดชัน และตะกอนที่ได้เรียกว่า retrograded starch อะไมโลสสามารถจับกับไอโอดีน โดยจะพันเป็นเกลียว (helical structure) รอบๆไอโอดีน ได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อน amylase-iodine complex มีสีน้ำเงิน สีที่เกิดขึ้นจะผันแปรตามความยาวของสายอะไมโลสและจำนวนเกลียว (helix turn) ของสายอะไมโลส

อะไมโลเพกติน (Amylopectin)

อะไมโลเพกตินเป็นโฮโมพอลิแซกคาไรด์ที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในเมล็ดแป้ง ประมาณ 70-100 เปอร์เซ็นต์ มีโครงสร้างของโมเลกุลเป็นพอลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคสที่มีสายแขนงแยกออกมา ซึ่งแต่ละแขนงจะมีน้ำตาลกลูโคสประมาณ 20-35 หน่วย ดังนั้นในโมเลกุลของอะไมโลเพกตินจึงมีทั้งพันธะ α1-4 และ α1-6 โดยจุดแยกของสายแขนงมีประมาณ 4-5 เปอร์เซ็นต์ของพันธะทั้งหมด โดยปกติอะไมโลเพกติน มีขนาดโมเลกุลใหญ่กว่าอะไมโลสมาก มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 10^6 - 5×10^8 ดาลตัล และทำปฏิกิริยากับสารละลายไอโอดีนได้สารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีแดง

การพัฒนาของแป้งในเมล็ดข้าว

แป้งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่สะสมอยู่ในพืชซึ่งพบทั้งในใบ ลำต้น ราก ผล และเมล็ด การเกิดแป้งในเมล็ดข้าวเอนโดสเปิร์มจะเริ่มมีการพัฒนาพร้อมกับการเกิดของเอมบริโอ จะเริ่มสร้างหลังจากที่ดอกบานได้ 5-15 วัน เอมบริโอเกิดจากขบวนการ double fertilization คือ sperm (n) ปฏิสนธิกับโพลาร์ นิวคลีไอ (2n) เกิดเป็นเอนโดสเปิร์มมีโครโมโซมเป็น 3n ลักษณะแป้งในเมล็ด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เกิดจากความแตกต่างระหว่างสัดส่วนของปริมาณอะไมโลสและอะไมโลเพกติน (อรอนงค์, 2547; นิธิยา, 2549)

การจำแนกข้าวตามลักษณะแป้งในเมล็ด

1. ข้าวเหนียว (glutinous rice หรือ waxy rice) เมล็ดข้าวสารจะมีสีขาวขุ่น เมื่อนึ่งแล้วจะได้ข้าวสุกที่จับตัวติดกันเหนียวแน่นและมีลักษณะใส ข้าวเหนียวประกอบด้วยแป้งชนิดอะไมโลเพกตินเป็นส่วนใหญ่ มีแป้งอะไมโลสอยู่เพียงเล็กน้อยหรือไม่มีเลย

2 .ข้าวเจ้า (non-glutinous rice) เมล็ดข้าวสารจะมีสีขาวใส เมื่อหุงหรือนึ่งสุกจะมีสีขาวขุ่นและร่วนกว่าข้าวเหนียว ข้าวแต่ละพันธุ์มีความนุ่มเหนียวต่างกัน ข้าวเจ้ามีแป้งอะไมโลสประมาณ 7-33 % และที่เหลือเป็นอะไมโลเพกติน

ไชยรัตน์ และคณะ (2543) ศึกษาและจำแนกปริมาณอะไมโลส รวมทั้งการนำไปใช้ดังนี้

ปริมาณอะไมโลส (%)	นำไปใช้ประโยชน์
2%	แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์รสหวานและน้ำสลัด
12-19%	ทำอาหารเด็ก อาหารเช้า ขนมปัง
20-25%	ทำขนมเด็ก ซุปกระป๋อง
มากกว่า 25%	ทำก๋วยเตี๋ยว ผลิตภัณฑ์เส้นต่างๆ

ข้าวเจ้าของไทยสามารถแบ่งตามคุณภาพข้าวสุก ได้เป็น 3 กลุ่ม คือกลุ่มข้าวนุ่มเหนียว (อะไมโลสต่ำ) กลุ่มข้าวตาแห้ง (อะไมโลสปานกลาง) และกลุ่มข้าวเสาไห้ (อะไมโลสสูง) ข้าวเจ้าส่วนใหญ่จะเป็นข้าวที่มากจากประเทศไทย เวียดนาม พม่าและอินเดีย ส่วนข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำส่วนมากจะเป็นชนิดจาโปนิกาขึ้นอยู่ในเขตร้อนชื้น ส่วนเป็นข้าวที่ขึ้นในประเทศฟิลิปปินส์ มาเลเซีย และอินโดนีเซีย มักเป็นข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสปานกลาง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.1 คุณภาพข้าวหุงสุกแบ่งตามปริมาณอะไมโลส

ปริมาณอะไมโลส		ชนิดข้าว	ข้าวสุก
Juliano (1993)	งามชื่น (2539)		
0-5	0-3	ข้าวเหนียว	เหนียวมาก
5.1-12.0	4-11	ข้าวเจ้าอะไมโลสต่ำมาก	เหนียว
12.1-20.0	12-19	ข้าวเจ้าอะไมโลสต่ำ	นุ่ม-เหนียว/หุงแฉะง่าย
20.1-25.0	20-25	ข้าวเจ้าอะไมโลสปานกลาง	ค่อนข้างนุ่ม-ร่วน
>25.0	26-34	ข้าวเจ้าอะไมโลสสูง	ร่วน แข็ง/หุงขึ้นหม้อ

ที่มา นิธิยา (2549)

พันธุกรรมที่ควบคุมลักษณะแป้งในเมล็ดข้าว

ปริมาณอะไมโลสถูกควบคุมด้วยยีนหนึ่งคู่ เรียกว่า waxy gene (Hirano, 1998) ตั้งอยู่บนโครโมโซมแท่งที่ 6 (Wang *et al*., 2007) ประกอบด้วยอย่างน้อย 2 alleles การแสดงออกของยีนจะพบเฉพาะในส่วนของเอนโดสเปิร์มและ pollen เท่านั้น Amano (1981) ซึ่งเป็น major gene และถูกควบคุมด้วย modifying gene ซึ่ง minor effect และ ปริมาณอะไมโลสที่สูง แสดงลักษณะ incompletely dominance (Seetharaman , 1959 ; Kahlon, 1965 ; Bollich and webb, 1973 ; Somrith, 1974 ; Chang and Li, 1981 ; Chauhan and Nanda ,1983) แต่ Khush and Kumar (1987) ศึกษาการถ่ายทอดลักษณะปริมาณอะไมโลสในข้าวคู่ผสมจำนวน 5 คู่ ระหว่างพ่อแม่ที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ ปานกลางและสูง พบว่ายีนสำหรับปริมาณอะไมโลสที่สูงจะแสดงลักษณะ completely dominant ต่อยีนปริมาณอะไมโลสปานกลาง และยีนของปริมาณอะไมโลปานกลางจะแสดงลักษณะเด่นต่อยีนของปริมาณอะไมโลสที่ต่ำ

Kumar and Khush (1986) พบว่าความแตกต่างของปริมาณอะไมโลสขึ้นอยู่กับ doses ของยีนในเอนโดสเปิร์ม และเนื่องจากเอนโดสเปิร์มมีลักษณะเป็น 3n ความแตกต่างของอะไมโลสขึ้นอยู่กับ dosage ของ wx allele Heu and park (1976) ศึกษา dosage effect พบว่าเอนโดสเปิร์มมีจีโนไทป์ WxWxWx ,WxWxwx , Wxwxwx และ wxwxwx dosage effect ของ Wx allele ปฏิกิริยาของยีนเป็น additive ในการสร้างอะไมโลสแม้ว่าปริมาณอะไมโลสจะไม่ได้เพิ่มขึ้นโดยตรงตามการเพิ่มขึ้นของจำนวน Wx dose

Sano (1984) ผสมพันธุ์ข้าวที่มีพันธุกรรม heterozygous Wx/wx ลูก F_2 กระจายตัวเป็น WxWxWx ,WxWxwx , Wxwxwx และ wxwxwx อัตราส่วน 1:1:1:1 และมี phenotype เป็น 3Wx :

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1wx waxy gene ที่อยู่ในสภาพ homozygous จะสร้างปริมาณอะไมโลส 15 – 30% และอะไมโลเพกติน 85 – 70% waxy gene ยีนในสภาพ wx alleles จะไม่มีการสร้างปริมาณอะไมโลส และ แสดงลักษณะ incompletely recessive ต่อ Wx alleles

ในข้าวเอเชีย Waxy gene ประกอบด้วย 2 alleles คือ Wx^a และ Wx^b ทั้ง 2 alleles จะเกี่ยวข้องกับเอนไซม์ granule bond starch systhase (GBSS) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่มีความสำคัญมากที่สุดในกระบวนการสร้างอะไมโลส ข้าวแต่ละชนิดจะมีปริมาณอะโลสต่างกันเป็นผลมาจากความแตกต่างของ alleleใน Waxy gene โดย Wx^a จะพบมากในกลุ่มข้าวชนิด อินดิกา และ Wx^b พบมากในกลุ่มข้าวชนิดจาโปนิกา (Sano, 1984 ; Mikami *et al*., 2000 ; Han *et al*., 2004 ; Mikami et al., 2008) Wx^a จะสร้างอะไมโลสได้ในปริมาณที่มากกว่า Wx^b จึงทำให้ข้าวชนิดอินดิกามีปริมาณ อะไมโลสในเมล็ดสูงกว่าข้าวชนิดจาโปนิกา (Mikami *et al*., 2000) ได้ศึกษาผลของ allele ทั้ง 2 ต่อพื้นฐานทางพันธุกรรมของข้าวทั้งชนิดอินดิกา และ จาโปนิกา โดยผสมพันธุ์ข้าวโดยวิธี backcross จากข้าวชนิดจาโปนิกา (T65) ซึ่งมีalleleชนิด Wx^b กับไปหาข้าวชนิดอินดิกา (IR36) ซึ่งทำให้ข้าวทั้งสองมี allele เหมือนกันคือ Wx^b ผลปรากฏว่าข้าวชนิดอินดิกา มีปริมาณอะไมโลสลดลงและต่ำกว่าชนิดจาโปนิกา ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพื้นฐานทางพันธุกรรมของข้าวชนิดอินดิกามีปริมาณอะไมโลสต่ำกว่าข้าวชนิดจาโปนิกา หากทำให้ข้าวทั้งสองชนิดมี allele เหมือนกัน ข้าวชนิดอินดิกาจะมีปริมาณอะไมโลสต่ำกว่าชนิดจาโปนิกาและข้าวที่มีรูปร่างเมล็ดยาวที่กว่าจะมีปริมาณอะไมโลสสูงกว่า (Williams *et al*., 1958)

ปริมาณอะไมโลสเป็นลักษณะเด่นในเอนโดสเปิร์ม ปริมาณอะไมโลสสูงจะแสดงลักษณะเด่นต่อปริมาณอะไมโลสปานกลาง และปริมาณอะไมโลสปานกลางแสดงลักษณะเด่นต่อปริมาณอะไมโลสที่ต่ำ การควบคุมของยีนจะอยู่ในลักษณะการข่มไม่สมบูรณ์(incomplete dominant) และอยู่ในรูปแบบของ heterozygous (Wx) ส่วนอะไมโลเพกทินถูกควบคุมด้วยยีนด้อย (recessive gene)ในรูป homozygous (wx)การถ่ายทอดลักษณะทางปริมาณของอะไมโลสเป็นการถ่ายทอดจากพ่อแม่ที่มีแป้งต่างชนิดกัน เมื่อนำมาผสมพันธุ์ลูกที่เกิดขึ้นในชั่วที่ 1 จะมีลักษณะเป็น intermediate แต่ถ้าในพ่อแม่ที่มีแป้งชนิดเดียวกัน คือมีปริมาณอะไมโลสต่ำทั้งคู่ ลูกที่ได้จะมีปริมาณอะไมโลสต่ำไปด้วย (IRRI, 1975) และปริมาณอะไมโลสในลูกผสมจะสูงขึ้นได้พ่อหรือแม่จะต้องมีปริมาณอะไมโลสที่สูง (Chen *et al* ., 2002) เนื่องจากการถ่ายทอดลักษณะทางปริมาณของอะไมโลสเป็น additive ควบคุมด้วยยีนหนึ่งตัว จำนวนยีนที่เพิ่มมากขึ้นตามลำดับส่งผลให้ปริมาณอะไมโลสเพิ่มขึ้นตามไปด้วย (IRRI, 1986) และเอนโดสเปิร์ม ของข้าวมีโครโมโซมเป็น 3n จะได้รับ 2n จากแม่และ n จากพ่อ ลักษณะที่เกิดขึ้นทำให้การถ่ายทอดทางปริมาณของ อะไมโลสเกิดได้หลายทาง เพราะลักษณะของ 3n นั้นสามารถกระจายตัวให้ลักษณะทางพันธุกรรม ที่เกิด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความแตกต่างได้หลายแบบ การถ่ายทอดลักษณะปริมาณอะไมโลสจะเกิดได้สมบูรณ์บางครั้งอาจเป็นผลมาจาก epitasis และ cytoplasmic effect รวมทั้งลักษณะ triploid ของเอนโดสเปิร์มด้วย

Jong Gun won *et al*. (2002) กล่าวว่าปริมาณอะไมโลสถูกควบคุมด้วย non-additive gene เช่น dominant genes และได้รับผลจาก maternal effect Pooni *et al*. (1992) และ Shi *et al*. (1997) ปัจจัยสำคัญในการควบคุมปริมาณอะไมโลส maternal effect และ cytoplasmic effect

Xu *et al*. (1995) ปริมาณอะไมโลสในข้าวถูกควบคุมด้วย triploid endosperm effect และ cytoplasmic effect

Lin (2005) ปริมาณอะไมโลสควบคุมด้วย genetic main effects จากเอนโดสเปิร์ม cytoplasm และ maternal effect

Ping *et al*. (2005) ศึกษาผลของพันธุกรรมต่อการพัฒนาของเมล็ดในการสร้างปริมาณอะไมโลสในช่วง grain filling โดยศึกษาที่ระยะเวลาต่างกัน 4 ช่วง และใช้รูปแบบการศึกษาลักษณะ quantitative คือ ศึกษาการแสดงออกของ triploid ของเอนโดสเปิร์ม , cytoplasmic และ diploid mother ซึ่งมีความสำคัญต่อการพัฒนาของลักษณะอะไมโลสในระยะต่างๆโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงแรกและช่วงกลางของระยะ filling พบว่าในช่วงสุดท้ายของระยะ filling จะได้รับอิทธิพลจากแม่มากที่สุด และการแสดงออกของยีนในระยะ 7, 14 และ 21 วันหลังจากดอกบาน สิ่งแวดล้อมจะเข้ามามีอิทธิพลต่อการสร้างปริมาณอะไมโลสมากที่สุด ในขณะที่ข้าวเริ่มสุกแก่ยีนจะมีความคงที่สม่ำเสมอมาก การปรับปรุงโดยเลือกพันธุ์ที่มีปริมาณอะไมโลสที่เหมาะสมจะประสบผลสำเร็จมากในช่วงนี้เพราะเป็นผลมากจาก additive และ cytoplasmic

Chang *et al*. (2007) ศึกษาความแตกต่างของปริมาณอะไมโลสภายในรวงข้าว พบว่าลักษณะทางสัณฐานวิทยาของรวงข้าวมีความสัมพันธ์ต่ำกับค่าเฉลี่ยของปริมาณอะไมโลสโดยเฉลี่ยทั้งรวงแต่มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดระหว่างความแปรปรวนของปริมาณอะไมโลส และการกระจายภายในรวงในพันธุ์ที่มีรวงข้าวแบบ compact (ความหนาแน่นของเมล็ดมากกว่า 6.5 เมล็ด/เซนติเมตร และมีการโน้มของรวงน้อยกว่า 30 องศา) จะมีความแปรปรวนมากกว่าพันธุ์ที่มีรวงข้าวแบบ loose (ความหนาแน่นของเมล็ดน้อยกว่า 6.0 เมล็ด/เซนติเมตร และรวงโน้มเอียงมากกว่า 70 องศา) ความแตกต่างของปริมาณอะไมโลส ระหว่างรวงขึ้นอยู่กับชนิดพันธุ์ข้าว นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณอะไมโลสมีความแตกต่างกันมากระหว่างระแง้ที่อยู่ตรงกลางรวงกับระแง้ที่อยู่บนสุด ในข้าวที่มีรวงแบบ compact ส่วนข้าวที่มีรวงแบบ loose จะพบความแตกต่างระหว่างระแง้ที่อยู่กลางรวงกับระแง้ที่อยู่ด้านล่าง ความแปรปรวนระหว่างรวงภายในต้นเดียวกันจะมีมากกว่า (Gomez, 1979)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปัจจัยของสิ่งแวดล้อมต่อการสร้างอะไมโลส

การถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะอะไมโลสนอกจากจะถูกควบคุมด้วยพันธุกรรมแล้วยังถูกควบคุมปัจจัยทางสิ่งแวดที่ข้าวขึ้นอยู่รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อมด้วย (She *et al*. 1997) โดยการแสดงออกของปริมาณอะไมโลสจะเปลี่ยนไปตามสภาพแวดล้อมประมาณ 6 % (Juliano, 1972)

1. ผลของอุณหภูมิต่อการสร้างปริมาณอะไมโลส

อุณหภูมิเป็นปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่มีความสำคัญต่อปริมาณอะไมโลสในเมล็ดมากที่สุด Zhong *et al*. (2005) ศึกษาการเสื่อมสภาพของคุณภาพการหุงต้มและรับประทานของข้าวที่อุณหภูมิสูงช่วงระยะ grain filling ในข้าวชนิดอินดิกา early – season ที่มีปริมาณอะไมโลสแตกต่างกันจำนวน 4 พันธุ์ โดยเริ่มศึกษาตั้งแต่ข้าวเริ่มออกดอกจนกระทั่งสุกแก่ พบว่าอุณหภูมิที่สูงมีผลต่อปริมาณ อะไมโลส และ ความคงตัวของแป้งสุก (gel consistency) ภายใต้อุณหภูมิที่สูงข้าวพันธุ์ Jiayu 353 จะมีปริมาณอะไมโลสเพิ่มขึ้น ส่วนในพันธุ์ Guangluai 4 มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณอะไมโลสเพียงเล็กน้อย ซึ่งปกติมีปริมาณอะไมโลสสูงอยู่แล้ว และปริมาณอะไมโลสจะลดลงในพันธุ์ Zhefu 49 และ พันธุ์ Jiazao 953 ซึ่งปกติมีปริมาณอะไมโลสต่ำอยู่แล้ว ในทางตรงข้ามอุณหภูมิสูงจะลดหรือรักษาค่าความคงตัวของแป้งสุก สำหรับพันธุ์ที่มีปริมาณอะไมโลสสูง และจะเพิ่มค่าความคงตัวของแป้งสุกในข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ นอกจากนี้ยังพบว่าถ้าอุณหภูมิที่สูงจะเพิ่มอุณหภูมิแป้งสุก (gelatinization temperature) ในทุกพันธุ์ จากงานทดลองดังกล่าวสรุปได้ว่าอุณหภูมิที่สูงในช่วงระยะ grain filling จะมีการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบและลักษณะโครงสร้างของแป้ง ซึ่งจะส่งผลต่อการเสื่อมสภาพของคุณภาพการหุงต้มและรับประทานของข้าวในข้าวชนิดอินดิกา early –season

Cheng *et al*. (2005) ศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของแป้งและเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แป้ง ในข้าวชนิดอินดิกา จำนวน 2 พันธุ์ ซึ่งมีความแตกต่างของปริมาณอะไมโลส (AC, %) พันธุ์ Jia 935 (low AC) และพันธุ์ Jia 353 (high AC) พบว่าผลของอุณหภูมิต่อลักษณะปริมาณอะไมโลสและโครงสร้างของอะไมโลเพกตินจะขึ้นอยู่กับพันธุ์ อุณหภูมิที่สูงเป็นสาเหตุทำให้การลดปริมาณอะไมโลสและเพิ่มสัดส่วนของอะไมโลเพกตินในพันธุ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Jia 935 โดยอุณหภูมิที่สูงจะลดและเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ granule bond starch systhase (GBSS) ในพันธุ์ Jia 935 และพันธุ์ Jia 353 ตามลำดับ

Umemoto *et al.* (1995) ศึกษาการสังเคราะห์แป้งและปริมาณอะไมโลสในเอนโดสเปิร์มในข้าวเจ้าชนิดจาโปนิกา พันธุ์ Akitokamach พบว่าปริมาณอะไมโลสจะเพิ่มสูงขึ้นถ้าอุณหภูมิในช่วงที่ข้าวสุกแก่ลดลงจาก 25 องศาเซลเซียส เป็น 15 องศาเซลเซียส โดยที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส การทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างอะไมโลสจะทำงานได้ดีกว่าที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

IRRI (1976) พบว่าถ้าเพิ่มอุณหภูมิ 2-3 องศาเซลเซียสในช่วงที่ข้าวสุกแก่จะทำให้ปริมาณอะไมโลสลดลง 1% โดยอุณหภูมิในตอนกลางคืนในช่วงแรกของการสุกแก่ของข้าวจะมีอิทธิพลต่อปริมาณอะไมโลสในเมล็ดมากที่สุด แต่ถ้าอุณหภูมิลดต่ำลงประมาณ 3-4 องศาเซลเซียสจะทำให้ปริมาณอะไมโลสเพิ่มขึ้นประมาณ 1-2%

ถึงแม้การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจะทำให้ปริมาณอะไมโลสลดลง แต่อย่างไรก็ตามการตอบสนองต่ออุณหภูมิยังขึ้นอยู่กับชนิดของข้าว นอกจากนี้ยังขึ้นกับการถ่ายทอดปริมาณอะไมโลสด้วย ในข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำการเพิ่มของอุณหภูมิจะทำให้ปริมาณอะไมโลสลดลง แต่ในข้าวที่มีปริมาณอะไมโลส สูงอยู่แล้วการเปลี่ยนของอุณหภูมิจะไม่ทำให้ปริมาณอะไมโลสเปลี่ยนแปลงหรือเปลี่ยนแปลงน้อยมาก

2. ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการสร้างอะไมโลส

ขวัญเนตร (2541) ศึกษาผลการสารควบคุมการเจริญเติบโตในข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 และสุพรรณบุรี 60 พบว่าในข้าวประทุมธานี 1 กรดแอบไซซิกทำให้ปริมาณอะไมโลสในเมล็ดลดลง เอทีฟอนทำให้ปริมาณโปรตีนในเมล็ดเพิ่มขึ้น ส่วนข้าวเจ้าสุพรรณบุรี 60 กรดแอบไซซิก และเอทิฟอนทำให้ปริมาณ อะไมโลสลดลง ปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น เบนซิลอะดีนีน และกรดจิบเบอเรลลิก ทำให้ปริมาณอะไมโลสลดลง ซึ่งสารควบคุมการเจริญเติบโตจะมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ Starch branching ในเมล็ด

3. ผลของการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณอะไมโลส

เพลงพิณ (2541) ศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณอะไมโลส คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยเก็บรักษาที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อุณหภูมิ 25 และ 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7 เดือน ในถุงพลาสติก polypropylene หนา 70 ไมโครเมตร พบว่า ความชื้นของข้าวเปลือกที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ลดลงมากว่าที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ส่วนปริมาณอะไมโลสในทั้ง 2 อุณหภูมิที่เก็บรักษาไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เวลาในการเก็บรักษานานขึ้นความคงตัวของแป้งสุกเพิ่มขึ้น แต่ข้าวที่เก็บที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ความคงตัวของแป้งสุกเพิ่มมากขึ้นกว่าข้าวที่เก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ระยะเวลาและอุณหภูมิการเก็บรักษาไม่มีผลต่อค่าการสลายเมล็ดในด่าง

4. ปัจจัยอื่นๆ

การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจะทำให้ปริมาณอะไมโลสในข้าวลดลง เป็นเพราะว่าปริมาณไนโตรเจนจะทำให้ปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น และลดปริมาณแป้งลง (IRRI, 1976) แต่การลดลงของปริมาณอะไมโลสไม่ได้ขึ้นอยู่กับระยะในการใส่ปุ๋ย (Gomez, 1979) ส่วนการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมไม่มีผลต่อปริมาณอะไมโลส (Bahmaniar and Ranjbar, 2007) ปริมาณอะไมโลสจะเพิ่มขึ้นถ้าการขัดสี (milling) เพิ่มขึ้น เพราะการขัดสีจะทำให้แป้งลดลงแต่ไขมันจะเพิ่มขึ้น Williams *et al*., (1958) อ้างโดย IRRI (1976) พบว่าวันปลูกไม่มีผลต่อปริมาณอะไมโลสในเมล็ดข้าว

2. อุณหภูมิแป้งสุก (gelatinization temperature)

เป็นอุณหภูมิที่ทำให้แป้งกลายเป็นเจลเปลี่ยนจากลักษณะทึบแสงเป็นโปร่งใส อุณหภูมิแป้งสุกมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาการหุงต้มโดยทั่วไป การต้มข้าวให้สุกต้องใช้เวลา 13-27 นาที ข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกสูงต้องใช้ระยะเวลาในการหุงต้มนานกว่าข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ การวิเคราะห์คุณสมบัตินี้ สามารถประมาณระดับของอุณหภูมิแป้งสุก โดยการหาค่าการสลายเมล็ดข้าวสารในด่าง (alkali test) โดยแช่เมล็ดข้าวสารในสารละลาย KOH 1.7% นาน 23 ชั่วโมง และใช้ค่าการสลายของเมล็ดที่ปรากฏ มาประมาณระดับอุณหภูมิแป้งสุก

เนื่องจากปริมาณอะไมโลสเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้คุณภาพข้าวแตกต่างกัน ดังนั้น นอกจากระยะเวลาในการหุงต้มแล้ว ผลกระทบจากอุณหภูมิข้าวสุกต่อคุณภาพข้าวสุกจึงไม่ค่อยชัดเจนแต่หากจำกัดกลุ่มข้าวให้มีปริมาณอะไมโลสแตกต่างกันเล็กน้อย อุณหภูมิแป้งสุกจะแสดงผลออกมากล่าว คือ ในกลุ่มข้าวเหนียว หากมีอุณหภูมิแป้งสุกสูงหรือปานกลางจะมีคุณภาพไม่เป็นที่ยอมรับเนื่องจาก เมื่อนึ่งสุกจะได้ข้าวแข็งและสุกๆดิบๆ สำหรับข้าวเจ้าอะไมโลสต่ำหากมีอุณหภูมิแป้งสุก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ระดับปานกลาง-สูง ก็จะมีคุณภาพไม่ดี กล่าวคือ การหุงต้มข้าวประเภทนี้หากต้องการต้มข้าวให้สุกต้องใช้ระยะเวลานาน ในระหว่างการต้มเมล็ดข้าวจะดูดซึมน้ำเข้าไปด้วย ทำให้ปริมาณน้ำมากเกินไป สำหรับข้าวอะไมโลสต่ำข้าวสุกที่ได้จะแฉะเละ แต่ถ้าหุงต้มโดยจำกัดปริมาณน้ำให้เหมาะสมกับอะไมโลสการหุงต้มจะไม่สมบูรณ์ทำให้ได้ข้าวสุกๆดิบๆ (งามชื่น, 2547)

ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าว การคงตัวของอุณหภูมิแป้งสุก จะถูกนำมาศึกษาในกรณีที่ข้าวมีปริมาณอะไมโลสที่เท่ากัน และขนาดของเมล็ดที่เท่ากัน ตัวอย่างในข้าวพันธุ์ IR 36 และ IR 8 ทั้งสองพันธุ์มีขนาดเมล็ดเท่ากันและปริมาณอะไมโลสเท่ากันแต่เมื่อวิเคราะห์อุณหภูมิการคงตัวของแป้งสุกจะพบว่า IR 36 มีอุณหภูมิการคงตัวของแป้งสุกปานกลาง ซึ่งมีการหุงต้มที่ดีกว่าข้าวพันธุ์ IR 8 (Khush *et al*., 1979)

แอนโทไซยานิน

แอนโทไซยานินมาจากภาษากรีก 2 คำ คือ *anthos* :flower และ *kyanos* :blue แอนโทไซยานินเป็นรงควัตถุที่มีสีแดงไปจนถึงสีม่วงหรือน้ำเงินที่อยู่ในกลุ่มของรงควัตถุที่มีชื่อว่าฟลาโวนอยด์ (flavonoid) ซึ่งจัดเป็น second metabolite มักพบแอนโทไซยานินอยู่ในแวคคิวโอของเซลล์ที่อยู่ในเนื้อเยื่อชั้น sub –epidermis แอนโทไซยานินสามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว เช่น แอลกอฮอล์และละลายในน้ำได้ (Moskowitz and Hradina, 1981 ; Abdel-Aal *et al*., 2006) สีของแอนโทไซยานิน (anthocyanin)ในข้าว มีอยู่ 4 ระดับคือ 1.colorless 2.rose red 3.pansy purple 4.blackish red purple (Nagao and Takahashi, 1948) สีที่เกิดจากแอนโทไซยานินนั้นจะปรากฏในเกือบทุกส่วนของพืช พบว่าโดยส่วนใหญ่แล้ว สีที่ปรากฏขึ้นบนส่วนต่างๆของข้าวเหนียวดำ เกิดจากรงควัตถุแอนโทไซยานินและรงควัตถุที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน ใน rice anthocyanin มีสารประกอบให้สีคือ แอนโทไซยานิน โดยมีไซยานิดิน (cyanidin) และพีโอนิดิน (peonidin) เป็นองค์ประกอบหลักและยังพบแอนโทไซยานินตัวอื่นๆ อีกเรียกข้าวชนิดนี้ว่า “purple rice” (Hayashi *et al*., 1952)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พันธุกรรมที่ควบคุมการแสดงออกของแอนโทไซยานิน

Reddy (1996) พบว่ามียีนหลายตัวที่ควบคุมการแสดงออกของแอนโทไซยานินในส่วนต่างๆ ของต้นข้าว สำหรับการศึกษา inheritance ของแอนโทไซยานินในส่วนต่างของข้าวเริ่มมีการศึกษาในปี 1940-1950s Nagao and Takahashi (1947) และ Ramiah and Rao (1953) สรุปว่าลักษณะพันธุกรรมที่ควบคุมการเกิดสีในต้นข้าว เกิดจากการทำงานร่วมกันของยีน 2 คู่ โดยคู่ที่ 1 เกี่ยวข้องกับการสร้าง chromogen ซึ่งให้สัญลักษณ์เป็น C ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการผลิตรงควัตถุ และยีนอีกหนึ่งคู่คือ ยีน A (activator) ทำหน้าที่เปลี่ยน chromogen ไปเป็นรงควัตถุให้เกิดสี หากยีนคู่ใดหายไปจะไม่ทำให้เกิดสีขึ้น โดยยีนต้องอยู่ในสภาพ homozygous นอกจากนี้ยังมียีน P จะเป็นตัวควบคุมการกระจายตัวหรือกำหนดตำแหน่งแอนโทไซยานินในส่วนต่างๆของพืชและมี inhibitor genes (I-) เป็นตัวยับยั้งการกระจายตัวของ genes และเมื่อเปรียบเทียบขนาดโครโมโซมของข้าวเหนียวดำและข้าวขาวจะพบว่าข้าวเหนียวมีขนาดโครโมโซมใหญ่กว่าข้าวขาว (สุณิสา, 2542)

การแสดงออกของสีม่วงในลำต้นและใบ

รงควัตถุในกลุ่มแอนโทไซยานิน จะให้สีบนต้นข้าวที่แตกต่างกันออกไป และมีการกระจายรงควัตถุไปตามส่วนต่างๆ ของต้นข้าวแตกต่างกันตามสายพันธุ์ (Dhulppanavar, 1973; Dhulppanavar *et al*., 1975) ส่วนใหญ่พบรงควัตถุ และให้สีในทุกส่วนของต้นข้าวที่เป็นลำต้นและใบ และเกือบทุกส่วนของช่อดอก (floral part) ยกเว้นในส่วนของต้นอ่อน หรือเอนโดสเปิร์มที่ไม่พบการกระจายของรงควัตถุ (Chang, 1964)

โดยปกติการสร้างสีของแอนโทไซยานินในส่วนของลำต้นและใบ ก็ต่อเมื่อมีการปรากฏสีในส่วนของ apiculus เท่านั้น ซึ่งโดยมากจะไม่พบข้าวที่มีสีในลำต้นและใบ แต่ apiculus ไม่มีสี (Oka,1990) โดยยีนที่มีสีม่วงจะเป็นลักษณะเด่นข่มสีเขียวและสีขาวในทุกลักษณะ

การแสดงออกของของสีเยื่อหุ้มเมล็ด

สีของเปลือกเมล็ดพัฒนามาจากกลีบดอกชั้นใน (inner glume) และชั้นแอลิวโรน (aleurone layer) พัฒนามาจากผนังรังไข่ มิได้มีส่วนสัมพันธ์กันแต่อย่างใด ดังนั้น สีม่วงของเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวกล้องเป็นลักษณะเฉพาะ (unique characteristic) ของข้าวก่ำ และการแสดงสีของลักษณะนี้เป็นอิสระไม่มีความสัมพันธ์ใดๆกับพรรณพฤกษ์ของลักษณะอื่นๆของต้นแต่อย่างใด สีดำ หรือสีม่วง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ของเมล็ดข้าวจะปรากฏอยู่ในส่วนของ pericarp layer (Abdel-Aal *et al*., 2006 ; Ryu *et al*., 1998 ; Cho *et al*., 1996) สุณิสา (2542) พบว่าลักษณะทางพันธุกรรมที่ควบคุมการเกิดสีในเยื่อหุ้มเมล็ดมีการแสดงปฏิกิริยาระหว่างยีนเป็นแบบ incomplete dominance Zhang *et al*. (1995) ศึกษาผลของพันธุกรรมต่อปริมาณรงควัตถุ ที่สะสมอยู่ใน pericarp ใน black rice grain พบว่าปริมาณรงควัตถุใน pericarp ควบคุมด้วย quantitative inheritance โดยพบว่า high pigment content แสดงลักษณะข่มต่อ low pigment content , deep black แสดงลักษณะข่มต่อ light black และ black pericarp แสดงลักษณะข่มต่อ non – pigment สีของ pericarp ควบคุมด้วย gene Pb อยู่บนโครโมโซมแท่งที่ 4 สีม่วงและลักษณะเด่นต่อสีขาว (Wang and Shu, 2007)

ความแตกของปริมาณแอนโทไซยานินที่สะสมในเมล็ด

และในแต่ละข้าวแต่พันธุ์จะมีประมาณแอนโทไซยานินแตกต่างกันซึ่ง Ryu *et al*. (1998) ได้ศึกษาปริมาณแอนโทไซยานินในข้าวชนิดจาโปนิกา จำนวน 9 พันธุ์ พบความแตกต่างของปริมาณแอนโทไซยานินสะสมตั้งแต่ 0- 480 mg/100 g โดยพบไซยานิดิน (cyanidin) ในสัดส่วนมากที่สุด และพีโอนิดิน (peonidin) รองลงมา จักรฤกษ์ (2550) ศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของปริมาณไซยานิดิน 3 – กลูโคไซด์ ในข้าวก่ำพันธุ์พื้นเมืองพบว่ามีประมาณไซยานิดิน 3 – กลูโคไซด์ตั้งแต่ 16.23 -265.01 mg/100 g และพบว่าสีของเปลือกหุ้มเมล็ดที่มีความใกล้เคียงกันไม่สามารถบ่งบอกถึงปริมาณสารดังกล่าวได้ และไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างสารกับลักษณะทางคุณภาพของเมล็ดอื่นๆ ด้วย Hemori *et al*. (2009) ศึกษาผลของการหุงต้มต่อปริมาณแอนโทไซยานินในข้าวเหนียวดำชนิดจาโปนิกา ปริมาณแอนโทไซยานินที่พบมากที่สุดคือ cyanidin-3-glucoside (572.47 μg/g; 91.13% of total) and peonidin-3-glucoside (29.78 μg/g; 4.74% of total) และผลการหุงต้มทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินลดลงถึง 79.8%

ปัจจัยอื่นๆที่มีผลต่อการแสดงออกของสีม่วงข้าว

1. แสง เป็นปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการสะสมและสลายตัวของแอนโทไซยานินมากที่สุด ซึ่งแสงมีผลต่อการสร้างหรือสังเคราะห์รงควัตถุ ถ้าพืชได้รับแสงมาก จะทำให้การสังเคราะห์รงควัตถุมากขึ้นด้วย การสะสมของแอนโทไซยานินจะเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับความเข้มของแสงมากขึ้น Siegelman and Hendricks (1958) และ Reddy *et al*. (1994) ได้ศึกษาผลของแสงต่อการสร้างแอนโทไซยานินโดยศึกษาในต้นกล้าของข้าวพันธุ์ purple puttu พบว่าต้นกล้าที่ได้รับแสงต่างกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จะมีการสะสมแอนโทไซยานินที่ต่างกัน ส่วนข้าวที่ขึ้นเจริญในที่มืดพบว่าไม่มีการสะสมแอนโทไซยานินและยังพบว่าต้นกล้าที่มีอายุน้อยกว่าจะมีการตอบสนองต่อแสงแดดมากกว่า โดยแสงจะไปมีผลต่อเอนไซม์ phenylalanine ammonium lyase (PAL) ซึ่งเป็นเอนไซม์ตัวหนึ่งที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แอนโทไซยานิน Sarma and Sarma (1999) ทำการทดลองอีกครั้งเพื่อเป็นการยืนยันว่าแสงเป็นตัวชักนำการทำงานของเอนไซม์ PAL ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสร้างแอนโทไซนินในข้าว

2. อุณหภูมิ มีผลต่อการสังเคราะห์แอนโทไซยานิน โดยอุณหภูมิต่ำจะกระตุ้นการสังเคราะห์แอนโทไซยานิน และอุณหภูมิสูงจะยับยั้งการสังเคราะห์แอนโทไซยานิน Phoka *et al.* (2005) พบว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญของการสะสมปริมาณแอนโทไซยานินในเมล็ดข้าวโดยข้าวที่ปลูกในฤดูหนาวหรือปลูกที่อุณหภูมิต่ำนั้นจะมีปริมาณแอนโทไซยานินสะสมมากกว่าข้าวที่ปลูกในฤดูร้อนและอุณหภูมิสูง Cheon Chae *et al.* (2004) ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง Cyanidin-3-glucoside (C3G)ในช่วงที่ข้าวกำลังสุกแก่ โดยศึกษาที่อุณหภูมิ 18, 21, 24 และ 27 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิในช่วงสุกแก่ต่างกันจะทำให้เกิดความแปรปรวนของการสะสม Cyanidin-3-glucoside (C3G) ต่างกัน ที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียสปริมาณ Cyanidin-3-glucoside(C3G) ของพันธุ์ Heugjinjubyeo และพันธุ์ Heugnambyoe จะมีปริมาณ C3G สะสมสูงสุดเท่ากับ 1,837 mg/100g ในพันธุ์ Heugjinjubyeo และในพันธุ์ Heugnambyoe จะมีปริมาณ C3G เท่ากับ 361 mg/100g ส่วนในพันธุ์ Ilpumbyeo พบว่าไม่มี C3G

3. ดินและปุ๋ย และความชื้นในดิน ช่วยกระตุ้นการสร้างแอนโทไซยานิน และในสภาพพื้นที่ที่แห้งแล้ง หรือในฤดูที่อากาศแห้งแล้ง มีความชื้นในดินต่ำ พบว่าการสังเคราะห์แอนโทไซยานินจะลดลง (Saure, 1990) ธาตุไนโตรเจนเป็นธาตุที่มีความสำคัญต่อการสร้างแอนโทไซยานิน แต่ถ้ามีปริมาณมากเกินไปการสร้างแอนโทไซยานินจะลดลง (Kliewer, 1977) นอกจากนี้ ฟอสฟอรัส แคลเซียม โพแทสเซียม ยังมีผลต่อการสร้างแอนโทไซยานินด้วย โดยข้อมูลในส่วนนี้ได้ทำการศึกษาในผักและผลไม้เป็นส่วนมาก ข้อมูลของข้าวโดยตรงยังไม่มีแน่ชัด

4. ระยะการเจริญเติบโตของพืช พบว่าปริมาณหรือความเข้มของแอนโทไซยานินจะเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลาของการเจริญเติบโตของพืช เช่น ในการงอก (germination) มักไม่พบแอนโทไซยานิน เนื่องจากในช่วงนี้เกิดขบวนการ hydrolysis ซึ่งแอนโทไซยานินสามารถละลายได้ในน้ำ และในช่วงหลังออกดอกจะพบว่าแอนโทไซยานินจะไปสะสมรวมกันในส่วนของใบ เปลือก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และเมล็ดมากกว่าส่วนอื่นๆ (สรศักดิ์ , 2531) ในองุ่น การสร้างแอนโทไซยานินจะเพิ่มปริมาณขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะแรกของการเจริญและจะมีปริมาณลดลง เมื่อถึงระยะสุกแก่เต็มที่ (Riberau-Gayon , 1982) Phoka *et al.* (2005) พบว่าหลังจาก ที่ข้าวมีการผสมพันธุ์แล้วระดับแอนโทไซยานินในเมล็ดข้าวจะเพิ่มมากขึ้นๆ จนถึง10วันก่อนการเก็บเกี่ยวหรือ 20 วันหลังจาก pollination ส่วนในใบข้าวปริมาณแอนโทไซยานินในจะเพิ่มขึ้นจาก 5-20 มิลลิกรัม/100 กรัม ในช่วงที่กำลังสุกแก่ และในช่วง senescence จะพบ highly significant negative correlation ระหว่าง คลอโรฟิลล์และปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (Mazza and Miniati, 1993)

5. pH แอนโทไซยานินจะมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและสีไปตามค่าความเป็นกรด ด่าง ของสารละลายในแวคคิวโอที่เปลี่ยนแปลงไปถ้า pH เท่ากับ 1 จะมีสีแดงส้ม ถ้า pH น้อยกว่า 6จะไม่มีสี ถ้า pH มากกว่า 6 จะมีสีม่วงหรือน้ำเงิน และถ้า pH เป็นด่างมากเกินไปโครงสร้างของแอนโทไซยานินจะเสียไป Fossen *et al.* (1998) ได้สกัดแอนโทไซยานิน (C3G) ในข้าวแล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ10และ23 องศาเซลเซียสที่ pH ช่วงต่างๆตั้งแต่ 1-9 และ1-12 (Cabrita *et al.*, 2000) จากทั้งสองการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ถ้า pH ต่ำๆ C3G จะมีความคงตัวของสีสูงอยู่ 70% หลังจากเก็บรักษาได้ 60 วัน และถ้า pH มากกว่า 3.1 เป็นต้นไปจะทำให้ความคงตัวของสีลดลงเรื่อยๆที่ค่า pH ระหว่าง 5-6 ความคงตัวจะลดลงอย่างรวดเร็วหลังจากเก็บได้ เพียง 8 วันและลดลงมากสุดที่ pH เท่ากับ 7.0 (ใช้เวลาในการสลายตัวจนหมด 2 วัน) หลังจากนั้นความคงตัวจะค่อยเพิ่มขึ้นอีกครั้งจนกระทั้ง pH เท่ากับ 8.6 และที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส ได้ทำการศึกษาเช่นเดียวกันกับที่10 องศาเซลเซียสพบว่าความคงตัวของแอนโทไซยานินจะสูงกว่าที่ 10 องศาเซลเซียส

ลักษณะประจำพันธุ์ของข้าวพันธุ์แม่ และพันธุ์พ่อ (Characteristic of Parental Lines)

ขาวดอกมะลิ 105 (KDML 105)

ข้าวขาวดอกมะลิเป็นข้าวพันธุ์พื้นเมือง มีแหล่งกำเนิดในท้องที่แหลมประดู่ อ.บ้านโพธิ์ จ.ฉะเชิงเทรา และเมล็ดส่วนหนึ่งถูกนำไปปลูกที่ อ.บางคล้า จ.ฉะเชิงเทรา เมื่อปี พ.ศ. 2493 ซึ่งเก็บโดยคุณ สุนทร สีหะเนินในตอนนั้นดำรงตำแหน่งพนักงานข้าว อ.บางคล้าได้รวบรวมพันธุ์ เห็นว่าข้าวพันธุ์หอมมะลิของชาวบางเคล้ามีลักษณะดี จึงรวบรวมมา 200 แต่หล่นหายไป 1 รวง เหลือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จำนวน 199 รวง แล้วนำไปปลูกคัดเลือกแบบคัดพันธุ์บริสุทธิ์และปลูกเปรียบเทียบพันธุ์ ที่สถานีทดลองข้าวโคกสำโรง แล้วจึงนำไปปลูกเปรียบเทียบพันธุ์ท้องถิ่นในภาค เหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จนกระทั่งคัดได้สายพันธุ์ 4-2-105 ให้ชื่อว่า “ขาวดอกมะลิ 105” เลข 4 หมายถึงอำเภอที่ 4 ได้แก่ อำเภอบางคล้า และเลข 2 หมายถึงพันธุ์ข้าวที่ 2 เลข 105 หมายถึง รวงข้าวที่ 105 ซึ่งเป็นรวงที่คัดพันธุ์ออกมาได้ พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ผ่านคณะกรรมการพิจารณาพันธุ์ให้ใช้ขยายพันธุ์ได้เมื่อวันที่ 25 พฤษภาคม พ.ศ. 2502 (วรวิทย์, 2530)

ลักษณะประจำพันธุ์ของพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

เป็นข้าวต้นสูงนาปี หรือที่เรียกว่า ข้าวไวแสง หรือไวต่อช่วงแสง ความสูงของต้นถ้าปลูกงอกงามเต็มที่จะสูง 140-150 เซนติเมตร เป็นพันธุ์ข้าวที่มีการแตกกออยู่ในเกณฑ์ดี มีต้นและใบค่อนข้างเล็ก ใบยาว สีเขียวอ่อน ออกดอกประมาณวันที่ 20 ตุลาคม มีรวงขนาดปานกลางระแง้ไม่ถี่และไม่ห่างเกินไป เมล็ดข้าวมีสีขาว เรียวยาวเมล็ดข้าวกล้องใส เลื่อมมัน จมูกเล็ก คุณภาพการคัดสีดี สามารถสีได้ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวถึง 56% เมล็ดข้าวกล้องยาว 7.5 มิลลิเมตร กว้าง 2.1 มิลลิเมตร หนา 1.8 มิลลิเมตร มีระยะพักตัวประมาณ 2 สัปดาห์ ข้าวเปลือกสีฟาง น้ำหนัก 100 เมล็ด เท่ากับ 2.77 กรัม เปอร์เซ็นต์ อะไมโลส 12-16% จัดเป็นพวกข้าวอะไมโลสต่ำ ข้าวที่เก็บเกี่ยวใหม่เมื่อนำไปหุงจะได้ข้าวที่เป็นตัวเหนียวนุ่ม มีกลิ่นหอม แต่ถ้าหุงไม่ดีข้าวสุกจะเปียกเหนียวและติดกัน ส่วนข้าวที่เก่าจะมีกลิ่นหอมลดลง แต่หุงเป็นตัวนุ่ม ข้อเสียของข้าวขาวดอกมะลิ 105 คือ ต้นอ่อน ล้มง่าย น้ำหนักเมล็ดเบา ไม่ต้านทานโรคขอบใบแห้ง โรคไหม้ โรคใบสีส้ม โรคจู๋ เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เพลี้ยจักจั่นสีเขียวและหนอนกอ (วรวิทย์, 2530)

ข้าวเหนียวดำพันธุ์พื้นเมือง

บริเวณภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เป็นแหล่งที่มีการผลิตข้าวเป็นจำนวนมาก และข้าวเหนียวดำมีแหล่งกำเนิดที่บริเวณนี้มาเป็นเวลายาวนาน (Hu *et al*., 2003) สำหรับในประเทศไทย ข้าวเหนียวดำ หรือเรียกตามภาษาพื้นเมืองของทางเหนือว่า ข้าวก่ำ เป็นการเรียกตามลักษณะสีของเมล็ดที่มีสีม่วงดำหรือแดงก่ำ นิยมปลูกมากในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย นอกจากนี้ยังมีปลูกทั่วไปในประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว และสาธารณรัฐเวียดนาม อินเดีย ญี่ปุ่น และสาธารณรัฐประชาชนจีน ดารา (2547) รายงานว่าในภาคเหนือมีการปลูกข้าวเหนียวดำพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด เป็นข้าวท้องถิ่นที่ได้รับความนิยมและมีเอกลักษณ์ ของสินค้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เฉพาะถิ่น (geographical indication) ภายใต้ชื่อ “ ข้าวก่ำล้านนา ” พันธุ์ข้าวเหนียวดำมีลักษณะเป็นข้าวพันธุ์ไวแสง และเป็นข้าวเหนียว ปลูกได้เฉพาะฤดูนาปี มีทั้งชนิดที่เป็นข้าวไร่และข้าวนาสวน ลักษณะโดยทั่วไปของข้าวเหนียวก่ำ คือ เป็นข้าวพันธุ์ไวแสง ปลูกได้เฉพาะฤดูนาปี มีความสามารถในการทนแล้ง และการฟื้นตัวจากแล้งได้ดี ต้านทานต่อเพลี้ยจักจั่นสีเขียว (วิไลลักษณ์, 2541) ลักษณะเฉพาะที่แตกต่างไปจากข้าวทั่วไปที่เห็นอย่างชัดเจนคือการปรากฏของสีม่วงบนส่วนต่างๆ ของต้น เช่น กาบใบ แผ่นใบ กลีบดอก เปลือกเมล็ด และเยื่อหุ้มเมล็ด เป็นต้น ปริมาณของสีจะเข้มข้นแตกต่างกันไป เป็นลักษณะประจำพันธุ์ในข้าวเหนียวดำไร่จะมีลักษณะสีม่วงเฉพาะเยื่อหุ้มเมล็ดเท่านั้นในขณะที่ข้าวเหนียวดำนาจะมีสีม่วงปรากฏในส่วนอื่นๆ ด้วย (ดำเนิน และ ศันสนีย์, 2543) ตามภูมิปัญญาท้องถิ่นจะมีการแยกชนิดข้าวเหนียวก่ำตามลักษณะสีม่วงที่แสดงบนส่วนต่างๆ ของต้นข้าวได้แก่ ข้าวเหนียวก่ำไร่จะมีลักษณะสีม่วงเฉพาะส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ดเท่านั้น ในขณะที่ข้าวเหนียวก่ำนา จะมีลักษณะสีม่วงปรากฏอยู่ในส่วนอื่นๆ ด้วย นอกจากนี้อาจแบ่งลักษณะประจำพันธุ์ตามสีเยื่อหุ้มเมล็ด โดยเฉพาะข้าวเหนียวก่ำนาเรียกตามท้องถิ่น คือ ข้าวก่ำล้วน (เมล็ดข้าวมีสีม่วงทั้งเมล็ด) กับข้าวก่ำผ่า (เมล็ดมีสีม่วงบางส่วน) (จารุณี, 2545)

ชาวล้านนาเชื่อว่าข้าวก่ำเป็นพญา (พระยา) ของข้าวทั้งหลาย หากนาผืนใดมีข้าวก่ำปลูกอยู่ด้วย นาผืนนั้นจะปราศจากโรครบกวน จึงนิยมปลูกข้าวก่ำแค่ผืนเล็กๆ เจาะจงลงปลูกตรง "ต้นต้าง" คือจุดที่ปล่อยให้น้ำเข้าแปลงนานั้นๆ (ปลายต้าง คือจุดปล่อยน้ำออก) การปลูกข้าวก่ำร่วมในแปลงเช่นนี้ ยังเป็นการเพิ่มปริมาณความหลากหลายทางชีวภาพในพื้นที่อีกประการหนึ่งเนื่องจากต้นข้าวก่ำมีสารสีม่วงอาจทำให้สามารถสังเคราะห์และปลดปล่อยสารบางชนิดที่สามารถป้องกันแมลงและโรคมิให้มารบกวนข้าวได้ นอกจากนี้สีม่วงในต้นข้าวยังเป็นประโยชน์ต่อพืชในการดึงดูดหรือไม่ดึงดูดความสนใจของโรคและแมลงเพื่อช่วยเหลือหรือต้านพฤติกรรมในการเจริญเติบโตของต้นข้าวเอง Padmavati *et al*. (1997) สกัดแอนโทไซยานินจากใบข้าวและpericambium พบว่าปริมาณแอนโทไซยานิน 100 microgram disc^{-1} สามารถป้องกันโรคในข้าว เช่น *Xanthomonas oryxae*.pv. *oryzae* (bacterial leaf blight), *Pyricularia oryzae* (blast) และ *Rhizoctonia solani* (sheath blight)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ก่ำดอยสะเก็ด (Kum Doi Saket)

ข้าวเหนียวดำพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด ได้รับการปรับปรุงพันธุ์โดย อาจารย์ดำเนิน กาละดี โดยเริ่มปรับปรุงพันธุ์ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2538 โดยรวบรวมพันธุ์ข้าวจากนายพินิจ คำยอดใจ เกษตรกร จากตำบลสันปูเลย อำเภอดอยสะเก็ด จำนวน 2 พันธุ์ ได้แก่พันธุ์ เหนียวสันป่าตอง และอีกพันธุ์ไม่ทราบชื่อ จากการศึกษาในเบื้องต้น พบว่า บางลำต้นมีสีม่วงแต่บางลำต้นมีสีเขียวสลับเส้นสีม่วง จึงได้ปรับปรุงพันธุ์ดังกล่าวโดยวิธี pure line selection จนได้ประชากรที่มีความสม่ำเสมอ จึงให้ชื่อประชากรหนึ่งว่า “ก่ำดอยสะเก็ด” (Kum Doi Saket) ส่วนอีกประชากรหนึ่งชื่อ “ก่ำอมก๋อย” (Kum Omkoi)

คุณประโยชน์ของข้าวก่ำ

ในประเทศญี่ปุ่นและจีนถือว่าข้าวเหนียวดำเป็นอาหารสุขภาพ นอกจากจะเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญแล้ว ในข้าวเหนียวดำมีสารแอนไทไซยานินโดยเฉพาะ Cyanidin-3-glucoside (C3G) เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญที่สุด ช่วยป้องกันโรคต่างๆได้มากกว่า 100 โรค ซึ่งสารดังกล่าวพบในข้าวเหนียวดำเท่านั้นไม่พบในข้าวขาว (Xu *et al*., 2001) ในประเทศลาวข้าวเหนียวดำถูกนำมาใช้ในการประกอบพิธีกรรมทางศาสนา (Chaudhary and Syam, 2000 ; Abdel-Aal *et al*., 2006)

นอกจากสารแอนโทไซยานินแล้ว เยื่อหุ้มเมล็ดสีม่วงในเมล็ดยังพบสารพบแกมมา-โอไรโซนอล ซึ่งเป็นสารที่พบมากในรำข้าวขาวและรำข้าวเหนียวดำมีคุณสมบัติในการต้านทานอนุมูลอิสระ (antioxidant) ต้านทานการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีกว่าวิตามินอี ลดโคเลสเตอรอล กระตุ้นการทำงานของต่อมใต้สมอง ลดน้ำตาลในเลือด เพิ่มระดับอินซูลินในเลือดของคนที่เป็นเบาหวาน ช่วยในการสร้างฮอร์โมนซึ่งช่วยในการเจริญเติบโตของร่างกาย ในข้าวเหนียวดำมีค่าเฉลี่ยแกมมา-โอไรโซนอลประมาณ 2-3% ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งสูงกว่าข้าวขาวนอกจากนี้ข้าวเหนียวดำยังมีค่าเฉลี่ยของไขมันและคุณค่าทางโภชนาศาสตร์ที่สูงกว่าข้าวขาวอีกด้วย (ดำเนินและคณะ, 2547)

ข้าวเหนียวดำสามารถนำมาทำเป็นอาหารประเภทของหวานได้หลายชนิดเช่น ข้าวเหนียวดำเปียกเผือก หรือจะนำมาทำเป็นสาโทข้าวเหนียวดำ สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประเทศสหรัฐอเมริกาได้ยกเลิกการใช้สีอาหารสังเคราะห์หลายชนิด ทำให้มีการนำเอาแอนโทไซยานินซึ่งเป็นสีธรรมชาติมาใช้ประโยชน์มากขึ้น (นิธิยา, 2549)

การปรับปรุงพันธุ์ข้าวเจ้าก่ำ

หน่วยวิจัยข้าวก่ำ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เป็นหน่วยงานที่ศึกษาวิจัยและรวบรวมสายพันธุ์ข้าวเหนียวดำ งานวิจัยหนึ่งคือการปรับปรุงพันธุ์ข้าวก่ำเพื่อลักษณะปริมาณอะไมโลสในเมล็ดเป็นแป้งข้าวเจ้า จากการคัดเลือกจากข้าวลูกผสมระหว่างคู่ผสมข้าวขาวดอกมะลิ 105 (amylose content 18.01%) และข้าวก่ำดอยสะเก็ด (amylose content 4.94%) เริ่มดำเนินการสร้างลูกผสมชั่วที่ 1 ตั้งแต่ปี 2539 (สุณิสา, 2543) และอภินันท์ (2545) ได้ปลูกข้าวลูกผสมในชั่ว 3 จำนวน 250 สายพันธุ์ และคัดเลือกเหลือ 50 สายพันธุ์เพื่อปลูกในชั่วที่ 4 พบว่าปริมาณอะไมโลสที่สะสมอยู่ในเมล็ดในชั่วที่ 3 และ 4 กระจายตัวตั้งแต่ 8.14% ถึง 18.17% (ชั่วที่ 3) และ 5.78% ถึง 16.54% (ชั่วที่ 4) และ อติพร (2550) ได้ประเมินลักษณะทางสัณฐานวิทยาของสายพันธุ์คัดในชั่วที่ 6 เพื่อวิเคราะห์โครงสร้างของประชากร พบว่าลักษณะจำนวนรวงต่อกอ น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ความยาวและความกว้างเมล็ด มีความสม่ำเสมอภายในประชากรแล้ว และได้ตรวจสอบความหอม (2 –acetyl- 1-pyrroline, 2AP)ในข้าวลูกผสมในชั่วที่ 7 จำนวน 71 สายพันธุ์ พบว่าลูกผสมมีปริมาณสาร 2AP ระหว่าง 0.02 ถึง 0.18 ppm. โดยมีปริมาณสาร 2AP เป็นครึ่งหนึ่งของพันธุ์แม่คือ ขาวดอกมะลิ 105 (0.44 ppm.)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved