บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

ข้าว (*Oryza sativa* L.) ที่ปลูกในเอเชียสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม (Type) ได้แก่

1. ข้าวปลูกกลุ่มอินดิกา (*indica*) มีปลูกกันมากในเขตร้อน เช่น ประเทศอินเดีย ศรีลังกา มาเลเซีย และไทย ข้าวกลุ่มนี้จะมีรูปร่างเมล็ดเรียวยาว เมล็ดไม่มีหาง มีขนบนเปลือกเมล็ดเล็กน้อย เมล็ดร่วงง่าย แผ่นใบสีเขียวอ่อน มีขนที่แผ่นใบ มุมยอดแผ่นใบตก แตกกอมาก ทรงกอแผ่ออก ใบธงแคบ ลำต้นอ่อน ต้นสูง มีรวงมาก รวงยาวปานกลาง จำนวนระแง้ปานกลาง ความหนาแน่นของเมล็ดปานกลาง ไม่ทนต่ออุณหภูมิต่ำ แต่ทนต่อความแห้งแล้ง

2. ข้าวปลูกกลุ่มจาโปนิกา (*japonica*) ข้าวกลุ่มนี้มีปลูกมากในเขตอบอุ่น เช่น จีน เกาหลี ไต้หวันและญี่ปุ่น ลักษณะของเมล็ดสั้นค่อนข้างกลมส่วนมากจะไม่มีหางมีหางเฉพาะพันธุ์พื้นเมือง มีขนที่เปลือกเมล็ดเล็กน้อย เมล็ดร่วงยาก แผ่นใบมีสีเขียวเข้ม แผ่นใบมีขนมุมของ ยอดแผ่นใบตั้ง การแตกกอมาก ทรงกอตั้ง ใบธงสั้น ลำต้นเตี้ย ลำต้นแข็ง มีรวงมากและรวงหนัก มีจำนวนระแง้น้อยแต่ทนทานต่ออุณหภูมิต่ำ และไม่ทนทานต่อความแห้งแล้ง

3. ข้าวปลูกกลุ่มของจาวานิกา (*javanica*) กลุ่มนี้มีปลูกมากในประเทศมาดากัสการ์ และประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ ส่วนมากเมล็ดจะใหญ่ มีหาง มีขนที่เปลือกเมล็ดมาก เมล็ดร่วงยาก แผ่นใบสีเขียวอ่อน มีขนที่แผ่นใบเล็กน้อย มุมยอดแผ่นใบตั้ง แตกกอน้อย รวงยาวหนัก จำนวนระแง้มาก ความหนาแน่นเมล็ดปานกลาง ทนทานต่ออุณหภูมิต่ำ มีทั้งทนทานและไม่ทนทานต่อความแห้งแล้ง

(Matsuo, 1952 และ Morinaga, 1978 อ้างโดย Watanabe, 1997)

ข้าวไร่ (upland rice) เป็นข้าวที่ปลูกบนที่ดอนหรือบริเวณตามไหล่เขาที่มีความลาดชัน (ระดับความสูง 300-600 เมตร) ในสภาพอุณหภูมิต่ำ ลมแรง ความเข้มของแสงน้อย มีความลาดชันและดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย (กรมวิชาการเกษตร, 2544) โดยไม่ต้องมีคันนาเพื่อเก็บน้ำอย่างการทำนา อาศัยความชื้นเพื่อการเจริญเติบโตจากน้ำฝนตามธรรมชาติเพียงอย่างเดียว ข้าวไร่นิยมปลูกในทุกภาคของประเทศไทย และปลูกมากในพื้นที่ภาคเหนือ คิดเป็นพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 10% ของพื้นที่เพาะปลูกข้าวทั้งหมดของประเทศ (กรมวิชาการเกษตร, 2547) ข้าวไร่ที่ปลูกเป็นพันธุกรรมข้าวที่มีความหลากหลายของลักษณะต่างๆ ทั้งภายในประชากร (Intra-

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

population) และระหว่างประชากร (Inter-population) (Kuntong and Karladee, 2006) เช่น สีเปลือกและรูปร่างของเมล็ดที่แตกต่างกันปะปนอยู่ในพันธุ์เดียวกัน (ดำเนิน, 2546) ข้าวไร่มีความสำคัญมากต่อเกษตรกรที่อาศัยอยู่ในเขตพื้นที่สูง โดยเฉพาะชาวเขาที่อาศัยอยู่ในเขตชนบทห่างไกล (ทรงเชาว์, 2531)

โดยทั่วไปแล้วในการปลูกข้าวไร่จะปลูกไว้เพื่อบริโภคภายในครัวเรือน ในชีวิตประจำวันและเพื่อการประกอบพิธีกรรมต่าง ๆ มีความสำคัญต่อวิถีชีวิต ขนบธรรมเนียม วัฒนธรรม และจารีตประเพณีของเกษตรกรในกลุ่มชาติพันธุ์บนที่สูงอย่างแนบแน่น เช่น การใช้ข้าวทั้งข้าวสาร ข้าวสุก หรือคั่วทำเป็นข้าวตอก ใช้เป็นเครื่องเซ่นประกอบพิธีกรรมต่าง ๆ การนำข้าวใหม่มาทำเป็นข้าวเม่าในพวกขมุ การนำข้าวมาทำเป็นข้าวขนมข้าวปุกในพิธีปีใหม่ และในบางเผ่ายังมีการนำข้าวมาทำเป็นยารักษาโรค เช่นในเผ่ากระเหรี่ยงกลุ่มย่อยสะกอใช้ ข้าวบือซอมีมาทำเป็นยา ในเผ่าเย้าใช้ข้าวเหนียวเป็นยากลางบ้าน (จันทบูรณ์, 2533)

แม้ว่าข้าวไร่จะสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ของพื้นที่สูงได้ดี แต่ปัญหาในการปลูกคือ ความแห้งแล้ง เปอร์เซ็นเมล็ดลีบสูงส่งผลให้ผลผลิตต่ำ ไม่ต้านทานต่อการระบาดของโรคแมลง (บริบูรณ์, 2537) ดังนั้นในขบวนการปรับปรุงพันธุ์ข้าวไร่จึงควรพิจารณาลักษณะพันธุกรรมที่ทนทานต่อความกดดันของสภาพนิเวศน์ ร่วมไปพร้อมๆ กับการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนศาสตร์เกษตรของเมล็ดไปด้วย

ข้าวไร่พันธุ์พื้นเมืองในประเทศไทย

ประเทศไทยของเรามีการทำไร่มาอย่างช้านาน จึงทำให้ประเทศไทยมีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ข้าวและพันธุ์ข้าวสูง โดยเฉพาะพันธุ์ข้าวไร่พื้นเมือง (Landrace upland rice) เป็นข้าวที่มีความสำคัญและมีการปลูกอย่างต่อเนื่องสามารถจำแนกการเพาะปลูกตามระบบนิเวศน์การปลูกได้แก่ ข้าวไร่ ข้าวนา และข้าวขึ้นน้ำโดยเฉพาะในส่วนของพันธุ์ข้าวที่ใช้ปลูกจะมีความแตกต่างกันออกไปตามท้องถิ่นนั้นๆ (จำรัส, 2534)

พันธุ์ข้าวที่เกษตรกรใช้ปลูกกันอยู่ในปัจจุบันนั้น เป็นพันธุ์ดั้งเดิมที่มีการปลูกมานานแล้ว พันธุ์ข้าวเหล่านี้จัดอยู่ในกลุ่มของ *Indica* มีลักษณะของรวงแน่น เมล็ดต่อรวงมาก การแตกกอน้อย ลำต้นค่อนข้างสูง ผลผลิตต่ำ มีความแปรผันสูง เช่นข้าวแก้วดอ ข้าวลายเห็น ฮ้าวแดง หอมอ้นและเหลืองเบา เป็นต้น (สงกรานต์, 2537) มีการตอบสนองต่อปุ๋ยไม่ค่อยดี ในแง่ของการให้ผลผลิต ถ้าปลูกในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ของดินสูงและมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมากจะมีการเจริญไปทางด้านลำต้นและใบมากเป็นเหตุที่ต้นมีการล้มง่ายส่งผลให้ผลผลิตลดลง (องอาจ, 2527)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พันธุ์ข้าวไร่ที่กรมวิชาการเกษตรได้รับรองพันธุ์ที่มีการพัฒนามาจากพันธุ์พื้นเมืองและมีการแนะนำให้เกษตรกรปลูกมี อยู่ 7 สายพันธุ์ ได้แก่ ซิวแม่จัน ดอกพะยอม กู้เมืองหลวง อาร์258 ขาวโป่งไคร้ เจ้าฮ่อ และน้ำรู สำหรับพันธุ์ข้าวนานั้นส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ปรับปรุงแต่ก็มีการใช้ข้าวพันธุ์พื้นเมืองอยู่บ้าง เช่น ข้าวนางมล ขาวปากหม้อ ขาวคอเดียว เล็บนก ลูกแดง และพันธุ์ที่ใช้ปลูกในข้าวขึ้นน้ำหรือข้าวฟางลอย จะเป็นพันธุ์พื้นเมืองและปรับปรุงที่ได้จากการคัดเลือกจากพันธุ์พื้นเมือง เช่น ข้าวนางเขียว เล็บมือนาง ปิ่นแก้ว (สงกรานต์, 2537) การปลูกข้าวไร่ก็ยังได้รับความนิยมปลูกในเขตอำเภอต่าง ๆ โดยเฉพาะในจังหวัดในภาคเหนือมากถึง 17 กว่าสายพันธุ์ ที่มีการปลูกในจังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ จากการสำรวจพันธุ์ของข้าวไร่ที่หมู่บ้านแสนใจใหม่ ตำบลสลองใน อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย พบว่ามีจำนวนถึง 25 สายพันธุ์ (ดำเนิน,2545) ซึ่งข้าวไร่พันธุ์พื้นเมืองเหล่านั้นค่อนข้างทนทานต่อสภาพแวดล้อมและโรคแมลง จึงควรมีการอนุรักษ์ไว้เพื่อศึกษาถึงความหลากหลายทางพันธุกรรมและนำความหลากหลายทางพันธุกรรมนั้นมาใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงข้าวพันธุ์ใหม่ต่อไป (ดำเนิน และวีระชัย, 2548)

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของข้าวไร่

ศูนย์วิจัยข้าวนานาชาติ (IRRI, 1984) ได้มีการทำการประเมินสายพันธุ์ข้าวไร่ไว้มากกว่า 4,000 เชื้อพันธุ์ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ของลักษณะทางสัณฐานวิทยาและลักษณะทางพืชไร่ พบว่าในส่วนของข้าวไร่ในแต่ละพันธุ์ที่ได้ทำการประเมินไว้ในส่วนของลักษณะต่างๆ ของข้าวไร่ซึ่งมีลักษณะดังต่อไปนี้

1. ลำต้น ลักษณะลำต้นของข้าวไร่ทีได้ทำการประเมินไว้มีลักษณะหนา เปราะง่ายมีการแตกกอปานกลาง จำนวนหน่อต่อกอน้อย หน่อมีลักษณะที่แข็ง ขนาดของลำต้นค่อนข้างใหญ่ มีความสูงประมาณ 100 – 120 เซนติเมตร และเป็นสาเหตุที่ทำให้ต้นข้าวไร่เหล่านี้มีการหักล้มได้ง่ายเมื่อมีการเจริญเติบโตเต็มที่

2. ราก ลักษณะของระบบรากข้าวไร่จะมีระบบรากลึก หนา การแตกแขนงของรากที่ดี มีระดับในการฟื้นตัวต่ำหลังการขาดน้ำและมีความสามารถในการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี

3. ใบ ข้าวไร่มีลักษณะของใบสีเขียวอ่อน ยาว กว้าง โน้มลง และไม่มีขนใบ การมวนของใบขึ้นอยู่กับการคายน้ำและมีดัชนีของพื้นที่ใบระดับต่ำ

4. รวง มีลักษณะยาวโผล่พ้นใบธง และมีคอรวงยาวมีการให้รวงที่สมบูรณ์สูงเมื่ออยู่ในสภาวะที่แห้งแล้ง รวงข้าวที่ให้ผลผลิตที่สูงควรมี 5- 8 รวงต่อกอให้เมล็ด 150 – 200 เมล็ดต่อรวง

5. เมล็ด ลักษณะของเมล็ดข้าวไร่จะใหญ่ กว้าง หนา และมีน้ำหนักของเมล็ดค่อนข้างมาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

6. อายุการเก็บเกี่ยวอยู่ระหว่าง 100 – 140 วัน หรือมากกว่านั้น และข้าวไร่จะมีลักษณะไวต่อช่วงแสง ออกดอกในช่วงเดือน กันยายน ไม่ช้ากว่าเดือนตุลาคม ให้ผลผลิตที่ต่ำแต่มีลักษณะที่คงที่ดัชนีการเก็บเกี่ยวในระดับต่ำกว่า 0.4

7. ข้าวไร่เป็นข้าวที่มีความต้านทานต่อเชื้อโรคบางชนิด เช่น โรคใบไหม้และไม่ต้านทานต่อเพลี้ยจักจั่น เพลี้ยกระโดด โรคที่เกิดจากไวรัสที่มักจะเกิดกับข้าวนา

8. ในข้าวไร่จะมีปริมาณอะมิโลสต่ำประมาณ 18- 20% เพราะว่าในข้าวไร่ส่วนใหญ่จะเป็นแป้งข้าวเหนียวมากกว่าแป้งของข้าวเจ้า

9. ข้าวไร่เป็นข้าวที่มีการตอบสนองต่อปุ๋ยต่ำ ทำให้ข้าวไร่มีความทนทานต่อการขาดธาตุอาหารและทนต่อดินเค็ม จึงทำให้ข้าวไร่มีการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมแต่ละท้องที่ปลูกได้ดี

ความหลากหลายทางด้านพันธุกรรมของข้าวไร่

พันธุ์ข้าวที่พบในประเทศไทยมีความหลากหลายทางพันธุกรรม (Genetic diversity) มาก โดยเฉพาะของพันธุ์พื้นเมืองในข้าวไร่มีจำนวน 1,746 ชื่อ พันธุ์ข้าวที่นิยมปลูกกันทั่วไปมีลักษณะของประชากรเป็นพันธุ์พื้นเมือง (landraces) และพันธุ์โบราณ (primitive cultivars) มีการเรียกชื่อที่แตกต่างกันไปตามลักษณะที่ปรากฏ ท้องถิ่น ชื่อของผู้ที่ทำการคัดเลือก หรือลักษณะเด่นของข้าวพันธุ์นั้นๆ โดยไม่ได้ประเมินลักษณะประจำพันธุ์ ทางด้านวิชาการ โอกาสที่ชื่อของพันธุ์ซ้ำกันย่อมเป็นไปได้ในแต่ละท้องที่ (ฉวีวรรณ, 2543) นอกจากนี้การแลกเปลี่ยนพันธุ์กันในเผ่าหรือต่างเผ่าอาจทำให้ข้าวพันธุ์เดียวกันมีการเรียกชื่อที่แตกต่างกันออกไปได้ ดังนั้นโอกาสที่พันธุ์จะซ้ำกัน คือ ชื่อพันธุ์เดียวกันแต่พันธุกรรมแตกต่างกัน (Watabe, 1967) ถึงแม้ข้าวไร่เหล่านี้มีลักษณะภายนอกที่แตกต่างกันมีชื่อพันธุ์มากตามแต่ละพื้นที่ปลูก แต่ก็สามารถทำการแยกออกมาเป็นกลุ่มได้ (Harlan, 1992) ในประเทศไทยนั้นทางศูนย์ปฏิบัติการและเก็บเมล็ดพันธุ์ข้าวแห่งชาติได้ทำการเก็บรวบรวมเมล็ดพันธุ์ข้าวพื้นเมืองของไทยและสามารถจำแนกชื่อที่ไม่ซ้ำกันได้ทั้งหมด 5,928 ชื่อพันธุ์ ความหลากหลายของพันธุ์ข้าวพื้นเมืองไทยคาดว่าน่าจะมีพันธุ์ข้าวพื้นเมืองไทยมากกว่านี้เพราะยังมีพันธุ์ข้าวพื้นเมืองไทยที่ไม่ได้มีการศึกษารวบรวมพันธุ์ไว้เพราะมีการตั้งชื่อตามแต่ท้องที่ปลูกที่แตกต่างกันออกไปของเกษตรกร (ฉวีวรรณ, 2543) ความแตกต่างของชื่อพันธุ์ดั้งเดิมเหล่านี้ ย่อมหมายถึงความหลากหลายของลักษณะประจำพันธุ์ ซึ่งในพันธุ์พื้นเมืองมีโครงสร้างพันธุกรรมในประชากรเป็นแบบ Heterogeneous population (Kuntong and Karladee, 2006)

เนื่องจากมีจำนวนชนิดของลักษณะหลายชนิดและมีลักษณะความแตกต่างภายในประชากร ซึ่งสามารถแยกออกจากกันโดยอาศัยลักษณะภายนอกที่มองเห็นได้อย่างชัดเจน เช่น ชื่อของพันธุ์ ขนาดรูปร่าง สีของเมล็ด รสชาติ ตลอดถึงความต้านทานต่อโรคและแมลง ความสุกแก่ ที่สามารถ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นับได้ แต่ลักษณะที่เห็นภายนอกนี้สามารถแยกความแตกต่าง หรือความหลากหลายทางด้านสายพันธุ์ได้ในระดับหนึ่ง ซึ่งสามารถทำการประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมในระดับโมเลกุลต่อไปได้อีก

ความแตกต่างเหล่านี้นับว่าเป็นความหลากหลายทางด้านพันธุกรรม เพราะในข้าวพันธุ์พื้นเมืองภายในประชากรจะมีความแปรปรวนทางพันธุกรรมสูง เมื่อเทียบกับพันธุ์ปรับปรุงที่มีความสม่ำเสมอทางพันธุกรรมมากกว่า (Oka, 1988) จากความแปรปรวนที่เกิดขึ้นภายในประชากรนั้นส่วนใหญ่เกิดเนื่องจากความแตกต่างของท้องถิ่น และระยะเวลาของพันธุ์ที่ถูกใช้เพาะปลูก ส่วนความหลากหลายระหว่างประชากรของข้าวพันธุ์พื้นเมืองมีสาเหตุมาจาก ความแตกต่างของท้องถิ่นหรือภูมิศาสตร์ที่ประชากรนั้นสามารถเจริญเติบโตและมีการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมนั้นได้ ข้าวพันธุ์พื้นเมืองจัดว่าเป็นแหล่งยีนที่สำคัญแม้จะมีข้อเสียหลายประการ เมล็ดมีสีของรงควัตถุ บางสายพันธุ์มีหางยาว ต้นสูงเกินไปทำให้มีการหักล้มง่ายหรือเมล็ดมีการพักตัวนาน (Chang. 1976) แต่ข้อดีของข้าวพันธุ์พื้นเมืองก็คือความต้านทานต่อโรคและแมลงศัตรูพืช หรือทนต่อสภาพแวดล้อม ซึ่งถือว่าเป็นความหลากหลายที่มีคุณค่า โดยเฉพาะข้าวพันธุ์พื้นเมืองนับว่าเป็นพันธุกรรมของข้าวที่มีความสำคัญต่อพัฒนาหรือการสร้างข้าวพันธุ์ใหม่ (ดำเนิน และคณะ, 2543)

ข้าวกล้องงอก

ข้าวกล้องงอก (germinated brown rice :GBR) คือ การนำข้าวกล้องมาผ่านกระบวนการทำให้งอก เช่น นำข้าวกล้องแช่น้ำ, บ่ม ตามระยะเวลาที่กำหนด เพื่อให้ได้ข้าว กล้องงอก ความยาวรากประมาณ 0.5-1.0 มิลลิเมตร ดังนั้นในเมล็ดข้าวเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีการเจริญเติบโตจะมีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี การเปลี่ยนแปลง จะเริ่มขึ้น เมื่อน้ำได้แทรกเข้าไปในเมล็ดข้าว โดยจะกระตุ้นให้เอนไซม์ภายในเมล็ดข้าวเกิดการทำงาน เมื่อเมล็ดข้าวเริ่มงอก (malting) สารอาหารที่ถูกเก็บไว้ในเมล็ดข้าวก็จะถูกย่อยสลายไปตามกระบวนการทางชีวเคมีจนเกิดเป็นสารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่มีโมเลกุลเล็กลง (oligosaccharide) และน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) นอกจากนี้โปรตีนภายในเมล็ดข้าวก็จะถูกย่อยให้เกิดเป็นกรดอะมิโนและเปปไทด์ รวมทั้งยังพบการการสะสมสารเคมีสำคัญต่าง ๆ เช่น แกมมาออริซานอล (gamma-orazynol) โทโคฟีรอล (tocopherol) โทโค ไตรอีนอล (tocotrienol) และโดยเฉพาะ สารแกมมาอะมิโนบิวทิริกแอซิด (gamma-aminobutyric acid) หรือที่รู้จักกันว่า "สารกาบา" (GABA) (อัมพร, 2543)

ข้าวกล้องงอกมีเนื้อสัมผัสอ่อนนุ่มมีคุณค่าทางอาหารเพิ่มขึ้นซึ่งโดยปกติแล้วในตัวข้าวกล้องประกอบด้วยสารอาหารจำนวนมาก เช่น ใยอาหาร กรดไฟติก (phytic acid) วิตามินซี วิตามินอี และGABA (grmma aminobutyric acid) ซึ่งช่วยป้องกันโรคต่างๆ เช่น โรคมะเร็ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โรคเบาหวาน และช่วยในการควบคุมน้ำหนักตัว เป็นต้น เมื่อนำข้าวกล้องมาแช่น้ำเพื่อทำให้งอก จะทำให้ข้าวกล้องมีสารอาหารต่างๆเพิ่มมากขึ้น ซึ่งนอกจากจะได้ประโยชน์จากการที่มีปริมาณสารอาหารที่สูงขึ้นแล้ว ยังทำให้ข้าวกล้องที่หุงสุกมีเนื้อสัมผัสนุ่ม รับประทานได้ง่ายกว่าข้าวกล้องธรรมดาอีกด้วย จึงง่ายแก่การหุงรับประทาน โดยไม่จำเป็นต้องผสมข้าวขาวตามความนิยมของผู้บริโภค ซึ่งปัจจุบันก็ถือได้ว่า เป็นนวัตกรรมหนึ่งที่กำลังได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก เนื่องจากข้าวกล้องงอก (germinated brown rice : GBR) มีสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายนั่นเอง

ตาราง 1 สารอาหารที่เป็นประโยชน์ทางโภชนศาสตร์สุขภาพของข้าวกล้องงอก

แกมมมาอมิโนบิวเทอริกเอซิด (Gamma-aminobutyric acid = GABA)	มีผลต่อความดันโลหิตต่ำ ป้องกันอาการปวดศีรษะ ลดความตรึงเครียดภายหลังการใช้สมอง ป้องกันสภาวะผนังโลหิตแดงหนาและมีความยืดหยุ่นน้อย ป้องกันเส้นโลหิตในสมองแตก ป้องกันความผิดปกติช่วงเปลี่ยนวัย และรักษากิจกรรมการทำงานของไต
เส้นใย (dietary fiber)	บรรเทาอาการท้องผูก ป้องกันมะเร็งในลำไส้ รักษาระดับน้ำตาลในเลือด
อินโนทอล (inosital)	เร่งการเผาผลาญไขมัน ป้องกันไขมันจับที่ตับ ป้องกันสภาวะผนังหลอดเลือดแดงหนาและมีความยืดหยุ่นน้อย
กรดเฟอรูริก (feruric acid)	สารต่อต้านมะเร็ง ลดจุดด่างดำ
กรดไฟติก (phytic)	มีผลต่อต้านอนุมูลอิสระ ป้องกันโรคเกี่ยวกับหัวใจ ป้องกันภาวะเกล็ดเลือดเป็นก้อน
โทโคโทรียนอล (tocotrienols)	สารต่อต้านมะเร็ง ป้องกันผิวหนังจากแสงอุลตร้าไวโอเลต
แมกนีเซียม (magnesium)	ป้องกันโรคหัวใจ
โพตัสเซียม (potassium)	ป้องกันโลหิตต่ำ
สังกะสี (zinc)	ช่วยฟื้นฟูกิจกรรมและบทบาทของร่างกายดีขึ้น ป้องกันเส้นโลหิตแข็งตัว
แกมมาออโอริซานอล (Gamma-oryzanol)	ต่อต้านอนุมูลอิสระ ป้องกันผิวเหี่ยวย่น ลดคลอเรสเทอรอล (cholesterol)
Prolylendopeptidse inhibitor	ป้องกันโรคความจำเสื่อม

ที่มา : Shelp *et al.* (1999)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระเป็นกลุ่มอะตอมที่มีประจุไฟฟ้าที่ไม่คงตัวโดยปกติอะตอมของธาตุต่างๆ ที่มารวมเป็นโมเลกุลใหญ่จะมีประจุไฟฟ้าบวกและประจุไฟฟ้าลบที่สมดุลกันพอดีจึงทำให้โมเลกุลนั้นๆ คงสภาพอยู่ได้เป็นปกติ ถ้ามีเหตุทำให้เกิดการสูญเสียอิเล็กตรอน โมเลกุลก็เกิดอนุมูลอิสระทำให้ไม่คงตัวการแย่งอิเล็กตรอนจากโมเลกุลของเซลล์เป็นบริเวณกว้าง อนุมูลอิสระมีความไวในการทำปฏิกิริยามากจึงสามารถทำให้เกิดสิ่งต่างๆในร่างกายได้มากมายและต่อเนื่อง ถ้าปฏิกิริยาเกิดขึ้นจนไม่อาจควบคุมได้ก็ย่อมเกิดผลเสียต่อสุขภาพ โดยเฉพาะเมื่อทำปฏิกิริยากับส่วนประกอบของเซลล์ไม่ว่าจะเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ถ้าโมเลกุลโปรตีนเป็นโครงสร้างของเซลล์เกิดอนุมูลอิสระขึ้น จะส่งผลให้เซลล์เสื่อมสลาย อนุมูลอิสระนี้เชื่อว่ามีผลต่อการอักเสบ และการทำลายเนื้อเยื่อในระยะสั้น ในระยะยาวอาจมีผลต่อการเสื่อมหรือการแก่ของเซลล์ ซึ่งเป็นขบวนการที่ทำให้เกิดความแก่ขึ้น ทำให้ผิวหนังเหี่ยวและเกิดโรคต่างๆ ได้ เช่น หลอดเลือดแข็งตัว ต้อกระจก ถ้าเกิดในส่วนของดี เอ็น เอ (DNA) ซึ่งเป็นส่วนควบคุมคุณลักษณะทางพันธุกรรมของเซลล์ ทำให้เกิดการผ่าเหล่าของเซลล์ที่ผิดเพี้ยนไปเกิดเป็นโรคมะเร็งได้ นอกจากนี้อนุมูลอิสระจะเข้าไปทำลายเซลล์เรื่อยๆ ทำให้ร่างกายเสื่อมโทรมร่วงโรยไปตามวัยที่เพิ่มขึ้น และอนุมูลอิสระสามารถเกิดขึ้นได้เองเมื่อร่างกายได้รับสารอินทรีย์บางอย่าง โดยโมเลกุลของสารตั้งต้นถูกกระตุ้นด้วยความร้อน และได้รับอิเลคตรอนจากสารรีดิวซ์ หรือถูกกระตุ้นด้วยเอนไซม์ทำให้เกิดอนุมูลอิสระ เนื่องจากอนุมูลอิสระเป็นโมเลกุลที่ไม่คงตัว เมื่อเกิดแล้วจะวิ่งไปยังเซลล์ต่าง ๆ และแย่งอิเลคตรอนมาเป็นของตนเอง เพื่อให้คงสภาพอยู่ได้ ประเด็นสำคัญต่อการเกิดปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระเหล่านี้จะเกิดอย่างต่อเนื่อง

ปฏิกิริยาในการต้านอนุมูลอิสระ ของสาร GABA

สารต้านอนุมูลอิสระหรือสารแอนติออกซิแดนท์ (antioxidant) คือสารที่ทำหน้าที่ต่อต้านหรือยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชัน(oxidation) โดยสามารถยับยั้งหรือเหนี่ยวรั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันและโมเลกุลอื่นๆ(Vellglu *et al.,* 1998) ในร่างกายมีสารต้านอนุมูลอิสระที่ทำหน้าที่ยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยทำหน้าที่กำจัดอนุมูลอิสระ(free radical scavengers) ป้องกันไม่ให้อนุมูลอิสระทำปฏิกิริยากับสารชีวโมเลกุลต่างๆ ที่จะก่อผลเสียต่อร่างกาย (มลศิริ, 2545) นอกจากนี้ยังช่วยยับยั้งอนุมูลอิสระมีประโยชน์ต่อสุขภาพของมนุษย์ และสามารถชะลอความชราได้(สุมาลี, 2547) นอกจากนี้ยังช่วยยับยั้งอนุมูลอิสระไม่ให้มีผลทำลายเซลล์ สารต้านอนุมูลอิสระแต่ละชนิดมีหน้าที่แตกต่างกันไป บางชนิดพบในเซลล์ร่างกาย สารต้านอนุมูลอิสระมีทั้งที่เป็นสารจากธรรมชาติและสารสังเคราะห์ เช่น สารประกอบฟีนอล แคโรทีนอยด์ (carotenoid) วิตามิน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(vitamin) เอนไซม์ (enzyme) โคเอนไซม์ (co-enzyme) บางชนิด (นวลศรี และอัญชนา, 2546) โทโคเฟอรอล โทโคไทรอินอล (tocotrienol) ไทออล (triol) กลูโคซิเนต (glucosinate) และกรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) (Machix *et al.,* 1990) ผลการศึกษาของ Machix *et al.* (1990) พบว่าผลไม้ที่มีสารจำพวกฟลาโวนอยด์ (flavonoid) ในปริมาณต่างๆมีฤทธิ์ในการต้านสารอนุมูลอิสระ โดยสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์หลักที่พบในผลไม้กลุ่มนี้ คือ แอนโทไซยานิน โปรแอนโธไซยานิน ฟลาโวนอลคาเทชิน และกรดฟีนอลิค

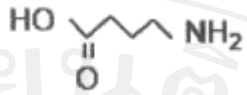
หน้าที่ของสารต้านอนุมูลอิสระที่ป้องกันการเกิดกระบวนการออกซิเดชัน คือช่วยไม่ให้อนุมูลอิสระก่อตัวขึ้นโดยสารต้านอนุมูลอิสระจะนำออกซิเจนซึ่งเป็นตัวทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันออกไป นอกจากนี้ยังสามารถยับยั้งโลหะ เช่น เหล็ก ซึ่งเป็นตัวเริ่มต้นในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน หยุดยั้งปฏิกิริยาลูกโซ่ของอนุมูลอิสระคงตัวและเป็นการหยุดการต่อตัวใหม่ของอนุมูลอิสระ ช่วยซ่อมแซมความเสียหายอันเกิดจากการที่อนุมูลอิสระทำลายเซลล์ต่างๆในร่างกาย ช่วยกำจัดและแทนที่โมเลกุลที่ถูกทำลายเพราะสารที่เกิดขึ้นเหล่านี้อาจเป็นพิษต่อร่างกาย อย่างไรก็ตามแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญและนับว่าปลอดภัยที่สุดคือ อาหารที่มาจากพืช โดยในอาหารจำพวกผักและผลไม้มักพบสารประกอบฟีนอล สารในกลุ่มแคโรทีนอยด์และวิตามินในเครื่องดื่มต่างๆ ประเภทชา ไวน์ และน้ำผลไม้จะพบสารประกอบฟีนอลเป็นส่วนใหญ่ (นวลศรี และอัญชนา, 2546) นอกจากนี้มีรายงานว่าส่วนสำคัญของรำและจมูกข้าวนอกจากจะมีสารพวกไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต สารกาบา (GABA) และใยอาหารแล้ว ยังประกอบไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระจำนวนมากกว่า 100 ชนิด (สมวงษ์, 2546)

โครงสร้างทางเคมีของสาร GABA

GABA เป็นโมเลกุลที่ประกอบด้วยหมู่อะมิโน (NH_2) และหมู่คาร์บอกซิล (COOH) อย่างละ 1 หมู่ ต่ออยู่กับคาร์บอนอะตอม

- สูตรโมเลกุลคือ $H_2N(CH_2)COOH$
- มวลโมเลกุล 103.12
- ในโครงสร้างประกอบด้วย คาร์บอน 4 อะตอม GABA จะมี amino group ตรงตำแหน่ง γ - carbon
- โครงสร้างเป็น Cyclic คล้ายกับ proline และอยู่โดยไม่เกาะกับโมเลกุลอื่น ดังภาพที่ 1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 1 โครงสร้างของกาบา (GABA)
ที่มา : Shelp *et al.* (1999)

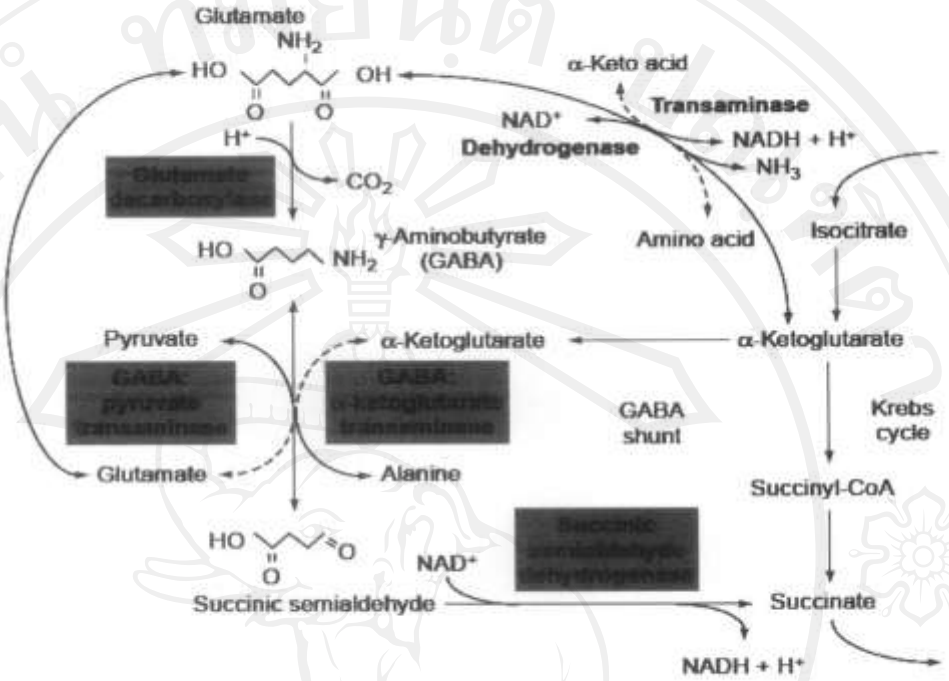
- มีคุณสมบัติในการละลายในน้ำได้สูง
- GABA เป็น zwitterionic ซึ่งมีทั้งขั้วบวกและขั้วลบ
- ค่า Pk เท่ากับ 4.03 และ 10.56
- สลายตัวที่ 195 องศาเซลเซียส

โดยทั่วไปแล้วระดับของ GABA ที่พบในเนื้อเยื่อของพืชจะต่ำ ซึ่งจะพบในช่วง 0.03 ถึง 2.00 ไมโครโมลต่อกรัมของน้ำหนักสด (Bown and Shep, 1997) แต่จะเพิ่มขึ้นเมื่อตอบสนองกับการกระตุ้น เช่น การให้ความร้อนอย่างรุนแรง หรือในสภาวะที่เนื้อเยื่อของพืชขาดออกซิเจน (hypoxia) ในสภาวะที่ออกซิเจนในเนื้อเยื่อพืชต่ำกว่าปกติ (anoxia) GABA ในเมล็ดข้าวงอกจะเพิ่มขึ้นถึง 8 ไมโครโมลต่อกรัมของน้ำหนักสด (Reggiani *et al.,* 1988) ซึ่งกระบวนการเมตาบอลิซึมของ GABA นั้นเกี่ยวข้องกับกิจกรรมของเอนไซม์ (Shelp *et al.,* 1999)

กลไกการทำงานของเอนไซม์ในกระบวนการผลิตสาร GABA

Shelp *et al.* (1999) พบว่ารูปแบบการเพิ่มขึ้นของ GABA ขึ้นอยู่กับกิจกรรมของเอนไซม์ 3 ชนิดคือ glutamate decaboxylase, GABA-pyluvate transaminase และ protrolytic enzyme นอกจากนี้ยังมีเอนไซม์อื่นๆ อีก เช่น succinic semialdehyde dehydrogenase และ GABA- γ ketoglutarate transaminase เป็นต้น ดังแสดงกลไกการเปลี่ยนแปลงของ GABA ดังภาพที่ 2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 2 ความสัมพันธ์ของเอนไซม์ชนิดต่างๆ ในกระบวนการเมตาบอลิซึมที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลง GABA ที่มา: Shelp *et al.* (1999)

การสังเคราะห์ปริมาณ GABA เกิดจากกิจกรรมของเอนไซม์กลูตาเมตดีคาร์บอกซีเลส ซึ่งเปลี่ยนจากกลูตาเมตเป็น GABA แต่ละกระบวนการเมตาบอลิซึมของ GABA ซึ่งมีกลไกที่เกี่ยวข้องหลายอย่างซึ่ง Shelp *et al.* (1999) ได้รายงานดังแสดงภาพที่ 2 มีการเปลี่ยนและผันกลับของกลูตาเมตไปเป็นซักซิเนท โดยผ่านทาง GABA

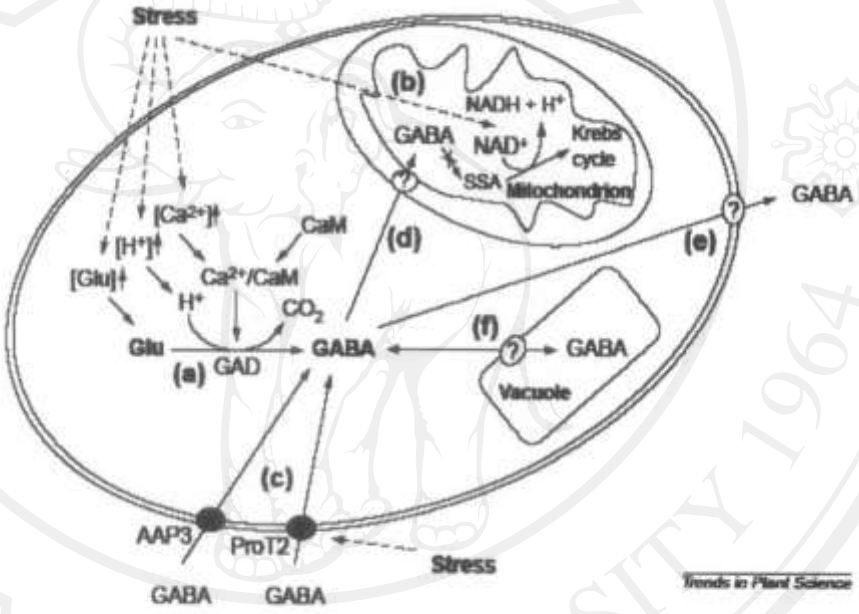
ลำดับที่หนึ่ง การเปลี่ยนและผันกลับโดยกระบวนการแอลฟา-ดีคาร์บอกซิเลชัน (γ - decarboxylation) ของกลูตาเมต โดยเอนไซม์กลูตาเมตดีคาร์บอกซีเลส (GAD, EC 4.1.1.15) มีความจำเพาะกับกลูตาเมต เปลี่ยนกลูตาเมตเป็นสาร GABA และความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อกิจกรรมของเอนไซม์นี้ ประมาณ 5.5-5.8

ลำดับที่สอง เอนไซม์ GABA – ทรานสมิเนส (GABA-transaminase) (GABA-T; EC 2.61.19) จะกระตุ้นการผันกลับของ GABA ไปเป็นซักซินิก เซมิแอลดีไฮด์ (succinic semialdehyde) โดยมี ไพรูเวท (pyluvate) หรือ แอลฟา-คีโตกลูตาเลท (γ - ketoglutarate) เป็นตัวรับ (acceptor) ซึ่งมีกิจกรรมเอนไซม์ GABA – แอลฟา-คีโตกลูตาเลท ทรานสมิเนส (GABA- γ - ketoglutarate transaminase) และ GABA – ไพรูเวท ทรานสมิเนส (GABA-pyruvate transaminase) ตามลำดับ และมีค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 8-10

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลำดับสุดท้าย คือ เอนไซม์ซักซินิกเซมิกแอลดีไฮด์ ดีไฮโดรจิเนส (Succinic semialdehyde dehydrogenase; SSADH; EC 1.2.1.16) จะเปลี่ยนซักซินิกเซมิแอลดีไฮด์ไปเป็นซักซิเนท (succinate) ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงแบบไม่ผันกลับ กิจกรรมของเอนไซม์นี้อยู่ในช่วงที่เป็นด่าง โดยมีค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมประมาณ 9

สภาวะที่พืชได้รับความเครียดจะส่งผลให้เพิ่มระดับของแคลเซียมอิออนต่อแคลโมดูลิน (ca_{2+}/calmodulin) หรือ ไฮโดรเจนอิออน (H+) และกลูตาเมตทำให้เกิดการกระตุ้นการสังเคราะห์ GABA โดยกิจกรรมของเอนไซม์กลูตาเมตดีคาร์บอกซีเลส แสดงให้เห็นดังภาพที่ 3



ภาพ 3 ความสัมพันธ์ของ GABA เมื่อเซลได้รับความเครียด (Shelp *et al.,* 1999)

ปัจจัยที่มีผลต่อการสร้างสารอาหารกาบา

1.) ปัจจัยทางพันธุกรรม

1.1 ชนิดพันธุ์ข้าว (Type of rice variety)

การเพิ่มขึ้นของสารอาหารกาบา (GABA) ชนิดของพันธุ์ข้าวมีผลต่อการเพิ่มปริมาณสารอาหารกาบา (GABA) ข้าวแต่ละพันธุ์มีรูปร่างขนาดของเมล็ดที่แตกต่างกันออกไป จากการศึกษาของ Ito and Ishikawa ,(2004) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงกรดอะมิโนข้าว 6 พันธุ์ คือ California medium grains (Calrose and M401 varieties), Vietnamese long grains (ordinary grains

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

and jasmine rice) และ Koshihikari กับ Hitomebore ที่เป็นข้าวของญี่ปุ่นตามลำดับ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของสารอาหารกาบา (GABA) จะมีการเพิ่มขึ้นในข้าวแต่ละพันธุ์โดยมีปริมาณสารอาหารกาบา (GABA)เพิ่มขึ้นจาก 3.6 ไปเป็น 6.1 สำหรับข้าวพันธุ์ Vietnamese long grains ในพันธุ์ Calrose เพิ่มขึ้นมากกว่า 2 เท่า คือ 4.9 เป็น 10.9 และพันธุ์ M401 มากกว่า 3 เท่า คือ จาก 2.7 ไปเป็น 9.8 สำหรับพันธุ์ Koshihikari กับ Hitomebore ที่เป็นข้าวญี่ปุ่น GABA จะเพิ่มจาก 7.6 ไปเป็น 16.6 และจาก 10.5 ไปเป็น 13.6 ตามลำดับ ซึ่งถือได้ว่าชนิดของพันธุ์ข้าวถือเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณสารอาหารกาบา (GABA) ซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับการพัฒนาปรับปรุงพันธุ์ข้าวไปอีกแนวทางหนึ่งต่อไป

1.2 ขนาดเอมบริโอ (Embryo size)

ข้าวแต่ละสายพันธุ์จะมีขนาดของเอมบริโอหรือขนาดของจมูกข้าวที่แตกต่างกันออกไป โดยเฉพาะในส่วนของจมูกข้าวซึ่งมีขนาดที่แตกต่างกันไปจึงทำให้ปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อการเพิ่มปริมาณสารอาหารกาบา Horino and Saikusa, (1994) ข้าวที่มีเอมบริโอใหญ่มีผลทำให้มีการเพิ่มปริมาณสารอาหารกาบา (GABA) ที่มากกว่าข้าวที่มีเอมบริโอขนาดเล็กโดยเฉพาะพันธุ์ข้าวญี่ปุ่น พันธุ์ Hokkai ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีเอมบริโอขนาดใหญ่และข้าวที่มีเอมบริโอขนาดปกติ คือ พันธุ์ Koshihikari Aya และ Takanari แช่ในน้ำที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง พบว่า ปริมาณ GABA เพิ่มขึ้นมากกว่าข้าวพันธุ์ที่มีเอมบริโอปกติ Horino *et al.* (1994) ต่อมา Zhang *et al.*, (2005) ศึกษาข้าวกล้อง 2 สายพันธุ์ที่มีเอมบริโอขนาดใหญ่ giant embryo (GE) คือ O. *sativa ssp*. Indica *II-gel* และ O. *sativa spp*. *Japonia XS-gel* (น้ำหนักของเอมบริโอ *II-gel* และ *XS-gel* เท่ากับ 1.29 และ 0.29 มิลลิกรัม ซึ่งมีค่าสัดส่วนของเอมบริโอต่อน้ำหนักข้าวกล้องทั้งเมล็ดเท่ากับ 6.33 และ 4.79% ตามลำดับ) และเป็น 2.87 และ 2.14 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ดั้งเดิมตามลำดับ กับพันธุ์ที่เป็นพันธุ์ดั้งเดิม (wild type) ของทั้งสองพันธุ์นี้มีเอมบริโอขนาดปกติ normal embryo (NE) คือ O. *sativa ssp*. Indica-type II32B และ O. *sativa ssp. Japonica* rice . Xiushui 110 (น้ำหนักเอมบริโอของ *II32B* และ Xiushi 110 เท่ากับ 0.45 และ 0.46 มิลลิกรัม ซึ่งมีค่าสัดส่วนของเอมบริโอต่อน้ำหนักข้าวกล้องทั้งเมล็ดเท่ากับ 1.86% และ1.93% ตามลำดับ) พบว่า ปริมาณ GABA ที่เพิ่มขึ้นในข้าวที่ผ่านการแช่เพิ่มขึ้นตามสัดส่วนน้ำหนักเอมบริโอขนาดใหญ่ต่อเอมบริโอขนาดปกติ คือ GABA ในข้าวสายพันธุ์ *II32B* เท่ากับ 2.23 ส่วนใน *II-gel* จึงมีค่าเท่ากับ 6.37 เท่า และในทำนองเดียวกัน GABA ใน *XS-gel* เท่ากับ1.95 ส่วนใน Xiushui 110 (พันธุ์ดั้งเดิม) มีค่าเท่ากับ 4.21

ในการสังเคราะห์สารกาบานั้นลักษณะของความแตกต่างทางพันธุกรรมถือได้ว่าเป็นตัวกำหนดอีกตัวหนึ่งในการสังเคราะห์สารอาหารทั้งที่มีประโยชน์และที่ไม่มีประโยชน์ปะปนกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ออกไป โดยเฉพาะสารอาหารกาบา(GABA) ซึ่งเป็นสารอาหารที่ประโยชน์เป็นสารสื่อสัญญาณประสาทที่สำคัญในระบบประสาทส่วนกลาง (Kim *et al.,* 2004) ปริมาณสารอาหารกาบา (GABA) ในเมล็ดข้าวแตกต่างกันตามพันธุกรรมทั้งในกลุ่ม Japonica (Saikusa *et al.,*1994) และ Indica (พัชรี ตั้งตระกูล, 2549; Jannoey *et al.,* 2010) โดยพันธุ์ข้าวที่มีขนาดคัพภะใหญ่เปอร์เซนต์การงอกของเมล็ดสูงมักจะมีการสังเคราะห์ปริมาณสารอาหารกาบา(GABA) สูง (Kishimani, (1988) สาร GABA ในเมล็ดข้าวส่วนใหญ่สะสมอยู่ในเนื้อเยื่อที่เจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว เช่นปลายยอดและราก ดังนั้นจึงพบว่าข้าวกล้องงอกมีปริมาณสาร GABA ข้าวกล้องที่ไม่ผ่านกระบวนการงอก (พัชรี ตั้งตระกูล, 2549; Maeda *et al.,* 2007) โดยเฉพาะช่วงเมล็ดงอกมีความยาวราก 0.5 – 1 มม. ทั้งนี้ทั้งนั้นก็ขึ้นอยู่กับขนาดของเมล็ด สารอาหารในเมล็ดและสภาพแวดล้อมจึงเป็นไปได้ว่าความแตกต่างของปริมาณสาร (GABA) ซึ่งข้าวในแต่ละสายพันธุ์เกี่ยวข้องกับพันธุกรรมของลักษณะเมล็ดและศักยภาพการงอกในแต่ละสภาพแวดล้อม Mayer and Mayer, (1988) และในปัจุบันยังไม่มีข้อมูลในการศึกษาข้อความสัมพันธ์ของลักษณะดังกล่าวในพันธุ์ของข้าวไทยซึ่งอาจเป็นข้อจำกัด ในการนำความหลากหลายทางพันธุกรรมของข้าวไทยมาใช้ประโยชน์ ส่วนมากศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างเมล็ด ขนาดคัพภะ เปอร์เซ็นต์การงอก ปริมาณโปรตีน และสาร GABA เพื่อให้ได้ข้อมูลสำหรับการผลิตและปรับปรุงพันธุ์ข้าวให้มีปริมาณสาร GABA สูง เพื่อที่จะผลิตข้าวกล้องงอก รวมทั้งสามารถนำพันธุกรรมข้าวไทยมาใช้ประโยชน์ตลอดถึงการเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวไทยต่อไป (พัชรี และคณะ, 2553)

2.) ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม

2.1 ระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยว

จมูกข้าวของเมล็ดข้าวพันธุ์ Koshihikari ที่มีการเก็บรักษา 269 วัน มีปริมาณ GABA เริ่มต้น เท่ากับ 36.9 มิลลิกรัม/100 กรัม ซึ่งมากกว่าการเก็บรักษาที่ 119 วัน ซึ่งเท่ากับ 25.4 มิลลิกรัม/100 กรัม แต่ปริมาณ GABA จะเพิ่มขึ้น เพียง 4.4 เท่าหลังจากแช่ในน้ำระยะเวลา 4 ชั่วโมง คือ เท่ากับ 162 มิลลิกรัม/100 กรัม ซึ่งเพิ่มขึ้นน้อยกว่าการเก็บรักษาที่ 119 วัน ที่เพิ่มมากถึง 8.5 เท่า หลังจากแช่ในน้ำระยะเวลา 4 ชั่วโมง เพราะระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวที่ยาวจะมีผลยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ glutamate decarboxylase และ proteolytic enzyme ดังนั้นจมูกข้าวที่เก็บนานจะสามารถใช้ผลิต GABA ได้น้อยลง (Horino *et al.* 1994b)

2.2 ระดับการขัดสีของเมล็ดข้าว

ลักษณะองค์ประกอบของเนื้อเยื่อแตกต่างกันจึงส่งผลให้ปริมาณสารอาหารกาบา (GABA) และปริมาณสารอาหารชนิดอื่นๆในเนื้อเยื่อแต่ละชั้นของเมล็ดข้าวมีปริมาณแตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ออกไปด้วยเช่นกัน (ชนิษฎา และคณะ, 2552) การนำข้าวพันธุ์ Koshihikari มาสีเป็นแป้งแยกส่วนจากผิวด้านนอกสุดของเมล็ดตามลำดับ คือ F_1 5-10%, F_2 10-14%, F_3 14-18%, F_4 18-23%, F_5 23-27% และ F_6 27-100% หลังจากนั้นนำข้าวแต่ละระดับการสี 1.6 กรัมแช่ในน้ำขจัดอิออน 3.2 มิลลิลิตร อุณหภูมิในการแช่ข้าว 30 องศาเซสเซียส ระยะเวลาในการแช่ 0, 1 และ 4 ชั่วโมง พบว่า ส่วนของเมล็ดข้าวแต่ละระดับการสีจะมีปริมาณสารอาหารกาบา (GABA) เพิ่มขึ้นและมีปริมาณที่แตกต่างกัน โดยแป้งที่อยู่ส่วนนอกของเมล็ดมีการสังเคราะห์และเพิ่มปริมาณสารอาหารกาบา(GABA)มากกว่ากล่าวคือ$F_1>F_2>F_3>F_4,>F_5>F_6$ (Saikusa *et al*.,1994)

2.3 อุณหภูมิในการแช่ข้าว

อุณหภูมิในการแช่ข้าวที่แตกต่างกันส่งผลต่อปริมาณสารอาหารกาบา(GABA) และสารอาหารอื่นๆ แตกต่างกัน (Ito and Ishikawa, 2004) และกรรมวิธีที่จะผลิตข้าวกล้องงอกนั้น แช่ข้าวในน้ำอุ่นที่มีอุณหภูมิ 30-40 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการแช่ข้าวนาน 20 นาที หรือถ้าแช่ในน้ำเย็นต้องใช้เวลาในการแช่มากขึ้น จะมี GABA เกิดขึ้นได้ง่ายโดยการแช่ในน้ำที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส (Watanabe *et al.,* 2004)

ระยะเวลาในการแช่ข้าวรวมถึงระยะเวลาการบ่มหรือการเพาะให้งอกนั้น ระยะเวลาที่แตกต่างกันส่งผลต่อปริมาณของกรดอะมิโน แตกต่างกันออกไป โดย Alanine Tyrosine Histidene GABA Lysine และ I-Leucine เพิ่มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาเพิ่มมากขึ้น ส่วน glutamic acid และ aspartic acid จะลดต่ำลงเมื่อระยะเวลาเพิ่มมากขึ้น (Watanabe *et al.,* 2004) และข้าวกล้องพันธุ์ Koshihikari นำมาเพาะให้งอก ที่ระยะเวลาแตกต่างกันคือ 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง พบว่า ระยะเวลา 96 ชั่วโมง มีปริมาณสารอาหารกาบา (GABA) มากกว่า 72, 48 และ 24 ชั่วโมง และที่ระยะเวลา 96 ชั่วโมง มีปริมาณ GABA มากเป็น 40 เท่าของข้าวขัดขาว (Ohtsubo *et al*., 2005)

2.4 ความเป็นกรดหรือเบส (pH)

จากรายงานของ Saikusa *et al*., (1994) ได้ทำการทดลองนำจมูกข้าวพันธุ์ Koshihikari แช่ในสารละลายที่มี pH แตกต่างกัน คือ pH 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 1 และ 4 ชั่วโมง พบว่า ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) 5.5 มีความเหมาะสมในการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหารกาบา(GABA)มากที่สุด แต่ที่ความเป็นกรด-เบส (pH) 8 ปริมาณสารอาหารกาบา(GABA) จะมีผลน้อยมากต่อการเพิ่มปริมาณสารอาหารกาบา (GABA) และประเภทของชนิดของสารละลายที่ใช้ในกระบวนการแช่ข้าวนั้นก็จะส่งผลต่อปริมาณสารอาหารกาบา (GABA) ในข้าวแตกต่างกันไปตามชนิดและความเข้มข้นของสารแต่ชนิดอีกด้วยเช่นกัน Oh (2003) ได้ทำการศึกษาโดยนำข้าวกล้อง แช่ในสารละลายที่แตกต่างกัน 5 ชนิดคือกรดแลคติก, ไค

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โตแซน, น้ำกลั่น, กรดกลูตามิก และไคโตแซนร่วมกับกรดกลูตามิก ทำการแช่ที่อุณหภูมิ 25-26 องศาเซลเซียส ระยะเวลานาน 72 ชั่วโมงในที่มืด โดยทำการเปลี่ยนสารละลายที่เตรียมขึ้นใหม่ทุก 12 ชั่วโมง พบว่าปริมาณสารอาหารกาบา(GABA) เพิ่มขึ้นในข้าวที่ผ่านการแช่ในสารละลายทุกชนิดและเพิ่มสูงขึ้นมากที่สุด เมื่อแช่ข้าวในสารละลายไคโตแซนร่วมกับ กรดกลูตามิก ซึ่งปริมาณ GABA มีค่ามากกว่าข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการแช่ 13 เท่า มากกว่าการแช่ในน้ำกลั่นหรือกรดแลคติก 2.5 เท่า มากกว่าการแช่ในไคโตแซนร่วมกับแลคติก 2 เท่า และมากกว่าการแช่ในกรดกลูตามิก 1.5 เท่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved