บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

พื้นที่สูงของประเทศไทยส่วนใหญ่ปลูกพันธุ์ข้าวเจ้า (พันธุ์ข้าวท้องถิ่น) เพื่อบริโภคและพันธุ์ข้าวเหนียว เพื่อใช้ประกอบพิธีกรรม การปลูกข้าวบนพื้นที่สูงมี 2 สภาพ คือ สภาพไร่ (พื้นที่ลาดชัน) และสภาพนา (นาขั้นบันได) โดยปลูกข้าวปีละครั้ง อาศัยน้ำฝนเป็นหลัก ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าว 2 ปัจจัยหลัก คือ (1) ปัจจัยพันธุกรรมหรือพันธุ์ (Genetic) ซึ่งเป็นสิ่งที่เกษตรกรให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก ได้แก่ พันธุ์ข้าวที่ให้ผลผลิตสูง ทนต่อโรค/แมลง คุณภาพหุงต้มอร่อย ทนแล้งหรือใช้น้ำน้อย ทนน้ำท่วม มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เป็นต้น และ (2) ปัจจัยสภาพแวดล้อม (Environment) เป็นปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมหรือจัดการได้มากนัก อาทิสภาพภูมิอากาศที่แปรปรวน ซึ่งส่งผลกระทบต่อผลผลิตข้าวบนพื้นที่สูงมากที่สุด โดยเฉพาะน้ำหรือน้ำฝนที่มีความแปรปรวนของปริมาณและช่วงเวลาการตกของฝน เกิดภาวะฝนทิ้งช่วง ขาดน้ำสำหรับไถเตรียมที่นาในต้นฤดูส่งผลต่อเนื่องทำให้ต้นกล้ามีอายุแก่เกินปักดำ บางพื้นที่ฝนตกในระยะข้าวโผล่รวงหรือผสมเกสรส่งผลให้ข้าวติดเมล็ดน้อย หากเกิดฝนหลงฤดูในระยะเก็บเกี่ยวทำให้ผลผลิตข้าวเสียหาย

(1) ปัจจัยด้านพันธุกรรมหรือพันธุ์

ชุมชนบนพื้นที่สูงของไทยส่วนใหญ่นิยมปลูกพันธุ์ข้าวท้องถิ่นของชุมชนนั้นๆ เพื่อบริโภค ซึ่งแต่ละชนเผ่าเรียกชื่อพันธุ์ข้าวแตกต่างกัน อาทิ ชนเผ่ากะเหรี่ยงเรียกว่า “บือ” ชนเผ่าละว้า เรียกว่า “เฮงาะ” ชนเผ่าม้ง เรียกว่า “เบล้” และชนเผ่าลีซอ เรียกว่า “จะ/จา” และชนเผ่าอาข่า เรียกว่า “แชะ” เป็นต้น

เกษตรกรชนเผ่าบนพื้นที่สูงมีภูมิปัญญาการปลูกข้าวที่สืบต่อกันมาหลายชั่วรุ่น โดยเฉพาะปลูกพันธุ์ข้าวที่หลากหลายพันธุ์สำหรับบริโภค และที่สำคัญคือเพื่อลดความเสี่ยงจากความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศหากข้าวพันธุ์ใดพันธุ์หนึ่งเสียหายจากการเข้าทำลายของโรคหรือแมลง หรือพันธุ์ข้าวใดอ่อนแอต่อสภาวะแล้งยังคงเหลือพันธุ์ข้าวที่ทนทานหรือรอดชีวิตสำหรับบริโภค แต่วิธีการปลูกพันธุ์ข้าวที่หลากหลายพันธุ์และต่อเนื่องเป็นเวลายาวนาน โดยไม่มีวิธีการเก็บเมล็ดพันธุ์ที่ถูกต้อง มักส่งผลให้เกิดการปนพันธุ์และกลายพันธุ์ของข้าว ซึ่งการปนพันธุ์ของข้าวจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับการปนของเมล็ดพันธุ์และการผสมข้ามของพันธุ์ข้าวที่หลากหลายในแปลงนา การปนพันธุ์สังเกตจากลักษณะที่แตกต่างจากข้าวพันธุ์ปลูก เช่น ความสูงต้น วันโผล่รวง สีดอก ทรงกอ ทรงใบ หางของเมล็ด เป็นต้น การปนพันธุ์ส่งผลให้ระยะสุกแก่ของข้าวทั้งกอไม่พร้อมกัน หากเก็บเกี่ยวล่าช้าเมล็ดข้าวที่สุกแก่ก่อนจะร่วงหล่น ส่วนเมล็ดข้าวที่สุกแก่ช้าจะยังติดเขียว กรณีหากพันธุ์ข้าวเหนียวปนกับพันธุ์ข้าวเจ้าเมื่อหุงต้มจะได้ข้าวที่ร่วนซุย รับประทานไม่อร่อย ส่งผลให้คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวลดลง และขาดแคลนเมล็ดพันธุ์ข้าวสำหรับปลูกในฤดูถัดไป ด้วยเหตุนี้ เกษตรกรผู้ปลูกข้าวบนพื้นที่สูงควรคัดพันธุ์และผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวท้องถิ่นให้บริสุทธิ์ ตรงตามพันธุ์ เพื่อให้มีเมล็ดพันธุ์ข้าวไว้ใช้ในชุมชน ลดต้นทุนด้านเมล็ดพันธุ์ข้าว และยังเป็นวิธีการหนึ่งในการเพิ่มผลผลิตข้าวจากการใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวที่มีคุณภาพ ทั้งนี้เมล็ดพันธุ์ข้าวที่ดีหรือมีคุณภาพ มีคุณสมบัติดังนี้ (สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว, 2558)

(1) มีความบริสุทธิ์ ตรงตามพันธุ์ ไม่มีข้าวพันธุ์อื่นปน

(2) สะอาด ไม่มีสิ่งเจือปน เช่น เศษพืช ดิน หิน กรวด ทราย มอด และแมลงที่ตาย

(3) ไม่มีเมล็ดพืชอื่นหรือเมล็ดวัชพืชปะปน โดยเฉพาะข้าวแดงหรือมีไม่เกินมาตรฐานเมล็ดพันธุ์ที่กำหนด

(4) มีความสม่ำเสมอของเมล็ดทั้งขนาดและรูปร่าง ซึ่งเมื่อนำไปปลูกจะได้ต้นกล้าที่มีขนาดเท่ากัน เจริญเติบโตเร็ว ออกดอกและเก็บเกี่ยวพร้อมกัน

(5) ไม่มีโรคหรือแมลงติดมากับเมล็ด ซึ่งจะทำให้ผลผลิตและคุณภาพต่ำ เป็นแหล่งของเชื้อโรคที่สามารถติดต่อสู่แปลงอื่นได้

(6) เมล็ดพันธุ์ข้าวควรมีความงอก ไม่ต่ำกว่า 80 %

(7) เมล็ดพันธุ์ข้าวควรมีความชื้นในเมล็ดต่ำกว่า 14% ถ้าต้องการเก็บรักษาควรตากแดดหรือลดความชื้นในเมล็ดให้แห้งต่ำกว่า 12%

(8) ทนทานต่อสภาพแวดล้อมดีกว่าเมล็ดพันธุ์ทั่วไป สามารถให้ผลผลิตสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ทั่วไป 10-20%

(9) ประหยัดต้นทุนค่าเมล็ดพันธุ์ต่อไร่ เพราะใช้อัตราต่ำกว่าเมล็ดพันธุ์ทั่วไป

ในสถานการณ์ปัจจุบัน พบว่า สภาพอากาศที่แปรปรวนส่งผลกระทบอย่างมากต่อการผลิตข้าว โดยเฉพาะสภาวะความแห้งแล้ง (drought) หรือข้าวขาดน้ำ ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว เนื่องจากการที่ฝนทิ้งช่วงเป็นระยะเวลานานกว่าปกติในระยะต้นกล้า ทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวเสียหายหรือลดลงถึงร้อยละ 25 (Kumar *et al*., 2008) ซึ่งผลผลิตของข้าวที่กระทบแล้งในช่วงต้นฤดูปลูกหรือในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (Vegetative stage) จะลดลงน้อยกว่าข้าวที่ได้รับผลกระทบในช่วงปลายฤดูปลูก เพราะข้าวที่กระทบแล้งในช่วงต้นฤดูปลูกมีโอกาสในการฟื้นตัวได้มากกว่า ทั้งนี้การขาดน้ำในช่วงต้นฤดูปลูกทำให้ข้าวแตกกอน้อย (Bernier *et al*., 2008) พื้นที่ใบลดลง (Farooq *et al.,* 2010) ส่งผลให้น้ำหนักแห้งทั้งหมดลดลง (Kumar *et al*., 2006)

การคัดเลือกข้าวพันธุ์ที่มีคุณลักษณะทนแล้งหรือใช้น้ำน้อยสามารถดำเนินการได้ในช่วงต้นฤดูปลูกซึ่งควรคัดพันธุ์ข้าวที่มีค่าดัชนีทนแล้งของผลผลิตสูง (น้ำหนักเมล็ด) มีค่าดัชนีทนแล้งของน้ำหนักรากแห้งสูง และมีความสามารถในการฟื้นตัวหลังให้น้ำได้ดี (recovery) นอกจากนี้ยังสามารถใช้ลักษณะการม้วนใบและอาการใบตายมาเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกพันธุ์ข้าวทนแล้งได้เช่นกัน Mitchell *et al.* (1998) รายงานว่าลักษณะใบตายสามารถ ใช้ประเมินพันธุ์ข้าวที่มีความทนทานต่อสภาพแล้งในช่วงระยะต้นกล้าได้ และ Narenoot *et al*. (2017) ได้รายงานว่า ผลผลิตข้าวที่ลดลงเมื่อกระทบแล้งเป็นผลสืบเนื่องมาจากการลดลงของพื้นที่ใบในการสังเคราะห์แสงเนื่องจากเกิดการม้วนใบและแสดงอาการใบตาย สำหรับข้าวพันธุ์ที่มีความสามารถในการฟื้นตัวได้ดีก็จะสามารถให้ผลผลิตที่สูง

1.1 คุณค่าทางโภชนาการข้าว

ข้าวเป็นพืชอาหารหลักของชุมชนบนพื้นที่สูงเน้นการบริโภคข้าวเป็นหลักให้อิ่มท้องให้พลังงานแก่ร่างกาย ซึ่งยังมีโอกาสน้อยในการบริโภคอาหารที่หลากหลายเหมือนคนพื้นราบ ข้าวมีสารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการในปริมาณที่น้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับธัญพืชอื่นๆ อย่างข้าวสาลีและข้าวบาร์เล่ย์ (Juliano, 1993) แต่ก็ยังมีพันธุ์ข้าวพื้นเมืองบางพันธุ์ที่มีการรายงานว่ามีส่วนประกอบของสารอาหารที่เป็นประโยชน์ในปริมาณสูง เช่น ธาตุเหล็ก ธาตุสังกะสี สารแกมม่าออไรซานอล และแอนโทไซยานิน โดยเฉพาะในพันธุ์ข้าวที่ส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ดประกอบไปด้วยรงควัตถุสีต่างๆ ได้แก่ สีดำ สีม่วง และสีแดง (Pintasen *et al*., 2007; Boonsit *et al*., 2010; Daiponmak *et al.*, 2010) ข้าวเฉดสี คือ ข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดประกอบไปด้วยสีดำ สีม่วง และสีแดง สีที่เกิดขึ้นมาจากการสะสมของรงควัตถุ 3 ชนิด คือ แอนโทไซยานิน ฟลาโวนอล และโปรแอนโทไซยานิน โดยเฉพาะสารแอนโทไซยานินซึ่งเป็นสารที่ละลายในน้ำได้ดีและมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารอาหารในข้าวเฉดสีมีคุณค่าในทางโภชนาการสูงต่อผู้บริโภค ซึ่งข้าวเฉดสีแต่ละพันธุ์มีความแปรปรวนของปริมาณสารแอนโทไซยานิน ธาตุเหล็ก และธาตุสังกะสี ทั้งในข้าวกล้อง ข้าวสาร และรำข้าวขึ้นอยู่กับลักษณะทางพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม สำหรับพันธุ์ข้าวที่มีเฉดสีดำจะมีสารแอนโทไซยานินมากกว่าเฉดสีแดงและ

สีน้ำตาล และในรำข้าวของข้าวก่ำมีปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระและฟีนอลิกมากกว่าพันธุ์ข้าวที่ไม่มีรงควัตถุในส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ดข้าว (Muntana *et al*., 2010; Higashi *et al*., 2009)

จากการสำรวจของศูนย์วิจัยข้าวนานาชาติ (IRRI) ประเทศฟิลิปปินส์ พบว่า ในเมล็ดข้าว 939 พันธุ์ พบความแปรปรวนของธาตุเหล็กและสังกะสีอยู่ที่ 7.5-24.4 mg/kg และ 15.9-58.4 mg/kg ตามลำดับ (Graham *et al*., 1999) สำหรับการสำรวจปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดข้าวของไทย จำนวน 38 พันธุ์ พบว่ามีปริมาณธาตุเหล็กอยู่ระหว่าง 7-22 mg/kg โดยข้าวพันธุ์ RD6 และ KDML105 ซึ่งเป็นข้าวที่คนไทยนิยมบริโภคมากที่สุดมีปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดต่ำ (>10 mg/kg) แต่ยังคงมีพันธุ์ข้าวไทยอีกจำนวนหนึ่งที่มีปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดข้าวสูง โดยเฉพาะข้าวพันธุ์พื้นเมือง เช่น CMU122, CMU123 และ CMU124 เป็นต้น (Prom-u-thai and Rerkasem, 2001) สำหรับปริมาณธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าว 4 พันธุ์ พบว่า ในเมล็ดข้าวขาวจะมีปริมาณสังกะสีอยู่ระหว่าง20.2-51.8 mg/kg โดยข้าวพันธุ์ KDML105 ก็ยังคงมีปริมาณสังกะสีในเมล็ดต่ำเช่นกัน (23.7 mg/kg) (Prom-u-thai, 2003)

จากการศึกษาพันธุ์ข้าวในประเทศเกาหลีใต้ จำนวน 10 พันธุ์ รายงานว่ามีปริมาณแอนโทไซยานิน ตั้งแต่ 0-493 mg/100g ขณะที่ Lee (2010) พบว่า ข้าวก่ำ จำนวน 10 พันธุ์ มีปริมาณแอนโทไซยานินอยู่ระหว่าง 52.1±6.3–1,601.0±8.5 μg/g (Ryu *et al*, 1998) ในประเทศไทย Suwannalert and Rattanachitthawat (2011) ศึกษาในข้าวพันธุ์ลืมผัวมีปริมาณโมโนเมอริคแอนโทไซยานินสูงที่สุดที่ 36.94 ppm. รองลงมาคือ ข้าวก่ำ ข้าวหอมนิล และข้าว Black rose โดยมีปริมาณโมโนเมอริคแอนโทไซยานิน 7.36, 1.08 และ 0.06 ppm. Tananuwong and Tewaruth (2010) พบปริมาณโมโนเมอริคแอนโทไซยานินในข้าวก่ำ ตั้งแต่ 275-298 μg/g ในตัวทำละลาย pH 6.5 และ 313-352 μg/g ในตัวทำละลาย pH 2.0 ในขณะที่ ดำเนิน และคณะ (2552) ศึกษาในพันธุ์ข้าวก่ำ 36 พันธุ์ พบว่าพันธุ์ก่ำ 19104 มีปริมาณแอนโทไซยานินต่ำที่สุด 13.18 mg/100 g ส่วนในพันธุ์ข้าวก่ำดอยสะเก็ดมีปริมาณแอนโทไซยานินสูงที่สุด 125.64 mg/100g สำหรับพันธุ์ข้าวไร่บนพื้นที่สูงมีลักษณะเฉพาะที่น่าสนใจในการนำไปสร้างหรือพัฒนาข้าวพันธุ์ใหม่ เช่น เมล็ดมีสีของรงควัตถุ มีความทนทานต่อโรคหรือแมลง และทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่แปรปรวนได้ดี เป็นต้น (ดำเนิน, 2543)

การขัดขาวข้าวกล้องทำให้ส่วนของเยื้อหุ้มต่างๆ ได้แก่ เยื่อหุ้มผล (pericarp) เยื่อหุ้มเมล็ด (tegmen) เยื่อหุ้มเนื้อเมล็ด (aleurone layer) คัพภะ (embryo) และผิวนอกของข้าวสารหลุดออกจากเมล็ดข้าว ซึ่งเรียกว่ารำข้าว (rice bran) จะมีประมาณร้อยละ 8-10 ที่เหลือเป็นข้าวสาร (milling rice) มีประมาณร้อยละ 68-70 ของข้าวเปลือกที่ใช้สี ซึ่งข้าวชนิดเมล็ดยาวเรียวจะมีปริมาณรำข้าวที่มากกว่าข้าวชนิดเมล็ดขนาดกลางและสั้น กระบวนการขัดสีข้าวทำให้เกิดการสูญเสียวิตามินและเกลือแร่ต่างๆ โดยเฉพาะการสูญเสียธาตุเหล็กและธาตุสังกะสีในปริมาณมากถึงร้อยละ 60-80 ขึ้นอยู่กับลักษณะพันธุ์ข้าวและรูปร่างของเมล็ดข้าว ธาตุอาหารที่สูญเสียไปกับรำข้าวจะมีธาตุเหล็กและธาตุสังกะสีสูงกว่าเมล็ดข้าวขาวประมาณ 8-10 และ 2-4 เท่า ตามลำดับ ส่วนของรำข้าวมีปริมาณโปรตีน ไขมัน และเส้นใยอาหารมากกว่าข้าวเปลือก ข้าวกล้อง และข้าวสาร แต่ในรำข้าวมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำ รำข้าวเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระธรรมชาติ (natural antioxidant) ที่สำคัญ ได้แก่โทโคเฟอรอล (Tocopherol) โทโคไตรอีนอล (Tocotrienol) และแกมม่าโอไรซานอล (γ-oryzanols) รำข้าวสามารถลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดได้ โดยเฉพาะในส่วนของ low-density lipoprotein (LDL) ช่วยลดความเสี่ยงของโรคหัวใจและสามารถลดการเกิดของนิ่วในร่างกายได้ (Lqbal *et al*., 2005)

จากรายงานของจันทร์จิรา และคณะ (2563) พบว่า คุณค่าทางโภชนาการของข้าวพันธุ์บือเนอมูที่ปลูกในสภาพนาที่ระดับความสูงของพื้นที่ 400 MSL มีปริมาณสารแกมม่าโอไรซานอลสูง 379.70

mg/kg ที่ระดับความสูงของพื้นที่ 800 MSL พันธุ์บือชอมี (ไก่ป่า) มีปริมาณสารแกมม่าโอไรซานอลสูง 355.21 mg/kg และที่ระดับความสูงของพื้นที่ 1,000 MSL พันธุ์บือบอ (ข้าวเหลือง) มีค่าความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระสูงถึง 113.68 และมีแคลเซียมสูง 409 mg/kg สำหรับเมื่อปลูกในสภาพไร่ ที่ระดับความสูงของพื้นที่ 400 MSL พันธุ์เล่าทูหยามีค่าความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระสูงถึง 118.75 และมีโพแทสเซียมสูง 3,122 mg/kg ที่ระดับความสูงของพื้นที่ 800 MSL พันธุ์เล่าทูหยามีสารแกมม่าโอไรซานอลสูง 1,116.27 mg/kg และมีธาตุสังกะสีสูง 25.2 mg/kg สำหรับระดับความสูงพื้นที่ความสูงของพื้นที่ 1,000-1,200 MSL พันธุ์เล่าทูหยามีแคลเซียมสูง 385 mg/kg

ตาราง 1 องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดข้าว

ประเภทข้าว	โปรตีน (กรัม/100 กรัม)	เหล็ก (มิลลิกรัม/100 กรัม)	สังกะสี (มิลลิกรัม/ 100 กรัม)	เส้นใย (กรัม/100 กรัม)
ข้าวขาวขัดสี	6.8	1.2	0.5	0.6
ข้าวสีน้ำตาล	7.9	2.2	0.5	2.8
ข้าวสีแดง	7.0	5.5	3.3	2.0
ข้าวสีม่วง	8.3	3.9	2.2	1.4
ข้าวสีดำ	8.5	3.5	-	4.9

ศันสนีย์ และคณะ (2562) ได้รายงานว่า ในปี พ.ศ. 2558-2562 ได้คัดเลือกพันธุ์ข้าวไร่ท้องถิ่นลูกผสมที่ทนทานต่อแมลงบั่ว ไม่ไวต่อช่วงแสง และมีคุณค่าโภชนาการ จำนวน 5 สายพันธุ์ ประกอบด้วย (1) เบล้อะx CMU-L2 (2) เบล้อะxCMU-B2 (3) เจ้าเปลือกดำxCMU-L2 (4) เจ้าเปลือกดำ x CMU-B2 และ (5) เจ้าเปลือกดำx ปทุมธานี1 โดยข้าวทั้งห้าพันธุ์นี้เมื่อปลูกในสภาพข้าวนาและสภาพข้าวไร่มีปริมาณธาตุเหล็กระหว่าง 10.7-13.8 mg/kg ซึ่งจัดอยู่ในระดับปานกลาง สำหรับธาตุสังกะสีมีค่าระหว่าง 28.7-31.5 mg/kg ซึ่งจัดอยู่ในระดับสูง เมื่อปลูกในสภาพไร่ลูกผสมระหว่าง เจ้าเปลือกดำxปทุมธานี1 มีปริมาณสังกะสีสูงสุด รองมา ได้แก่ เจ้าเปลือกดำxปทุมธานี1 นอกจากนี้ยังพบว่าพันธุ์ข้าวท้องถิ่นลูกผสม เจ้าเปลือกดำxปทุมธานี1 ที่ปลูกในสภาพข้าวไร่และสภาพข้าวนาชั่วที่ 8 มีค่าสารหอม (2AP) เท่ากับ 0.16 และ 0.60 ppm ตามลำดับ แต่ในชั่วที่ 10 กลับไม่พบค่าสารหอมในลูกผสมดังกล่าว

นอกจากการเพิ่มมูลค่าพันธุ์ข้าวท้องถิ่นด้วยคุณค่าทางโภชนาการแล้ว การปลูกข้าวด้วยระบบเกษตรอินทรีย์ถือว่าเป็นโอกาสหนึ่งในการสร้างมูลค่าแก่ข้าวไทย เนื่องจากปัจจุบันข้าวอินทรีย์มีการขยายตัวอย่างต่อเนื่องทั้งตลาดส่งออกและตลาดในประเทศ ซึ่งเป็นโอกาสที่จะผลิตข้าวอินทรีย์ป้อนความต้องการของตลาด อย่างไรก็ตามการผลักดันเพื่อเพิ่มปริมาณการผลิตข้าวอินทรีย์ คือ การสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องในหลักวิชาการผลิต “ข้าวอินทรีย์” เป็นระบบการผลิตข้าวที่ไม่ใช้สารเคมีเกษตรทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็นปุ๋ยเคมี สารควบคุมการเจริญเติบโต สารควบคุม/กำจัดวัชพืช สารป้องกันกำจัดโรค แมลง และสัตว์ศัตรูข้าว รวมถึงสารเคมีเพื่อรมป้องกันกำจัดแมลงศัตรูข้าวในโรงเก็บ การผลิตข้าวอินทรีย์ทำให้ได้ผลผลิตข้าวที่มีคุณภาพสูงและปลอดภัยจากสารพิษ อนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และยังเป็นการพัฒนาการเกษตรแบบยั่งยืน การผลิตข้าวอินทรีย์เน้นเรื่องการใช้ประโยชน์จากธรรมชาติเพื่อการผลิตอย่างยั่งยืน เช่น ปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยการปลูกพืชหมุนเวียน การใช้ปุ๋ยอินทรีย์และวัสดุอินทรีย์ในไร่นา ควบคุมโรค/แมลง/สัตว์ศัตรูข้าวโดยวิธีผสมผสานที่ไม่ใช้สารเคมี การเลือกใช้พันธุ์ข้าวที่เหมาะสม มีความทนทานโดยธรรมชาติ รักษาสมดุลของศัตรูธรรมชาติ การจัดการพืช/ดิน/น้ำให้ถูกต้องเหมาะสมกับความต้องการของต้นข้าวเพื่อให้ต้นข้าวเจริญเติบโตได้ดี การจัดการสภาพแวดล้อมไม่ให้เหมาะสมต่อการระบาดของโรค/แมลง/สัตว์ศัตรูข้าว เป็นต้น

ปัจจุบันประเทศไทยมีแหล่งผลิตข้าวอินทรีย์คุณภาพดีอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือ โดยมีพื้นที่เพาะปลูกและปริมาณผลผลิตข้าวอินทรีย์ไม่ถึงร้อยละ 1.0 เมื่อเทียบกับพื้นที่ปลูกและ

ปริมาณผลผลิตข้าวทั้งหมด และเมื่อเทียบกับพื้นที่ปลูกข้าวอินทรีย์ในตลาดโลก ประเทศไทยยังอยู่ในอันดับ 5 รองจากจีน อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ และเกาหลีใต้ เมื่อพิจารณาถึงศักยภาพในการขยายการผลิตข้าวอินทรีย์แล้ว ประเทศไทยยังมีโอกาสขยายและเพิ่มปริมาณการผลิตได้อีกมาก ซึ่งถือว่าเป็นโอกาสดีของเกษตรกรที่จะหันมาผลิตข้าวอินทรีย์ป้อนความต้องการของตลาดในส่วนนี้

1.2 ผลิตภัณฑ์ข้าวไทย

จากการนำเทคโนโลยีและนวัตกรรมมาใช้พัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อผู้บริโภคยุคใหม่ ส่งผลให้ข้าวไทยในวันนี้ ไม่ได้จำกัดเป็นเพียงการบริโภคโดยตรงเท่านั้น การแปรรูปข้าวเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ สามารถเพิ่มมูลค่าของข้าวได้ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากข้าวอินทรีย์และแปรรูปเป็นอาหารฟังก์ชั่น ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่เมื่อบริโภคเข้าสู่ร่างกายแล้วจะมีประโยชน์ต่อร่างกายนอกจากรสชาติและความอิ่ม ทั้งประโยชน์ด้านคุณค่าทางโภชนาการสูง เช่น คาร์โบไฮเดรต ไฟเบอร์ วิตามิน บี1 บี2 บี6 วิตามินอี ไนอะซิน โฟเลต โพลีฟีนอล โอเมก้า 3 โอเมก้า 6 โอเมก้า 9 สารแอนโทไซยานิน แกมม่าโอไรซานอล เบต้าแคโรทีน ลูทีน สารต้านอนุมูลอิสระ และแร่ธาตุต่างๆ เช่น เหล็ก แคลเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม โพแทสเซียม ทองแดง สังกะสี เซเลเนียม และแคลเซียม เป็นต้น ซึ่งคุณค่าทางโภชนาการ (Nutritive values) หมายถึง ปริมาณสารอาหารที่มีจำเพาะในอาหารแต่ละชนิดที่ร่างกายสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรง สารอาหารที่เป็นส่วนประกอบของอาหารแต่ละชนิดสามารถรู้ได้จากการนำอาหารนั้นๆ ไปวิเคราะห์ทางเคมีหรือเปรียบเทียบปริมาณสารอาหารจากตารางคุณค่าอาหารที่ได้มีการวิเคราะห์ไว้แล้วโดยอาศัยหลักคุณค่าทางโภชนาการทำให้มีการจัดสารประกอบต่างๆ ในอาหารออกเป็น 6 ประเภท ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน วิตามิน เกลือแร่ และน้ำ (พีระพงษ์, 2541)

กรณีอาหารเสริมสำหรับเด็กทารกควรมีคุณลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลว มีความหนืดและความหยาบ/ความละเอียดให้เหมาะสมกับพัฒนาการทางด้านการเคี้ยวและกลืนของเด็กทารกในแต่ละช่วงอายุ เพื่อให้เด็กทารกสามารถรับประทานอาหารเสริมได้มากขึ้น ที่สำคัญคือช่วยให้เด็กทารกได้รับสารอาหารเพียงพอกับความต้องการของเด็กทารก (กองทันตสาธารณสุข, 2550) การให้อาหารเสริมเด็กทารกต้องคำนึงถึงความพร้อมทางร่างกายทั้งทางด้านระบบการย่อยการดูดซึม ระบบการขับถ่าย รวมถึงระบบประสาทและกล้ามเนื้อ โดยมีการพัฒนาจนกระทั่งเด็กทารกสามารถรับประทานอาหารเสริมได้ (World Health Organization, 2009)

งามชื่น (2546) รายงานว่าการนำข้าวมาผ่านกระบวนการแปรรูปต้องพิจารณาคุณสมบัติของแป้งที่มีอยู่ในข้าวเป็นสำคัญ เพราะพันธุ์ข้าวไทยแต่ละพันธุ์มีคุณภาพของแป้งที่แตกต่างกัน ข้าวแต่ละชนิดมีคุณสมบัติเฉพาะอย่าง ผลิตภัณฑ์จากข้าวดั้งเดิมที่เรามีมานานและเป็นที่รู้จักกันโดยทั่วไป คือ แป้งข้าว (Flour) ที่ทำมาจากข้าวเจ้าหรือข้าวเหนียวประเภทร่วนแข็ง ซึ่งเป็นข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูง กอปรกับพฤติกรรมของผู้บริโภคที่เปลี่ยนไปจึงถือว่าเป็นโอกาสสำคัญที่ช่วยหนุนผลิตภัณฑ์แปรรูปข้าวเพื่อตอบโจทย์ของรูปแบบการบริโภคของผู้บริโภคที่หลากหลายและมีความเฉพาะกลุ่มมากขึ้น (Niche Market) อีกทั้งเป็นการสร้างโอกาสสำหรับผู้ประกอบการผลิตภัณฑ์แปรรูปข้าว (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2561)

ชนิดา (2551) รายงานว่า อาหารกลุ่มแป้งถูกสะสมไว้ในส่วนต่างๆ ของพืช เช่น หัว ราก เมล็ด ลำต้น และผล หากสกัดสิ่งเจือปนอื่นๆ ออกจะได้แป้งบริสุทธิ์เรียกว่า “สตาร์ช (starch)” ซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มแป้งตามองค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพเป็น 3 ประเภท ได้แก่ (1) แป้งที่มีปริมาณอะไมโลสน้อย ได้แก่ แป้งที่ผลิตจากพืชหัว เช่น แป้งมันฝรั่ง แป้งที่ผลิตจากราก เช่น แป้งมันสำปะหลัง แป้งมันเทศ แป้งเท้ายายม่อม และแป้งที่ผลิตจากลำต้น เช่น แป้งสาคู (2) แป้งที่มีปริมาณอะไมโลสมาก ได้แก่ แป้งที่ผลิตจากธัญพืชทั่วไป เช่น แป้งข้าวโพด แป้งข้าวสาลี แป้งข้าวฟ่าง แป้งข้าวเจ้า และ (3) แป้งที่ไม่มีอะไมโลสหรือ

มีอะไมโลเพกทินเกือบ 100% ได้แก่ แป้งข้าวโพดเหนียว (waxy maize) แป้งข้าวฟ่างเหนียว (waxy sorghum) และแป้งข้าวเหนียว (waxy rice)

1.3 องค์ประกอบของแป้ง

แป้งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ประกอบด้วยคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ในอัตราส่วน 5:10:6 มีสูตรเคมี คือ $(C_6H_{10}O_5)_n$ ซึ่งแป้งเป็นพอลิเมอร์ของกลูโคส ประกอบด้วย หน่วยของน้ำตาลกลูโคสมาเชื่อมต่อกันด้วยพันธะกลูโคซิดิก (glucosidic linkage) แป้งประกอบด้วยพอลิเมอร์ของกลูโคส 2 ชนิด คือ พอลิเมอร์เชิงเส้น (อะไมโลส) และพอลิเมอร์เชิงกิ่ง (อะไมโลเพกทิน) วางตัวในแนวรัศมี แป้งจากแหล่งที่ต่างกันจะมีอัตราส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพกทินแตกต่างกัน ทำให้คุณสมบัติของแป้งแต่ละชนิดแตกต่างกัน องค์ประกอบหลักภายในเม็ดแป้ง ได้แก่ อะไมโลส (amylose) อะไมโลเพกทิน (amylopectin) และสารตัวกลาง (intermediate material)

การแปรรูปผลิตภัณฑ์ข้าวถือว่าเป็นการเปลี่ยนความต้องการของผู้บริโภคให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีอัตลักษณ์โดยการสร้างนวัตกรรมของผลิตภัณฑ์ข้าวแบ่งเป็น 2 กระบวนการหลัก (กิตติพงษ์, 2559) ดังนี้

1.) กระบวนการเพิ่มคุณค่าให้ผลิตภัณฑ์ข้าว (Value - Mind) เป็นการสร้างผลิตภัณฑ์ข้าวเพื่อตอบสนองความต้องการทางด้านจิตใจของผู้บริโภค ซึ่งเริ่มตั้งแต่เกษตรกรผู้ปลูกข้าวเป็นผู้สร้างขนบธรรมเนียมประเพณีและวัฒนธรรมต่างๆ และได้ส่งต่อองค์ความรู้เหล่านี้ในรูปแบบของภูมิปัญญาไปสู่คนรุ่นต่อๆ ไป ปัจจุบันได้มีการระบุอัตลักษณ์ของพื้นที่ปลูกข้าวเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค เช่น การขึ้นทะเบียนข้าวพันธุ์พื้นเมืองที่เป็นสิ่งบ่งชี้ตามภูมิศาสตร์ (Geographical Indicators หรือ GI) การผลิตข้าวอินทรีย์ (Organic Rice Farming) และการพัฒนาอัตลักษณ์ข้าวพื้นเมืองให้โดดเด่นในเรื่องโภชนาการสำหรับผู้บริโภคที่ดูแลและรักษาสุขภาพ เป็นต้น

2.) กระบวนการเพิ่มมูลค่าที่ทำให้มูลค่าข้าวเพิ่มขึ้น (Value - Added) เป็นการสร้างนวัตกรรมในกระบวนการผลิตและการแปรรูปผลิตภัณฑ์ข้าวภายใต้หลักการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ข้าวได้ในทุกขั้นตอน ตั้งแต่การพัฒนาสายพันธุ์ข้าว กรรมวิธีและกระบวนการเพาะปลูก การเก็บเกี่ยว การสี การแปรสภาพผลิตภัณฑ์ข้าว จนถึงการบรรจุผลิตภัณฑ์ข้าว (Packaging)

วิภา (2556) ได้รายงานว่าโรคแพ้กลูเตน (Celiac Disease) เป็นอาการตอบสนองแบบไม่พึงประสงค์ของระบบร่างกายที่มีต่อสิ่งแปลกปลอมที่มากระตุ้น โดยเกิดจากการที่ร่างกายได้รับอาหารที่มีกลูเตน (Autoimmune Disease) และเมื่อผ่านกระบวนการย่อย สารอาหารดังกล่าวจะผ่านเข้าสู่ส่วนของผนังลำไส้เล็กซึ่งมีวิไล (Villi) ทำหน้าที่ช่วยดูดซึมสารอาหารในผู้ที่แพ้กลูเตน ระบบภูมิคุ้มกันอัตโนมัติของร่างกายจะผลิตแอนติบอดีออกมาการตอบสนองต่อวิไลที่มีกลูเตนเกาะอยู่ที่ผิวเซลล์เสมือนเป็นสิ่งแปลกปลอมและทำลายวิไล ทำให้เกิดการบวม แดง อักเสบ นอกจากนี้ผู้ที่แพ้กลูเตนมักจะมีภาวะขาดแคลเซี่ยม ทำให้เป็นโรคกระดูกพรุนและขาดธาตุเหล็ก โดยพบว่าในเด็กที่เป็นโรคแพ้กลูเตน มีภาวะโรคโลหิตจางสูงถึงร้อยละ 5 เด็กมีการเจริญเติบโตช้าและมีพัฒนาการช้ากว่าปกติ (Hofman *et al*., 2004) โดยทั่วไปผู้ป่วยที่แพ้กลูเตน (Coeliac Disease) ไม่ควรบริโภคอาหารที่มีกลูเตนเกิน 20 มิลลิกรัมต่อวัน ปัจจุบันอาหารปราศจากกลูเตน (gluten-free) มีการขยายตัวอย่างรวดเร็วในสหรัฐฯ ยุโรป และออสเตรเลีย จึงเป็นโอกาสที่ดีของผู้ผลิตอาหารของไทยโดยเฉพาะผลิตภัณฑ์แปรรูปจากข้าว ทั้งข้าวเจ้าและข้าวเหนียว เนื่องจากข้าวเป็นแหล่งธัญพืชชนิดปราศจากกลูเตนโดยธรรมชาติ จึงสามารถใช้เป็นจุดขายเพื่อการส่งเสริมและขยายตลาดของผลิตภัณฑ์แปรรูปจากข้าว

แป้งไร้กลูเต็น (Gluten-free flour) เป็นทางเลือกสำหรับคนแพ้ แป้งกลุ่มนี้ทำจากแป้ง (strach) จากพืชอื่นๆ ที่ไม่มีโปรตีน เช่น แป้งข้าวโพด แป้งมัน หรือแป้งจากถั่วต่างๆ มะพร้าว แต่จะผสมสารบางอย่าง

เพื่อให้แป้งมีความเหนียวทดแทนกลูเตน อาหารเบเกอรี่ส่วนใหญ่ทำจากแป้งสาลี แต่ก็ยังมีส่วนน้อยที่ไม่ใช้กลูเตนถือเป็น gluten free ได้ เช่น ชีสเค้ก คุกกี้ เป็นต้น

รุจิรา และคณะ (2543) ได้ทำผลิตภัณฑ์คุกกี้โดยนำแป้งข้าวมาแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ โดยใช้แป้งข้าวเจ้าพันธุ์หอมมะลิ 105 กข 23 และเหลืองประทิว 123 พบว่า แป้งที่เหมาะสมกับการทำคุกกี้ คือ แป้งข้าวทุกพันธุ์ทั้งโม่แห้งและโม่น้ำ โดยคุณภาพของคุกกี้ยังได้รับการยอมรับใกล้เคียงกับคุกกี้จากแป้งสาลี คุกกี้จากแป้งข้าว กข 23 ได้คะแนนการยอมรับใกล้เคียงกับคุกกี้แป้งสาลีมากที่สุด แต่อย่างไรก็ตามคุกกี้จากแป้งข้าวเจ้าก็ยังมีข้อด้อยกว่าคุกกี้จากแป้งสาลี เพราะมีลักษณะร่วน แตกหักง่าย มีเนื้อหยาบ และอ่อนตัวเร็ว

หทัยชนก และคณะ (2561) วิจัยพัฒนาผลิตภัณฑ์พาสต้าชนิดราวิโอลีแบบสดจากแป้งข้าวกล้องทดแทนการใช้แป้งสาลี พบว่า การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องมีประโยชน์ต่อผู้บริโภคเนื่องจากมีการเพิ่มขึ้นของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจากสารประกอบฟีนอลิคในแป้งข้าวกล้อง

จากความหลากหลายของพันธุ์ข้าวท้องถิ่นบนพื้นที่สูง จันทร์จิรา และคณะ (2564) ได้คัดเลือกพันธุ์ข้าวท้องถิ่นเพื่อวิจัยและพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ขนมอบสำหรับเด็กอายุ 1-2 ปี โดยมุ่งเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ เสริมคาร์โบไฮเดรตในรูปแบบที่แปลกใหม่ รับประทานง่าย อีกทั้งยังมีการเสริมโภชนาการด้วยโปรตีนจากเนื้ออกไก่ ไข่ไก่ และเส้นใยจากผัก โดยมีส่วนประกอบแป้งข้าวกล้องของข้าว 2 พันธุ์ คือ พันธุ์เฮงาะเลอทิญและพันธุ์เล่าทูหยา รวมถึงส่วนผสมจากผักต่างๆ ได้แก่ แครอท ผักแคล และหัวหอมใหญ่ ผลการวิจัยพบว่าลักษณะปรากฏของแป้งข้าวที่ผ่านการบดของพันธุ์เฮงาะเลอทิญและเล่าทูหยาไม่มีกลิ่นรสและสามารถขึ้นรูปได้ โดยมีกระบวนการแปรรูปเตรียมแป้งผสมก่อนนำไปอบแบบไม่ผ่านการพรีเจลาติไนซ์ ซึ่งมีลักษณะปรากฏดีและรับประทานง่าย จากผลการวิจัยองค์ประกอบทางเคมี (Proximate analysis) ของผลิตภัณฑ์ขนมอบสำหรับเด็กอายุ 1-2 ปี มีปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วง 10.00-10.60 กรัม/100 กรัมตัวอย่าง ปริมาณเถ้าอยู่ในช่วง 2.69-2.87 กรัม/100 กรัมตัวอย่าง ปริมาณใยอาหารอยู่ในช่วง 2.82-3.31 กรัม/100 กรัมตัวอย่าง ปริมาณคาร์โบไฮเดรตอยู่ในช่วง 55.80-62.50 กรัม/100 กรัมตัวอย่าง และพลังงานอยู่ในช่วง 490-510 กิโลแคลลอรี/100 กรัมตัวอย่าง สำหรับข้อมูลคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale (1= ไม่ชอบมากอย่างยิ่ง และ 9 = ชอบมากอย่างยิ่ง) พบว่า ผลิตภัณฑ์ขนมอบรสเนย มีคะแนนความชอบในทุกลักษณะอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (6.9-7.2 คะแนน) ส่วนรสช็อกโกแลตมีคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย-ชอบปานกลาง (6.8-7.5 คะแนน) โดยทั่วไปที่ระดับความชอบเล็กน้อย (6 คะแนน) ถือได้ว่าผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับของตลาด

1.4 พันธุ์ข้าวที่ทนทานต่อแมลงบั่ว

แมลงบั่ว (gall midge, *Oseolia oryzae* Wood Mason) เป็นแมลงศัตรูที่สำคัญของต้นข้าว ซึ่งการเข้าทำลายของแมลงบั่วจะเริ่มจากตัวเต็มวัยจะเข้าวางไข่บนใบข้าว จากนั้นตัวหนอนจะเข้าไปทำลายส่วนยอดที่กำลังเจริญเติบโตของต้นข้าวโดยต้นข้าวที่ถูกเข้าทำลายจะแสดงอาการแคระแกรน ใบสั้น มีสีเขียวเข้ม ใบข้าวไม่คลี่ออก และจะเปลี่ยนเป็นหลอดคล้ายต้นหอมหรือธูปในช่วงหลังจากแมลงบั่วเข้าทำลายต้นข้าวประมาณ 2 สัปดาห์ หลังจากนั้นอีก 1-2 สัปดาห์ จะพบคราบดักแด้บริเวณปลายหลอดแสดงว่าดักแด้กลายเป็นตัวเต็มวัย เมื่อพบการระบาดของแมลงบั่วแล้วจะไม่มีวิธีกำจัดที่มีประสิทธิภาพ เพราะเมื่อเห็นใบต้นข้าวกลายเป็นหลอดคล้ายต้นหอม แสดงว่า แมลงบั่วเข้าไปกัดกินเนื้อเยื้อที่เป็นจุดเจริญข้างใน ไม่มีโอกาสที่ข้าวต้นนั้นจะออกรวงได้ ส่งผลให้ผลผลิตลดลง (Hidaka *et al*., 1974) การระบาดของแมลงบั่วสร้างความเสียหายแก่ผลผลิตข้าวในเขตภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคอื่นๆ เช่น เชียงใหม่ เชียงราย ตาก แพร่ น่าน อุบลราชธานี และหนองคาย เป็นต้น (จินตนา, 2545) แมลงบั่วแต่ละแหล่งของประเทศไทยพบว่ามีความแตกต่างทางชีวชนิด (biotypes) (Thongphak *et al*., 1999; รัตติยา, 2549) หากเกิดการระบาดที่รุนแรงอาจ

ทำให้ผลผลิตข้าวเสียหายทั้งแปลง (จินตนา และคณะ, 2539) การใช้สารฆ่าแมลงเพื่อป้องกันกำจัดมีราคาสูง และมีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม (Sardesai *et al.*, 2001) รวมทั้งส่งผลเสียต่อตัวห้ำตัวเบียนตามธรรมชาติของแมลงศัตรูพืชด้วย

จันทร์จิรา และคณะ (2562) รายงานว่าพันธุ์ข้าวทนทานแมลงบั่ว คือ พันธุ์บือแม้ว ที่ให้ผลผลิตสูงถึง 940 กิโลกรัมต่อไร่ ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีการระบาดของแมลงบั่ว มีแตกกอและผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ท้องถิ่นของเกษตรกร ประมาณ 20% ในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงเลอตอ อ.แม่ระมาด จ.ตาก และโครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงบ่อเกลือ อ.บ่อเกลือ จ.น่าน

(2) ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม

พื้นที่ปลูกข้าวบนพื้นที่สูงส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ลาดชัน พื้นที่ปลูกข้าวนาอยู่ในรูปแบบนาขั้นบันได พื้นที่ปลูกข้าวไร่เป็นพื้นที่เนินเขา มีความลาดชันสูง จึงเกิดการชะล้างของดิน ส่งผลให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีการหมุนเวียนพื้นที่ทุกปีและถาง/เผาพื้นที่ก่อนหยอดข้าวไร่ เหตุที่ต้องหมุนเวียนพื้นที่ปลูกข้าวไร่ทุกปี เนื่องจากผลผลิตข้าวไร่ลดลงถ้าปลูกในพื้นที่เดิม ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง ปัญหาแมลงในดิน เช่น หนอนด้วงแก้ว รวมทั้งปัญหาเรื่องวัชพืช จึงต้องหมุนเวียนพื้นที่ปลูกข้าวไร่ โดยตัดถางและเผาป่าในฤดูแล้งก่อนเข้าฤดูฝน การใช้ประโยชน์จากดินตลอดเวลาจึงต้องมีการเพิ่มเติมและฟื้นฟูความอุดสมบูรณ์ของดินอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ผลผลิตข้าวไร่ที่ไม่ลดลงและลดการหมุนเวียนพื้นที่

พื้นที่ปลูกข้าวไร่ส่วนใหญ่มีความลาดชันของพื้นที่มากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป จึงเกิดปัญหาการชะล้างพังทลายของดิน การเสื่อมโทรมของดินอย่างรวดเร็วทำให้ผลผลิตข้าวไร่ลดลง ส่งผลกระทบต่อสภาวะเศรษฐกิจและสังคมของเกษตรกร ด้วยเหตุนี้จึงมีการจัดการพื้นที่ลาดชัน ได้แก่ การอนุรักษ์ดินและน้ำ การปรับปรุงบำรุงดินการปลูกข้าวไร่ให้จัดทำขั้นบันได จัดทำคูน้ำรอบเขา ปลูกหญ้าแฝกตามแนวระดับขวางตามความลาดเทของพื้นที่โดยปลูกห่างกัน 6-10 เมตร ขึ้นอยู่กับความลาดชันของพื้นที่ปลูกข้าวไร่เป็นแถวขวางความลาดเท ใช้เศษพืชคลุมดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553) ซึ่งการขึ้นแปลงปลูกข้าวไร่ที่ถูกต้อง คือ ทำตามแนวขวางทางลาดชันหรือให้เฉียงขวางเพื่อให้น้ำค่อยๆ ไหลลงสู่ที่ต่ำ

การปลูกพืชคลุมดินเป็นวิธีการหนึ่งที่ป้องกันไม่ให้ดินถูกเม็ดฝนกระทบแรงเกินไป ช่วยชะลอการไหลของน้ำลงสู่ที่ต่ำ ช่วยทำให้น้ำฝนซึมลงไปในดินได้ดีขึ้น และทำให้ความชุ่มชื้นของดินมีความสม่ำเสมอ และที่สำคัญก็คือการคลุมดินช่วยให้ดินมีอินทรียวัตถุ การใช้วัสดุคลุมดินเป็นสิ่งที่เกษตรกรทำได้ง่ายและได้ผลอย่างคุ้มค่าเนื่องจากสามารถหาได้ในท้องถิ่น โดยเฉพาะพืชตระกูลถั่วที่ปลูกหมุนเวียนก็ช่วยลดการสะสมของเชื้อโรค ช่วยตรึงไนโตรเจน และให้วัสดุคลุมดินที่มีประโยชน์เช่นกัน

การทำขั้นบันไดหรือ Bench terraces เป็นวิธีการหนึ่งที่เหมาะสมในการสร้างระบบการเกษตรที่ถาวรบนพื้นที่สูง แต่ก็ยังไม่เหมาะสมกับสภาพดินบางแห่ง (เช่น ระดับความลึกหรือชนิดของดิน) ดินไม่สามารถกักเก็บน้ำหรืออุ้มน้ำได้และต้องใช้แรงงานมากเมื่อเทียบกับการใช้พืชปลูกเป็นแนวกั้น วิธีการตัดหน้าดินทำเป็นขั้นบันไดคล้ายกับวิธีการ cut and fill คือ ตัดหน้าดินส่วนหนึ่งแล้วถมให้เกิดที่ดินอีกส่วน โดยรักษาสมดุลของดินตัดและดินถม สำหรับแนวทางของพื้นที่ทางการเกษตรอาจประยุกต์วิธีการนี้มาเป็นการขุดตัดหน้าดินในพื้นที่ปลูกข้าวไร่ แล้วเติมหรือเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของหน้าดินที่หายไป ทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์สม่ำเสมอ สามารถกักเก็บน้ำในดินได้ ลดการชะล้างพังทลายของหน้าดิน ถ้าทำให้ดินพื้นที่ปลูกข้าวไร่มีความอุดมสมบูรณ์ โดยการเพิ่มปุ๋ยอินทรีย์ (ปุ๋ยแจ๊ค) อัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งช่วยเพิ่มอินทรียวัตถุ ธาตุอาหารต่างๆ ตลอดจนเพิ่มผลผลิตข้าวไร่ และลดการหมุนเวียนพื้นที่หรือการถางเปิดพื้นที่ทุกปี อีกทั้งทำให้เกิดการใช้น้ำและดินอย่างมีประสิทธิภาพ (จันทร์จิรา และคณะ, 2561)

การปลูกข้าวบนพื้นที่สูงที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมควรคำนึงถึงการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติ (ดิน น้ำ ธาตุอาหาร) อย่างคุ้มค่าและเหมาะสม ระบบการปลูกพืชแบบผสมผสานเป็นระบบหนึ่งที่ทำให้เกษตรกรบนพื้นที่สูงมีพืชอาหารหมุนเวียนบริโภคตลอดทั้งปี เช่น ข้าว ผัก และไม้ผลขนาดเล็ก หมุนเวียนในพื้นที่เดียวกันอีกทั้งยังเป็นการเก็บเกี่ยวน้ำในดินมาใช้ประโยชน์ (Water Harvesting) กอปรกับสภาพภูมิอากาศที่แปรปรวนการปลูกข้าวบนพื้นที่สูงต้องให้ความสำคัญกับการปลูกข้าวแบบประหยัดน้ำหรือให้น้ำแบบนาน้ำน้อย (Li, 2001; Bouman and Tuong, 2001; Bouman1 *et al.*, 2002) ซึ่งเป็นแนวทางในการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นการจัดการน้ำให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของข้าว ซึ่งลดการใช้น้ำลงได้ 25-50% โดยเพิ่มผลผลิตได้ถึง 50-100% Minamikawa and Sakai (2006) รายงานว่า วิธีการระบายน้ำและให้น้ำท่วมขังเป็นช่วงๆ ในนาข้าว (Alternate Wetting and Drying, AWD) สามารถลดการเกิดมีเทน (CH_4) ได้ 64% เมื่อเทียบกับการให้น้ำท่วมขังตลอดเวลาโดยผลผลิตข้าวไม่ลดลง วรวุฒิ และหนึ่งฤทัย (2556) กล่าวว่า การปลูกข้าวแบบเปียกสลับแห้ง จะใช้วิธีการแบ่งเป็นช่วงเวลาเปียก คือ ช่วงที่ต้นข้าวอายุน้อยและช่วงที่ต้นข้าวกำลังตั้งท้อง สลับกับช่วงที่แห้ง คือ ช่วงที่ข้าวกำลังแตกกอและช่วงใกล้เก็บเกี่ยว โดยการทำนา 1 ครั้งสามารถปล่อยให้แห้งได้ถึง 3 ครั้ง การปลูกข้าวแบบเปียกสลับแห้งมีการใช้น้ำลดลงเท่ากับ 27.12% บุญลือ และวัลลภ (2558) รายงานว่า การให้น้ำในนาข้าวเปรียบเทียบระหว่างระบบนาน้ำน้อยและระบบนาน้ำขังตลอดการปลูกข้าวนาปีบนพื้นที่สูง ระบบนาน้ำน้อยสามารถลดค่าการปล่อยก๊าซมีเทนและก๊าซไนตรัสออกไซด์ได้ 75.80% และ 14.11% เมื่อเทียบกับระบบนาน้ำขัง ตามลำดับ และการทำนาด้วยระบบนาน้ำน้อยให้ผลผลิตข้าวสูงกว่าระบบนาน้ำขัง 9-12%

สุรพล (2546) กล่าวว่า ระดับน้ำในแปลงนามีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของข้าวในระยะแรกไปจนกระทั่งข้าวตั้งท้อง ออกดอก และให้ผลิต กล่าวคือ ระยะกล้าหรือช่วง 20-30 วันหลังข้าวงอกและระยะแตกกอ ถ้าระดับน้ำสูงมากจะทำให้ลำต้นสูงชะลูดเพื่อหนีน้ำเป็นเหตุให้ลำต้นอ่อนแอ ล้มง่าย และแตกกอน้อย ในระยะนี้ควรรักษาระดับน้ำประมาณ 5 เซนติเมตร ในทางตรงกันข้าม ถ้าข้าวขาดน้ำในระยะนี้จะทำให้ต้นข้าวเกิดอาการแคระแกร็น แตกกอน้อย และมีวัชพืชมาก ในระยะข้าวตั้งท้องจนถึงสร้างเมล็ด (ประมาณ 15 วัน ก่อนข้าวออกดอกถึง 15 วันหลังออกดอก ถ้าข้าวขาดน้ำในระยะนี้จะทำให้เมล็ดลีบและผลผลิตลดลงมาก) ควรรักษาระดับน้ำให้พอเพียงประมาณ 10 เซนติเมตร ดังนั้น ระดับน้ำที่เหมาะสมต่อการปลูกข้าวตลอดฤดูปลูกควรรักษาไว้ที่ประมาณ 5-10 เซนติเมตร จนถึงระยะก่อนเก็บเกี่ยวประมาณ 10 วัน ระบายน้ำออกจากแปลงนาเพื่อให้เมล็ดข้าวสุกแก่พร้อมกันและพื้นนาแห้งสะดวกในการเก็บเกี่ยว

สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันส่งผลให้ข้าวเกิดการตอบสนองที่แตกต่างกันออกไปในแต่ละท้องถิ่น เช่น ระดับความสูง ชนิดของดิน ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณน้ำฝน และธาตุอาหารในดิน เป็นต้น อิทธิพลของสภาพแวดล้อม ได้แก่ ความสูงจากน้ำทะเล สภาพการปลูก และการจัดการในแปลงปลูกข้าว เป็นปัจจัยในการควบคุมลักษณะคุณค่าทางโภชนาการของพันธุ์ข้าวนั้นๆ ซึ่ง Matsuao *et al.*, (1997) รายงานว่าการปลูกข้าวในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันมากๆ จะทำให้ข้าวมีปริมาณอะไมโลสแตกต่างกัน และถ้าหากมีความแตกต่างของอุณหภูมิเข้ามาเกี่ยวข้อง การแสดงออกของข้าวที่เป็นอะไมโลสสูง จะเปลี่ยนเป็นข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำแทน ซึ่งจะพบเมื่ออยู่ภายใต้อุณหภูมิอบอุ่นหรือต่ำ และค่า pH ของดินเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุเหล็กลดลง

(3) เทคโนโลยีด้านการเกษตร

การนำเครื่องจักรกลการเกษตรที่เหมาะสมทั้งด้านเทคโนโลยีและประสิทธิภาพมาใช้ในการเกษตรกรรมเป็นปัจจัยสำคัญในการขยายกำลังการผลิต ลดต้นทุนการผลิต ลดระยะเวลา และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพผลผลิตให้สูงขึ้น เนื่องจากปัจจุบันภาคการเกษตรขาดแคลนแรงงาน สาเหตุจากแรงงานภาค

เกษตรส่วนหนึ่งย้ายไปสู่ภาคอุตสาหกรรมและภาคบริการอื่นๆ ดังนั้น การนำเครื่องทุ่นแรงมาใช้จึงเป็นการแก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะชาวนาไทยที่ปัจจุบันยังคงใช้แรงงานคนเป็นหลักในการเพาะปลูก

<u>การใช้เครื่องมือทุ่นแรงทำให้เกิดประโยชน์</u> ดังนี้

1) เครื่องมือทุ่นแรงทำงานได้รวดเร็ว ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการจ้างแรงงานคนและสามารถทำงานได้ทันต่อช่วงเวลาการเพาะปลูกที่เหมาะสม

2) เกษตรกรสามารถเพิ่มพื้นที่เพาะปลูกได้มากขึ้น เนื่องจากเครื่องมือทุ่นแรง สามารถช่วยแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับแรงงานคนและช่วงเวลาที่มีอยู่จำกัด อันจะเป็นการช่วยเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร

3) เครื่องทุ่นแรงช่วยให้เกษตรกรสามารถปฏิบัติงานตามขั้นตอนต่างๆ ของการเพาะปลูกได้อย่างประณีต เช่น กำจัดวัชพืชได้สะดวก ปลูก เก็บเกี่ยว และนวดหรือกะเทาะได้ทันฤดูกาล ทำให้ผลผลิตต่อไร่สูงขึ้น

4) ลดการสูญเสียผลิตผลในช่วงเก็บเกี่ยวและนวด ซึ่งการใช้แรงงานคนทำให้เมล็ดพืชร่วงหล่นมาก

5) ลดความเหนื่อยยากลำบากของเกษตรกร ในการประกอบเกษตรกรรม

เครื่องดำนาแบบมือหมุนที่นำเข้าจากประเทศจีน เป็นเครื่องดำนาที่มีกลไกในการเกาะต้นกล้าที่วางในถาดแนวนอนนำมาปักดำ แต่ยังไม่มีการใช้อย่างแพร่หลาย เนื่องจากความสามารถในการทำงานและการใช้ต้นกล้าที่มีขนาดใหญ่จะทำงานได้ค่อนข้างช้า สำหรับแปลงนาขนาดเล็กที่มีพื้นที่ 2-10 ไร่ เกษตรกรใช้วิธีการปักดำด้วยแรงงาน ซึ่งต้นกล้ามีขนาดใหญ่โดยเกษตรกรเพาะกล้าข้าวในแปลง จากนั้นนำไปปักดำลงแปลงนาต่อไป แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน คือ ขาดแคลนแรงงานและค่าจ้างที่แพงขึ้น ดังนั้นเครื่องดำนาขนาดเล็กที่ได้พัฒนาขึ้นจะเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยลดการเกิดปัญหาทางด้านแรงงานและค่าจ้าง (กรมวิชาการเกษตร, 2564)

ภาพ 1 เครื่องดำนาแบบมือหมุน

การปลูกข้าวด้วยวิธีโยนกล้ามีต้นกำเนิดมาจากประเทศจีน และในปี ค.ศ. 1995 ประเทศจีนได้ปลูกข้าวด้วยวิธีโยนกล้าประมาณ 98,700 ไร่ เนื่องจากเป็นวิธีที่ใช้แรงงานน้อย สามารถเพิ่มจำนวนครั้งของการปลูกข้าวได้มากขึ้น ได้ผลผลิตสูง ทำให้เกษตรกรมีกำไรเพิ่มขึ้น จนในปี ค.ศ. 2000 ประเทศจีนได้ขยายการปลูกข้าวด้วยวิธีโยนกล้าเป็น 6.7 ล้านไร่ หรือ 21.8 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทำนาทั้งหมดในประเทศ (Tang Sheng-xiang, 2002) และได้กระจายไปสู่ประเทศอินเดียและปากีสถาน จนในปี พ.ศ. 2545 ประเทศไทยได้นำวิธีปลูกข้าวโยนกล้ามาทดลองปลูกในประเทศโดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อควบคุมวัชพืชและข้าววัชพืช

การทำนาแบบปาเป้าพัฒนามาจากการทำนาโยนกล้า แต่จะมีความสะดวกและจำกัดระยะปลูกของต้นข้าวได้ดีกว่า การดูแลรักษาง่าย ลดต้นทุนการผลิต มีขั้นตอนดังนี้

1) เตรียมถาดหลุมสำหรับเพาะต้นกล้า (โดยถาดพลาสติก 40-50 ถาดต่อไร่ จำนวนหลุม 434 หลุม)
2) ใส่ดินที่ผสมลงในถาดหลุม ประมาณครึ่งหนึ่งของหลุม
3) หว่านเมล็ดข้าวงอกที่เตรียมไว้ลงในหลุม ประมาณหลุมละ 2-4 เมล็ด

4) การเตรียมดินในแปลงนาทำเช่นเดียวกับการทำนาทั่วไป ไถตามปกติ ปรับผิวดินให้เสมอกัน และทำทางระบายน้ำได้สะดวกไว้ก่อนที่จะนำต้นกล้าปาเป้าในแปลงนา

5) การปาเป้า นำต้นกล้าที่มีอายุ 15-20 วัน สามารถถอนต้นกล้าออกจากหลุมไปปาเป้าได้ โดยปาเป้าในแปลงนาที่เตรียมไว้ให้สม่ำเสมอและกระจายไปทั่วแปลงนา มีระยะห่างประมาณ 25×25 เซนติเมตร ในระยะแรกต้นกล้าจะนอนราบกับพื้น และจะตั้งตัวได้หลังจากปาเป้าไปแล้ว 2-3 วัน

สมมุติฐานงานวิจัย

1) พันธุ์ข้าว คือ ปัจจัยแรกที่เพิ่มศักยภาพการผลิตทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ หากคัดเลือก ปรับปรุง และใช้ประโยชน์จากพันธุ์ข้าวได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม จะช่วยเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ เพิ่มคุณภาพ เพิ่มมูลค่าจากอาหารปลอดภัยและมีคุณค่าทางโภชนาการ ก่อให้เกิดความมั่นคงด้านอาหารและอาชีพบนพื้นที่สูง

2) การพัฒนาองค์ความรู้และเทคโนโลยีเพิ่มผลผลิตที่เหมาะสมกับพันธุ์ข้าว รองรับกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมและสภาพสังคม เป็นแนวทางหนึ่งที่เพิ่มศักยภาพในการแข่งขันโดยลดต้นทุน ประหยัดแรงงาน ประหยัดน้ำ ฯลฯ

3) การใช้ประโยชน์หรือต่อยอดความหลากหลายของพันธุ์ข้าวบนพื้นที่สูง ถือว่าเป็นแนวทางหนึ่งในการอนุรักษ์พันธุ์ข้าวไม่ให้สูญหายและสามารถยกระดับสร้างมูลค่าจากคุณค่าทางโภชนาการที่มี อัตลักษณ์ ตอบสนองต่อความต้องการของตลาดอาหารสุขภาพ