บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

พื้นที่สูงของไทยส่วนใหญ่กลุ่มชาติพันธุ์ปลูกข้าวเจ้า (พันธุ์ข้าวท้องถิ่น) เพื่อบริโภค และปลูกข้าวเหนียวเพื่อบริโภคในบางชุมชน แต่ส่วนใหญ่ใช้ประกอบพิธีกรรม การปลูกข้าวบนพื้นที่สูงมี 2 สภาพ คือ สภาพไร่ (พื้นที่ลาดชัน) และสภาพนา (นาขั้นบันได) โดยปลูกข้าวปีละครั้ง อาศัยน้ำฝนเป็นหลัก ปัจจัยหลักที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าว 2 ปัจจัย คือ (1) ปัจจัยพันธุกรรมหรือพันธุ์ (Genetic) ซึ่งเป็นสิ่งที่เกษตรกรให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก เช่น พันธุ์ข้าวที่ให้ผลผลิตสูง ทนโรค/แมลง คุณภาพหุงต้มอร่อย ทนแล้งหรือใช้น้ำน้อย ทนน้ำท่วมมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เป็นต้น และ (2) ปัจจัยสภาพแวดล้อม (Environment) เป็นปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมหรือจัดการได้มากนัก โดยเฉพาะสภาพภูมิอากาศที่แปรปรวนซึ่งส่งผลกระทบต่อผลผลิตข้าวบนพื้นที่สูงมากที่สุด ได้แก่ น้ำหรือน้ำฝนที่มีความแปรปรวนของปริมาณและช่วงเวลาการตกของฝน เกิดภาวะฝนทิ้งช่วง ขาดน้ำสำหรับไถเตรียมที่นาในต้นฤดูส่งผลต่อเนื่องทำให้ต้นกล้ามีอายุแก่เกินปักดำ บางพื้นที่ฝนตกในระยะข้าวโผล่รวงหรือผสมเกสรส่งผลให้ข้าวติดเมล็ดน้อย หากเกิดฝนหลงฤดูในระยะเก็บเกี่ยวทำให้ผลผลิตข้าวเสียหาย

1. ปัจจัยด้านพันธุกรรมหรือพันธุ์

ชุมชนบนพื้นที่สูงของไทยนิยมปลูกพันธุ์ข้าวท้องถิ่นหรือเรียกสั้นๆ ว่า “ข้าวดอย” ซึ่งเป็นพันธุ์ข้าวของชุมชนนั้นๆ แต่ละชาติพันธุ์เรียกชื่อพันธุ์ข้าวแตกต่างกัน อาทิ ชนเผ่ากะเหรี่ยงเรียกคำว่า “ข้าว” ว่า “บือ” ชนเผ่าละว้าเรียกว่า “เฮงาะ” ชนเผ่าม้งเรียกว่า “เบล้” และชนเผ่าลีซอเรียกว่า “จะ/จา” และชนเผ่าอาข่าเรียกว่า “แชะ” เป็นต้น

เกษตรกรกลุ่มชาติพันธุ์บนพื้นที่สูงมีภูมิปัญญาการปลูกข้าวที่สืบต่อกันมาหลายชั่วรุ่น โดยปลูกข้าวที่หลากหลายพันธุ์สำหรับบริโภค และเพื่อช่วยลดความเสี่ยงจากความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศหากข้าวพันธุ์ใดพันธุ์หนึ่งเสียหายจากการเข้าทำลายของโรคหรือแมลง หรือพันธุ์ข้าวใดอ่อนแอต่อสภาวะแล้งยังคงเหลือพันธุ์ข้าวที่ทนทานหรือรอดชีวิตสำหรับบริโภค แต่วิธีการปลูกพันธุ์ข้าวที่หลากหลายพันธุ์และต่อเนื่องเป็นเวลายาวนาน โดยไม่มีวิธีการเก็บเมล็ดพันธุ์ที่ถูกต้อง มักส่งผลให้เกิดการปนพันธุ์และกลายพันธุ์ของข้าว ซึ่งการปนพันธุ์ของข้าวจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับการปนของเมล็ดพันธุ์และการผสมข้ามของพันธุ์ข้าวที่หลากหลายในแปลงนาการปนพันธุ์สังเกตจากลักษณะที่แตกต่างจากข้าวพันธุ์ปลูก เช่น ความสูงต้น วันโผล่รวง สีดอก ทรงกอ ทรงใบ หางของเมล็ดเป็นต้น การปนพันธุ์ส่งผลให้ระยะสุกแก่ของข้าวทั้งกอไม่พร้อมกัน หากเก็บเกี่ยวล่าช้าเมล็ดข้าวที่สุกแก่ก่อนจะร่วงหล่น ส่วนเมล็ดข้าวที่สุกแก่ช้าจะยังติดเขียว กรณีหากพันธุ์ข้าวเหนียวปนกับพันธุ์ข้าวเจ้าเมื่อหุงต้มจะได้ข้าวที่ร่วนซุย รับประทานไม่อร่อย ส่งผลให้คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวลดลง (seed) และขาดแคลนเมล็ดพันธุ์ข้าวสำหรับปลูกในฤดูถัดไป ด้วยเหตุนี้ เกษตรกรผู้ปลูกข้าวบนพื้นที่สูงควรคัดและผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวท้องถิ่นให้บริสุทธิ์ตรงตามพันธุ์ เพื่อให้มีเมล็ดพันธุ์ข้าวไว้ใช้ในชุมชน ลดต้นทุนด้านเมล็ดพันธุ์ข้าว และยังเป็นวิธีการหนึ่งในการเพิ่มผลผลิตข้าวจากการใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวที่มีคุณภาพ (สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว, 2558)

ปัจจุบันสภาพอากาศที่แปรปรวน พบว่าส่งผลกระทบอย่างมากต่อการผลิตข้าว โดยเฉพาะความแห้งแล้ง (drought) หรือข้าวขาดน้ำ เนื่องจากการที่ฝนทิ้งช่วงเป็นระยะเวลานานกว่าปกติในระยะต้นกล้าทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวเสียหายหรือลดลงถึงร้อยละ 25 (Kumar *et al*., 2008) ซึ่งผลผลิตข้าวที่กระทบแล้งในช่วงต้นฤดูปลูกหรือในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (Vegetative stage) จะลดลงน้อยกว่าข้าวที่ได้รับผลกระทบในช่วงปลายฤดูปลูก เพราะข้าวที่กระทบแล้งในช่วงต้นฤดูปลูกมีโอกาสในการฟื้นตัว

ได้มากกว่า ทั้งนี้การขาดน้ำในช่วงต้นฤดูปลูกทำให้ข้าวแตกกอน้อย (Bernier *et al*., 2008) พื้นที่ใบลดลง (Farooq *et al.,* 2010) ส่งผลให้น้ำหนักแห้งทั้งหมดลดลง (Kumar *et al*., 2008)

การคัดเลือกข้าวพันธุ์ที่มีคุณลักษณะทนแล้งหรือใช้น้ำน้อยสามารถดำเนินการได้ในช่วงต้นฤดูปลูกซึ่งควรคัดพันธุ์ข้าวที่มีค่าดัชนีทนแล้งของผลผลิตสูง (น้ำหนักเมล็ด) มีค่าดัชนีทนแล้งของน้ำหนักรากแห้งสูงและมีความสามารถในการฟื้นตัวหลังให้น้ำได้ดี (recovery) นอกจากนี้ยังสามารถใช้ลักษณะการม้วนใบและอาการใบตายมาเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกพันธุ์ข้าวทนแล้งได้เช่นกัน Mitchell *et al.* (1998) รายงานว่าลักษณะใบตายสามารถใช้ประเมินพันธุ์ข้าวที่มีความทนทานต่อสภาพแล้งในช่วงระยะต้นกล้าได้ และ Narenoot *et al*. (2017) ได้รายงานว่า ผลผลิตข้าวที่ลดลงเมื่อกระทบแล้งเป็นผลสืบเนื่องมาจากการลดลงของพื้นที่ใบในการสังเคราะห์แสง เนื่องจากเกิดการม้วนใบและแสดงอาการใบตาย สำหรับข้าวพันธุ์ที่มีความสามารถในการฟื้นตัวได้ดีก็จะสามารถให้ผลผลิตที่สูง

1.1 <u>คุณค่าทางโภชนาการข้าว</u>

ข้าวเป็นพืชอาหารหลักของชุมชนบนพื้นที่สูงเน้นการบริโภคข้าวเป็นหลักให้อิ่มท้องให้พลังงานแก่ร่างกาย เนื่องจากมีโอกาสน้อยในการบริโภคอาหารที่หลากหลายเหมือนเช่นคนพื้นราบ ข้าวมีสารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการในปริมาณที่น้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับธัญพืชอื่นๆ อย่างข้าวสาลีและข้าวบาร์เล่ย์ (Juliano, 1998) 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 ฟลาโวนอยด์ และโปรแอนโทไซยานิน โดยเฉพาะสารแอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นสารที่ละลายในน้ำได้ดีและมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งข้าวเฉดสีแต่ละพันธุ์มีความแปรปรวนของปริมาณสารแอนโทไซยานิน ธาตุเหล็ก และธาตุสังกะสี ทั้งในข้าวกล้อง ข้าวสาร และรำข้าวขึ้นอยู่กับลักษณะทางพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม สำหรับพันธุ์ข้าวที่มีเฉดสีดำจะมีสารแอนโทไซยานินมากกว่าเฉดสีแดงและสีน้ำตาล และในรำข้าวของข้าวก่ำมีปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระและฟีนอลิกมากกว่าพันธุ์ข้าวที่ไม่มีรงควัตถุในส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ดข้าว (Muntana *et al*., 2010; Higashi *et al*., 2009) ปริมาณสารแคโรทีนอยด์และฟลาโวนอยด์(flavonoids) จากข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีต่างกัน คือ สีดำ สีแดง และสีขาว พบว่าข้าวในกลุ่มสีดำจะมีปริมาณของสารในกลุ่มแคโรทีนอยด์และฟลาโวนอยด์สูงกว่าข้าวที่มีสีแดงและขาว (Kim *et al*., 2010; Pereira-Caro *et al*., 2013)

ข้าวกล้องแบ่งตามสีของเยื่อหุ้มเมล็ดตามลักษณะประจำพันธุ์เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1) กลุ่มข้าวกล้องที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีม่วงหรือสีม่วงดำ เช่น ข้าวเจ้าพันธุ์มะลินิลสุรินทร์ ข้าวเจ้า พันธุ์หอมนิล ข้าวเจ้าพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ ข้าวเหนียวพันธุ์ลืมผัว ข้าวเหนียวพันธุ์ช่อไม้ไผ่ 49 ข้าวเหนียวพันธุ์เหนียวดำหมอ 37

2) กลุ่มข้าวกล้องที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดง เช่น ข้าวเจ้าพันธุ์สังข์หยดพัทลุง ข้าวเจ้าพันธุ์กข69 (ทับทิมชุมแพ) ข้าวเจ้าพันธุ์หอมกุหลาบแดง ข้าวเจ้าพันธุ์หอมแดง ข้าวเจ้าพันธุ์ หอมกระดังงา 59 ข้าวเจ้าพันธุ์มะลิโกเมนสุรินทร์

ข้าวสีแดงมีลักษณะเด่น คือ เยื่อหุ้มเมล็ดมีสีแดง มีความสำคัญในด้านเชิงพาณิชย์เป็นพันธุ์ข้าวที่ปลูกเพื่อใช้บริโภคและจำหน่ายในตลาดเพราะมีผลต่อคุณภาพ และการสีข้าว ยกเว้นข้าวแดงที่ไม่เป็นที่ต้องการของตลาด ในต่างประเทศมีข้าวแดงอีกหลายสายพันธุ์ เช่น ข้าวแดงสายพันธุ์ vermillion และข้าวแดงสายพันธุ์ italian เป็นต้น ข้าวแดงในประเทศไทยส่วนใหญ่ เช่น ข้าวมันปูในภาคกลาง ข้าวกริ๊บในภาค

ตะวันออกเฉียงเหนือ ข้าวสังข์หยด ในภาคใต้ ในข้าวหอมแดงมีปริมาณเส้นใยอาหาร ธาตุเหล็ก แคลเซียม สังกะสี โปรตีน และสารต้านอนุมูลอิสระมากกว่าพันธุ์ข้าวหอมดอกมะลิ 105 Srisawat U. *et al.* (2010) ได้ศึกษาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ ด้วยเทคนิคอัลตราไวโอเลตวิสิเบิลสเปกโทรสโคปี (Ultraviolet Visible Spectroscopy) และวิเคราะห์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ lipid peroxidation inhibit ของข้าวแดงชนิดสังข์หยดและข้าวขาวชนิดหอมดอกมะลิ 105 ที่สกัดด้วยน้ำ พบว่าสารสกัดข้าวแดงให้ผลต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าข้าวขาวอย่างมีนัยสำคัญ โดยเกิดจากสารสกัดข้าวแดงมีสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ในปริมาณสูง

ดำเนิน และคณะ (2552) ศึกษาในพันธุ์ข้าวก่ำจำนวน 36 พันธุ์ พบว่า พันธุ์ก่ำ 19104 มีปริมาณแอนโทไซยานินต่ำที่สุด 13.18 mg/100 g ส่วนในพันธุ์ข้าวก่ำดอยสะเก็ดมีปริมาณแอนโทไซยานินสูงที่สุด 125.64 mg/100g สำหรับพันธุ์ข้าวไร่บนพื้นที่สูงมีลักษณะเฉพาะที่น่าสนใจในการนำไปสร้างหรือพัฒนาข้าวพันธุ์ใหม่ เช่น เมล็ดมีสีของรงควัตถุ มีความทนทานต่อโรคหรือแมลง และทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่แปรปรวนได้ดี เป็นต้น (ดำเนิน, 2543)

จากรายงานของจันทร์จิรา และคณะ (2563) พบว่า คุณค่าทางโภชนาการของข้าวพันธุ์บือเนอมูที่ปลูกในสภาพนาที่ระดับความสูงของพื้นที่ 400 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (MSL) มีปริมาณสารแกมม่าโอไรซานอลสูง 379.70 mg/kg ที่ระดับความสูงของพื้นที่ 800 เมตร พันธุ์บือชอมี (ไก่ป่า) มีปริมาณสารแกมม่าโอไรซานอลสูง 355.21 mg/kg และที่ระดับความสูงของพื้นที่ 1,000 เมตร พันธุ์บือบอ (ข้าวเหลือง) มีค่าความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระสูงถึง 113.68 และมีแคลเซียมสูง 409 mg/kg สำหรับเมื่อปลูกในสภาพไร่ ที่ระดับความสูงของพื้นที่ 400 เมตร พันธุ์เล่าทูหยามีค่าความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระสูงถึง 118.75 และมีโพแทสเซียมสูง 3,122 mg/kg ที่ระดับความสูงของพื้นที่ 800 เมตร พันธุ์เล่าทูหยามีสารแกมม่าโอไรซานอลสูง 1,116.27 mg/kg และมีธาตุสังกะสีสูง 25.2 mg/kg สำหรับระดับความสูงพื้นที่ความสูงของพื้นที่ 1,000-1,200 เมตร พันธุ์เล่าทูหยา มีแคลเซียมสูง 385 mg/kg

นอกจากนั้นจันทร์จิรา และคณะ (2564-2565) ได้ทำการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการข้าวเจ้าดำ (พันธุ์จาคูเนเน) มีค่าความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระสูงถึง 876.29 และมีปริมาณสารแอนโทรไซยานินสูงถึง 6,207 mg/kg และมีปริมาณอะไมโลส 8.99%

ตาราง 1 ข้อมูลคุณค่าทางโภชนาการของพันธุ์ข้าวท้องถิ่นกลุ่มสีดำ เทียบกับพันธุ์ข้าวทางการค้า

ที่	รายการทดสอบ	จานูเนเน	จาคูเนเน	ข้าวไรซ์เบอรี่	ก่ำ มช.107	ข้าวลืมผัว	ข้าวหอมนิล	ก่ำพระบาท
1	ใยอาหารรวม (Crude fiber) (mg/100g)	1240	1200	1650	940	1808	1300	1370
2	ปริมาณสารแกมม่า โอไรซานอล (mg/100g sample)	**3525.9**	2427.9	1789	3174.2	1808.5	2925.1	2916.5
3	ความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระ (DPPH radical scavenging activity)	433.66	**876.29**	325.92	307.49	564.05	338.74	601.03
4	แคลเซียม (Ca) (mg/kg)	230	237	277	246	287	267	283
5	เหล็ก (Fe) (mg/kg)	12.4	12.1	14.3	13.7	15.3	14.8	21.7
6	สังกะสี (Zn) (mg/kg)	21.5	21	22.8	21.2	20.8	19.9	22.3
7	อะไมโลส (%)	2.92	8.99	8.56	11.20	2.75	3.60	2.26
8	Anthocyanin (mg/kg)	3181	**6207**	577.51	472.41	1968	768.92	2501

สารสำคัญทั้งแอนโทไซยานินและ โปรแอนโทไซยานินมีฤทธิ์ทางโภชนเภสัชในการป้องกันการเกิดมะเร็ง สารทั้ง 2 ชนิดถูกพบในปริมาณสูงจากสารสกัดรำและจมูกข้าวเฉดสีดำและแดง ตามลำดับ ซึ่งพบว่ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง และฤทธิ์ต้านมะเร็ง ข้าวเฉดสีแดงที่มีสารโปรแอนโทไซยานิดินสูงนั้น สามารถยับยั้งการแพร่กระจายของเซลล์มะเร็งเต้านมได้ อย่างมีประสิทธิภาพ

ตาราง 2 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

1.2 ผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพจากข้าว

ข้าวเมื่อมีการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ สามารถเพิ่มมูลค่าของข้าวได้ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากข้าวอินทรีย์ ข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการ และแปรรูปเป็นอาหารฟังก์ชั่นหรือผลิตภัณฑ์อาหารที่เมื่อบริโภคเข้าสู่ร่างกายแล้วจะมีประโยชน์ต่อร่างกายนอกจากรสชาติและความอิ่ม 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)

2. ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม

พื้นที่ปลูกข้าวบนพื้นที่สูงส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ลาดชัน พื้นที่ปลูกข้าวนาอยู่ในรูปแบบนาขั้นบันได พื้นที่ปลูกข้าวไร่เป็นพื้นที่เนินเขา มีความลาดชันสูง จึงเกิดการชะล้างของดิน ส่งผลให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีการหมุนเวียนพื้นที่ทุกปีและถาง/เผาพื้นที่ก่อนหยอดข้าวไร่ เหตุที่ต้องหมุนเวียนพื้นที่ปลูกข้าวไร่ทุกปี เนื่องจากผลผลิตข้าวไร่ลดลงถ้าปลูกในพื้นที่เดิม ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง ปัญหาแมลงในดิน เช่น หนอนด้วงแก้ว รวมทั้งปัญหาเรื่องวัชพืช จึงต้องหมุนเวียนพื้นที่ปลูกข้าวไร่ โดยตัดถางและเผาป่าในฤดูแล้งก่อนเข้าฤดูฝนการใช้ประโยชน์จากดินตลอดเวลาจึงต้องมีการเพิ่มเติมและฟื้นฟูความอุดสมบูรณ์ของดินอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ผลผลิตข้าวไร่ที่ไม่ลดลงและลดรอบการหมุนเวียนพื้นที่

พื้นที่ปลูกข้าวไร่ส่วนใหญ่มีความลาดชันของพื้นที่มากกว่าร้อยละ 35 ขึ้นไป จึงเกิดปัญหาการชะล้างพังทลายของดิน ดินเสื่อมโทรมอย่างรวดเร็วทำให้ผลผลิตข้าวไร่ลดลง ด้วยเหตุนี้จึงมีการจัดการพื้นที่ลาดชัน ได้แก่การอนุรักษ์ดินและน้ำ การปรับปรุงบำรุงดิน การปลูกข้าวไร่ให้จัดทำขั้นบันได จัดทำคูน้ำรอบเขา ปลูกหญ้าแฝกตามแนวระดับขวางตามความลาดเทของพื้นที่โดยปลูกห่างกัน 6-10 เมตร ขึ้นอยู่กับความลาดชันของพื้นที่ปลูกข้าวไร่เป็นแถวขวางความลาดเท ใช้เศษพืชคลุมดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553) ซึ่งการขึ้นแปลงปลูกข้าวไร่ที่ถูกต้องคือทำตามแนวขวางทางลาดชันหรือให้เฉียงขวางเพื่อให้น้ำค่อยๆ ไหลลงสู่ที่ต่ำ

การปลูกพืชคลุมดินเป็นวิธีการหนึ่งที่ป้องกันไม่ให้ดินถูกเม็ดฝนกระทบแรงเกินไป ช่วยชะลอการไหลของน้ำลงสู่ที่ต่ำ ช่วยทำให้น้ำฝนซึมลงไปในดินได้ดีขึ้น และทำให้ความชุ่มชื้นของดินมีความสม่ำเสมอ และที่สำคัญก็คือการคลุมดินช่วยให้ดินมีอินทรียวัตถุ การใช้วัสดุคลุมดินเป็นสิ่งที่เกษตรกรทำได้ง่ายและได้ผลอย่างคุ้มค่าเนื่องจากสามารถหาได้ในท้องถิ่น โดยเฉพาะพืชตระกูลถั่วที่ปลูกหมุนเวียนก็ช่วยลดการสะสมของเชื้อโรค

ช่วยตรึงไนโตรเจน และให้วัสดุคลุมดินที่มีประโยชน์เช่นกัน อดิเรก และคณะ (2561) รายงานว่าระบบการปลูกข้าวนาหมุนเวียนกับพืชตระกูลถั่ว (ถั่วขาว ถั่วแดงหลวง ถั่วแปะยี) ให้ผลผลผลิตข้าวนาไม่มีความแตกต่างกัน ระบบการปลูกข้าวหมุนเวียนด้วยถั่วเพิ่มไนโตรเจนกลับลงสู่ดิน 2.0–2.7 เมื่อเทียบกับการปลูกข้าวอย่างเดียว ซึ่งการปลูกข้าวอย่างเดียวส่งผลให้มีการนำไนโตรเจนออกจากแปลงมากที่สุด

การทำขั้นบันไดหรือ Bench terraces เป็นวิธีการหนึ่งที่เหมาะสมในการสร้างระบบการเกษตรที่ถาวรบนพื้นที่สูง แต่ก็ยังไม่เหมาะสมกับสภาพดินบางแห่ง (เช่น ระดับความลึกหรือชนิดของดิน) ดินไม่สามารถกักเก็บน้ำหรืออุ้มน้ำได้และต้องใช้แรงงานมากเมื่อเทียบกับการใช้พืชปลูกเป็นแนวกั้น วิธีการตัดหน้าดินทำเป็นขั้นบันไดคล้ายกับวิธีการ cut and fill คือ ตัดหน้าดินส่วนหนึ่งแล้วถมให้เกิดที่ดินอีกส่วน โดยรักษาสมดุลของดินตัดและดินถม สำหรับแนวทางของพื้นที่ทางการเกษตรอาจประยุกต์วิธีการนี้มาเป็นการขุดตัดหน้าดินในพื้นที่ปลูกข้าวไร่แล้วเติมหรือเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของหน้าดินที่หายไป ทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์สม่ำเสมอ สามารถกักเก็บน้ำในดินได้ ลดการชะล้างพังทลายของหน้าดินด้วยการปลูกหญ้าแฝก ดินมีความอุดมสมบูรณ์โดยการเพิ่มปุ๋ยอินทรีย์ (ปุ๋ยแจ๊ค) อัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งช่วยเพิ่มอินทรียวัตถุ ธาตุอาหารต่างๆ ตลอดจนเพิ่มผลผลิตข้าวไร่ และลดรอบการหมุนเวียนพื้นที่หรือการถางเปิดพื้นที่ทุกปี ทั้งทำให้เกิดการใช้น้ำและดินอย่างมีประสิทธิภาพ(จันทร์จิรา และคณะ, 2561)

จากการศึกษาของจันทร์จิราและคณะ 2564 พบว่า การปลูกข้าวไร่ในระบบการอนุรักษ์ดินและน้ำสำหรับการปลูกข้าวไร่บนพื้นที่สูง ในพื้นที่เดิม 4 ปีติดต่อกัน ทำให้ผลผลิตข้าวพันธุ์เล่าทูหยาและพันธุ์บือแขร่มีผลผลิตเฉลี่ยอยู่ที่ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ โดยมีการจัดการธาตุอาหารและการจัดการแปลงที่ดีร่วมกัน

การปลูกข้าวบนพื้นที่สูงที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมควรคำนึงถึงการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติ (ดิน น้ำ ธาตุอาหาร) อย่างคุ้มค่าและเหมาะสม ระบบการปลูกพืชแบบผสมผสานเป็นระบบหนึ่งที่ทำให้เกษตรกรบนพื้นที่สูงมีพืชอาหารหมุนเวียนบริโภคตลอดทั้งปี เช่น ข้าว ผัก และไม้ผลขนาดเล็ก หมุนเวียนในพื้นที่เดียวกันอีกทั้งยังเป็นการเก็บเกี่ยวน้ำในดินมาใช้ประโยชน์ (Water Harvesting) กอปรกับสภาพภูมิอากาศที่แปรปรวนการปลูกข้าวบนพื้นที่สูงต้องให้ความสำคัญกับการปลูกข้าวแบบประหยัดน้ำหรือให้น้ำแบบนาน้ำน้อย (Li, 2001; Bouman and Tuong, 2001; Bouman1 *et al*., 2002) ซึ่งเป็นแนวทางในการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพเป็นการจัดการน้ำให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของข้าว ซึ่งลดการใช้น้ำลงได้ร้อยละ 25-50 โดยเพิ่มผลผลิตได้ถึงร้อยละ 50-100 Minamikawa and Sakai (2006) รายงานว่า วิธีการระบายน้ำและให้น้ำท่วมขังเป็นช่วงๆในนาข้าว (Alternate Wetting and Drying, AWD) สามารถลดการเกิดมีเทน (CH_4) ได้ร้อยละ 64 เมื่อเทียบกับการให้น้ำท่วมขังตลอดเวลาโดยผลผลิตข้าวไม่ลดลง

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

ผลการศึกษาของอดิเรกและคณะ(2559) พบว่า การปลูกข้าวไร่ เกษตรบนพื้นที่สูงยังมีการหมุนเวียนพื้นที่ปลูกข้าวโดยมีรอบการหมุนพื้นที่ระหว่าง 5–7 ปี และในการเตรียมพื้นที่ปลูกแต่ละครั้งมีการตัดถางต้นไม้และทำการเผาเพื่อทำการปลูกข้าวไร่ และในปีถัดไปก็จะทำเช่นเดียวกันในพื้นที่ถัดไปตามรอบ ปัจจุบันได้มี

ปัญหาหมอกควันจากการเผาเตรียมพื้นที่เกษตรในช่วงเดือนกุมภาพันธ์–มีนาคม ซึ่งเป็นช่วงที่เกษตรกรทำการตัดถาง และทำการเผาเพื่อเตรียมพื้นที่ปลูกข้าวไร่ ประกอบกับในปัจจุบันแรงงานในการคัดถางเพื่อเตรียมพื้นที่ปลูกลดน้อยลงเนื่องจากมีการลงมาหางานในเมืองทำให้ประสบปัญหาขาดแคลนแรงงานในการเตรียมพื้นที่ปลูก จากผลการดำเนินงานปี 2559–2560 พบว่าวิธีการการปลูกข้าวหมุนเวียนแปลงถั่ว สามารถเพิ่มผลผลิตต่อไร่ได้มากขึ้นถึง 72% น้ำหนักแห้งซากถั่วในแปลงที่ปลูกถั่ว 1,051 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งคิดเป็นปริมาณไนโตรเจนที่กลับลงสู่ดินเท่ากับ 18 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่

3. เทคโนโลยีด้านการเกษตร

การนำเครื่องจักรกลการเกษตรที่เหมาะสมทั้งด้านเทคโนโลยีและประสิทธิภาพมาใช้ในการเกษตรกรรมเป็นปัจจัยสำคัญในการขยายกำลังการผลิต ลดต้นทุนการผลิต ลดระยะเวลา และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตให้สูงขึ้น เนื่องจากปัจจุบันภาคการเกษตรขาดแคลนแรงงาน สาเหตุจากแรงงานภาคเกษตรส่วนหนึ่งย้ายไปสู่ภาคอุตสาหกรรมและภาคบริการอื่นๆ ดังนั้น การนำเครื่องทุ่นแรงมาใช้จึงเป็นการแก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะชาวนาไทยที่ปัจจุบันยังคงใช้แรงงานคนเป็นหลักในการเพาะปลูก

<u>การใช้เครื่องมือทุ่นแรงก่อให้เกิดประโยชน์</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

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

- <u>การทำนาแบบปาเป้า</u> พัฒนามาจากการทำนาโยนกล้า แต่จะมีความสะดวกและจำกัดระยะปลูกของต้นข้าวได้ดีกว่า การดูแลรักษาง่าย ลดต้นทุนการผลิต มีขั้นตอน ดังนี้

  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

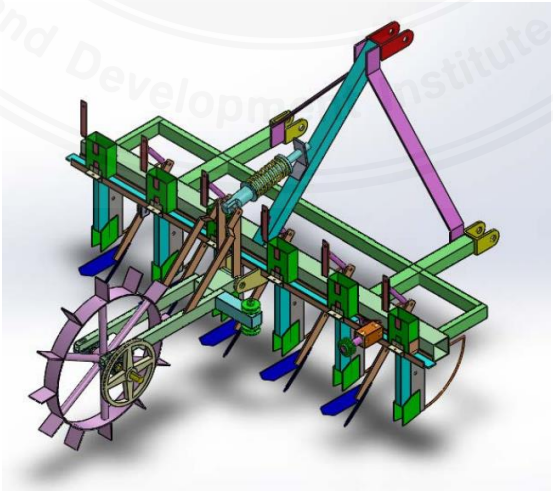
- <u>เครื่องกำจัดวัชพืช</u>

เครื่องกำจัดวัชพืชหรือเครื่องพรวน เป็นเครื่องที่ใช้กำจัดหญ้าหรือวัชพืชที่ขึ้นอยู่ในแปลงนาดำหรือนาหยอดที่เป็นแถวเป็นแนว การทำงานเครื่องกำจัดวัชพืชมีหลายรูปแบบตามลักษณะของใบมีด เช่น ใบมีดเป็นลักษณะของการตัดหญ้าหรือวัชพืชอย่างเดียว และใบมีดเป็นลักษณะการตัดหญ้าหรือวัชพืชร่วมกับการพรวนดินไปด้วย เป็นต้น โดยเครื่องกำจัดวัชพืชเหล่านี้จะใช้ต้นกำลังจากแรงคนหรือเครื่องยนต์ ใช้สำหรับตัดหญ้าหรือพรวนดินร่วมกันในระหว่างแถวและระหว่างต้นข้าว ใช้ต้นกำลังจากแรงคนกำจัดวัชพืชแบบพรวนแล้วดันเครื่องไปข้างหน้า

ภาพ 1 ตัวอย่างเครื่องกำจัดวัชพืชที่จำหน่ายใช้ทั่วไป

- <u>เครื่องหยอดเมล็ด</u>

วิสุทธิ์ และคณะ (2559) ได้พัฒนาเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าวแบบ ALRO 1 มีหลักการทำงานแบบรางเลื่อนคันโยกสำหรับปลูกข้าวนาแห้งเป็นเครื่องมือปลูกข้าวด้วยเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือก ในการนำไปใช้งานจะมีผลทำให้ขั้นตอนการทำนาลดลง ประหยัดเวลา ประหยัดเมล็ดพันธุ์ เป็นต้นแบบเครื่องมือปลูกข้าวที่ถูกออกแบบให้มีความกะทัดรัด กลไกการทำงานไม่ซับซ้อน สามารถกำหนดจำนวนเมล็ดพันธุ์ได้ตามต้องการ เฉลี่ยตั้งแต่ 3-10 เมล็ดต่อกอ ใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวประมาณ 4 กิโลกรัมต่อไร่



ภาพ 2 ตัวอย่างลักษณะเครื่องหยอดเมล็ดที่จำหน่ายใช้ทั่วไป

4. การเพิ่มมูลค่าพันธุ์ข้าวท้องถิ่นบนพื้นที่สูง

ปัจจุบันกลุ่มผู้บริโภคให้ความสำคัญกับการดูแลรักษาสุขภาพเน้นป้องกันการเกิดปัญหาสุขภาพมากกว่าการรักษา จึงเป็นโอกาสสำคัญในการพัฒนาแนวทางการเพิ่มมูลค่าข้าวท้องถิ่นบนพื้นที่สูงสู่อาหารและเครื่องดื่มที่ดีต่อสุขภาพ หากพูดถึงเครื่องดื่มที่ดีต่อสุขภาพและเป็นที่นิยมถูกกล่าวถึงมากที่สุดก็คือ “ชา” (Tea) ชาไม่เพียงแต่จะมีรสชาติที่ดีและกลิ่นชาหอมเท่านั้น ยังสามารถนำไปประยุกต์เป็นเครื่องดื่มชาได้หลากหลายรูปแบบ ซึ่งชาอีกหนึ่งประเภทที่เป็นที่นิยมด้วยกลิ่นหอมที่แตกต่างจากชาประเภทอื่น คือ เก็นไมฉะ (Genmaicha) โดยเกิดจากการนำข้าวคั่วและใบชาเขียวมาลองชงดื่ม คาเฟอีนต่ำ กลิ่นหอมที่เกิดจากการผสมชาร่วมกับข้าวคั่ว สีของชาไม่ได้มีสีน้ำตาลเหมือนสีข้าวคั่ว 100% และก็ไม่ได้มีเขียวเข้มเหมือนสีของใบชาเขียวปกติ แต่จะเป็นสีเหลืองทอง ข้าวที่ใช้ทำเก็นไมฉะส่วนใหญ่จะใช้ข้าวสายพันธุ์ดี ผ่านกรรมวิธีการคั่วด้วยอุณหภูมิที่เหมาะสม และนำมาอบหรือผสมเข้ากับใบชา ในอัตราส่วน 1:1 มีรสชาติฝาดกำลังดี และหวานน้อย โดยรสชาติที่ดีของเก็นไมฉะส่วนหนึ่งมาจากคุณภาพของข้าวมากกว่าคุณภาพของใบชา โดยกระบวนการนำข้าวกล้องไปคั่วต้องระวังอย่าให้แตกเหมือนกับป๊อปคอร์น เรียกว่าข้าวตอก เพราะจะทำให้คุณภาพความอร่อยของชาจะลดลงเมื่อนำไปผสมกับชาเขียว (รอบรู้มัทฉะและธุรกิจ, 2563)

<u>ประเภทของชาเขียว</u>

(1) เก็นไมฉะ (Genmaicha) ชาข้าวคั่ว Brown Rice Tea หรือ Popcorn Tea ในอดีต ชาเก็นไมฉะเป็นเครื่องดื่มดั้งเดิมของคนญี่ปุ่นในชนบทและคนที่อดอาหารตามวิถีปฏิบัติทางศาสนา โดยนิยมเติมข้าวคั่วที่นำไปนึ่งและคั่วจนกลายเป็นสีน้ำตาล ผสมกับใบชาเขียว แต่ปัจจุบันชาชนิดนี้เป็นที่นิยมของคนทั่วไป เพราะดื่มง่าย รสชาติกลมกล่อม มีปริมาณคาเฟอีนน้อย ชาเก็นไมฉะมีสารสำคัญที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ได้แก่ คาเทชิน ซึ่งมีส่วนช่วยในการต่อต้านริ้วรอย มีส่วนช่วยป้องกันไม่ให้ไขมันหรือน้ำตาลส่วนเกินดูดซึมในร่างกาย ช่วยเพิ่มจำนวนแบคทีเรียที่ดีในลำไส้ ป้องกันแบคทีเรียที่มีสาเหตุที่ทำให้เป็นไข้หวัด อาหารเป็นพิษหรือมีกลิ่นปาก นอกจากนี้ในชาเก็นไมฉะยังประกอบไปด้วย วิตามินซี วิตามินบีรวม วิตามินอี และเส้นใยอาหาร จึงช่วยป้องกันอาการท้องผูก และเพิ่มการเผาผลาญได้ดี และมีสาร Gamma-oryzanol ช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดเส้นเลือดอุดตัน เบาหวานและโรคอ้วน และวิตามินบีรวมในเก็นไมฉะมีส่วนช่วยผ่อนความเหนื่อยล้าและความเครียดได้อีกทางหนึ่ง

(2) โฮจิฉะ (Hojicha) กรรมวิธีการคั่วชาโฮจิฉะจะแตกต่างจากชาทั่วไป กระบวนการคั่วจะทำให้ใบชาสีเขียวเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดงและมีรสชาติของชาคั่วอย่างชัดเจน ปกติแล้ว ชาชนิดนี้จะทำจากใบชาบันฉะ (ใบชาแก่คุณภาพต่ำมีก้านชาติดมาด้วย) และเซนฉะ (ใบชาแก่เกรดกลางที่นิยมใช้ทั่วไปไม่มีก้านใบชาติดมาด้วย) ที่ถูกเก็บในฤดูเก็บเกี่ยวครั้งสุดท้าย โดยกระบวนการคั่วจะช่วยลดระดับกาเฟอีนและความขมของชา มีรสชาติอ่อนๆ แตกต่างหลากหลายขึ้นอยู่กับความเข้มในการคั่วใบชา

(3) เคียวคุโระ (Kyokuro) ชาเคียวคุโระมีความหมายว่า “น้ำค้างหยก” ซึ่งสื่อถึงสีเขียวอ่อนของน้ำชาชนิดนี้ และชาชนิดนี้ยังเป็นชาชั้นเยี่ยมในบรรดาชาเขียวญี่ปุ่น โดยต้นชาจะถูกคลุมด้วยเสื่อฟางในช่วงสัปดาห์ท้ายๆ ก่อนการเก็บเกี่ยว ทำให้เกิดรสหวาน โดยวิธีการชงเคียวคุโระแตกต่างไปจากการชงชาเขียวส่วนใหญ่เล็กน้อย ซึ่งอุณหภูมิในการต้มจะต่ำกว่าและใช้เวลาแช่นานกว่า นอกจากนี้เคียวคุโระยังได้ชื่อว่าเป็นหนึ่งในชาที่มีราคาแพงที่สุดในญี่ปุ่น

(4) เซนฉะ (Sencha) เป็นชาที่ได้มาจากการเก็บเกี่ยวในเดือนแรกเท่านั้น จึงได้ชื่อเรียกว่า "ชาใหม่" โดยเซนฉะจะถูกนำไปนึ่งเพื่อป้องกันไม่ให้ใบชาสูญเสียน้ำ ก่อนที่จะถูกนำไปรีด ปั้นเป็นก้อน ตากให้แห้ง และคัดแยกออกเป็นกลุ่มตามคุณภาพที่แตกต่างกันไป ใบชาเซนฉะมักจะมีรสหวานและสีเข้มกว่าชาเขียว

โดยรสชาติของชาเซนฉะ จะแตกต่างกันไปโดยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการชง ซึ่งถ้าชงด้วยน้ำร้อน รสชาติจะยิ่งขมมากขึ้น

(5) มัทฉะ (Matcha) คือผงชาเขียวบดละเอียดซึ่งในตอนต้นนั้น ถูกนำมาใช้ในพิธีชงชา "ชาโด" (การชงชาแบบดั้งเดิมเป็นศิลปะการชงเพื่อรับรองแขก) ด้วยความที่ชาชนิดนี้สามารถละลายน้ำได้จึงถูกนำไปใช้ทำนม ไอศกรีม และขนมหวานชนิดอื่น ๆ ชาชนิดนี้อุดมไปด้วยสารต่อต้านอนุมูลอิสระและเป็นที่ชื่นชอบ เพราะเมื่อดื่มแล้วจะรู้สึกสบาย รวมไปถึงยังมีรสชาติที่หวานและเข้มข้น

<u>สารสำคัญในชา</u> (สถาบันชา, 2552)

(1) คาเฟอีน (Caffeine) ปริมาณของ caffeine ในชา 1 ถ้วยจะมีอยู่ประมาณ 50 มิลลิกรัม ขึ้นอยู่กับความเข้มของการชง และระยะเวลาที่ทิ้งไว้ โดยคาเฟอีนจะมีผลต่อร่างกาย คือ ช่วยขับปัสสาวะ กระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อหัวใจและระบบประสาทส่วนกลางทำให้รู้สึกตื่นตัว ช่วยบรรเทาความเหน็ดเหนื่อยอ่อนล้าช่วยผ่อนคลายกล้ามเนื้อเรียบ และลดความเสี่ยงในการเกิดโรคพาร์กินสัน นอกจากนั้นยัง ช่วยกระตุ้นให้เกิดการเผาผลาญพลังงานและช่วยในการเผาผลาญไขมันในร่างกายได้อีกด้วย

(2) ทีโอฟิลลีน (Theophylline) ปริมาณของ Theophylline ในชาขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดของใบชา ซึ่งโดยทั่วไปจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณของการหมัก โดยชาเขียวจะมีสารนี้อยู่ประมาณสองในสามของชาอูหลง นอกจากนี้แล้วระยะเวลาในการชงจะมีผลต่อปริมาณ Theophylline ที่ละลายอยู่ในน้ำชา กล่าวคือ การแช่ใบชาในน้ำร้อน 5 นาที จะมีปริมาณสารนี้เป็นสองเท่าของการแช่ใบชานาน 2.5 นาที โดยถุงชงชาที่ผลิตจากใบชาที่แตกหักจะทำให้ Theophylline ละลายได้เร็วขึ้น Theophylline ช่วยป้องกันโรคหืดหอบ ช่วยลดอาการหลอดลมอักเสบ และมีสมบัติในการกระตุ้นการไหลเวียนโลหิต

(3) โพลีฟีนอล (Polyphenols) ปริมาณ polyphenols ในชามีถึงร้อยละ 30-42 ของน้ำหนักแห้ง ซึ่ง polyphenols ในชาเขียวเป็นสารที่ทำให้เกิดรสขมใน โดยชาหนึ่งถ้วยจะมี polyphenols ประมาณ 300-400 มิลลิกรัม สารนี้มีประโยชน์ต่อสุขภาพ ช่วยต้านการเกิดอนุมูลอิสระลดความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็งลดระดับของคลอเรสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ในเลือด

(4) ซาโปนิน (Saponins) พบมากในเมล็ดชาถูกนำมาใช้เป็น emulsifier (อิมัลซิฟายเออร์ คือ สารที่ทำหน้าที่เป็นตัวประสานให้อนุภาคของของเหลวสองชนิดที่ไม่ละลายซึ่งกันและกันรวมกันได้) ในปัจจุบันงานวิจัยที่จะนำ Saponins จากเมล็ดและใบชามาใช้ในทางเภสัชกรรม เนื่องจากพบว่า Saponins มีป้องกันโรคไขหวัดใหญ่ ป้องกันการอักเสบ ยับยั้งจุลินทรีย์หลายชนิด และป้องกันอาการแพ้หลายชนิด

(5) เอล-ธีอะนีน (L – Theanine L) เป็นกรดอะมิโนที่พบเฉพาะในชาและพืชตระกูล Camellia บางสายพันธุ์ในปริมาณร้อยละ 1-2 ของน้ำหนักใบแห้ง ในชาญี่ปุ่นทำให้เกิดรสที่เรียกว่า Omami จึงนำมาใช้เพิ่มรสชาติของอาหาร ได้นอกจากนี้ L- Theanine ยังมีฤทธิ์กับประสาทส่วนกลาง มีผลต่อการทำงานของคลื่นสมองของ ทำให้เกิด α - waves ซึ่งเป็นคลื่นสมองที่สร้างขึ้นมาในสภาวะที่ร่างกายผ่อนคลาย

(6) วิตามิน ได้แก่ วิตามินซี วิตามินอี และเบต้าแคโรทีน

- วิตามินซี (Vitamin C) ในชาเขียวพบประมาณ 280 มิลลิกรัม ใน 100 กรัมของน้ำหนักใบชาแห้ง ประโยชน์ของ วิตามินซี ช่วยสารต้านอนุมูลอิสระ ชะลอความเสื่อมของเซลล์ และเสริมสร้างภูมิต้านทาน

- วิตามินอี (Vitamin E) พบในปริมาณ 70 มิลลิกรัม ใน 100 กรัม ของน้ำหนักใบชาแห้ง โดยวิตามินอีมีคุณสมบัติในการต่อต้านอนุมูลอิสระ และยังช่วยบำรุงสมอง ดวงตา ผิวหนัง และเซลล์เม็ดเลือดแดง

- บีต- แคโรทีน (Beta Carotene) เป็นสารที่ไมสามารถละลายไดในน้ำ จะต่องกินใบชาจึงจะได รับสารอาหาร บีตา–แคโรทีน โดยประโยชน์ของ บีตา–แคโรทีน จะช่วยบำรุงสายตาทำให้มองเห็นในที่มืดได้ดี ลดความเสื่อมของเซลล์ประสาทตา ลดความเสี่ยงต่อการเป็นต้อกระจก ช่วยป้องกันผิวที่อาจเกิดจากอันตรายของรังสีอัลตราไวโอเลตที่มากับแสงแดด เป็นต้น

<u>กระบวนการที่ทำให้เกิดการพองตัวของข้าว</u>

กระบวนการทำให้ข้าวเกิดการพองตัวโดยไม่ใช้น้ำมันได้มากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับการทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำอย่างช้าๆ เพื่อให้โครงสร้างของแป้งแข็งตัวและกักเก็บความชื้นไว้ แต่เมื่อเมล็ดข้าวเกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงในเวลาสั้นทำให้ความชื้นที่ถูกกักเก็บในโครงสร้างของเมล็ดข้าวเกิดการขยายตัวแบบฉับพลันและดันโครงสร้างของเมล็ดข้าวให้ระเบิดพองออก ข้าวที่ผ่านการทำให้พองแล้วจะมีลักษณะรูพรุนของโพรงอากาศมีปริมาตรเพิ่มขึ้น (ประเทืองและภัฒนษอรณ์, 2559)

<u>ปัจจัยและสภาวะที่มีผลต่อการพองตัวของข้าว</u>

1) องค์ประกอบของเมล็ดข้าว

1.1 ขนาดของเมล็ดข้าวมีผลต่อการพองตัวของข้าว โดยใช้ข้าวกล้อง 2 ชนิดคือ ข้าวเมล็ดยาว และเมล็ดปานกลาง ทำให้พองโดยใช้เครื่อง Lite Energy Rice Cake Machine พบว่า ข้าวเมล็ดยาวพองตัวได้ดีกว่าข้าวเมล็ดปานกลาง (Huff *et al*., 1992)

1.2 ความหนาของชั้นแอลูโรน (aleurone layer) ชั้นแอลูโรน เป็นชั้นที่ประกอบด้วยเซลล์ที่มีผนังหนามีองค์ประกอบส่วนใหญ่ คือ โปรตีนห่อหุ้มส่วนที่เป็นสตาร์ช โดย Srinivas and Deskachar (1973) ทดลองนำข้าวเปลือกที่มีความชื้นร้อยละ 14 นำไปทำให้เกิดการพองตัวที่อุณหภูมิ 275 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องคั่วไฟฟ้า พบว่า พันธุ์ข้าวที่ให้คุณภาพการพองตัวที่ดีจะมีชั้นแอลูโรนที่อ่อนและบาง

1.3 การผลิตข้าวพองที่ใช้ข้าวเปลือกเป็นวัตถุดิบ ถ้าเมล็ดข้าวมีช่องว่างระหว่างเมล็ดและเปลือกกว้างจะให้คุณภาพการพองตัวที่ดีกว่า เมล็ดข้าวที่มีช่องว่างระหว่างเปลือกและเมล็ดน้อยจึงทำให้การพองตัวของข้าวน้อยลง

2) องค์ประกอบทางเคมี

2.1 ปริมาณอะมิโลส: Villareal and Juliano (1987) ศึกษาชนิดข้าวที่แบ่งตามปริมาณอะมิโลส ทำให้พองตัวโดยใช้ Gun puffing ที่อุณหภูมิ 200-210 องศาเซลเซียส เวลา 3-7 นาที พบว่าการพองตัวของเมล็ดข้าวมีความสัมพันธ์ทางลบกับปริมาณอะมิโลสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งข้าวเหนียวแทบไม่มีอะมิโลสอยู่เลยมีคุณภาพภาพการพองตัวที่สูง เช่นเดียวกับ Antonio and Juliano (1973) ศึกษาข้าวเหนียว 2 พันธุ์ และข้าวเจ้าที่มีปริมาณอะมิโลสร้อยละ 18-28 ทำให้พองโดยใช้ตู้อบรมร้อนที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส เวลา 16-20 นาที พบว่าข้าวเหนียวพองตัวได้ดีที่สุด และข้าวเจ้าพันธุ์ที่มีอะมิโลสสูงสุดคือร้อยละ 28 พองตัวได้น้อยที่สุด

2.2 ปริมาณโปรตีน: ข้าวที่มีปริมาณโปรตีนสูงจะทำให้อัตราการพองตัวลดลง ปริมาณโปรตีนมีผลทางลบต่อการขยายตัวของเมล็ดข้าว ในเมล็ดข้าวที่มีโปรตีนต่ำจะพองตัวได้ดีกว่าข้าวที่มีปริมาณโปรตีนสูง

2.3 อายุการเก็บรักษาและวิธีการเก็บรักษาข้าว: Bhattacharjee and Nath (1984) ทดลองเก็บรักษาข้าวสาร ข้าวนึ่ง และข้าวกล้องนึ่ง ในถุงพลาสติก 3 ชนิด ได้แก่ ถุงโพลิเอทิลีน (แบบทนความร้อน) ถุงโพลิเอทิลีน (แบบไม่ทนความร้อน) และถุงผ้า เป็นระยะเวลา 120 วัน แล้วนำตัวอย่างข้าวมาทำให้พองโดยตู้อบรมร้อนอุณหภูมิ 230-250 องศาเซลเซียส เวลา 10-15 นาที

พบว่า ข้าวนึ่งและข้าวกล้องนึ่ง ที่เก็บในถุงโพลิเอทิลีน (แบบทนความร้อน) ถุงโพลิเอทิลีน (แบบไม่ทนความร้อน) มีอัตราการพองตัวดีขึ้นเล็กน้อยตามระยะเวลาการเก็บ ส่วนข้าวที่เก็บในถุงผ้าถูกแมลงทำลายเมื่ออายุ 60 วัน

<u>สภาวะที่เหมาะสมต่อการพองตัวของข้าว</u> ได้แก่

1) ความชื้นของข้าวก่อนการพองตัว: ถ้าข้าวมีความชื้นต่ำเกินไปจะพองตัวได้น้อย เนื่องจากความดันไอ (steam pressure) ไม่เพียงพอ และถ้าข้าวมีความชื้นสูงเกินไปก็จะทำให้คุณภาพการพองตัวของเมล็ดข้าวต่ำเช่นกัน ความชื้นที่เหมาะสมของข้าวอยู่ในช่วง 13.5-14.5
2) อุณหภูมิ: กระบวนการพองตัวของข้าวจะใช้อุณหภูมิประมาณ 200-270 องศาเซลเซียส แต่ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปคุณภาพการพองตัวของเมล็ดข้าวก็จะต่ำลง (ข้าวไหม้ก่อนพองตัว)

จันทร์จิราและคณะ 2566 ทดสอบนำข้าวพันธุ์ท้องถิ่นที่มีคุณค่าทางโภชนาการบนพื้นที่สูงทั้งหมด 7 พันธุ์ ได้แก่ บือโปะโล๊ะ บือเนอมู เฮงาะเลอทิญ เล่าทูหยา ก่ำวังไผ่ จานูเนเน และ ข้าวเจ้าเปลือกดำ ทั้งที่เป็นข้าวกล้องและข้าวขาว มาผ่านกรรมวิธีต่างๆ เพื่อทดสอบการพองตัวและศึกษาคุณสมบัติของข้าวพองสำหรับนำมาต่อยอด เป็นผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพ พบว่า ข้าวที่ผ่านการคั่วมีกลิ่นหอม มีการขยายตัวของเมล็ด มีสีเข้มขึ้น โดยข้าวขาวไม่มีสีหรือไม่มีรงควัตถุ ได้แก่ พันธุ์บือโปะโล๊ะ บือเนอมู เฮงาะเลอทิญ เล่าทูหยา และข้าวเจ้าเปลือกดำ ข้าวคั่วจะมีสีน้ำตาลเหลืองเข้ม ลักษณะภายนอกใกล้เคียงกับข้าวพองที่มีขายตามท้องตลาด โดยข้าวมีรงควัตถุสีดำคือพันธุ์ก่ำวังไผ่และจานูเนเน เมื่อคั่วแล้วสีเมล็ดข้าวเข้มขึ้นเล็กน้อย โดยข้าวทั้งหมดมีโอกาสในการพัฒนาต่อยอดสร้างมูลค่าเป็น ข้าวคั่ว เพื่อนำไปเป็นส่วนผสมของชาและพัฒนาเป็น “ชาข้าวกล้องคั่ว”