บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัจจุบันการผลิตข้าวนอกจะคำนึงถึงผลผลิตแล้วยังต้องคำนึงถึงคุณภาพเมล็ดด้วย เนื่องจากคุณภาพข้าว (Rice quality) เป็นตัวกำหนดระดับราคาข้าวซึ่งการกำหนดมาตรฐานข้าวเพื่อการส่งออกมักใช้คุณสมบัติเมล็ดทางกายภาพและเคมีในการจำแนกเกรดของข้าวทุกชนิด คุณภาพข้าวแบ่งได้ 4 ประเภท คือ คุณภาพการสี (Milling quality) คุณภาพการหุงต้ม รับประทานและการแปรรูป (Cooking eating and processing quality) คุณภาพทางด้านโภชนาการ (Nutritive quality) และคุณภาพตามมาตรฐานซื้อขาย (กัญญา เชื้อพันธุ์, 2545, หน้า 1) คุณภาพการหุงต้ม รับประทาน และการแปรรูปมีความสัมพันธ์อย่างสูงกับคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าว (Physicochemical properties) ซึ่งเป็นคุณสมบัติสำคัญที่ใช้ในการตรวจสอบคุณลักษณะการหุงต้มและแปรรูปของข้าวแต่ละสายพันธุ์ รวมถึงการประเมินการยอมรับของผู้บริโภคอีกด้วย (Chikuba, Watanabe, Sugimoto, Manabe, Sakai & Taniguchi, 1985, pp. 51-60; Ohtsubo, Toyoshima & Okadome, 1998, pp. 203-206) คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวประกอบด้วย ปริมาณแอมิโลส (Apparent amylose content) ปริมาณโปรตีน ค่าความคงตัวของเจล (Gel consistency) ค่าการสลายเมล็ดข้าวในสารละลายด่าง (Alkali spreading value) อุณหภูมิการเกิดเจลาติไนเซชัน (Gelatinization temperature) และความหนืดของแป้ง (Pasting properties) เป็นต้น (Bhattacharya, Sowbhagya & Indudhara Swamy, 1982, pp. 564-569)

คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวมีความสำคัญมากต่อคุณภาพการหุงต้ม รับประทานและการแปรรูป ปริมาณแอมิโลสในข้าวจะใช้ประเมินปริมาณน้ำในการหุงต้มข้าว ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุก ปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวมีความสำคัญต่อการดูดซับน้ำ (Water uptake capacity) และเวลาในการหุงต้มข้าว (Cooking time) ค่าการสลายเมล็ดข้าวในด่างใช้เป็นดัชนีชี้บ่งอุณหภูมิการเกิดเจลาติไนเซชันของข้าว และคุณสมบัติด้านความหนืดของแป้งจะถูกนำมาใช้ในการประเมินคุณลักษณะของข้าวเพื่อนำไปใช้ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารให้มีคุณลักษณะตรงตามต้องการ นอกจากนี้คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวยังสามารถใช้ในการจำแนกข้าวออกเป็นประเภทต่าง ๆ เช่น การจำแนกข้าวตามปริมาณแอมิโลส ค่าความคงตัวของเจล และอุณหภูมิการเกิดเจลาติไนเซชันของข้าว เป็นต้น (Halick & Kelly, 1959, pp. 91; Williams, Wu, Tsai & Bates, 1958, pp. 47-48; Juliano, 1985, pp. 443-524) การตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมี

กายภาพของข้าวจะตรวจสอบด้วยวิธีทางเคมี (Chemical method) ซึ่งเป็นการตรวจสอบที่ทำลายตัวอย่าง อีกทั้งใช้เวลานาน ทำให้การประเมินคุณภาพข้าวมีความล่าช้า เช่น การวิเคราะห์หาปริมาณแอมิโลสด้วยวิธีการวัดค่าสีของสารประกอบเชิงซ้อนแอมิโลส-ไอโอดีน (Amylose – iodine complex) ด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Williams, Wu, Tsai & Bates, 1958, pp. 47-48; Juliano, 1971, pp. 334-340, 360) การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Kjeldahl (AOAC, 2000, pp. 1-6) การหาค่าสลายเมล็ดข้าวในด่างโดยการประเมินผลด้วยสายตาหลังแช่เมล็ดข้าวในสารละลายด่างนาน 23 ชั่วโมง (Little, Hilder & Dawson, 1958, pp. 111-126) และการหาค่าความคงตัวของเจลมีขั้นตอนที่ซับซ้อนส่งผลให้การวัดความยาวของเจลแป้ง (Gel length) มีความผิดพลาด (Bao, Cai & Corke, 2001, pp. 936-939) ดังนั้น การพัฒนาเทคนิควิธีการตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมีกายภาพข้าวให้เป็นวิธีที่ได้มาตรฐานและเป็นที่ยอมรับจึงมีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมข้าวไทย

การนำเทคนิคสเปคโตรสโคปีอินฟราเรดย่านใกล้ (Near infrared spectroscopy) ช่วงความยาวคลื่น 780 – 2,500 นาโนเมตร ที่มีการสั่นแบบโอเวอร์โทน (Overtone vibration) และการสั่นแบบรวม (Combination vibration) ของพันธะคาร์บอน – ไฮโดรเจน (C – H) ออกซิเจน – ไฮโดรเจน (O – H) และไนโตรเจน – ไฮโดรเจน (N – H) ในโมเลกุลซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณและชนิดขององค์ประกอบต่าง ๆ ในข้าวร่วมกับวิธีการทางเคโมเมตริกซ์ (Chemometrics) ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากสเปคตรัม รวมทั้งหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลสเปคตรัมกับค่าองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐาน เป็นเทคนิคที่ได้รับความนิยมและยอมรับในการตรวจสอบคุณภาพข้าวทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ เนื่องจากเป็นการวิเคราะห์ที่ไม่ทำลายตัวอย่าง รวดเร็ว และลดการใช้สารเคมี (Delwiche, Bean, Miller, Webb & Williams, 1995, pp. 182-187; Shimizu, Yanagisawa, Okadome, Yoyoshima, Andren, Kimura & Ohtsubo, 2001, pp. 104-109; Workmand and Weyer, 2008, p. 1-2; ธงชัย สุวรรณสิชณณ์ และปิติพร ฤทธิเรืองเดช, 2552, หน้า 6-2 ถึง 6-33)

การนำเทคนิคสเปคโตรสโคปีอินฟราเรดย่านใกล้มาตรวจสอบคุณภาพข้าวที่สำคัญ ได้แก่ การวิเคราะห์ปริมาณแอมิโลส ปริมาณโปรตีน (Delwiche, Bean, Miller, Webb & Williams, 1995, pp. 182-187; Delwiche, McKenzie & Webb, 1996, pp. 257-263) ไขมัน (Wang, Wan, Bi, Wang, Jiang, Chen, Zhai & Wan, 2006, pp. 402-406) ค่าความคงตัวของเจล ค่าการสลายเมล็ดในสารละลายด่างและความหนืดของข้าว (Bao, Cai & Corke, 2001, pp. 936-939;

Meadows & Barton II, 2002, pp. 563-566) นอกจากนี้ยังสามารถวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุก (Champagne, Bett-Garber, Grimm, McClung, Moldenhauerk, Linscombe, McKenzie & Barton II, 2001, pp. 358-362) และแบ่งกลุ่มตัวอย่างข้าว (Osborne, Martens, Thomson & Fearn, 1993, pp. 77-83) ได้อีกด้วย ลักษณะตัวอย่างข้าวที่นำมาวิเคราะห์มีหลายชนิด เช่น แป้งข้าว (Rice flour) ข้าวสาร (Milled rice) และข้าวกล้อง (Brown rice) เป็นต้น การวิเคราะห์ตัวอย่างจากแป้งข้าวซึ่งเป็นตัวอย่างที่บด (Ground samples) อาจเกิดความผิดพลาดจากการใส่ตัวอย่างในอุปกรณ์ขณะวัดสเปคตรัม ซึ่งเกิดจากความอัดแน่นของตัวอย่างในอุปกรณ์ที่แตกต่างกัน และตัวอย่างถูกทำลาย (รณฤทธิ์ ฤทธิรณ, 2552b, หน้า 8-1 ถึง 8-17) สำหรับการวิเคราะห์ในรูปของข้าวสารต้องควบคุมค่าความขาว (Whiteness value) ของข้าวซึ่งเป็นผลมาจากระดับการขัดสี (Degree of milling) ในขั้นตอนการขัดขาว (Whitening step) และขัดมัน (Polishing step) ซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าว (Wadsworth, 1994) ในขณะที่การวิเคราะห์ตัวอย่างในรูปของข้าวกล้องนั้นมีความแม่นยำเช่นเดียวกับข้าวสาร แต่มีข้อดีคือสามารถลดขั้นตอนในการเตรียมตัวอย่าง (Villareal, Cruz & Juliano, 1994, pp. 292-296)

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น คณะวิจัยจึงนำเทคนิคสเปคโตรสโคปีอินฟราเรดย่านใกล้มาประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวกล้องโดยวิเคราะห์แบบเมล็ดพืชหลายเมล็ด (Whole kernels) เพื่อสร้างสมการในการตรวจสอบคุณสมบัติดังกล่าวให้มีความถูกต้องและแม่นยำ

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวกล้อง

2.2 เพื่อสร้างสมการที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ค่าคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวกล้องด้วยเทคนิคสเปคโตรสโคปีอินฟราเรดย่านใกล้

2.3 เพื่อสร้างสมการทำนายสำหรับแบ่งกลุ่มข้าวตามค่าคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวกล้อง

3. ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้จะทำการตรวจสอบค่าคุณสมบัติทางด้านเคมีกายภาพของข้าวกล้องทั้ง 4 กลุ่ม คือ ข้าวหอมมะลิ ข้าวกลุ่มที่มีปริมาณแอมิโลสต่ำ ข้าวกลุ่มที่มีปริมาณแอมิโลสปานกลาง และข้าวกลุ่มที่มีปริมาณแอมิโลสสูง จำนวน 60 ตัวอย่าง ซึ่งรวบรวมจากศูนย์วิจัยข้าว สถานีทดลองข้าว และศูนย์เมล็ดพันธุ์ต่าง ๆ ในประเทศไทย ปีการเพาะปลูก 2552 รวมถึงประยุกต์ใช้เทคนิคสเปคโตรสโคปีอินฟราเรดย่านใกล้มาใช้ในการทำนายคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวกล้องขนาดเต็มเมล็ด อาทิเช่น ปริมาณโปรตีน ปริมาณแอมิโลส ค่าความคงตัวของเจล ค่าการสลายเมล็ดข้าวในสารละลายด่าง และคุณสมบัติด้านความหนืดด้วยวิธีการถดถอยกำลังสองน้อยที่สุดบางส่วน (Partial Least Square Regression; PLSR) และสร้างสมการสำหรับทำนายการจำแนกกลุ่มข้าวหอมมะลิออกจากข้าวกลุ่มอื่น ด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis; PCA) และการวิเคราะห์จำแนกกลุ่มด้วยการถดถอยกำลังสองน้อยที่สุดบางส่วน (Partial Least Square-Discriminant Analysis; PLS-DA) ช่วงจำนวนคลื่นที่ 10,000-4,000cm^{-1} เพื่อสร้างสมการสำหรับทำนายคุณสมบัติดังกล่าวให้มีความถูกต้องและแม่นยำ

4. นิยามศัพท์

4.1 ข้าวกล้อง (Brown rice) คือ เมล็ดข้าวที่กะเทาะเปลือกออกแต่ยังไม่ได้ขัดสี เมล็ดข้าวยังมีคัพภะอยู่บริเวณโคนเมล็ดด้านเปลือกใหญ่และเยื่อหุ้มเมล็ดข้าว (รำ) อยู่ ซึ่งเป็นส่วนที่มีคุณค่าทางอาหารและมีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น โปรตีน วิตามิน ไขมัน แร่ธาตุ และกรดอะมิโนที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของร่างกาย คือ Gamma aminobutyric acid (GABA) ข้าวกล้องจะมีสีเดียวกับเยื่อหุ้มผล (Pericarp) และเยื่อหุ้มเมล็ด (Seed coat) ซึ่งเป็นส่วนที่มีเส้นใยอาหารสูง (Dietary fiber)

4.2 คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าว (Physicochemical properties of rice) คือ คุณสมบัติที่มีความสำคัญต่อคุณภาพการหุงต้ม รับประทาน และการแปรรูปข้าว คุณสมบัตินี้ได้รับอิทธิพลมาจากพันธุ์ข้าว สภาวะแวดล้อมในการเพาะปลูก ตลอดจนการขัดสีข้าว ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพทางด้านโภชนาการ คุณสมบัตินี้ประกอบด้วยปริมาณแอมิโลส ปริมาณโปรตีน ค่าความคงตัวของเจล ค่าการสลายเมล็ดในด่าง อุณหภูมิการเกิดเจลาติไนเซชัน และความหนืดของแป้ง เป็นต้น

4.3 เทคนิคสเปคโตรสโคปีอินฟราเรดย่านใกล้ (Near infrared spectroscopy) คือ การศึกษาอันตรกิริยาระหว่างรังสีอินฟราเรดย่านใกล้กับสสารที่โมเลกุลประกอบด้วยพันธะไฮโดรเจน (X – H) อะตอม อะตอม X ได้แก่ คาร์บอน (C) ออกซิเจน (O) ไนโตรเจน (N) ซัลเฟอร์

(S) ฯลฯ อันตรกิริยาดังกล่าว คือ การที่โมเลกุลดูดกลืนรังสีอินฟราเรดย่านใกล้เข้าไป ซึ่งจะมีผลต่อการสั่นของพันธะต่าง ๆ ในโมเลกุล ระดับการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดย่านใกล้ของสสารที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ จะปรากฏในลักษณะของสเปคตรัม NIR เพื่อนำไปประมวลผลในการวิเคราะห์เชิงปริมาณและคุณภาพต่อไป

4.4 การถดถอยกำลังสองน้อยที่สุดบางส่วน (Partial Least Square Regression; PLSR) เป็นเทคนิคการวิเคราะห์หลายตัวแปร (Multivariate analysis) ที่สามารถลดจำนวนตัวแปรได้ การสร้างสมการ PLSR นั้นจะทำการลดจำนวนตัวแปรอิสระ (ตัวแปร X) โดยในช่วงจัดกลุ่มการลดจำนวนตัวแปรอิสระ (ตัวแปร Y) จะต้องมีการสร้างตัวแปรใหม่ ที่เรียกว่า “ค่าคะแนนปัจจัย” (Factor loading) หรือ “แฟกเตอร์” โดยนำข้อมูลของตัวแปรตาม (ตัวแปร Y) เข้ามาร่วมในการสร้างแฟกเตอร์ด้วย โดยค่าคะแนนปัจจัยหรือแฟกเตอร์ที่สร้างขึ้นมาใหม่นี้จะมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามเสมอ

4.5 การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis; PCA) เป็นวิธีการหนึ่งทางสถิติในการวิเคราะห์ตัวแปรหลายตัว โดยใช้เทคนิคการลดจำนวนตัวแปรอิสระด้วยการแบ่งกลุ่มตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันเพื่อสร้างตัวแปรขึ้นมาใหม่ ที่เรียกว่า “ปัจจัย หรือองค์ประกอบ” (Factors or Principal Components; PCs) โดยที่จำนวนตัวแปรใหม่ที่เรียกว่าปัจจัยหรือองค์ประกอบหลักจะต้องมีจำนวนน้อยกว่าหรือเท่ากับตัวแปรเดิม

4.6 การวิเคราะห์จำแนกกลุ่มด้วยการถดถอยกำลังสองน้อยที่สุด (Partial Least Square-Discriminant Analysis; PLS-DA) เป็นเทคนิคทางสถิติที่นิยมนำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพจากสเปคตรัมอินฟราเรดย่านใกล้เพื่อสร้างสมการแคลิเบรชัน คือ การรู้จำแบบรูปภายใต้การควบคุมดูแล (Supervised pattern recognition) ที่ต้องการทราบรายละเอียด เช่น กลุ่ม ชนิด หรือ เกรดของตัวอย่างก่อนทำการสร้างสมการสำหรับแบ่งกลุ่ม (Classification model)

5. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ ทำให้สามารถพัฒนาวิธีการตรวจสอบคุณภาพข้าวให้เป็นวิธีที่ได้มาตรฐาน สะดวก รวดเร็ว มีความแม่นยำสูง หน่วยงานที่สามารถนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ ได้แก่ หน่วยงานภาครัฐที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการวิจัยพันธุ์ข้าว หน่วยงานเอกชน ได้แก่ โรงสี และผู้ประกอบการค้าข้าว