Agric. Sci. Innov. J. 55 : 1 (Suppl.) : 48 - 51 (2024) ว. วิทย. นวัต. กษ. 55 : 1 (พิเศษ) : 48 - 51 (2567)

เครื่องประเมินอะไมโลสในข้าวเปลือกภาคสนามด้วยเทคนิคอินฟาเรดย่านใกล้
Amylose Analyzer for Paddy in Fieldwork by Near Infrared Spectroscopy

ธารารัตน์ มณีน่วม[1] บุษกร พลดงนอก[1] วัชรี สุขวิวัฒน์[1]
ปราณี มณีนิล[1] และรณฤทธิ์ ฤทธิรณ[2]
Thararat Maneenuam[1], Bussakorn Phondongnok [1], Watcharee Sukviwat [1],
Pranee Maneenin[1] and Ronnarit Rittiron [2]

Abstract

Amylose is one of the components of rice starch that greatly affects the quality of cooked rice. Presently, amylose content in rice is analyzed by a standard method that relies on chemical reagents. In addition, this method is time-consuming, requires experienced technicians and cannot be performed in the field. The purpose of this study was to develop a portable analyzer and calibration equation that can determine amylose content in paddy. A light source provided near-infrared light with a reflectance mode in the region of 900-1700 nm. This compact device was able to operate in the field. A total of 16 3 paddy samples with 15.18-28.75% amylose content were scanned and calibration model was developed for this portable amylose analyzer. Calibration equation was generated using relationship between amylose content and NIR absorbance value through partial least squares regression (PLSR). Correlation coefficient (R) in the calibration, validation, standard error of prediction (SEP) and bias were 0.71, 0.73, 2.49% and 0.07%, respectively. Therefore, it can be concluded that this portable amylose analyzer can be applied for screening amylose content in paddy rice. Furthermore, this chemical free method takes less than 1 minute for predicting each sample.

Keywords: rice quality, near infrared, amylose content

บทคัดย่อ

อะไมโลสเป็นองค์ประกอบของข้าวที่บ่งบอกถึงคุณภาพข้าวหลังจากหุง การตรวจวัดตามวิธีมาตรฐานต้องใช้สารเคมี ระยะเวลานาน และผู้วิเคราะห์ต้องมีความชำนาญในการใช้เครื่องมือ อีกทั้งยังไม่สามารถวิเคราะห์ได้ทันทีในแปลงปลูกหรือโรงสี การศึกษาครั้งนี้เป็นการพัฒนาเครื่องตรวจวัดพร้อมสมการประเมินปริมาณอะไมโลสในข้าวเปลือก โดยใช้แหล่งกำเนิดแสงช่วงอินฟราเรดย่านใกล้ มีระบบการตรวจวัดแบบสะท้อนกลับ ช่วงความยาวคลื่น 900-1700 นาโนเมตร ตัวเครื่องมีขนาดเล็กสามารถเคลื่อนย้ายและปฏิบัติงานนอกพื้นที่ได้ เก็บตัวอย่างข้าวเปลือกจำนวน 163 ตัวอย่าง ซึ่งมีปริมาณอะไมโลสระหว่าง 15.18 - 28.75% ใช้ในการสร้างสมการเทียบมาตรฐาน โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะไมโลสกับค่าการดูดกลืนแสงอินฟราเรดย่านใกล้จากเครื่องภาคสนามที่พัฒนาขึ้น ด้วยวิธีการถดถอยกำลังสองน้อยที่สุดบางส่วน (Partial least squares regression; PLSR) พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ในกลุ่มสร้างสมการ (calibration) และกลุ่มทดสอบสมการ (validation) มีค่าเท่ากับ 0.71 และ 0.73 ตามลำดับ ค่าความผิดพลาดมาตรฐานในการทำนาย (SEP) เท่ากับ 2.49% และมีค่าเฉลี่ยของผลต่างระหว่างปริมาณอะไมโลสจากวิธีมาตรฐานกับอะไมโลสที่ทำนายได้ (Bias) เท่ากับ 0.07% ดังนั้นเครื่องตรวจสอบปริมาณอะไมโลสแบบพกพาที่พัฒนาขึ้น สามารถประเมินปริมาณอะไมโลสในข้าวเปลือกได้ในระดับการคัดเลือกเบื้องต้น โดยใช้เวลาไม่เกิน 1 นาทีต่อตัวอย่าง และไม่ใช้สารเคมี

คำสำคัญ: คุณภาพข้าว เนียร์อินฟราเรด ปริมาณอะไมโลส

[1] ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110
[1] Pathumthani Rice Research Center, Division of Rice Research, Rice Department, Thanyaburi, Pathum Thani 12110
[2] ภาควิชาวิศวกรรมการอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
[2] Department of Food Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaengsaen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140

คำนำ

ปริมาณอะไมโลสในแป้งข้าวถูกใช้เป็นเกณฑ์ในการแบ่งแยกประเภทของกลุ่มข้าว เช่น ข้าวเหนียวมีปริมาณอะไมโลส 0-2% เมื่อหุงสุกจะมีลักษณะเหนียวมาก ข้าวเจ้านุ่มมีอะไมโลสระหว่าง 10-19% เมื่อหุงสุกจะมีลักษณะนุ่มเหนียว หุงแฉะง่าย ส่วนข้าวเจ้าร่วนมีปริมาณอะไมโลสระหว่าง 20-25% เมื่อหุงสุกจะมีลักษณะค่อนข้างนุ่มร่วน และข้าวแข็งมีปริมาณอะไมโลส 25% ขึ้นไป เมื่อหุงสุกจะมีลักษณะร่วน แข็ง หุงขึ้นหม้อ (งามชื่น, 2539) การวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลสในปัจจุบัน วัดจากค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร ซึ่งจำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่มีราคาสูง ใช้สารเคมี และต้องทำลายตัวอย่างข้าว การปรับปรุงพันธุ์ข้าวจำเป็นต้องวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลส เพื่อคัดเลือกข้าวตามลักษณะที่ต้องการ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการและทำลายตัวอย่าง ไม่สามารถนำตัวอย่างที่สนใจมาใช้ขยายพันธุ์ต่อได้ เทคนิคอินฟราเรดย่านใกล้สามารถตรวจวัดปริมาณสารประกอบอินทรีย์โดยใช้หลักการดูดกลืนหรือสะท้อนกลับของแสง แล้วจึงนำค่าการดูดกลืนแสงมาหาความสัมพันธ์กับปริมาณสารที่ต้องการศึกษาด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์ ข้อดีของการใช้เทคนิคดังกล่าว คือ ใช้ระยะเวลาสั้น รวมถึงไม่ใช้สารเคมี อย่างไรก็ตามการประเมินดังกล่าวต้องส่งตัวอย่างมาวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการที่มีเครื่องมือและสมการเทียบมาตรฐานเท่านั้น ซึ่งอาจจะไม่สะดวกในกรณีที่ต้องปฏิบัติงานนอกพื้นที่ การศึกษาครั้งนี้จึงเป็นการพัฒนาเครื่องวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลสแบบพกพา โดยใช้หลักการและช่วงแสงของ near infrared เพื่อให้ได้เครื่องที่มีขนาดเล็กกะทัดรัด สามารถเคลื่อนย้ายไปใช้งานในโรงสีหรืองานทดสอบนอกห้องปฏิบัติการได้ รวมถึงผู้ประกอบการสามารถเข้าถึงเทคโนโลยีและนำไปใช้ในการควบคุมคุณภาพของผลผลิตได้ง่าย

อุปกรณ์และวิธีการ

1.ออกแบบและสร้างเครื่องประเมินอะไมโลสภาคสนาม โดยวางแผนและศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพของข้าวเปลือกเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบระบบ เลือกวิธีในการวัดตัวอย่าง รวมถึงอุปกรณ์สำหรับบรรจุตัวอย่างที่เหมาะสม จัดหาอุปกรณ์ทางทัศนศาสตร์และอิเล็คทรอนิคส์ เพื่อใช้ในการสร้างเครื่อง และขึ้นรูปชิ้นส่วนและประกอบเครื่องตามแบบ รวมถึงสร้างโปรแกรมการควบคุมการทำงาน

2.สร้างสมการเทียบมาตรฐานให้กับเครื่องวิเคราะห์ โดยเก็บตัวอย่างข้าวเปลือกแห้ง (ความชื้นไม่เกิน 15%) จำนวน 56 พันธุ์ และ 107 สายพันธุ์ ซึ่งมีปริมาณอะไมโลสครอบคลุมทุกกลุ่ม (ประมาณ 15 – 28 เปอร์เซ็นต์) ทำความสะอาดโดยการเป่าสิ่งเจือปนออก ชั่งตัวอย่างข้าว 25 กรัม ใส่ในอุปกรณ์สำหรับวัดตัวอย่างของเครื่อง วัดค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างข้าวด้วยเครื่องประเมินอะไมโลสภาคสนาม ที่พัฒนาขึ้นภายใต้อุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นนำตัวอย่างข้าวที่วัดค่าการดูดกลืนแสงแล้วไปวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลสในห้องปฏิบัติการตามวิธีของสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (2560) หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะไมโลสที่วิเคราะห์ได้จากห้องปฏิบัติการ และค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้จากเครื่องประเมินอะไมโลสภาคสนามด้วยโปรแกรม The Unscrambler Version 9.7 (CAMO Software AS, Norway)

3.วิเคราะห์และสรุปผลการพัฒนาเครื่องและความถูกต้องของสมการ

ผลและวิจารณ์ผล

1.การพัฒนาเครื่องประเมินอะไมโลสภาคสนาม

การออกแบบเครื่องประเมินอะไมโลสภาคสนามมุ่งเน้นไปที่มีขนาดเล็ก ใช้งานง่าย และราคาไม่แพง การเลือกใช้แหล่งกำเนิดแสงในช่วงอินฟราเรดย่านใกล้ (near infrared) เนื่องจากมีรายงานการประเมินปริมาณแป้งข้าวโดยใช้ช่วงแสงดังกล่าวพบว่า ช่วง near-infrared region ให้ผลดีที่สุด โดยให้ค่าการประเมินได้ถูกต้องและแม่นยำ (Bao *et. al.*, 2001) โหมดการวัดเป็นแบบสะท้อนกลับ (reflection) เนื่องจากเหมาะสมกับการวัดวัตถุที่เป็นของแข็ง สำหรับการวัดจะเลือกใช้บีกเกอร์เป็นวัสดุบรรจุตัวอย่างข้าว เนื่องจากมีความแข็ง ทนทานต่อแรงขีดข่วน หาซื้อได้ง่าย ราคาไม่แพง และไม่ดูดกลืนคลื่นแสงในช่วงอินฟราเรดย่านใกล้ บีกเกอร์ที่ใช้จะเลือกที่มีบริเวณก้นเป็นแนวระนาบ ไม่โค้งเว้า เพื่อลดปัจจัยที่อาจส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนของสมการที่จะใช้ทำนายปริมาณอะไมโลสในอนาคต โดยมีการทดสอบรูปแบบการวัดตัวอย่างจากหลายตำแหน่งของบีกเกอร์ (Figure 1) ข้อมูลสเปคตรัมของข้าวที่วัดผ่านบริเวณก้นและด้านข้างบีกเกอร์มีค่าการดูดกลืนแสงใกล้เคียงกัน ในขณะที่การวัดบริเวณด้านบนของบีกเกอร์ซึ่งเป็นการวัดจากข้าวโดยตรง มีค่าการดูดกลืนแสงต่ำกว่าและมีความเบี่ยงเบนของการวัดซ้ำมากกว่า เนื่องจากการกดตัวเครื่องลงบนตัวอย่างข้าวโดยตรงในขณะที่วัดแต่ละครั้งมีน้ำหนักไม่เท่ากัน ส่งผลให้ค่าการดูดกลืนแสงแต่ละซ้ำมีความแตกต่างกันมากว่าการวัดผ่านบีกเกอร์ อย่างไรก็ดีหากวัดบริเวณด้านข้างของบีกเกอร์ จะต้องเลือกด้านที่ไม่มีตัวเลขระดับปริมาตรอยู่ เพื่อหลีกเลี่ยงการหักเหของแสงในขณะที่วัด เพื่อให้เกิดความสะดวกในการทำงานจึงเลือกการวัดโดยผ่านก้นบีกเกอร์แทน

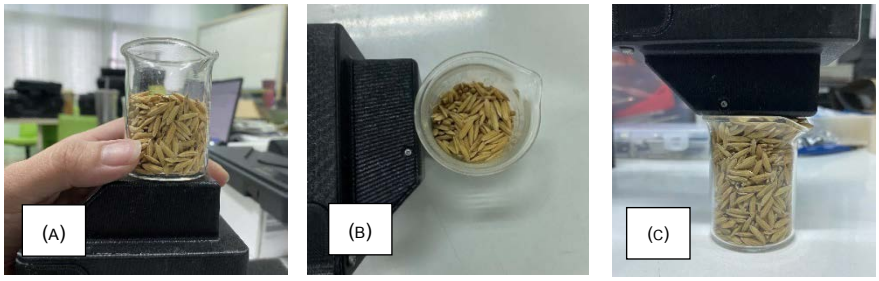

Figure 1 Sample measurement of near infrared spectroscopy made on three position: bottom (A), side (B) and top (C)

ตัวเครื่องที่ออกแบบมีขนาดกว้างxยาวxสูง เท่ากับ 120x132x75 มิลลิเมตร ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ สามารถถอดออกมาชาร์จและเปลี่ยนใหม่ได้ หน้าวัดทำจากสแตนเลสเพื่อให้มีความทนทานต่อรอยขีดข่วนและทำความสะอาดง่าย ตัวอย่างข้าวที่ต้องการวัดจะใส่ในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร (Duran, Germany) ใช้แหล่งกำเนิดแสงในช่วงเนียร์อินฟราเรด (near infrared) ช่วงความยาวคลื่น 900-1700 นาโนเมตร มีระบบการวัดแบบสะท้อนกลับ (reflection) ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการวัดจะถูกควบคุมผ่านโทรศัพท์มือถือในระบบปฏิบัติการแอนดรอยส์ (androids) มีการสั่งงานผ่านการเชื่อมต่อด้วยระบบบลูทูธ เพื่อประมวลและแสดงผลบนหน้าจอโทรศัพท์ (Figure 2)

Figure 2 Physical characteristics of near infrared portable amylose analyzer

2. การสร้างสมการประเมินปริมาณอะไมโลส

ตัวอย่างข้าวเปลือกจำนวน 163 ตัวอย่าง มีปริมาณอะไมโลสระหว่าง 15.18-28.75 เปอร์เซ็นต์ สแกนเพื่อวัดค่าการดูดกลืนแสง ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ แล้วจึงเฉลี่ยให้เหลือเพียง 1 สเปคตรัมต่อตัวอย่าง หลังจากนั้นแบ่งข้าวออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มสำหรับสร้างสมการ (calibration set) จำนวน 112 ตัวอย่าง และกลุ่มทดสอบสมการ (validation set) จำนวน 51 ตัวอย่าง หาความสัมพันธ์กับปริมาณอะไมโลสที่วิเคราะห์ได้จากวิธีมาตรฐานและปรับแต่งสมการด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์ เพื่อลดค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น ด้วยวิธี Smoothing + 2^{nd} Derivative +Smoothing ซึ่งเป็นวิธีที่ให้ผลดีที่สุด ผลการทดลอง พบว่าสมการที่พัฒนาขึ้นเลือกใช้ PC=12 เนื่องจาก PC ดังกล่าวจะให้ค่า SEP ต่ำที่สุด ซึ่งจะไม่ทำให้สมการที่พัฒนาขึ้นเกิด over fitting ประกอบกับมีการแบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่ม test set อยู่แล้ว เมื่อทดสอบแล้วให้ค่า SEP ต่ำที่สุด จึงหมายถึงตัวแปรนั้น มีความเหมาะสมแล้ว ผลการหาความสัมพันธ์จากสมการที่พัฒนาขึ้น พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient: R) ของกลุ่มสร้างสมการเท่ากับ 0.71 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของกลุ่มทดสอบสมการเท่ากับ 0.73 ค่าความผิดพลาดมาตรฐานในกลุ่มสร้างสมการ (Standard error of calibration: SEC) เท่ากับ 2.64 และกลุ่มทดสอบสมการ (Standard error of prediction: SEP) เท่ากับ 2.49 ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของผลต่างระหว่างค่าที่ได้จากวิธีมาตรฐานกับเครื่องแบบพกพา (Bias) ในกลุ่มสร้างสมการและกลุ่มทดสอบสมการ เท่ากับ 1.15% และ 0.07% ตามลำดับ (Figure 3) สำหรับสมการที่พัฒนาขึ้นมีค่าสัมประสิทธิ์ที่เด่นชัดในตำแหน่งการดูดกลืนที่ 1162 และ 1547 นาโนเมตร ซึ่งสัมพันธ์กับการสั่นของโมเลกุล starch และตำแหน่งที่ 1490 และ 1540 มีความสัมพันธ์กับการสั่นของพันธะ O–H ของ starch และ polymeric alcohol (Workman and Weyer, 2012) ซึ่งน่าจะมีผลกับตำแหน่งของ starch ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในข้าวและเป็นตัวแบ่งกลุ่มอมิโลส จึงสามารถแปลผลได้ว่าสมการที่พัฒนาขึ้นด้วยเครื่องประเมินอะไมโลสภาคสนาม สามารถวิเคราะห์อะไมโลสในข้าวเปลือกได้ในระดับการคัดเลือกเบื้องต้น

(rough screening) เนื่องจากส่วนของเปลือกข้าวมีองค์ประกอบของซิลิกาเป็นส่วนใหญ่ (สัจจะชาญ และคณะ, 2552) อาจจะขัดขวางการดูดกลืนแสง จึงทำให้สมการที่ได้มีความถูกต้องในระดับปานกลาง แต่สมการประเมินที่พัฒนาขึ้นสามารถวิเคราะห์ในรูปข้าวเปลือกได้โดยตรง ไม่ต้องเตรียมตัวอย่าง ทราบผลได้ทันที

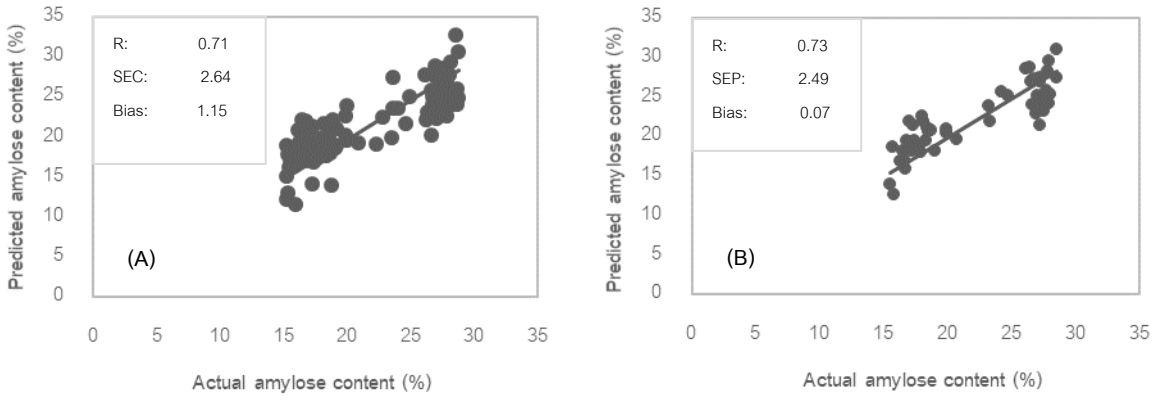

Figure 3 Calibration (A) and validation (B) results of amylose content evaluated by a portable amylose analyzer

สรุป

เครื่องประเมินอะไมโลสในข้าวเปลือกที่พัฒนาขึ้น ใช้แหล่งกำเนิดแสงในช่วงอินฟราเรดย่านใกล้ ความยาวคลื่นระหว่าง 900-1700 นาโนเมตร ตัวเครื่องมีน้ำหนัก 0.9 กิโลกรัม ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ได้นาน 7 ชั่วโมง สามารถเคลื่อนย้ายและใช้งานที่ต้องทำเป็นประจำได้ (routine analysis) มีการควบคุมเครื่องผ่านโทรศัพท์มือถือในระบบปฏิบัติการแอนดรอยส์ (androids) และสั่งงานผ่านการเชื่อมต่อด้วยระบบบลูทูธ ความถูกต้องของสมการประเมินปริมาณอะไมโลสในข้าวเปลือกมีความแม่นยำในระดับการคัดเลือกเบื้องต้น (rough screening performance) ใช้เวลาในการประเมินน้อยกว่า 1 นาทีต่อตัวอย่าง โดยไม่ต้องใช้สารเคมี

คำขอบคุณ

สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) สนับสนุนงบประมาณภายใต้แผนงานนวัตกรรมด้านพันธุ์และเทคโนโลยีการผลิตข้าวเพื่อรองรับเกษตรสมัยใหม่

เอกสารอ้างอิง

งามชื่น คงเสรี. 2539. คุณภาพข้าวและผลิตภัณฑ์. ใน สัมมนาวิชาการครบรอบ 80 ปี ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. หน้า 241-259.

สัจจะชาญ พรัดมะลิ, ประชุม คำพุฒ, ปราโมทย์ วีรานุกูล และเชิ้นนิตย์ งามมานะ. 2552. รายงานการวิจัย, การใช้ดินขาวผสมเส้นใยมะพร้าว ฟางข้าว และแกลบเพิ่มประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนในผนังคอนกรีตบล็อก. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2560. มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ มกอช.4000: ข้าวหอมมะลิไทย. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

Bao, J.S., Y.Z. Cai and H. Corke. 2001. Prediction of rice starch quality parameter by near-infrared reflectance spectroscopy. J Food Sci. 66(7): 936-939.

Workman, J.Jr. and L. Weyer. 2012. Practical guide and spectral atlas for interpretive near-infrared spectroscopy. 2nd edition, CRC Press, Florida, USA.