

## ผลของการสกัดด้วยเอนไซม์ต่อคุณภาพของโปรตีนไฮโดรไลสจากรำข้าว\*

### Effect of Enzymatic Control on the Quality of Rice Bran Meal

เรวดี มีสัตย์<sup>1</sup> วีรยุทธ พรหมจันทร์<sup>1</sup> สดศรี เนียมเปรม<sup>1</sup> และกุลศล เอี่ยมทรัพย์<sup>1</sup>  
Meesat, R.<sup>1</sup>, Promjan, W.<sup>1</sup>, Neamprem, S.<sup>1</sup> and Iamsub, K.<sup>1</sup>

#### Abstract

This research aimed to investigate types of solvents used in rice bran protein extraction, antioxidant capacity (DDPH) and determination of optimal conditions for extracting rice bran with water in 90 minutes. extracted with sodium hydroxide (pH8, 9, 10) in 90 minutes and alcalase enzyme at concentration 0.3, 0.5, 0.7 %v/v digested at 60°C for 30, 60 and 90 minutes. This research was found that the optimum condition for protein extraction from rice bran is extracted with alcalase enzyme 0.7 %v/v in 90 minutes. the highest protein content was 15.75%. Moreover, the extracted protein has the highest antioxidant capacity of 10.2%, making an ideal method for extracting rice bran protein in order to use the resulting protein as an ingredient in food and beverage production.

Keyword: Rice bran, Hydrolyzate, alcalase, Protein

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดของตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดโปรตีนรำข้าวและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (DDPH) และหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดรำข้าวด้วยน้ำ 90 นาที สกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ (pH8, 9, 10) เวลา 90 นาที และเอนไซม์อัลคาเลส ความเข้มข้น 0.3, 0.5, 0.7%v/v ย่อยที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30, 60 และ 90 นาที พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนจากรำข้าว คือ สกัดด้วยเอนไซม์อัลคาเลส ร้อยละ 0.7 %v/v นาน 90 นาที โดยได้ปริมาณโปรตีนสูงสุด คือ ร้อยละ 15.75 รวมทั้งโปรตีนที่สกัดได้มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้สูงที่สุด ร้อยละ 10.2 จึงเป็นวิธีที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนรำข้าวเพื่อที่จะนำโปรตีนที่ได้ไปเป็นส่วนผสมในการผลิตอาหารและเครื่องดื่ม คำสำคัญ: รำข้าว ไฮโดรไลส เอ็นไซม์ อัลคาเลส โปรตีน

#### บทนำ\*

เมื่อพิจารณาแนวโน้มการผลิตข้าวของประเทศไทยตั้งแต่ปี 2555-2556 ซึ่งรัฐบาลได้ดำเนินการจำหน่ายข้าวราคาสูงตามที่ได้เสนอนโยบายไว้ พบว่าปริมาณการผลิตข้าวของประเทศไทยสูงขึ้น ในขณะที่มีแนวโน้มการส่งออกลดลง เนื่องจากราคาข้าวไทยสูงกว่าคู่แข่งอย่างเวียดนามและอินเดียที่เร่งระบายข้าวที่เก็บไว้ในสต็อก ปริมาณข้าวที่เดิมมีการผลิตมากเกินกว่าความต้องการ โดยส่งออกในสัดส่วนเพียง 45 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณข้าวทั้งหมด (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) เมื่อมีนโยบายดังกล่าวจึงทำให้มีข้าวเหลือจากการบริโภคและจำเป็นต้องเก็บรักษาในปริมาณมากขึ้น ข้าวดังกล่าวจะเกิดการเสื่อมคุณภาพตามระยะเวลาที่เก็บรักษาการนำข้าวที่เหลือจากการส่งออกและบริโภคโดยตรงในรูปของข้าวสารมาใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารที่มีมูลค่าเพิ่ม จึงนับเป็นทางออกหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มช่องทางในการใช้ประโยชน์ของข้าวและสร้างความยั่งยืนให้กับเกษตรกรผู้ปลูกข้าวในอนาคต เมื่อนำข้าวมาผ่านกระบวนการแปรรูปจะทำให้ได้รำข้าว ซึ่งเป็นผลพลอยได้ในปริมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักข้าวเปลือก (นิพนธ์, 2556) จากปริมาณผลผลิตข้าวในปี 2559 หากคิดปริมาณรำข้าวที่เกิดขึ้นพบว่า มีปริมาณสูงถึง 988,328 ตัน รำข้าวเป็นแหล่งที่ดีของไขมันและโปรตีน โดยพบว่า มีปริมาณ 13-20 และ 12-14 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งเป็นโปรตีนที่เหมาะสมสำหรับนำมาเพิ่มมูลค่า โดยการนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มฟังก์ชันที่เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนที่เสริมสุขภาพได้จากปัญหาดังกล่าว ดังนั้นงานวิจัยนี้จะเป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยส่งเสริมให้มีการนำเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในกลุ่มของอาหารและเครื่องดื่มฟังก์ชันพร้อมบริโภคที่เหมาะสมและมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคค่อนข้างสูง

รำข้าวเป็นแหล่งโปรตีนหลักในเมล็ดข้าว ถ้าใช้เวลาในการขัดข้าวนาน บริเวณชั้นชั้นอัลลิโรนซึ่งเป็นชั้นที่สะสมของโปรตีนจะถูกขัดออกมากทำให้ปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวลดลง เมื่อเพิ่มระยะเวลาการขัดสีข้าว (Schramm และคณะ, 2007) รำข้าวมีโปรตีนมากกว่าคาร์โบไฮเดรตและไขมัน โปรตีนรำข้าวมีคุณค่าทางอาหารสูงเมื่อเทียบกับโปรตีนธัญพืชอื่น เป็นโปรตีนไม่ก่อให้เกิดภูมิแพ้ ต่อต้านการเกิดมะเร็ง (Helm and Burks, 1996; Shoji et al., 2001) โปรตีนรำข้าวเป็นโปรตีนคุณภาพดีย่อยง่าย ไม่ก่อให้เกิดอาการแพ้และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง (Wang et al., 1999; Helm Burks, 1996) มีกรดอะมิโนที่จำเป็น เช่น

<sup>1</sup> สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

<sup>1</sup> Thailand Institute of Scientific and Technological Research

ไลซีนและทรีโอนีนในปริมาณที่สูงซึ่งโดยทั่วไปแล้วธัญพืชอื่นไม่มีกรดอะมิโนชนิดนี้ (Juliano, 1985; Mawal และคณะ, 1987) งานวิจัยนี้จึงมุ่งที่จะสกัดสกัดโปรตีนจากรำข้าวเพื่อที่จะมาเป็นส่วนประกอบในเครื่องต้ม ในการสกัดโปรตีนรำข้าวเพื่อให้ได้ผลผลิตสูง (%yield) คือการทำให้โปรตีนที่อยู่ในเซลล์ออกมามากที่สุดและอยู่ในสารละลาย การทำลายผนังเซลล์มีทั้งวิธีทางเคมีและกายภาพ เช่น การใช้สารเคมี การใช้เอนไซม์ การบด การปั่น การใช้คลื่นความถี่สูง วิธีการสกัดโปรตีนรำข้าวให้ออกมามากที่สุดจะใช้วิธีการร่วมกันทั้งทางเคมีและกายภาพ งานวิจัยนี้เราเลือกใช้เอนไซม์อัลคาเลสซึ่งเป็นโปรติเอส ประเภทเอนโดเปปติเดสและไซโตลีมไฮดรอกไซด์ร่วมกัน

### อุปกรณ์และวิธีการ\*

#### การศึกษาค่าทางกายภาพและทางเคมีของรำข้าวและโปรตีนรำข้าว

โดยการนำรำข้าวเริ่มต้นและผงโปรตีนรำข้าวที่ได้จากการสกัดมาวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าสี ค่าปริมาณของแข็งที่ละลาย ( $^{\circ}$ Brix) และ ค่าความชื้น

เนื่องจากที่ต้องวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของรำข้าวเพราะค่าความความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของรำข้าวมีผลต่อการเลือกสารและเอนไซม์ที่ใช้ในการสกัดโปรตีน

#### การศึกษาความเข้มข้นและระยะเวลาในการย่อยที่เหมาะสมของเอนไซม์อัลคาเลส

ผสมรำข้าวต่อน้ำกลั่นในสัดส่วน 1:5 (น้ำหนักต่อปริมาตรและ ปรับ pH ให้เท่ากับ 8 โดยใช้สารละลายไซโตลีมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ จากนั้นนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขັกและให้ความร้อนด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เติมเอนไซม์อัลคาเลส 0.7(V/V) ปริมาตร 1 ml เป็นเวลา 90 นาที แล้วยับยั้งเอนไซม์โดยการต้มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส 3 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น ปรับ pH เท่ากับ 7 ด้วยสารละลายไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 6 โมลาร์ แล้วนำไปหมუნเหวี่ยงแยกตะกอน 3,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที แยกส่วนที่เป็นตะกอนนำไปวิเคราะห์โปรตีนโดยใช้วิธี Kjeldahl method

ผสมรำข้าวต่อน้ำกลั่นในสัดส่วน 1:5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) และ ปรับ pH ให้เท่ากับ 8 โดยใช้สารละลายไซโตลีมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ จากนั้นนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขັกและให้ความร้อนด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เติมเอนไซม์อัลคาเลสความเข้มข้น ร้อยละ 0.7(%V/V) ปริมาตร 1 ml เป็นเวลา 90 นาทีแล้วยับยั้งเอนไซม์ด้วยการต้มให้ความร้อนด้วยอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส 3 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น ปรับ pH เท่ากับ 7 ด้วยสารละลายไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 6 โมลาร์ แล้วนำไปหมუნเหวี่ยงแยกตะกอน 3,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที แยกส่วนที่เป็นตะกอนนำไปวิเคราะห์โปรตีนโดยใช้วิธี Kjeldahl method (AOAC, 2000) มีสูตรการคำนวณโปรตีน ดังนี้

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} = \frac{(A-B) \times N \times 1.4 \times F}{W_t}$$

A คือ ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไทเทรตกับตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B คือ ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไทเทรตกับ blank (มิลลิลิตร)

Wt คือ น้ำหนักของตัวอย่าง

N คือ ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก (N)

F คือ ค่าแฟคเตอร์

#### การวิเคราะห์หาฤทธิ์ของสารสำคัญในการต้านอนุมูลอิสระ

ปิเปตตัวอย่างปริมาตร 50 ไมโครลิตร และสารละลาย DPPH ที่ความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันในไมโครเพลทนาน 1 นาที จากนั้นตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแบบไมโครเพลท โดยใช้กรดแอสคอร์บิกเป็นตัวควบคุมบวก (สุจิตรา และคณะ, 2563) ปิเปตตัวอย่างปริมาตร 50 ไมโครลิตร และสารละลาย DPPH ที่ความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันในไมโครเพลทนาน 1 นาที จากนั้นตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแบบไมโครเพลท โดยใช้กรดแอสคอร์บิก เป็นตัวควบคุมบวก (Nanasombat และ Teckchuen)

### ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง\*

#### การศึกษาค่าทางกายภาพและทางเคมีของรำข้าว

การวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าสี และปริมาณความชื้นของรำข้าวก่อนนำไปสกัดด้วยเอนไซม์อัลคาเลส (ดังแสดงใน Table 1)

**การศึกษาความเข้มข้นและระยะเวลาที่เหมาะสมของเอนไซม์อัลคาเลส**

จากการศึกษา พบว่า สภาวะที่ใช้ในการสกัดโปรตีนรำข้าวด้วยน้ำ สกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ปรับ pH เท่ากับ 8, 9 และ 10 พบว่ามีปริมาณโปรตีน เท่ากับ ร้อยละ 2.92 , 4.65 ,7.24, 6.51 ตามลำดับ และทำการสกัดด้วยเอนไซม์ที่ความเข้มข้น 0.3,0.5,0.7 (V/V) เติมเอนไซม์อัลคาเลสปริมาตร 1ml ย่อยที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30, 60 และ 90 นาที พบว่า ปริมาณโปรตีนที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์อัลคาเลสที่ความเข้มข้น ร้อยละ 0.3 และ 0.5 (%v/v) เวลา 90 นาที มีค่าโปรตีน เท่ากับ ร้อยละ 13.21 และ ร้อยละ 14.11 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าโปรตีนที่ได้น้อยกว่าเอนไซม์อัลคาเลสร้อยละ 0.7(v/v) ซึ่งมีปริมาณโปรตีน เท่ากับร้อยละ 15.75 (ดังแสดงใน Table 2) จึงเป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการสกัดโปรตีนจากรำข้าว

จากการศึกษาพบว่า การย่อยโปรตีนรำข้าวด้วยเอนไซม์กลุ่มโปรติเอสทำให้โมเลกุลของโปรตีนเล็กลง ซึ่งจะมีส่วนส่งเสริมคุณสมบัติการละลาย (Himmada, 2000) โปรตีนรำข้าวที่สกัดด้วยสารละลายต่างมีสมบัติด้านการเกิดมะเร็งและโปรตีนรำข้าวที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์อัลคาเลสจะได้เพปไทด์ที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็งเต้านม ปอด ตับ และลำไส้ใหญ่ (Kannan et al.,2010) การใช้เอนไซม์ในระบบย่อยอาหารย่อยโปรตีนรำข้าวได้เพปไทด์ที่มีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ (Chanput et al, 2007; Wattanasiritham et al.,2016) และโปรตีนรำข้าวที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์อัลคาเลสจะได้เพปไทด์ที่มีสมบัติยับยั้งแองจิโอคอนเวอร์ตติ้งเอนไซม์ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ส่งผลให้ความดันในเลือดสูง (Uraipong และ Zhao, 2015)\* การทดลองนี้จึงเลือกใช้เอนไซม์อัลคาเลสในการสกัดโปรตีนรำข้าวโดยศึกษาดังนี้

สภาวะที่ใช้ในการสกัดโปรตีนรำข้าวด้วยน้ำ สกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ปรับ pH เท่ากับ 8, 9 และ 10 พบว่า มีปริมาณโปรตีนเท่ากับ ร้อยละ 2.92 , 4.65 , 7.24 , 6.51 ตามลำดับ และทำการสกัดด้วยเอนไซม์อัลคาเลสที่ความเข้มข้น 0.3 , 0.5 ,0.7 (%V/V) 1ml ย่อยที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 , 60 และ 90 นาที พบว่า ปริมาณโปรตีนที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์อัลคาเลสที่ความเข้มข้น ร้อยละ 0.3 และ 0.5 (%v/v) เวลา 90 นาที มีค่าโปรตีน เท่ากับ ร้อยละ 13.21 และ ร้อยละ 14.11 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าโปรตีนที่ได้น้อยกว่า เอนไซม์อัลคาเลสร้อยละ 0.7 (%v/v) ซึ่งมีปริมาณโปรตีน เท่ากับร้อยละ 15.75 (ดังแสดงใน Table 2) จึงเป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการสกัดโปรตีนจากรำข้าว

**การวิเคราะห์หาฤทธิ์ของสารสำคัญในการต้านอนุมูลอิสระ**

จากการทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (Table 3) พบว่า โปรตีนรำข้าวที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์อัลคาเลส 0.7(%V/V) เวลา 90 นาที (Table 3) มีปริมาณการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด คือ ร้อยละ 10.2 และรองลงมาคือรำข้าวที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์อัลคาเลส 0.5 และ 0.3(%V/V) เวลา 90 นาที เท่ากับ ร้อยละ 9.17 และ 8.89

**การศึกษาค่าทางกายภาพและทางเคมีของโปรตีนรำข้าว**

การวิเคราะห์ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าสี และปริมาณความชื้นของรำข้าวหลังจากนำไปสกัดด้วยเอนไซม์ (Table 4)

**สรุปผล**

จากการทดลองนี้จึงเลือกสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการสกัดโปรตีนจากรำข้าว ที่ร้อยละความเข้มข้นเอนไซม์อัลคาเลส 0.7 (%v/v) คำนวณมีเอนไซม์ในสัดส่วนเอนไซม์ต่อรำข้าว เป็น 0.002 (%v/w) เวลาย่อยที่ 90 นาที อุณหภูมิ ซึ่งมีค่าโปรตีน เท่ากับ ร้อยละ15.75 และมีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ เท่ากับ ร้อยละ10.2 และจากการศึกษาการสกัดโปรตีนรำข้าว โดยการเปรียบเทียบเทคนิคและวิธีการสกัดรำข้าว โดยการเลือกใช้น้ำในการสกัดปริมาณโปรตีนที่สกัดได้น้อยมาก เนื่องจากโปรตีนในรำข้าวเป็นสารประกอบเชิงซ้อน การที่โปรตีนรำข้าวมีความสามารถในการละลายต่ำเนื่องจากเกิดการเกาะกลุ่มและมีพันธะไดซัลไฟด์เชื่อมต่อกันระหว่างโมเลกุล ในรำข้าวประกอบด้วยกรดไขมันที่มีหมู่ฟังก์ชันกลุ่มฟอสเฟตประจุลบจะจับกับฟังก์ชันกลุ่มประจุบวกของโปรตีนที่ pH ต่ำกว่าค่าของ PI ของโปรตีน จึงมีผลต่อการละลายและทำให้แยกโปรตีนได้ยากที่ pH สูงกว่า 10 กรดไขมันไม่ละลาย pH ของสารละลายมีความสำคัญต่อการสกัดแยกโปรตีนรำข้าวโซเดียมไฮดรอกไซด์และเอนไซม์อัลคาเลส ควบคุมอุณหภูมิและระยะเวลาเดียวกัน วิธีการสกัดรำข้าวที่เหมาะสมและได้ปริมาณผลผลิตของโปรตีนรำข้าวมากที่สุด คือ การสกัดด้วยเอนไซม์อัลคาเลสร่วมกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.7 (%V/V) อัลคาเลสย่อยได้ดีที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 90 นาที ได้โปรตีนเท่ากับร้อยละ 15.75 เพราะโปรตีนรำข้าวสะสมอยู่ในผนังเซลล์พืชที่มีเยื่อหุ้มเซลล์ในการสกัดจำเป็นต้องทำลายเยื่อหุ้มเซลล์เพื่อปลดปล่อยโปรตีนให้อยู่ในสารละลายการสกัดโปรตีนรำข้าว จึงไม่สามารถใช้น้ำหรือกรด-ด่างได้เพียงอย่างเดียวและต้องมีเอนไซม์เข้ามาช่วยย่อยโปรตีนและเหมาะสมที่จะนำโปรตีนที่ได้ไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเสริมโปรตีนต่อไป

Table 1 The physical and chemical values of rice bran

sample	pH	Soluble solid content (°Brix)	Moisture (%)	Color value		
				L*	a*	b*
Rice bran	6.8	0.1	18.10	69.32	3.74	17.22

Table 2 The comparison of times. Percentage concentration of alkalase enzyme with protein content

Rice bran	time(minute)	Protein content percentage
water	90	2.92
pH8(NaOH)	90	4.65 <sup>c</sup> ±0.02
pH9(NaOH)	90	7.24 <sup>d</sup> ±0.025
pH10(NaOH)	90	6.51 <sup>d</sup> ±0.03
0.3% alcalase	90	13.21 <sup>c</sup> ±0.025
0.5% alcalase	90	14.11 <sup>d</sup> ±0.025
0.7% alcalase	90	15.75 <sup>a</sup> ±0.03

Table 3 Anti-oxidative value of rice bran protein.

Rice bran protein extracted	DPPH IC50 (mg/ml)
0.3% alcalase	8.89c±0.025
0.5% alcalse	9.17b±0.025
0.7% alcalase	10.2a±0.026

Table 4 The physical and chemical values of protein hydrolysate from rice bran oil

sample	pH	Soluble solid content (°Brix)	Moisture (%)	Color value		
				L*	a*	B*
Rice bran protein	7.4	5.0	5.68	81.06	3.98	21.34

#### เอกสารอ้างอิง\*

- กรรณานุช ศรีกอก, 2555, การสกัดโปรตีนและการผลิตไฮโดรไลเซตจากรำข้าวสังข์หยดเมืองพัทลุงที่ผ่านการสกัดน้ำมัน, วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- เกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ สุนีย์ โชติธีรนาท รุ่งทิวา วันสุขศรี ละกล้าณรงค์ ศรีรอด, \*การเตรียมและคุณสมบัติของโปรตีนในแป้งข้าว, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ฉันทนันท์ ศรีพันธ์ม และ สุวิพร ชูศรี, 2556, การศึกษาการสกัดโปรตีนจากใบกระถินด้วยเอนไซม์อัลคาเลส, โปรแกรมวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.
- พสุธร อุ๋นอมรมาศ และ สรณะ สมโม, 2559, การวิเคราะห์หาสารสำคัญและฤทธิ์การต่อต้านอนุมูลอิสระของดอกไม้กินได้บางชนิด, วารสารเกษตร, 32(3):435-445.
- ธีรารัตน์ วรรณเวศน์ และ ปฐมพงษ์ เทียงเพชร, 2560, การหาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิก ทั้งหมดของ ถั่วงอก, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.
- สุริยวรรณ ราชสม และ เพ็ญรัตน์ พันธุ์ทรัพย์, 2019, การศึกษาอนุหภูมิการอบแห้งรสสุกและการสกัดโปรตีนและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ, วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.
- อุกฤต มากศรีทรง, 2562, คุณสมบัติของสารสกัด และโปรตีนไฮโดรไลเซตจากมะรุมต่อความสามารถในการต้านออกซิเดชัน. ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีการอาหาร, มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี.
- Chanput, W., Theerakulkait, C., and Nakai, S., 2009, Antioxidative Properties of Partially Purified Barley Hordein, Rice Bran Protein Fractions and Their Hydrolysates, *Journal of Cereal Science*, 49: 422-428.
- Hamada, J.S., 1997, Characterization of Protein Fractions of Rice Bran to Devise Effective Methods of Protein Solubilization, *Cereal Chemistry*, 74: 662-668.
- Hamada, J.S., 1999, Use of Proteases to Enhance Solubilization of Rice Bran Proteins, *Journal of Food Biochemistry*, 23(3): 307-321.
- Hamada J.S., 2000, Characterization and Functional Properties of Rice Bran Proteins Modified by Commercial Exoproteases and Endoproteases, *Journal of Food Science*, 65(2): 305-310.
- Kannan, A., Hettiarachchy, N.S., Lay, J.O. and Liyanage, R., 2010, Human Cancer Cell Proliferation Inhibition by a Pentapeptide Isolated and Characterized from Rice Bran, *Peptides*, 31(9): 1629-1634.
- Uraipong, C. and Zhao, J., 2015, Rice Bran Protein Hydrolysates Exhibit Strong *In Vitro*, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, (wileyonlinelibrary.com) DOI 10.1002/jsfa.7182.
- Wang, M., Hettiarachchy, N.S., Qi, M., Burks, W., and Siebenmorgen, T., 1999, Preparation and Functional Properties of Rice Bran Protein Isolate, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47: 411-416.
- Wattanasiritham, L., Theerakulkait, C., Wickramasekara, S., Maier, C.S. and Stevens, J.F., 2016, Isolation and Identification of Antioxidant Peptides from Enzymatically Hydrolyzed Rice Bran Protein, *Food Chemistry*, 192:156-162.