

## การศึกษาแนวทางปรับปรุงคุณสมบัติเชิงกลของข้าวเหนียว

### Feasibility Study of Improving the Physical Properties of Parboiled Rice

พิสุทธิ์ ไม้ขุน<sup>1</sup>, ประสันต์ ชุ่มใจหาญ<sup>1\*</sup>

Pisut Maichoon<sup>1</sup>, Prasan Choomjaihan<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ, 10520

<sup>1</sup>Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's institute of technology ladkrabang, Bangkok, 10520, Thailand

\*Corresponding author: Tel: +66-2-329-8337-8, Fax: +66-23-298-336, E-mail: [prasan.ch@kmitl.ac.th](mailto:prasan.ch@kmitl.ac.th)

#### บทคัดย่อ

จุดมุ่งหมายหลักของการทำข้าวเหนียวคือการปรับปรุงข้าวคุณภาพต่ำให้มีคุณภาพในการสีที่ดีขึ้น โดยเฉพาะการลดเปอร์เซ็นต์การแตกหักของเมล็ดข้าว อย่างไรก็ตามการทำข้าวเหนียวยังส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติเชิงกลบางประการเมล็ดข้าวด้วยเช่นกัน การทำข้าวเหนียวทำให้ค่าความแข็งของข้าวเพิ่มสูงขึ้น และค่าความเหนียวของเมล็ดข้าวลดลง ส่งผลทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสทางการรับประทานมีค่าไม่ดีเมื่อเทียบกับข้าวที่ไม่ผ่านการนึ่ง การใช้สารละลายที่มีความเป็นด่างถูกใช้อุตสาหกรรมอาหารเพื่อมุ่งเน้นให้โครงสร้างไฟเบอร์ของวัตถุดิบในอุตสาหกรรมนั้นๆลดความแข็งลงเพื่อนำไปใช้ตามวัตถุประสงค์ของอุตสาหกรรมนั้นๆ หากมีการประยุกต์ใช้สารละลายด่างในอุตสาหกรรมข้าวเหนียวจะช่วยลดความแข็งของไฟเบอร์ในชั้นรำของเมล็ดข้าวลงได้ ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงความแข็งและค่าการยึดติดของเมล็ดข้าวที่ผ่านกระบวนการทำนึ่งโดยใช้สารละลายด่าง ผลการทดลองพบว่า การใช้สารละลาย  $\text{CaOH}_2$  ช่วยปรับปรุงคุณสมบัติเชิงกลที่ดีที่สุดโดยพบว่าค่าความแข็งของข้าวเหนียวต่ำกว่าข้าวเหนียวปกติ และมีค่าไม่แตกต่างกับค่าความแข็งของข้าวกล้องที่ไม่ผ่านกระบวนการทำนึ่ง สำหรับค่าความเหนียวและร้อยละการแตกหักมีค่าไม่แตกต่างจากข้าวกล้องนึ่งปกติ

คำสำคัญ: ข้าวเหนียว, สารละลายเบส, คุณสมบัติเชิงกล

#### Abstract

The main purpose of making parboiled rice is to improve rice quality, especially decreasing fracture of the kernel which leading to reduce the percentage of broken kernel. However, the parboiled rice also affects the mechanical properties of rice kernel; particularly, the grain hardness and stickiness. The hardness of kernel is increased, while the stickiness of the kernel is decreased. High acidic degree solution (base solution) is being used in food industry to focus on reducing the hardness of the fiber structure of raw material for the particular purposes. Rice also contains fiber which located mainly on the bran layer. Therefore, the uses a base solution in the rice industry in order to reduces the grain hardness was applied. Thus, the aim of this study is to improve the hardness and stickiness of the grain through a parboiling process using a base solution. The result show that the the base solution prepared from  $\text{CaOH}_2$  improved mechanical properties. The hardness of parboiled rice which was soaked in  $\text{CaOH}_2$  solution was lower than the hardness of normal parboiled rice prepared from normal process and it was not significantly different with the normal brown rice. For the stickiness property and the percentage of broken kernel were not significantly different from the parboiled rice from the normal process.

Keywords: Parboiled rice, Base solution, Mechanical properties

#### 1 บทนำ

ข้าวเป็นอาหารพื้นฐานที่ผู้คนมากกว่า 100 ประเทศทั่วโลกนิยมรับประทาน (OMNI, 1994) เนื่องจากเป็นแหล่งพลังงานหลักที่ได้จากคาร์โบไฮเดรต รวมไปถึงสารอาหารที่จำเป็นเช่นวิตามินและแร่ธาตุต่างๆ (สุนทร, 2553) ซึ่งก่อนที่ข้าวจะนึ่ง

สามารถนำมารับประทานได้จะต้องผ่านกระบวนการสีข้าวที่ประกอบด้วยขั้นตอนหลักๆคือ การกะเทาะเปลือก การขัดขาว และการคัดขนาด ซึ่งในขั้นตอนการขัดขาวนี้เองที่เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณสารอาหารในข้าวเนื่องจากวิตามินและแร่ธาตุต่างๆส่วนใหญ่จะอยู่ที่ชั้นรำ วิธีการหนึ่งที่จะช่วยรักษาและลด

การสูญเสียของสารอาหารต่างๆ เหล่านี้วิธีหนึ่งคือ การทำนึ่งข้าว (A. Kyritsi, C. Tzia and V.T. Karathanos, 2011)

กระบวนการทำข้าวหนึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอน 3 ขั้นตอนหลักดังนี้ การแช่ การนึ่ง และการอบแห้ง (Velupillai & Verma, 1982) โดยในแต่ละขั้นตอนจะมีกระบวนการต่างๆเกิดขึ้น ขั้นตอนการแช่จะเกิดกระบวนการแพร่ของของเหลว (น้ำ) เข้าไปในเมล็ดจนถึงสถานะเกือบอิ่มตัว ขั้นตอนการนึ่งจะเกิดกระบวนการเจลาทิไนซ์ของแป้ง กระบวนการรีโทรเกรเดชัน การเสียสภาพของโปรตีน และการเชื่อมต่อกันของพันธะไดซัลเฟต โดยการแพร่เป็นตัวแปรสำคัญในการกำหนดคุณภาพคุณสมบัติสุดท้ายของข้าวหนึ่งยกตัวอย่างเช่น สีของข้าวหนึ่ง รวมถึงความแข็งของข้าวหนึ่ง ซึ่งการแพร่จะเกิดขึ้นในกระบวนการแช่และกระบวนการอบแห้ง ขั้นตอนการอบแห้งเป็นเป็นกระบวนการที่นำน้ำภายในเมล็ดข้าวออก โดยเมล็ดข้าวยังคงกักเก็บสารอาหารสำคัญไว้ภายในเนื้อข้าว

ในขั้นตอนการแช่น้ำวิตามินและแร่ธาตุต่างๆที่สามารถละลายน้ำได้จะถูกพาโดยน้ำที่เคลื่อนที่จากส่วนด้านนอก (ชั้นแกลบ และชั้นรำ) ทำให้คุณสมบัติทางสารอาหารต่างๆของเมล็ดข้าวเปลี่ยนไปหลังจากผ่านกระบวนการนึ่ง ปัจจุบันจึงได้มีการทำข้าวเสริมสารสำคัญต่างๆ โดยผ่านกระบวนการทำข้าวหนึ่ง ซึ่งได้แก่ การเสริมธาตุสังกะสี การเสริมสารโฟเลต ข้าวเสริมคาเทชิน (ChanakanProm-u-thai, 2010; KarieKam, 2012; อภนิษฐ์, 2558)

นอกจากคุณสมบัติทางสารอาหารภายในเมล็ดข้าวที่เปลี่ยนไปแล้วนั้น คุณสมบัติทางกลบางประการที่สนใจคือ ความแข็ง และความเหนียวของเมล็ดข้าว มีการเปลี่ยนแปลงไปด้วยความแข็งของข้าวหนึ่งน่าจะมาจาก 2 ประเด็นใหญ่ๆ คือ การทำข้าวหนึ่งเป็นการทำให้ข้าวสารมีการสุกบางส่วน (partly cooked) ดังนั้นจึงทำให้ข้าวหนึ่งเมื่อนำไปหุงจะไม่สามารถดูดซับน้ำและขยายตัวได้ดีเมื่อเทียบกับข้าวปกติ อีกสาเหตุหนึ่งคือชั้นรำของเมล็ดข้าวหนึ่ง เนื่องจากชั้นรำมีโครงสร้างหลักเป็นไฟเบอร์ และเมื่อเกิดการให้ความร้อนกับโครงสร้างไฟเบอร์แล้วนั้น โครงสร้างไฟเบอร์จะเกิดการหดตัวส่งผลให้เกิดความเครียดสะสมภายในโครงสร้างนั้นๆ ซึ่งมีผลกระทบโดยตรงต่อความแข็งของเมล็ดข้าววิธีการที่ทำให้โครงสร้างไฟเบอร์คลายตัวนั้น ได้มีการนำสารละลายต่างมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมหลายหลายประเภท เช่นอุตสาหกรรมอาหารและอุตสาหกรรมสิ่งทอ

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่สอดคล้องกันได้ทดสอบกับไฟเบอร์ของพืชให้มีสมบัติทางกายภาพเปลี่ยนแปลงไป โดยอาศัยกระบวนการแช่ในสารละลายที่มีความเป็นระดับความเป็นกรด-ด่างต่างกัน ส่งผลให้คุณภาพทางกายภาพของไฟเบอร์นั้นมีลักษณะเป็นตามความต้องการ (Norlin, 2011)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการประยุกต์ใช้สารละลายเบสเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติเชิงกลของข้าวหนึ่ง

## 2 อุปกรณ์และวิธีการ

### 2.1 การเตรียมตัวอย่างข้าว

ข้าวเปลือกพันธุ์หอมมะลิ 105 จากเขตพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้ ปีการเก็บเกี่ยว พ.ศ. 2559 ที่ผ่านการทำความสะอาดเพื่อคัดแยกสิ่งเจือปนออก ถูกนำมาใช้ตลอดการทดลอง

### 2.2 การเตรียมสารละลายต่างสำหรับการแช่ข้าว

น้ำปูนแดง ( $\text{CaOH}_2$ ) และโซเดียมไบคาร์บอเนต ( $\text{NaHCO}_3$ ) มาผสมกับน้ำในอัตราส่วน 1:64 g จากนั้นคนให้เข้ากันและทิ้งไว้เป็นเวลา 12 h สำหรับน้ำปูนใสเพื่อให้เกิดการตกตะกอนของเนื้อปูนสีแดงจนเหลือแต่น้ำใสด้านบน ในส่วนของโซเดียมไบคาร์บอเนต เมื่อคนเข้ากันแล้วสามารถนำไปใช้ได้ทันที

### 2.3 การทำข้าวหนึ่ง

นำข้าวเปลือกที่สะอาด แช่ลงในน้ำเปล่าและสารละลายต่างๆที่เตรียมไว้ในข้อ 2.2 ตัวอย่างละ 200 g และควบคุมอุณหภูมิ น้ำเปล่า และสารละลายต่างให้คงที่ที่  $60^\circ\text{C}$  เป็นเวลา 5 h 30 min จากนั้นนำข้าวที่ผ่านการแช่น้ำในอุณหภูมิไอน้ำที่  $90^\circ\text{C}$  เป็นเวลา 10 min หลังจากนั้นข้าวที่ผ่านขั้นตอนการนึ่งจะถูกลดความชื้นด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ  $40^\circ\text{C}$  จนมีความชื้นเมล็ดข้าวประมาณ 14 %wb โดยมีการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ ในทุกสถานะ

### 2.4 การทำร้อยละการแตกหัก

นำข้าวที่ผ่านกระบวนการนึ่งทั้ง 3 สถานะผ่านกระบวนการสีด้วยเครื่องกระเทาะเปลือกข้าวแบบลูกยางคู่ SATAKE รุ่น THU จากนั้นนำข้าวที่ได้มาคัดขนาดด้วยเครื่องคัดขนาดแบบตะแกรงกลมทรงกระบอก เพื่อแยกต้นข้าวและข้าวหักออกจากกัน เพื่อมาคำนวณหาร้อยละการแตกหักและวิเคราะห์ทางสถิติต่อไป

### 2.5 การเตรียมตัวอย่างข้าวสำหรับการทดสอบคุณสมบัติเชิงกล

นำข้าวกล้อง และข้าวที่ผ่านกระบวนการนึ่งทั้ง 3 สถานะ อย่างละ 3 ซ้ำ มาหุงต้มในปิกเกอร์ที่รีสตีส่วนของข้าวต่อน้ำที่ 1:2.5 g ที่อุณหภูมิน้ำเดือดเป็นเวลา 45 min เมื่อหุงข้าวเสร็จแล้วนำตัวอย่างข้าวจำนวน 3 g ในทุกสถานะ ใส่ในภาชนะควบคุมอุณหภูมิเพื่อรอสำหรับการตรวจสอบคุณสมบัติเชิงกล

### 2.6 การทดสอบของคุณสมบัติเชิงกลของเมล็ดข้าว

นำตัวอย่างข้าวที่เตรียมไว้ในหัวข้อ 2.5 มาทดสอบคุณสมบัติเชิงกลด้วยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA HD Plus, Stable Micro System, UK โดยใช้หัวกดแบบ Back extrusion กำหนดให้ความเร็วในการกดและความเร็วในขณะถอนหัวกดเท่ากับ  $1\text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$  ระยะกดเท่ากับ 99 mm จากนั้นนำข้าวจำนวน 3 กรัม ที่เตรียมไว้บรรจุลงในกระบอกสแตนเลสที่ใช้กับหัวกดแบบ Back extrusion แล้วดำเนินการทดสอบโดยใช้โปรแกรม Texture Exponent version 5.1.10 หลังจากนั้นดำเนินการทดสอบเช่นเดียวกันกับตัวอย่างข้าวที่เหลือ ทำการ

บันทึกข้อมูลการวัดเพื่อคำนวณหาค่าความแข็ง (Hardness) และค่าความเหนียว(Stickiness)

### 2.7 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลร้อยละการแตกหักและข้อมูลผลการทดสอบสมบัติเชิงกลของเมล็ดข้าว ถูกนำวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี LSD ด้วยโปรแกรม SPSS version 16.0

## 3 ผลและวิจารณ์

จากวิธีการดำเนินการทดลองในหัวข้อที่ 2 ได้ผลการทดสอบร้อยละการแตกหักและคุณสมบัติเชิงกลของเมล็ดข้าวที่ผ่านกระบวนการทำนึ่งซึ่งแสดงดังต่อไปนี้

### 3.1 ผลการทดสอบร้อยละการแตกหักของข้าว

ร้อยละการแตกหักของข้าวกล้องที่ไม่ผ่านกระบวนการทำนึ่ง ข้าวหนึ่งแบบปกติ และข้าวหนึ่งที่ผ่านการแช่ในสารละลาย  $\text{NaHCO}_3$  และสารละลาย  $\text{CaOH}_2$  มีค่าเท่ากับ  $41.04 \pm 0.30$ ,  $24.29 \pm 4.59$ ,  $71.39 \pm 14.21$  และ  $25.83 \pm 3.00$  ตามลำดับ พบว่าค่าร้อยละการแตกหักของข้าวหนึ่งแบบปกติมีค่าน้อยที่สุด รองลงมาคือข้าวหนึ่งที่ผ่านการแช่ในสารละลาย  $\text{CaOH}_2$  และข้าวกล้องที่ไม่ผ่านกระบวนการทำนึ่ง และข้าวตัวอย่างที่มีค่าร้อยละการแตกหักสูงสุดคือข้าวหนึ่งที่ผ่านการแช่ในสารละลาย  $\text{NaHCO}_3$  เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวพบว่า วิธีการจัดการกับเมล็ดข้าวแบบต่างๆมีผลทำให้ร้อยละการแตกหักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $\alpha=0.05$ ) เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละการแตกหักด้วยวิธี LSD ที่ระดับ  $\alpha=0.05$  ของวิธีการจัดการกับเมล็ดข้าวแบบต่างๆพบว่า ข้าวหนึ่งแบบปกติและข้าวหนึ่งที่ผ่านการแช่ในสารละลาย  $\text{CaOH}_2$  มีร้อยละการแตกหักไม่ต่างกันดังแสดงใน Figure 1

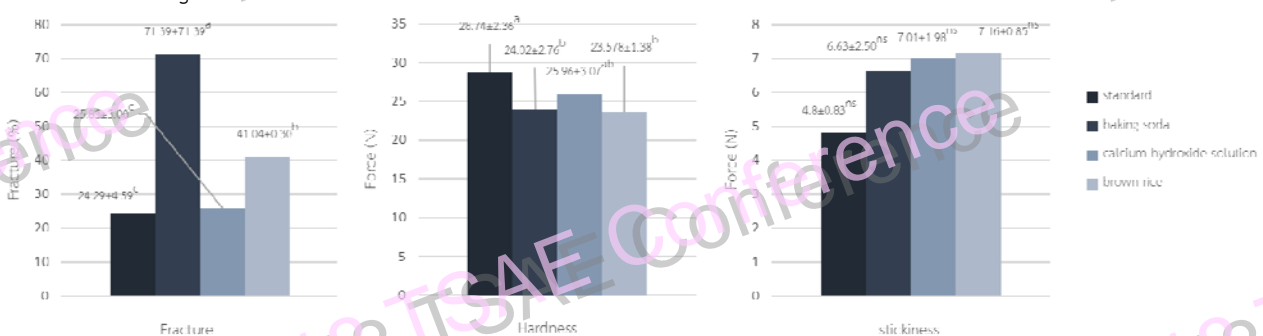


Figure 1 shown that fracture, hardness and stickiness of rice kernel from standard parboiling process and from  $\text{CaOH}_2$  solution soaking and  $\text{NaHCO}_3$  solution soaking

<sup>ns</sup> – Mean in row did not differ significant at  $\alpha = 0.05$

<sup>a, b, c</sup> – Mean in row did not differ significant at  $\alpha = 0.05$

## 3.2 ผลการทดสอบค่าคุณสมบัติเชิงกลของข้าวตัวอย่าง

### 3.2.1 ความแข็ง

ค่าความแข็งของข้าวกล้องที่ไม่ผ่านกระบวนการทำนึ่ง ข้าวหนึ่งแบบปกติ และข้าวหนึ่งที่ผ่านการแช่ในสารละลาย  $\text{NaHCO}_3$  และสารละลาย  $\text{CaOH}_2$  มีค่าเท่ากับ  $23.58 \pm 1.38$  N,  $28.74 \pm 2.36$  N,  $24.02 \pm 2.76$  N และ  $25.96 \pm 3.07$  N ตามลำดับ พบว่าค่าความแข็งของข้าวหนึ่งแบบปกติมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ ข้าวที่ผ่านการแช่ในสารละลาย  $\text{CaOH}_2$  และสารละลาย  $\text{NaHCO}_3$  และข้าวตัวอย่างที่มีค่าความแข็งน้อยที่สุดคือ เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวพบว่า วิธีการจัดการกับเมล็ดข้าวแบบต่างๆมีผลทำให้ค่าความแข็งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $\alpha=0.05$ ) เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความแข็งด้วยวิธี LSD ที่ระดับ  $\alpha=0.05$  ข้าวกล้องแบบปกติมีค่าความแข็งต่างจากค่าความแข็งของตัวอย่างอื่นๆดังแสดงใน Figure 1

### 3.2.2 ความเหนียว

ค่าความเหนียวของข้าวกล้องที่ไม่ผ่านกระบวนการทำนึ่ง ข้าวหนึ่งแบบปกติ และข้าวหนึ่งที่ผ่านการแช่ในสารละลาย  $\text{NaHCO}_3$  และสารละลาย  $\text{CaOH}_2$  มีค่าเท่ากับ  $7.16 \pm 0.85$  N,  $4.80 \pm 0.83$  N,  $6.63 \pm 2.50$  N และ  $7.01 \pm 1.98$  N พบว่าค่าความเหนียวของข้าวกล้องที่ไม่ผ่านกระบวนการทำนึ่งมีค่าความเหนียวสูงที่สุด รองลงมาคือข้าวที่ผ่านการแช่ในสารละลาย  $\text{CaOH}_2$  และสารละลาย  $\text{NaHCO}_3$  และข้าวตัวอย่างที่มีค่าความเหนียวต่ำที่สุดคือข้าวหนึ่งแบบปกติ เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวพบว่า วิธีการจัดการกับเมล็ดข้าวแบบต่างๆไม่มีผลทำให้ความเหนียวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $\alpha=0.05$ )

#### 4 สรุป

ผลการทดลองพบว่า การใช้สารละลาย  $\text{CaOH}_2$  มาใช้ในขั้นตอนการแช่ในกระบวนการทำข้าวหนึ่งสามารถช่วยปรับปรุงคุณสมบัติเชิงกลได้ดีที่สุดโดยพบว่าค่าความแข็งของเมล็ดข้าวต่ำกว่าข้าวหนึ่งปกติ และมีค่าไม่แตกต่างกับค่าความแข็งของข้าวกล้องที่ไม่ผ่านกระบวนการทำหนึ่ง สำหรับค่าความเหนียวและร้อยละการแตกหักยังคงมีค่าไม่แตกต่างจากข้าวกล้องหนึ่งปกติ

#### 5 กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังสำหรับอุปกรณ์และเครื่องมือวัด

#### 6 เอกสารอ้างอิง

A. Kyritsi, C. Tzia and V.T. Karathanos (2011). Vitamin fortified rice grain using spraying and soaking methods. *Food Science and Technology*, 44, 312–320.

ChanakanProm- u- thai, BenjavanRerkasem, Ismail Cakmak and Longbin Huang (2010). Zinc fortification of whole rice grain through parboiling process. *Food Chemistry* 120(2010), 858-863.

Frei, M., & Becker, K. (17 March 2005). On rice, biodiversity & nutrients. Stuttgart, Germany: Institute of Animal Production in the Tropics and Subtropics (480B), Department of Aquaculture Systems and Animal Nutrition, University of Hohenheim. [www. greenpeace. org/ raw/ content/ usa/ rice-biodiversity-nutrients.pdf](http://www.greenpeace.org/raw/content/usa/rice-biodiversity-nutrients.pdf).

Karrie Kam, Jayashree Arcot and Rachelle Ward (2012). Fortification of rice with folic acid using parboiling technique: Effect of parboiling conditions on nutrient uptake and physical characteristics of milled rice. *Journal of Cereal Science* 56(2012), 587-594.

Norlin Nosbi, Hazizan Md Akil, Z. A. Mchd Ishak and A. Abu Baker (2011). Behavior of kenaf fibers after immersion in several water conditions. *BioResources* 6 (2), 950-960.

Opportunities for Micronutrient Interventions (OMNI). (1994). Micronutrient fortification and enrichment of P.L. 4OMNI. Rosslyn, VA, USA: John Snow, Inc.

Velupillai, L., & Verma, L. R. (1982). Parboiled rice quality as affected by the level and distribution of moisture after the soaking process. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineering*, 1450–1456.

สุนทร ตรีนันทวัน. 2553. คุณค่าทางโภชนาการของข้าว. แหล่ง ข้อมูล : [http:// www. scimath. org/ article-biology/item/517-nutritional](http://www.scimath.org/article-biology/item/517-nutritional). เข้าถึงเมื่อ 10 กุมภาพันธ์ 2561.

อกนิษฐ์ ชุมวิสูตร. 2558. การเพิ่มคาเทชินในเมล็ดข้าวโดยกระบวนการทำข้าวหนึ่ง. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.