



การเพิ่มกรดคลอโรจินิกในเมล็ดข้าวโดยกระบวนการทำข้าวหนึ่ง Chlorogenic Acid – Fortified Rice by Parboiling Technique

ธนพล พรหมทอง¹, ประสันต์ ชุ่มใจหาญ^{1*}

Thanapol Phromthong¹, Prasan Choomjaihan^{1*}

¹ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ, 10520

¹Department 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: +66-2-329-8336 E-mail: oak_thanapol@hotmail.com, prasan.ch@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

เทคนิคการทำข้าวหนึ่งถูกนำมาใช้ในการเพิ่มกรดคลอโรจินิกในเมล็ดข้าว โดยทดสอบที่สภาวะต่างกัน (อุณหภูมิในการแช่ข้าว 60°C เป็นเวลา 3, 4 และ 5 h และแช่ข้าวเปลือก 300 g ด้วยสารละลายกรดคลอโรจินิกความเข้มข้น 0.8, 2.4 และ 4.0 g.L⁻¹) เพื่อหาปริมาณกรดคลอโรจินิกในเมล็ดข้าวที่สภาวะต่างๆ รวมถึงเปอร์เซ็นต์แตกหักของข้าวหนึ่งในแต่ละสภาวะ ผลทดสอบพบว่าเวลาในการแช่ที่มากขึ้นส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์การแตกหักของเมล็ดข้าวหลังสีทำให้เปอร์เซ็นต์แตกหักลดลงตามโดยมีที่ระยะเวลาการแช่ที่ 5 h มีเปอร์เซ็นต์การแตกหักที่น้อยที่สุดเท่ากับ 10.94±0.70% แต่ความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ในการแช่ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การแตกหักของเมล็ดข้าวหลังสี ในส่วนของปริมาณกรดคลอโรจินิกที่วัดได้ในเมล็ดข้าวพบว่าที่ทั้งเวลาในการแช่และความเข้มข้นของสารละลายในการแช่ที่มากขึ้นแปรผันต่อปริมาณกรดคลอโรจินิกในเมล็ดข้าวโดยพบปริมาณกรดคลอโรจินิกมากที่สุดที่ระยะเวลาในการแช่เท่ากับ 5 h และความเข้มข้นของสารละลายในการแช่เท่ากับ 4 g.L⁻¹

คำสำคัญ: ข้าวหนึ่ง, กรดคลอโรจินิก, การปรับปรุงคุณภาพข้าว

Abstract

Parboiling was used as a technique for chlorogenic acid (CGA) fortification in brown rice. A range of parboiling conditions (i.e. 300 g of paddy soaking for 3, 4 and 5 hours and soaking in CGA solution with 0.8, 2.4 and 4.0 g.L⁻¹'s concentration at 60 °C controlled temperature.) were investigated the uptaking of chlorogenic acid and the percentage of breakage kernel of the fortified rice after being milled. The results showed that the soaking time had a significant effect on the percentage of broken kernel. At 5 h of soaking time gave the lowest fracture percentage of 10.94 ± 0.70%. However, the use of different concentration solutions was not effect on the percentage of broken kernel after milling. And the effects of soaking time and solution's concentration on amount of chlorogenic acid in rice kernel was measured and found that both soaking time and solution concentration increased the amount of chlorogenic acid in the rice. In conclusion, at 5 h of soaking time and at 4.0 g.L⁻¹ of solution concentration gave the highest amount of chlorogenic acid in rice kernel.

Keywords: Chlorogenic acid, Fortified rice, Parboiled rice

1 บทนำ

ในปี พ.ศ. 2555 โรคเบาหวาน (Diabetes) เป็นโรคที่ทำให้เกิดสาเหตุการตายสูงสุดอันดับ 8 ของโลก และ ในปี พ.ศ. 2556 พบว่าโรคเบาหวานเป็นเหตุให้มีประชากรในประเทศไทยเสียชีวิตสูงถึง 1.5 ถึง 5.1 ล้านคนต่อปี (วิกิพีเดีย สารานุกรม, 2560) และในปี พ.ศ. 2557 มีผู้ใหญ่เป็นโรคเบาหวานถึง 422 ล้านคนทั่วโลกและมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นในทุกปี (WHO, 2016). โรคเบาหวานเป็นโรคเรื้อรังที่เกี่ยวข้องกับความบกพร่องในการ

เผาผลาญอาหารซึ่งมีระดับน้ำตาลในเลือดสูงเป็นเวลานาน เบาหวานอาจก่อให้เกิดอาการแทรกซ้อนจำนวนมากทั้งเฉียบพลันและระยะยาว เช่น โรคหัวใจ โรคไตวาย จึงก่อให้เกิดความยากลำบากในการใช้ชีวิตและการรักษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งการควบคุมอาหาร การกินอาหารของผู้ป่วยโรคนี้จะต้องควบคุมน้ำหนัก รวมถึงต้องควบคุมปริมาณอาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรตเพื่อไม่ให้น้ำตาลในเลือดสูงเกินไป (วิกิพีเดีย สารานุกรม, 2560) ดังนั้นจึงมักจะเห็นว่าผู้ป่วยโรคเบาหวานมักไม่มีเรี่ยวแรงเช่นคน

ปกติ อย่างไรก็ตามอาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรตเป็น 1 ในอาหาร 5 หมู่ที่ร่างกายของผู้ป่วยยังคงต้องการเช่นเดียวกัน โดยปกติคาร์โบไฮเดรตจะถูกย่อยในส่วนต่างๆของร่างกายตั้งแต่ช่องปาก กระเพาะอาหาร และลำไส้เล็ก โดยที่สัดส่วนการย่อยของคาร์โบไฮเดรตของช่องปากเมื่อเทียบกับในลำไส้เล็กนั้นการย่อยในปากเป็นการย่อยที่เล็กน้อยมาก โดยการย่อยคาร์โบไฮเดรตของร่างกายให้เป็นน้ำตาลนั้นจะเกิดได้มากที่สุดที่ลำไส้เล็ก (Wikipedia, 2014) สำหรับประเทศไทยอาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรตเป็นที่นิยมรับประทานในทุกมื้ออาหารคือข้าว หากมีเทคโนโลยีหรือวิธีการใดที่ช่วยเหลือผู้ป่วยเบาหวานให้สามารถรับประทานข้าวที่คาร์โบไฮเดรตชะลอการย่อยให้เป็นน้ำตาลหรือ รับประทานข้าวที่สามารถช่วยลดระดับน้ำตาลในกระแสเลือดลง ผู้ป่วยโรคเบาหวานจึงน่าจะมีแนวโน้มลดการใช้ยาควบคุมระดับน้ำตาลในเส้นเลือดลงได้

กรดคลอโรจีนิกเป็นสารจำพวกโพลีฟีนอลที่สามารถละลายน้ำได้ดี มีทำหน้าที่ป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชัน และทำหน้าที่เป็นตัวต้านอนุมูลอิสระโดยใช้ตัวเองเป็นตัวรับอนุมูลอิสระเพื่อไม่ไปจับกับโมเลกุลอื่น ส่งผลทำให้ลดโอกาสเป็นโรคมะเร็งได้ (PubChem, 2004) นอกจากนี้กรดคลอโรจีนิกยังทำหน้าที่ช่วยลดระดับน้ำตาลในเส้นเลือดและยังช่วยยับยั้งเอ็นไซม์ในการย่อยแป้ง (Starch) ช่วยในการเผาผลาญไขมันในร่างกายและทำเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตให้ดีขึ้นได้ (Meng et al., 2013) กรดคลอโรจีนิกส่วนมากพบใน มันฝรั่ง มะเขือยาว ลูกพีช และลูกพรุน แต่พบปริมาณมากที่สุดในเมล็ดกาแฟเขียว หากเป็นไปได้ในการให้ผู้ป่วยรับประทานกรดคลอโรจีนิกร่วมกับมื้ออาหาร (ข้าว) จึงน่าจะส่งผลให้เกิดการชะลอการย่อยของคาร์โบไฮเดรตของเมล็ดข้าวได้ ซึ่งนำไปสู่แนวทางการควบคุมเบาหวานระดับน้ำตาลในเส้นเลือดสูงขึ้น

กระบวนการทำข้าวเหนียวเป็นทางเลือกหนึ่งในการปรับปรุงคุณภาพการสีข้าว โดยเป็นการทำให้เปอร์เซ็นต์การแตกหักของเมล็ดข้าวมีค่าลดลง (K.R. Bhattacharya, 2004) ขั้นตอนการทำข้าวเหนียวเริ่มจากการแช่ข้าวเปลือกในน้ำตามด้วยการนึ่งข้าวเปลือกและสุดท้ายคือการอบข้าวเปลือก โดยขั้นตอนการแช่ข้าวเปลือกในน้ำ (สภาวะอุณหภูมิสูง) และการนึ่งข้าวเปลือกก่อให้เกิดกระบวนการเจลาติไนซ์ (Gelatinize) ของเม็ดสตาร์ช ทำให้สตาร์ชที่เกิดการเจลาติไนซ์เซชันภายในขยายตัวช่วยอุดช่องว่างที่เป็นรอยแตกหัก รอยร้าวหรือสภาวะท้องไขภายในเมล็ดข้าวให้เป็นเนื้อเดียวกัน (Oli et al., 2014) นอกจากนี้การทำข้าวเหนียวยังช่วยเพิ่มคุณค่าทางสารอาหาร เช่น โปรตีน ไขมัน วิตามิน และแร่ธาตุ นอกจากนี้ข้าวเหนียวยังมีสาร GABA มากกว่าข้าวธรรมดาถึง 10 เท่า (Roy et al., 2011) การที่ข้าวเหนียวมีสารอาหารสำคัญที่สูงกว่าข้าวปกตินี้เป็นผลเนื่องมาจากขั้นตอนการแช่ข้าวเปลือกในน้ำ (Soaking) ทำให้แร่ธาตุและสารอาหารที่อยู่ในชั้นรำ ที่มีความสามารถละลายน้ำได้ ซึมผ่านเข้าไปในส่วนที่เป็นเนื้อแป้งและถูกเก็บอยู่ภายในเมล็ดข้าวจนถึงสุดกระบวนการทำนึ่ง (Kam et al., 2012).

ดังนั้นจึงมีนักวิจัยหลายคนได้อาศัยกระบวนการนี้มาเพิ่มคุณค่าทางอาหารของข้าว เช่น การเพิ่มธาตุเหล็ก แมงกานีส โปรแทสเซียม สังกะสี สารคาเทชิน ในเมล็ดข้าวโดยอาศัยเทคนิคการทำข้าวเหนียว (อกนิษฐ์, 2557; Kam et al., 2012 and Oli et al., 2016) หากมีการประยุกต์ใช้วิธีการทำนึ่งข้าวมาเพิ่มกรดคลอโรจีนิกในเมล็ดข้าว เพื่อทำหน้าที่เสมือนแคปซูลช่วยป้องกันสารกรดคลอโรจีนิกให้ไปถึงสู่ลำไส้เล็กได้อย่างเต็มประสิทธิภาพแล้ว (Zhu, 2017) ยังเป็นการลดโอกาสที่กรดคลอโรจีนิกจะไปจับกับโมเลกุลของสารอาหารอื่นๆ เช่น โปรตีน ไขมัน ฯลฯ อีกด้วย (Lidija, 2015) เพื่อให้หน้าที่ในการยับยั้งเอ็นไซม์ที่ใช้ในการย่อยแป้งให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อนำกรดคลอโรจีนิกเข้าไปสู่ภายในเมล็ดข้าวโดยอาศัยหลักการของการทำข้าวเหนียว

2 อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 ตัวอย่างข้าวและสารเคมีที่ใช้

ข้าวเปลือกที่ใช้เป็นข้าวพันธุ์หอมมะลิ 105 จากเขตพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้ ถูกเก็บเกี่ยวในปี 2559 และทำความสะอาดคัดแยกสิ่งเจือปนออก และกรดคลอโรจีนิกผลิตโดย บริษัท ซีอาน เนเชอรัล พิลด์ จำกัด ประเทศจีน.

2.2 วิธีการทดลอง

นำตัวอย่างข้าวเปลือกสะอาดปริมาณ 300 g แช่สารละลายกรดคลอโรจีนิกที่ความเข้มข้น 0.8 2.4 4.0 g.L⁻¹ โดยแต่ละความเข้มข้นที่ทดสอบถูกแบ่งสถานะตามอุณหภูมิการแช่ที่ 3 4 5 h และแช่ให้คงที่ที่อุณหภูมิ 60°C ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ และเก็บตัวอย่างโดยเทสารละลายกรดคลอโรจีนิกออกแล้ว จากนั้นนำข้าวที่ผ่านการแช่แล้วมานึ่งที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 min ข้าวเหนียวจะถูกลดความชื้นด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 °C จนความชื้นมีค่าประมาณ 14 %wb โดยมีการทำซ้ำ 3 ครั้งทุกสภาวะในการทดลอง.

2.3 การหุงข้าวตัวอย่าง

นำข้าวเปลือกตัวอย่างจากหัวข้อ 2.2 มาผ่านกระบวนการแกะเปลือกเพื่อให้ได้ข้าวกล้องแล้วนำข้าวกล้องดังกล่าวมาล้างด้วยน้ำเปล่า 2 รอบเพื่อชะล้างสารละลายที่ใช้ในการแช่ที่ผิวของข้าวกล้อง หลังจากนั้นนำข้าวกล้องมาหุงในบีกเกอร์ที่อุณหภูมิน้ำเดือดโดยตั้งบนแผ่นความร้อนด้วยอัตราส่วนข้าวต่อน้ำ 1:2.5 เป็นเวลา 45 min.

2.4 การทดสอบเชิงคุณภาพ

การทดสอบเชิงคุณภาพของข้าวเสริมกรดคลอโรจีนิกแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ เปอร์เซ็นต์แตกหักของเมล็ดข้าวหลังการสีของข้าวเสริมกรดคลอโรจีนิก และการหาปริมาณกรดคลอโรจีนิกในเมล็ดข้าวหุงสุก

การทำเปอร์เซ็นต์แตกหักของข้าวจ้าวหลังสี

นำข้าวจ้าวที่ผ่านการเสริมกรดคลอโรจีนิกแล้ว มาสีโดยใช้เครื่องกระเทาะเปลือกข้าว SATAKE รุ่น THU แบบลูกยางคู่ แล้วนำมาคัดขนาดด้วยเครื่องคัดขนาดแบบตะแกรงกลมทรงกระบอกเพื่อแยกข้าวต้นและข้าวหักออกจากกันและนำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์แตกหัก.

การหาปริมาณกรดคลอโรจีนิกในเมล็ดข้าว

นำข้าวจ้าวที่ผ่านการเสริมกรดคลอโรจีนิก 10 g มาผ่านการหุงเมื่อเสร็จสิ้นการหุงแล้วเติมน้ำกลั่นปริมาณ 20 g สำหรับทำการแช่ข้าวเสริมกรดคลอโรจีนิกเป็นเวลา 12 h. เพื่อให้กรดคลอโรจีนิกภายในเมล็ดข้าวจ้าวละลายออกมายังภายนอกจนถึงสภาวะสมดุล หลังจากนั้นนำน้ำที่ผ่านการแช่ข้าวจ้าวหลังหุงมาปั่นแยกสารด้วยเครื่องปั่นความเร็วสูง ยี่ห้อ Labnet รุ่น 7D ที่ความเร็ว 4000 rpm เป็นเวลา 15 min แล้วนำมาสารละลายดังกล่าวมาตรวจสอบความเข้มข้นของกรดคลอโรจีนิกด้วยเครื่อง UV-vis spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 325 nm จากกราฟมาตรฐาน (Calibration curve) ที่เตรียมไว้แล้ว หลังจากนั้นนำความเข้มข้นของกรดคลอโรจีนิกที่ได้มาคำนวณหาปริมาณกรดคลอโรจีนิกในเมล็ดข้าว

2.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลอง Factorial in CRD (Completely randomized design) โดยมีปัจจัยในการทดลอง 2 ปัจจัยคือ จำนวนชั่วโมง (h) ในการแช่ข้าวเปลือก และระดับความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ในการแช่ข้าวเปลือกที่เป็นกรัมต่อลิตร ($g \cdot L^{-1}$) โดยที่จำนวน h ในการแช่ มี 3 ระดับคือ 3 4 และ 5 h สำหรับความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ในการแช่มี 3 ระดับเช่นกัน คือ 0.8 2.4 และ 4 $g \cdot L^{-1}$ การวิเคราะห์ทางสถิติทำโดยใช้โปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 16.0 โปรแกรมสำหรับวินโดวส์ เพื่อใช้หาความแปรปรวนและความแตกต่างระหว่างตัวแปรสองตัวโดยการทดสอบสมมติฐานของตัวอย่างมากกว่าสองกลุ่มโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ 2 ทาง (2-way ANOVA) ค่าเฉลี่ยจะถูกเปรียบเทียบด้วยวิธี Least significant difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%.

3 ผลและวิจารณ์

จากวิธีการดำเนินการทดลองในหัวข้อที่ 2 ได้ผลการหาเปอร์เซ็นต์แตกหักของเมล็ดข้าวจ้าวหลังสีและการหาปริมาณกรดคลอโรจีนิกในเมล็ดข้าวจ้าวหลังการหุงได้ดังต่อไปนี้

3.1 ผลของเวลาในการแช่ข้าวเปลือกและระดับความเข้มข้นของสารละลายต่อเปอร์เซ็นต์แตกหักของเมล็ดข้าว

จากการทดลองและการทดสอบทางสถิติพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการแช่ข้าวเปลือกต่อเปอร์เซ็นต์แตกหักของเมล็ดข้าวจ้าวหลังสีมีความสัมพันธ์กันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 ในระดับเวลาในการแช่ข้าวเปลือก 3 h มีเปอร์เซ็นต์การแตกหักของเมล็ดข้าวจ้าวแตกต่างกับระดับการแช่ 4 h และ 5 h ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.05 แต่ที่ระดับเวลาในการแช่ 4 h ไม่มีความแตกต่างในเปอร์เซ็นต์การแตกหักของเมล็ดข้าวจ้าวจาก 5 h ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.05 โดยการแตกหักของเมล็ดข้าวจ้าวมีแนวโน้มลดลงเมื่อเวลาในการแช่ข้าวเปลือกนานขึ้น จากการทดลองพบว่าที่เวลาในการแช่ข้าวเปลือก 3 h มีเปอร์เซ็นต์การแตกหักของเมล็ดข้าวจ้าวสูงสุด และจากการทดลองยังพบอีกว่าความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ในการแช่ข้าวเปลือกมีความไม่มีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์การแตกหักของเมล็ดข้าวจ้าวที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.05 โดยแสดงใน Figure 1.

3.2 ผลของเวลาในการแช่ข้าวเปลือกและระดับความเข้มข้นของสารละลายต่อปริมาณสารกรดคลอโรจีนิกในเมล็ดข้าว.

ข้าวจ้าวที่ผ่านการเพิ่มสารกรดคลอโรจีนิกถูกนำมาตรวจสอบปริมาณกรดคลอโรจีนิกในเมล็ดข้าวจ้าว จากผลการทดลองพบว่าเวลาในการแช่ข้าวเปลือกและความเข้มข้นในการแช่ข้าวเปลือกที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณกรดคลอโรจีนิกที่พบในเมล็ดข้าวจ้าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นที่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยค่าสูงสุดที่สามารถตรวจพบได้มีค่าเท่ากับ 42.84 g ต่อข้าว 1 มื้อ (ข้าว 1 มื้ออาหารประมาณ 267 g) ที่ระดับความเข้มข้นในสารละลายที่ใช้แช่เท่ากับ 4 $g \cdot L^{-1}$ และระดับเวลาในการแช่เท่ากับ 5 h โดยแสดงใน Figure 2.

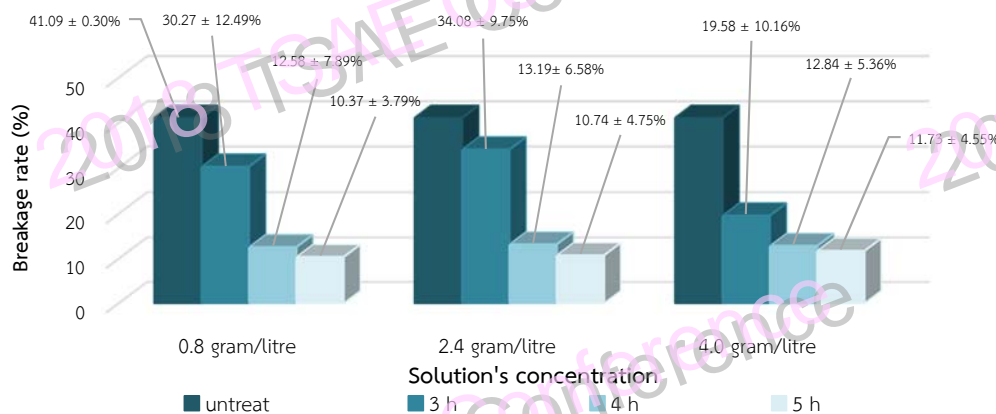


Figure 1 Effects of soaking time and solution's concentration on breakage of rice during milling.

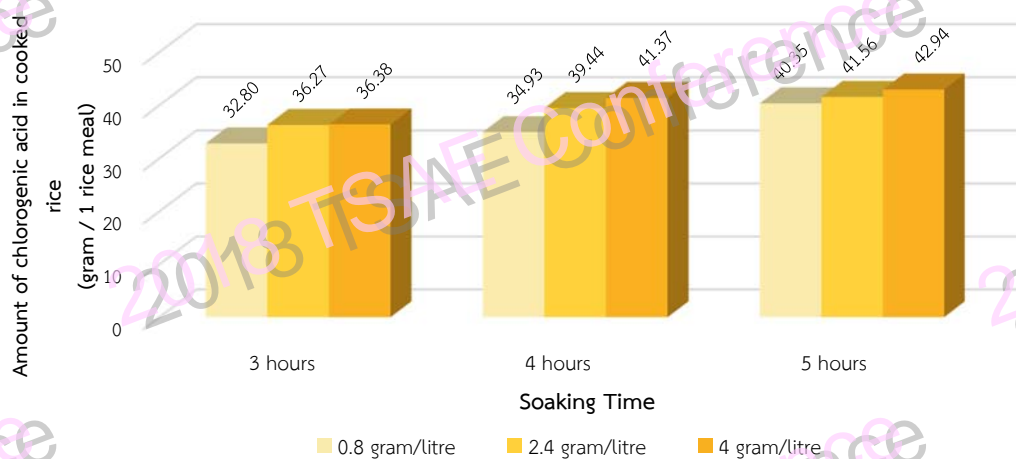


Figure 2 Relationship between amount of chlorogenic in rice and solution's concentration

4 สรุป

จากการทดลองพบว่าเวลาในการแช่ข้าวเปลือกมีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์การแตกหักของเมล็ดข้าว โดยเปอร์เซ็นต์การแตกหักของข้าวมีแนวโน้มลดลงเมื่อเวลาในการแช่นานขึ้น ในด้านของอิทธิพลของความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ในการแช่ต่อเปอร์เซ็นต์การแตกหักพบว่าความเข้มข้นของสารละลายไม่ได้ส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์การแตกหักแต่อย่างใด เมื่อนำไปเทียบกับข้าวที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการทำข้าวหนึ่งพบว่าข้าวที่ผ่านกระบวนการมีเปอร์เซ็นต์การแตกหักน้อยกว่าข้าวที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการทุกสภาวะการทดลอง โดยข้าวหนึ่งที่ระดับการแช่ที่ 5 h มีเปอร์เซ็นต์การแตกหักต่ำสุดเท่ากับ $10.94 \pm 0.70\%$ โดยน้อยกว่าข้าวที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการทำข้าวหนึ่งถึง $30.14 \pm 0.70\%$.

ในส่วนของปริมาณกรดคลอโรจินิกที่ตรวจพบนั้นมีการแปรผันตามทั้งระดับเวลาในการแช่ข้าวเปลือกและระดับความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ในการแช่ โดยกรดคลอโรจินิกที่ตรวจพบมีแนวโน้มค่อยๆเพิ่มขึ้นตามเวลาในการแช่ข้าวและระดับความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้นในขั้นตอนการแช่ข้าวเปลือก.

5 กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

6 เอกสารอ้างอิง

วิกิพีเดีย สารานุกรม. 2560. เบาหวาน กรุงเทพมหานคร.
แหล่งข้อมูล: <https://th.wikipedia.org/wiki/เบาหวาน>.
เข้าถึงเมื่อ 24 สิงหาคม 2560

อกนิษฐ์ ชุมวิสูตร. 2558. การเพิ่มคาเทชินในเมล็ดข้าวโดยกระบวนการทำข้าวหนึ่ง. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

Fan Zhu., 2017. Encapsulation and delivery of food ingredients using starch based systems. *Journal of Food Chemistry* 229, 542-552.

Kam, K., Arcot, J., Ward, R., 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 (3), 587-594.

K.R. Bhattacharya., 2004. Parboiling of rice, E.T., Champagne (Ed.), *Rice Chemistry and Technology* (third ed.), (pp. 323-404). Minnesota: American Association of Cereal Chemists, Inc.

Lidija Jakobek., 2015. Interactions of polyphenols with carbohydrates, lipids and proteins. *Journal of Food Chemistry* 175, 556-567.

Meng, S., Cao, J., Feng, Q., Peng, J., Hu, Y., 2013. Roles of Chlorogenic Acid on Regulating Glucose and Lipids Metabolism: A Review. *Complementary and Alternative Medicine Volume 2013*, Article ID 801457, 11 pages.

Prakash Oli., Rachele Ward., Benu Adhikari., Peter Torley., 2014. Parboiled rice: Understanding from a material science approach. *Journal of Food Engineering* 124, 173-183.

Prakash Oli., Rachele Ward., Benu Adhikari., A. John Mawson., Raju Adhikari., Tim Wess., Laura Pallas., Kathryn Spiers., David Paterson., Peter Torley., 2016. Synchrotron X-ray Fluorescence Microscopy study of the diffusion of iron, manganese, potassium and zinc in parboiled rice kernels. *Journal of Food Science and Technology* 71, 138-148.

PubChem. 2004. Chlorogenic acid. Available at: https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/chlorogenic_acid#section=Top. Accessed on September 24, 2017

Roy, P., Orikasa, T., Okadome H., Nakamura N., Shiina T., 2011. Processing Conditions, Rice Properties, Health and Environment. International Journal of Environmental Research and Public Health 8, 1957-1976.

Wikipedia. 2014. Carbohydrate Digestion. Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Carbohydrate_digestion. Accessed on September 24, 2017.

World Health Organization. 2016. GLOBAL REPORT ON DIABETES. Available at: <http://www.who.int>. Accessed on September 24, 2017.

World's Top Exports. 2017. Rice Exports by Country. Available at: <http://www.worldstopexports.com/rice-exports-country/>. Accessed on September 24, 2017.