TPT-13

การศึกษาวิธีการเพิ่มคุณค่าของข้าวคุณภาพต่ำ: กรณีศึกษาการเพิ่มคาเทชินในเมล็ดข้าวโดยกระบวนการทำข้าวนึ่ง

*อกนิษฐ์ ชุมวิสูตร[1] และ ประสันต์ ชุ่มใจหาญ[1]

[1]*หลักสูตรวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เลขที่ 1 ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520*

ผู้เขียนติดต่อ: อกนิษฐ์ ชุมวิสูตร E-mail: C_Akanit@hotmail.com)

บทคัดย่อ

กระบวนการทำข้าวนึ่งเป็นวิธีการที่แพร่หลายสำหรับการปรับปรุงข้าวคุณภาพต่ำ ซึ่งนอกจากจะลดเปอร์เซ็นต์การแตกหักของเมล็ดข้าวได้แล้วสามารถเพิ่มคุณค่าทางอาหารของข้าวให้สูงกว่าข้าวปกติ การเพิ่มสารอาหารสำคัญอื่นๆ สามารถทำได้เช่นกัน โดยเฉพาะในขั้นตอนการแช่ของกระบวนการทำข้าวนึ่ง คาเทชินถือว่าเป็นสารสำคัญชนิดหนึ่งที่สกัดได้จากพืชโดยพบมากที่สุดในใบชาเขียว สารคาเทชินมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดโรคมะเร็ง การเพิ่มสารคาเทชินในเมล็ดข้าวโดยอาศัยหลักการของการทำข้าวนึ่งจึงมีความเป็นไปได้ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ 1) เพื่อศึกษาปริมาณการแตกหักของข้าวเนื่องจากการทำข้าวเสริมคาเทชิน และ 2) เพื่อศึกษาความเข้มข้นและระยะการเวลาแช่สารละลายคาเทชินในการทำข้าวเสริมคาเทชินและการเก็บรักษาความเข้มข้นของการคาเทชินในข้าวสวย โดยนำข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการเก็บเกี่ยวในปี พ.ศ. 2557 มาแช่ในสารละลายคาเทชิน 5 ระดับ คือ 0.61, 1.23, 2.45, 4.90 และ 9.80 มิลลิโมลต่อลิตร มีระยะเวลาการแช่ 3 ระดับคือ 1, 2 และ 3 ชั่วโมง ตามลำดับ โดยรักษาอุณหภูมิระหว่างการแช่ให้คงที่ที่ 70 องศาเซลเซียส จากการศึกษาพบว่าระยะเวลาการแช่ข้าวส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์การแตกหัก โดยเมื่อระยะเวลาการแช่ข้าวเพิ่มขึ้น เปอร์เซ็นต์การแตกหักของข้าวมีแนวโน้มลดลง และที่ระยะเวลาการแช่ข้าว 3 ชั่วโมง ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การแตกหักลดลงจากข้าวที่ไม่ผ่านกระบวนการนึ่งเท่ากับ 10.28±0.28% เมื่อพิจารณาระยะเวลาการแช่ข้าวต่อปริมาณคาเทชินหลังการหุงต้มพบว่าระยะเวลาในการแช่ข้าวไม่ส่งผลต่อปริมาณคาเทชินหลังการหุงต้ม ดังนั้นปริมาณคาเทชินในเมล็ดข้าวหลังการหุงต้มจึงมีค่าแปรผันตามความเข้มข้นของสารละลายคาเทชิน ซึ่งความเข้มข้นของสารละลายคาเทชินที่เหมาะสมต่อการบริโภคเท่ากับ 3.83 มิลลิโมลต่อลิตร

คำสำคัญ: ข้าวคุณภาพต่ำ; กระบวนการทำข้าวนึ่ง; คาเทชิน

1. บทนำ

คุณภาพทางกายภาพของข้าวถือเป็นปัจจัยอีกหนึ่งที่มีความสำคัญต่อความนิยมในการบริโภคข้าวและยังเป็นปัจจัยที่สำคัญในการตัดสินคุณภาพข้าว ในการซื้อขายมักพิจารณาจากคุณลักษณะทางกายภาพเป็นหลัก ข้าวที่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (ความชื้น ลักษณะทางกายภาพของข้าว คุณภาพการสี ประเภทของข้าว)[1] กำหนดถือว่าเป็นข้าวคุณภาพต่ำ โดยคุณลักษณะทางกายภาพของข้าวคุณภาพต่ำที่ปรากฏชัดคือการแตกหักของเมล็ดข้าว[2] ดังนั้นการลดปริมาณการแตกหักของเมล็ดข้าวให้มีค่าน้อยลงเป็นอีกวิธีหนึ่งสำหรับการปรับปรุงข้าวคุณภาพต่ำสามารถทำได้โดยกระบวนการทำข้าวนึ่ง การทำข้าวนึ่งเป็นการทำให้สตาร์ชกลายเป็นเจลบางส่วนและเมื่อนำความชื้นออกจากเมล็ดข้าว เจลจะทำหน้าที่คล้ายกาวประสานรอยร้าวภายในเมล็ดข้าวทำให้รอยแตกหักภายในเชื่อมต่อติดกัน ทำให้ข้าวมีการแตกหักลดลง[3] นอกจากนี้ข้าวที่ผ่านกระบวนการทำข้าวนึ่งยังมีคุณประโยชน์ทางสารอาหารมากมาย เช่น สารอาหารจำพวกแร่ธาตุได้แก่ แคลเซียม โพแทสเซียม ซิลิเนียม และสารอาหารจำพวกวิตามิน เป็นต้น[4] เนื่องจากขั้นตอนการทำข้าวนึ่งมีขั้นตอนการแช่ข้าวเปลือกในน้ำทำให้น้ำเป็นตัวผลักดันให้สารอาหารที่มีอยู่ในชั้นรำเข้าสู่ชั้นแป้งในเนื้อข้าว[5] นั้นหมายความว่ากระบวนการทำข้าวนึ่งนอกจากจะปรับปรุงคุณภาพการสีข้าวให้ดีขึ้นแล้ว ยังมีคุณค่าทางอาหารสูงขึ้นกว่าข้าวสารปกติอีกด้วย

TSAE

กระบวนการทำข้าวนึ่งแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนหลัก คือ การแช่ข้าว การนึ่งข้าว และการอบลดความชื้น ในขั้นตอนของการแช่ข้าวจะเกิดกระบวนการแพร่และไฮเดรชั่น ซึ่งเป็นกระบวนการนำน้ำเข้าไปในโมเลกุลทำให้สารอาหารที่มีคุณสมบัติละลายน้ำได้ดีสามารถเข้าสู่เมล็ดข้าวได้ในขั้นตอนของการนึ่ง จากนั้นการนำข้าวมานึ่งจะเกิดกระบวนการเจลาทิไนซ์เชชั่นทำให้สตาร์ชเกิดการเปลี่ยนแปลงกลายเป็นเจลเนื่องจากผลของอุณหภูมิทำให้ช่องว่าง รอยแตก และรอยร้าวภายในเกิดการผสานตัวยึดเกาะกันเป็นผลทำให้มีปริมาณการแตกหักของข้าวลดลง ข้าวเปลือกที่ผ่านการทำข้าวนึ่งจะมีความชื้นสูง 40-50 เปอร์เซ็นต์ จึงจำเป็นต้องลดความชื้นของข้าวนึ่งให้เหลือประมาณ 14-16 เปอร์เซ็นต์ เพื่อให้เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาและกระบวนการสี[6] การอบลดความชื้นข้าวเปลือกที่อุณหภูมิต่ำ ความชื้นภายในเมล็ดข้าวจะระเหยออกมาอย่างช้าๆ ส่งผลให้เมล็ดข้าวมีคุณภาพดี [7] เมล็ดข้าวที่อยู่ในสภาวะแวดล้อมอุณหภูมิสูง ทำให้ความสามารถในการรับภาระของเมล็ดข้าวระหว่างการสีข้าวต่ำลง ส่งผลโดยตรงต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณการแตกหักของข้าวสาร[8]

ประเทศที่นิยมบริโภคข้าวนึ่ง เช่น ประเทศในทวีปแอฟริกา โดยเฉพาะไนจีเรีย แอฟริกาใต้ เยเมน และเบนิน ประเทศในเอเชียใต้ โดยเฉพาะบังคลาเทศ และประเทศในตะวันออกกลาง โดยเฉพาะซาอุดิอาระเบีย สหรัฐอาหรับเอมิเรตส์ เป็นต้น โดยสัดส่วนการส่งออกข้าวนึ่งของประเทศไทยมีสัดส่วน 27.2 % ของการส่งออกข้าวทั้งหมด ซึ่งถือว่าเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมการส่งออกของประเทศที่สำคัญ[9] นอกจากข้าวนึ่งจะมีสารอาหารสำคัญต่างๆเพิ่มขึ้นจากข้าวสารปกติแล้วนั้น ยังมีนักวิจัยหลายท่านพยายามเพิ่มสารอาหารในเมล็ดข้าวโดยอาศัยหลักการของการทำข้าวนึ่ง เช่น เหล็ก[10],[11] สังกะสี[12] โฟเลต[13],[14]

สารคาเทชินเป็นสารจำพวกโพลิฟีนอลซึ่งสามารถสกัดได้จากพืช เช่น โกโก้ ไวน์ แอปเปิ้ล แต่พบปริมาณสูงที่สุดในชาเขียว คาเทชินทำหน้าที่ป้องกันปฏิกิริยา “ออกซิเดชั่น” อันเกิดจากเซลล์ในร่างกายทำปฏิกิริยากับออกซิเจนทำให้เกิด “สารอนุมูลอิสระ” และพบความเชื่อมโยงของสารอนุมูลอิสระที่จะสามารถส่งผลให้เกิดมะเร็งได้ โดยพบว่ามะเร็งเป็นโรคร้ายที่เป็นสาเหตุการตายอันดับ 1 ของคนไทย มาตลอด 10 ปีที่ผ่านมา[15] ชาเขียวจึงเป็นที่นิยมในหมู่คนรักสุขภาพ แต่การดื่มชาเขียวนั้นควรคำนึงถึงปริมาณคาเฟอีน การดื่มชาเขียว 1 ถ้วย(250 มิลลิลิตร) จะได้รับคาเฟอีน 25-40 มิลลิกรัม[16] ปริมาณคาเฟอีนที่สูงส่งผลกระทบต่อร่างกาย เช่น ระบบทางเดินอาหาร ต่อระบบกระดูก ต่อสมอง และต่อระบบไหลเวียนโลหิต เป็นต้น[17] ดังนั้นในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มสารคาเทชินในเมล็ดข้าวโดยอาศัยหลักการของการทำข้าวนึ่ง ซึ่งผลที่ได้รับนอกจากจะเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการแล้ว ยังเป็นส่วนหนึ่งในการเพิ่มมูลค่า และเพิ่มโอกาสในการส่งออกข้าวซึ่งถือว่าเป็นการกระตุ้นเศรษฐกิจข้าวนึ่งของประเทศอีกทางหนึ่ง

2. วัสดุและวิธีการ

2.1 การเตรียมข้าวเปลือกและสารละลายคาเทชิน

ตัวอย่างข้าวที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นข้าวพันธุ์หอมมะลิ (พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105) มีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 12 %wb ทำการปลูกและจัดซื้อที่จังหวัดสุรินทร์ อำเภอสังขะ ตำบลสังขะ ข้าวเปลือกตัวอย่างถูกทำความสะอาดโดยผ่านเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกเพื่อคัดแยกสิ่งเจือปนต่างๆ ออก สำหรับสารคาเทชิน ผลิตโดยบริษัท คามาตะ คอร์ปอเรชั่น ประเทศญี่ปุ่น ผลิตภัณฑ์คาเทชินจะถูกนำมาบดเป็นผงละเอียดด้วยเครื่องลดขนาดแบบ Hammer Mill โดยใช้ตะแกรงกลมที่มีขนาดช่องเปิดเท่ากับ 2μm แล้วนำมาละลายในน้ำกลั่นให้ได้ความเข้มข้น 0.61, 1.23, 2.45, 4.90 และ 9.80 มิลลิโมลต่อลิตร ตามลำดับ

2.2 วิธีการทดลอง

นำตัวอย่างข้าวเปลือกปริมาณ 300 กรัม แช่สารละลายคาเทชิน 450 กรัม (ให้ได้สัดส่วนข้าวเปลือกต่อสารละลายเท่ากับ 1:1.5) ที่ความเข้มข้น 5 ระดับ โดยรักษาอุณหภูมิการแช่ให้คงที่ที่ 70 องศาเซลเซียส ซึ่งควบคุมด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ และเก็บตัวอย่างโดยเทสารละลายคาเทชินออกแล้วพักไว้ให้เย็นทุกๆ 1 ชั่วโมงเป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นปิดฟอล์ยสนิทเพื่อนำข้าวที่ผ่านการแช่แล้วมานึ่งที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 นาที ข้าวนึ่งจะถูกลดความชื้นด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสจนความชื้นมีค่าเท่ากับ 14 %wb ทุกการทดลองทำ 3 ซ้ำ

2.3 การทดสอบคุณภาพ

การทดสอบคุณภาพหลักการเสริมสารคาเทชินแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนคือ การหาเปอร์เซ็นต์การแตกหักหลังกระบวนการสี และการหาปริมาณสารคาเทชินในเมล็ดข้าวหลังการหุงต้ม

เปอร์เซ็นต์การแตกหักหลังกระบวนการสี

นำข้าวนึ่งที่ผ่านการเสริมคาเทชินตรวจสอบเปอร์เซ็นต์การแตกหักโดยผ่านการกะเทาะเปลือกด้วยเครื่องกะเทาะเปลือกแบบลูกยางคู่ SATAKE รุ่น THU แล้วนำมาขัดขาวด้วยเครื่องขัดขาว SATAKE รุ่น TM05 เป็นเวลา 90 วินาที นำข้าวที่ผ่านการขัดขาวมาทำการคัดขนาดเพื่อแยกข้าวหักออก

TSAE

จากข้าวต้น แล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การแตกหักของเมล็ดข้าว

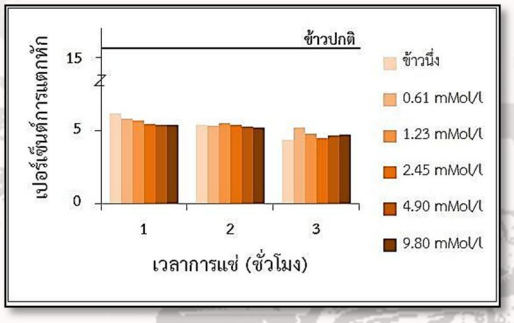
การหาปริมาณสารคาเทชินในเมล็ดข้าวหลังการหุงต้ม

นำข้าวที่ผ่านการเสริมคาเทชินปริมาณทุกระดับความเข้มข้นและทุกระดับเวลาในการแช่ ปริมาณ 10 กรัม มาหุงโดยใช้บีกเกอร์และอัตราส่วนข้าว:น้ำ ในการหุงต้มของ คือ 1:2.5 ปิดฟอล์ยด้านบนบีกเกอร์ พร้อมเจาะรูขนาดเล็กจำนวน 4-5 รูเพื่อใช้ระบายความดันระหว่างการหุงต้น แล้วทำการให้ความร้อนโดยวางบนแผ่นความร้อนเป็นเวลา 45 นาที จากนั้นปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้องแล้วเติมน้ำกลั่นปริมาณ 15 กรัมเพื่อแช่ข้าวเสริมคาเทชินหลังการหุงต้มเป็นเวลา 3 ชั่วโมง เพื่อนำสารละลายมาปั่นแยกของแข็งด้วยเครื่องปั่นความเร็วสูง แล้วนำสารละลายดังกล่าวมาตรวจปริมาณคาเทชินด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophoto ที่ความยาวคลื่น 276 นาโนเมตร[18]

3. ผลการทดลอง

3.1 ผลของระยะเวลาในการแช่และระดับความเข้มข้นของคาเทชินต่อเปอร์เซ็นต์การแตกหักของเมล็ดข้าว

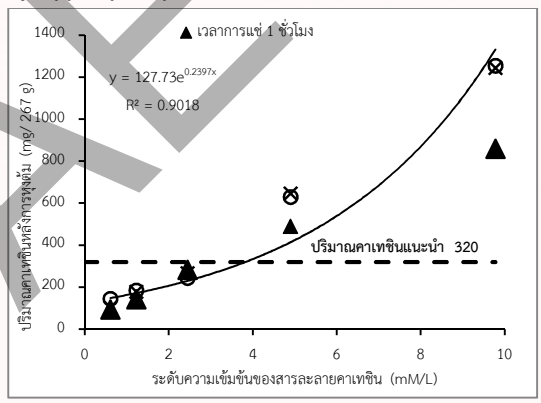
ก่อนนำข้าวเปลือกไปผ่านกระบวนการทำข้าวนึ่ง พบว่าข้าวมีเปอร์เซ็นต์การแตกหักเริ่มต้นสูงกว่า 15.43% เมื่อนำข้าวเปลือกดังกล่าวมาผ่านกระบวนการนึ่ง พบว่าระยะเวลาในการแช่ส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์การแตกหักที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.05 ระยะเวลาในการแช่เพิ่มขึ้นส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การแตกหักของเมล็ดข้าวมีแนวโน้มลดลงเหลือประมาณ 4-6% จากการทดลองการแช่ข้าวที่เวลา 3 ชั่วโมง ที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การแตกหักมีค่าต่ำสุด สำหรับการศึกษาระดับความเข้มข้นของคาเทชิน พบว่าไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การแตกหัก แสดงในรูปที่1



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการแช่ กับเปอร์เซ็นต์การแตกหักที่ความเข้มข้นของสารละลาย คาเทชินระดับต่างๆ

3.2 ผลของระยะเวลาในการแช่และระดับความเข้มข้นของสารละลายคาเทชินต่อปริมาณคาเทชินในเมล็ดข้าวหลังการหุง

ข้าวเสริมคาเทชินที่ผ่านการหุงถูกนำมาตรวจปริมาณคาเทชินในเมล็ดข้าว พบว่า ระดับความเข้มข้นของสารละลายคาเทชินส่งผลต่อปริมาณคาเทชินในเมล็ดข้าวหลังการหุงที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.05 การแทรกซึมของสารละลายคาเทชินในเมล็ดข้าวจะเพิ่มอย่างช้าๆที่ระดับสารละลายคาเทชินความเข้มข้นต่ำและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในสารละลายคาเทชินระดับความเข้มข้นสูงขึ้นตามรูปแบบความสัมพันธ์แบบเลขชี้กำลัง แสดงในรูปที่2 ระดับความเข้มข้นของสารละลายคาเทชินที่ทำให้ปริมาณคาเทชินในเมล็ดข้าวหลังการหุงมีค่าเท่ากับ 320 มิลลิกรัมต่อข้าวปริมาณ 267 กรัม คือ 3.83 มิลลิโมลต่อลิตร ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 1 มีค่า



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความเข้มของสารละลายคาเทชิน กับ ปริมาณคาเทชินหลังการหุงที่เวลาการแช่ระดับต่างๆ

$$y = 127.73e^{0.2397x} \quad ...(1)$$

สัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจเท่ากับ 0.9018 สำหรับการศึกษาระยะเวลาการแช่ พบว่า ระยะเวลาในการแช่ไม่ส่งผลต่อปริมาณคาเทชินในเมล็ดข้าวหลังการหุงที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.05

4. อภิปรายผลการทดลอง

ในการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่ากระบวนการทำข้าวนึ่งทำให้เปอร์เซ็นต์การแตกหักของเมล็ดข้าวมีค่าลดลงเนื่องจากกระบวนการทำข้าวนึ่งเป็นขั้นตอนที่ทำให้เมล็ดข้าวสุกบางส่วนจนทำให้ส่วนที่เกิดการแตกหักหรือร้าว ประสานกันเป็นเนื้อเดียวได้ และเมื่อนำความชื้นออกจากเมล็ดข้าวแล้วรอยร้าวและการแตกหักภายในเมล็ดก็หมดไป ดังนั้นระยะเวลาการแช่ข้าวที่เพิ่มขึ้นทำให้เมล็ดข้าวที่แตกหักมีระยะเวลาในการประสานเป็นเนื้อเดียวกันได้ดีขึ้น จึงส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การแตกหักของเมล็ดข้าวมีแนวโน้มลดลงเมื่อ

ระยะเวลาในการแช่เพิ่มขึ้น สำหรับสารคาเทชินที่เพิ่มในเมล็ดข้าวไม่ได้ส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์การแตกหักของเมล็ดข้าว แต่ระดับความเข้มข้นของสารละลายคาเทชินส่งผลต่อปริมาณคาเทชินในเมล็ดข้าวหลังการหุงต้ม ระดับความเข้มข้นของสารละลายคาเทชินสูงทำให้การแทรกซึมของสารคาเทชินเข้าสู่เมล็ดข้าวได้ดีกว่าระดับสารละลายคาเทชินความเข้มข้นต่ำ เนื่องจากความแตกต่างของความเข้มข้นของสารละลายคาเทชินที่แตกต่างกันระหว่างภายนอกและภายในของเมล็ดข้าว ระดับความเข้มข้นของสารละลายคาเทชินสูงจะมีความแตกต่างระหว่างความดันของสารละลายกับความดันภายในเมล็ดข้าวมากทำให้สารคาเทชินถูกผลักดันเข้าไปในเมล็ดข้าวได้มากกว่าระดับความเข้มข้นของสารละลายคาเทชินต่ำ และเมื่อพิจารณาระยะเวลาในการแช่ข้าวพบว่า ที่เวลา 1 – 3 ชั่วโมงไม่มีผลต่อปริมาณคาเทชินในเมล็ดข้าวหลังการหุงต้ม ทั้งนี้คาดว่าสารละลายคาเทชินในเมล็ดข้าวที่ความเข้มข้นต่างๆเข้าสู่สภาวะสมดุลย์อย่างรวดเร็ว เนื่องจากสารคาเทชินมีความสามารถในการละลายน้ำได้ดีทำให้การแทรกซึมของสารละลายคาเทชินในเมล็ดข้าวเกิดการอิ่มตัวในช่วงระยะเวลาก่อน 1 ชั่วโมงแรกของการแช่

5. สรุปผลการทดลอง

กระบวนการทำข้าวนึ่งเป็นหนึ่งในวิธีการปรับปรุงข้าวคุณภาพต่ำในเชิงของการลดปริมาณการแตกหักของเมล็ดข้าวได้ซึ่งจากการทดสอบพบว่า ระยะเวลาในการแช่ข้าวเป็นอีกปัจจัยที่ความสำคัญต่อเปอร์เซ็นต์การแตกหัก ระยะเวลาการแช่ข้าวเพิ่มขึ้นเปอร์เซ็นต์การแตกหักของข้าวมีแนวโน้มลดลง การแช่ข้าว 3 ชั่วโมง ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การแตกหักลดลงจากข้าวที่ไม่ผ่านกระบวนการนึ่งเท่ากับ 10.28±0.28% สำหรับการเสริมสารคาเทชินด้วยกระบวนการทำข้าวนึ่ง ปริมาณคาเทชินในเมล็ดข้าวหลังการหุงต้มมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นของสารละลายคาเทชิน แต่ระยะเวลาในการแช่ข้าวไม่มีผลต่อปริมาณคาเทชินหลังการหุงต้ม เนื่องจากสารละลายคาเทชินในเมล็ดข้าวที่ความเข้มข้นต่างๆเข้าสู่สภาวะสมดุลย์อย่างรวดเร็ว ที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายคาเทชินเท่ากับ 3.83 มิลลิโมลต่อลิตร ทำให้ปริมาณคาเทชินในเมล็ดข้าวหลังการหุงต้มเท่ากับ 320 มิลลิกรัมต่อข้าวปริมาณ 267 กรัม ซึ่งความเข้มข้นของสารละลายคาเทชินที่เหมาะสมต่อการบริโภค

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ให้ความสะดวกในการใช้สถานที่ในการทำงานวิจัยและอำนวยความสะดวกด้านอุปกรณ์และเครื่องมือ

7. เอกสารอ้างอิง

[1] ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวขอนแก่น. คุณภาพข้าว, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://kkn-rsc.ricethailand.go.th-/rice/harvest/harvest-post-quality.html เข้าดูเมื่อวันที่ 29/01/2558

[2] สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมข้าว. องค์ความรู้เรื่องข้าว, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.brrd.in.th-/rkb/postharvest/index.phpfile=content.php&id=6.-htm เข้าดูเมื่อวันที่ 24/01/2558

[3] ผศ.ผดุงศักดิ์ วานิชชัง (2535). การจัดการโรงสี,สถานที่พิมพ์:ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตรศาสตร์บางพระ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

[4] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร(2008). คุณค่าทางโภชนาการของข้าว, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.oae-.go.th/ewt_news.php?nid=13577 เข้าดูเมื่อ6/08/2557

[5] ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร(2553). ข้าวนึ่ง, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1079/parboiled-rice เข้าดูเมื่อ 6/08/ 2557

[6] Prakash Oli, Rachelle Ward, Benu Adhikari, Peter Torley (2014). Parboiled rice: Understanding from a materials science apporoach, Journal of Food Engineer, vol124, March 2014, pp. 173-183

[7] Rice Knowledge Bank. Heated air drying and low-temperature drying, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.knowledgebank.irri.org/training/factsheets/postharvest-management/drying-fact-sheetcategory/heated-air-drying-and-low-temperaturedryingfactsheet เข้าดูเมื่อ 26/02/ 2558

[8] ประสันต์ ชุ่มใจหาญ, สมนึก ชูศิลป์(2011). การศึกษาความแข็งของเมล็ดข้าวหอมมะลิที่อุณหภูมิห้องแตกต่างกัน, สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย, January 2011, pp.351-359

[9] สมาคมผู้ส่งออกข้าวไทย(2010). การส่งออกข้าวนึ่ง, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มาhttp://www.thairiceexporters-.or.th/Local%20news/News_2012/news_140212-2.html เข้าดูเมื่อ 24/01/2558

[10] Chanakan Prom-u-thai, Shu Fukai, Ian D. Godwin, Benjavan Rerkasem, Longbin Huang (2008). Iron-fortified parboiled rice – A novel solution to high iron density in rice-based diets, Food Chemistry, vol110, February 2008, pp. 390-398

TSAE

[11] Chanakan Prom-u-thai, Raymond P. Glahn, Zhiqiang Cheng, Shu Fukai, Benjavan Rerkasem, Longbin Huang (2009). The bioavailability of iron fortified in whole grain parboiled rice, Food Chemistry, vol112, July 2009, pp. 982-986

[12] Chanakan Prom-u-thai, Benjavan Rerkasem, Ismail Cakmak, Longbin Huang (2010). Zinc fortification of whole rice grain through parboiling process, Food Chemistry, vol120, November 2010, pp. 858-863

[13] Karrie Kam, Jayashree Arcot, 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, vol56, August 2012, pp. 587-594

[14] Karrie Kam, Jane M. Murray, Jayashree Arcot, Rachelle Ward (2012). Fortification of parboiled rice with folic acid: Consumer acceptance and sensory evaluation, Food Research International, vol49, July 2012, pp. 354–363

[15] ทีมข่าวหน้าสตรี(2557). คุณประโยชน์ของคาเทชิน, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.thairath.co.th/content/402394, เข้าดูเมื่อ 11 กันยายน 2557

[16] คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. คาเฟอีนในเครื่องดื่มใกล้ตัว, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.pharmacy.cmu.ac.th/dic/newsletter/newpdf/newsletter10_4/cafeine.pdf เข้าดูเมื่อ 27/01/2558

[17] การจัดการความรู้(2551). คาเฟอีน มหันตภัยใกล้ตัวคุณ, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.academic.hcu.ac.th/forum/board_posts.asp?FID=327 เข้าดูเมื่อ 27/01/2558

[18] Wikipedia(2015). Catechin, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://en.wikipedia.org/wiki/Catechin เข้าดูเมื่อ 29/01/2558

TSAE