

การผลิตผงข้าวมอลต์แอนโทไซยานินสูงจากข้าวพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่

The production of malt high anthocyanin powder from rice berry

สุนัน ปานสาคร¹ จตุรงค์ ลังกาพินธุ์² ปรียากร แจ่มพื้ง³ และช่อผกา ศรีมาศ⁴

sunan.p@en.rmutt.ac.th¹, jaturong.l@en.rmutt.ac.th², pattojorth@gmail.com³, chorphaka13136@gmail.com⁴

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตผงข้าวมอลต์แอนโทไซยานินสูงจากข้าวพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ โดยขั้นตอนแรก ทำการศึกษาผลของการงอกของเมล็ดข้าว (ข้าวมอลต์) ต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีของข้าวมอลต์พันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ ผลการศึกษาพบว่า การแช่ข้าวเปลือกในน้ำอุณหภูมิ 35 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 และ 24 ชั่วโมง ตามด้วยการบ่มที่อุณหภูมิเดียวกันเป็นเวลา 24 และ 36 ชั่วโมง สามารถคงปริมาณแอนโทไซยานินได้สูงประมาณ 7-9 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง รวมถึงพบว่าค่าสี ได้แก่ L^* , a^* , b^* มีแนวโน้มลดลงแต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) จากนั้นในขั้นตอนที่สองทำการปรับปรุงคุณภาพของของมอลต์ด้านกลิ่นและสีโดยการนึ่ง การคั่ว และการอบแห้ง ผลการปรับปรุงคุณภาพพบว่าขั้นตอนการนึ่งข้าวมอลต์ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ตามด้วยการอบแห้งจนกระทั่งความชื้นสุดท้ายมีค่า 9-10 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ให้ค่าปริมาณแอนโทไซยานินสูงที่สุดและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) กับสภาวะการทดสอบอื่นแต่เมื่อเพิ่มเวลาการนึ่งเป็น 20 นาที พบว่าแอนโทไซยานินมีแนวโน้มลดลง รวมไปถึงขั้นตอนการคั่วข้าวมอลต์ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10-20 นาที ตามด้วยการอบแห้งสามารถช่วยเพิ่มปริมาณแอนโทไซยานินเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ไม่ผ่านการงอก ในขั้นตอนสุดท้ายทำการผลิตผงข้าวมอลต์และประเมินคุณภาพพบว่าผงข้าวมอลต์จากข้าวพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ให้ปริมาณแอนโทไซยานินที่สูงและเป็นผลิตภัณฑ์ผงข้าวมอลต์แห่งที่มีคุณภาพดี

คำสำคัญ : ข้าวไรซ์เบอร์รี่ แอนโทไซยานิน ข้าวมอลต์ การงอก

Abstract

The objective of this study was to produce of malt high anthocyanin powder from rice berry. Firstly to determine the effect of germinating on changes in physicochemical properties of rice berry malt. The results showed that rough rice were steeped in water at $35\pm 2^\circ\text{C}$ for 12 and 24 hr combined with incubated at same temperature for 24 and 36 hr indicated high remaining anthocyanin content 7-9 mg/g dry weight. Including, color value (L^* , a^* , b^*) seems to have a slight but non-significant ($P>0.05$). Secondary to evaluated conditions of the stages of steaming, roasting and drying on the qualities of malt products with a means of modifying the flavor and color of their final product. The results showed that malt product was significantly highest level ($P\leq 0.05$) of anthocyanin

^{1,2} อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

^{3,4} นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

at condition of steaming temperature 120oC in 10 minutes and drying to final moisture content 9-10%wb, but seems to be reducing when longer steaming time for 20 minutes. In addition, the roasting of malt products at temperature 120oC for 10-20 minutes and drying presented increasing of anthocyanin content compared to those of original rice berry. Finally to evaluated the qualities of malt powder from rice berry. The resulted showed that malt powder from rice berry high remained of anthocyanin quantity and good evaluation of dried malt.

Keywords: Rice berry, Anthocyanin, Malt, Germination

1. คำนำ

ปัจจุบันคนส่วนใหญ่หันมาให้ความสำคัญกับเรื่องสุขภาพมากขึ้นสังเกตได้จากแนวโน้มการเพิ่มสูงขึ้นของการบริโภคอาหารคลีนถึงแม้จะมีราคาค่อนข้างสูง ซึ่งข้าวที่ไม่ผ่านการขัดสีเป็นหนึ่งในอาหารคลีนที่ได้รับความนิยม โดยเฉพาะ“ข้าวพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ (Rice berry)” ที่มีคุณค่าทางโภชนาการเทียบเท่ากับอาหารเพื่อสุขภาพได้เลยทีเดียว [1] ข้าวพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ ได้จากการผสมข้ามพันธุ์ระหว่างข้าวเจ้าหอมนิลกับข้าวขาวดอกมะลิ 105 ลักษณะเป็นข้าวเจ้าสีม่วงเข้ม รูปร่างเมล็ดเรียวยาว ข้าวกล้องเมื่อหุงสุกจะมีความนุ่มนวลมาก สมบัติเด่นทางด้านโภชนาการคือ มีสารต้านอนุมูลอิสระสูง ได้แก่ เบต้าแคโรทีน แกมมาโอไรซานอล วิตามินอี แทนนิน สังกะสี และฟิเลตสูง มีดัชนีน้ำตาลต่ำถึงปานกลาง นอกจากนี้รำข้าวและน้ำมันรำข้าวยังมีสมบัติต้านอนุมูลอิสระได้ดี ซึ่งจากสมบัติข้อนี้ นอกจากจะใช้รับประทานเพื่อเสริมสร้างสุขภาพที่ดี ลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคเมรัง ทางแพทย์ยังนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์อาหาร โภชนาบำบัดอีกด้วย [1,2] อย่างไรก็ตามถึงแม้ข้าวไรซ์เบอร์รี่จะมีคุณประโยชน์สูงแต่ก็มีผู้นิยมบริโภคเพียงบางกลุ่มเท่านั้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากด้วยลักษณะเนื้อสัมผัสที่ต่างจากข้าวขาว เมื่อนำไปหุงสุกจะมีกลิ่นเฉพาะตัว จึงทำให้ผู้บริโภคส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มผู้รักสุขภาพเท่านั้น ดังนั้นจึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจหากได้มีการศึกษาและพัฒนาแปรรูปข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นผลิตภัณฑ์ชนิดอื่น ๆ ที่สะดวกสำหรับการบริโภค ให้คุณลักษณะที่ดีเพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้มีผู้บริโภคมากขึ้น

สารอาหารสำคัญในข้าวไรซ์เบอร์รี่ประกอบด้วย โอมEGA 3 ธาตุเหล็ก สังกะสี วิตามินอี วิตามินบี 1 แทนนิน โพลีฟีนอล ลูทีน เส้นใย และอื่น ๆ สารอาหารเหล่านี้ช่วยลดระดับไขมันและคอเลสเตอรอล ป้องกันโรคหัวใจ ช่วยควบคุมน้ำหนัก ช่วยระบบขับถ่าย [3] และที่สำคัญข้าวไรซ์เบอร์รี่มีสารชนิดหนึ่งที่เรียกว่า “แอนโทไซยานิน” เป็นรงควัตถุหรือสารสีที่มีสมบัติเป็นโภชนะเภสัช เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยชะลอความเสื่อมของเซลล์ ช่วยลดอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจและเส้นเลือดอุดตันในสมอง ด้วยการยับยั้งไม่ให้เลือดจับตัวเป็นก้อน ชะลอความเสื่อมของดวงตา ช่วยยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรค ในระบบทางเดินอาหาร ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคท้องร่วงและอาหารเป็นพิษด้วย [1] จากคุณประโยชน์ดังกล่าวจึงพบว่า ข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นข้าวสายพันธุ์ที่น่าส่งเสริมในเชิงการค้า รวมถึงนำมาแปรรูปเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าแทนที่จะเป็นแต่เพียงการจำหน่ายในรูปแบบข้าวสารเท่านั้น เช่น การแปรรูปเป็นข้าวมอลต์

โดยทั่วไปแล้วในการผลิตข้าวมอลต์นิยมใช้ข้าวบาร์เลย์เป็นวัตถุดิบเริ่มต้น ทั้งนี้ข้าวบาร์เลย์มีราคาสูงและต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ดังนั้นการนำข้าวไรซ์เบอร์รี่มาทดแทนเพื่อการผลิตข้าวมอลต์จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจ ซึ่งขั้นตอนการผลิตข้าวมอลต์โดยการนำข้าวเปลือกมาแช่น้ำ จากนั้นบ่มไว้ให้งอก แล้วจึงนำข้าวเปลือกที่งอกนั้นมาคั่วเพื่อให้เกิดกลิ่นหอม ก่อนนำไปอบให้แห้งแล้วสีเอาเปลือกออก วิธีการนี้ทำให้วิตามินและสารอาหารต่าง ๆ ที่ละลายน้ำได้ยังคงอยู่ในเมล็ดข้าว [4]

มอลต์ให้กากใยอาหารชนิดละลายน้ำได้ซึ่งมีประโยชน์ต่อระบบทางเดินอาหาร นอกจากนี้มอลต์ยังให้วิตามินและแร่ธาตุที่สำคัญมากมาย ได้แก่ โปรตีนที่เสริมสร้างการเติบโต แคลเซียมที่ช่วยเสริมสร้างกระดูก วิตามินเอบำรุงสายตา วิตามินซีอาหารผิวและเซลล์ต่าง ๆ ของร่างกาย และมีวิตามินบีหลายชนิด ทั้ง บี 1, 2, 5, 6 เป็นสารอาหารจำเป็นในการทำงานของระบบประสาท บำรุงสุขภาพ มีโอโอตินเป็นส่วนประกอบจำเป็นในการผลิตฮอร์โมนของต่อมธัยรอยด์สำหรับควบคุมการทำหน้าที่และเสริมความเจริญเติบโตตามปกติของสมอง ประสาท และเนื้อเยื่อของร่างกาย มีธาตุเหล็ก ที่ช่วยในการสร้างเม็ดเลือดแดง มีทอรีนที่ช่วยเสริมการเจริญเติบโตของร่างกาย พัฒนาการทางสมอง และการมองเห็น มีโนอะซิน โปแตสเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม ซึ่งล้วนแล้วแต่มีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการเจริญเติบโตที่มีประสิทธิภาพของเด็ก ๆ และหนึ่งในสารอาหารที่มีประโยชน์เหล่านั้นก็คือสาร GABA [5] จากข้อมูลดังกล่าวจึงพบว่าข้าวมอลต์มีคุณค่าทางอาหารที่สูงขึ้น เนื่องจากไม่ได้ถูกขัดสีเอาสิ่งที่เป็นประโยชน์ออกไป รวมถึงมีแป้งลดลงเนื่องจากการเปลี่ยนเป็นน้ำตาลบางส่วน รสชาติจึงเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้น และเมื่อนำไปให้ความร้อนหรือทำแห้งจะเกิดกลิ่นที่แปลกออกไป และมักเป็นที่นิยมชมชอบของผู้บริโภค ทั้งหมดนี้จึงส่งผลให้ข้าวมอลต์มีสมบัติที่ดีกว่าข้าวขาวหรือข้าวกล้องธรรมดา จากคุณสมบัติที่กล่าวมาของข้าวมอลต์ โดยเฉพาะการพัฒนามาใช้ข้าวสายพันธุ์ไทย (ข้าวไรซ์เบอร์รี่) ในการผลิตข้าวมอลต์ ประกอบกับเพื่อการนำผลิตภัณฑ์ไปพัฒนาต่อยอดให้หลากหลายมากขึ้น ทางนักวิจัยจึงมีแนวคิดผลิตมอลต์ชนิดผงจากข้าวพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่เพื่อนำมาเป็นวัตถุดิบในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์รูปแบบอื่น ๆ เช่น การนำผลิตภัณฑ์ผงข้าวมอลต์จากข้าวพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ไปแปรรูปเป็น อาหารเสริม อาหารเด็กอ่อนส่วนผสมของกาแฟ น้ำนมเข้มข้น เคมีภัณฑ์ต่าง ๆ เพื่อการแพทย์ สิ่งทอ และงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น [6] และเป็นอีกหนึ่งทางเลือกของผู้ประกอบการในการนำไปขยายต่อในเชิงพาณิชย์

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 ข้าวเปลือกพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่

จัดซื้อข้าวเปลือกพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่คุณภาพดี เมล็ดสมบูรณ์ สะอาด นำมาตรวจวัดคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและเคมีเบื้องต้น เพื่อกำหนดการผลิตรับเป็นข้าวมอลต์ในขั้นตอนต่อไป

2.2 การเตรียมข้าวมอลต์พันธุ์ไรซ์เบอร์รี่

นำข้าวเปลือกไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านการทำความสะอาดแล้วแช่น้ำที่ควบคุมอุณหภูมิ 35 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 และ 24 ชั่วโมง ตามลำดับ โดยที่ต้องทำการเปลี่ยนน้ำทุก 4 ชั่วโมง เพื่อป้องกันการหมักจนเกิดกลิ่นเหม็นเมื่อครบเวลาตามกำหนด กรองเอาเฉพาะเมล็ดข้าวเปลือกนำไปสู่ขั้นตอนการบ่มเพื่อให้ข้าวเปลือกงอกโดยห่อด้วยผ้าขาวบางสะอาดชุบน้ำ ทิ้งไว้ในที่อากาศถ่ายเทได้ดีเป็นเวลา 24 และ 36 ชั่วโมง จะได้ข้าวเปลือกไรซ์เบอร์รี่ที่งอก (ข้าวมอลต์) ที่มีความยาวของงอกข้าวประมาณ 2-3 มิลลิเมตร เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไปพร้อมทั้งตรวจวัดคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและเคมีเพื่อเปรียบเทียบคุณภาพก่อนและหลังกระบวนการงอก

2.3 การปรับปรุงคุณภาพข้าวมอลต์ด้วยการคั่วและการนึ่ง

นำตัวอย่างข้าวมอลต์พันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านการเพาะงอกจากขั้นตอนที่ 2.2 เข้าสู่การปรับปรุงคุณภาพข้าวมอลต์ด้วยการคั่วและการนึ่ง โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 กระบวนการ คือ กระบวนการนึ่งด้วยเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เวลา 10 และ 20 นาที และอีกกระบวนการคือการคั่วด้วยเครื่องคั่วไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เวลา 10 และ 20 นาที จากนั้นนำตัวอย่างข้าวมอลต์ของทั้งสองกระบวนการลดความชื้นด้วยการอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส จนกระทั่งความชื้นสุดท้ายของตัวอย่างข้าวมอลต์ไรซ์เบอร์รี่อยู่ที่ประมาณ 9-10 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี ต่อไป

2.4 การผลิตผงข้าวมอลต์พันธุ์ไรซ์เบอร์รี่

จากขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างข้าวมอลต์ไรซ์เบอร์รี่ตามขั้นตอนที่ 2.2 และ 2.3 เลือกตัวอย่างที่มีคุณสมบัติดีที่สุดโดยพิจารณาจากคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีที่ได้จากการวิเคราะห์ แล้วนำมาผลิตผงข้าวมอลต์ด้วยเทคนิคการไม่เปียก โดยการกะเทาะเปลือกเพื่อนำเปลือกออกและทำความสะอาดข้าวจากนั้นแช่ตัวอย่างข้าวมอลต์ไรซ์เบอร์รี่ในน้ำอุณหภูมิ 35 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และม่ด้วยเครื่องโม่ไฟฟ้า เมื่อได้น้ำแป้งนำมากรองด้วยผ้าขาวบาง พร้อมทั้งบีบน้ำแป้งออกจากเนื้อแป้ง หลังจากนั้นนำเนื้อแป้งไปอบด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง จะได้แผ่นแป้งที่ผ่านการอบแห้งก่อนจะบดและร่อนจนได้ผงข้าวมอลต์ที่ละเอียด และนำมาตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีพร้อมทั้งเปรียบเทียบกับผงข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการเพาะงอก

2.5 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี

2.5.1 ปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกติวิตี (a_w)

ชั่งน้ำหนักข้าวไรซ์เบอร์รี่จำนวน 2 กรัม อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง อ้างอิงวิธีการทดสอบจากมาตรฐาน AOAC [7] และหาค่าวอเตอร์แอกติวิตี (a_w) ด้วยเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตียี่ห้อ Aqualab รุ่น 3 TE

2.5.2 ค่าสี

วัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (Model JC801, Tokyo, Japan) รายงานผลในรูปของ L^* , a^* , b^* ซึ่งค่าทั้ง 3 ค่าเป็นการแสดงการวัดค่าสีโดยที่ค่า L^* คือ ค่าความสว่าง (Lightness) มีค่าความสว่างมากเมื่อเข้าใกล้ 100 และมีความมืดเมื่อเข้าใกล้ 0 ค่า a^* คือค่าความเป็นสีเขียว (Greenness) เมื่อมีค่าเป็นลบและมีค่าความเป็นสีแดง (Redness) เมื่อมีค่าเป็นบวกหรือในช่วง ± 60 และค่า b^* คือ ค่าความเป็นสีเหลือง (Yellowness) เมื่อมีค่าเป็นบวกและค่าความเป็นสีน้ำเงิน (Blueness) เมื่อมีค่าเป็นลบหรือในช่วง ± 60 ซึ่งก่อนทำการวัดค่าสี เครื่องวัดสีถูกปรับเทียบความเที่ยงตรงของค่าสีด้วย Standard Calibration Plate ค่า L^* , a^* และ b^* เท่ากับ 98.11, -0.11 and -0.08 ตามลำดับ

2.5.3 ปริมาณแอนโทไซยานิน

วิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานิน (Total Anthocyanin Content) [8, 9] โดยเตรียมตัวอย่างผงข้าวไรซ์เบอร์รี่จำนวน 1 กรัม ด้วยการร่อนด้วยตะแกรงร่อนขนาด 125 ไมโครเมตร ใส่ลงในสารละลายเอทานอลิกไฮโดรคลอริก (เอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ 85 มิลลิลิตร ต่อกรดไฮโดรคลอริก 1.5 นอร์มอล 15 มิลลิลิตร) ปริมาตร 25 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันปิดฝาด้วยแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ แล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นนำออกมารองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4 ปรับปริมาตรด้วยสารละลายเอทานอลิกไฮโดรคลอริกให้มีปริมาตร 25 มิลลิลิตร แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 535 นาโนเมตร โดยใช้สารละลายเอทานอลิกไฮโดรคลอริกเป็นตัวปรับศูนย์ (blank) คำนวณหาปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดจากสมการที่ 1 และ 2 ดังนี้

$$\text{Total absorbance} = (\text{OD}_{535} \times V \times 100) / W \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{Total anthocyanin content (mg/g)} \\ = \text{Total absorbance} / 98.2 \end{aligned} \quad (2)$$

โดยที่

V = ปริมาตรสารละลายที่นำมาหาปริมาณแอนโทไซยานิน (มิลลิลิตร)

W = น้ำหนักข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่นำมาหาปริมาณแอนโทไซยานิน (กรัม)

OD_{535} = ค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้จากเครื่องวัดการดูดกลืนแสง

2.6 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่ระดับความแตกต่างทางสถิติ 95% (One-way analysis of variance (ANOVA)) และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธีของ Duncan New's Multiple Range Test (DMRT)

3. ผลการศึกษาและวิจารณ์

3.1 ผลการศึกษากระบวนการผลิตข้าวไรซ์เบอร์รี่เพาะงอก (ข้าวมอลต์)

ข้าวมอลต์เป็นข้าวที่ถูกพัฒนาด้านคุณภาพ เพื่อให้เกิดประโยชน์กับผู้บริโภคทั้งด้านคุณค่าทางโภชนาการ คุณภาพด้านรสชาติ สี และมีกลิ่นหอม จากงานวิจัยนี้ นำข้าวเปลือกพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ผลิตมอลต์และเมื่อทำการเปรียบเทียบสมบัติของข้าวไรซ์เบอร์รี่ก่อนและหลังการเพาะงอกให้

ผลแสดงดัง ตารางที่ 1 จากขั้นตอนการผลิตข้าวมอลต์ด้วยการเพิ่มความชื้นของข้าวเปลือกโดยแช่เมล็ดข้าวในน้ำ เมล็ดจะดูดน้ำจนมีความชื้นตามที่ต้องการ ความชื้นจะต้องเหมาะสมเมล็ดจึงจะเกิดการงอกของรากอ่อนได้สม่ำเสมอ จากนั้นมีการให้ความร้อนด้วยการนึ่งหรือบางครั้งเป็นการลดความชื้นทันทีด้วยการคั่วหรือการอบแห้งจนเอนไซม์หยุดทำงานและทำให้มอลต์มีกลิ่นหอม และสามารถเก็บรักษาได้ยาวนานขึ้น

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพและเคมีของข้าวไรซ์เบอร์รี่และข้าวไรซ์เบอร์รี่เพาะงอก (ข้าวมอลต์) ที่สภาวะต่าง ๆ

คุณสมบัติ	ตัวอย่าง				
	RB	RB(12-24)	RB(12-36)	RB(24-24)	RB(24-36)
แอนโทไซยานิน (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)	8.41 ^b ±0.07	8.23 ^c ±0.05	9.42 ^a ±0.12	7.01 ^d ±0.08	9.29 ^a ±0.08
ความชื้น (เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก)	13.43 ^e ±0.27	36.21 ^d ±0.30	41.13 ^c ±0.33	42.09 ^a ±0.20	41.64 ^b ±0.08
วอเตอร์แอกติวิตี (a _w)	0.49 ^b ±0.02	0.91 ^a ±0.00	0.92 ^a ±0.00	0.90 ^a ±0.03	0.92 ^a ±0.00

^{abc} อักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT (mean± SD) RB = ข้าวไรซ์เบอร์รี่; RB(12-24) = ข้าวมอลต์ แช่น้ำ 12 ชั่วโมง และบ่ม 24 ชั่วโมง; RB(12-36)= ข้าวมอลต์ แช่น้ำ 12 ชั่วโมง และบ่ม 36 ชั่วโมง; RB(24-24)= ข้าวมอลต์ แช่น้ำ 24 ชั่วโมง และบ่ม 24 ชั่วโมง; RB(24-36)= ข้าวมอลต์ แช่น้ำ 24 ชั่วโมง และบ่ม 36 ชั่วโมง

3.1.1 การเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นและวอเตอร์แอกติวิตีของข้าวไรซ์เบอร์รี่และข้าวไรซ์เบอร์รี่เพาะงอก (ข้าวมอลต์)

ความชื้นมีผลต่อการเสื่อมเสียของอาหารโดยเฉพาะการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ อาหารที่มีความชื้นหรือปริมาณน้ำสูงจะเป็นอาหารที่เสื่อมเสียง่ายเนื่องจากมีสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ อีกทั้งความชื้นมีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงความร้อนของอาหารด้านต่าง ๆ ในส่วนกระบวนการเพาะงอกข้าวไรซ์เบอร์รี่พบว่าปริมาณความชื้นเป็นปัจจัยสำคัญยิ่งต่อประสิทธิภาพของการงอกทั้งนี้หากความชื้นไม่เหมาะสมประสิทธิภาพการงอกจะลดลง [4,5] ในระหว่างการงอกจะเกิดเอนไซม์ขึ้นหลายชนิดที่สำคัญ คือ แอลฟาอะไมเลส (α-amylase) และบีตาอะไมเลส (β-amylase) เป็นเอนไซม์ที่ช่วยให้เกิด

การไฮโดรไลสเพื่อเปลี่ยนแปลงเป็นน้ำตาล [10,11] รวมถึงเกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพแสดงผลการทดสอบดังตารางที่ 1 พบว่าค่าความชื้นก่อนการเพาะงอกเท่ากับ 13.43±0.27 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05) หลังการเพาะงอกซึ่งมีค่าระหว่าง 36.21-42.09 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก โดยสอดคล้องกับค่าวอเตอร์แอกติวิตี (a_w) ที่เพิ่มจากค่าเริ่มต้น 0.49±0.02 อย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05) ในช่วง 0.90-0.92 หลังการเพาะงอก ทั้งนี้ข้าวไรซ์เบอร์รี่ได้ดูดซึมน้ำในระหว่างกระบวนการเพาะงอกทั้งจากการแช่และการบ่ม จึงส่งผลให้ค่าความชื้นและค่าวอเตอร์แอกติวิตีเพิ่มขึ้น ซึ่งเหมาะสมต่อการงอกของเมล็ดข้าว สังเกตได้จากจุกของข้าวจะงอกออกมาที่ความยาวประมาณ 3-4 มิลลิเมตร [12]

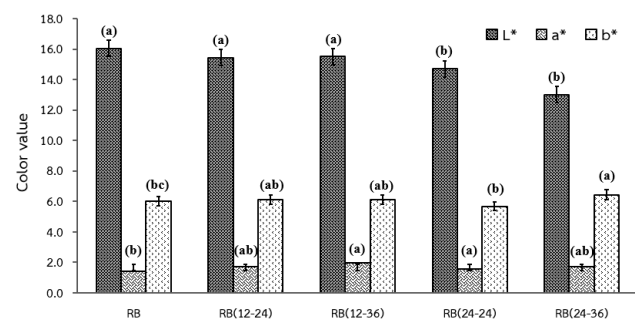
3.1.2 การเปลี่ยนแปลงค่าแอนโทไซยานินของข้าวไรซ์เบอร์รี่และข้าวไรซ์เบอร์รี่เพาะงอก (ข้าวมอลต์)

การทดสอบหาปริมาณแอนโทไซยานินในข้าวไรซ์เบอร์รี่จากขั้นตอนการเพาะงอก (ข้าวมอลต์) พบว่าการแช่เมล็ดข้าวในน้ำร่วมกับการบ่มเพื่อให้เกิดการงอกของเมล็ดส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแอนโทไซยานิน ($P \leq 0.05$) ที่มีค่าเริ่มต้น 8.41 ± 0.07 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง และหลังการเพาะงอกในช่วง 7.01-9.92 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง หรือกล่าวได้ว่าเมื่อระยะเวลาในการแช่เมล็ดข้าวในน้ำที่นานขึ้นจาก 12 ชั่วโมง เป็น 24 ชั่วโมง ในขณะที่ยังคงระยะเวลาการบ่มคงที่ ส่งผลต่อการลดลงเพียงเล็กน้อยของปริมาณแอนโทไซยานิน เช่น สภาวะการทดสอบ RB(12-24) ให้ปริมาณแอนโทไซยานิน 8.23 ± 0.05 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ลดลงเป็น 7.01 ± 0.08 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ที่สภาวะ RB(24-24) ในขณะที่เมื่อเพิ่มระยะเวลาการบ่มเป็น 36 ชั่วโมง พบว่าปริมาณแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) จากค่าเริ่มต้นก่อนการงอกของเมล็ดข้าวเปลือก ทั้งนี้เนื่องจากสมบัติของแอนโทไซยานินที่สามารถละลายได้ในน้ำ ไม่เสถียร แต่เนื่องจากการที่ข้าวมีเปลือกหุ้มเมล็ดในระหว่างการงอกจึงช่วยลดการสูญเสียแอนโทไซยานินและให้ผลการทดลองเช่นเดียวกับงานวิจัยที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน [13,14,15]

3.1.3 การเปลี่ยนแปลงค่าสีของข้าวไรซ์เบอร์รี่และข้าวไรซ์เบอร์รี่เพาะงอก (ข้าวมอลต์)

การเปลี่ยนแปลงค่าสีของข้าวไรซ์เบอร์รี่และข้าวไรซ์เบอร์รี่เพาะงอก (ข้าวมอลต์) เป็นปัจจัยที่สำคัญในการกำหนดคุณภาพของผลิตภัณฑ์ จากผลการทดลองดังรูปที่ 1 พบว่าข้าวไรซ์เบอร์รี่ก่อนเพาะงอกมีค่าความสว่าง (L^*) ไม่แตกต่างกับข้าวไรซ์เบอร์รี่เพาะงอกในช่วงเวลาการแช่ 12-24 ชั่วโมง ร่วมกับการบ่ม 24-36 ชั่วโมง ($P > 0.05$) ในขณะที่ค่าความสว่าง (L^*) ของเมล็ดข้าวมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เมื่อการแช่ข้าวในน้ำเพิ่มขึ้น 24 ชั่วโมง การทดสอบค่า a^* พบว่าในข้าวไรซ์เบอร์รี่ก่อนเพาะงอกมีค่าน้อยกว่าข้าวมอลต์ในทุกสภาวะการทดสอบ หากแต่ในทางสถิติไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

($P > 0.05$) เช่นเดียวกับค่า b^* ที่ให้ผลการทดสอบเป็นไปในทิศทางเดียวกัน [13] ทั้งนี้ด้วยข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นข้าวที่มีเมล็ดเป็นสีม่วงเข้มหรือมีรงควัตถุชนิดแอนโทไซยานินที่ละลายน้ำได้ง่าย ดังนั้นเมื่อนำมาผ่านการแช่เพื่อเพิ่มความชื้นให้เมล็ดเกิดการงอกจึงทำให้รงควัตถุบางส่วนละลายออกมา แต่เนื่องจากการแช่เมล็ดทั้งเปลือกจึงช่วยลดการชะล้างดังกล่าว ดังนั้นเมื่อมาวิเคราะห์ค่าสีหลังการแช่จึงพบว่าการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก



รูปที่ 1 การเปลี่ยนแปลงค่าสีของข้าวไรซ์เบอร์รี่และข้าวไรซ์เบอร์รี่เพาะงอก (ข้าวมอลต์) ที่สภาวะต่าง ๆ

RB = ข้าวไรซ์เบอร์รี่;

RB (12-24) = ข้าวมอลต์ แช่น้ำ 12 ชั่วโมง และบ่ม 24 ชั่วโมง;

RB (12-36) = ข้าวมอลต์ แช่น้ำ 12 ชั่วโมง และบ่ม 36 ชั่วโมง;

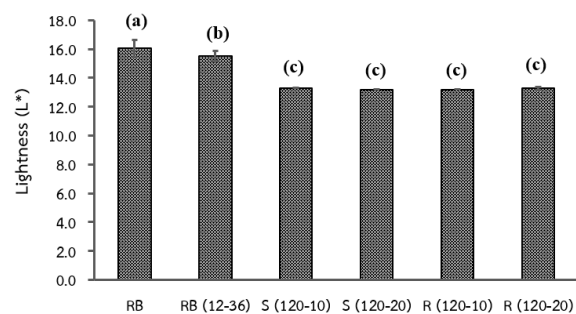
RB (24-24) = ข้าวมอลต์ แช่น้ำ 24 ชั่วโมง และบ่ม 24 ชั่วโมง;

RB (24-36) = ข้าวมอลต์ แช่น้ำ 24 ชั่วโมง และบ่ม 36 ชั่วโมง

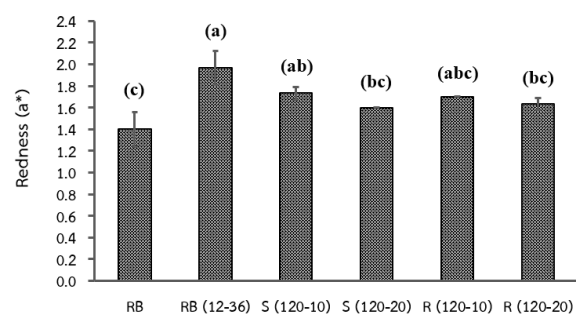
^{a,b} อักษรต่างกันในแต่ละตัวอย่างหมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติตามการวิเคราะห์แบบ DMRT ($P < 0.05$)

3.2 ผลการศึกษาการปรับคุณภาพข้าวมอลต์ด้วยการคั่วและการนึ่ง

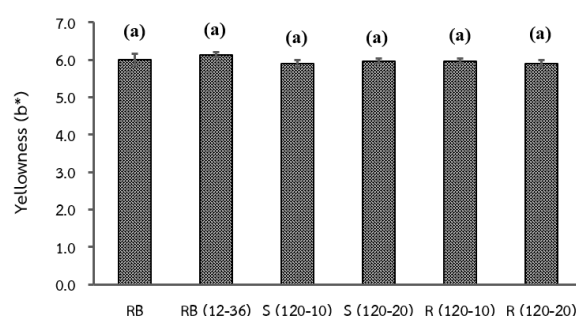
หลังกระบวนการเพาะงอกข้าวมอลต์จากขั้นตอนแรกหากพิจารณาคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและเคมีพบว่าสภาวะที่เหมาะสมและเลือกเพื่อการนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป คือ RB (12-36) เนื่องจากพบว่าการคงอยู่ของปริมาณแอนโทไซยานินสูงสุด จากนั้นนำข้าวมอลต์ดังกล่าวมาศึกษาผลของการนึ่งหรือการคั่วที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และอบแห้งจนกระทั่งความชื้นสุดท้ายมีค่าประมาณ 9-10 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ซึ่งให้ผลการทดสอบดังรูปที่ 2-4



(ก) ค่าความสว่าง (L*)



(ข) ค่าความเป็นสีแดง (a*)



(ค) ค่าความเป็นสีเหลือง (b*)

รูปที่ 2 การเปลี่ยนแปลงค่าสีของข้าวมอลต์หลังการคั่วและการนึ่งที่สภาวะต่าง ๆ

RB = ข้าวไรซ์เบอร์รี่;

RB (12-36) = ข้าวมอลต์ แช่น้ำ 12 ชั่วโมง และบ่ม 36 ชั่วโมง;

S (120-10) = ข้าวมอลต์นึ่ง 120 องศาเซลเซียส, 10 นาที;

S (120-20) = ข้าวมอลต์นึ่ง 120 องศาเซลเซียส, 20 นาที;

R (120-10) = ข้าวมอลต์คั่ว 120 องศาเซลเซียส, 10 นาที;

R (120-20) = ข้าวมอลต์คั่ว 120 องศาเซลเซียส, 20 นาที

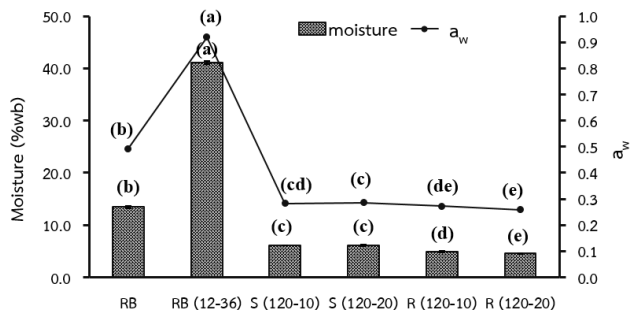
^{a,b} อักษรต่างกันในแต่ละตัวอย่างหมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติตามการวิเคราะห์แบบ DMRT ($P < 0.05$)

3.2.1 การเปลี่ยนแปลงค่าสีของข้าวมอลต์หลังการคั่วและการนึ่งที่สภาวะต่าง ๆ

การเปลี่ยนแปลงค่าสีของข้าวมอลต์จากรูปที่ 2 (ก) พบว่าหลังกระบวนการนึ่งที่สภาวะ S (120-10), S (120-20) หรือการคั่วที่สภาวะ R (120-10), R (120-20) ส่งผลต่อการลดลงของค่า L^* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเทียบกับข้าวไรซ์เบอร์รี่ก่อนและหลังการเพาะงอกในขณะที่ไม่เปรียบเทียบกับระหว่างการนึ่งหรือการคั่วที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เวลา 10-20 นาที ไม่พบความแตกต่างของค่า L^* ($P > 0.05$) เช่นเดียวกับรูปที่ 2 (ข) ไม่พบความแตกต่างของค่า a^* ($P > 0.05$) ระหว่างการให้ความร้อนโดยการนึ่งหรือการคั่วกับข้าวมอลต์ อย่างไรก็ตามหากพิจารณาเรื่องเวลาโดยการเพิ่มเวลาของการนึ่งหรือเวลาการคั่วข้าวมอลต์จาก 10 นาที เป็น 20 นาที พบว่าส่งผลต่อการลดลงของค่า a^* เล็กน้อยซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) ทั้งนี้การลดลงของค่าความสว่างและค่าความเป็นสีแดงของเมล็ดข้าวมอลต์พบว่ามีสาเหตุเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลอันมีความร้อนทั้งจากการนึ่งและการคั่วเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ในขณะที่ในรูปที่ 2 (ค) ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของค่า b^* (ค่าความเป็นสีเหลือง) ของข้าวมอลต์ก่อนและหลังการนึ่งรวมถึงการคั่ว

3.2.2 การเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นและค่าวอเตอร์แอกติวิตีของข้าวมอลต์หลังการคั่วและการนึ่งที่สภาวะต่าง ๆ

ขั้นตอนสุดท้ายของการผลิตข้าวมอลต์ คือ การลดความชื้นผลิตภัณฑ์ให้อยู่ในกลุ่มอาหารแห้ง ดังนั้นจากผลการทดลองดังรูปที่ 3 พบว่าหลังกระบวนการนึ่งและการคั่วข้าวมอลต์ร่วมกับการอบแห้งซึ่งให้ค่าความชื้นลดลงจากก่อนอบ 41.13 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก จนกระทั่งความชื้นสุดท้ายมีค่าระหว่าง 8-9 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก เช่นเดียวกับค่า วอเตอร์แอกติวิตีที่พบว่าข้าวมอลต์ก่อนอบแห้งมีค่า 0.91 และลดลงน้อยกว่า 0.10 หลังการอบแห้งซึ่งอยู่ในกลุ่มผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง [16] คือผลิตภัณฑ์ที่มีค่าวอเตอร์แอกติวิตีน้อยกว่า 0.6 และความชื้นต่ำกว่า 15 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก เพื่อป้องกันและควบคุมจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสียและช่วยยืดอายุผลิตภัณฑ์



รูปที่ 3 การเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นและค่าอวอเตอร์แอกติวิตี้ของข้าวโมลต์หลังการคั่วและการนึ่งที่สภาวะต่าง ๆ

RB = ข้าวไรซ์เบอร์รี่;

RB (12-36) = ข้าวโมลต์ แช่น้ำ 12 ชั่วโมง และบ่ม 36 ชั่วโมง;

S (120-10) = ข้าวโมลต์นึ่ง 120 องศาเซลเซียส, 10 นาที;

S (120-20) = ข้าวโมลต์นึ่ง 120 องศาเซลเซียส, 20 นาที;

R (120-10) = ข้าวโมลต์คั่ว 120 องศาเซลเซียส, 10 นาที;

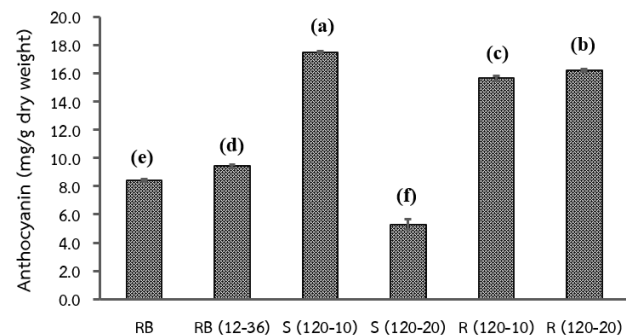
R (120-20) = ข้าวโมลต์คั่ว 120 องศาเซลเซียส, 20 นาที

a,b อักษรต่างกันในแต่ละตัวอย่างหมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการวิเคราะห์แบบ DMRT ($P < 0.05$)

3.2.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโทไซยานินของข้าวโมลต์หลังการคั่วและการนึ่งที่สภาวะต่าง ๆ

จากการวิเคราะห์ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโทไซยานินดังรูปที่ 4 พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ของแต่ละสภาวะการทดสอบโดยปริมาณแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นเมื่อนำข้าวโมลต์มาให้ความร้อนด้วยการคั่วที่เวลา 10-20 นาที รวมถึงการนึ่งที่เวลา 10 นาที อย่างไรก็ตามเมื่อเพิ่มเวลาของการนึ่งเป็น 20 นาทีเกิดการลดลงอย่างชัดเจนของปริมาณแอนโทไซยานิน นั่นคือกรณี S (120-10) มีค่าแอนโทไซยานิน 17.48 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ลดลงเป็น 5.29 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง เมื่อเพิ่มระยะเวลาการนึ่งตามสภาวะ S (120-20) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดหรือปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลชนิดไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ซึ่งเกิดขึ้นระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์กับกรดแอมิโนหรือสารประกอบไนโตรเจนโดยมีความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ผลที่ได้คือสารประกอบที่ให้สีน้ำตาล และกลิ่นรสต่าง ๆ ดังนั้นจึงพบว่าหลังกระบวนการคั่วข้าวโมลต์จะให้กลิ่นที่หอมในขณะที่การคั่วและการนึ่งที่เวลาเหมาะสมจะให้สีของข้าวโมลต์ที่เข้มขึ้น (รูปที่ 2) เมื่อตรวจสอบปริมาณแอนโทไซยานินด้วยเทคนิคการวัดค่าการดูดกลืนแสงจึงพบว่ามีแนวโน้ม

ของการเพิ่มขึ้นของปริมาณแอนโทไซยานิน อย่างไรก็ตามการนึ่งข้าวโมลต์ที่เวลามากเกินไปกลับส่งผลในทางตรงข้ามทั้งนี้ระหว่างกระบวนการให้ความร้อนด้วยการนึ่งซึ่งเป็นลักษณะความร้อนชื้น เมื่อเวลาการให้ความร้อนนานจะเกิดการชะล้างของเม็ดสีจนทำให้ปริมาณสารแอนโทไซยานินลดลงอย่างชัดเจน S (120-20) หรือสังเกตได้ว่าหลังกระบวนการนึ่งจะมีหยดน้ำสีม่วงเกิดขึ้นในขณะที่การคั่วไม่ปรากฏ [13]



รูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารแอนโทไซยานินของข้าวโมลต์หลังการคั่วและการนึ่งที่สภาวะต่าง ๆ

RB = ข้าวไรซ์เบอร์รี่;

RB (12-36) = ข้าวโมลต์ แช่น้ำ 12 ชั่วโมง และบ่ม 36 ชั่วโมง;

S (120-10) = ข้าวโมลต์นึ่ง 120 องศาเซลเซียส, 10 นาที;

S (120-20) = ข้าวโมลต์นึ่ง 120 องศาเซลเซียส, 20 นาที;

R (120-10) = ข้าวโมลต์คั่ว 120 องศาเซลเซียส, 10 นาที;

R (120-20) = ข้าวโมลต์คั่ว 120 องศาเซลเซียส, 20 นาที

a,b อักษรต่างกันในแต่ละตัวอย่างหมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการวิเคราะห์แบบ DMRT ($P < 0.05$)

3.3 ผลการทดสอบการผลิตผงข้าวโมลต์พันธุ์ไรซ์เบอร์รี่

จากผลิตภัณฑ์ข้าวโมลต์พันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ที่ผลิตได้ในขั้นตอนที่ 3.2 เลือกผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติที่ดีโดยพิจารณาในภาพรวมและมีแอนโทไซยานินในปริมาณสูงนั่นคือสภาวะ S (120-10) และ R (120-20) มาผลิตเป็นผงข้าวโมลต์ด้วยเทคนิคการโม่เปียก ทั้งนี้ได้ทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติกับผงข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ไม่ผ่านการงอกให้ผลดังตารางที่ 2

จากตารางที่ 2 พบว่าการผลิตผงข้าวโมลต์ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการให้ความร้อนจึงส่งผลต่อปริมาณแอนโทไซยานินที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับผงจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ (RB-F) เนื่องจากปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงแอนโทไซยานิน คือ อุณหภูมิ โดย

อุณหภูมิสูงนำมาซึ่งการเปลี่ยนแปลงค่าสีของแอนโทไซยานิน ที่มีแนวโน้มลดลง [13] สังเกตได้จากการลดลง ($P \leq 0.05$) ของค่าความสว่าง (L^*) และค่าความเป็นสีแดง (a^*) ของผงข้าวมอลต์เมื่อเทียบกับผงจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ ในขณะที่ค่า b^* แสดงความเป็นสีเหลืองมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ($P > 0.05$) และเมื่อพิจารณาค่าความชื้นและค่าวอเตอร์แอก-

ติวิตีพบว่าผลิตภัณฑ์ผงข้าวมอลต์และผงจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ให้ค่าความชื้นระหว่าง 11-13 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก และค่าวอเตอร์แอกติวิตี 0.3-0.5 โดยช่วงความชื้นและช่วงของค่าวอเตอร์แอกติวิตีดังกล่าวเป็นช่วงที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์กลุ่มอาหารแห้งจึงช่วยยืดอายุการเก็บรักษาให้ยาวนานขึ้น[16]

ตารางที่ 2 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของผงแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ ผงข้าวมอลต์ที่สภาวะต่าง ๆ

ตัวอย่าง	คุณสมบัติ					
	แอนโทไซยานิน	ความชื้น	วอเตอร์แอกติวิตี	ค่าสี		
	(มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง)	(เปอร์เซ็นต์ มาตรฐานเปียก)	(a_w)	L^*	a^*	b^*
RB-F	$3.88^a \pm 0.69$	$13.37^a \pm 1.10$	$0.51^a \pm 0.02$	$18.30^a \pm 0.36$	$1.53^a \pm 0.06$	$5.17^a \pm 0.12$
S (120-10) - F	$1.70^c \pm 0.11$	$11.32^b \pm 0.32$	$0.38^b \pm 0.01$	$16.83^b \pm 0.06$	$1.30^b \pm 0.00$	$5.50^a \pm 0.26$
R (120-20) - F	$2.93^b \pm 0.42$	$11.73^{ab} \pm 1.13$	$0.35^b \pm 0.21$	$17.13^b \pm 0.07$	$1.27^b \pm 0.07$	$5.17^a \pm 0.15$

abc อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT (mean $\pm$ SD)

RB-F = ผงจากข้าวไรซ์เบอร์รี่; S (120-10) - F = ผงข้าวมอลต์จากสภาวะ S (120-10); R (120-20) - F = ผงข้าวมอลต์จากสภาวะ R (120-20)

4. สรุปผลการวิจัย

ข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะมีแอนโทไซยานินและเมื่อนำมาผลิตเป็นข้าวมอลต์ ด้วยกระบวนการเพาะงอกจากข้าวเปลือกซึ่งกระบวนการดังกล่าวสามารถทำให้เกิดการคงอยู่ของแอนโทไซยานินได้ในปริมาณใกล้เคียงกับข้าวไรซ์เบอร์รี่ก่อนงอก รวมถึงการเปลี่ยนแปลงค่าสีก่อนและหลังการงอกพบว่าค่าความสว่าง และค่าความเป็นสีแดงลดลงเล็กน้อยในขณะที่ค่าความเป็นสีเหลืองมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก เมื่อนำข้าวมอลต์มาให้ความร้อนด้วยการนึ่งที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เวลา 10 นาที และการคั่วที่เวลา 10-20 นาที อุณหภูมิเดียวกันเพื่อเพิ่มความหอมก่อนนำไปลดความชื้นจนกระทั่งความชื้นสุดท้ายอยู่ที่ 9-10 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก พบว่าแอนโทไซยานินมีปริมาณเพิ่มขึ้น และมีแนวโน้มลดลงเมื่อนำมาผลิตเป็นผงข้าวมอลต์ ทั้งนี้ปัจจัยที่ส่งผลต่อการลดลง ได้แก่ การละลายออกมาของเม็ดสีในช่วงการแช่เมล็ดข้าวในน้ำ และการให้ความร้อนในช่วงการอบแห้ง อย่างไรก็ตามผงข้าวมอลต์จากกระบวนการดังกล่าว

ยังคงมีปริมาณแอนโทไซยานินใกล้เคียงกับผงไรซ์เบอร์รี่ที่ไม่ผ่านกระบวนการงอก ดังนั้นผลิตภัณฑ์ผงข้าวมอลต์จึงมีประโยชน์ในการนำไปประยุกต์ใช้กับกระบวนการแปรรูปอื่น ๆ และผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีความชื้นต่ำกว่า 13 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก และค่าวอเตอร์แอกติวิตีต่ำกว่า 0.5 จึงเป็นผลิตภัณฑ์อาหารแห้งที่สามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่สนับสนุนวัสดุอุปกรณ์ สถานที่ในการทำวิจัย และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่สนับสนุนทุนวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] Singhasurasak, H. 2014. Rice berry. Available Source: <http://riceberry-rice.blogspot.com/2013/12/blog-post.html>. (May, 25, 2014).

- [2] Chrispeels, M.L. and E.S. David. 1994. **Plants, Genes and Agriculture**. Jones and Bartlett Publishers. London. England. 478 p.
- [3] ศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าว. 2557. **ข้าวไรซ์เบอร์รี่**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://sites.google.com/site/baanm_aklomp/khaw-risbe-xri (2 มกราคม 2557).
- [4] Varanyanond, W., P. Tungtrskul, V. Surojanametakul, L. Watanasiritham, and W. Luxiang. 2005. **Effects of water soaking on gamma-aminobutyric acid (GABA) in germs of different Thai rice varieties**. Kasetsart Journal (National Science.). 39 (3): 411-415.
- [5] Komatsuzaki, N., K. Tsukahara, H. Toyoshima, T. Suzuki, N. Shimizu, and T. Kimura. 2007. **Effect of soaking and gaseous treatment on GABA content in germinated brown rice**. Journal of Food Engineering. 78: 556-560.
- [6] ยุพกนิษฐ์ พ่วงวีระกุล และ ชลมารค พ่วงวีระกุล. 2553. **การผลิตข้าวมอลต์นี้้วิตามินบีสูงทางการค้า**. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานพัฒนาการวิจัยเกษตร (องค์การมหาชน).
- [7] AOAC. 1990. **Official Methods of Analyses of the Association of Official Analytical Chemists**. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists.
- [8] นิศากร สุวรรณ. 2548. **ผลของวัสดุเคลือบผิวต่อความคุมการเกิดสีน้ำตาลและการสูญเสียสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 176 หน้า.
- [9] Ranganna, S. 1977. Plant pigment. p. 72-93. In S. Ragana (ed.). **Manual of analysis of fruit and vegetable produce**. Tata McGraw-Hill Publishing Co., Ltd, New Delhi.
- [10] Komatsuzaki, N., K. Tsukahara, H. Toyoshima, T. Suzuki, N. Shimizu, and T. Kimura. 2003. **Effect of soaking and gaseous phase sprout processing on the GABA content of pre-germinated brown rice**. The American society Society of agricultural Agricultural and biological Biological engineer Engineer. Paper number: 036073.
- [11] Kihara, M., Y. Okada, T. Iimure, and K. Ito. 2007. **Accumulation and degradation of two functional constituents, GABA and α -Glucan, and their varieties difference germinated barley grains**. Breeding Science. 57(2): 85-89.
- [12] ราณี สุรกาญจน์กุล และปกรณ อุ่นประเสริฐ. 2556. **การผลิตก๊วยเตี๋ยด้วยแป้งข้าวมอลต์**. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง. 43(1):68-78.
- [13] Nguyen Phuoc Minh. 2014. **Nutritional powder produced from sticky black rice malt**. International Journal of Multidisciplinary Research and Development. 1(3): 49-59.
- [14] ยุพกนิษฐ์ พ่วงวีระกุล รัชฎาพร อินพา ทิพวรรณ ใจกว้าง. 2555. **การผลิตข้าวกล้องมอลต์จากข้าวไร้พื้นที่สูงในจังหวัดเชียงใหม่**. วารสารวิชาการสมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย (สสอท.). 18(1):105-118.
- [15] Sutharut, J. and J. Sudarat. 2012. **Total anthocyanin content and antioxidant activity of germinated colored rice**. International Food Research Journal. 19(1): 215-221.
- [16] Delong and Deanna. 2006. **How to dry foods**. Rev. ed. New York. HPBook. 208 p.