

ผลของสารก่อโฟมต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ของน้ำชาข้าวไรซ์เบอร์รี่ซึ่งพร้อมดื่มสำเร็จรูป

Effect of Foaming Reagents on Physical, Chemical and Bioactive Compounds of Instant Riceberry water Beverage Powder

ไชยกร เก็บเงิน (Chaiyaporn Kebngoen)* ดร.ลลิตา สิริวัฒนานนท์ (Dr.Lalita Siriwattananon)**
ดร.อินทิรา ลิจันทรัพย์ (Dr.Intira Lichanporn)***

บทคัดย่อ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำชาข้าวไรซ์เบอร์รี่ผงพร้อมดื่มนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารก่อโฟมในการทำแห้งแบบโฟมแมตต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และปริมาณของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ สารก่อโฟม จำนวน 2 ชนิด ได้แก่ Egg albumin (EA) และ Methocel (MC) ในปริมาณร้อยละ 2.5, 3.0 และ 3.5 นอกจากนี้ยังมีการใช้สารผสม Egg albumin และ Methocel (EA:MC) ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 โดยน้ำหนัก ปริมาณร้อยละ 2.5, 3.0 และ 3.5 จากผลการทดลองพบว่า มีเพียงสารก่อเกิดโฟม EA เพียงชนิดเดียวที่ทำให้ น้ำชาข้าวไรซ์เบอร์รี่เกิดโฟมที่คงตัว และมีความสามารถในการคืนตัว ดีกว่าสารก่อโฟมอื่นๆ นอกจากนี้ยังพบว่า สารก่อเกิดโฟม EA ที่ปริมาณร้อยละ 2.5 มีปริมาณแอนโทไซยานิน สารประกอบฟีนอล และสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH+ และ ABTS+ ก่อนข้างสูงกว่าสารก่อโฟมอื่นๆ ($p < 0.05$) เท่ากับ 4.88 ± 2.29 mg/L, 4.66 ± 0.03 mg Gallic eq./100g, 9.24 ± 0.31 mg Trolox eq./g, 1.20 ± 0.01 mg Trolox eq./g ตามลำดับ ซึ่งจากผลการทดลองสรุปได้ว่า สารก่อโฟม Egg albumin (EA) ที่ปริมาณร้อยละ 2.5 น่าจะเป็นปริมาณสัดส่วนของสารก่อโฟมที่แนะนำในการผลิตน้ำชาข้าวไรซ์เบอร์รี่ผงพร้อมดื่มสำเร็จรูปด้วยวิธีโฟมแมต เพื่อให้ได้ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพสูงกว่าสิ่งทดลองอื่นๆ

ABSTRACT

Product development of the instant riceberry water beverage powder produced by foam mat drying method was aimed to study an effect of foaming agents on physical, chemical and bioactive compounds by using 2 foaming reagents of egg albumin (EA) and methocel (MC) at 2.5, 3.0 and 3.5% as well as the mixed egg albumin with methocel (EA: MC) at the ratio of 1:1 (by weight). The results showed that 2.5% EA as a foaming agent showed better stability and dissolution properties than others. Also, 2.5% EA showed higher results in anthocyanin, phenolic compounds, and antioxidants by DPPH+ and ABTS+ of 4.88 ± 2.29 mg/L, 4.66 ± 0.03 mg Gallic eq./100g, 9.24 ± 0.31 mg Trolox eq./g, 1.20 ± 0.01 mg Trolox eq./g. According to the results of this study, it was recommended that using 2.5% EA as a foaming reagent may suitable for getting higher bioactive compound in the instant riceberry powder drink.

คำสำคัญ: น้ำชาข้าว การทำแห้งแบบโฟมแมต สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

Keywords: Rice water, Foam-mat drying method, Bioactive compounds

* นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

** อาจารย์ สาขาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

*** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

บทนำ

ในอุตสาหกรรมแปรรูปข้าวพร้อมบริโภคเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่ใช้ข้าว (Rice) เป็นวัตถุดิบหลัก โดยจะมีของเหลือ (Waste) คือ น้ำจากการล้างข้าวที่เรียกว่า “น้ำขาวข้าว” โดยน้ำขาวข้าวที่ได้จากกระบวนการแปรรูปนั้นประกอบด้วยน้ำขาว และสารอาหาร คิดเป็นร้อยละ 25 ของสารอาหารในข้าวที่ใช้ในการผลิตข้าวพร้อมบริโภค ซึ่งกระบวนการหุงข้าวของคนไทยมักจะทำการล้างโดยประมาณ 2 รอบต่อการหุงข้าว 1 ครั้ง โดยใช้น้ำปริมาณ 2 เท่าของน้ำหนักข้าว แต่ก็ขึ้นอยู่กับชนิดและสายพันธุ์ข้าวต่างๆ ซึ่งใช้น้ำไม่เท่ากัน (งามชื่น, 2547) แต่ในปัจจุบันประชาชนให้ความสำคัญในผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพมากขึ้น โดยเฉพาะอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการและมีคุณประโยชน์เพื่อสุขภาพอื่นๆ อาทิเช่น ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ที่มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระได้ดี และสามารถปลูกได้ตลอดปี ในข้าวไรซ์เบอร์รี่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูง ได้แก่ เบต้าแคโรทีน แกมมาโอไรซานอล วิตามินอี แทนนิน สังกะสี โฟเลตสูง มีดัชนีน้ำตาลต่ำ ปานกลาง มีสารอาหารที่สำคัญอย่างโอเมก้า 3 และกรดไขมันจำเป็น มีเส้นใยสูง (ศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าว, 2559) และเมื่อพิจารณาจากน้ำขาวข้าวไรซ์เบอร์รี่ พบว่า ในน้ำขาวข้าวไรซ์เบอร์รี่มีรงควัตถุที่ละลายมากับน้ำขาวมีลักษณะเป็นสีม่วงคือสารจำพวกแอนโทไซยานิน ที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ดังนั้นการนำของเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมาพัฒนาต่อให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์อีกชนิดหนึ่งที่ตอบโจทย์ประชาชนที่กำลังสนใจและให้ความสำคัญกับสารที่มาจากธรรมชาติที่ให้คุณประโยชน์แก่ร่างกาย และยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับอุตสาหกรรมแปรรูปข้าวพร้อมบริโภคได้ ซึ่งการทำแห้งแบบโคมเมทเป็นกระบวนการทำแห้งที่ลงทุนน้อยและมีประสิทธิภาพเพียงพอต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่างๆ ของอุตสาหกรรมขนาดเล็ก (SME) แต่อย่างไรก็ตามแอนโทไซยานินเป็นรงควัตถุที่มีการเสื่อมสลายได้ง่ายจากสภาพแวดล้อมต่างๆ เช่น ค่าความเป็นกรดต่ำ แสง และความร้อน เป็นต้น ซึ่งเป็นปัจจัยเหล่านี้เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำแห้งของผลิตภัณฑ์ (ปวีณา และคณะ, 2558)

ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งที่จะศึกษาชนิดและปริมาณของสารก่อโคมเมทต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมีและปริมาณของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำขาวข้าวไรซ์เบอร์รี่ผงชงพร้อมดื่ม โดยการทำแห้งแบบโคมเมท

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาชนิดและปริมาณของสารก่อโคมเมทที่เหมาะสมต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมีและปริมาณของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำขาวข้าวไรซ์เบอร์รี่ผงชงพร้อมดื่ม โดยการทำแห้งแบบโคมเมท

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมน้ำแช่และข้าวข้าวไรซ์เบอร์รี่

วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ คือ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ที่ซื้อจากกลุ่มเกษตรกรซึ่งปลูกข้าวไรซ์เบอร์รี่เชิงการค้าจาก อำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี โดยมีรายละเอียดขั้นตอนการเตรียมน้ำแช่และข้าวข้าวไรซ์เบอร์รี่ ดังนี้ คัดและแยกเอาส่วนที่มีลักษณะเมล็ดแตกและหัก รวมถึงเมล็ดที่มีสีขาวออก จากนั้นทำการแช่ข้าวด้วยน้ำสะอาด อัตราส่วน 1 : 2 แช่เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นทำการหุง และเทน้ำที่ผ่านการแช่และข้าวใส่กรวยกรอง และทำการพาสเจอร์ไรซ์ ที่อุณหภูมิ 62.5 – 63.5 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที

2. ศึกษาการเลือกชนิดและปริมาณของสารก่อโคมเมทที่เหมาะสมการทำแห้งแบบโคมเมทน้ำขาวข้าวไรซ์เบอร์รี่

การเลือกสารก่อโคมเมทที่เหมาะสม โดยการใช้สารก่อโคมเมท 2 ประเภท ได้แก่ Egg albumin (EA) และ Methocel (MC) ในปริมาณร้อยละ 2.5, 3.0 และ 3.5 นอกจากนี้ยังมีการใช้สารผสม Egg albumin และ Methocel (EA:MC) ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 โดยน้ำหนัก ปริมาณร้อยละ 2.5, 3.0 และ 3.5 (ดัดแปลงจาก Auisakchaiyoung และ

Rojanakom, 2015) จากนั้นตีให้เกิดโฟมด้วยเครื่องผสมอาหาร KitchenAid หัวตีตะกร้อ ด้วยความเร็ว ระดับ 5 เป็นเวลา 15 นาที วิเคราะห์ค่าโอเวอร์รัน (Kirk et al., 1991) ความหนาแน่นของโฟม (อรทัย, 2547) การเสีรูปร่างของโฟม (กฤต, 2548) ค่าการละลาย (AL-Kahtani et al., 1699) และร้อยละผลผลิต (%yield) จากนั้นนำโฟมเมทที่ได้เก็บถนอมและเข้าสู่อบลมร้อน (ยี่ห้อ FnB Machinery&Solutions, รุ่น HB-24A) ที่อุณหภูมิ 65±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที จนได้ความชื้นสุดท้ายร้อยละ 8±1 นำออกจากตู้อบและนำไปบดละเอียดด้วยเครื่องปั่นแห้ง (ยี่ห้อ Philips, รุ่น HR2118) และร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐาน (80 mesh) บรรจุลงในถุงซิปล (ขนาด 10×12 เซนติเมตร) (เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 60)

3. ศึกษาชนิดและปริมาณของสารก่อโฟมต่อคุณลักษณะทางกายภาพ เคมีและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำชาข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ทำแห้งด้วยวิธีโฟมเมท

นำผงบัวข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ทำแห้งด้วยวิธีโฟมเมทในข้อ 2 มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ วัดค่าสีของข้าวสารไรซ์เบอร์รี่ โดยใช้เครื่อง Minolta Chroma meter รุ่น CX2428 แสดงผลเป็นค่า L* a* b* (L*= 93.55, a*=-1.06, b*= 1.43) คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น (moisture content) โดยวิธีของ AOAC (2000) ค่า Water Activity (A_w) ด้วยเครื่อง AquaLab 4TE รุ่น S40002573 ปริมาณกรดต่าง โดยใช้เครื่อง pH meter (ยี่ห้อ Sperscientific รุ่น Benchtopmeter860031) และการวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ สารประกอบฟีนอล คัดแปลงตามวิธีของ Iqbal et al. (2005) ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (2,2 diphenyl-1-picrylhydrazyl scavenging activity : DPPH[•]) คัดแปลงตามวิธีของ Iqbal et al. (2005) โดยใช้ Trolox เป็นสารมาตรฐาน ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (2,2'-azinobis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)) diammonium salt (ABTS+ Assay) คัดแปลงจากวิธีของ Choi et al. (2007) ปริมาณแอนโทไซยานิน ด้วยวิธี pH differential คัดแปลงตามวิธีของ Wrolstad et al. (2005) ตามลำดับ

4. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของโฟมเมท

4.1 การวิเคราะห์ค่าโอเวอร์รัน (Overrun)

นำส่วนที่เป็นของเหลวตวงเพื่อหาปริมาตร และจากนั้นทำการตีโฟมแล้วจึงนำโฟมตวงหาปริมาตรอีกครั้งและจดบันทึก จำนวนได้จากสูตร (Kirk และ Sawyer, 1991)

$$**Overrun (\text{ร้อยละ}) = \frac{(\text{น.น.ต่อหน่วยปริมาตรของส่วนผสม} - \text{น.น.ต่อหน่วยปริมาตรของโฟม}) \times 100}{\text{น.น.ต่อหน่วยปริมาตรของโฟม}}$$

4.2 การวิเคราะห์ค่าความหนาแน่น (Density)

นำโฟมบรรจุลงในถ้วยพลาสติกที่ชั่งน้ำหนักแล้วให้เต็มและปราศจากโพรงอากาศภายในถ้วย เกลี่ยโฟมที่ล้นบริเวณปากถ้วยด้วยพายยาง เช็ดบริเวณรอบนอกถ้วยไม่ให้มีเศษโฟมเหลืออยู่จากนั้นชั่งน้ำหนัก จำนวนได้จากสูตร (อรทัย, 2547)

$$**\text{ความหนาแน่นของโฟม (กรัม/มิลลิลิตร)} = \frac{\text{น้ำหนักโฟม}}{\text{ปริมาตรถ้วย}}$$

4.3 การวิเคราะห์ความคงตัวของโฟม (Stability)

การวิเคราะห์ความคงตัวของโฟม (กฤต, 2548) ความคงตัวของโฟมวัดจากปริมาตรของเหลวแยกตัวออกจากโฟม โดยถ้าปริมาตรของเหลวที่แยกออกจากโฟมมีค่ามากแสดงว่าโฟมมีความคงตัวน้อย (Karim et al., 1999) ปริมาตรของเหลวที่แยกออกจากโฟม หาได้โดยนำโฟมใส่ลงในกรวยกรองซึ่งวางอยู่บนกระบอกตวงขนาด 20 มิลลิลิตร บันทึกปริมาตรของเหลวที่แยกตัวออกจากโฟมเมื่อเวลาผ่านไป 2 ชั่วโมง

4.4 การวิเคราะห์ค่าการละลาย (Dissolution)

การวิเคราะห์ค่าการละลาย (AL-Kahtani et al., 1999) ชั่งผงแห้งให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น (อุณหภูมิห้อง) ปริมาณ 125 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร กวนของผสมทั้งหมดด้วย magnetic stirrer ที่ความเร็วระดับ 5 จังหวะเวลา ที่ใช้ในการละลายของผงจนสมบูรณ์

4.5 ร้อยละผลผลิต (% Yield)

การคำนวณร้อยละของผลผลิต คำนวณได้จากสูตร

$$\text{**ร้อยละผลผลิต (\%Yield)} = \frac{\text{น้ำหนักของผงที่อบได้ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักของโคม (กรัม)}} \times 100$$

4.6 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

นำผงน้ำข้าวข้าวไรซ์เบอร์รี่ 3 กรัม มาผสมน้ำสะอาด 125 มิลลิลิตร เป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นนำน้ำที่ผ่านการผสมผงน้ำข้าวข้าวไรซ์เบอร์รี่แล้ว มาวัดด้วยเครื่องพีเอชมิเตอร์ ยี่ห้อ Sperscientific รุ่น Benchtopmeter860031

4.7 ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total solids: TS)

นำผงน้ำข้าวข้าวไรซ์เบอร์รี่ 3 กรัม มาผสมน้ำสะอาด 125 มิลลิลิตร เป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นนำน้ำที่ผ่านการผสมผงน้ำข้าวข้าวไรซ์เบอร์รี่แล้ว มาวัดด้วยเครื่องรีเฟกโตมิเตอร์ (Refractometer) ยี่ห้อ Portable รุ่น FG103/113

4.8 ปริมาณความชื้น (Moisture content) (AOAC, 2000)

อบภาชนะสำหรับหาความชื้นในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 2-3 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้นหลังจากนั้นชั่งน้ำหนัก และทำเช่นเดียวกับข้างต้นซ้ำจนได้ผลของน้ำหนักทั้ง 2 ครั้ง ติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม ต่อมาทำการชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนอย่างละเอียดประมาณ 1-2 กรัม ใส่ในภาชนะหาความชื้นที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว นำไปเข้าตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 5-6 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบไฟฟ้าใส่โถดูดความชื้นหลังจากนั้นชั่งน้ำหนัก และอบซ้ำอีก 30 นาที และทำแบบเดิมจนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้ง 2 ครั้ง ติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

คำนวณหาปริมาณความชื้นจากสูตร

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}} \times 100$$

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การทดลองทั้งหมดทำ 3 ซ้ำ รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย (Mean) ออกแบบการทดลองด้วยแผนการทดลองแบบ 3×3 Factorial in Completely Randomized Design (CRD) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ (SPSS 16) Analysis of Variance (ANOVA) ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลของการศึกษาชนิดและปริมาณสารก่อโคมในการผลิตผงน้ำข้าวข้าวไรซ์เบอร์รี่ โดยการใช้สารก่อโคม 2 ประเภท ได้แก่ Egg albumin (EA) และ Methocel (MC) ในปริมาณร้อยละ 2.5, 3.0 และ 3.5 นอกจากนี้ยังมีการใช้สารผสม Egg albumin และ Methocel (EA:MC) ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 โดยน้ำหนัก ปริมาณร้อยละ 2.5, 3.0 และ 3.5 (ดัดแปลงจาก Auisakchaiyoung et al., 2015)

จากการตรวจสอบคุณภาพของผงน้ำข้าวข้าวไรซ์เบอร์รี่ โดยวิธีการอบแห้งแบบโฟมเมท (ตารางที่ 1) พบว่า EA มีความสามารถในการละลายที่เร็วกว่า MC และ EA:MC อาจเนื่องมาจาก MC มีสายโพลิเมอร์ของเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบหลัก มีคุณสมบัติที่สามารถกระจายตัวได้ดีในความร้อน เมื่อละลายโดยใช้ความร้อนจึงทำให้ MC ละลายได้เร็ว เพราะฉะนั้น MC จึงมีคุณสมบัติที่ละลายน้ำที่อุณหภูมิห้องได้ไม่ดี แต่สามารถกระจายตัวและละลายได้ดีในน้ำร้อน จึงสามารถละลายได้เร็วกว่า และ MC สามารถทำหน้าที่เป็นสารลดแรงตึงผิวซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ดีช่วยให้โฟมมีความคงตัวมากขึ้น เมื่อนำไปอบแห้ง MC จะช่วยพยุงโครงสร้างของโฟมไว้ไม่ให้ฟองอากาศเกิดการยุบตัวลง (อรทัย, 2547) โฟมที่อบแห้งแล้วจึงมีโครงสร้างเป็นรูพรุน ซึ่งน้ำสามารถซึมผ่านเข้าไปในรูพรุนได้จึงสามารถละลายได้อย่างรวดเร็ว

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางกายภาพของผงน้ำข้าวข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ใช้สารก่อโฟมชนิดต่างๆ

Types of foaming agents		Overrun (%)	Density (g/mL)	Stability (mL/min)	Dissolution (min)	% Yield
Egg albumin (EA)	2.5	10.0±5.0 ^g	8.4±0.1 ^f	8.8±0.4 ^f	2.94±0.30 ^h	7.03±0.20 ^{bc}
	3	110.0±10.0 ^f	8.9±0.2 ^f	12.4±0.4 ^c	4.24±0.18 ^g	4.54±0.36 ^g
	3.5	209.2±8.8 ^d	6.4±0.1 ^g	10.5±0.3 ^d	5.88±0.32 ^f	9.79±0.33 ^a
Methocel (MC)	2.5	270.0±10.1 ^c	29.2±0.1 ^d	10.8±0.6 ^d	42.36±0.17 ^c	6.52±0.22 ^{de}
	3	275.0±2.5 ^c	31.5±0.1 ^c	10.6±0.6 ^d	41.43±0.78 ^b	6.71±0.26 ^{cd}
	3.5	310.8±11.3 ^b	26.4±0.3 ^e	9.7±0.2 ^e	43.39±0.77 ^a	7.48±0.32 ^b
EA : MC (1:1)	2.5	388.3±10.4 ^a	24.7±0.6 ^e	10.7±0.8 ^d	13.31±0.21 ^c	6.23±0.22 ^{def}
	3	173.3±20.8 ^c	45.5±3.1 ^a	14.9±0.2 ^a	19.56±0.38 ^d	5.81±0.31 ^f
	3.5	277.8±11.5 ^c	33.8±0.5 ^b	13.9±0.3 ^b	18.82±0.51 ^d	6.15±0.20 ^{ef}

หมายเหตุ : ^{a-h} Mean with in the column with different superscript letters differ significant (p<0.05)

จากการศึกษาค่าร้อยละการขึ้นฟู (Overrun) พบว่า การขึ้นฟู ของ EA, EA:MC และ MC ปริมาณร้อยละ 2.5, 3.0 และ 3.5 มีค่าร้อยละการขึ้นฟูอยู่ในช่วง 10.0 ถึง 388.3 (ตารางที่ 1) เห็นได้ว่า EA:MC ในทุกร้อยละการขึ้นฟูอยู่ในช่วงร้อยละ 173.3 ถึง 388.3 และมีค่าร้อยละการขึ้นฟูสูงสุด เนื่องจาก EA:MC มีการผสมผสานระหว่าง EA ที่ช่วยในการขึ้นฟู ส่วนของ MC มีคุณสมบัติในการยึดเกาะ และช่วยให้มีล้นชั้นคงตัว และ MC เป็นกัม (Gum) มีคุณสมบัติเป็นเจล (Gel) สามารถทำหน้าที่เป็นตัวลดแรงตึงผิว และเกิดสภาพฟิล์มในอาหารได้ ทำให้มีคุณสมบัติที่ดีในการเป็นสารช่วยให้เกิดโฟมและความคงตัวในอาหารที่ต้องการทำแห้งแบบโฟมเมท (Paras et al., 2010) ด้วยคุณสมบัติที่กล่าวมาข้างต้นทำให้ผลผลิตของสารก่อโฟม MC มีค่าร้อยละของผลผลิตสูงที่สุด (ตารางที่ 1)

ค่าความหนาแน่น (Density) ของโฟม EA, EA:MC และ MC ในปริมาณร้อยละ 2.5, 3.0 และ 3.5 มีค่าอยู่ในช่วง 8.4 ถึง 45.5 กรัมต่อมิลลิลิตร โฟมที่ได้จาก EA:MC ฟองอากาศที่ได้จะไม่ยุบตัวทำให้ความหนาของโฟมมีค่าสูง ค่าการขึ้นฟูของโฟมที่สูงแสดงถึงความสามารถในการกักเก็บอากาศในโฟมมากขึ้นส่งผลให้ค่าความหนาแน่นของโฟมเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าค่าความหนาแน่น ปริมาณการแยกตัวของของเหลว (Stability) มีความสัมพันธ์กัน โดยโฟมที่มีความหนาแน่นน้อย มีปริมาณการแยกตัวของของเหลวต่ำ ซึ่งแสดงว่าโฟมนั้นมีความคงตัวสูงและมีค่าการขึ้นฟู (Overrun) สูง เนื่องจากโฟมที่มีค่าความหนาแน่นต่ำนั้นหมายถึงฟิล์มของโฟมมีความสามารถในการอุ้มอากาศไว้ในฟิล์มได้มาก (Karim และ Wai, 1999) ตามตารางที่ 1

ค่าความเป็นกรดต่างอยู่ในช่วง 6.24 ถึง 6.85 (ตารางที่ 2) ซึ่งสามารถอธิบายผลได้ว่า เมื่อนำผงน้ำชาข้าวไรซ์เบอร์รี่มาละลายน้ำและวัดค่าความเป็นกรดต่างจะอยู่ในช่วงเดียวกันกับน้ำเปล่า (pH 6.4-7.4) เนื่องจากผงน้ำชาข้าวไรซ์เบอร์รี่ไม่มีสารที่มีความเป็นกรดเต็มลงไปเลย เช่นเดียวกันกับค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total solids: TS) ของโฟม EA, EA:MC และ MC ปริมาณร้อยละ 2.5, 3.0 และ 3.5 มีค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 2) โดยมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 2.9 ถึง 3.5 °Brix ปริมาณความชื้น (Moisture content) และค่าปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (Water activity: A_w) ของน้ำชาข้าวไรซ์เบอร์รี่เปรียบเทียบผลระหว่าง EA, MC และ EA:MC ที่เติมในปริมาณร้อยละ 2.5, 3.0 และ 3.5 จะเห็นว่า MC มีค่าปริมาณความชื้นมากกว่า EA เนื่องจากในขั้นตอนการตีโฟมของ MC โฟมที่ได้มีลักษณะเป็นฟองละเอียดและร่วนจำนวนมาก เมื่อนำออกจากเตอบสู่บรรยากาศภายนอกที่มีความชื้นสูง ส่งผลให้อากาศแทรกเข้าไปในโมเลกุลของน้ำชาข้าวไรซ์เบอร์รี่ จึงทำให้ฟองที่ท่าจากสารก่อให้เกิดโฟม MC เกิดการดูดความชื้นกลับรวมถึงปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (อริสตราและคณะ, 2554)

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางกายภาพ เคมีของสารก่อโฟมในผงน้ำชาข้าวไรซ์เบอร์รี่

Types of foaming agents		pH	TS (°Brix)	Moisture content (% d.b.)	A_w
Egg albumin (EA)	2.5	6.61±0.11 ^b	3.1±0.1 ^{bc}	4.36±0.02 ^f	0.31±0.01 ^c
	3	6.85±0.14 ^a	3.2±0.1 ^b	4.60±0.15 ^c	0.29±0.00 ^f
	3.5	6.71±0.07 ^{ab}	3.5±0.1 ^a	3.31±0.22 ^g	0.26±0.01 ^g
Methocel (MC)	2.5	6.32±0.09 ^c	3.5±0.1 ^a	6.43±0.02 ^d	0.60±0.01 ^a
	3	6.74±0.10 ^{ab}	3.1±0.1 ^b	6.64±0.11 ^c	0.61±0.01 ^a
	3.5	6.77±0.06 ^{ab}	2.9±0.1 ^c	6.49±0.05 ^{cd}	0.51±0.01 ^b
EA : MC (1:1)	2.5	6.70±0.19 ^{ab}	2.9±0.2 ^c	8.29±0.04 ^b	0.47±0.01 ^c
	3	6.24±0.12 ^c	2.9±0.2 ^c	8.25±0.16 ^b	0.43±0.01 ^d
	3.5	6.84±0.09 ^a	3.1±0.1 ^{bc}	8.51±0.07 ^a	0.44±0.01 ^d

หมายเหตุ : ^{a-f} Mean with in the column with different superscript letters differ significant ($p < 0.05$)

ผงน้ำชาข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ได้จากการผลิตโดยวิธีการอบแห้งแบบโฟม-เมท นำมาวัดค่าสี พบว่า มีค่าความสว่าง (L*) EA MC และ EA:MC มีค่า 38.91-43.02, 48.03-53.98 และ 36.55-50.11 ตามลำดับ มีค่าสีเขียว (+a*) จนถึงสีแดง (-a*) EA MC และ EA:MC มีค่า 10.59-12.17, 11.62-12.18 และ 11.55-12.81 ตามลำดับ มีค่าสีน้ำเงิน (+b*) จนถึงสีเหลือง (-b*) EA MC และ EA:MC มีค่า 14.18-15.67, 6.61-7.13 และ 8.81-18.04 ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ดังนั้น จากการวัดค่าสี L* a* และ b* ของผงน้ำชาข้าวไรซ์เบอร์รี่ พบว่าสารก่อโฟม EA:MC ที่ปริมาณร้อยละ 2.5 มีลักษณะเป็นสีม่วงเข้ม รองลงมาคือ สารก่อโฟม EA ที่ปริมาณร้อยละ 2.5 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าสีของผงน้ำชาข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ละลายน้ำแล้วพบว่า สารก่อโฟม MC มีค่า L* ที่มีลักษณะเป็นสีเข้มมากกว่าสารก่อโฟมชนิดอื่น ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่า a* ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) เนื่องจากน้ำชาข้าวไรซ์เบอร์รี่มีลักษณะเป็นสีม่วงออกแดงทำให้เมื่อละลายแล้วค่า a* จึงมีค่าน้อย เช่นเดียวกันกับค่า b* ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 3 ผลของสารก่อโฟมต่อค่าสีของผงน้ำข้าวข้าวไรซ์เบอร์รี่

Types of Foaming agents		Colour of powder			Colour of dissolved powder		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*
Egg albumin (EA)	2.5	38.91±0.34 ^h	12.17±1.15 ^{ab}	14.18±1.50 ^c	4.93±0.57 ^{ab}	4.06±3.83 ^a	2.32±3.07 ^a
	3	40.27±0.40 ^g	11.99±0.25 ^{ab}	15.67±0.64 ^b	4.50±0.34 ^{ab}	2.10±0.72 ^a	2.92±1.57 ^a
	3.5	43.02±0.02 ^f	10.59±0.28 ^c	14.82±0.24 ^{bc}	5.19±0.81 ^{ab}	6.22±2.28 ^a	-0.81±1.65 ^{ab}
Methocel (MC)	2.5	48.03±0.19 ^d	11.62±0.45 ^b	6.61±0.47 ^f	4.68±1.76 ^{ab}	5.49±2.77 ^a	-1.11±1.83 ^{ab}
	3	51.91±0.05 ^b	12.18±0.16 ^{ab}	7.13±0.23 ^f	3.36±0.96 ^b	5.50±2.76 ^a	-1.19±3.66 ^{ab}
	3.5	53.98±0.37 ^a	11.71±0.46 ^b	7.24±0.13 ^f	2.98±0.57 ^a	3.21±2.94 ^a	-4.61±4.53 ^b
EA : MC (1:1)	2.5	36.55±0.12 ⁱ	12.81±0.58 ^a	18.04±0.29 ^a	3.92±0.75 ^{ab}	2.73±3.44 ^a	-0.57±1.62 ^{ab}
	3	47.01±0.17 ^c	11.44±0.30 ^{bc}	11.50±0.79 ^d	4.19±0.36 ^{ab}	4.68±2.36 ^a	-3.85±3.37 ^b
	3.5	50.11±0.02 ^c	11.46±0.53 ^{bc}	8.81±0.11 ^c	4.55±1.34 ^{ab}	3.87±2.59 ^a	-1.91±3.14 ^{ab}

หมายเหตุ : ^{a-i} Mean with in the column with different superscript letters differ significant (p<0.05)

สำหรับปริมาณแอนโทไซยานินพบว่าเมื่อใช้สารเกิดโฟม EA, EA:MC และ MC ปริมาณร้อยละ 2.5, 3.0 และ 3.5 ปริมาณแอนโทไซยานินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) (ตารางที่ 4) แต่เมื่อพิจารณาที่ชนิดและปริมาณของสารก่อโฟม พบว่า สารก่อให้เกิดโฟมชนิด EA:MC และ EA ปริมาณร้อยละ 3 และ 2.5 สามารถเก็บกักปริมาณแอนโทไซยานินได้มากกว่า เนื่องจากผลการจางเจือ (dilution effect) ซึ่งสอดคล้องกับ Souza et.al. (2014)

ตารางที่ 4 ผลของชนิดและปริมาณสารก่อโฟมต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในผงน้ำข้าวข้าวไรซ์เบอร์รี่

Types of Foaming agents		Anthocyanin content	Total phenolic	Antioxidant content (mg Trolox eq./g)	
		(mg/L)	(mg Gallic eq./100g)	DPPH ⁺	ABTS ⁺
Egg albumin (EA)	2.5	5.98±0.63 ^a	4.66±0.03 ^b	9.24±0.31 ^a	1.20±0.01 ^a
	3	4.78±0.70 ^{ab}	4.44±0.13 ^c	8.81±0.19 ^b	1.12±0.08 ^a
	3.5	2.77±0.81 ^{cd}	4.18±0.12 ^d	7.17±0.30 ^d	0.83±0.13 ^{bc}
Methocel (MC)	2.5	3.17±0.87 ^{cd}	4.71±0.09 ^b	8.61±0.04 ^{bc}	1.17±0.20 ^a
	3	2.70±0.87 ^{cd}	4.67±0.20 ^b	8.39±0.04 ^c	0.94±0.06 ^{ab}
	3.5	1.87±0.45 ^d	3.75±0.08 ^e	6.21±0.12 ^c	0.67±0.11 ^{bcd}
EA : MC (1:1)	2.5	4.11±0.99 ^{bc}	4.85±0.01 ^b	1.77±0.30 ^h	0.53±0.18 ^d
	3	2.97±0.85 ^{cd}	4.10±0.05 ^d	3.95±0.30 ^g	0.59±0.29 ^{cd}
	3.5	3.17±0.76 ^{cd}	6.17±0.10 ^a	4.96±0.18 ^f	0.78±0.09 ^{bcd}

หมายเหตุ : ^{a-h} Mean with in the column with different superscript letters differ significant (P<0.05)

ในส่วนของปริมาณสารประกอบฟีนอลของสารก่อโพลีเมอร์ EA, EA:MC และ MC ปริมาณร้อยละ 2.5, 3.0 และ 3.5 มีปริมาณที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) คืออยู่ในช่วง 3.75 ± 0.12 ถึง 6.17 ± 0.10 mg Gallic eq./100g จากการเปรียบเทียบปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสองวิธีคือ แบบ DPPH⁺ และ ABTS⁺ พบว่าสารก่อโพลีเมอร์ EA, EA:MC และ MC ปริมาณร้อยละ 2.5, 3.0 และ 3.5 มีปริมาณที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่งค่าทั้งสองมีความสัมพันธ์กัน เนื่องจาก DPPH⁺ และ ABTS⁺ เป็นอนุมูลอิสระที่ค่อนข้างเสถียร โดยอนุมูล DPPH เป็นอนุมูลไนโตรเจนที่คงตัว มีสีม่วง อยู่ในรูปของอนุมูลอยู่แล้ว ไม่ต้องทำปฏิกิริยาเพื่อให้เกิดอนุมูลเหมือนกับกรณี ABTS โดยเป็นการวัดความสามารถของสารทดสอบในการกำจัดอนุมูลอิสระโดยวิธีให้ไฮโดรเจนอะตอม ซึ่งเป็นวิธีเบื้องต้นที่นิยมใช้ในการทดสอบการต้านอนุมูลอิสระโดยทั่วไปส่วนการทดสอบฤทธิ์ในการกำจัดอนุมูลอิสระ ABTS เป็นวิธีที่ใช้ทดสอบฤทธิ์ในการกำจัดอนุมูลอิสระชนิดเปอร์ออกซิ เนื่องจาก ABTS เป็นอนุมูลอิสระที่ละลายตัวให้อนุมูลเปอร์ออกซิ ซึ่งการทดลองทั้งสองวิธีนี้ทำปฏิกิริยาในตัวกลางที่เป็นสารอินทรีย์ (Organic Solvent) (ดวงพรและคณะ, 2551; นุหรัน, 2556) ซึ่งจากการทดลองพบว่า EA ที่ปริมาณร้อยละ 2.5 มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดทั้งสองค่า คือ DPPH⁺ และ ABTS⁺ มีค่า 9.24 ± 0.31 และ 1.20 ± 0.01 mg Gallic eq./100g ตามลำดับ เนื่องจากสภาวะในการอบแห้งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบฟีนอลและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ การอบแห้งโดยใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงทำให้เกิดสีน้ำตาลบนตัวของโพลีเมอร์และขนาดการอบ ทำให้ปริมาณสารฟีนอลมีการเพิ่มขึ้น (Paras et al., 2010) (Kohyama et al. 2009)

สรุปผลการวิจัย

จากคุณลักษณะและคุณภาพของน้ำข้าวข้าวไรซ์เบอร์รี่ผง โดยวิธีการอบแห้งแบบโพลีเมอร์โดย EA ปริมาณร้อยละ 2.5 เป็นสารก่อโพลีเมอร์ที่มีความสามารถในการละลายได้ดีกว่าการใช้ MC หรือ EA:MA และยังรวมถึงร้อยละผลผลิตที่ได้อยู่ในระดับปานกลาง และเมื่อเปรียบเทียบกับลักษณะคุณภาพในการคืนรูปของน้ำข้าวข้าวไรซ์เบอร์รี่ พบว่า น้ำข้าวข้าวไรซ์เบอร์รี่ผงคืนรูปมีปริมาณแอนโทไซยานิน สารประกอบฟีนอล และสารต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด ซึ่งสารทั้งสามชนิดมีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ทำวิจัยขอขอบพระคุณ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในด้านสถานที่อาคารปฏิบัติการเทคโนโลยีการอาหาร ตลอดจนห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ผักและผลไม้ รวมถึงอาจารย์ที่ปรึกษาและอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมที่ให้ทุนและวัสดุคิบบในการทดลองและวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กฤต บุษยะวรรณะ. เครื่องดื่มผงจากผลของผสมผลไม้โดยการทำแห้งแบบโพลีเมอร์ [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร]. เชียงใหม่: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2548.
งามชื่น คงเสรี. การสร้างคำแนะนำการหุงต้มข้าวหอมมะลิไทย. กรุงเทพฯ: หนังสือคุณภาพและการตรวจสอบข้าวหอมมะลิไทย.. 2547. หน้า 63-73.

- ดวงพร อมรเลิศพิศาล, ยุวดี พีรพรพิศาล, ธวัช เต้โตตติกุล, อุเทน จำใจ, มัณฑนา นวลเจริญ และ ดวงตา กาญจนโพธิ์.
ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของ *Sargassumpolycystum* C. Agardh. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง 2551; 2(2):
96-103.
- บุหรัน พันธุ์สุวรรณ. อนุมูลอิสระ สารต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
2556; 21(3): 275-286.
- ปวีณา ชัยมงคลมณี, อรุณศรี ลีจรรย์เนียร. การผลิตแอนโทไซยานินผงจากเปลือกองุ่นด้วยวิธีเอนแคปซูเลชันร่วมกับการ
ทำแห้งแบบโคมเมท. การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 36 . 2558;
หน้า 491-498.
- ศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าว. “ข้าวไรซ์เบอร์รี่”. [ออนไลน์] 2559 [อ้างเมื่อ 4 มกราคม 2562] จาก: [https:// www.dna.kps.ku.ac.th](https://www.dna.kps.ku.ac.th)
อรทัย บุญทะวงค์. กรรมวิธีและลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์มะเขีง (*Cleistocalyx nervosum* var. *paniala*) ผงขงละลาย
ที่ผลิตโดยวิธีเคลือบผิวน้ำตาลและวิธีอบแห้งแบบโคม-เมท [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร]. เชียงใหม่: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2547.
- อริสรา โพธิ์สนาม, ชนินทร์ น้อยอามาตย์, ศิริพร แก้วสอาด. คุณภาพของเม้าผงขงละลายที่ผลิตโดยวิธีการอบแห้งโคม-
เมท. การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2554; หน้า 765-769.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis of AOAC international (17th Eds.).
AOAC International. Gaithersburg, MD; 2000.
- Al-khatani HA, Hasson BH.. Spray drying of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) extract. Journal of food Science 1990;
55(4): 1073-1076.
- Auisakchaiyoung T, Rojanakorn T. Effect of foam-mat drying conditions on quality of dried Gac fruit (*Momordica
cochinchinensis*) aril. International Food Research Journal 2015; 22: 2025-2031.
- Choi Y, Jeong HS, Lee J. Antioxidant activity of methanolic extracts from some grains consumed in
Korea. Food Chemistry 2007; 103: 130-138.
- Karim AA, Wai CC. Foam-mat drying of starfruit (*Averrhoa carambola* L.) puree. Stability and air drying
characteristics. Food Chemistry Journal 1999; 64: 337-343.
- Kirk RS, Sawyer R. Pearson's composition and analysis of food. 9th ed. New York: John Wiley and Sons; 1991.
- Kohyama N, Fujita M, Ono H, Ohnishi-Kameyama M, Matsunaka H, Takayama T et al. Effects of phenolic
compounds on the browning of cooked barley. Journal Agricultural Food Chemistry 2009; 57(14): 6402-7.
- Iqbal S, Bhangar MI, Anwar F. Antioxidant properties and components of some commercially available varieties of
rice bran in Pakistan. Food Chemistry 2005; 93(2): 265-272.
- Paras S, Hardeep SG. Effect of sand roasting and microwave cooking on antioxidant activity of barley. Food
Research International. (on line). 2010.
- Wrolstad R, Durst R, Lee J. Tracking color and pigment changes in anthocyanin products. Trends in Food Science and
Technology 2005; 16: 423-428.



Souza VBD, Fujita A, Thomazini M, Silva ER, Lucon Jr JF, Genovese MI et al. Functional properties and stability of spray-dried pigments from Bordo grape (*Vitis labrusca*) winemaking pomace. *Food Chemistry* 2014; 164: 380-386.