การพัฒนาชาข้าวก่ำเพาะงอกพร้อมชง

Development of Instant Germinated Purple Rice Tea

สิริการ หนูสิงห์, ปาจารีย์ มั่นดี และบุศราภา ลีละวัฒน์*

ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

Sirikarn Noosing, Pajaree Mundee and Bootsrapa Leelawat*

Department of Food Science and Technology, Faculty of Science and Technology,

Thammasat University, Rangsit Centre, Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ตรวจสอบสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตชาข้าวก่ำเพาะงอกพร้อมชง เนื่องจากข้าวก่ำเพาะงอกมีสารต้านอนุมูลอิสระธรรมชาติซึ่งมีประโยชน์ต่อสุขภาพ จากการนำข้าวก่ำเพาะงอกมาคั่วนาน 5 นาที และนำไปแช่ในน้ำที่อุณหภูมิ (55, 60 และ 65 °C) และเวลาต่าง ๆ (5, 15, 25, 35, 45 และ 60 นาที) ในอัตราส่วนระหว่างข้าวก่ำต่อน้ำเท่ากับ 1:3 โดยน้ำหนัก พบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่ทำให้ได้น้ำชาข้าวก่ำมีปริมาณแอนโทไซยานินสูงที่สุดคือ อุณหภูมิ 65 °C นาน 35 นาที จากนั้นศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งน้ำชาข้าวก่ำด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นกระจายโดยแปรปริมาณมอลโทเดกซ์ทริน (20, 25 และ 30 % โดยน้ำหนัก) และอุณหภูมิขาเข้าของเครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจาย (140 และ 160 °C) พบว่าการเติมมอลโทเดกซ์ทริน 30 % ทำให้ได้ร้อยละผลผลิตผงชาข้าวก่ำสูงที่สุด และมีค่าการละลายดีที่สุดเมื่อนำมาคืนรูป มีคะแนนทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏและสีของน้ำชามากที่สุด การใช้อุณหภูมิขาเข้าของการทำแห้ง 160 °C ทำให้ได้ผงชาข้าวก่ำที่มีสมบัติทางกายภาพ และมีคะแนนทางประสาทสัมผัสที่ดีกว่าที่อุณหภูมิ 140 °C เมื่อวิเคราะห์ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (EC_{50}) ของผงชาข้าวก่ำโดยวิธี DPPH พบว่ามีค่าเท่ากับ 4.696 mg/ml

คำสำคัญ : ข้าวก่ำ; ข้าวงอก; ชาข้าว; ชาพร้อมชง

Abstract

This research was aimed to find the optimum condition to produce the instant germinated purple rice tea as it contains natural antioxidants that are benefits to health. The germinated purple rice was initially roasted for 5 minutes and steeping in water (germinated purple rice to water ratio is 1:3 by weight) at various steeping temperatures (55, 60 and 65 °C) and steeping time (5, 15, 25, 35, 45 and 60 minutes). The results found that the optimum condition for producing germinated purple rice tea with the highest anthocyanin was at 65 °C for 35 minutes. The levels

***ผู้รับผิดชอบบทความ :** jafood@hotmail.com

of maltodextrin (20, 25 and 30 % w/w) and the inlet temperatures of spray dryer (140 and 160 °C) were studied to find the optimum condition for drying purple rice tea by spray drying method. It was found that the addition of 30 % maltodextrin in germinated rice tea gave the highest % yield, the best solubility and the highest scores of appearance and color by sensory evaluation. The inlet temperature of 160 °C was chosen to produce the instant germinated purple rice tea powder because it gave better physical properties and higher sensory evaluation scores than the other one. The EC_{50} of instant germinated purple rice tea from DPPH assay was 4.696 mg/ml.

Keywords: purple rice; germinated rice; rice tea; instant tea

1. บทนำ

ข้าวเป็นธัญพืชหลักเพื่อการบริโภคของคนไทยทุกภาคทั้งข้าวเจ้าหรือข้าวเหนียว ในอดีตคนไทยนิยมบริโภคข้าวที่ผ่านการสีด้วยวิธีโบราณ ทำให้ได้ข้าวสารที่มีสีธรรมชาติ มีสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ สามารถยับยั้งหรือต่อต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน หรือขจัดอนุมูลอิสระออกจากร่างกายได้ [1] จึงช่วยป้องกันโรคต่าง ๆ ได้หลายชนิด

ข้าวก่ำ (purple rice) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Oryza sativa* L. *indica* เป็นข้าวพันธุ์หนึ่งที่นิยมปลูกมากในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย [2] มักนำมาบริโภคเป็นขนมหรือของหวาน มีชื่อเรียกหลากหลาย ทั้งข้าวเหนียวดำ (lback sticky rice) ข้าวที่ถูกลืม (forbidden rice) ข้าวป่า (wild rice) ข้าวดำจีน (Chinese black rice) เป็นต้น มีสีออกแดงม่วงไปจนถึงม่วงเข้ม [3] มีคุณค่าทางอาหารมาก ประกอบไปด้วยไขมัน คาร์โบไฮเดรต เส้นใยอาหาร วิตามินเอ วิตามินบี รวมทั้งโปรตีน และวิตามินอีอีกเล็กน้อย เหล็ก และแคลเซียม แต่สารที่สำคัญของข้าวก่ำคือสารสีม่วงแดงของเปลือกหุ้มเมล็ด ได้แก่ แอนโทไซยานิน แกมมาออริซานอลโดยมีแอนโทไซยานิน และโปรแอนโทไซยานิดิน ซึ่งสูงกว่าข้าวขาว 8-16 เท่า นอกจากนี้ยังมีสารแกมมาโอไรซานอลสูงกว่าข้าวขาว 2-3 เท่า โดยมีสมบัติในการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเช่นเดียวกับแอนโทไซยานิน สามารถลดคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ได้เช่นกัน [4] ดังเช่นงานวิจัยของ Pereira-Caro และคณะ (2013) ได้วิเคราะห์ Japanese black-purple rice พบว่าอุดมไปด้วยแอนโทไซยานิน 7 ชนิด ในปริมาณที่สูง (1,400 μg/g น้ำหนักเมล็ดสด) มีสารประกอบจำพวก flavonol glycosides 5 ชนิด โดยเฉพาะ quercetin-3-O-glucoside และ quercetin-3-O-rutinoside นอกจากนี้ยังมีแคโรทีนอยด์ 3.9 μg/g ได้แก่ lutein, zeaxanthin, lycopene และ β-carotene และยังมี γ-oryzanol (279 μg/g) ซึ่งอยู่ร่วมกับ 24-methylenecycloartenol ferulate, campesterol ferulate, cycloartenol ferulate และ β-sitosterol ferulate ซึ่งทั้งหมดนี้แสดงให้เห็นว่า Japanese black–purple rice อุดมไปด้วยสารที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ และเป็นไปได้ที่จะนำไปใช้เป็นอาหารเพื่อสุขภาพ [5]

แอนโทไซยานินและโปรแอนโทไซยานินเป็นสารที่สำคัญมากที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในข้าวก่ำ รวมไปถึงผักและผลไม้ที่มีสีแดงชนิดต่าง ๆ มีสมบัติที่ละลายได้ทั้งในน้ำและแอลกอฮอล์ โครงสร้างสามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่ออยู่ในสภาวะต่าง ๆ [2] เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแอนโทไซยานินในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยการวัดค่า oxygen

radical absorbance capacity (ORAC) พบว่า แอนโทไซยานินมีแอกทิวิตีสูงกว่า trolox ประมาณ 3.5 เท่า [6] โดยแอนโทไซยานินที่อยู่ในข้าวก่ำเป็นแอนโทไซยานินในกลุ่มของ cyanidin-3-glucoside โดยมีรายงานว่า cyanidin-3-glucoside มีแอคติวิตีสูงกว่า trolox ประมาณ 4 เท่า [7]

การทำแห้งแบบพ่นกระจายหรือ spray drying เป็นวิธีการที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการผลิตน้ำผลไม้ผง ซึ่งส่งผลให้ได้ผงน้ำผลไม้ที่มีคุณภาพดี มีปริมาณน้ำอิสระต่ำ ขนส่งสะดวก และเก็บรักษาได้ง่าย ส่วนสมบัติทางเคมี-กายภาพของผงที่ได้นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยในการผลิตต่าง ๆ เช่น ลักษณะของวัตถุดิบที่ใช้ในการป้อนเข้าเครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจาย (ความหนืด ขนาดของอนุภาค และอัตราการไหล) อุณหภูมิและความดันในการทำแห้ง และชนิดของหัวฉีด (atomizer) ดังนั้นการหาสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการทำแห้งแบบพ่นกระจายนั้นจึงเป็นสิ่งที่สำคัญ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพทางลักษณะทางประสาทสัมผัสและคุณค่าทางโภชนาการที่ดี [8]

จากงานวิจัยของพรรณจิรา และคณะ (2545) ได้ทดลองผลิตน้ำผักและผลไม้รวมผงโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบพ่นกระจายและไมโครเวฟสุญญากาศ พบว่าการใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 110 °C และปริมาณมอลโทเดกซ์ทรินร้อยละ 16 โดยน้ำหนัก ให้ผลิตภัณฑ์น้ำผักและผลไม้รวมผงที่มีสมบัติทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสที่ดีที่สุด [9] นอกจากนี้ในปี ค.ศ. 2008 Tonon และคณะ ได้ตรวจสอบอิทธิพลของสภาวะในกระบวนการทำแห้งแบบพ่นกระจายต่อสมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์ของผงอาไซ (acai) โดยใช้ maltodextrin 10 DE เป็น carrier agent และแปรอุณหภูมิขาเข้า 138-202 °C อัตราการไหล 5-25 g/min และความเข้มข้นของ maltodextrin 10-30 % พบว่าเมื่ออุณหภูมิขาเข้าเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ร้อยละของผลิตผล (% yield) และความชื้นเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณความชื้นอิสระและปริมาณแอนโทไซยานินที่เหลือลดลง [8] อีกทั้งยังมีผลงานวิจัยของ Kha และคณะ (2010) ที่ตรวจสอบผลของสภาวะในการทำแห้งแบบพ่นกระจายต่อสมบัติทางเคมีกายภาพและสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของผงเก็ก (Gac) โดยแปรอุณหภูมิขาเข้า 5 ระดับ (120, 140, 160, 180 และ 200 °C) และความเข้มข้นของ maltodextrin 3 ระดับ (10, 20 และ 30 % โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) พบว่าสภาวะในการทำแห้งดังกล่าวส่งผลต่อปริมาณน้ำอิสระ ความหนาแน่นรวม (bulk density) สี ปริมาณแคโรทีนอยด์ ประสิทธิภาพในการเป็นสารห่อหุ้ม และประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ แต่ไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) และดรรชนีการละลายน้ำ และพบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดคือที่อุณหภูมิขาเข้า 120 °C และใช้ maltodextrin ความเข้มข้น 10 % โดยน้ำหนักต่อปริมาตร [10]

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ริเริ่มขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาข้าวก่ำเพาะงอกพร้อมชงเพื่อสุขภาพ ซึ่งถือเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ยังไม่เคยมีมาก่อน โดยการทดลองหากรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตชาข้าวก่ำเพาะงอกพร้อมชง ตลอดจนวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของชาข้าวก่ำเพาะงอก เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ และสะดวกในการบริโภค

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 วัตถุดิบ

- ข้าวก่ำเพาะงอก (ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท เฟเวอร์ออล จำกัด)
- มอลโทเดกซ์ทริน (DE 10) จากบริษัท เอฟเอ กรุ๊ป จำกัด

2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ยี่ห้อ Edelstabl Rostfrei ประเทศเยอรมัน

- เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง ยี่ห้อ Thermo Spectronic รุ่น GENESYS 20 ประเทศสหรัฐอเมริกา

- เครื่องกรองสุญญากาศ ยี่ห้อ GAST รุ่น 1023-101Q-G608NEX ประเทศสหรัฐอเมริกา

- เครื่องวัดสี ยี่ห้อ Colorflex รุ่น Hunter lab CX2687 ประเทศสหรัฐอเมริกา

- เครื่องปั่นเหวี่ยงแบบตกตะกอน ยี่ห้อ TOMY รุ่น MX305 ประเทศญี่ปุ่น

- เครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจาย ยี่ห้อ Armfield รุ่น PT30 ประเทศอังกฤษ

- เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ ยี่ห้อ Aqualab รุ่น CX2 ประเทศสหรัฐอเมริกา

2.3 วิธีการทดลอง

2.3.1 อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการเตรียมน้ำชาข้าวก่ำเพาะงอก

เตรียมน้ำชาข้าวก่ำเพาะงอก โดยการนำข้าวก่ำเพาะงอกที่ผ่านการคั่วจนเมล็ดข้าวพอง และมีกลิ่นหอม เป็นเวลานาน 5 นาที จำนวน 33.3 กรัม มาแช่ในน้ำ 100 มิลลิลิตร (1:3 โดยน้ำหนัก) ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 55, 60 และ 65 °C (ควบคุมอุณหภูมิโดยใช้อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิและคนทุก ๆ 10 นาที) เป็นเวลาแตกต่างกัน 6 ระดับ คือ 5, 15, 25, 35, 45 และ 60 นาที กรองน้ำชาด้วยผ้าขาวบาง ทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำไปกรองผ่านเครื่องกรองสุญญากาศอีกครั้ง นำน้ำชาที่กรองได้ไปวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ในรูปของ cyanidin-3-glucoside [11] ดังสมการ

$$\text{Anthocyanin}(mg/L)=\frac{A\times MW\times DF\times 1000}{\varepsilon\times l}$$

เมื่อ $A = (A_{520}-A_{700})_{pH1.0} - (A_{520}-A_{700})_{pH4.5}$

MW = มวลโมเลกุล เท่ากับ 449.2 กรัม/โมล

DF = dilution factor

1000 = แฟกเตอร์สำหรับการเปลี่ยนกรัมให้เป็นมิลลิกรัม

ε = 29,000 โมลาร์ ($L \times mol^{-1} \times cm^{-1}$)

1 = ความกว้างของคิวเวตต์

2.3.2 อัตราส่วนที่เหมาะสมของมอลโทเดกซ์ทรินและอุณหภูมิขาเข้าของเครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจายที่ใช้ในการผลิตชาข้าวก่ำเพาะงอกพร้อมชง

เตรียมน้ำชาข้าวก่ำเพาะงอก โดยใช้ข้าวก่ำเพาะงอกคั่ว 500 กรัม แช่ในน้ำปริมาตร 1,500 มิลลิลิตร โดยอุณหภูมิและเวลาในการแช่ได้มาจากผลการทดลองที่ 2.3.1 นำมากรอง และผสมกับมอลโทเดกซ์ทริน 3 ระดับ คือ 20, 25 และ 30 % โดยน้ำหนัก คนจนละลายหมด นำมาทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจาย แปรอุณหภูมิขาเข้าที่ใช้ในการทำชาข้าวก่ำเพาะงอกพร้อมชง 2 ระดับ คือ 140 และ 160 °C ผงชาที่ได้นำมาประเมินลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ร้อยละของผลผลิต ของแข็งที่ละลายได้หลังเติมมอลโทเดกซ์ทรินก่อนการทำแห้ง ปริมาณน้ำอิสระ ปริมาณความชื้น และค่าการละลาย ประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน ทดสอบชาข้าวก่ำเพาะงอกที่เตรียมจากผงชาที่ได้จากการใช้อัตราส่วนผงชา 1 กรัม ผสมกับน้ำ 10 มิลลิลิตร ประเมินผลทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความหวาน และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 9-point hedonic scale

2.3.3 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของผงชาข้าวก่ำเพาะงอก

นำผงชาข้าวก่ำเพาะงอกที่คัดเลือกได้จากผลการทดลองข้อ 2.3.2 มาวัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ด้วย DPPH

(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) ซึ่งดัดแปลงจาก Hsu และคณะ (2004) [12] คำนวณ % scavenging effect ดังสมการ

% scavenging effect = $[1 - (A_S - A_{SB}) / A_C] \times 100$

เมื่อ A_S = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่เวลาที่เริ่มคงที่

A_{SB}= ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่ไม่มี DPPH ที่เวลาที่เริ่มคงที่

A_C = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างควบคุมที่เวลาที่เริ่มคงที่

รายงานค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในรูปของ EC_{50} ในหน่วย mg/ml โดยค่า EC_{50} คือ ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่สามารถลดปริมาณอนุมูลอิสระลงได้ครึ่งหนึ่ง

2.3.4 การวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองที่ 2.3.1 แบบ factorial in completely randomized design ส่วนการทดลองที่ 2.3.2 สำหรับการทดสอบทางกายภาพ และการทดสอบทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบ factorial in completely randomized design และ factorial in randomized completely block design ตามลำดับ ทำการทดลอง 2 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS for Windows

3. ผลและการอภิปราย

3.1 อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการเตรียมน้ำชาข้าวก่ำเพาะงอก

จากการเตรียมน้ำชาข้าวก่ำเพาะงอกที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ แล้วนำมาวัดปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดที่อยู่ในรูป cyanidin-3-glucoside ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 1 พบว่าทั้งอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการชงมีผลต่อปริมาณแอนโทไซยานินอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการแช่ข้าวก่ำเพาะงอกสูงขึ้น ทำให้น้ำชาที่ได้มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดมากขึ้น โดยที่อุณหภูมิ 65 °C เป็นสภาวะที่ทำให้ได้ปริมาณแอนโทไซยานินมากที่สุดที่ทุก ๆ เวลาการชง เนื่องจากการใช้อุณหภูมิสูงทำให้เมล็ดข้าวมีความอ่อนนุ่ม ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของดวงกมล และคณะ (2551) ที่พบว่าการใช้อุณหภูมิในการสกัดแอนโทไซยานินจากข้าวเหนียวดำสูงขึ้น มีผลทำให้ได้ปริมาณแอนโทไซยานินสูงขึ้น [14] และเมื่อพิจารณาอุณหภูมิการแช่ที่ 65 °C ที่ระยะเวลาในการแช่เพิ่มมากขึ้น พบว่าปริมาณแอนโทไซยานินมีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงที่เวลาการแช่นาน 35 นาที จากนั้นเมื่อเพิ่มระยะเวลาการแช่ต่อไป ก็ไม่ทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงเลือกสภาวะการแช่ข้าวก่ำที่อุณหภูมิ 65 °C นาน 35 นาที เป็นสภาวะที่ทำให้ได้น้ำชาข้าวก่ำเพาะงอกที่มีปริมาณแอนโทไซยานินสูงที่สุด

3.2 อัตราส่วนที่เหมาะสมของมอลโทเดกซ์ทรินและอุณหภูมิขาเข้าของเครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจายที่ใช้ในการผลิตชาข้าวก่ำเพาะงอกพร้อมชง

จากการแปรปริมาณมอลโทเดกซ์ทรินและอุณหภูมิขาเข้าของการทำแห้งแบบพ่นกระจาย แล้วนำมาประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์ทางด้านกายภาพและทางประสาทสัมผัส พบว่าอุณหภูมิขาเข้าและปริมาณมอลโทเดกซ์ทรินไม่มีปฏิสัมพันธ์กันในทุก ๆ ลักษณะทางกายภาพ โดยปริมาณมอลโทเดกซ์ทรินมีผลต่อร้อยละของผลผลิต ร้อยละของของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) และค่าการละลายของผงชา ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อปริมาณความชื้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนอุณหภูมิขาเข้าของ

การทำแห้ง ไม่มีผลต่อลักษณะต่างๆอย่างมีนัยสำคัญ ตามลำดับ ทางสถิติ (p>0.05) ดังแสดงในตารางที่ 2 และ 3

ตารางที่ 1 ปริมาณแอนโทไซยานิน (mg/L) ของน้ำชาข้าวก่ำเพาะงอกที่ใช้อุณหภูมิและเวลาในการชงต่าง ๆ

อุณหภูมิ (°C)	ค่าเฉลี่ยปริมาณแอนโทไซยานิน (mg/L) ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน					
	เวลาในการชง (นาที)					
	5	15	25	35	45	60
55	30.29±1.72^{g}	43.09±3.57^{f}	53.46±1.16^{e}	56.57±3.13^{de}	59.34±2.20^{de}	61.93±2.40^{de}
60	58.179±2.09^{de}	59.50±0.34^{de}	63.43±0.50^{d}	93.24±0.48^{c}	93.59±0.39^{c}	105.29±0.65^{bc}
65	59.80±7.76^{de}	94.32±1.14^{c}	97.91±1.72^{bc}	113.15±6.61^{a}	106.04±6.09^{ab}	100.39±10.51^{ab}

$^{a,b,c,\ldots}$ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

ตารางที่ 2 ลักษณะทางกายภาพของชาข้าวก่ำเพาะงอกที่ปริมาณของมอลโทเดกซ์ทรินในระดับต่าง ๆ

ปริมาณมอลโทเดกซ์ทริน (%)	ลักษณะทางกายภาพ				
	ผลผลิต (%)	ของแข็งที่ละลายได้ (%)	ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)	ความชื้น^{ns} (%)	ค่าการละลาย (นาที)
20	9.11^{c}±0.50	17.50^{c}±0.38	0.27^{b}±0.03	0.62±0.09	3.79^{a}±0.48
25	10.59^{b}±0.43	21.25^{b}±0.60	0.32^{a}±0.01	0.62±0.09	3.05^{b}±0.53
30	11.50^{a}±0.71	24.00^{a}±0.91	0.34^{a}±0.02	0.64±0.10	2.52^{b}±0.28

$^{a,b,c,\ldots}$ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

^{ns}ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

ตารางที่ 3 ลักษณะทางกายภาพของผงชาข้าวก่ำเพาะงอกที่ได้จากการใช้อุณหภูมิขาเข้าของเครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจายที่ 140 และ 160 °C

อุณหภูมิ (°C)	ลักษณะทางกายภาพ				
	ผลผลิต^{ns} (%)	ของแข็งที่ละลายได้^{ns} (%)	ปริมาณน้ำอิสระ^{ns} (a_w)	ความชื้น (%)	ค่าการละลาย (นาที)
140	10.19±1.14	20.60±2.84	0.32±0.03	0.71^{a}±0.04	3.44^{a}±0.74
160	10.61±1.22	21.23±3.08	0.30±0.05	0.55^{b}±0.07	2.80^{b}±0.48

$^{a,b,c,\ldots}$ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

^{ns}ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มปริมาณมอลโทเดกซ์ทรินทำให้ได้ร้อยละของผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และค่าปริมาณน้ำอิสระของผงชาที่ได้ก็มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตามปริมาณมอลโทเดกซ์ทรินที่ใช้ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.27-0.34 ซึ่งเป็นช่วงที่มีปริมาณน้ำอิสระที่น้อยมาก จึงสามารถป้องกันการเสื่อมเสียและทำให้ผงชามีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนาน ทั้งนี้การเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำอิสระ อาจเกิดจากการดูดความชื้นของมอลโทเดกซ์ทริน นอกจากนี้การเพิ่มปริมาณมอลโทเดกซ์ทรินยังมีผลทำให้เวลาที่ใช้ในการละลายของผงชาลดลง แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ผงชาสามารถละลายและคืนรูปได้ดีเมื่อปริมาณของมอลโทเดกซ์ทรินเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากมอลโทเดกซ์ทรินสามารถละลายน้ำได้ดี ดังนั้นการใช้มอลโทเดกซ์ทรินมาก จึงทำให้มีความสามารถในการละลายได้ดีมากขึ้น ระยะเวลาที่ใช้ในการละลายจึงน้อยลง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของสุนทรี (2545) ที่พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำใบเตยผงมีแนวโน้มในการละลายได้ดีขึ้นเมื่อใช้ปริมาณมอลโตเด็กส์ตรินสูงขึ้น [13] และสอดคล้องกับการทดลองของพรรณจิรา และคณะ (2545) ที่พบว่าเมื่อระดับปริมาณมอลโทเดกซ์ทรินเพิ่มสูงขึ้น ทำให้การละลายของน้ำผักผลไม้ผงดีขึ้น [9]

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิขาเข้าของเครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจายไม่มีผลต่อร้อยละของผลผลิต ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และปริมาณน้ำอิสระ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีผลต่อค่าการละลาย และปริมาณความชื้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อใช้อุณหภูมิขาเข้าของการทำแห้งเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ผงชาข้าวก่ำเพาะงอกสามารถละลายได้ดีขึ้น เนื่องจากการใช้อุณหภูมิสูงทำให้บริเวณผิวเปียกที่อยู่รอบ ๆ โมเลกุลของผงชานั้นน้อยลง ทำให้ลดการเกาะกลุ่มของผงชาที่เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ผงชาละลายได้ไม่ดี ค่าการละลายจึงมีค่าลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของพรรณจิรา และคณะ (2545) [9] และเมื่อใช้อุณหภูมิขาเข้าของการทำแห้งเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ปริมาณความชื้นลดลง เนื่องจากการใช้อุณหภูมิสูงทำให้อัตราการระเหยน้ำออกไปได้มากขึ้น ผงชาจึงมีปริมาณความชื้นต่ำลง

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของชาข้าวก่ำเพาะงอกหลังการคืนรูป พบว่าปริมาณมอลโทเดกซ์ทรินในระดับต่าง ๆ มีผลต่อลักษณะปรากฏและสีของน้ำชาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อกลิ่นรส ความหวาน รสชาติ และความชอบโดยรวมของผู้บริโภค ($p>0.05$) ในขณะที่อุณหภูมิขาเข้าในการทำแห้งไม่มีผลต่อลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความหวาน และความชอบโดยรวมของผู้บริโภค ($p>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4 และ 5 ตามลำดับ

จากตารางที่ 4 พบว่าเมื่อใช้ปริมาณมอลโตเด็กตรินซ์เพิ่มขึ้น ชาข้าวก่ำเพาะงอกหลังจากการคืนรูปแล้ว มีคะแนนการยอมรับในด้านลักษณะปรากฏเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับค่าสี เนื่องจากข้าวก่ำเพาะงอกมีสีแดงเข้ม เมื่อนำมาทำแห้งโดยผสมกับมอลโทเดกซ์ทรินในระดับต่าง ๆ และนำมาคืนรูป น้ำชาที่ผ่านการผสมกับมอลโทเดกซ์ทรินในปริมาณที่มากที่สุดจึงมีสีจางที่สุด แต่ผู้บริโภคกลับชอบมากที่สุด อาจเป็นไปได้ว่าน้ำชาที่ใช้ปริมาณมอลโทเดกซ์ทรินต่ำกว่านี้ ทำให้ได้น้ำชาที่เมื่อนำมาคืนรูปแล้ว มีสีเข้มเกินไปจนไม่น่าบริโภค

จากตารางที่ 5 พบว่าชาข้าวก่ำเพาะงอกหลังจากการคืนรูปที่เตรียมจากการใช้อุณหภูมิขาเข้าของเครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจายที่ 140 และ 160 °C ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อนำคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสพิจารณาร่วมกับผลการทดสอบทางกายภาพ พบว่าผงชาข้าวก่ำเพาะงอกพร้อมชงที่ใช้ปริมาณมอลโทเดกซ์ทริน 30 % และอุณหภูมิขาเข้าของการทำแห้ง

160 °C มีค่าความสามารถในการละลายดีที่สุด มีลักษณะปรากฏและสี ดีที่สุด ดังนั้นจึงเลือกชาข้าวก่ำเพาะงอกที่ปริมาณมอลโทเดกซ์ทริน 30 % และอุณหภูมิขาเข้าของการทำแห้ง 160 °C มาวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในการทดลองขั้นต่อไป

ตารางที่ 4 คะแนนการทดสอบประสาทสัมผัสของชาข้าวก่ำเพาะงอกหลังการคืนรูปที่ปริมาณของมอลโทเดกซ์ทรินในระดับต่าง ๆ

ปริมาณมอลโทเดกซ์ทริน (%)	ลักษณะทางประสาทสัมผัส					
	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น^{ns}	รสชาติ^{ns}	ความหวาน^{ns}	ความชอบโดยรวม^{ns}
20	5.82^{b}±1.70	6.09^{b}±1.60	5.93±1.89	4.87±2.01	4.78±2.29	5.22±2.08
25	6.04^{b}±1.46	6.09^{b}±1.55	5.86±1.62	4.81±1.97	4.70±2.25	5.20±1.92
30	6.28^{a}±1.42	6.53^{a}±1.33	5.89±1.71	4.97±2.00	4.85±2.26	5.40±1.92

$^{a,b,c, \ldots}$ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns}ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 5 คะแนนการทดสอบประสาทสัมผัสของชาข้าวก่ำเพาะงอกหลังการคืนรูปที่อุณหภูมิขาเข้าของการทำแห้งในระดับต่าง ๆ

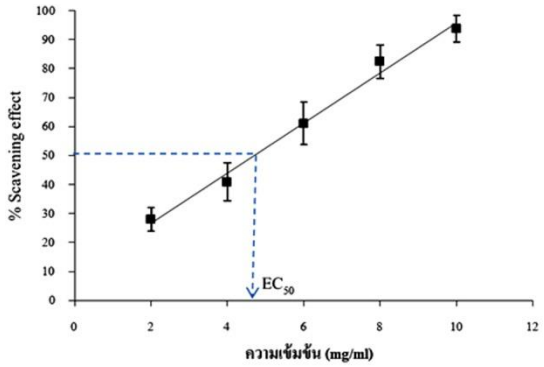
อุณหภูมิ (°C)	ลักษณะทางประสาทสัมผัส					
	ลักษณะปรากฏ^{ns}	สี^{ns}	กลิ่น^{ns}	รสชาติ^{ns}	ความหวาน^{ns}	ความชอบโดยรวม^{ns}
140	6.05±1.496	6.23±1.374	5.95±1.716	4.94±1.994	4.68±2.283	5.22±2.006
160	6.04±1.558	6.21±1.627	5.83±1.762	4.83±1.986	4.87±2.235	5.33±1.937

^{ns}ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

3.3 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของผงชาข้าวก่ำเพาะงอกพร้อมชง

จากการวัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของผงชาข้าวก่ำเพาะงอกที่ใส่ปริมาณมอลโทเดกซ์ทริน 30 % ที่อุณหภูมิขาเข้าของเครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจายที่ 160 °C ให้ผลดังรูปที่ 1

จากรูปที่ 1 พบว่าค่า EC_{50} หรือความเข้มข้นของชาข้าวก่ำเพาะงอกที่ทำให้ % scavenging มีค่าลดลง 50 % มีค่าเท่ากับ 4.696 mg/ml แสดงให้เห็นว่าผงชาข้าวก่ำเพาะงอกที่ใช้มอลโทเดกซ์ทริน 30 % และอุณหภูมิขาเข้าในการทำแห้งที่อุณหภูมิ 160 °C หลังนำมาคืนรูป มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพสูง โดยเมื่อเปรียบเทียบกับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดชาเขียวที่ได้จากการสกัดด้วยน้ำร้อน จากงานวิจัยของ Lin และคณะ (2008) ซึ่งพบว่ามีค่า EC_{50} เท่ากับ 33-43 mg/ml [15] เห็นว่าชาข้าวก่ำเพาะงอกมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าประมาณ 7-9 เท่า



รูปที่ 1 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของผงชาข้าวก่ำเพาะงอกพร้อมชงที่ใช้ปริมาณมอลโทเดกซ์ทริน 30 % และอุณหภูมิขาเข้าในการทำแห้ง 160 °C

จากค่า EC_{50} ที่ต่ำของชาข้าวก่ำเพาะงอก ซึ่งแสดงถึงประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระที่ดี อันเนื่องมาจากสารแอนโทไซยานินที่เป็นองค์ประกอบสำคัญที่มีมากในข้าวก่ำ มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่สูง แม้ว่าในกระบวนการผลิตชาข้าวก่ำเพาะงอกพร้อมชง ข้าวก่ำผ่านการให้ความร้อนหลายขั้นตอนตั้งแต่การคั่วข้าว การเตรียมน้ำชา และการทำแห้งก็ตาม รวมถึงแอนโทไซยานินก็สามารถเสื่อมสลายได้ง่าย ถ้าอยู่ในสภาวะที่มีความเป็นกรด-เบส อุณหภูมิ แสงสว่าง ไม่เหมาะสม แต่ชาข้าวก่ำเพาะงอกพร้อมชงที่ได้ก็ยังคงมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่สูงอยู่ เนื่องจากในข้าวก่ำอุดมไปด้วยแอนโทไซยานินเป็นปริมาณมาก แม้ว่าถูกทำลายไปบางส่วนในระหว่างกระบวนการผลิต แต่ก็ยังมีปริมาณมากพอที่สามารถออกฤทธิ์ได้ดี จึงเหมาะที่จะนำมาเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ อันจะเป็นการเพิ่มความหลากหลายให้กับผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องดื่มชงเพื่อสุขภาพ สำหรับผู้บริโภคที่ใส่ใจต่อสุขภาพต่อไป

4. สรุป

กรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ชาข้าวก่ำเพาะงอกพร้อมชงเพื่อสุขภาพ ทำโดยคั่วข้าวก่ำเพาะงอก นำมาชงที่อุณหภูมิ 65 °C เป็นเวลานาน 35 นาที โดยใช้อัตราส่วนระหว่างข้าว : น้ำ เท่ากับ 1:3 โดยน้ำหนัก เติมปริมาณมอลโทเดกซ์ทริน 30 % โดยน้ำหนัก และนำมาทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจาย โดยใช้อุณหภูมิขาเข้า 160 °C จะทำให้ได้ผงชาข้าวก่ำที่มีปริมาณแอนโทไซยานินสูง ร้อยละผลผลิตสูง ค่าความชื้น และปริมาณน้ำอิสระต่ำ เวลาที่ใช้ในการละลายน้อย และได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านต่าง ๆ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความหวาน และความชอบโดยรวมอยู่ในระดับดี โดยมีค่า EC_{50} เท่ากับ 4.696 mg/ml

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโครงการคลินิกถ่ายทอดเทคโนโลยีประจำปี 2553 ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณ และขอขอบคุณบริษัท เฟเวอร์ออล จำกัด ที่ให้วัตถุดิบข้าวก่ำเพาะงอกสำหรับการทำวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

[1] โอภา วัชระคุปต์, ปรีชา บุญจูง, จันทนา บุญยะรัตน์ และมาลีรักษ์ อัตต์สินทอง, 2550, สารต้านอนุมูลอิสระ Radical Scavenging Agent, พิมพ์ครั้งที่ 2, นิวไทยมิตรการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

[2] วิไลวรรณ แทนธานี, 2550, การใช้สารต้านอนุมูลอิสระจากรำข้าวเหนียวก่ำ (*Oryza sativa* L.) เพื่อยับยั้งการเกิดออกซิเดชันและเพิ่มสมรรถภาพการผลิตลูกสุกรหลังหย่านม, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

[3] สำนักพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าว, ข้าวก่ำ “มหัศจรรย์พื้นบ้านแห่งล้านนา”, แหล่งที่มา : http://www.riceproduct.org/index.php?option, 10 ตุลาคม 2553.

[4] การุณย์ มะโนใจ, ข้าวก่ำพันธุ์พืชสำคัญทางโภชนาการควรค่าแก่การอนุรักษ์, แหล่งที่มา : http://www.info.mation.co.th/techno/techno, 10 ตุลาคม 2553.

[5] Pereira-Caro, G., Watanabe, S., Crozier, A., Fujimura, T., Yokota, T and Ashihara, H., 2013, Phytochemical profile of a Japanese black–purple rice, Food Chem. 141: 2821-2827.

[6] Wang, H., Cao, G.H. and Prior, R.L., 1997, Oxygen radical absorbing capacity of Anthocyanin, J. Agric. Food Chem. 2: 304-309.

[7] Rice-Evan, C.A., Miller, N.J, Bolwell, P.G., Bramley, P.M. and Pridham, J.B., 1995, The relative antioxidant activities of plant-derived polyfenolicflavoniods, Free Radical Res. 22: 375-383.

[8] Tonon, R.V., Brabet, C. and Hubinger, M.C., 2008, Influence of process conditions on the physicochemical properties of acai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced by spray drying, J. Food Eng. 88: 411-418.

[9] พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์, มณฑิรา นพรัตน์, ดวงพร ตั้งบำรุงพงษ์ และสุเทพ อภินันท์จารุพงศ์, 2545, กระบวนการผลิตน้ำผักผลไม้รวมผงโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบพ่นกระจายและไมโครเวฟสุญญากาศ, ว.วิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 25: 257-277.

[10] Kha, T.C., Nguyen, M.H. and Roach, P.D., 2010, Effects of spray drying conditions on the physicochemical and antioxidant properties of the Gac (*Momordica cochinchinensis*) fruit aril powder, J. Food Eng. 98: 385-392.

[11] Wrolstad, R.E., Acree, T.E., Decker, E.A., Penner, M.H., Reid, D.S., Schwartz, S.J., Shoemakre, C.F., Smith, D. and Sporns, P., 2005, Handbook of Analytical Chemistry, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey.

[12] Hsu, L.C., Hurang, L.S., Chen, W., Weng, M.Y. and Tseng, Y.C., 2004, Qualities and antioxidant properties of bread as affected by the incorporation of yam flour in the formulation, Int. J. Food Sci. Tech. 39: 231-238.

[13] สุนทรี วราอุบล, 2545, การผลิตผลิตภัณฑ์น้ำใบเตยผง, รายงานวิจัย, ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต, ปทุมธานี.

[14] ดวงกมล ลือมจันทร์, วิษฐิดา จันทราพรชัย และวิชัย หฤทัยธนาสันติ์, 2551, การสกัดแอนโทไซยานินจากข้าวเหนียวดำ, น. 320-327, ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

[15] Lin, S.D., Liu, E.H. and Mau, J.L., 2008, Effect of different brewing methods on antioxidant properties of steaming green tea, LWT-Food Sci. Technol. 14: 1616-1623.