วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปีที่ 28 (ฉบับที่ 2) พฤษภาคม – สิงหาคม พ.ศ. 2566
BURAPHA SCIENCE JOURNAL Volume 28 (No.2) May – August 2023 บทความวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำนมข้าวบาร์เลย์ผสมงาดำ

Product Development of Blended Barley Milk and Black Sesame Beverage

วัฒนา วิริวุฒิกร*

Wattana Wirivutthikorn*

สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

Division of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

Received : 7 November 2022

Revised : 6 February 2023

Accepted : 8 February 2023

บทคัดย่อ

น้ำนมธัญชาติเป็นเครื่องดื่มทางเลือกที่เหมาะสำหรับผู้ที่แพ้นมวัวหรือแพ้แลคโตส นอกจากนี้น้ำนมธัญชาติยังปราศจากโคเลสเตอรอลและน้ำตาลแลคโตส ข้าวบาร์เลย์เป็นธัญชาติอีกชนิดหนึ่งที่มีประโยชน์ในการลดคอเลสเตอรอลและให้พลังงานต่ำ จุดประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนข้าวบาร์เลย์ และงาดำที่เหมาะสมต่อการผลิตเครื่องดื่มน้ำนมข้าวบาร์เลย์ผสมงาดำ ซึ่งงานวิจัยนี้ประกอบไปด้วย 4 สิ่งทดลอง คือ อัตราส่วนระหว่างข้าวบาร์เลย์และงาดำเท่ากับ 400 ต่อ 0 (ชุดควบคุม) (ทดแทนงาดำร้อยละ 0) , 390 ต่อ 10 (ทดแทนงาดำร้อยละ 2.5), 380 ต่อ 20 (ทดแทนงาดำร้อยละ 5) และ 370 ต่อ 30 (ทดแทนงาดำร้อยละ 7.5) โดยน้ำหนัก ศึกษาคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี และความหนืด ศึกษาคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด และความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระ (วิธี DPPH) คุณภาพทางจุลชีววิทยา และทดสอบการยอมรับประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน จากการทดลองพบว่า ลักษณะปรากฏของตัวอย่างมีสีน้ำตาลอ่อนถึงเข้มขึ้นกับสัดส่วนของข้าวบาร์เลย์และงาดำ และมีค่าสี L^* (ค่าความสว่าง) , a^* (ค่าความเป็นสีแดง) และ b^* (ค่าความเป็นสีเหลือง) อยู่ในช่วง 12.47-45.13, -8.97-19.24 และ -14.46-6.55 ตามลำดับ โดยค่าสีของตัวอย่างทั้งหมดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อทดแทนข้าวบาร์เลย์ด้วยงาดำเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความหนืดของตัวอย่างและความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระ DPPH เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง (6.02-6.10) ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ 0.014-0.03 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด 9.05-9.15°องศาบริกซ์ ของตัวอย่างทั้งหมดที่มีค่าไม่แตกต่างอย่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนั้นจากการวิเคราะห์ผลทางด้านจุลชีววิทยาพบว่า จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ตรวจพบเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำข้าวกล้อง (มผช.282/2558) และจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า ตัวอย่างที่ทดแทนด้วยข้าวบาร์เลย์ด้วยงาดำร้อยละ 5 ได้รับคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวมสูงสุดเท่ากับ 6.77, 6.90 และ 7.23 คะแนน ตามลำดับ ผลการวิจัยนี้สามารถนำมาพัฒนาเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพที่เหมาะกับคนห่วงใยสุขภาพ นอกจากนี้ยังสามารถเป็นอีกทางเลือกในการพัฒนาเครื่องดื่มรูปแบบใหม่เพื่อทำให้เกิดความหลากหลายในการบริโภค

คำสำคัญ : น้ำนมข้าวบาร์เลย์ ; งาดำ ; เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ ; การพัฒนาผลิตภัณฑ์

Abstract

Cereal milk is a suitable an alternative beverage for people who are cow's milk allergy or lactose intolerant. Cereal milk does not contain cholesterol and lactose. Furthermore, barley is one of the beneficial cereal for reducing cholesterol and has low energies. The purpose of this research was to study the optimum ratios of barley and black sesame for blended barley milk and black sesame beverage processing. This research consisted of four treatments. Barley and black sesame in the ratio of 400:0 (as a control sample 0% of black sesame substitute) and blended barley and black sesame in the ratios of 390:10 (2.5% of black sesame substitute), 380:20 (5.0% of black sesame substitute) and 370:30 (7.5%of black sesame substitute) by weights were also performed. The physical qualities, such as appearance, color and viscosity, chemical qualities, including the pH, percentage of the total acidity, total soluble solid and the percentage of DPPH inhibition and microbiological qualities were also analyzed. In addition, sensory evaluation of each product's color, odor, texture, taste and overall acceptability was performed by 30 untrained panelists using the 9-point hedonic scale. , It was found that the appearance of samples had light brown to dark brown color depend on ratios of barley and black sesame. The values of *L** (brightness), *a** (redness) and *b** (yellowness) were varied within the range of 12.47-45.13, -8.97-19.24 and -14.46-6.55, respectively in which *L**, *a** and *b** of all samples were significant difference. For substitution of barley with black sesame, the amounts of black sesame increased resulting in the significant increases in the viscosity and percentage of the DPPH inhibition. The chemical properties showed that the pH, total acidity and total soluble solid were within the range of 6.02-6.10, 0.014-0.037% and 9.05-9.15^{o}Brix, respectively, in which they did not significantly different. Furthermore, the microbiological results revealed that the total plate count accorded to the Thai Industrial Standards Institute of brown rice drink (CPS.282/2015). The sensory evaluation indicated that the samples substituted barley with 5% of black sesame gave the highest scores of the texture, taste and overall acceptability of 6.77, 6.90 and 7.23, respectively. The results of this research could be used to develop a functional drink for health cares. Moreover, this could be another alternative to develop a new type of beverage that would cause a variety of consumption.

Keywords : barley milk ; black sesame ; healthy beverage ; product development

***Corresponding author. E-mail** : wattana@rmutt.ac.th

บทนำ

ปัจจุบันมีการเจริญเติบโตทางด้านเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่องทำให้เกิดความสะดวกสบายในการดำเนินชีวิตของประชาชนมากขึ้นมีผลทำให้ร่างกายมีการใช้พลังงานลดลงส่งผลทำให้เกิดโรคอ้วนหรือภาวะน้ำหนักเกินเป็นสาเหตุที่สำคัญหนึ่งก่อให้ปัญหาโรคภัยไข้เจ็บต่างๆ ตามมา ในปัจจุบันมีการผลิตเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพออกมาหลายชนิดวางจำหน่ายเป็นจำนวนมาก และเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมในการบริโภคจากผู้บริโภคเพราะให้รสชาติดี ราคาไม่แพง รับประทานง่าย และมีความสะดวกสบายในการบริโภคโดยรูปแบบของผลิตภัณฑ์มีทั้งแบบสำเร็จรูปพร้อมดื่มและแบบผงสำหรับชงดื่ม เช่น น้ำสมุนไพร เครื่องดื่มธัญพืช เป็นต้น (Wirivutthikorn, 2022a, b)

ข้าวบาร์เลย์จัดเป็นธัญพืชชนิดหนึ่งที่นับว่าเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย มีรายงานเกี่ยวกับปริมาณการนำเข้าข้าวบาร์เลย์พบว่า ในปี พ.ศ. 2563 ไทยนำเข้าข้าวบาร์เลย์ 793,890 ตัน เพิ่มขึ้นร้อยละ 106.86 จากปี พ.ศ. 2562 ที่มีการนำเข้า ข้าวบาร์เลย์ถึง 383,772 ตัน เมื่อพิจารณาเฉพาะเดือนมกราคม พ.ศ. 2564 พบว่า มีการนำเข้า 84,269 ตัน เพิ่มขึ้นร้อยละ 41.66 จากเดือนมกราคม พ.ศ. 2563 ที่มีการนำเข้า 59,488 ตัน ผลิตภัณฑ์อาหารที่ทำจากธัญพืช หรือธัญชาติก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้บริโภคที่รักสุขภาพ ธัญชาติจัดได้ว่าเป็นผลผลิตที่ได้จากธัญพืช เช่น ข้าวสาลี ข้าวโอต ข้าวบาร์เลย์ เป็นต้น ธัญชาติหลายชนิดมีคุณค่าทางโภชนาการสูงสามารถนำไปแปรรูปได้หลายชนิด อีกทั้งผู้บริโภคที่เป็นมังสวิรัติก็สามารถรับประทานได้ (Chumsri & Aroonrungsawat, 2016; Sakkhongnanthakul, 2020) มีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการผลิตเครื่องดื่มจากธัญพืช เช่น ศึกษาสมบัติทางกายภาพ และเคมีโดยการปรับส่วนผสมของเครื่องดื่มข้าวมอลต์จากข้าวไรซ์เบอร์รี่จำนวน 3 สูตร ซึ่งประกอบด้วยน้ำแป้งข้าวมอลต์จากข้าวไรซ์เบอร์รี่ นมสด และหญ้าหวานในอัตราส่วนร้อยละ 50 ต่อ 48.5 ต่อ 1.5, 50 ต่อ 49 ต่อ 1 และ 50 ต่อ 49.5 ต่อ 0.5 โดยปริมาตร แต่ละสูตรมีการเติมเจลาตินลงไปร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนัก จากนั้นทำการโฮโมจิ-ไนซ์ พบว่า การผลิตข้าวมอลต์ส่งผลต่อการลดลงของปริมาณแอนโทไซยานินจาก 1.94 เป็น 1.17 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ในขณะที่การเพิ่มอัตราส่วนของนมสดในเครื่องดื่มเป็นการเพิ่มค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (ΔE^*) เครื่องดื่มข้าวมอลต์จากข้าวไรซ์เบอร์รี่ทั้ง 3 สูตรให้ค่าความหนืดใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 15.83-17.17 เซนติพอยส์ (Parnsakhorn & Langkapin, 2020) และเมื่อนำตัวอย่างมาผ่านการให้ความร้อนในขวดแก้วปิดผนึกสนิทที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15, 25 และ 35 นาที พบว่า ตัวอย่างเมื่อผ่านการให้ความร้อนที่ระยะเวลานานขึ้น ปริมาณแอนโทไซยานินมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Parnsakhorn & Langkapin, 2021)

น้ำนมธัญชาติเป็นเครื่องดื่มทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสำหรับผู้ที่แพ้นมวัว หรือแพ้น้ำตาลแลคโตส ซึ่งเมื่อเทียบกับนมวัวแล้วร่างกายสามารถย่อยและดูดซึมง่ายกว่านมวัว น้ำนมธัญชาตินั้นจะมีคาร์โบไฮเดรตสูงกว่า แต่มีโปรตีนน้อยกว่านมวัว ข้อดีที่สำคัญ คือ นมธัญชาติยังไม่มีไขมัน คอเลสเตอรอล และน้ำตาลแลคโตสอีกด้วย แต่ประกอบไปด้วยวิตามินบีรวมที่สำคัญหลายชนิด เช่น วิตามินบี 1 เป็นวิตามินที่ละลายน้ำ หน้าที่หลัก คือ ป้องกันโรคเหน็บชา นอกจากนี้ช่วยเรื่องระบบการเผาผลาญอาหารทำให้การย่อยอาหารได้ดีขึ้น (Sakkhongnanthakul, 2020)

ข้าวบาร์เลย์เป็นธัญชาติอีกชนิดหนึ่งที่นิยมนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์น้ำนม ซึ่งข้าวบาร์เลย์มีคุณประโยชน์ในการช่วยลดภาวะโรคหัวใจ ลดระดับคอเลสเตอรอล โรคอ้วน โรคมะเร็ง และโรคเบาหวานให้พลังงานต่ำ เสริมสร้างการทำงานของ

ระบบขับถ่าย และยังช่วยลดน้ำหนักประกอบไปด้วยสารอาหารที่สำคัญ (100 กรัม) ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต 73.5 กรัม โปรตีน 12.5 กรัม ไขมัน 2.3 กรัม และใยอาหาร 17.3 กรัม ให้พลังงาน 354 กิโลแคลอรี่ต่อกรัม สารประกอบออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญ ได้แก่ โทโคไตรอีนอล ลิกแนน ไฟโตอีสโตรเจน ฟีนอล และกรดไฟติก เป็นต้น (Biel *et al*., 2020) ในด้านการศึกษาทางคลินิกวิทยามีการศึกษาผลของน้ำข้าวบาร์เลย์เปอร์เซียปริมาตร 250 มิลลิลิตรในการควบคุมทางคลินิกของผู้ป่วย COVID-19 ที่รักษาในโรงพยาบาลเป็นการรักษาแบบ single-blind และadd-on therapy ที่ดำเนินการในเมืองชีราซ ประเทศอิหร่าน ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงมีนาคม พ.ศ.2564 ผู้ป่วย COVID-19 จำนวน 100 คนที่มีความรุนแรงของโรคปานกลางได้รับการสุ่มเลือกให้ได้รับการรักษาตามปกติมีหรือไม่มีน้ำข้าวบาร์เลย์เปอร์เซีย ผลจากการศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพของน้ำข้าวบาร์เลย์เปอร์เซียในการลดระยะเวลาในการนอนโรงพยาบาล (length of hospital stay, LHS), ไข้ และระดับของการตกตะกอนเม็ดเลือดแดง (erythrocyte sedimentation rate, ESR) โปรตีนชนิด C ทำปฏิกิริยา (C-reactive protein, CRP) และกระบวนการเมตาโบลิซึมโปรตีน creatinine ในผู้ป่วย COVID-19 ที่รักษาในโรงพยาบาลด้วยความรุนแรงโรคปานกลาง (Tavakoli *et al*., 2022)

งาจัดเป็นแหล่งของสารอาหารและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่เป็นประโยชน์ องค์ประกอบทางเคมีของงาประกอบด้วยไขมันร้อยละ 43-50 ความชื้นร้อยละ 10-15 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 5-6 เถ้าร้อยละ 5-6 ใยอาหารร้อยละ 4-5 และโปรตีนร้อยละ 15-20 สารออกฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาที่สำคัญที่พบในงา ได้แก่ ลิกแนน กลูโคไซด์ซึ่งมีบทบาทสำคัญเป็นสารต้านออกซิเดชัน ได้แก่ เซซามิน (sesamin) เซซาโมลิน (sesamolin) เซซามินอล (sesaminol) เมล็ดงายังอุดมไปด้วยสารอาหารต่างๆ เช่น เส้นใยอาหาร แคลเซียม ฟอสฟอรัสเหล็ก โซเดียม โพแตสเซียม วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 และไนอาซิน (Wei *et al*., 2022) งามีกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวสูงประมาณร้อยละ 85 คือ กรดโอเลอิกและกรดลิโนเลอิก วิตามินอีในงาจะอยู่ในรูปแกมมาโทโคฟีรอล ประมาณ 300-800 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยวิตามินอีถือว่าเป็นสารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและมีคุณสมบัติเป็นสารกันหืนตามธรรมชาติ (Puntabutre, 2012) นอกจากนี้มีการใช้งาในยาแผนโบราณเพื่อป้องกันและบำบัดโรค และมีการใช้น้ำมันงาในหลายประเทศสำหรับปรุงอาหาร (Wei *et al*., 2022)

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำนมข้าวบาร์เลย์ผสมงาดำเพื่อให้ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่ได้ประกอบด้วยสารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการ และมีประโยชน์ต่อร่างกาย ประกอบกับจากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นพบว่า ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวยังไม่มีการรายงานไว้อย่างชัดเจนในด้านอัตราส่วนของส่วนผสมที่เหมาะสม ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ เพื่อศึกษาอัตราส่วนของข้าวบาร์เลย์และงาดำที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มน้ำนมข้าวบาร์เลย์ผสมงาดำ และศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา รวมทั้งการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมวัตถุดิบ และกระบวนการผลิตเครื่องดื่มน้ำนมข้าวบาร์เลย์ผสมงาดำ

นำข้าวบาร์เลย์แช่ในน้ำอัตราส่วนข้าวบาร์เลย์ต่อน้ำเท่ากับ 1 ต่อ 3 อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เวลา 24 ชั่วโมง ส่วนล้างงาดำให้สะอาด สะเด็ดน้ำให้แห้ง นำไปคั่วในกระทะใช้ความร้อนอุณหภูมิ 7$\pm$3 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 นาทีจนแห้ง และมีกลิ่นหอม ส่วนประกอบของตัวอย่างแสดงดัง Table 1 โดยนำข้าวบาร์เลย์ที่แช่จนนิ่มแล้วลงในเครื่องปั่นไฟฟ้ายี่ห้อ

Moulinex รุ่น A241 ประเทศฝรั่งเศส ปั่นให้เป็นเนื้อเดียวกันที่กำลังระดับความเร็ว 500 รอบต่อนาที เทงาดำที่ผ่านการคั่ว และน้ำลงไป ปั่นให้ละเอียดและเข้ากันดี ทำให้เย็นลง โดยการนำผลิตภัณฑ์มาวางให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำมากรองด้วยผ้าขาวบางความหนา 2 ชั้น จำนวน 3 รอบ นำส่วนของเหลวผสมที่แยกออกมาได้ไปให้ความร้อนจนอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 71-75 องศาเซลเซียส เติมน้ำตาลทรายลงไป 70 กรัม คนต่อไปเป็นระยะเวลา 15 นาที ทำให้เย็นทันทีโดยการแช่ในภาชนะควบคุมอุณหภูมิ 4 $\pm$ 3 องศาเซลเซียส จนถึงอุณหภูมิลดลงมาอยู่ในช่วง 25-30 องศาเซลเซียส และบรรจุลงในขวดพลาสติก Polyethylene terephthalate (PET) ขนาด 200 มิลลิลิตร ก่อนนำไปประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ คุณภาพด้านกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา รวมทั้งทดสอบทางประสาทสัมผัสต่อไป (ดัดแปลงจาก Chumsri & Aroonrungsawat, 2016; Parnsakhorn & Langkapin, 2020, 2021; Rawdsiri & Thongrak, 2012)

Table 1 Different Composition of barley and black sesame milk

Ingredient	Treatments			
	1	2	3	4
barley (g)	400	390	380	370
black sesame (g)	0	10	20	30
sucrose (g)	70	70	70	70
water (ml)	1100	1100	1100	1100

2. การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

นำตัวอย่างมาวัดค่าสี L^* (ค่าความสว่าง), a^* (ค่าความเป็นสีแดง) และ b^* (ค่าความเป็นสีเหลือง) ด้วยเครื่องวัดสียี่ห้อ Hunter Lab Colorimeter รุ่น Color Flex (ประเทศสหรัฐอเมริกา) โดยใช้ระบบ CIELAB L^*, a^* และ b^* ทำโดยนำตัวอย่างที่ต้องการวัดมาใส่ในภาชนะควอตซ์ และทำการวัดค่าสี L^*, a^* และ b^* บันทึกค่าที่ได้ และการวิเคราะห์ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์โดยวิธีการสังเกตผลิตภัณฑ์ด้วยตาเปล่า ทำโดยการนำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำนมข้าวบาร์เลย์ผสมงาดำเขย่าให้เข้ากันเป็นเนื้อเดียวกันตั้งทิ้งไว้ 30 นาที สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น (Wirivutthikorn, 2022a) และวิเคราะห์ค่าความหนืดด้วยเครื่องวัดความหนืด (RVDV-IT PRO S/N RTP 85021, Brookfield, ประเทศสหรัฐอเมริกา) โดยนำตัวอย่างที่ต้องการวัดปริมาตร 500 มิลลิลิตรใส่ในบิกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร เลือกหัวเข็มเบอร์ 1 จุ่มหัวเข็มปรับความเร็วรอบ 10 รอบต่อนาทีแล้วกด Set speed อีกครั้งเพื่อให้เครื่องบันทึกการเลือกความเร็วรอบในการหมุนจนกว่า torque จะมีค่าเข้าใกล้ร้อยละ 100 บันทึกค่าความหนืดและอุณหภูมิที่วัดได้ (Wirivutthikorn, 2022a)

3. การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง ทำได้โดยนำตัวอย่างมาปริมาตร 10 มิลลิลิตร ใส่ลงไปในบิกเกอร์ขนาด 25 มิลลิลิตร วัดค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยเครื่อง pH meter ยี่ห้อ HANNA รุ่น HI98127 ประเทศสหรัฐอเมริกา บันทึกค่าที่ได้ (AOAC, 2000)

วิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ด้วยเครื่อง hand refractometer ยี่ห้อ Atago รุ่นMASTER-20M ประเทศจีน หยดสารละลายเครื่องดื่มน้ำนมข้าวบาร์เลย์ผสมงาดำบนแผ่นปริซึม ปิดด้วยแผ่นปิดแล้วส่องมองผ่านช่องในที่มีแสงจะมองเห็นเป็นแถบสีที่อ่านค่าตัวเลขได้ตามสเกลมีหน่วยเป็นองศาบริกซ์ (^{o}Brix) (AOAC, 2000)

การวิเคราะห์หาปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดซิตริก) โดยวิธีการไตเตรท ทำการปิเปตตัวอย่างเครื่องดื่มน้ำนมข้าวบาร์เลย์ผสมงาดำที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง 1 ครั้ง มาปริมาตร 10 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ เติมน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร ลงไป และหยดฟีนอล์ฟทาลีน 2 หยด เขย่าให้เข้ากัน ทำการไตเตรทกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล จนได้จุดยุติเป็นสีชมพูอ่อน นำมาคำนวณหาค่าร้อยละกรดทั้งหมด (AOAC, 2000) ดังสมการที่ (1)

$$\text{ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)} = \frac{N_{(NaOH)} \times V_{(NaOH)} \times \text{citric acid equivalent} \times 100}{1000 \times V_{(sample)}} \qquad (1)$$

เมื่อ N คือ ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

V คือ ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไตเตรท (NaOH) (มิลลิลิตร)

Citric acid equivalent คือ น้ำหนักสมมูลกรดซิตริกมีค่าเท่ากับ 70

การวิเคราะห์ร้อยละการยับยั้งสารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี 2,2–diphenyl–1–picrylhydrazyl (DPPH) ดัดแปลงจาก Manok & Limcharoen (2015) และ Shimada *et al*. (1992) โดยการนำตัวอย่างมา 2.5 มิลลิลิตร มาผสมกับเอทานอล (แอบโซลูท)12.5 มิลลิลิตร นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 15,000 รอบเป็นเวลานาน 10 นาทีด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงยี่ห้อ Hermle รุ่น Z206A ประเทศเยอรมัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำส่วนที่เป็นน้ำใสที่ได้มากรองด้วยกระดาษกรอง และปิเปตสารละลายตัวอย่าง (ส่วนใส) ดังนี้ หลอดที่ 1 ตัวอย่าง 0.1 มิลลิลิตรใส่ในหลอดทดลองที่หุ้มด้วยฟอยล์เพื่อป้องกันแสง แล้วเติมสารละลายมาตรฐานเตรียมสำเร็จรูป DPPH ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ละลายในเอทานอล (แอบโซลูท) ปริมาตร 2.9 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วเก็บไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที หลอดที่ 2 ตัวอย่างควบคุม (blank) โดยใช้เอทานอล (แอบโซลูท) 0.1 มิลลิลิตร และเติมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 2.9 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน และเก็บไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นทำการวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงยี่ห้อ metertech รุ่น sp-830 plus ประเทศไต้หวัน และคำนวณหาร้อยละการยับยั้งสารต้านอนุมูลอิสระ ดังสมการที่ (2)

$$\text{ร้อยละการยับยั้ง (\% inhibition)} = \frac{[(A_{control} - A_{sample})]}{A_{control}} \times 100 \qquad (2)$$

เมื่อ $A_{control}$ คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ของเอธานอลผสมกับ DPPH

A_{sample} คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ของสารตัวอย่างผสมกับ DPPH

4. การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา

วิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยขั้นตอนแรกทำการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar (PCA) บรรจุลงในฟลาส์กรูปชมพู่ เตรียมจานเลี้ยงเชื้อ และหลอดทดลองที่ประกอบด้วยน้ำกลั่น 9 มิลลิลิตร นำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำ (ยี่ห้อ All American รุ่น 25X ประเทศสหรัฐอเมริกา ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ปิเปตตัวอย่างเครื่องดื่มน้ำนมข้าวบาร์เลย์ผสมงาดำที่ต้องการวิเคราะห์ปริมาตร 1 มิลลิลิตรลงในหลอดทดลองที่ระดับการเจือจางตั้งแต่ 10^{-1} ถึง 10^{-3} จำนวน 3 ซ้ำ ลงในจานเพาะเชื้อที่ฆ่าเชื้อแล้วเททับด้วยอาหาร PCA ประมาณ 20 มิลลิลิตร ที่มีอุณหภูมิประมาณ 45 องศาเซลเซียส หมุนจานอาหารเป็นวงกลมช้าๆ ตั้งทิ้งให้อาหารแข็งตัวประมาณ 15 นาที นำจานเลี้ยงเชื้อไปบ่มที่ 35-37 องศาเซลเซียส ในลักษณะคว่ำจานเลี้ยงเชื้อเป็นเวลา 48 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีเชื้อจุลินทรีย์บนอาหารแต่ละความเจือจาง (30-300 โคโลนี) บันทึกผล คำนวณจำนวนเชื้อจุลินทรีย์เป็น Colony Forming Unit / ml (CFU/ml) (Townsend & Naqui, 2020)

5. การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

นำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำนมข้าวบาร์เลย์ผสมงาดำมาทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9 - point hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน เป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 3-4 สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เสนอตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ต้องการทดสอบปริมาตร 40 มิลลิลิตร ทดสอบคุณลักษณะด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยคะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด 5 หมายถึง ชอบปานกลาง และ 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด (Wiriyajaree, 2018)

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา ส่วนการทดสอบทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม Microsoft excel (Wiriyajaree, 2018)

ผลการวิจัย

1. ศึกษาสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำนมข้าวบาร์เลย์ผสมงาดำ

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำนมข้าวบาร์เลย์ผสมงาดำโดยสังเกตด้วยตาเปล่าในด้านลักษณะภายนอกปรากฏวัดค่าความสว่าง ค่าสีแดง และสีเหลือง ความหนืด จากผลการศึกษาพบว่า ลักษณะปรากฏที่เกิดขึ้นในด้านตะกอน ความใสของเครื่องดื่ม ค่าความสว่าง ค่าสีที่วัดได้มีค่าแตกต่างกันตามปริมาณข้าวบาร์เลย์ และงาดำที่เติมลงไป (Figure 1 และ Table 2)

(A) (B) (C) (D)

Figure 1 Appearance of barley and black sesame milk at different ratios: (A) barley: black sesame = 400:0 (control): 400, (B) barley: black sesame = 390:10, (C) barley: black sesame = 380:20 and (D) barley: black sesame = 370:30

Table 2 Physical properties of barley and black sesame milk at different ratios of barley and black sesame

Treatments (barley: black sesame ratio)	Appearance	Color parameters*			
		*L**	*a**	*b**	Viscosity* (cPs)
1 (400: 0)	light brown few sediment	45.13^{a} ±0.85	19.24^{a} ±1.21	6.55^{a} ±0.75	193.67^{c} ±1.22
2 (390: 10)	mixed brown and black medium sediment	28.70^{b} ±0.35	-14.96^{d} ±0.04	9.43^{b} ±0.28	198.90^{c} ±0.20
3 (380: 20)	medium black many sediment	18.05^{c} ±0.09	-12.68^{c} ±0.49	-12.09^{c} ±0.02	209.70^{b} ±0.98
4 (370: 30)	dark black many sediment	12.47^{d} ±0.16	-8.97^{b} ±0.07	-14.46^{d} ±0.24	255.83^{a} ±1.17

Note : eans among the same column followed with the same letters are not significantly different ($p>0.05$). Each data point is the average of different triplication with individual duplication ($n = 6$)

จาก Table 2 ค่าสี *L**, *a** และค่า *b** ในกระบวนการผลิตเครื่องดื่มข้าวบาร์เลย์ผสมงาดำมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) (Figure 1) โดยเมื่องาดำมีปริมาณเพิ่มขึ้นก็จะมีผลทำให้ค่าความสว่างที่วัดได้มีค่าลดลง เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของงาดำที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดสีดำเข้ม เมื่อนำมาใช้เป็นส่วนผสมในน้ำนมข้าวบาร์เลย์ก็จะทำให้น้ำนมข้าวบาร์เลย์มีสีดำตามไปด้วย ค่าความเป็นสีแดงลดลงจากสูตรควบคุม และค่าความเป็นสีเขียวมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณงาดำส่งผลทำให้ค่าความเป็นสีเหลืองลดลง แต่ส่งให้ผลให้ค่าสีน้ำเงินเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีส่วนผสมของงาดำที่เพิ่มขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเทาดำ กระบวนการทดสอบความหนืดของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าวบาร์เลย์ผสมงาดำมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปกติแล้วข้าวบาร์เลย์มีคาร์โบไฮเดรต หรือปริมาณแป้งที่สูงเมื่อให้ความร้อน

ทำให้ความข้นหนืดเพิ่มขึ้น และเมื่อเพิ่มปริมาณงาดำมากขึ้นมีผลทำให้ค่าความหนืดเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ซึ่งความหนืดของน้ำนมข้าวบาร์เลย์จะแปรผันตามปริมาณของงาดำที่เติมลงไป

จากการศึกษาลักษณะภายนอกที่ปรากฏในผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สิ่งทดลอง ดัง (Table 1) (Figure 1) พบว่า พบปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้นแตกต่างกันมาจากข้าวบาร์เลย์ และงาดำที่เติมลงไป การเติมงาดำที่เพิ่มมากขึ้นทำให้พบปริมาณตะกอนมากขึ้น และเกิดการตกตะกอนได้ง่ายหลังจากได้รับความร้อน

2. ศึกษาสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำนมข้าวบาร์เลย์ผสมงาดำ

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำนมข้าวบาร์เลย์ผสมงาดำ ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง ร้อยละกรดทั้งหมด (คำนวณในรูปกรดซิตริก) และของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Table 3) จากผลการศึกษาพบว่า ความเป็นกรด-ด่าง ร้อยละกรดทั้งหมด และของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระ DPPH มีความแตกต่างทางสถิติ

Table 3 Chemical properties of barley and black sesame milk at different ratios of barley and black sesame

Treatments (barley: black sesame ratio)	Values			
	pH^{ns}	total acidity (%)^{ns}	Total soluble solid (^{o}Brix)^{ns}	DPPH inhibition (%)*
1 (400: 0)	6.05 ±0.02	0.014±0.01	9.10±0.01	30.12±1.21^{b}
2 (390: 10)	6.02 ±0.03	0.021±0.01	9.05±0.01	30.93±2.87^{ab}
3 (380: 20)	6.10 ±0.01	0.032±0.01	9.10±0.01	31.65±0.98^{b}
4 (370: 30)	6.04 ±0.01	0.037±0.02	9.15±0.02	32.21±1.10^{a}

Note : eans among the same column followed with the same letters are not significantly different (p>0.05). Each data point is the average of different triplication with individual duplication (n = 6). NS = non-significant difference

จากการทดลองทดสอบคุณภาพทางด้านเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ร้อยละกรดทั้งหมด และของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดไม่มีความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระ DPPH ของผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าวบาร์เลย์ผสมงาดำในปริมาณที่แตกต่างกันมีความแตกต่างมีนัยสำคัญทาง เนื่องจากข้าวบาร์เลย์ และงาดำที่ใช้ในส่วนผสมมีค่าความเป็นกรดต่ำ จึงมีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างที่วัดได้มีค่าอยู่ในช่วง 6.00- 6.10

3. ศึกษาสมบัติทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำนมข้าวบาร์เลย์ผสมงาดำ

จากการทดลองพบว่า น้ำนมข้าวบาร์เลย์ผสมงาดำทั้ง 4 สิ่งทดลอง มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 10 CFU/ml ผ่านเกณฑ์มาตรฐานตรวจจุลินทรีย์ทั้งหมด เนื่องจากทั้ง 4 สิ่งทดลอง มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 10 CFU/ml

4. ศึกษาสมบัติทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำนมข้าวบาร์เลย์ผสมงาดำ

จากการวิเคราะห์การประเมินผลลักษณะทางประสาทสัมผัสโดยใช้แบบทดสอบ 9- point hedonic scale test ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คนที่ไม่ผ่านการฝึกฝน ตัวแปรที่ต้องการทดสอบ คือ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวมที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำนมข้าวบาร์เลย์ผสมงาดำ จากผลการศึกษาพบว่า ตัวแปรที่ทำการทดสอบทุกค่ามีความแตกต่างกันทางสถิติตามปริมาณข้าวบาร์เลย์ และงาดำที่เติมลงไป (Table 4)

Table 4 Sensory of barley and black sesame beverage milk at different ratios of barley and black sesame

Treatments (barley: black sesame ratio)	Liking scores				
	color*	odor*	texture*	taste*	overall acceptability*
1 (400: 0)	6.00^{c}±1.31	5.20^{c}±1.06	5.27^{c}±1.05	5.27^{b}±1.01	5.03^{d}±1.04
2 (390: 10)	6.80^{a}±1.13	7.00^{a}±1.02	5.33^{c}±1.06	5.10^{c}±1.06	5.47^{c}±0.97
3 (380: 20)	6.53^{b}±1.41	5.63^{b}±0.93	6.77^{a}±1.07	6.90^{a}±1.32	7.23^{a}±0.90
4 (370: 30)	5.87^{d}±1.25	5.60^{b}±1.10	5.80^{b}±0.96	5.37^{b}±1.07	6.13^{b}±1.17

Note : eans among the same column followed with the same letters are not significantly different (p>0.05). Means were the determination of thirty replications (n = 30).

จาก Table 4 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สิ่งทดลองโดยใช้แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส 9- point hedonic scale โดยผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ด้าน สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวมพบว่า ผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าวบาร์เลย์ผสมงาดำในสิ่งทดลองที่ 2 ที่ประกอบด้วยข้าวบาร์เลย์ 390 กรัม งาดำ 10 กรัม จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า มีค่าคะแนนความชอบด้านสี และกลิ่นมากที่สุด อาจเนื่องมาจากผลิตภัณฑ์มีการผสมกันระหว่างข้าวบาร์เลย์ และงาดำในปริมาณที่น้อย ทำให้ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มมีสีเทาอ่อน และมีความหลากหลายของกลิ่นที่พอดีเมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองที่เพิ่มปริมาณงาดำที่มากมีผลทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่มีกลิ่นงาดำมากเกินไป ด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม สิ่งทดลองที่ 3 ที่ประกอบด้วยข้าวบาร์เลย์ 380 กรัม งาดำ 20 กรัม มีคะแนนมากที่สุด

วิจารณ์ผลการวิจัย

การทดสอบคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความสว่าง และค่าสี (L^*, a^* และb^*) ของน้ำนมข้าวบาร์เลย์ผสมงาดำในปริมาณที่แตกต่างกันเพื่อศึกษาความแตกต่างในการวัดค่าสี L^*, a^* และb^* จากผลการวิจัยพบว่า การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเกี่ยวข้องกับสัดส่วนของงาดำ ระดับความร้อน และเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ การให้ความร้อนในระดับพาสเจอไรซ์ส่งผลลักษณะผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลถึงดำเป็นผลเนื่องมาจาก การให้ความร้อนในการฆ่าเชื้อสามารถเกิดปฏิกิริยาโดยฟีนอลออกซิเดส

(polyphenol oxidase) ซึ่งเอนไซม์นี้พบผัก ผลไม้มีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำงานคือ 30 องศาเซลเซียส จึงสามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูง 75 องศาเซลเซียสเป็นเวลานาน 10 นาที ซึ่งเป็นอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อพาสเจอไรซ์สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์นี้ได้ (Singh & Wadhwa, 2017) เมื่อสารประกอบฟีนอลิกและออกซิเจนสัมผัสกันโดยมีเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาสารโมโนฟีนอล (mono-phenol) ซึ่งไม่มีสีจะถูกออกซิไดซ์เป็นไดฟีนอล (diphenol) ซึ่งไม่มีสีและถูกออกซิไดซ์ต่อเป็น o-quinone ซึ่งจะทำปฏิกิริยาต่อกับกรดอะมิโนหรือโปรตีนได้เป็นสารสีน้ำตาล และจะรวมตัวกันเป็นโพลิเมอร์ที่มีโมเลกุลใหญ่ และมีสีน้ำตาล นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงสีที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ได้อิทธิพลจากปฏิกิริยาการเกิดสารสีน้ำตาลชนิดไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (caramelization) ที่อุณหภูมิการพาสเจอไรซ์ในทุกสิ่งทดลองเป็นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกิดจากการสลายตัวของโมเลกุลน้ำตาลด้วยความร้อนสูง และมีการเกิดโพลิเมอร์ของสารประกอบคาร์บอนได้เป็นสารสีน้ำตาล และจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard) ที่เกิดขึ้นระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์ในข้าวบาร์เลย์กับโปรตีนที่มีอยู่ในข้าวบาร์เลย์ในสภาวะที่ให้ความร้อนสูงในระหว่างการพาสเจอไรซ์ (Wirivutthikorn, 2022a, b) ซึ่งจาก Table 1 แสดงให้เห็นว่า การนำงาดำมาเป็นส่วนผสมในน้ำนมข้าวบาร์เลย์ในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยเพิ่มงาดำในปริมาณที่มากขึ้น ส่งผลทางกายภาพด้านสีที่สังเกตเห็นได้ชัดคือ ผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าวบาร์เลย์มีสีดำเข้มขึ้นตามอัตราส่วนผสมของงาดำที่เพิ่มขึ้น นั่นหมายความถึงการปรับอัตราส่วนของส่วนผสมส่งผลต่อค่าความแตกต่างสีโดยรวมมากขึ้นเมื่อเทียบกับสิ่งทดลองที่ 1 (สูตรควบคุม) (Parnsakhorn & Langkapin, 2020, 2021; Prikboonjun & Rattanapun, 2014; Thirasaroch, & Thanomwong, 2015) ทั้งนี้เนื่องจาก งาดำประกอบด้วยเซลลูโลสเป็นส่วนประกอบ ซึ่งมีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำมีใยอาหารค่อนข้างสูงสามารถอุ้มน้ำได้ดี (Wei et al., 2022) ซึ่งการที่งาดำมีใยอาหารสูงนั้นจะไปเพิ่มเนื้อเยื่อหรือเยื่อใยให้แก่ผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าวบาร์เลย์ ยิ่งเพิ่มปริมาณงาดำมากขึ้น ผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าวบาร์เลย์ก็จะมีความหนืดเพิ่มขึ้น โดยความหนืดของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมาจากส่วนผสมของข้าวบาร์เลย์ และปริมาณงาดำที่เติมลงไปที่ปั่นผสมรวมกับน้ำ และมีผลต่อค่าความหนืดที่วัดได้ ทั้งนี้เนื่องมาจาก ปริมาณอะไมโลส และอะไมโลเพคตินในข้าวบาร์เลย์มีคุณสมบัติด้านความหนืดและความคงตัวของแป้งรวมถึงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดอื่นๆ มากขึ้น เช่น เอนไซม์ ผนังเซลล์ กรดอินทรีย์ และน้ำตาล (Wirivutthikorn, 2022a) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของBiel *et al*. (2020) พบว่า ธัญพืชประกอบด้วยสารลิกแนน อไกลโคนและลิกแนนไกลโคไซด์รวมถึงงาไม่ถูกทำลายเมื่อได้รับความร้อนปานกลาง ในทางตรงกันข้ามความร้อนนี้ช่วยในการสกัดสารลิกแนน Parnsakhorn & Langkapin (2020) ศึกษาการผลิตเครื่องดื่มและผสมกับส่วนผสมอื่นๆ จำนวน 3 สูตร ประกอบด้วยน้ำแป้งข้าวมอลต์จากข้าวไรซ์เบอรี่ นมสด และหญ้าหวานในอัตราส่วน 50 ต่อ 48.5 ต่อ 1.5, 50 ต่อ 49 ต่อ 1 และ 50 ต่อ 49.5 ต่อ 0.5 ตามลำดับ แต่ละสูตรเติมเจลาตินร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนัก จากนั้นทำการโฮโมจิไนส์แล้วทดสอบวัดค่าสี ความหนืด พบว่า การเพิ่มอัตราส่วนของนมสดในเครื่องดื่มเป็นการเพิ่มค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (ΔE^*) เครื่องดื่มข้าวมอลต์จากข้าวไรซ์เบอรี่ทั้ง 3 สูตรให้ค่าความหนืดใกล้เคียงกันในช่วง 15.83-17.17 เซนติพอยส์ ไม่สอดคล้องกับผลการวิจัยที่ได้ Thirasaroch & Thanomwong (2015) ที่รายงานไว้ว่า ความคงตัวเครื่องดื่มข้าวหอมนิลโดยใช้เจลาตินร้อยละ 0.3 (โดยน้ำหนัก) ส่งผลให้เครื่องดื่มมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันไม่เกิดการแยกชั้นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มมีความหนืดเท่ากับ 18 เซนติพอยส์ ซึ่งความหนืดที่เหมาะสมของเครื่องดื่มกลุ่มธัญพืชอยู่ประมาณ 14-17 เซนติพอยส์ แต่งานวิจัยของ Rawdsiri & Thongrak (2012) รายงาน

ค่าความหนืดของเครื่องดื่มน้ำนมข้าวผสมงาขาวอยู่ในช่วง 33-36 เซนติพอยส์ และงานวิจัยของ Prikboonjun & Rattanapun (2014) รายงานค่าความหนืดของเครื่องดื่มข้าวกล้องงอกผสมน้ำผักพร้อมดื่มอยู่ในช่วง 48-57 เซนติพอยส์ Parnsakhorn & Langkapin (2021) ศึกษาผลการให้ความร้อนในภาชนะขวดแก้วปิดผนึกสนิทที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15, 25 และ 35 นาที ตามลำดับ พบว่า การให้ความร้อนด้วยระยะเวลาที่นานมีผลทำให้ค่าความหนืดเพิ่มขึ้นมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วงแรก ต่อจากนั้นแนวโน้มค่าความหนืดที่วัดได้มีค่าลดลง และแนวโน้มของค่าสีที่วัดได้มีค่าเข้มขึ้น ซึ่งหากจะต้องการลดการเกิดปริมาณตะกอนหรือทำให้ลักษณะที่ปรากฏเป็นเนื้อเดียวกันในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มนั้นควรมีการเติมสารทำให้คงตัว (stabilizer) ป้องกันการตกตะกอน เช่น กัม เพคติน คาร์บอกซี่เมทิลเซลลูโลส (ซีเอ็มซี) เจลาติน และคาราจีแนนทำให้ผลิตภัณฑ์เป็นเนื้อเดียวกันมากขึ้นโดยสารที่ทำให้เกิดการรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกันเข้าไปช่วยเสริมสร้างความแข็งแรงของเจลส่งผลทำให้การเกิดตะกอนแยกชั้นลดน้อยลง แต่จะทำให้เครื่องดื่มมีลักษณะของความข้นหนืดเป็นเจลเพิ่มขึ้น (Parnsakhorn & Langkapin, 2020) แต่เนื่องจากในงานวิจัยนี้ต้องการดูลักษณะการเกิดสี และปริมาณตะกอนของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่เกิดขึ้นจึงไม่ได้ศึกษาการเติมปริมาณสารที่ทำให้เกิดความคงตัว (Parnsakhorn & Langkapin, 2021)

การทดสอบคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ร้อยละกรดทั้งหมด และของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดไม่มีความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระ DPPH ของผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าวบาร์เลย์ผสมงาดำ ค่าความเป็นกรด-ด่างที่วัดได้จัดอยู่ในกลุ่มเครื่องดื่มที่มีสภาพเป็นกรดต่ำ (low acid food) ค่าความเป็นกรด-ด่างมากกว่า 4.6 หมายถึง อาหารที่ผ่านกรรมวิธีที่ใช้ทำลายหรือยับยั้งการขยายพันธุ์ของจุลินทรีย์ด้วยความร้อนภายหลังหรือก่อนบรรจุปิดผนึก รวมถึงอาหารอื่นที่มีกระบวนการผลิตในทำนองเดียวกันที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างมากกว่า 4.6 ซึ่งเก็บรักษาไว้ในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทที่สามารถป้องกันมิให้อากาศเข้าไปในภาชนะบรรจุได้และสามารถเก็บรักษาไว้ได้ในอุณหภูมิปกติ (Buadilok & Oupathumpanont, 2022) ค่าร้อยละกรดทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้มีค่าใกล้เคียงกันมาก ไม่มีความแตกต่างกัน ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ทุกสิ่งทดลองมีค่าเท่ากันคือ 9.05-9.1 องศาบริกซ์ (Parnsakhorn & Langkapin, 2020) แสดงให้เห็นว่า ปริมาณงาดำที่เพิ่มขึ้นไม่ได้ส่งผลต่อค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากในการวิจัยนี้ควบคุมปริมาณน้ำตาลทราย 70 กรัม เท่ากันทุกสิ่งทดลอง หรืออาจเกิดจากการใช้เครื่องมือวัดของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดที่ประกอบด้วยสเกลความถี่ที่มีความละเอียดต่ำมีผลทำให้ค่าที่วัดได้ไม่แตกต่างกันทางทศนิยม ซึ่งผลการวิจัยสอดคล้องกับ Parnsakhorn & Langkapin (2020, 2021); Thirasaroch & Thanomwong (2015) ค่าร้อยละกรดทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้มีค่าใกล้เคียงกันมาก ไม่มีความแตกต่างกัน ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ทุกสิ่งทดลองมีค่าเท่ากันคือ 9.05-9.1 องศาบริกซ์ (Parnsakhorn & Langkapin, 2020) สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และกิจกรรมต้านสารอนุมูลอิสระของเครื่องดื่มน้ำนมข้าวบาร์เลย์ผสมงาดำจากวัตถุดิบทั้ง 2 ชนิด คือ ข้าวบาร์เลย์ และงาดำ ในงานงานวิจัยนี้ศึกษาตรวจวัดฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีการทำลายอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH พบว่า สัดส่วนข้าวบาร์เลย์ผสมงาดำ อุณหภูมิ และเวลาในการให้ความร้อนกับผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มมีผลต่อค่าร้อยละการยับยั้ง DPPH โดยสิ่งทดลองที่ 4 ซึ่งมีปริมาณงาดำ 30 กรัมมีผลทำให้ค่านี้มีค่าสูงที่สุด ซึ่งค่านี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ เนื่องจากในงานวิจัยนี้มีการให้ความร้อนในผลิตภัณฑ์ ดังนั้นความร้อนจึงมีผลทำให้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์มีค่าลดลงได้ (Parnsakhorn &

Langkapin, 2021) สารต้านออกซิเดชันที่สามารถพบในข้าวบาร์เลย์ และงาดำ ได้แก่ แกมมาโอราไซนอล สารประกอบฟีนอลิก และสารต้านออกซิเดชันอื่นๆ (Kongkachuichai *et al*., 2013; Leardkamolkarn *et al*., 2011; Prangthip *et al*., 2013) ค่าที่วิเคราะห์ได้มีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยของ (Chumsri & Aroonrungsawat, 2016) ที่รายงานไว้ค่าร้อยละการยับยั้ง DPPH ของเครื่องดื่มข้าวไรซ์เบอร์รี่เสริมงาดำมีค่าเท่ากับ 39.93±3.45 และงานวิจัยของ Parnsakhorn & Langkapin (2021) ที่รายงานไว้อุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อนกับผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มข้าวมอลต์ส่งผลต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยก่อนการฆ่าเชื้อ [RMB (control)] มีค่า antioxidants DPPH เท่ากับ 36.94 mg eq Trolox/100g หลังจากนั้นเมื่อนำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มไปผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที [RBM - (90/15)] 25 นาที [RBM - (90/25)] และ 35 นาที [RBM - (90/35)] พบว่า antioxidants DPPH มีแนวโน้มลดลงเท่ากับ 28.38±0.06, 26.93±0.06 และ 28.50±0.05 mg eq Trolox/100g ตามลำดับ

การตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าวบาร์เลย์ผสมงาดำนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.282/2558) น้ำนมข้าวบาร์เลย์ผสมงาดำจะต้องตรวจพบจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร (Thai Industrial Standards Institute Ministry of Industry, 2015) จากการทดลองพบว่า น้ำนมข้าวบาร์เลย์ผสมงาดำทั้ง 4 สิ่งทดลอง ผ่านเกณฑ์มาตรฐานตรวจจุลินทรีย์ทั้งหมด เนื่องจากทั้ง 4 สิ่งทดลองตรวจพบโคโลนีในจำนวนน้อยกว่า 10 CFU/g ทำให้ไม่สามารถคำนวณปริมาณจุลินทรีย์ในหน่วย ซีเอฟยูต่อมิลลิลิตร จากการทดลองพบว่าน้ำนมข้าวบาร์เลย์ผสมงาดำทั้ง 4 สิ่งทดลอง ผ่านเกณฑ์มาตรฐานตรวจจุลินทรีย์ทั้งหมด แสดงว่าผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มทุกสิ่งทดลองผ่านการฆ่าเชื้อแบบพาสเจอไรซ์เซชันเป็นระดับอุณหภูมิที่สามารถทำลายจุลินทรีย์ได้บางส่วน แต่จุลินทรีย์บางชนิดที่ทนต่ออุณหภูมิสูงสามารถเจริญเติบโตได้ กระบวนการเทคนิคขั้นตอนในการผลิตมีความสะอาด และมีความปลอดภัย ซึ่งแสดงให้เห็นถึงสุขลักษณะที่ดีในการผลิต และกระบวนการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสม (Chumsri & Aroonrungsawat, 2016) แต่มีข้อจำกัดด้านระยะเวลาการเก็บรักษาทำให้ระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไม่เกิน 2 สัปดาห์ซึ่งเป็นข้อจำกัดของวิธีการฆ่าเชื้อด้วยวิธีนี้ (Wirivutthikorn, 2022a, b) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chumsri & Aroonrungsawat (2016) รายงานผลการศึกษาปริมาณยีสต์ และราในเครื่องดื่มข้าวไรซ์เบอร์รี่เสริมงาดำพบว่า ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 356 เรื่องเครื่องดื่มในภาชนะปิดสนิทซึ่งกำหนดไว้พบยีสต์และราได้น้อยกว่า 100 โคโลนีต่อเครื่องดื่ม 1 มิลลิลิตร ; Parnsakhorn & Langkapin (2021) รายงานผลการศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในเครื่องดื่มข้าวมอลต์จากข้าวไรซ์เบอร์รี่ พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์หลังการฆ่าเชื้อให้ค่าลดลงลง 1.4-4.9x10^2CFU/mL ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถบริโภคอย่างปลอดภัย และ Thirasaroch & Thanomwong (2015) รายงานผลการศึกษาตรวจปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพจากข้าวหอมนิล พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 นาที ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มมีอายุการเก็บรักษาได้ 15 วันที่อุณหภูมิ 4-6 องศาเซลเซียส โดยมีปริมาณจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสนี้จาก Table 4 ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สิ่งทดลองโดยใช้แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส 9- point hedonic scale โดยผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ด้าน สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และ

ความชอบโดยรวมพบว่า ผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าวบาร์เลย์ผสมงาดำในสิ่งทดลองที่ 2 ที่ประกอบด้วยข้าวบาร์เลย์ 390 กรัม งาดำ 10 กรัม จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า มีค่าคะแนนความชอบด้านสี และกลิ่นมากที่สุด เนื่องจาก เมื่อเพิ่มปริมาณงาดำมากขึ้นส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความข้นหนืดมากขึ้นซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจาก แป้งข้าวเมื่อได้รับความร้อนเกิดปฏิกิริยาเจลาติไนซ์เซชัน (Chumsri & Aroonrungsawat, 2016; Wirivutthikorn, 2022a) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chumsri & Aroonrungsawat (2016) รายงานผลการศึกษาการยอมรับของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มข้าวไรซ์เบอร์รี่เสริมงาดำโดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 25 คน วิธี 9- point hedonic scale ศึกษาปริมาณงาดำที่ผ่านการคั่วต่างกันร้อยละ 0.5, 1, 1.5 และ 2 พบว่า ตัวอย่างที่ใส่งาดำที่ผ่านการคั่วร้อยละ 1 ได้รับคะแนนการยอมรับรวมด้านกลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมสูงสุด การเติมงาดำที่ผ่านการคั่วมากเกินไปทำให้มีกลิ่นรสงาดำที่มากเกินไปส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีความข้นหนืดมากขึ้น ทำให้ผู้ทดสอบชิมไม่ยอมรับ ผู้ทดสอบชิมอาจรู้สึกไม่ชอบในเนื้อสัมผัส แต่ในสิ่งทดลองที่ 3 มีการผสมกันระหว่างข้าวบาร์เลย์และงาดำในปริมาณที่พอดีจึงเกิดความรู้สึกมีความหลายหลายในรสชาติ เนื้อสัมผัสมีความหนืดพอดีเมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองที่ 1 เป็นสูตรควบคุมที่ไม่มีงาดำ และสิ่งทดลองที่ 4 ประกอบด้วยงาดำปริมาณมาก จึงทำให้คะแนนความชอบโดยรวมในสิ่งทดลองที่ 3 มากที่สุด (Chumsri & Aroonrungsawat, 2016; Parnsakhorn & Langkapin, 2020; Rawdsiri & Thongrak, 2012)

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสพบว่า ปริมาณข้าวบาร์เลย์ และงาดำที่ต่างกันมีผลต่อการวัดค่าทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัส ผลการวิจัยพบว่า ข้าวบาร์เลย์ผสมงาดำอัตราส่วน 380 ต่อ 20 มีความเหมาะสมที่สุด เมื่อพิจารณาคะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม การเติมงาดำที่มากกว่า 20 กรัม ผู้ทดสอบชิมมีแนวโน้มให้คะแนนการยอมรับด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติและความชอบโดยรวมที่ลดลงทุกด้าน ส่วนผลการวิจัยด้านจุลชีววิทยาพบว่า ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำนมข้าวบาร์เลย์ผสมงาดำทุกสิ่งทดลองพบแบคทีเรียไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานการฆ่าเชื้อแบบพาสเจอไรซ์เซชันสามารถทำลายจุลินทรีย์ได้ประกอบด้วยสารต้านออกซิเดชันจากสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากข้าวบาร์เลย์ และงาดำ และข้อเสนอแนะจากงานวิจัยนี้ควรศึกษาเพิ่มเติมด้านสมุนไพรชนิดอื่นเพิ่มเติม เช่น น้ำข้าวบาร์เลย์ผสมงาขาว สารให้ความหวานที่ให้พลังงานต่ำ เช่น หญ้าหวาน ผลการวิจัยนี้สามารถนำมาพัฒนาเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพเหมาะสำหรับคนห่วงใยสุขภาพ นอกจากนี้ยังสามารถเป็นอีกทางเลือกในการพัฒนาเครื่องดื่มรูปแบบใหม่เพื่อทำให้เกิดความหลากหลายในการบริโภค

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำนมข้าวบาร์เลย์ผสมงาดำ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารชั้นปีที่ 4 เจ้าหน้าที่สาขาฯ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีที่ให้ช่วยเหลือด้านการเตรียมตัวอย่าง การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลและอำนวยความสะดวกด้านสถานที่ในการปฏิบัติการตลอดจนการสนับสนุนทุนวิจัยด้วยเงินงบประมาณคณะฯ จนแล้วเสร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Anukulwattana, K., & Srinual, K. (2018). Effects of processing, storage and reheating on the amounts and capacities of the antioxidants of ready-to-eat rice in retort pouch. *KMUTT Research and Development Journal*, *41*(3), 299-309. (in Thai)

AOAC. (2000). *AOAC Official methods of analysis (Association of Official Analytical Chemists, 17th ed).* International Inc. Arlington Virginia, USA.

Biel, W., Kazimierska, K., & Bashutska, U. (2020). Nutrition vale of wheat, triticale, barley and oat grains. *Acta Sci. Pol. Zootechnica*, *19*(2), 19-28.

Buadilok, N., & Oupathumpanont, O. (2022). Development of high lycopene edible film from gac aril. *Burapha Science Journal*, *27*(1), 31-47. (in Thai)

Chumsri, N., & Aroonrungsawat, S. (2016). The development of drink from riceberry with black sesame. *Christian University of Thailand Journal, 22*(3), 340-351. (in Thai)

Gerstenmeyer, E., Reimer, S., Berghofer, E., Schwartz, H., & Sontag, G. (2013). Effect of thermal heating on some lignans in flax seeds, sesame seeds and rye. *Food Chemistry*, *138*(2-3), 1847-1855.

Hung, W. L., Liao, C. D., Lu, W. C., Ho, C. T., & Hwang, L. S. (2016). Lignan glycosides from sesame meal exhibit higher oral bioavailability and antioxidant activity in rat after nano/submicrosizing. *Journal of functional Foods*, *23*, 511-522.

Ieowsakulrat, S., & Phongpanya, T. (2016). The development of Khao Hom beverage for health. *Agricultural Sci. J*, *47(*2)(Suppl.), 145-148. (in Thai)

Kongkachuichai, R., Prangthip, P., Surasiang, R., Posuwan, J., Charoensri, R., Kettawan, A., & Vanavichit, A. (2013). Effect of riceberry oil (deep purple oil: *Oryza sativa* Indica) supplementation on hyperglycemia and change in lipid profile in Stroptozotocin (STZ) induced diabetic rats fed a high fat diet. *International Food Research Journal*, *20*(2), 873-882.

Leardkamolkarn, V., Thongthep, W., Suttiarporn, P., Kongkachuichai, R., Wongpornchai, S., & Wanavijitr, A. (2011). Chemopreventive properties of bran extracted from a newly-developed Thai rice: The riceberry. *Food Chemistry*, *125*(3), 978-985.

Manok, S., & Lincharoen, P. (2015). Investigating antioxidant activity by DPPH, ABTS and FRAP assay and total phenolic compounds of herbal extracts in Ya-Hom Thepphachit. *Advanced Science*, *15*(1), 106–117. (in Thai)

Parnsakhorn, S., Langkapin, J., Tudkaew, S., Sanghee, W., & Wongchompoo, T. (2011). Design and fabrication of a germinated sesame roaster. *Journal of Engineering, RMUTT*, *9*(2), 51-59. (in Thai)

Parnsakhorn, S., & Langkapin, J. (2020). Analysis of characterization of physicochemical properties of different formulations of riceberry malted beverage. *Journal of Engineering, RMUTT*, *18*(2), 157-168. (in Thai)

Parnsakhorn, S., & Langkapin, J. (2021). Effects of processing and heating on antioxidant activity and quality of riceberry malted beverage. *Thai Science and Technology Journal (TSTJ), 29*(1), 119-133. (in Thai)

Prangthip, P., Surasiang, R., Charoensri, R., Leardkamolkarn, V., Komindr, S., Yamborisut, U., Vanavichit, A., & Kongkachuichai, R. (2013). Amelioration of hyperglycemia, hyperlipidemia, oxidative stress and inflammation in steptozotocin-induced diabetic rats fed a high fat diet by riceberry supplement. *Journal of Functional Foods*, *5*, 195-203.

Prikboonjun, P., & Rattanapun, B. (2014). Development of germinated brown rice with vegetable juice ready-to-drink beverage. *RMUTP Research Journal*, *Special Issue*, 87-92. (in Thai)

Puntabutre, K. (2012). Sesame: cereal for health. *Food journal*, *42*(4), 297-301. (in Thai)

Rawdsiri, S., & Thongrak, P. (2012). Product development of young rice and cereal beverage. Research Report Division of Food Science and Technology Faculty of Agricultural Technology and Agro-Industry Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi (Huntra Campus). (in Thai)

Sakkhongnanthakul, O. (2020). Development of mocktail drink from rice milk. Bachelor of Technology (Hotel Program (Continuing)). Chiang Mai Vocational College. Institute of Vocational Education: Northern Region I. (in Thai)

Shimada, K., Fujikawa, K., Yahara, K., & Nakamura, T. (1992). Antioxidative properties of xanthone on the auto oxidation of soybean in cyclodextrin emulsion. *J. Agr. Food Chem*, *40*, 945–948.

Singh, A., & Wadhwa, N. (2017). Biochemical characterization and thermal inactivation of polyphenol oxidase from elephant foot yam. (*Amorphophallus paeoniifolius*) *J. Food Sci Technol*, *54*(7), 2085–2093.

Tavakoli, A., Vardanjani, H. M., Namjouyan, F., Cramer, H., & Pasalar, M. (2022). Efficacy of Persian barley water on clinical outcomes of hospitalized moderate-severity COVID-19 patients: a single-blind, add-on therapy, randomized controlled clinical trial. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, *26*, 1033-1041.

Thai Industrial Standards Institute Ministry of Industry. (2015). *Thai community product standard brown rice drink (CPS.282/2015)*. (1st ed). Bangkok: Thai Industrial Standards Institute. (in Thai)

Thirasaroch, J., & Thanomwong, C. (2015). Production of Healthy Beverage from “Homnil” Rice. *KKU Sci. J*, *43*(3), 395-402. (in Thai)

Thongboon, J. (2012). Comparative study on properties of rice grass (Sukhothai 1 var.) with wheat grass and barley grass for development of health beverages. (Master of Science in Food Technology). Maejo University. (in Thai)

Townsend, D. E., & Naqui, A. (2020). Comparison of SimPlate TotalTM plate count test with plate count agar method for detection and quantitation of bacteria in food. *Journal of AOAC INTERNATIONAL*, *81*(3), 563-569.

Wei, P., Zhao, F., Wang, Z., Wang, Q., Chai, X., Hou, G., & Meng, Q. (2022). Sesame (*Sesamum indicum* L.): A comprehensive review of nutritional value, phytochemical composition, health benefits, development of food and industrial applications. *Nutrients*, *14*(4079), 1-26.

Wirivutthikorn, W. (2022a). Product development of banana blended corn milk and soy milk beverage. In *Conference Proceedings The 15 Research Administration Network Conference*. (pp.403-414). Bangkok. (in Thai)

Wirivutthikorn, W. (2022b). Study of gac fruit aril powder enrichment in the production of ready-to-drink from medicinal mushrooms blended chrysanthemum. *Rajamangala University of Technology Srivijaya Research Journal, 14*(3), 594-607. (in Thai)

Wiriyajaree, P. (2018). Sensory evaluation. Chiang Mai: Faculty of Agro Industry, Chiangmai University. (in Thai)