การผลิตเครื่องดื่มนมกระบก (*Irvingia malayana* Oliv. ex A.W. Benn.)

Production of Krabok Milk Beverage

(*Irvingia malayana* Oliv. ex A.W. Benn.)

กัญญาภัค จันทะมาลา ธฤต อภิสิทธิวงศ์ และ ขวัญหทัย แช่ทอง *

Kanyapak Jantamala, Tarit Apisitiwong and Kwanhathai Chaethong *

Received: 16 July 2021, Revised: 28 January 2022, Accepted: 31 May 2022

บทคัดย่อ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มนมจากพืชโดยใช้วัตถุดิบท้องถิ่น คือ เมล็ดกระบก (*Irvingia malayana* Oliv. ex A.W. Benn.) หรือ อัลมอนด์อีสาน เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและตรงตามความต้องการของผู้บริโภค โดยเริ่มจากศึกษาคุณภาพของวัตถุดิบและศึกษาปริมาณเนื้อเมล็ดกระบกที่เหมาะสมในสูตร จากนั้นศึกษาปริมาณเจลแลนกัมที่เหมาะสมเพื่อปรับปรุงสมบัติทางกายภาพ จากการวิจัยพบว่า ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มนมกระบกที่มีเนื้อกระบกร้อยละ 13 และสารให้ความคงตัวเจลแลนกัมร้อยละ 0.02 ของน้ำหนักรวมทั้งหมด ปั่นผสมเพื่อลดขนาดอนุภาคของไขมันด้วยเครื่องโฮโมจีไนซ์ที่ความเร็วรอบ 13,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 7 นาที และพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความคงตัวไม่แยกชั้นในระหว่างเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และได้รับการยอมรับของผู้บริโภคโดยมีระดับความพอดีในด้านคุณลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความรู้สึกในปาก (mouthfeel) อยู่ในระดับพอดีแล้ว เครื่องดื่มนมกระบกที่ผลิตได้ให้พลังงานต่อหน่วยบริโภค (240 มิลลิลิตร) เท่ากับ 225 กิโลแคลอรี คาร์โบไฮเดรต 18.26 กรัม โปรตีน 2.54 กรัม ใยอาหาร 9.70 กรัม และไขมัน 15.58 กรัม โดยไม่พบโคเลสเตอรอล ไม่พบสาร D-amygdalin ทั้งในเมล็ดกระบกอบและผลิตภัณฑ์นมกระบก และผลิตภัณฑ์มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา โคลิฟอร์ม แบคทีเรียชนิดอี.โคไล (*Escherichia coli*) และสารอะฟลาทอกซิน ไม่เกินมาตรฐานตามข้อกำหนดของคณะกรรมการอาหารและยา

คำสำคัญ: การพัฒนาผลิตภัณฑ์, เครื่องดื่ม, นมกระบก, อัลมอนด์อีสาน, นมจากพืช

คณะเทคโนโลยีอาหาร วิทยาลัยนวัตกรรมเกษตร และเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยรังสิต จังหวัดปทุมธานี 12000

Faculty of Food Technology, College of Agricultural Innovation and Food, Rangsit University, Pathum Thani 12000, Thailand.

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail): k_charetong@yahoo.com

ABSTRACT

To attain the quality of the plant-based milk products desired or accepted by consumers, a development of milk beverage using local ingredients, namely, Krabok (*Irvingia malayana* Oliv. ex A.W. Benn) or E-saan almond, was performed. In the current study, the quality of starting raw material, the appropriate concentration of Krabok seeds in the formula, and the physical properties enhancement by adding adequate gellan gum were investigated. The results revealed that the optimal Krabok milk with the formula containing 13% Krabok, 0.02% gellan gum of the total weight homogenized at 13,000 rpm for 7 min to reduce the size of milk fat globules and pasteurized at 75°C for 5 min showed stable emulsion of developed products which did not separate during storage at 4°C and obtained "just about right" levels for all sensory attributes tested including appearance, color, smell, taste and mouthfeel. A serving of 240 mL (1 serving size) of Krabok milk provides 225 kcal, 18.26 g carbohydrate, 2.54 g protein, 9.70 g dietary fiber and 15.58 g fat without cholesterol. D-amygdalin was not found in either roasted Krabok seeds or Krabok milk products. Aerobic plate count, yeasts, molds, coliform, *E. coli* (*Escherichia coli*) and total aflatoxin examination of products were within the limit regulated by Thai Food and Drug Administration.

Key words: product development, beverage, Krabok milk, E-saan almond, plant-based milk

บทนำ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่โดยใช้วัตถุดิบในท้องถิ่นเป็นการสร้างโอกาสในการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ให้มีความหลากหลายของผลิตภัณฑ์อาหารและเป็นการส่งเสริมเกษตรกร กระบก (*Irvingia malayana* Oliv. ex A.W. Benn.) หรือ อัลมอนด์อีสาน เป็นพืชที่อยู่ในตระกูล Irvingiaceae จัดอยู่ในกลุ่มอัลมอนด์ป่า (Wild almond) เป็นพืชเมืองร้อน สามารถพบได้ทั่วไปในเขตภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ได้แก่ กัมพูชา มาเลเซีย ลาว อินโดนีเซีย ในประเทศไทยปลูกมากในจังหวัดแถบภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จะมีผลผลิตเมล็ดมากในช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม (Kalsirisilp *et al*., 2018) เมล็ดกระบกมีปริมาณไขมันร้อยละ 67 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 9.1 โปรตีน ร้อยละ 3.4 และเส้นใยอาหารสูง มีกรดลอริกและกรดไมริสติกเป็นกรดไขมันหลัก นิยมนำมาคั่วและบริโภคเป็นอาหารว่างหรือขนมขบเคี้ยว มีรายงานวิจัยว่าถูกนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในขนม หรือใช้ประโยชน์ในทางเภสัช (Sonwai and Pornprachanuvat, 2012; Akesowan *et al*., 2020; Podchong *et al*., 2020)

ผลิตภัณฑ์นมทางเลือกจากพืช (Plant-based milk alternative) คือ ผลิตภัณฑ์นมที่ไม่มีส่วนผสมของนมวัว มีอัตราการเติบโตทั่วโลกอย่างรวดเร็วในหมวดผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มใหม่ที่เป็นอาหารฟังก์ชัน (Functional food) เนื่องจากช่วยแก้ปัญหาการแพ้นมวัว การแพ้น้ำตาลแลคโตส (Lactose intolerance) ความกังวลเกี่ยวกับปริมาณแคลอรี่ ภาวะที่ร่างกายมีระดับโคเลสเตอรอลในเลือดสูงกว่าปกติ (Hypercholesterolemia) ผู้บริโภคที่รับประทานอาหารวีแกน (Sethi *et al*., 2016) มีการนำเมล็ดพืชน้ำมันหลายชนิดมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเครื่องดื่มนมจากพืช ได้แก่ นมจากถั่วเหลือง ถั่วลิสง งา อัลมอนด์ และแมคาเดเมีย (Ongsaranakom *et*

al., 2009; Ahmadian-Kouchaksaraei *et al*., 2014; Kundu *et al*., 2018; Zaaboul *et al*., 2019) ซึ่งคุณสมบัติของนมจากพืชแต่ละชนิดพบว่ามีความแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช คุณภาพของวัตถุดิบและกระบวนการผลิต นมจากถั่วเหลืองนับว่าเป็นแหล่งโปรตีนที่มีปริมาณสูง มีสารอาหารใกล้เคียงกับนมวัว และราคาย่อมเยา แต่รสชาติของถั่ว (beany flavor) อาจไม่ถูกปากในผู้บริโภคบางกลุ่ม ขณะที่นมอัลมอนด์ เป็นนมทางเลือกของกลุ่มผู้บริโภคที่ต้องการจำกัดปริมาณแคลอรี่ เนื่องจากให้พลังงานต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับนมวัวหรือนมถั่วเหลืองในปริมาณที่เท่ากัน และอุดมไปด้วยไขมันที่ดีและวิตามินอี แต่มีโปรตีนน้อย (Vanga and Raghavan, 2018) กระบกจึงเป็นวัตถุดิบท้องถิ่นที่น่าสนใจในการนำมาพัฒนาในรูปของน้ำนม มีรายงานการศึกษาถึงการใช้ประโยชน์จากน้ำมันและกรดไขมันจากเมล็ดกระบก (Sonwai and Pornprachanuvat, 2012; Akesowan *et al*., 2020; Podchong *et al*., 2020) อย่างไรก็ตาม มีข้อมูลการบริโภคว่ากระบกรับประทานมากมีผลให้เวียนศีรษะหรือบางคนอาเจียน อาจเนื่องมาจากอาการเป็นพิษจากสารไซยาโนเจ-นิกไกลโคไซด์ (Cyanogenic glycosides) ซึ่งพบโดยทั่วไปในพืชหลายชนิดที่คนเราบริโภค และสาร Amygdalin เป็นสารหลักในกลุ่มสารไกลโคไซด์ไซยาโนจินิกที่พบในอัลมอนด์ (Bolarinwa *et al*., 2014) ทั้งนี้กระบวนการผลิตนมจากพืชให้ได้คุณภาพดีขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น การเตรียม วิธีการสกัด คุณสมบัติอิมัลชัน การฆ่าเชื้อที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มน้ำนม ซึ่งมีผลต่ออายุการเก็บรักษาและการยอมรับของผู้บริโภค (Ongsaranakom *et al*., 2009; Ahmadian-Kouchaksaraei *et al*., 2014; Kundu *et al*., 2018; Zaaboul *et al*., 2019)

ด้วยเหตุนี้ จึงมีแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มนมจากพืชโดยใช้วัตถุดิบท้องถิ่น คือ เมล็ดกระบก หรือ อัลมอนด์อีสาน นำมาศึกษาคุณภาพของวัตถุดิบเริ่มต้น และศึกษาปริมาณเนื้อเมล็ดกระบกที่เหมาะสมและปริมาณการใช้เจลแลนกัมในการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพในระหว่างเก็บรักษา โดยวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของเครื่องดื่มที่ผลิตได้ เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตผลิตภัณฑ์นมกระบกที่มีคุณภาพและปลอดภัยสำหรับผู้บริโภค

วิธีดำเนินการวิจัย

วัตถุดิบ

1. ตัวอย่างเมล็ดกระบกดิบตากแห้งทั้งเปลือกเมล็ดใหญ่ รับซื้อจากเกษตรกร จังหวัดมุกดาหาร ล้างทำความสะอาดและคัดเลือกเฉพาะเมล็ดที่ดีและสมบูรณ์ เกลี่ยบางใส่ถาดและอบด้วยเตาอบไฟฟ้า (FnB Machinry&Solution, QL-2, ประเทศไทย) ที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที แล้วแกะเปลือกออก

2. สารให้ความคงตัว เจลแลนกัม (E418) เกรดอาหาร (Food grade) จากบริษัทเคมีภัณฑ์ โดยมีสมบัติละลายน้ำได้ ใช้เพื่อเป็นสารเพิ่มเนื้อ (Thickener), ตัวผสาน (Emulsifier) และตัวคงสภาพ (Stabilizer) ในเครื่องดื่ม

วิธีการทดลอง

1. การศึกษาคุณภาพของวัตถุดิบเมล็ดกระบก

นำเนื้อเมล็ดกระบกที่เตรียมได้ มาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ พลังงาน และคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 1993) โปรตีน (AOAC, 2019) ไขมัน (AOAC, 2019) ความชื้น (AOAC, 2019) เถ้า (AOAC, 2019) และ โคเลสเตอรอล (AOAC, 2019) วิเคราะห์ปริมาณอะฟลาทอกซิน โดยใช้เทคนิคการเตรียมตัวอย่างแบบ QuEChERS สกัดตัวอย่าง (2±0.05 กรัม) ด้วยสารละลายอะซิโตรไนไตรล์เข้มข้นร้อยละ 80 และเติมกรดฟอร์มิกร้อยละ 0.1 ก่อนนำไปฉีดวิเคราะห์ด้วย LC-MS/MS (Sun *et al*., 2016) และวิเคราะห์หาปริมาณ D-amygdalin

โดยใช้ตัวอย่าง 5 กรัม สกัดด้วยเอทานอล ก่อนนำไปฉีดวิเคราะห์ด้วยเทคนิค HPLC (Bolarinwa *et al*., 2014)

2. การศึกษาปริมาณเนื้อเมล็ดกระบกและเจลแลนกัมที่เหมาะสม

ศึกษาสัดส่วนเนื้อเมล็ดกระบกที่เหมาะสมในสูตร 3 ระดับ คือ ร้อยละ 10, 13 และ 16 โดยน้ำหนัก (ใช้ข้อมูลจากการทดลองเบื้องต้น) ปั่นผสมกับน้ำโดยใช้เครื่องปั่น (blender) (Tefal BL811, France) ที่ความเร็วสูงสุด (35,000 รอบ/นาที) เป็นเวลา 3 นาที กรองเอากากออก เติมน้ำเชื่อม (เข้มข้นร้อยละ 50) ร้อยละ 1.2 และเกลือร้อยละ 0.01 โดยน้ำหนัก แล้วปั่นผสมเพื่อลดขนาดอนุภาคของไขมันด้วยเครื่องโฮโมจีไนเซอร์ (homogenizer) (YSTRAL Series X40, Germany) ที่ความเร็วรอบ 13,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 7 นาที และนำไปพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที (Ongsaranakom *et al*., 2009) บรรจุใส่ขวดขณะร้อน ปิดฝาให้สนิทแล้วทำให้เย็นทันทีและเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นำเครื่องดื่มนมกระบกทั้ง 3 สูตร มาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ (7 - point hedonic scale, 1 = ไม่ชอบมากที่สุด และ 7 = ชอบมากที่สุด) โดยผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝน จำนวน 30 คน เสิร์ฟตัวอย่างนมในแก้วพลาสติกใส แก้วละ 30 มิลลิลิตร พร้อมน้ำเปล่าและแครกเกอร์รสจืดเพื่อใช้สำหรับล้างปากก่อนชิมตัวอย่างถัดไป ทำการศึกษาคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ ความรู้สึกในปาก (mouthfeel) ความรู้สึกตกค้างหลังกลืน (aftertaste) และความชอบโดยรวม เพื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมที่ได้คะแนนความชอบรวมสูงสุด

ศึกษาการใช้สารให้ความคงตัว เจลแลนกัมในการเพิ่มความคงตัว ปรับปรุงเนื้อสัมผัสของนมกระบก และไม่แยกชั้นระหว่างเก็บ โดยศึกษาปริมาณเจลแลนกัมที่เหมาะสมในสูตร 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0, 0.02, 0.04, 0.06 โดยน้ำหนัก (ใช้ข้อมูลจากการทดลองเบื้องต้น) กำหนดปริมาณเนื้อเมล็ดกระบกในสูตรคงที่ (คัดเลือกได้จากการศึกษาข้างต้น) เริ่มจากการนำเจลแลนกัมปั่นผสมกับน้ำโดยใช้เครื่องปั่น (blender) ที่ความเร็วสูงสุด 3 นาที ก่อนนำไปปั่นผสมกับเนื้อเมล็ดกระบกตามขั้นตอนการผลิตนมกระบก นำเครื่องดื่มนมกระบกทั้ง 3 สูตรมาวิเคราะห์ค่าความหนืด ด้วยเครื่องวัดความหนืดแบบบรุคฟิลด์ (Brookfield Engineering laboratories Inc LVT, USA) ใช้หัวเข็มเบอร์ 1 ที่ความเร็ว 60 รอบต่อนาที และควบคุมอุณหภูมิของตัวอย่างที่ 25 องศาเซลเซียส และทดสอบความคงตัวของนมกระบกโดยสังเกตจากการตกตะกอนในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน เพื่อคัดเลือกปริมาณของเจลแลนกัมที่เหมาะสม

3. การประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มนมจากเมล็ดกระบกที่พัฒนาได้

นำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มนมกระบกที่ได้จากข้อ 2 ที่เพิ่งผลิตเสร็จ ตรวจวัดค่าสี (*L* a* b**) โดยใช้เครื่อง Color reader (MINOLTA.CO.LTD รุ่น CR-10, ประเทศญี่ปุ่น) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solid, องศาบริกซ์) โดยใช้เครื่อง Digital Refractometer (Milwaukee รุ่น MA871, USA) ตรวจวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ พลังงาน และคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 1993) เส้นใย (AOAC, 2019) โปรตีน (AOAC, 2019) ไขมัน (AOAC, 2019) ไขมันอิ่มตัว กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (MUFA) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (PUFA) (AOAC, 2019) เถ้า (AOAC, 2019) โคเลสเตอรอล (AOAC, 2019) แร่ธาตุโซเดียม เหล็ก แคลเซียม โพแทสเซียม (AOAC, 2019), ฟอสฟอรัส (AOAC, 2019,) วิตามิน A (AOAC, 2019 วิตามิน B1 (AOAC, 2019) และวิตามิน B2 (AOAC, 2019) วิเคราะห์หาปริมาณ D-amygdalin โดยใช้ HPLC (Bolarinwa *et al*., 2014) วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ตามข้อกำหนดของคณะกรรมการอาหารและยา ประกาศกระทรวง

สาธารณสุข (ฉบับที่ 356) เรื่อง เครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท (Notification of Ministry of Public Health, 2013) ได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา โคลิฟอร์ม โดยวิธีเอ็มพีเอ็น (MPN) แบคทีเรียชนิด อี.โคไล (*Escherichia coli*) และตรวจวิเคราะห์ปริมาณอะฟลาทอกซิน ตามข้อกำหนดของคณะกรรมการอาหารและยา ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 414) เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน (Notification of Ministry of Public Health, 2020) การวิเคราะห์การแยกชั้นของน้ำนม และทดสอบผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย คือ ผู้ที่บริโภคนมจากพืชเป็นประจำ ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9 - point hedonic scale, 1 = ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 = ชอบมากที่สุด) ร่วมกับการทำ Just About Right (JAR) โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน ในด้านคุณลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ ความรู้สึกในปาก (mouthfeel) และความชอบโดยรวม รวมทั้งถามการยอมรับ และการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาสัดส่วนเนื้อเมล็ดกระบกที่เหมาะสมและการศึกษาการใช้สารให้ความคงตัว เจลแลนกัมในการเพิ่มความคงตัวและปรับปรุงเนื้อสัมผัสของนมกระบก ใช้การออกแบบการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์(Completely Randomized Design, CRD) สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัสจะใช้การออกแบบการทดลอง แบบสุ่มในบล็อค(Randomized Complete Black Design, RCBD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ตั้งแต่การเตรียมตัวอย่างไปจนถึงการวิเคราะห์ และนำข้อมูลที่ได้จากการวัดค่าคุณภาพต่างๆ มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ถ้าพบนัยสำคัญทางสถิติจะคำนวณค่า Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. คุณภาพของวัตถุดิบเมล็ดกระบก

ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของเมล็ดกระบก (ตารางที่ 1) พบว่าเนื้อเมล็ดกระบกที่ผ่านกระบวนการเตรียมโดยล้างทำความสะอาดและคัดเลือกเฉพาะเมล็ดที่ดีและสมบูรณ์ไม่มีร่องรอยของโรค หรือการถูกทำลายด้วยแมลง อบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ปริมาณ 100 กรัม ให้พลังงานถึง 726.7 kcal มีคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 16.1 มีโปรตีนร้อยละ 12.6 ความชื้นร้อยละ 1.4 และมีไขมันปริมาณสูงถึงร้อยละ 68 โดยไม่พบโคเลสเตอรอล จากรายงานวิจัยระบุว่าไขมันอิ่มตัวเป็นองค์ประกอบหลักของไขมันในเมล็ดกระบกประกอบด้วยกรดลอริก (C12:0) และกรดไมริสติก (C14:0) (Sonwai and Pornprachanuvat, 2012; Podchong *et al*., 2020) โดยกรดไขมันทั้งสองชนิดนี้เป็นกรดไขมันดีที่พบในนมแม่และนมวัว และจากข้อมูลที่ระบุว่าหากรับประทานกระบกมากแล้วมีผลให้เวียนศีรษะหรือบางคนอาเจียน อันเนื่องมาจากอาการเป็นพิษจากสารไซยาโนจีนิค ไกลโคไซด์ (Cyanogenic glycosides) ซึ่งพบโดยทั่วไปในพืชหลายชนิดที่คนเราบริโภค และสาร Amygdalin เป็นสารหลักในกลุ่มสารไกลโคไซด์ไซยาโนจินิกที่พบในตระกูลอัลมอนด์ (Bolarinwa *et al*., 2014) ในงานวิจัยนี้จึงมีการวิเคราะห์หาปริมาณ D-amygdalin โดยใช้ HPLC ผลการทดสอบไม่พบสารดังกล่าวทั้งในเมล็ดกระบกดิบและเมล็ดกระบกที่ผ่านกระบวนการอบ ซึ่งจากรายงานวิจัยได้ระบุว่าพบปริมาณสาร amygdalin ในปริมาณน้อยมากในเมล็ดอัลมอนด์อบเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณในเมล็ดอัลมอนด์ดิบ แต่อย่างไรก็ตามปริมาณสาร amygdalin ที่วิเคราะห์ได้ นอกจากประสิทธิภาพในการสกัดสารเพื่อนำไปวิเคราะห์แล้ว ปริมาณสารดังกล่าวสามารถแปรผันได้จากสายพันธุ์ และปัจจัยแวดล้อมในระหว่างเพาะปลูก (Bolarinwa *et al*., 2014) และเมล็ดกระบกอบมีปริมาณอะฟลาทอกซินทั้งหมด <0.5 μg/kg (ตารางที่ 1) ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานข้อกำหนด

ของคณะกรรมการอาหารและยาที่กำหนดให้ตรวจพบอะฟลาทอกซินทั้งหมดได้ไม่เกิน 15 μg/kg ในวัตถุดิบซึ่งต้องผ่านกระบวนการคัดหรือท่าความสะอาด แสดงให้เห็นว่ากระบวนการเตรียมวัตถุดิบเมล็ดกระบกเพื่อนำไปแปรรูปในขั้นถัดไปมีประสิทธิภาพเพียงพอในการเตรียมวัตถุดิบเพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและปลอดภัยในการบริโภค

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อเมล็ดกระบกอบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ	หน่วย
พลังงาน	726.7	kcal/100g
คาร์โบไฮเดรต	16.1	g/100g
โปรตีน	12.6	g/100g
ไขมัน	68.0	g/100g
ความชื้น	1.4	g/100g
เถ้า	1.9	g/100g
โคเลสเตอรอล	<2.0	mg/100g
อะมิกดาลิน (D-amygdalin)	nd	mg/kg
อะฟลาทอกซินทั้งหมด	<0.5	μg/kg
- อะฟลาทอกซิน B1	<0.5	μg/kg
- อะฟลาทอกซิน B2	<0.5	μg/kg
- อะฟลาทอกซิน G1	<0.5	μg/kg
- อะฟลาทอกซิน G2	<0.5	μg/kg

หมายเหตุ: รายงานผลการทดสอบออกโดยห้องปฏิบัติการ Intertek Testing Services (Thailand) Ltd. (ได้รับการรับรองตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025), nd = not detected

2. ปริมาณเนื้อเมล็ดกระบกและเจลแลนกัมที่เหมาะสม

ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ (7 - point hedonic scale) โดยใช้ผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝน จำนวน 30 คน ได้ผลดังตารางที่ 2 พบว่าการแปรผันปริมาณเนื้อเมล็ดกระบกในสูตร 3 ระดับ คือ ร้อยละ 10, 13 และ 16 โดยน้ำหนักผลิตภัณฑ์มีค่าคะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติความรู้สึกในปาก (mouthfeel) ความรู้สึกตกค้างหลังกลืน (aftertaste) และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกันทางสถิติ (p>0.05) ค่าคะแนนความชอบโดยรวมของทั้งสามสูตรอยู่ในช่วงระดับชอบถึงชอบมาก เมื่อพิจารณาจากข้อเสนอแนะพบว่าสูตรที่มีเนื้อกระบกร้อยละ 16 มีความข้นหนืดมากเกินไปและมีกลิ่นถั่วแรงเกินไป ส่วนสูตรที่มีเนื้อกระบกร้อยละ 10 มีความเจือจางของนมมากเกินไป เครื่องดื่มนมที่มีปริมาณเนื้อเมล็ดกระบก ร้อยละ 10, 13 และ 16 โดยน้ำหนัก มีค่าความหนืดเท่ากับ 7.5, 14.0 และ 22.5 cP เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความหนืดกับนมอัลมอนด์ที่มีวางจำหน่ายในตลาด ซึ่งวัดค่าความหนืดได้เท่ากับ 14.5 cP สูตรนมที่มีเนื้อกระบกร้อยละ 13 จึงมีค่าความหนืดที่

ใกล้เคียงที่สุด จึงเลือกสัดส่วนนี้ไปใช้ศึกษาต่อในขั้นตอนถัดไป

ตารางที่ 2 คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ (7 - point hedonic scale) ของเครื่องดื่มนมกระบกที่มีปริมาณเนื้อกระบกแตกต่างกัน

ปริมาณเนื้อกระบก (%w/w)	ลักษณะปรากฏ^{ns}	สี^{ns}	กลิ่นรส^{ns}	รสชาติ^{ns}	ความรู้สึกในปาก (mouthfeel)^{ns}	ความรู้สึกตกค้างหลังกลืน (aftertaste)^{ns}	ความชอบโดยรวม^{ns}
10%	5.80 ± 1.45	6.10 ± 1.54	5.16 ± 1.79	4.97 ± 1.85	5.29 ± 1.60	5.03 ± 1.87	5.19 ± 1.94
13%	6.03± 1.45	6.61 ± 1.38	5.74 ± 1.69	5.23 ± 2.08	5.68 ± 1.72	5.39 ± 1.87	5.84 ± 1.81
16%	5.45 ± 1.73	6.45 ± 1.48	5.00 ± 1.97	4.35 ± 2.20	5.26 ± 1.75	4.81 ± 1.87	5.10 ± 1.89

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย±S.D. (N = 30), ns = not significant

ผลการศึกษาการใช้สารให้ความคงตัวเจลแลนกัมเพื่อเพิ่มความคงตัวซึ่งสังเกตจากการที่น้ำนมไม่แยกชั้นในระหว่างเก็บและปรับปรุงเนื้อสัมผัสของนมกระบก โดยศึกษาปริมาณเจลแลนกัมที่เหมาะสมในสูตร 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0, 0.02 ,0.04, 0.06 โดยน้ำหนัก โดยกำหนดปริมาณเนื้อเมล็ดกระบกในสูตรคงที่เท่ากับร้อยละ 13 โดยน้ำหนัก จากการวิเคราะห์ค่าความหนืดพบว่าเมื่อปริมาณเจลแลนกัมในสูตรเพิ่มขึ้นมีผลให้ค่าความหนืดเพิ่มขึ้นเท่ากับ 14.0, 15.5, 16.5 และ 18.5 cP ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากเจลแลนกัมเป็นโพลีแซคคาไรด์ที่ผลิตจากการหมักคาร์โบไฮเดรตด้วยจุลินทรีย์ *Sphingomonas elodea* สำหรับการละลายของเจลแลนกัมนั้นพบว่าสามารถละลายได้ในน้ำเย็นหรือน้ำร้อนขึ้นอยู่กับจำนวนหมู่อะซิล จากคุณสมบัติดังกล่าวจึงมีการใช้ประโยชน์หลากหลายในผลิตภัณฑ์อาหาร และสามารถใช้เพิ่มความคงตัวระหว่างเก็บได้ในเครื่องดื่มและผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลือง (Valli and Clark, 2009) โดยกลไกการเกิดเจลของเจลแลนกัมต้องการไอออนประจุบวก เช่น แคลเซียมไอออน เกิดเป็นเจลที่โมเลกุลเชื่อมต่อกันที่เสถียร เรียกว่า จังชันโซน (junction zone) เกิดเป็นโครงสร้างเจลที่แข็งแรง เจลที่เกิดจากเจลแลนกัมมีลักษณะใสและทนต่อความร้อน (Pongsawatmanit, 2009) และจากการทดสอบความคงตัวของนมกระบกโดยวิธีสังเกตจากการตกตะกอนในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่านมกระบกที่เติมเจลแลนกัมทุกความเข้มข้นไม่มีการแยกชั้นของผลิตภัณฑ์ ดังภาพที่ 1 ภายหลังเก็บเป็นเวลา 10 วัน เช่นเดียวกับรายงานวิจัยของ Satsue (2019) ในการใช้แซนแทนกัมเพื่อเพิ่มความคงตัวในน้ำนมจากกระจับ ผลิตภัณฑ์ที่มีความหนืดสูงจะส่งผลให้ไม่เกิดการแยกชั้นหรือเกิดขึ้นน้อย แต่การเลือกใช้สารให้ความคงตัวที่มีความเข้มข้นมากเกินไปจะส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์และการยอมรับของผู้บริโภคด้วยเช่นเดียวกัน ดังนั้นปริมาณสารให้ความคงตัว เจลแลนกัมที่เหมาะสม คือ ร้อยละ 0.02 เนื่องจากใช้ปริมาณในสูตรน้อยแต่ก็สามารถป้องกันการแยกชั้นระหว่างเก็บได้ และมีความหนืดเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (15.5 cP) จากสูตรที่ไม่เติมสารให้ความคงตัวที่ผู้บริโภคให้การยอมรับ

(a) **(b)** **(c)** **(d)**

ภาพที่ 1 เครื่องดื่มนมกระบกที่ไม่เติมเจลแลนกัม (a) และเติมเจลแลนกัมร้อยละ 0.02 (b) ร้อยละ 0.04 (c) และ ร้อยละ 0.06 (d) เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน

3. ผลการศึกษาคุณภาพของการเครื่องดื่มนมกระบกที่พัฒนาได้

เครื่องดื่มนมกระบกที่เพิ่งผลิตเสร็จ ที่มีเนื้อเมล็ดกระบกในสูตรเท่ากับร้อยละ 13 และเจลแลนกัมร้อยละ 0.02 ปั่นผสมเพื่อลดขนาดอนุภาคของไขมันด้วยเครื่องโฮโมจีไนเซอร์ที่ความเร็วรอบ 13,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 7 นาที และพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที บรรจุใส่ขวดขณะร้อนปิดฝาให้สนิทแล้วทำให้เย็นทันทีนั้น มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ เท่ากับ 6.33 องศาบริกซ์ และมีค่าสี L^*, a^*, b^* เท่ากับ 84.90, 0.20, 5.17 ตามลำดับ มีคุณค่าทางโภชนาการเปรียบเทียบกับนมที่มีจำหน่าย แสดงดังตารางที่ 3 พบว่าการบริโภคนมกระบก 240 มิลลิลิตร จะได้รับพลังงาน 225 กิโลแคลอรี มีคาร์โบไฮเดรต 18.26 กรัม โปรตีน 2.54 กรัม ใยอาหาร 9.70 กรัม และไขมัน 15.58 กรัม โดยไม่พบโคเลสเตอรอล เมื่อเปรียบเทียบกับนมชนิดต่างๆ ได้แก่ นมวัว นมถั่วเหลือง และนมอัลมอนด์ พบว่านมกระบกให้พลังงานสูงที่สุด ขณะที่นมอัลมอนด์ให้พลังงานต่อหน่วยบริโภคต่ำสุด มีค่าประมาณ 36 กิโลแคลอรี ทั้งนี้เนื่องจากพลังงานส่วนใหญ่ของนมกระบกมาจากไขมัน โดยเฉพาะไขมันอิ่มตัวที่เป็นองค์ประกอบหลักในวัตถุดิบเมล็ดกระบก (Sonwai and Pornprachanuvat, 2012; Podchong *et al*., 2020) นมถั่วเหลืองและนมวัวซึ่งมีปริมาณโปรตีนสูงเมื่อเปรียบเทียบกับนมกระบกและนมอัลมอนด์ นมวัวเป็นแหล่งของแคลเซียมที่สำคัญในการบริโภค โดยนมวัว 1 กล่องมีปริมาณแคลเซียมเฉลี่ยเท่ากับ 294 มิลลิกรัม ขณะที่การบริโภคนมพืชอีกสองชนิด ได้แก่ นมถั่วเหลือง และนมอัลมอนด์ ยังคงได้รับแคลเซียมในปริมาณที่ใกล้เคียงกันกับนมวัว ส่วนนมกระบกมีปริมาณแคลเซียมน้อยกว่านมวัวประมาณ 7.5 เท่า ชี้ให้เห็นว่านมกระบกยังไม่ใช่แหล่งอาหารที่ดีสำหรับแคลเซียม แต่เป็นแหล่งของไขมันดีเนื่องจากในองค์ประกอบของเมล็ดกระบกมีไขมันที่สำคัญอยู่สองชนิด คือ กรดลอริก และกรดไมริสติก (Sonwai and Pornprachanuvat, 2012; Podchong *et al*., 2020) โดยกรดไขมันทั้งสองชนิดนี้เป็นกรดไขมันดีที่พบในนมแม่ นมวัว และพืชน้ำมันหลายชนิด (Verruck *et al*., 2019; German and Dillard, 2010) อย่างไรก็ตาม

นมกระบกมีปริมาณใยอาหารและธาตุเหล็กสูงกว่า นมวัว นมถั่วเหลือง และนมอัลมอนด์

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของเครื่องดื่มนมกระบกกับนมที่มีจำหน่ายในตลาด (ต่อหน่วยบริโภค 240 มิลลิลิตร)

สารอาหาร	**นมกระบก**	**นมอัลมอนด์***	**นมถั่วเหลือง***	**นมวัว***
พลังงาน (kcal)	225	36.43	95	158
คาร์โบไฮเดรต (g)	18.62	1.32	5	n.a.
เส้นใย	9.70	0.64	0.96	0
โปรตีน (g)	2.54	1.67	8.71	8.11
ไขมัน (g)	15.58	2.71	4.35	9.05
ไขมันอิ่มตัว	14.54	0	0.64	5.64
กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (MUFA)	0.46	1.67	0.84	2.62
กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (PUFA)	0.05	0.67	2.40	0.35
โคเลสเตอรอล (mg)	0	0	0	34.1
แร่ธาตุ (mg)				
แคลเซียม	38.93	325.29	205.86	294
เหล็ก	2.40	0.18	0.84	0.12
แมกนีเซียม	n.a.	21	49	32
ฟอสฟอรัส	n.a.	48	108	230
โพแทสเซียม	109.10	65	364.29	373
โซเดียม	29.88	146.42	65	121
สังกะสี	n.a.	0.56	0.75	0.94
วิตามิน				
วิตามิน A (lg)	n.a.	77.14	32.57	82
วิตามิน B1 (mg)	n.a.	n.a.	0.08	0.1
วิตามิน B2 (mg)	n.a.	0.19	0.24	0.4

หมายเหตุ: รายงานผลการทดสอบคุณค่าโภชนาการของนมกระบกออกโดยห้องปฏิบัติการ Intertek Testing Services (Thailand) Ltd. (ได้รับการรับรองตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025), n.a.= information not available, *Vanga and Raghavan (2018)

ผลการวิเคราะห์หา D-amygdalin โดยใช้ HPLC ไม่พบสารดังกล่าวในตัวอย่างนมกระบกที่ผลิตได้ และไม่พบจุลินทรีย์ทั้งหมด (<10 CFU/กรัม) ยีสต์และรา (<10 CFU/กรัม) โคลิฟอร์ม (<3 MPN/กรัม) แบคทีเรียชนิด อี.โคไล (*Escherichia coli*) (<3 MPN/กรัม) และไม่พบสารอะฟลาทอกซิน (<0.5 ไมโครกรัมต่อ

กิโลกรัม) ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานตามข้อกำหนดในประกาศกระทรวงสาธารณสุข ปี พ.ศ. 2556 ฉบับ 356 เรื่อง เครื่องดื่มในภาชนะปิดสนิท (Notification of Ministry of Public Health, 2013) และ ฉบับ 414 เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน (Notification of Ministry of Public Health, 2020) แสดงว่าผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มนมกระบกที่พัฒนาได้มีความปลอดภัยต่อการบริโภค และผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มนมกระบกโดยใช้กลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายจำนวน 50 คน พบว่าผลคะแนนความชอบต่อคุณลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม อยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (ตารางที่ 4) อย่างไรก็ตามมีค่าร้อยละการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคเท่ากับร้อยละ 85 จึงมีความเป็นไปได้ในการผลิตเพื่อจำหน่ายและส่งเสริมให้เป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ สำหรับแนวทางในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์พบว่าจากผลการทดสอบระดับความพอดีด้านคุณลักษณะด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ประกอบด้วยลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความรู้สึกในปาก (mouthfeel) อยู่ในระดับพอดีแล้ว (เกณฑ์ระดับความพอดีในงานวิจัยนี้ คือ %JAR $\geq$ 70)

ตารางที่ 4 การยอมรับและระดับความพอดีของผู้บริโภคต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มนมกระบก

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบ	%JAR	%น้อยเกินไป	%มากเกินไป
ลักษณะปรากฏ	6.72 ± 1.43	88	8	4
สี	7.16 ± 1.36	84	6	10
กลิ่นรส	6.90 ± 1.28	78	10	12
รสชาติ	6.86 ± 1.31	88	8	4
ความรู้สึกในปาก (mouthfeel)	6.74 ± 1.25	88	4	8
ความชอบโดยรวม	6.98 ± 0.97	-	-	-

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย±S.D. (N = 50)

สรุป

เครื่องดื่มนมกระบกที่เหมาะสม คือ สูตรที่มีเนื้อเมล็ดกระบกเท่ากับร้อยละ 13 และสารให้ความคงตัว เจลแลนกัม เท่ากับร้อยละ 0.02 ของน้ำหนักรวมทั้งหมด โดยการเติมเจลแลนกัมในสูตรช่วยเพิ่มความคงตัวไม่แยกชั้นระหว่างเก็บได้ การบริโภคนมกระบกหนึ่งหน่วยบริโภค (240 มิลลิลิตร) จะได้รับพลังงาน 225 กิโลแคลอรี มีคาร์โบไฮเดรต 18.26 กรัม โปรตีน 2.54 กรัม ใยอาหาร 9.70 กรัม และไขมัน 15.58 กรัม โดยไม่มีโคเลสเตอรอล นมกระบกมีปริมาณแคลเซียมน้อยกว่านมวัวประมาณ 7.5 เท่า ชี้ให้เห็นว่านมกระบกเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มนมจากพืชที่ให้พลังงานสูง โดยมีคาร์โบไฮเดรตและไขมันอิ่มตัวเป็นองค์ประกอบหลัก และให้เส้นใยสูง แต่ไม่ใช่แหล่งของแคลเซียม จึงควรมีการศึกษาการเพิ่มปริมาณแคลเซียมในนมชนิดนี้ต่อไป ผลการวิเคราะห์หา D-amygdalin โดยใช้ HPLC ไม่พบสารดังกล่าวทั้งในเมล็ดกระบกดิบ เมล็ดกระบกที่ผ่านกระบวนการอบ และนมกระบกที่ผลิตได้ ไม่พบจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา โคลิฟอร์ม แบคทีเรียชนิด อี.โคไล (*Escherichia*

coli) และไม่พบสารอะฟลาทอกซินในผลิตภัณฑ์นมกระบก แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มนมกระบกที่พัฒนาได้มีความปลอดภัยต่อการบริโภค และผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มนมกระบก อยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยรังสิต ประจำปีการศึกษา 2563 โดยสถาบันนวัตกรรมวิสาหกิจดิจิทัล

เอกสารอ้างอิง

Ahmadian-Kouchaksaraei, Z., Varidi, M., Varidi, M.J. and Pourazarang, H. 2014. Influence of processing conditions on the physicochemical and sensory properties of sesame milk: A novel nutritional beverage. **LWT - Food Science and Technology** 57(1): 299-305.

Akesowan, A., Choonhahirun, A. and Jariyawaranugoon, U. 2020. Quality and sensory profile evaluation of gluten-free sapodilla-wild almond seed bar with stevia as partial sugar substitution. **Food Research** 4(4): 1109-1115.

AOAC. 1993. **Official Methods of Analysis of AOAC International.** 14th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, USA.

AOAC. 2019. **Official Methods of Analysis of AOAC International.** 21th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, USA.

Bolarinwa, I.F., Orfila, C. and Morgan, M.R. 2014. Amygdalin content of seeds, kernels and food products commercially-available in the UK. **Food Chemistry** 152: 133-139.

German, J.B. and Dillard, C.J. 2010. Saturated fats: a perspective from lactation and milk composition. **Lipids** 45(10): 915-923.

Kalsirisilp, R., Chawsuanpair, W. and Langkapin, J. 2018. Design and Fabrication of Continuous Type Barking Deer's Mango Nut Sheller. **Journal of Engineering, RMUTT** 16(2): 119-128.

Kundu, P., Dhankhar, J. and Sharma, A. 2018. Development of non dairy milk alternative using soymilk and almond milk. **Current Research in Nutrition and Food Science** 6(1): 203-210.

Notification of Ministry of Public Health. 2013. **Re: Beverages in Sealed Container.** Available Source: http://food.fda.moph.go.th/law/data/announ_moph/P356.pdf, July 14, 2021.

Notification of Ministry of Public Health. 2020. **Re: Standards for Contaminants in Food.** Available Source: http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2563/E/118/T_0017.PDF, July 14, 2021.

Ongsaranakom, M., Subhimaros, S. and Chinprahast, N. 2009. Production of non-dairy beverage from pressed macadamia nut, pp. 1534-1544. *In* **The 12th National Graduate Research Conference.** CGAU and Khon Kaen University, Thailand. (in Thai)

Podchong, P., Inbumrung, P. and Sonwai, S. 2020. The Effect of Hard Lauric Fats on the Crystallization

Behavior of Cocoa Butter Substitute. **Journal of Oleo Science** 69(7): 659-670.

Pongsawatmanit, R. 2009. Hydrocolloids application in food products, pp. 275-296. *In* Pongsawatmanit, R., ed. **Product Development in Agro-Industry.** Kasetsart University Press, Bangkok. (in Thai)

Satsue, N. 2019. Product development of imitation milk from water caltrop, Bangkok. Master Thesis of Home Economics, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon. (in Thai)

Sethi, S., Tyagi, S.K. and Anurag, R.K. 2016. Plant -based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: a review. **Journal of Food Science and Technology** 53(9): 3408-3423.

Sonwai, S. and Pomprachanuvat, P. 2012. Characterization of physicochemical and thermal properties and crystallization behavior of Krabok (*Irvingia malayana*) and rambutan seed fats. **Journal of Oleo Science** 61(12): 671-679.

Sun, J., Li, W., Zhang, Y., Hu, X., Wu, L. and Wang, B. 2016. QuEChERS Purification Combined with Ultrahigh-Performance Liquid Chromatography Tandem Mass Spectrometry for Simultaneous Quantification of 25 Mycotoxins in Cereals. **Toxins** 8(12): 1-18.

Valli, R. and Clark, R. 2009. Gellan Gum, pp. 145-166. *In* Imeson, A., ed. **Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents.** Blackwell Publishing Ltd., UK.

Vanga, S.K. and Raghavan, V. 2018. How well do plant based alternatives fare nutritionally compared to cow's milk?. **Journal of food science and Technology** 55(1): 10-20.

Verruck, S., Balthazar, C.F., Rocha, R.S., Silva, R., Esmerino, E.A., Pimentel, T.C., Freitas, M.Q., Silva, M.C., Gomes da Cruz, A. and Prudencio, E.S. 2019. Dairy foods and positive impact on the consumer's health, pp. 289-316. *In* Toldra, F., ed. **Advances in Food and Nutrition Research.** Academic Press, San Diego.

Zaaboul, F., Raza, H., Cao, C. and Yuanfa, L. 2019. The impact of roasting, high pressure homogenization and sterilization on peanut milk and its oil bodies. **Food Chemistry** 280: 270-277.