วารสารผลิตกรรมการเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION
MJU

ว. ผลิตกรรมการเกษตร 5(3):111-125
J. Agri. Prod. 2023

การพัฒนาตำรับเครื่องดื่มจากพืชที่มีกรดอะมิโนและกรดไขมันจำเป็นจากถั่ว งา และดาวอินคา

Formulating the Optimization of Plant-Based Drink with Essential Amino Acid and Fatty Acid from beans added with Sesames and Sacha inchi

กุลชญา สิ่วหงวน[1*] จิราพัทธ์ แก้วศรีทอง[1] อุทัยวรรณ ฉัตรธง[2] และ เกตุการ ดาจันทา[2]
Kunchaya Siwnguan[1*] Jiraphat Kaewsritong[1] Utaiwan Chattong[2] and Katekan Dajanta[2]

[1] หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก 65000

[1] Doctor of Philosophy, Department of Home Economics, Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok 65000

[2] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก 65000

[2] Department of Food Science and Technology, Faculty of Food and Agricultural Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok 65000

* Corresponding author: Kunchaya@psru.ac.th

(Received: 7 December 2022; Revised: 24 January 2023; Accepted: 2 February 2023)

Abstract

This research aimed to investigate the suitable formula for a plant-based drink with essential amino acid and fatty acid from beans added with sesames and sacha inchi by using the mixture design method. Three factors of this studying were soybeans (50-60%) black beans (5-15%) and kidney beans (2-12%). 10% of white sesame, 10% of black sesame and 10% of sacha inchi were used as a fixed factor. Adjusted the flavor of plant-based drink by adding sweeteners which were not more than 5% of all components and 600 ml water in all formulas. The suitable formula was selected by texture, flavor and overall impression of the sensory evaluation, the protein contents, and the viscosity values, then analyzed the multiplied regression relationship model between the factors and simulated contour plot. Results obtained showed that the suitable formula was formula no. 8. The components ratio of plant-based drink as follows; soybeans : black beans : kidney beans : white sesame : black sesame : sacha inchi (59.7 : 8.3 : 2.0 : 10 : 10 : 10). The sensory evaluation in term of texture, flavor and overall impression, the score showed 8.00, 7.80 and 8.07 respectively. Protein content (dry weight) was found 35.36 g. The Viscosity value was 1,659 m. Pa.s. The result of the amount of amino analysis showed 8 types of essential amino acids which were Isoleucine, Leucine, Lysine, Phenylalanine, Tryptophan,

Threonine, Valine, and Histidine. Omegas 3, 6 and 9 were found 26.01 mg, 446.5 mg, and 1,271.65 mg respectively and the antioxidant property observed were 9.94 µg.
Keywords: Beans, sesame, Sacha inchi, essential amino acid, fatty acid

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาตำรับที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มจากถั่ว งา และดาวอินคา ที่มีกรดอะมิโนและกรดไขมันจำเป็น ใช้แผนการทดลองแบบผสม (mixture design) ปัจจัยที่ต้องการศึกษา 3 ปัจจัย ได้แก่ ถั่วเหลือง (ร้อยละ 50-60) ถั่วดำ (ร้อยละ 5-15) และถั่วแดง (ร้อยละ 2-12) กำหนดปริมาณงาขาว งาดำ และดาวอินคา อย่างละ ร้อยละ 10 ปรับรสชาติโดยเติมสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล ไม่เกินร้อยละ 5 ปรับน้ำเป็น 600 มิลลิลิตร ได้ทั้งหมด 10 สูตร พิจารณาตำรับที่เหมาะสมจากคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านเนื้อสัมผัส รสชาติ ด้านความชอบโดยรวม ปริมาณโปรตีนและค่าความหนืด จากนั้นวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณที่เป็นความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ศึกษา และจำลองแผนภาพคอนทัวร์ (contour plot) ผลการทดลองพบว่า ตำรับที่เหมาะสมคือ สูตรที่ 8 มีอัตราส่วนผสมของเครื่องดื่มจากพืชคือ ถั่วเหลือง : ถั่วดำ : ถั่วแดง : งาขาว : งาดำ : ดาวอินคา (59.7 : 8.3 : 2.0 : 10 : 10 : 10) ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในด้านเนื้อสัมผัส ด้านรสชาติและความชอบโดยรวมได้คะแนน 8.00, 7.80 และ 8.07 คะแนน ตามลำดับ มีปริมาณโปรตีน (น้ำหนักแห้ง) เท่ากับ 35.36 กรัม มีค่าความหนืด เท่ากับ 1659 มิลลิปาสคาลวินาที พบกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย 8 ชนิดคือ ไอโซลิวซีน (isoleucine) ลิวซีน (leucine) ไลซีน (lysine) ฟีนิลอะลานีน (phenylalanine) ทริปโตเฟน (tryptophan) ทรีโอนีน (threonine) วาลีน (valine) และ ฮีสทิดีน (histidine) มีปริมาณโอเมก้า 3, 6 และ 9 เท่ากับ 26.01, 446.5 และ 1,271.65 มิลลิกรัม ตามลำดับ และมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ เท่ากับ 9.94 ไมโครกรัม
คำสำคัญ: ถั่ว งา ดาวอินคา กรดอะมิโนจำเป็น กรดไขมัน

คำนำ

พืชตระกูลถั่ว (Leguminosae) ได้แก่ ถั่วเหลือง ถั่วดำ ถั่วแดง ถั่วเขียว และถั่วลิสง เป็นแหล่งอาหารที่มีทั้งโปรตีน วิตามิน และแร่ธาตุต่าง ๆ โดยเฉพาะมีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อความต้องการของร่างกาย ซึ่งกรดอะมิโนจำเป็นคือ กรดอะมิโนที่ร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์เองได้ต้องได้รับจากบริโภคอาหารเท่านั้น โดยเฉพาะถั่วเหลืองที่มีกรดอะมิโนจำเป็นเทียบเท่าเนื้อสัตว์ (กองโภชนาการ, 2533; Hughes *et al.,* 2011) อีกทั้งพืชตระกูลถั่วเป็นพืชที่ปลูกง่ายในประเทศไทย สามารถนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่ให้โปรตีนจากพืช (plant-based protein) ได้อย่างหลากหลาย และพืชอีกชนิดที่มีปริมาณกรดอะมิโนสูงคือ งาขาวและงาดำ (Nweke *et al.,* 2011) การเสริมเมล็ดงาในผลิตภัณฑ์จึงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ช่วยให้ผลิตภัณฑ์อาหารโปรตีนจากพืชมีกรดอะมิโนจำเป็นเพิ่มขึ้น และนอกจากกรดอะมิโนที่มีความจำเป็นต่อร่างกายแล้ว กรดไขมันมีความจำเป็นต่อร่างกายเช่นกัน ซึ่งพืชที่มีกรดไขมันสูงคือ ดาวอินคา เป็นพืชเถาเลื้อยที่ผลมีรูปร่างคล้ายดาว เมล็ดในมีรูปร่างคล้ายถั่ว อุดมไปด้วยกรดไขมันโอเมก้า 3, 6 และ 9 (Vicente *et al.,* 2015) โดยทั่วไปแล้วแหล่งอาหารที่พบกรดไขมันโอเมก้า 3, 6 และ 9 จะพบในอาหารประเภทปลาทะเล ดาวอินคาสามารถเจริญเติบโตได้ดีโดยไม่ต้องใช้ปุ๋ยเคมี มีการส่งเสริมการปลูกดาวอินคาในหลายพื้นที่ในประเทศไทย (ขวัญฤดีและพินิจ, 2558) และประโยชน์ของโปรตีนจากพืชที่ทำให้ผู้บริโภคให้ความสนใจคือ มีคอเลสเตอรอลและไขมันอิ่มตัวต่ำกว่าผลิตภัณฑ์จากสัตว์ (Varela-Ortega *et al.,* 2021) ทำให้ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์อาหารโปรตีนจากพืชกำลังเป็นที่นิยม เช่น เนื้อสัตว์จากพืช (plant-based meats) และเครื่องดื่มจากพืช (plant-based drink/beverage) โดยจากรายงานของศูนย์อัจฉริยะเพื่ออุตสาหกรรมอาหาร สถาบันอาหาร ในปี พ.ศ. 2564 พบว่า ตลาดนมจากพืชมีมูลค่าประมาณ 23,633.9 ล้านบาท ขยายตัวเพิ่มขึ้นร้อยละ 4.8 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2563 (Food intelligence center, 2021) และในรายงานการวิจัยทางการตลาดของ Meticulous Research คาดว่าจะมีอัตราการเติบโตรายปีแบบผสม (CAGR) ร้อยละ 11.9 จากปี พ.ศ. 2565 ถึงปี พ.ศ. 2572 ซึ่งจะมีมูลค่าถึง 42.86 พันล้านดอลลาร์สหรัฐภายในปี พ.ศ. 2572 (Meticulous Market Research, 2022) จากความต้องการรับประทานอาหารโปรตีนที่ผลิตจากพืชสูงขึ้น ส่งผลให้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ จากพืช

มากขึ้น รวมถึงเครื่องดื่มจากพืชที่กำลังเข้ามามีบทบาทในตลาด (Patra *et al.,* 2021) สำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากพืชที่มีจำหน่ายในประเทศไทย ได้แก่ นมถั่วเหลืองหรือน้ำเต้าหู้ ซึ่งเป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลายและได้รับความนิยมสูงมาเป็นเวลานาน น้ำอัลมอนด์ น้ำข้าวโพด น้ำข้าวโอ๊ต น้ำถั่วพิตาชิโอ เป็นต้น และลักษณะที่ดีของเครื่องดื่มจากพืชต้องมีสีและกลิ่นตามธรรมชาติของส่วนประกอบพืชที่เลือกใช้ ไม่ควรใช้สีสังเคราะห์ทุกชนิด และไม่ควรมีกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2558) แต่ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากพืชที่กล่าวมานั้นยังมีข้อจำกัดบางประการสำหรับผู้บริโภค เช่น ผู้บริโภคมีตัวเลือกในการเลือกเครื่องดื่มจากพืชไม่มาก นมถั่วเหลืองมีกลิ่นถั่วค่อนข้างแรง น้ำอัลมอนด์มีราคาสูง และน้ำข้าวโพดมีปริมาณน้ำตาลสูงและมีปริมาณโปรตีนต่ำ เป็นต้น (ธฤตา, 2561; Vanga and Raghavan, 2018) อีกทั้งระบบอาหาร (food system) จากเนื้อสัตว์ (animal-based) เช่น การแปรรูป การกำจัดของเสียจากอาหาร และการทำฟาร์มปศุสัตว์ ล้วนมีส่วนในการทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (greenhouse gas emissions) (Tubiello *et al*., 2021) ในปัจจุบันทั้งสิ้น

จากที่กล่าวมาในข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาตำรับเครื่องดื่มที่มีกรดอะมิโนจำเป็นและกรดไขมัน โดยใช้วัตถุดิบที่หาได้ง่ายคือ การผลิตเครื่องดื่มจากถั่ว งา และดาวอินคา ที่มีกรดอะมิโนและกรดไขมันจำเป็น ที่ผลิตได้ภายในประเทศ ราคาไม่สูง ลดการนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศ เหมาะสำหรับผู้บริโภคที่แพ้นมวัว ผู้บริโภควีแกน (vegan) และผู้บริโภคมังสวิรัติ (vegetarian) เป็นทางเลือกใหม่ในการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพที่มีคุณค่าทางโภชนาการ สามารถตอบโจทย์สำหรับผู้ที่รักสุขภาพ ช่วยลดสภาวะเรือนกระจก ตลอดจนช่วยเพิ่มมูลค่าของผลิตผลทางการเกษตร อีกทั้งเป็นตำรับที่ทำได้ง่ายในครัวเรือนสามารถนำไปต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชนหรือวิสาหกิจชุมชนในอนาคตได้

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมวัตถุดิบ

คัดเลือกชนิดของถั่ว งา และดาวอินคา พิจารณาคัดเลือกจากปริมาณโปรตีนและกรดอะมิโนจำเป็นต่อร่างกาย นำถั่วเหลือง ถั่วดำ ถั่วแดง งาขาว และงาดำ (ห้างหุ้นส่วนจำกัดเชียงใหม่ลิ้มศักดากุล ตำบลหนองป่าครั่ง อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่) มาล้างด้วยน้ำสะอาด 3 ครั้ง กรองด้วยกระชอนให้สะเด็ดน้ำ จากนั้นแช่เมล็ดถั่วและงาในน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เทน้ำออก แล้วล้างในน้ำสะอาด เตรียมดาวอินคา (วิสาหกิจชุมชนไทยอินคาท่าตาล ตำบลท่าตาล อำเภอบางกระทุ่ม จังหวัดพิษณุโลก) โดยต้มในน้ำเดือดเป็นระยะเวลา 15 นาที เพื่อลดความฝาด

การพัฒนาตำรับที่เหมาะสมในการผลิตของน้ำถั่ว งา และดาวอินคา

ศึกษาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมในการผลิตน้ำถั่วและงาโดยใช้แผนการทดลองแบบผสม (mixture design) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ โปรแกรม Design-Expert trial version ปัจจัยที่ต้องการศึกษา 3 ปัจจัย ได้แก่ ถั่วเหลือง (X_1) ระดับ ร้อยละ 50-60 ถั่วดำ (X_2) ระดับร้อยละ 5-15 และถั่วแดง (X_3) ระดับร้อยละ 2-12 โดยกำหนดปริมาณงาขาว ร้อยละ 10 งาดำ ร้อยละ 10 และดาวอินคา ร้อยละ 10 มีปริมาณคงที่ในทุกสูตร ปรับรสชาติโดยเติมสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล ไม่เกินร้อยละ 5 ในปริมาณคงที่ทุกสูตร และปรับน้ำเป็น 600 มิลลิลิตร ได้ทั้งหมด 10 สูตร (Table 1) จากนั้นนำมาทำการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสและวิเคราะห์ค่าคุณภาพทางด้านเคมีและกายภาพ เพื่อใช้ในการคัดเลือกตำรับที่เหมาะสมของน้ำถั่ว งา และดาวอินคา ในขั้นตอนต่อไป

Table 1 Formulations of plant-based drink from beans added with sesames and sacha inchi

Formulations	Soybeans	Black beans	Kidney beans	White sesame	Black sesame	Sacha Inchi
1	58.0	5.0	7.0	10	10	10
2	50.0	12.7	7.3	10	10	10
3	54.4	6.9	8.7	10	10	10
4	56.4	11.6	2.0	10	10	10
5	53.0	15.0	2.0	10	10	10
6	51.6	6.4	12.0	10	10	10
7	54.7	9.8	5.6	10	10	10
8	59.7	8.3	2.0	10	10	10
9	50.0	12.7	7.3	10	10	10
10	54.7	9.8	5.6	10	10	10

กรรมวิธีการผลิต

การเตรียมตัวอย่างน้ำถั่ว งา และดาวอินคา มีกระบวนการผลิต โดยดัดแปลงกรรมวิธีการผลิตจาก มนตรา และคณะ (2561) และนุชเนตร และคณะ (2561) (Figure 1)

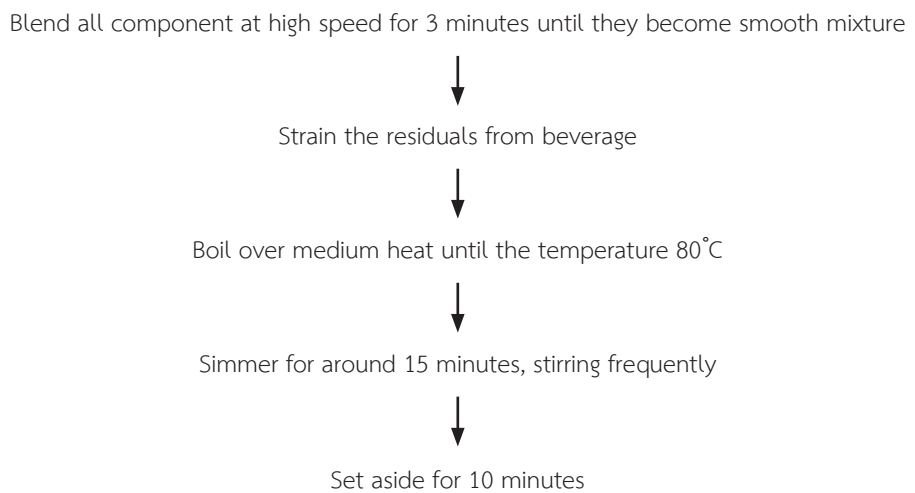


Figure 1 Process of plant-based drink from beans added with sesames and sacha inchi

การทดสอบทางประสาทสัมผัสและวิเคราะห์คุณภาพของน้ำถั่ว งา และดาวอินคา

น้ำถั่ว งา และดาวอินคา ทั้ง 10 สูตร นำมาวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส ทางเคมีและทางกายภาพ โดยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1. การทดสอบความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์น้ำถั่ว งา และดาวอินคา 10 สูตร โดยการใช้แบบประเมินผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ในด้านลักษณะปรากฏ (appearance) สี (color) กลิ่น (odor) รสชาติ (flavor) เนื้อสัมผัส (texture) และความชอบโดยรวม (overall impression) โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน สถานที่ทดสอบเป็นแบบ Central Location Test (CLT) ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ ด้วยแบบทดสอบความชอบ 9 ระดับ (9-Point Hedonic Scale Test) (9 หมายถึง ชอบมากที่สุด และ 1 หมายถึง ชอบน้อยที่สุด) (ไพโรจน์, 2561) โดยทำการวางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized completely block design) (งานวิจัยได้ขอรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ โครงการวิจัยรหัส PSRU-EC2021/40)

2. วิเคราะห์คุณภาพทางเคมีคือ วิเคราะห์ปริมาณพลังงาน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เส้นใย และเถ้า วิเคราะห์ตามวิธีการ AOAC (2016)

3. วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพคือ ค่าความหนืดด้วยเครื่องวิเคราะห์ความหนืดของของเหลว Brookfield viscometer รุ่น LVDV2T

การวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ตำรับที่ดีที่สุด

การศึกษาสูตรที่เหมาะสมของน้ำถั่วและงา โดยนำสูตรที่ผ่านการคัดเลือกมาวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ตำรับที่ดีที่สุด คือ ปริมาณกรดอะมิโนด้วยเทคนิค High Performance Liquid Chromatography (HPLC) วิเคราะห์ชนิดและปริมาณของกรดไขมัน ด้วยวิธี AOAC (2012) และวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH assay ดัดแปลงวิธีการจาก Zaeoung *et al.* (2005)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิต

นำค่าคุณภาพที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's Multiple Rang Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณที่เป็นความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ศึกษา และจำลองแผนภาพคอนทัวร์ (contour plot) เพื่อหาตำรับที่เหมาะสมด้วยโปรแกรม Design-Expert trial version

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์น้ำถั่ว งา และดาวอินคา

จากการคัดเลือกชนิดของถั่วและงา พิจารณาเลือกจากปริมาณโปรตีนและกรดอะมิโนจำเป็นต่อร่างกาย มีปริมาณโปรตีนเกิน 20 กรัม ในถั่ว 100 กรัม (กองโภชนาการ, 2533) และดาวอินคาที่มีปริมาณกรดไขมันสูงกว่าถั่วและพืชชนิดอื่น (Hanssen and Schmitz-Hubsch, 2011; Maurer *et al*., 2012; Yanti *et al*., 2022) โดยทำการวางแผนการทดลองแบบ mixture design ได้ทั้งหมด 10 สูตร

ตำรับน้ำถั่ว งา และดาวอินคา มีอัตราส่วนของส่วนผสมของพืช 6 ชนิด คือ ถั่วเหลือง ถั่วดำ ถั่วแดง งาขาว งาดำ และดาวอินคา โดยถั่วเหลืองเป็นส่วนประกอบหลักในการพัฒนาเนื่องจากเป็นพืชที่มีโปรตีนสูงเทียบเท่ากับเนื้อสัตว์ (กองโภชนาการ, 2533; Hughes *et al.,* 2011) และงาขาว งาดำ และดาวอินคา กำหนดในปริมาณที่เท่ากันในทุกสูตร มีลักษณะปรากฏ (Figure 2) โดยผลิตภัณฑ์น้ำถั่ว งา และดาวอินคา 10 สูตร มีลักษณะข้นและมีสีเทาออกม่วงเล็กน้อยเหมือนกันทุกสูตร เนื่องจากมีส่วนผสมของน้ำถั่วเหลือง งาขาว ดาวอินคา ซึ่งมีสีขาว และน้ำถั่วดำ ถั่วแดง และงาดำ ซึ่งมีสีดำแดง ในส่วนของสีดำแดงได้จากสารแอนโทไซยานิน เป็นสารสีที่สามารถละลายได้ในน้ำจะออกมาระหว่างการแช่ถั่วและในขั้นตอนการให้ความร้อน (Cichy *et al*., 2014) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Xu and Chang (2009) ที่ศึกษาปริมาณแอนโทไซยานินและคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระของถั่วดำที่ได้รับผลกระทบจากกระบวนการให้ความร้อน พบว่า เมื่อทำการต้ม และนึ่งเมล็ดถั่วดำ ทำให้ปริมาณสารแอนโทไซยานินในเมล็ดถั่วดำลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดถั่วดำดิบ และเมื่อพักน้ำถั่ว งา และดาวอินคาไว้ในอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง พบว่า ทั้ง 10 สูตรไม่มีการตกตะกอน

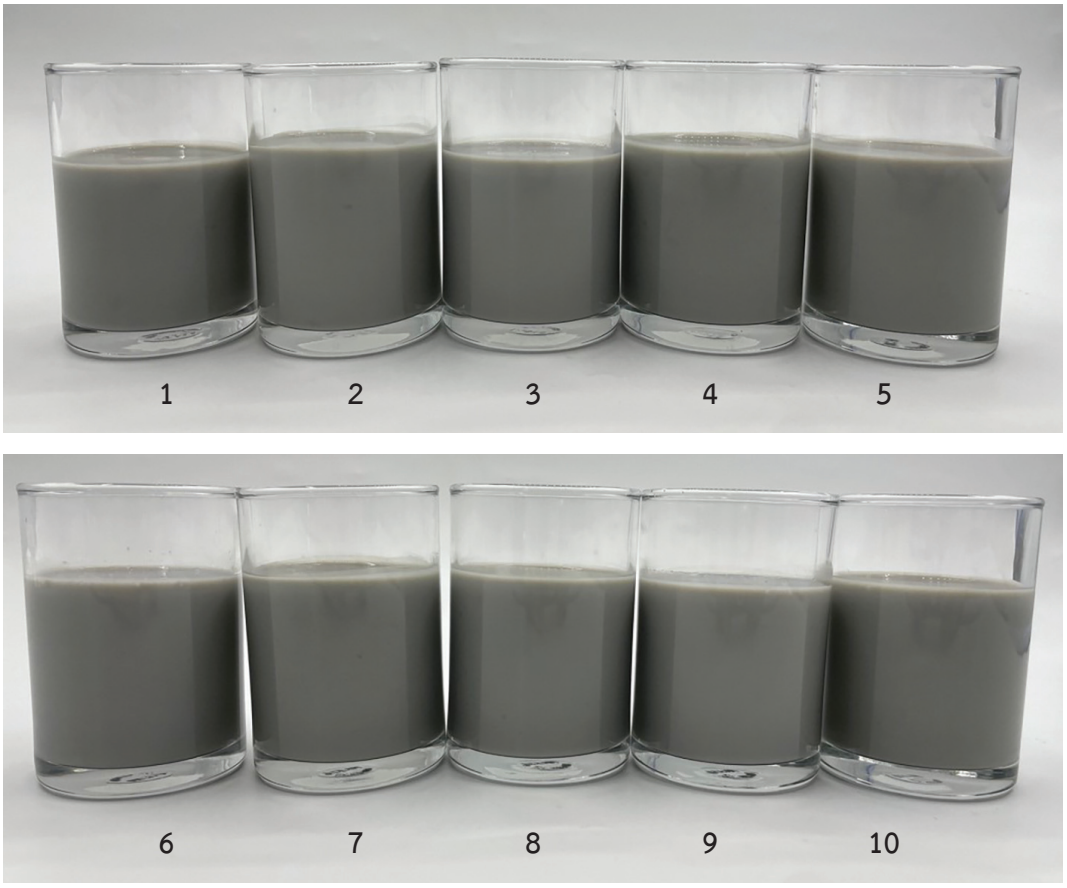


Figure 2 Ten formulas of plant-based drink from beans added with sesames and sacha inchi

คะแนนความชอบและคุณภาพของน้ำถั่ว งา และดาวอินคา

การทดสอบความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์น้ำถั่ว งา และดาวอินคา 10 สูตร (Table 2) พบว่า ในด้านลักษณะปรากฏและสีทั้ง 10 สูตร ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยที่ด้านลักษณะปรากฏสูตรที่ 10 ได้คะแนนความชอบสูงที่สุด 7.73 คะแนน และด้านสีสูตรที่ 4 ได้คะแนนความชอบสูงที่สุด 7.67 คะแนน ซึ่งในด้านสีของผลิตภัณฑ์จะเป็นลักษณะแรกที่จะทำให้ผู้บริโภคสนใจในผลิตภัณฑ์ (ไพโรจน์, 2561) ในด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยในด้านกลิ่นสูตรที่ 2 ได้คะแนนความชอบสูงที่สุด 7.80 คะแนน แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับสูตรที่ 1, 8 และ 9 ได้คะแนนความชอบ 7.53, 7.40 และ 7.53 คะแนน ตามลำดับ ในด้านรสชาติ สูตรที่ 10 ได้คะแนนความชอบสูงที่สุด 8.07 คะแนน แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับสูตรที่ 7 และ 8 โดยทั้ง 2 สูตรได้คะแนนความชอบ 8.00 คะแนน ในด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมสูตรที่ 8 ได้คะแนนความชอบสูงที่สุดที่ 7.80 และ 8.07 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งในลักษณะเนื้อสัมผัสของสูตรจะมีความหนืดไม่มากทำให้ดื่มง่ายกว่าสูตรอื่น จากผลการทดสอบทางด้านประสานสัมผัส พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำถั่ว งา และดาวอินคา สูตร 8 ได้คะแนนความชอบสูงกว่าสูตรอื่นในด้านต่าง ๆ

Table 2 Sensory scores of plant-based drinks from beans added with sesames and sacha inchi for 10 formulas

formulas	Component (g)			Appearance ns	Color ns	Odor*	Flavor*	Texture*	Overall impression*
	X_1	X_2	X_3						
1	58.0	5.0	7.0	7.60±0.81	7.57±0.90	7.53^{a}±0.86	7.17^{bc}±0.53	7.53^{ab}±1.20	7.30^{bc}±1.32
2	50.0	12.7	7.3	7.53±0.63	7.67±0.71	7.80^{a}±0.81	6.07^{d}±2.26	6.10^{d}±2.70	6.63^{cd}±2.27
3	54.4	6.9	8.7	7.47±0.68	7.53±0.63	6.90^{ab}±1.45	6.03^{d}±2.19	6.47^{cb}±2.01	6.07^{d}±1.60
4	56.4	11.6	2.0	7.53±0.51	7.67±0.61	6.07^{c}±2.56	7.73^{ab}±1.23	7.40^{ab}±0.93	7.43^{ab}±0.73
5	53.0	15.0	2.0	7.67±0.48	7.37±0.62	6.93^{ab}±1.36	6.90^{c}±1.16	6.60^{bcd}±1.16	6.60^{cd}±1.23
6	51.6	6.4	12.0	7.63±0.49	7.50±0.51	7.00^{ab}±1.49	6.83^{c}±1.56	6.70^{bcd}±1.29	6.90^{bc}±0.89
7	54.7	9.8	5.6	7.60±0.50	7.30±0.47	6.47^{bc}±1.80	8.00^{a}±1.05	7.30^{abc}±1.93	8.03^{a}±0.56
8	59.7	8.3	2.0	7.70±0.79	7.57±0.63	7.40^{a}±1.52	8.00^{a}±0.64	7.80^{a}±0.76	8.07^{a}±0.58
9	50.0	12.7	7.3	7.63±0.89	7.40±0.89	7.53^{a}±1.33	6.50^{cd}±1.20	6.60^{bcd}±1.59	6.67^{cd}±1.47
10	54.7	9.8	5.6	7.73±0.91	7.50±0.82	7.27^{ab}±1.57	8.07^{a}±0.74	7.50^{ab}±1.55	8.00^{a}±0.74

Remarks: ns = non-significant difference, * = indicates significant difference at p≤0.05. Values are expressed as mean ± standard deviation N = 30. X1 = Soybean, X2= Black beans and X3 = Kidney bean. The superscripts with the different letters within the same column are significantly different (p≤0.05)

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (Table 3) ของผลิตภัณฑ์น้ำถั่ว งา และดาวอินคา 10 สูตร ปริมาณพลังงาน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เส้นใย และเถ้า พบว่าปริมาณพลังงานสูตรที่ 6, 7 และ 8 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยที่สูตรที่ 8 มีปริมาณพลังงานสูงที่สุด 6.79 กิโลแคลอรี และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับสูตรที่ 1, 2, 3, 4, 5, 9 และ 10 เนื่องจากมีปริมาณถั่วเหลือง ถั่วดำ และถั่วแดงแตกต่างกัน ปริมาณโปรตีนสูตรที่ 8 มีปริมาณสูงสุด 35.36 กรัม แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับสูตรที่ 1, 4, 7 และ 10 เนื่องจากในส่วนผสมสูตรที่ 8 มีปริมาณถั่วเหลืองสูงที่สุด ปริมาณไขมันสูตร 8 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับทั้ง 9 สูตร โดยที่สูตร 8 มีปริมาณไขมันสูงที่สุดเท่ากับ 23.47 กรัม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Tachasirinukun (2017) ที่ทำการเสริมถั่วเหลืองในผลิตภัณฑ์น้ำข้าวกล้องหอมมะลิงอก พบว่า ปริมาณไขมันสูงขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณถั่วเหลือง และปริมาณไขมันของถั่วเหลืองมีสูงกว่าถั่วดำและถั่วแดง (Grajales-García *et al.,* 2012; Simons *et al.,* 2012) ปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูตรที่ 2 และ 9 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับสูตรที่ 7 และ 8 เนื่องจากมีปริมาณถั่วดำและถั่วแดงสูงกว่าทุกสูตร ซึ่งถั่วดำและถั่วแดงนั้นมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงกว่าถั่วเหลือง (Stevenson *et al*., 2006; Simons *et al*., 2012; Mullins and Arjmandi, 2021; Rosa-Millána *et al.,* 2019) ปริมาณเถ้าสูตรที่ 1, 2, 3, 4, 5, 7 และ 10 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับสูตรที่ 6, 8 และ 9 เนื่องจากเถ้าคือสารอนินทรีย์ที่เหลือจากการเผาไหม้ และปริมาณใยอาหารสูตรที่ 1, 2, 3, 4, 5, 8 และ 9 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เห็นได้ว่าปริมาณใยอาหารมีปริมาณใกล้เคียงกันในเกือบทุกสูตร เนื่องจากแหล่งที่พบเส้นใยอาหารมากคือชั้นผิวนอกของเมล็ด (นิธิยา, 2563) ซึ่งยังคงมีเหลืออยู่จากขั้นตอนการปั่นและกรองน้ำถั่ว งา และดาวอินคา และจากงานวิจัยหลายเรื่องที่เกี่ยวข้องกับเครื่องดื่มที่ผลิตจากพืช เช่น ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากพืชชนิดใหม่ที่ทำจากถั่วชิกพี และมะพร้าว (Rincona *et al.,* 2020) และเทคโนโลยีนวัตกรรมสำหรับการผลิตเครื่องดื่มจากพืชและผลกระทบต่อคุณค่าทางโภชนาการ ประสาทสัมผัส และความปลอดภัย (Bocker and Silva, 2022) เห็นว่าเครื่องดื่มจากพืชมีคุณค่าทางโภชนาการครบถ้วนแต่ต้องผลิตจากพืชหลายชนิดเพื่อให้เทียบเท่าเครื่องดื่มจากสัตว์ (Aydar *et al.,* 2020; McClements *et al.,* 2019; Yiğit, 2019)

จากการวิเคราะห์ความหนืด (Table 3) ของผลิตภัณฑ์น้ำถั่ว งา และดาวอินคา 10 สูตร พบว่าสูตรที่ 8 มีค่าความหนืดต่ำที่สุด เท่ากับ 1659 มิลิปาสคาลวินาที แตกต่างจากทั้ง 9 สูตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งในการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านเนื้อสัมผัสผู้บริโภคให้คะแนนความชอบในสูตรที่ 8 มากที่สุด และสูตรที่ 2, 5, 6 และ 9 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยที่สูตรที่ 2 มีค่าความหนืดสูงที่สุด เท่ากับ 2937 มิลิปาสคาลวินาที ซึ่งสูตรที่ 2, 5, 6 และ 9 มีปริมาณสัดของถั่วดำและถั่วแดงสูงกว่าสูตรที่ 1, 3, 4, 7, 8 และ 10 แสดงว่าปริมาณถั่วดำและถั่วแดงมีผลต่อค่าความหนืด ซึ่งเกิดจากสตาร์ชในเมล็ดเมื่อถูกนำไปให้ความร้อนจะดูดน้ำทำให้มีการพองตัวเกิดเจลาติไนเซชัน (นิธิยา, 2563)

Table 3 Physical-chemical characterization of plant-based drink from beans added with sesames and sacha inchi for 10 formulas

Formulas	Component (g)			Energy* (Kcal)	Protein* (g)	Fat* (g)	Carbohydrate* (g)	Ash* (g)	Fiber* (g)	Viscosity* (m.Pa.s)
	X_1	X_2	X_3							
1	58.0	5.0	7.0	$5.94^{c}\pm0.81$	$34.48^{ab}\pm0.05$	$22.58^{b}\pm0.10$	$39.42^{bc}\pm0.03$	$3.51^{a}\pm0.08$	$1.86^{a}\pm0.10$	$1851^{d}\pm7.94$
2	50.0	12.7	7.3	$5.68^{d}\pm0.31$	$32.70^{c}\pm0.03$	$21.97^{d}\pm0.28$	$41.84^{a}\pm0.95$	$3.49^{ab}\pm0.08$	$1.70^{ab}\pm0.10$	$2937^{a}\pm31.18$
3	54.4	6.9	8.7	$5.75^{d}\pm0.17$	$34.25^{b}\pm0.03$	$21.48^{e}\pm0.10$	$40.80^{ab}\pm0.06$	$3.47^{ab}\pm0.04$	$1.81^{a}\pm0.08$	$2561^{b}\pm32.91$
4	56.4	11.6	2.0	$6.54^{b}\pm0.06$	$35.22^{a}\pm0.04$	$21.31^{e}\pm0.08$	$39.01^{cd}\pm0.03$	$3.46^{ab}\pm0.07$	$1.78^{a}\pm0.10$	$1965^{c}\pm10.26$
5	53.0	15.0	2.0	$5.64^{d}\pm0.03$	$33.87^{b}\pm0.08$	$22.16^{cd}\pm0.08$	$40.51^{bc}\pm0.49$	$3.46^{ab}\pm0.04$	$1.78^{a}\pm0.11$	$2896^{a}\pm65.20$
6	51.6	6.4	12.0	$6.61^{ab}\pm0.20$	$34.24^{b}\pm0.04$	$22.24^{c}\pm0.05$	$39.80^{bc}\pm0.93$	$3.32^{c}\pm0.04$	$1.35^{d}\pm0.10$	$2891^{a}\pm64.51$
7	54.7	9.8	5.6	$6.67^{ab}\pm0.16$	$35.39^{a}\pm0.98$	$22.49^{b}\pm0.06$	$38.64^{cd}\pm1.01$	$3.48^{ab}\pm0.04$	$1.47^{cd}\pm0.10$	$2563^{b}\pm28.87$
8	59.7	8.3	2.0	$6.79^{a}\pm0.16$	$35.36^{a}\pm0.04$	$23.47^{a}\pm0.03$	$37.73^{d}\pm0.10$	$3.44^{b}\pm0.05$	$1.59^{bc}\pm0.10$	$1659^{e}\pm15.59$
9	50.0	12.7	7.3	$5.73^{d}\pm0.05$	$32.40^{c}\pm0.96$	$22.00^{d}\pm0.00$	$42.15^{a}\pm1.99$	$3.45^{b}\pm0.03$	$1.76^{a}\pm0.11$	$2902^{a}\pm8.66$
10	54.7	9.8	5.6	$6.54^{b}\pm0.06$	$34.75^{ab}\pm0.88$	$22.50^{b}\pm0.06$	$39.24^{bc}\pm0.97$	$3.51^{ab}\pm0.06$	$1.42^{d}\pm0.19$	$2535^{b}\pm13.75$

Remarks: ns = non-significant difference, * = indicates significant difference at $p\leq0.05$. Values are expressed as mean ± standard deviation (n = 3). X1 = Soybean, X2 = Black beans and X3 = Kidney bean. The superscripts with the different letters within the same column are significantly different ($p\leq0.05$)

จากการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ใน Table 4 พบว่า คุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการทำนายตำรับที่ดีที่สุดได้ (พนิดา, 2564) เนื่องจากมีค่า R^2 ค่อนข้างต่ำ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.244, 0.535 และ 0.094 ตามลำดับ ส่วนค่า R^2 ของโปรตีนและความหนืดมีค่าเท่ากับ 0.872 และ 0.994 ตามลำดับ ซึ่งถ้ามีค่าเข้าใกล้ 1 คือ มีความเหมาะสมในการทำนาย

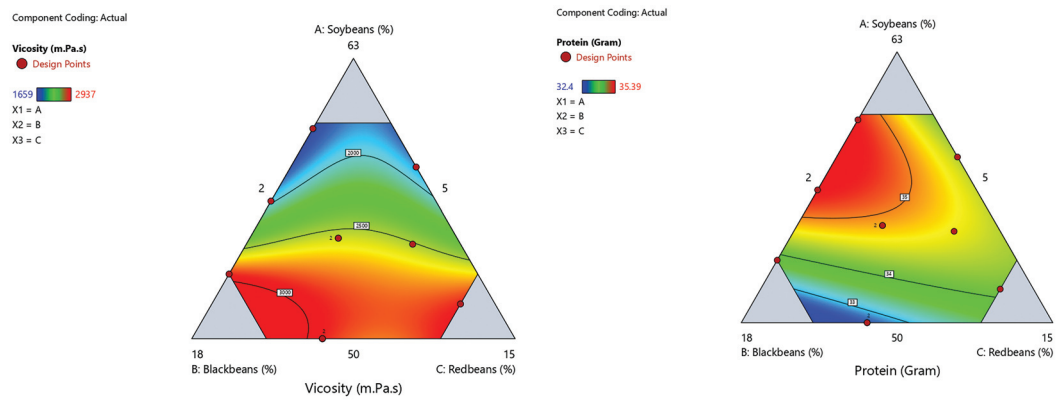
Table 4 Regression coefficients of predicted polynomial model for response variable

Characteristics	Equation	Adj R^2	p-value
Flavor	$Y_1 = 7.11X_1+4.93X_2+5.86X_3+7.99X_1X_2+1.19X_1X_3+4.40X_2X_3$	0.244	0.34
Texture	$Y_2 = 8.04X_1+5.65X_2+6.09X_3+2.41\ X_1X_2+0.31X_1X_3+2.26X_2X_3$	0.535	0.15
Overall impression	$Y_3 = 7.79X_1+4.85X_2+5.84X_3+5.72X_1X_2+0.06X_1X_3+6.15X_2X_3$	0.094	0.45
Protein	$Y_4 = 33.63X_1+30.94X_2+33.81X_3+12.67X_1X_2+3.01X_1X_3+2.06X_2X_3$	0.872	0.01
Viscosity	$Y_5 = 1912.18X_1+4218.81X_2+3518.31X_3-4479X_1X_2-2812.57X_1X_3$ $-4224.41X_2X_3$	0.994	0.001

Remarks: X_1 = Soybean, X_2 = Black beans, X_3 = Kidney bean. Significant level at $p \leq 0.05$

ปริมาณถั่วดำ (X_2) และถั่วแดง (X_3) มีความสัมพันธ์ในระดับสูงกับค่าความหนืด (Y_5) โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.994 แสดงว่าสมการถดถอยที่สร้างขึ้นมีความแม่นยำสูงในการทำนายถึงร้อยละ 99.40 คือ เมื่อกำหนดค่าความหนืดต่ำที่สุดเป็นค่าที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากพืช จากภาพคอนทัวร์ Figure 3a พบว่า เมื่อปริมาณถั่วดำและถั่วแดงสูงขึ้นทำให้มีค่าความหนืดสูงขึ้น เนื่องจากในส่วนผสมมีปริมาณถั่วดำและถั่วแดงสูงกว่าสูตรอื่น ซึ่งถั่วดำและถั่วแดงมีปริมาณสตาร์ชในเมล็ดสูงกว่าถั่วเหลือง (Stevenson *et al.,* 2006; Simons *et al*., 2012; Mullins and Arjmandi, 2021; Rosa-Millána *et al.,* 2019) เมล็ดสตาร์ชเมื่อถูกนำไปให้ความร้อนจะดูดน้ำทำให้มีการพองตัวขึ้น มีขนาดใหญ่ขึ้นเกิดเจลาติไนเซชันเป็นสารละลายที่มีความข้นหนืด (นิธิยา, 2563; Lai and Varriano-Marston, 1979) และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hoover and Ratnayake (2002) ที่ศึกษาลักษณะของสตาร์ชถั่วดำที่ปลูกในแคนาดา พบว่าสตาร์ชถั่วดำมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากสตาร์ชถั่วชนิดอื่น ๆ ในส่วนของการพองตัวของเมล็ดที่สูงขึ้น และมีความข้นหนืด และจากภาพคอนทัวร์ Figure 3b ของปริมาณโปรตีน พบว่าปริมาณถั่วเหลือง (X_1) มีความสัมพันธ์ในระดับสูงกับปริมาณโปรตีน (Y_4) โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.872 แสดงว่าสมการถดถอยที่สร้างขึ้นมีความแม่นยำสูงในการทำนายถึงร้อยละ 87.72 เมื่อกำหนดปริมาณโปรตีนสูงสุดเป็นค่าที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากพืช เมื่อปริมาณถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นทำให้มีปริมาณโปรตีนสูงขึ้น เนื่องจากในถั่วเหลืองมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าถั่วชนิดอื่น ๆ (กองโภชนาการ, 2533; KeShun, 1997; Riaz, 2006)

จากการวิเคราะห์สมการถดถอยแบบพหุคูณที่เป็นความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม (Y_4 และ Y_5) และตัวแปรอิสระ (X_1 = ถั่วเหลือง, X_2 = ถั่วดำ, X_3 = ถั่วแดง) (Table 4) และจากการพิจารณาภาพคอนทัวร์ใน Figure 3 โดยคัดเลือกจากสูตรที่มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด และสูตรที่มีค่าความหนืดต่ำเพื่อให้มีความเหมาะสมสำหรับการบริโภค พบว่าตำรับที่ดีที่สุดคือ สูตร 8 มีปริมาณถั่วเหลือง 59.7 กรัม ถั่วดำ 8.3 กรัม ถั่วแดง 2.0 กรัม ค่าความหนืด 1659 มิลลิปาสคาลวินาที และปริมาณโปรตีน 35.36 กรัม ตามลำดับ



(a) (b)

Figure 3 Contour plot of plant-based drink from beans added with sesames and sacha inchi; (a) = Viscosity and (b) = Protein.

คุณภาพของผลิตภัณฑ์ตำรับที่ดีที่สุด

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส คุณภาพทางเคมี และคุณภาพทางกายภาพ ได้เลือกสูตรที่ 8 ซึ่งเป็นตำรับที่ดีที่สุด มาวิเคราะห์คุณภาพในชนิดและปริมาณกรดอะมิโน กรดไขมัน และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ (Table 5) พบว่าเครื่องดื่มจากถั่ว งา และดาวอินคาในสูตรที่ 8 มีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายถึง 8 ชนิด คือ ไอโซลิวซีน (isoleucine) ลิวซีน (leucine) ไลซีน (lysine) ฟีนิลอะลานีน (phenylalanine) ทริปโตเฟน (tryptophan) ทรีโอนีน (threonine) วาลีน (valine) และฮีสทิดีน (histidine) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kalman (2014) ที่ศึกษาองค์ประกอบของกรดอะมิโนจากโปรตีนเข้มข้นจากถั่วเหลือง และงานวิจัยของ Hughes *et al.* (2011) ที่ศึกษาระดับของกรดอะมิโนที่จำเป็นและครบถ้วนกับความต้องการของร่างกายของโปรตีนสกัดเข้มข้นจากถั่วเหลือง และในการวิเคราะห์ปริมาณของกรดไขมัน พบว่ามีปริมาณโอเมก้า 9 ถึง 1,271.65 มิลลิกรัม เนื่องจากดาวอินคาจะเป็นแหล่งของกรดไขมันไม่อิ่มตัว โอเมก้า 3, 6 และ 9 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chirinos *et al.* (2013) ที่ศึกษาเรื่องดาวอินคาเป็นแหล่งของกรดไขมันไม่อิ่มตัวและสารต้านอนุมูลอิสระ ผลการวิจัยพบว่ามีโอเมก้า 3 เท่ากับ 12.8-16 และโอเมก้า 6 12.4-14.1 กรัมต่อ 100 กรัมเมล็ดดาวอินคา และการวิจัยของ Vicente *et al.* (2015) ที่ศึกษาปริมาณของกรดไขมันของน้ำมันเมล็ดดาวอินคา อีกทั้งในส่วนผสมของ ถั่วดำ ถั่วแดง และงาดำ ยังมีส่วนช่วยในการเพิ่มคุณประโยชน์ของเครื่องดื่ม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sá *et al.* (2022) ที่ศึกษาเรื่องโปรตีนสกัดเย็นจากเมล็ดงา และในการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเครื่องดื่ม พบว่ามีปริมาณ 9.94 ไมโครกรัม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Bopitiya and Madhujith (2013) ที่ศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเมล็ดงา พบว่าในสารสกัดน้ำมันเมล็ดงามีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 0.026 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และงานวิจัยของ Evangelho *et al.* (2016) ที่ศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของโปรตีนถั่วดำเข้มข้น พบว่ามีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระร้อยละ 39.45 ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระจะพบที่บริเวณเปลือกของเมล็ด (Jhan *et al.*, 2016)

Table 5 Fatty acid, antioxidant, and amino acid profile of plant-based drink from beans added with sesames and sacha inchi

Characteristics	Quantity	Unit
Amino acid profile		
Isoleucine	176.27±0.07	mg/100g
Leucine	304.84±0.15	mg/100g
Lysine	261.07±0.09	mg/100g
Phenylalanine	250±0.00	mg/100g
Threonine	200±0.00	mg/100g
Tryptophan	150±0.00	mg/100g
Valine	216.01±0.33	mg/100g
Histidine	100±0.00	mg/100g
Fatty acid		
Linoleic acid	430±0.03	mg/100g
Alpha-Linolenic acid	20±0.01	mg/100g
Arachidonic acid	10±0.00	mg/100g
Unsaturated Fat	1,920±0.00	mg/100g
Omega 3	26.01±0.10	mg/100g
Omega 6	446.50±0.76	mg/100g
Omega 9	1,271.65±0.21	mg/100g
Antioxidant		
Antioxidant (DPPH assay)	9.94±1.05	µg/100g

Remarks: Values are expressed as mean ± standard deviation (n = 3)

สรุปผลการวิจัย

ตำรับเครื่องดื่มจากพืชสูตรที่ 8 ได้คะแนนความชอบจากผู้บริโภคมากที่สุดและมีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด มีอัตราส่วนผสมของพืช 6 ชนิด คือ ถั่วเหลือง : ถั่วดำ : ถั่วแดง : งาขาว : งาดำ : ดาวอินคา (59.7 : 8.3 : 2.0 : 10 : 10 : 10) สามารถดื่มทดแทนเครื่องดื่มนมจากสัตว์ได้ เหมาะสำหรับผู้บริโภคที่ไม่รับประทานเนื้อสัตว์และผู้บริโภคที่แพ้นมวัว ซึ่งมีโปรตีนเท่ากับ 35.36 กรัม มีกรดอะมิโนที่จำเป็น 8 ชนิดคือ ไอโซลิวซีน (isoleucine) ลิวซีน (leucine) ไลซีน (lysine) ฟีนิลอะลานีน (phenylalanine) ทริปโตเฟน (tryptophan) ทรีโอนีน (threonine) วาลีน (valine) และฮีสทิดีน (histidine) มีปริมาณโอเมก้า 3, 6, และ 9 เท่ากับ 26.01, 446.5 และ 1,271.65 มิลลิกรัม ตามลำดับ และมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 9.94 ไมโครกรัม อีกทั้งสามารถนำไปใช้เป็นผลิตภัณฑ์ทดแทนนมจากสัตว์ได้ เช่น ผลิตภัณฑ์ชาไทยใส่นม ผลิตภัณฑ์กาแฟใส่นม ผลิตภัณฑ์ไอศกรีม เป็นต้น เป็นอีกหนึ่งทางเลือกของผู้บริโภคที่รักสุขภาพ และช่วยเพิ่มมูลค่าของผลิตผลทางการเกษตร สามารถนำไปต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชนได้ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม และขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่สนับสนุนห้องปฏิบัติการและเครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กองโภชนาการ. 2533. ตารางแสดงชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในอาหารไทย. กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, นนทบุรี.

ขวัญฤดี ธราธารกุลวัฒนา และพินิจ จันทร. 2558. ถั่วดาวอินคา โอเมก้าบนดิน. สำนักพิมพ์ปัญญาชน, กรุงเทพฯ.

ธฤตา กิติศรีปัญญา. 2561. ผลิตภัณฑ์นมจากพืชกับการใช้บริโภคทดแทนนมวัว. แหล่งข้อมูล https://pharmacy.m ahidol.ac.th/knowledge/files/0426.pdf (29 พฤศจิกายน 2565).

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2563. เคมีอาหารเบื้องต้น (Basic Food Chemistry). โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

นุชเนตร ตาเย๊ะ ซูวีร่า สาแรหะ และอาดีบะห์ แวกาจิ. 2561. การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำนมจากถั่วดาวอินคา. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มรย. 3(1): 57-66.

พนิดา รัตนปิติกรณ์. 2564. สถิติวิจัยทางอาหาร FOOD RESEARCH STATISTICS. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์ ถวัลย์ศักดิ์ เผ่าสังข์ ทศพล พรพรหม สนธิชัย จันทร์เปรม และวิฑิตร ใจอารีย์. 2543. โครงการส่งเสริมกลุ่มวิจัยและพัฒนาพันธุ์พืชตระกูลถั่ว: รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม.

ไพโรจน์ วิริยจารี. 2561. การประเมินทางประสาทสัมผัส (Sensory Evaluation). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

มนตรา ศรีษะแย้ม เจนจิรา กลิ่นรัตน์ และอรุณลักษณ์ โชตินาครินทร์. 2561. ฤทธิ์ทางชีวภาพของคีเฟอร์เวย์จากนมถั่วเหลืองและนมงาดำ. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา 23(2): 872-886.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.). มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน น้ำนมถั่วเหลือง. มผช. 529/2558. 2558: 1-6.

Alpos, M., S.Y. Leong and I. Oey. 2021. Combined effects of calcium addition and thermal processing on the texture and in vitro digestibility of starch and protein of black beans (*Phaseolus vulgaris*). Foods 10(6): 1368.

AOAC. 2012. Official Method of Analysis: Association of Analytical Chemists. 19th Edition, Washington DC. pp. 121-130.

AOAC. 2016. Official Method of Analysis: Association of Analytical Chemists. 20th Edition, AOAC International, Gaithersburg, MD, USA.

Aydar, E.F., S. Tutunca and B. Ozcelik. 2020. Plant-based milk substitutes: Bioactive compounds, conventional and novel T processes, bioavailability studies, and health effects. Journal of Functional Foods 70: 1-15.

Bocker, R. and E.K. Silva. 2022. Innovative technologies for manufacturing plant-based non-dairy alternative milk and their impact on nutritional, sensory and safety aspects. Future Foods 5: 100098.

Bopitiya, D. and T. Madhujith. 2013. Antioxidant activity and total phenolic content of sesame (*Sesamum indicum L.*) seed oil. Tropical Agricultural Research 24(3): 296-302.

Chirinos, R., G. Zuloeta, R. Pedreschi, E. Mignolet, Y. Larondelle and D. Campos. 2013. Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*): A seed source of polyunsaturated fatty acids, tocopherols, phytosterols, phenolic compounds and antioxidant capacity. Food Chemistry 141(3): 1732-1739.

Cichy, K.A., A. Fernandez, A. Kilian, J.D. Kelly, C.H. Galeano, S. Shaw, M. Brick, D. Hodkinson and E. Troxtell. 2014. QTL analysis of canning quality and color retention in black beans (*Phaseolus vulgaris L.*). Molecular Breeding 33: 139-154.

Evangelho, J.A., J.J. Berrios, V.Z. Pinto, M.D. Antunes, N.L. Vanier, and E.R. Zavareze. 2016. Antioxidant activity of black bean (*Phaseolus vulgaris L.*) protein hydrolysates. Journal of Food Science and Technology 36: 23-27.

Food intelligence center. 2021. ตลาดนมจากพืชในประเทศไทย ปี 2564. แหล่งข้อมูล http://fic.nfi.or.th/MarketOverviewDomesticDetail.php?id=358 (29 พฤศจิกายน 2565).

Grajales-García E.M., P. Osorio-Díaz, I. Goñi, D. Hervert-Hernández, S.H. Guzmán-Maldonado and L.A. Bello-Pérez. 2012. Chemical composition, starch digestibility and antioxidant capacity of tortilla made with a blend of quality protein maize and black bean. International Journal of Molecular Sciences 13(1): 286-301.

Hanssen, H.P. and M. Schmitz-Hübsch. 2011. Sacha inchi (*Plukenetia volubilis L.*) nut oil and its therapeutic and nutritional uses. Nuts & seeds in health and disease prevention. pp. 991-994.

Hoover, R. and W.S. Ratnayake. 2002. Starch characteristics of black bean, chick pea, lentil, navy bean and pinto bean cultivars grown in Canada. Food Chemistry 78(4): 489-498.

Hughes, G.J., D.J. Ryan, R. Mukherjea and C.S. Schasteen. 2011. Protein digestibility-corrected amino acid scores (PDCAAS) for soy protein isolates and concentrate: criteria for evaluation. Journal of Agricultural and Food Chemistry 59(23): 12707-12712.

Jhan, J.K., Y.C. Chung, G.H. Chen, C.H. Chang, Y.C. Lu. and C.K. Hsu, 2016. Anthocyanin contents in the seed coat of black soya bean and their anti-human tyrosinase activity and antioxidative activity. International Journal of Cosmetic Science 38(3): 319-324.

Kalman, D.S. 2014. Amino acid composition of an organic brown rice protein concentrate and isolate compared to soy and whey concentrates and isolates. Foods 3(3): 394-402.

KeShun Liu. 1997. Soybean: chemistry, technology, and utilization. Chapman & Hall, New York.

Lai C.C. and E. Varriano-Marston. 1979. Studies on the characteristics of black bean starch. Journal of Food Sciences 44(2): 528-530.

Maurer, N. E., B. Hatta-Sakoda., G. Pascual-Chagman. and L.E. Rodriguez-Saona. 2012. Characterization and authentication of a novel vegetable source of omega-3 fatty acids, Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil. Food Chemistry 134(2): 1173-1180.

McClements, D.J., E. Newman and I. F. McClements. 2019. Plant-based milks: a review of the science underpinning their design, fabrication, and performance. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety 18(6): 2047-2067.

Meticulous Market Research Pvt. Ltd. 2022. Plant-based Milk Market Worth $42.86 Billion by 2029. Available: https://www.meticulousresearch.com/pressrelease/528/plant-based-milk-market-2029 (November 29, 2022).

Mullins, A.P. and B.H. Arjmandi. 2021. Health benefits of plant-based nutrition: focus on beans in cardiometabolic diseases. Nutrients 13(2): 519.

Nweke, F.N., B.E. Ubi. and K.J. Kunert. 2011. Determination of proximate composition and amino acid profile of nigerian sesame (*Sesamum indicum L.*) cultivars. Nigerian Journal of Biotechnology 23: 5-12.

Patra, T., Å. Rinnan. and K. Olsen. 2021. The physical stability of plant-based drinks and the analysis methods thereof. Food Hydrocoll 118: 106770.

Riaz, M.N. 2006. Processing of soybeans into ingredients. Soy applications in food. *In:* Riaz, M.N. (Ed.). CRC: Taylor & Francis, Boca Raton; FL. pp. 39-62.

Rincona, L., R.B.A. Botelhob. and E.R. Alencar. 2020. Development of novel plant-based milk based on chickpea and coconut. LWT-Food Science and Technology 128: 109479.

Rosa-Millána, J., E. Heredia-Oleab, E. Perez-Carrillob, D. Guajardo-Floresb and S.R.O. Serna-Saldívarb 2019. Effect of decortication, germination and extrusion on physicochemical and in vitro protein and starch digestion characteristics of black beans (*Phaseolus vulgaris L.*). LWT-Food Science and Technology 102: 330-337.

Sa´, A.G.A., M.T.B. Pacheco, Y.M.F. Moreno and B.A.M. Carciofia. 2022. Cold-pressed sesame seed meal as a protein source: Effect of processing on the protein digestibility, amino acid profile, and functional properties. Journal of Food Composition and Analysis 111: 104634.

Simons, C.W., C. Hall III. and M. Tulbek. 2012. Effects of extruder screw speeds on physical properties and In vitro starch hydrolysis of precooked pinto, navy, red, and black bean extrudates. Cereal Chemistry 89(3): 176-181.

Stevenson, D.G., R.K. Doorenbos, J. Jane and G.E. Inglett. 2006. Structures and functional properties of starch from seeds of three soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) varieties. Starch/Stärke 58(10): 509-519.

Tachasirinukun, P. 2017. The development of germinated brown rice milk fortified with soybean. IVEC Journal 1(2): 66-71.

Tubiello, F.N., C. Rosenzweig, G. Conchedda, K. Karl, J. Gütschow, P. Xueyao, G. Obli-Laryea, N. Wanner, S.Y. Qiu, J. De Barros. and A. Flammini. 2021. Greenhouse gas emissions from food systems: building the evidence base. Environmental Research Letters 16: 065007.

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

Varela-Ortega, C., I. Blanco-Gutiérrez, R. Manners and A. Detzel. 2021. Life cycle assessment of animal-based foods and plant-based protein-rich alternatives: a socio-economic perspective. Journal of the Science of Food and Agriculture 102(12): 5111-5120.

Vicente, J., M.G. Carvalho. and E.E. Garcia-Roj. 2015. Fatty acids profile of Sacha inchi oil and blends by 1H NMR and GC–FID. Food Chemistry 181: 215-221.

Xu, B. and S. K. Chang. 2009. Total phenolic, phenolic acid, anthocyanin, flavan-3-ol, and flavonol profiles and antioxidant properties of pinto and black beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as affected by thermal processing. Journal of Agricultural and Food Chemistry 57(11): 4754-4764.

Yanti, S., D.C. Agrawal, D.S. Saputri., H.Y. Lin. and W.J. Chien. 2022. Nutritional comparison of Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) residue with edible seeds and nuts in Taiwan: A chromatographic and spectroscopic study. International Journal of Food Science & Technology 1-14.

Yiğit, A.A. 2019. Animal and plant-based milk and their antioxidant properties. MAE Vet Fak Derg 4(2): 113-122.

Zaeoung, S., A. Plubrukarn and N. Keawpradub. 2005. Cytotoxic and free radical scavenging activities of *Zingiberaceous rhizomes*. Songklanakarin Journal of Science and Technology 27(4): 799-812.