ISSN 3027-6357 (Print)
ISSN 3027-6365 (Online)

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี Homepage : *http://li01.tci-thaijo.org/index.php/tstj*
ปีที่ 32 ฉบับที่ 5 (กันยายน-ตุลาคม 2567) หน้า [66-78]

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มโปรตีนพืชและความคงตัวของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา

A Development of Plant-Based Protein Drink and Its Stability During Storage

กรชนก ตันติเดชไพศาล, รวิกานต์ อารักษ์, ศศิธร แหวนชุม, สุพัตรา สุภาวงค์*
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปทุมธานี 12120
Kornchanok Tantidetpaisarn, Rawikarn Arrak, Sasithon Wanchum, Supattra Supawong*
Department of Food Science and Technology, Faculty of Science and Technology,
Thammasat University, Pathum Thani 12120
Received 21 September 2023; Received in revised 9 February 2024; Accepted 4 June 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มโปรตีนสูงจากพืชที่มีแหล่งโปรตีนจากถั่วลันเตา โดยศึกษาสารให้ความคงตัว 4 ชนิด ได้แก่ กลีเซอรอลโมโนสเตียเรต (GMS) โซเดียมอัลจีเนต (SA) กัวร์กัม (GG) และโลคัสบีนกัม (LBG) พบว่า สูตรที่ใช้สารให้ความคงตัวชนิด GMS ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติด้านความหนืด ค่าสี และความคงตัวที่ดีที่สุดแตกต่างจากสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นจึงเลือกสูตร GMS ไปศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน พบว่าผลิตภัณฑ์มีสีที่เข้มขึ้นและเกิดการแยกชั้นเพียงเล็กน้อย ค่าความเป็นกรด-ด่างไม่มีเปลี่ยนแปลง ปริมาณจุลินทรีย์เป็นไปตามมาตรฐานและไม่เปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา จึงสรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์มีความคงตัวและมีความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์ สามารถเก็บรักษาได้อย่างน้อยนาน 12 วัน ที่อุณหภูมิแช่เย็น ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ พบว่า ผลิตภัณฑ์หนึ่งหน่วยบริโภค (180 มิลลิลิตร) มีปริมาณไขมันต่ำ (2 กรัม) โปรตีนสูง (8 กรัม) เป็นแหล่งของวิตามินดีและแคลเซียมซึ่งจำเป็นต่อการเสริมสร้างกระดูก อีกทั้งผลิตภัณฑ์ยังประกอบไปด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็น (Essential amino acids) ทั้ง 9 ชนิด และพบกรดอะมิโนที่มีโครงสร้างแบบกิ่งก้าน (Branched-chain amino acids) ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่มีส่วนสำคัญในการซ่อมแซมและเสริมสร้างกล้ามเนื้อ

คำสำคัญ: เครื่องดื่ม; โปรตีนพืช; ความคงตัว

***ผู้รับผิดชอบบทความ:** supat29@tu.ac.th

Science32-N5-1.indd 66 29/10/2567 BE 14:58

Abstract

This research aimed to develop plant-based protein drinks with a protein source from peas. Four types of stabilizers were studied, glyceryl monostearate (GMS), sodium alginate (SA), guar gum (GG), and locust bean gum (LBG). It was found that the product with GMS formula had the best properties in terms of viscosity, color values, and stability, which were significantly different from the other formulas. The GMS formula was then used to study product quality during storage at 4-5°C for 12 days. It was found that the product turned darker and was slightly stratified, with unchanged pH and the same quantity of microorganisms in accordance with the benchmark throughout the storage period. Therefore, it can be concluded that the product was stable and safe in terms of microbial safety, and it could be stored for at least 12 days in a chiller. According to the results of nutritional analysis, it was found that one serving size (180 mL) of this product contained low fats (2 g) and high protein (8 g). It was also a source of vitamin D and calcium, which were required for bone strengthening and maintenance. The product also contained nine types of essential amino acids, including branched-chain amino acids required for muscle strengthening and repair.

Keywords: Beverage; Plant-based protein; Stability

1. บทนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคทั่วโลกหันมาใส่ใจสุขภาพมากขึ้นส่งผลให้ความต้องการโปรตีนมีสูงขึ้น จากสถิติพบว่าตลาดโปรตีนทั่วโลกในปี 2022 มีมูลค่า 10.37 พันล้านเหรียญสหรัฐ และคาดการณ์ว่าจะมีมูลค่าสูงถึง 23.34 พันล้านเหรียญสหรัฐ ในปี 2032 ด้วยอัตราการเติบโตปีละ 8.5% [1] ประกอบกับประเทศไทยและอีกหลายประเทศทั่วโลกก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงวัย ซึ่งผู้สูงวัยต้องการโปรตีนเพื่อรักษามวลกล้ามเนื้อให้แข็งแรง และซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของร่างกาย อีกทั้งผู้สูงวัยมักประสบปัญหาด้านเหงือกและฟันทำให้เคี้ยวอาหารลำบาก กลืนลำบาก และการดูดซึมอาหารลดลง ซึ่งสาเหตุเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อภาวะโภชนาการของผู้สูงวัย ดังนั้นโภชนาการที่ดีจึงมีความสำคัญต่อสุขภาพในการชะลอความเสื่อมถอยและช่วยฟื้นฟูสุขภาพร่างกาย

ผลิตภัณฑ์ที่รับประทานได้ง่าย กลืนง่าย ร่างกายดูดซึมได้ดี มักอยู่ในรูปของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม ซึ่งผลิตภัณฑ์พร้อมดื่มที่มีโปรตีนสูงที่มีจำหน่ายในตลาด

ปัจจุบันมักจะเป็นผลิตภัณฑ์จากนมโค (Dairy) ที่ยังเป็นข้อจำกัดสำหรับผู้ที่แพ้โปรตีนในนมโค ผู้ที่มีภาวะย่อยน้ำตาลแล็กโตสบกพร่อง (Lactose intolerance) และผู้ที่บริโภคอาหารเจ [2] ดังนั้นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มโปรตีนสูงจากพืชยังคงมีโอกาสเติบโตตามความต้องการของตลาดที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างก้าวกระโดด [3]

โปรตีนจากถั่วลันเตาเป็นทางเลือกที่ได้รับความนิยมมากขึ้นในอุตสาหกรรมอาหารทั่วโลก เนื่องจากมีศักยภาพที่จะสามารถทดแทนโปรตีนจากสัตว์และถั่วเหลือง โดยถั่วลันเตามีปริมาณโปรตีนสูง โปรตีนถั่วลันเตามีคุณสมบัติเชิงหน้าที่ที่ดี มีสารก่อภูมิแพ้ต่ำ อีกทั้งยังมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำและมีความยั่งยืน และเมื่อเปรียบเทียบกับถั่วเหลืองหรือโปรตีนจากพืชชนิดอื่น พบว่าโปรตีนถั่วลันเตามีความสามารถในการย่อยสูง ตอบสนองต่อสารก่อภูมิแพ้ที่น้อย [4] [5] ดังนั้นถือได้ว่าโปรตีนถั่วลันเตาเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพสูง [6] เหมาะแก่การนำมา

Science32-N5-1.indd 67 29/10/2567 BE 14:58

พัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร จากการศึกษาเบื้องต้นทีมผู้วิจัยได้พัฒนาเครื่องดื่มโปรตีนจากถั่วลันเตาพบว่าได้ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่มีปริมาณโปรตีนสูง

อย่างไรก็ตามคุณภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มโปรตีนนั้นนอกจากต้องคำนึงถึงแหล่งวัตถุดิบ คุณค่าทางโภชนาการและกระบวนการแปรรูปแล้ว ความคงตัวของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษาก็เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ต้องคำนึงถึง [7] จากการศึกษาเบื้องต้นทีมผู้วิจัยได้พัฒนาเครื่องดื่มโปรตีนจากถั่วลันเตาซึ่งเป็นเครื่องดื่มที่มีปริมาณโปรตีนสูง อย่างไรก็ตามเครื่องดื่มโปรตีนจากถั่วลันเตาดังกล่าวยังมีข้อจำกัดด้านคุณภาพความคงตัวของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้มีการศึกษาปรับปรุงข้อจำกัดดังกล่าว

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้สารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มโปรตีนสูงจากถั่วลันเตา ศึกษาคุณภาพความคงตัวของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา ศึกษาข้อมูลทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ได้เครื่องดื่มโปรตีนพืชที่ให้คุณประโยชน์สารอาหารแก่ร่างกายและเป็นผลิตภัณฑ์พร้อมดื่มที่มีความคงตัวตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

2. วัตถุดิบและวิธีการทดลอง

2.1 วัตถุดิบ

โปรตีนถั่วลันเตา (บริษัท ซีบี อินเตอร์แล็บ จำกัด, ประเทศไทย) น้ำมันงาขี้ม่อนสกัดเย็น (ชุมชนปฐมอโศก, ประเทศไทย) น้ำตาลหล่อฮังก๊วย (ห้างหุ้นส่วนจำกัด บ้านหอมหวาน, ประเทศไทย) กลิ่นวนิลาผง (บริษัท เกรทฮิลล์ ฟู้ดส์ จำกัด, ประเทศไทย) แคลเซียมคาร์บอเนต (บริษัท เคมีภัณฑ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด) วิตามินดี (บริษัท Now foods, ประเทศสหรัฐอเมริกา) สารให้ความคงตัว 4 ชนิด ได้แก่ กลีเซอรอลโมโนสเตียเรต (Glyceryl Monostearate, GMS) โซเดียมอัลจีเนต (Sodium alginate, SA) กัวร์กัม (Guar gum, GG) และโลคัสบีนกัม (Locust bean gum, LBG)

2.2 การศึกษาสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มโปรตีนจากพืช

2.2.1 การกำหนดสูตรของผลิตภัณฑ์

สูตรในการผลิตเครื่องดื่มโปรตีนจากพืช 4 สูตร โดยในทุกสูตรมีส่วนผสมหลักที่เท่ากัน คือ โปรตีนถั่วลันเตา น้ำมันงาขี้ม่อน น้ำตาลหล่อฮังก๊วย กลิ่นวนิลาผง แคลเซียมคาร์บอเนต และวิตามินดี โดยเครื่องดื่มทั้ง 4 สูตร มีสารให้ความคงตัวที่ต่างกัน ได้แก่ โซเดียมอัลจีเนต (Sodium alginate, SA) กลีเซอรอลโมโนสเตียเรต (Glyceryl Monostearate, GMS) โลคัสบีนกัม (Locust bean gum, LBG) และกัวร์กัม (Guar gum, GG)

2.2.2 ขั้นตอนการผลิตเครื่องดื่มโปรตีนจากพืช

ผสมโปรตีนถั่วลันเตากับน้ำ ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จากนั้นเติมน้ำตาลหล่อฮังก๊วย กลิ่นวนิลาผง น้ำมันงาขี้ม่อนสกัดเย็น และแคลเซียมคาร์บอเนต ตามลำดับ คนจนส่วนผสมละลายเข้ากัน ลดอุณหภูมิจนเหลือ 50-60 องศาเซลเซียส เติมสารให้ความคงตัวที่ต่างกันทั้ง 4 สูตร จากนั้นนำไปโฮโมจีไนซ์ ที่ความเร็ว 11,000 รอบต่อวินาที ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส พร้อมกับเติมวิตามินดี พาสเจอไรซ์ ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที แล้วบรรจุใส่ขวดปิดฝา และทำให้เย็น (Figure 1) นำเครื่องดื่มที่ผลิตได้ทั้ง 4 สูตร ไปวิเคราะห์ค่าคุณภาพต่อไป

Science32-N5-1.indd 68 29/10/2567 BE 14:58

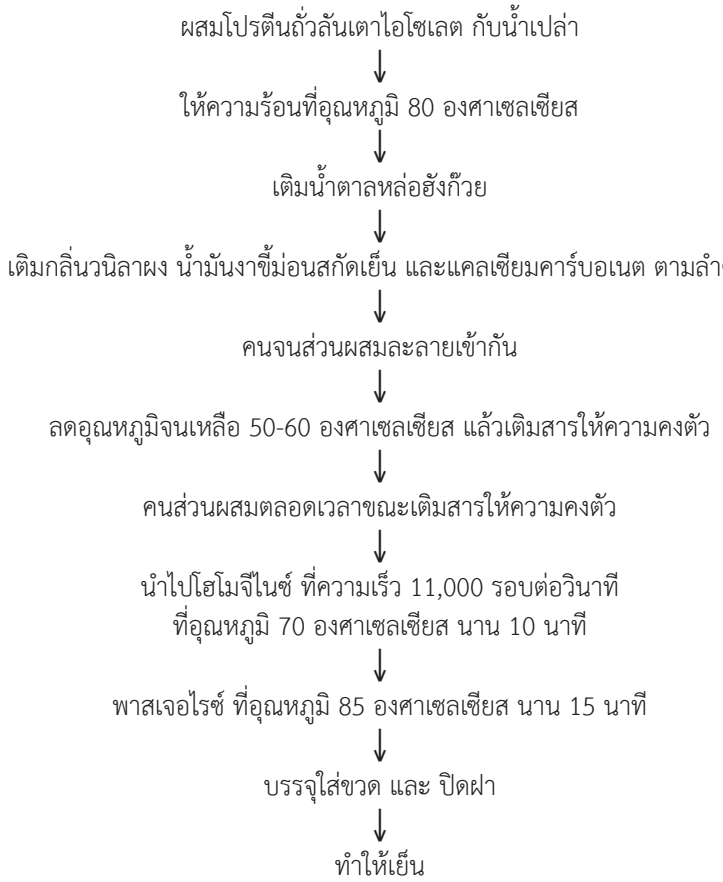

Figure 1 Process for producing plant-based protein drink

2.2.3 วิเคราะห์ค่าสี

ค่าสีวิเคราะห์โดยใช้เครื่องวัดสี (Colorimeter, รุ่น CX2687, Hunter Lab, ประเทศสหรัฐอเมริกา) รายงานค่าสีที่ได้ในรูปของ L*, a*, และ b*

2.2.4 วิเคราะห์ค่าความหนืด

ค่าความหนืดวิเคราะห์โดยใช้เครื่องวัดความข้นหนืด (Brookfield Viscometer) โดยใส่ตัวอย่างเครื่องดื่มปริมาตร 500 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร วัดค่าความหนืดโดยใช้เข็มเบอร์ 02 ที่ความเร็วรอบ 100 rpm รายงานค่าความหนืดที่ได้ในรูปของ %Torque และ cP

2.2.5 วิเคราะห์ค่าความคงตัว

ค่าความคงตัวของเครื่องดื่มประเมินด้วยค่าดัชนีการแยกชั้น (Separation index) โดยคำนวณอัตราส่วนของความสูงของชั้นตะกอนต่อความสูงของของเหลวเริ่มต้นตามระยะเวลาที่ศึกษา ทำการวิเคราะห์โดยใช้วิธีการตั้งเครื่องดื่มทิ้งไว้ที่อุณหภูมิแช่เย็น (อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียส) วัดการแยกชั้นของเครื่องดื่มในหน่วยเซนติเมตร ทุกวัน เป็นระยะเวลา 7 วัน

2.3 การศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มโปรตีนจากพืชระหว่างการเก็บรักษา

นำเครื่องดื่มโปรตีนพืชที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ

Science32-N5-1.indd 69 29/10/2567 BE 14:58

2.2 มาเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น 4-5 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน ทำการประเมินคุณภาพด้านเคมีกายภาพและจุลินทรีย์ ในวันที่ 0 4 8 และ 12

2.3.1 การประเมินคุณภาพทางเคมีกายภาพ

ค่าสีและค่าความคงตัว วิเคราะห์เช่นเดียวกับข้อ 2.2.3 และ 2.2.5 ตามลำดับ ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) วิเคราะห์โดยบรรจุตัวอย่างเครื่องดื่มอุณหภูมิห้อง ปริมาตร 30 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร วัดค่า pH ด้วยเครื่อง pH meter

2.3.2 การประเมินคุณภาพด้านจุลินทรีย์

การประเมินคุณภาพด้านจุลินทรีย์อ้างอิงตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 416 พ.ศ.2563 เรื่อง กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐาน หลักเกณฑ์เงื่อนไขและวิธีการในการตรวจวิเคราะห์ของอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค โดยวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) แบซิลลัส ซีเรียส (Bacillus cereus) คลอสตริเดียม

เพอรฟริงเจนส์ (Clostridium perfringens) โคลิฟอร์ม (Coliforms) เอสเชอริเชีย โคไล (Escherichia coli) ลิสทิเรียโมโนไซโตจิเนส (Listeria monocytogenes) สแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส (Staphylococcus aureus) และแซลโมเนลลา (Salmonella spp.) โดยส่งตัวอย่างเครื่องดื่มไปวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการและวิจัยทางการแพทย์และการเกษตรแห่งเอเชีย (AMARC)

2.4 การศึกษาข้อมูลทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มโปรตีนจากพืชที่พัฒนาได้

2.4.1 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

วิเคราะห์สารอาหารที่เป็นส่วนประกอบหลัก (Proximate composition) ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เถ้า พลังงานทั้งหมด และวิเคราะห์ปริมาณวิตามินดีและแคลเซียมที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ โดยส่งตัวอย่างเครื่องดื่มโปรตีนพืชที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 2.2 ไปวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการและวิจัยทางการแพทย์และการเกษตรแห่งเอเชีย (AMARC)

2.4.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบกรดอะมิโน (Amino acid composition)

นำตัวอย่างเครื่องดื่มโปรตีนพืชที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 2.2 มาวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของกรดอะมิโน (Amino acid composition) ตามวิธี In-house method WI-TMC-06 โดยส่งตัวอย่างวิเคราะห์ที่สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design, CRD) โดยทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA (analysis of variance) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 ($p<0.05$) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 ผลการศึกษาสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มโปรตีนจากพืช

ผลการศึกษาสารให้ความคงตัว 4 ชนิด (SA, GMS, LBG, GG) ในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มโปรตีนจากพืช ผลการวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มโปรตีนจากพืชทั้ง 4 สูตร (Table 1) พบว่า สูตร GG มีค่าความสว่าง (L*) สูงที่สุด รองลงมาคือสูตร LBG GMS และ SA ตามลำดับ ค่าความเป็นสีแดง (a*) พบว่าสูตร GMS มีค่าสูงสุด และสูตร SA มีค่าต่ำที่สุด ส่วนค่าความเป็นสีเหลือง (b*) สูตร GMS มีค่าสูงที่สุด และสูตร SA มีค่าต่ำที่สุด ค่าสีที่แตกต่างกันของผลิตภัณฑ์อาจเนื่องมาจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ที่เกิดขึ้นระหว่างน้ำตาลรีดิวส์ (Reducing sugar) ซึ่งคือโมเลกุลของไกลโคไซด์หรือกลูโคสยูนิตที่เป็นองค์ประกอบในโครงสร้างหลักของ

Science32-N5-1.indd 70 29/10/2567 BE 14:58

น้ำตาลหล่อฮังก๊วย (Mogrosides) [8] ในสูตรการผลิตกับกรดอะมิโน (Amino acid) ที่เป็นองค์ประกอบในโปรตีนถั่วลันเตา [7] เมื่อส่วนผสมผ่านกระบวนการพลาสเจอร์ไรส์ด้วยความร้อนจึงยิ่งเร่งปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) สอดคล้องกับผลการศึกษาปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ระหว่างน้ำตาลรีดิวส์ (Reducing sugar) ในน้ำตาลหล่อฮังก๊วยกับกรดอะมิโนที่พบว่าปฏิกิริยาจะเกิดเพิ่มมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น [8] ส่วนในสูตร SA ที่ให้ค่าความสว่างต่ำที่สุดอาจเนื่องมาจากโซเดียมอัลจิเนต (Sodium alginate) สกัดได้จากผนังเซลล์ของสาหร่ายสีน้ำตาล (brown algae) ที่ผงมีสีเหลืองน้ำตาลอยู่แล้ว อีกทั้งโซเดียมอัลจิเนตเป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ที่เป็นเฮเทอโรพอลิแซ็กคาไรด์ (Heteropolysaccharide) ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ของอนุพันธ์ของน้ำตาล ได้แก่ กรดแมนนูโรนิก (D-mannuronic acid) กรดกูลูโรนิก (Guluronic acid) ซึ่งเป็นน้ำตาลรีดิวส์ (Reducing sugar) จึงทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) มากยิ่งขึ้นส่งผลให้สูตร SA มีค่าความสว่างที่ต่ำที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Cai และคณะ [9] ที่แสดงการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ที่เกิดขึ้นระหว่างโซเดียมอัลจิเนตกับโปรตีน โดยพบว่าโซเดียมอัลจิเนตสามารถเกิดcovalent conjugation กับเวย์โปรตีนไอโซเลตผ่านปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction)

Table 1 Color and viscosity of plant-based protein drink

Formulas	Colors			Viscosity	
	L*	a*	b*	%Torque	cP
SA	79.72 ± 0.00^{d}	0.83 ± 0.01^{d}	12.52 ± 0.01^{d}	33.30 ± 0.14^{c}	33.55 ± 0.07^{c}
GMS	80.39 ± 0.00^{c}	1.75 ± 0.01^{a}	13.82 ± 0.02^{a}	45.50 ± 0.00^{a}	45.55 ± 0.07^{a}
LBG	81.09 ± 0.00^{b}	1.48 ± 0.03^{c}	12.97 ± 0.03^{c}	32.05 ± 0.07^{d}	32.20 ± 0.00^{d}
GG	81.15 ± 0.03^{a}	1.61 ± 0.01^{b}	12.99 ± 0.02^{b}	41.45 ± 0.07^{b}	41.70 ± 0.00^{b}

SA: sodium alginate; GMS: glycerol mono≥stearate; LBG: locust bean gum; GG: guar gum. Values are expressed as mean ± standard deviation. Values in each column with different superscript letters are significantly different ($p \leq 0.05$).

จากการวิเคราะห์ความหนืดของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มโปรตีนสูงจากพืชทั้ง 4 สูตร ด้วยเครื่อง Brookfield viscometer ผลการวิเคราะห์ค่าความหนืด (Table 1) พบว่า สูตร GMS มีค่า %Torque และค่า cP สูงที่สุด อาจเนื่องมาจากกลีเซอรอลโมโนสเตียเรต (Glycerol monostearate) ในสูตรดังกล่าวมีคุณสมบัติเป็นสารที่ทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความหนืด (Thickener) และเป็นอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) ที่ช่วยป้องกันการแยกชั้นของน้ำและไขมันได้ดี ส่งผลให้สามารถให้ความคงตัวแก่ผลิตภัณฑ์ได้เป็นอย่างดี เนื่องจากกลีเซอรอลโมโนสเตียเรต (Glycerol monostearate) มีโครงสร้างที่เกิดจากการรวมตัวกันระหว่างกรดสเตียริก (Stearic acid) กับกลีเซอรอล (Glycerol) เป็นสารที่มีหมู่ฟังก์ชันเอสเทอร์ (Ester) ด้วยโครงสร้างที่เกิดการรวมตัวกันระหว่างสารที่มีขั้วไฮดรอกซิล (OH-) ของกลีเซอรอลกับสารที่ไม่มีขั้วของกรดสเตียริก ($C_{18}H_{36}O_2$) ซึ่งเป็นกรดไขมัน [10] ดังนั้นเมื่อใช้กลีเซอรอลโมโนสเตียเรต (Glycerol monostearate) เป็นสารให้ความคงตัวในสูตรผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มโปรตีนพืช กลีเซอรอลโมโนสเตียเรตจะเกิดการแตกตัวของโมเลกุลที่มีขั้วและไม่มีขั้ว ส่วนที่มีขั้วจึงไปจับ

Science32-N5-1.indd 71 29/10/2567 BE 14:58

กับสารละลายโปรตีนและส่วนที่ไม่มีขั้วจะไปจับกับน้ำมันงาขี้ม่อนในสูตร ซึ่งจะทำให้เกิดเป็นสารละลายอิมัลชันที่ดี สามารถป้องกันการแยกชั้นระหว่างสารละลายโปรตีนและน้ำมัน และเมื่อผ่านกระบวนการโฮโมจีไนซ์ส่งผลให้โมเลกุลของสารละลายโปรตีนและน้ำมันถูกลดขนาดให้มีขนาดใกล้เคียงกัน สารละลายรวมตัวกันได้ดีไม่มีการแยกชั้นจึงทำให้เครื่องดื่มโปรตีนจากพืชสูตร GMS มีค่าความหนืดสูงที่สุดและสอดคล้องกับผลค่าความคงตัวของผลิตภัณฑ์ (Figure 2)

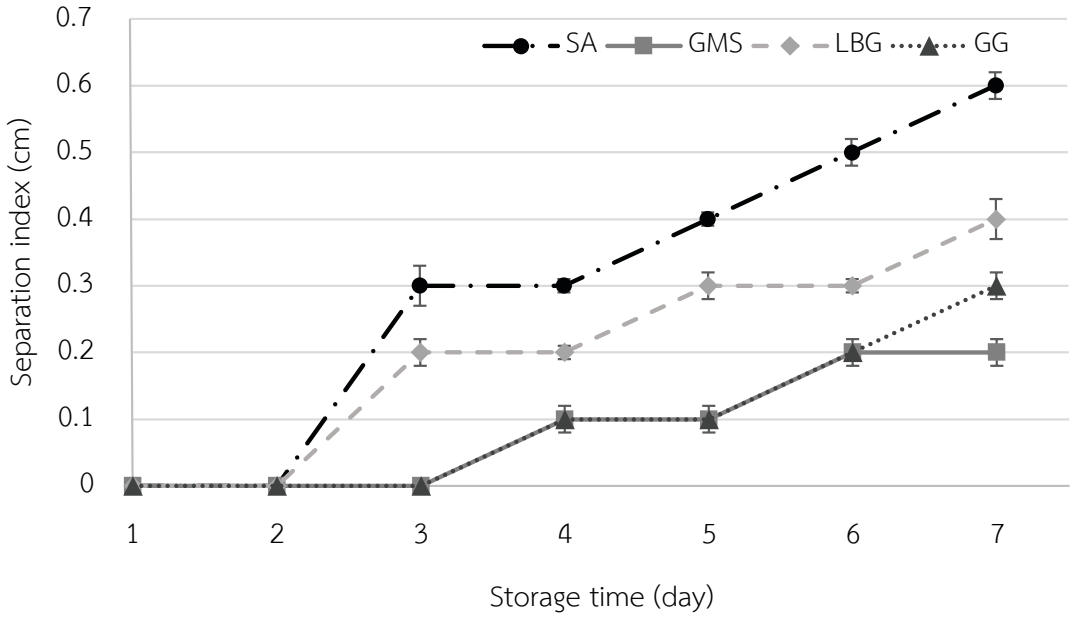

Figure 2 Separation index of plant-based protein drink during storage at 4°C
(SA: sodium alginate; GMS: glycerol monostearate; LBG: locust bean gum; GG: guar gum)

ผลการวิเคราะห์ค่าความคงตัวของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มโปรตีนสูงจากพืชทั้ง 4 สูตร (Figure 2) จากการตั้งทิ้งไว้ในอุณหภูมิแช่เย็น (4-5 องศาเซลเซียส) พบว่าเครื่องดื่มโปรตีนสูงจากพืช สูตร GMS มีความกว้างของการแยกชั้นเฉลี่ย (Separation index) ในวันที่ 7 ต่ำที่สุด มีค่าเพียง 0.2 ซม. ซึ่งเป็นผลมาจากคุณสมบัติการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ที่ดีของสารให้ความคงตัวกลีเซอรอลโมโนสเตียเรต (Glycerol monostearate) ดังได้อธิบายไว้ก่อนหน้า และผลจากการผ่านกระบวนการโฮโมจีไนซ์ทำให้สารละลายโปรตีนและน้ำมันแตกตัวเป็นโมเลกุลขนาดเล็กและใกล้เคียงกัน ส่งผลให้ค่าความคงตัวของผลิตภัณฑ์สูงขึ้น การแยกชั้นหรือการตกตะกอนเกิดได้ช้าลง

จากผลการศึกษาการใช้สารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มโปรตีนจากพืช พบว่าผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มโปรตีนพืชที่ใช้สารให้ความคงตัวชนิดกลีเซอรอลโมโนสเตียเรต (GMS) มีค่าความหนืดที่ดีที่สุด มีค่าความกว้างของการแยกชั้น (Separation index) น้อยกว่าสูตรอื่น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์สูตรดังกล่าวมีความคงตัวสูงที่สุดเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานาน 7 วัน ที่อุณหภูมิแช่เย็น ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มโปรตีนสูงจากพืชสูตร GMS ไปศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาและศึกษาข้อมูลทางโภชนาการในขั้นตอนต่อไป

Science32-N5-1.indd 72 29/10/2567 BE 14:58

3.2 ผลการศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มโปรตีนจากพืชระหว่างการเก็บรักษา

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพและทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มโปรตีนจากพืชสูตรที่ผ่านการคัดเลือก (สูตร GMS) ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น 4-5 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของผลิตภัณฑ์ (Table 2) ตลอดการเก็บรักษามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผลิตภัณฑ์มีค่า pH อยู่ในช่วง 7.88 - 7.92 ซึ่งถือว่าผลิตภัณฑ์มีค่า pH ที่คงตัวตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ไม่มีจุลินทรีย์กลุ่มที่ผลิตกรดเติบโตตลอดการเก็บรักษา ผลการวิเคราะห์ค่าสี L* a* b* ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มโปรตีนจากพืชระหว่างการเก็บรักษา (Table 2) พบว่าเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นานขึ้น ค่า L* a* b* มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่า L* ของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีความสว่างลดลง โดยที่ระยะเวลาการเก็บรักษาวันที่ 4 8 และ 12 มีค่า L* ไม่แตกต่างกัน แต่มีค่าน้อยกว่าวันที่ 0 อย่างมีนัยสำคัญสถิติ ส่วนค่าความเป็นสีแดง (a*) ของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยที่ระยะเวลาการเก็บรักษาวันที่ 4 8 และ 12 มีค่ามากกว่าวันที่ 0 อย่างมีนัยสำคัญสถิติ แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์มีสีที่เข้มขึ้นกว่าผลิตภัณฑ์ที่ผลิตวันแรกเล็กน้อย อาจเนื่องมาจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดที่เกิดขึ้นระหว่างน้ำตาลหล่อฮั้งก๊วยกับกรดอะมิโนในโปรตีนถั่วลันเตา แต่อย่างไรก็ตามค่าสีของผลิตภัณฑ์ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษามีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ผลการวิเคราะห์ค่าความคงตัวของผลิตภัณฑ์ (Table 2) พบว่าเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นานขึ้น ความกว้างของการแยกชั้น (Separation index) เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาทั้ง 12 วัน ผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างของความกว้างของการแยกชั้น (Separation index) เทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในวันที่ 0 เพียง 0.2 ซม. เท่านั้น จึงถือได้ว่าผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่พัฒนาขึ้นมีความคงตัวตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น นาน 12 วัน ซึ่งเป็นผลมาจากคุณสมบัติการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ที่ดีของสารให้ความคงตัวกลีเซอรอลโมโนสเตียเรต (Glycerol monostearate) ดังได้อธิบายไว้ก่อนหน้า

Table 2 pH, separation index, and color of selected plant-based protein drink during storage at 4°C

Storage time (day)	pHns	Separation index (cm)	Colors		
			L*	a*	b*
0	7.90 ± 0.01	0.00 ± 0.00c	75.84 ± 0.07a	3.62 ± 0.03d	17.06 ± 0.15b
4	7.92 ± 0.02	0.10 ± 0.00b	75.51 ± 0.02b	3.95 ± 0.01c	17.35 ± 0.01a
8	7.92 ± 0.01	0.20 ± 0.00a	75.45 ± 0.06b	4.07 ± 0.01b	17.36 ± 0.05a
12	7.88 ± 0.03	0.20 ± 0.00a	75.40 ± 0.07b	4.12 ± 0.01a	17.28 ± 0.05a

Values are expressed as mean ± standard deviation. Values in each column with different superscript letters are significantly different ($p \leq 0.05$).

Science32-N5-1.indd 73 29/10/2567 BE 14:58

ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มโปรตีนจากพืชระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น 4-5 องศาเซลเซียส (Table 3) พบว่าผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นมีความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์ โดยปริมาณจุลินทรีย์เป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 416 พ.ศ.2563 เรื่อง กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐาน หลักเกณฑ์เงื่อนไข และวิธีการในการตรวจวิเคราะห์ของอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ที่ระบุไว้ว่า ผลิตภัณฑ์พร้อมบริโภคชนิดเหลวที่มี pH≥4.3 เฉพาะที่ผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนโดยวิธีพาสเจอร์ไรส์ ต้องไม่พบแซลโมเนลลา (Salmonella spp.) ในผลิตภัณฑ์ 25 ml สแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส (Staphylococcus aureus) ไม่เกิน 100 CFU/ml แบซิลลัส ซีเรียส (Bacillus cereus) ไม่เกิน 100 CFU/ml คลอสทริเดียม เพอรฟริงเจนส์ (Clostridium perfringens) ไม่เกิน 100 CFU/ml และไม่พบลิสทิเรียโมโนไซโตจิเนส (Listeria monocytogenes) ในผลิตภัณฑ์ 25 ml ซึ่งผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มโปรตีนจากพืชมีปริมาณจุลินทรีย์ต่ำกว่ากฎหมายกำหนดทุกรายการ อีกทั้งในระหว่างการเก็บรักษานั้นไม่พบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณจุลินทรีย์ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา จึงสรุปว่าผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นมีความปลอดภัยทางจุลินทรีย์ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น 4-5 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน

Table 3 The microbial content of selected plant-based protein drink during storage at 4°C

Microbial counts	Storage time (day)				Unit
	0	4	8	12	
Total plate count	<1	<1	<1	<1	CFU/ mL
Bacillus cereus	<1	<1	<1	<1	CFU/ mL
Clostridium perfringens	<1	<1	<1	<1	CFU/ mL
Coliforms	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	MPN/100 mL
Escherichia coli	ND	ND	ND	ND	per 100 mL
Listeria monocytogenes	ND	ND	ND	ND	per 25 mL
Staphylococcus aureus	<1	<1	<1	<1	CFU/ mL
Salmonella spp.	ND	ND	ND	ND	per 25 mL

ND = not detected.

จากศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มโปรตีนจากพืชที่พัฒนาขึ้น พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ผลิตภัณฑ์จะมีสีที่เข้มขึ้นและเกิดการแยกชั้นเพียงเล็กน้อย ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ไม่มีเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ปริมาณจุลินทรีย์เป็นไปตามมาตรฐานและไม่เปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มโปรตีนจากพืชที่พัฒนาขึ้นมีความคงตัวและมีความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์ สามารถเก็บรักษาได้อย่างน้อยนาน 12 วัน ที่อุณหภูมิแช่เย็น 4-5 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นไปตามมาตราฐานของผลิตภัณฑ์พาสเจอไรซ์คือต้องเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิไม่เกิน 8 องศาเซลเซียส ตลอดระยะเวลาหลังบรรจุจนถึงผู้บริโภค

Science32-N5-1.indd 74 29/10/2567 BE 14:58

3.3 ผลการศึกษาข้อมูลทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มโปรตีนจากพืชที่พัฒนาขึ้น

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบหลัก (Proximate analysis) ปริมาณวิตามินดี และแคลเซียมที่มีในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มโปรตีนจากพืชที่พัฒนาขึ้น (Table 4) พบว่าผลิตภัณฑ์มีปริมาณไขมันทั้งหมด ปริมาณโปรตีน และปริมาณคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 1.14 4.25 และ 3.48 ตามลำดับ อีกทั้งยังมีวิตามินดีและแคลเซียมในปริมาณที่สูงถึง 1.6 ไมโครกรัม และ 115 มิลลิกรัม ตามลำดับ ในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม 100 กรัม เมื่อนำข้อมูลคุณค่าสารอาหารมาวิเคราะห์ฉลากโภชนาการ โดยคำนวณเทียบจากร้อยละของปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (Thai RDI) โดยคิดจากความต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี พบว่าผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มโปรตีนจากพืชที่พัฒนาขึ้น 1 บรรจุภัณฑ์ขนาด 180 มิลลิลิตร มีปริมาณไขมันต่ำเพียง 2 กรัม ปริมาณโปรตีนสูงถึง 8 กรัม ซึ่งสามารถกล่าวอ้างได้ว่า “เป็นแหล่งของโปรตีน (Good source of protein)” อีกทั้งยังเป็นแหล่งของวิตามินดีและแคลเซียม โดยมีวิตามินดีร้อยละ 32 และแคลเซียมร้อยละ 25 เทียบกับ Thai RDI กำหนด ซึ่งจำเป็นต่อการเสริมสร้างและซ่อมแซมกระดูก [3]

Table 4 Nutritional value of selected plant-based protein drink (100 g)

Nutrition	Values
Total energy (Kcal)	41.18 ± 0.21
Total fat (g)	1.14 ± 0.01
Protein (g)	4.25 ± 0.03
Total carbohydrate (g)	3.48 ± 0.02
Total sugars (g)	Not Detected
Ash (g)	0.45 ± 0.00
Vitamin D (µg)	1.6 ± 0.01
Calcium (Ca) (mg)	115 ± 1.80

จากผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มโปรตีนจากพืชที่พัฒนาขึ้น (Table 5) พบว่าผลิตภัณฑ์มีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย (Essential amino acids) ครบทั้ง 9 ชนิด โดยพบกรดอะมิโนจำเป็นชนิดลิวซีน (Leucine) มากที่สุด 244.72 มิลลิกรัมในเครื่องดื่ม 100 กรัม รองลงมาคือไลซีน (Lysine) 221.65 มิลลิกรัมในเครื่องดื่ม 100 กรัม นอกจากนี้ยังพบกรดอะมิโนที่มีโครงสร้างแบบกิ่งก้าน (Branched-chain amino acids) ได้แก่ วาลีน (Valine) ลิวซีน (Leucine) และไอโซลิวซีน (Isoleucine) ที่เป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นที่ร่างกายไม่สามารถสร้างขึ้นได้จำเป็นต้องได้รับจากการบริโภคอาหารเท่านั้น ซึ่งกรดอะมิโนดังกล่าวมีส่วนสำคัญในการซ่อมแซมและเสริมสร้างกล้ามเนื้อ มีความจำเป็นสำหรับผู้ป่วย ผู้สูงวัย นักกีฬา และผู้ที่ต้องการสร้างกล้ามเนื้อ เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดอื่นในงานวิจัยของ Walther และคณะ [11] พบว่าผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มโปรตีนจากพืชที่พัฒนาขึ้น มีปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมดใกล้เคียงกับนมโคซึ่งมีกรดอะมิโนทั้งหมด 3,300 มิลลิกรัมใน 100 กรัม นอกจากนี้ยังมีปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมด รวมทั้งปริมาณ

Science32-N5-1.indd 75 29/10/2567 BE 14:58

กรดอะมิโนจำเป็นมากกว่าเครื่องดื่มจากพืชชนิดอื่น เช่น เครื่องดื่มข้าวโอ๊ต เครื่องดื่มจากข้าว เครื่องดื่มจากเม็ดมะม่วงหิมมะพานต์ และเครื่องดื่มจากอัลมอนด์ เป็นต้น

จากผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มโปรตีนพืชที่พัฒนาขึ้น สามารถสรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์มีคุณค่าทางโภชนาการที่ดี มีปริมาณไขมันต่ำ โปรตีนสูง ประกอบไปด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นและสำคัญต่อร่างกาย เป็นแหล่งของวิตามินดีและแคลเซียม ซึ่งจำเป็นต่อการเสริมสร้างและซ่อมแซมกล้ามเนื้อและกระดูก ผลิตภัณฑ์นี้จึงมีโภชนาการที่ดีสำหรับผู้บริโภคทุกวัยรวมถึงผู้ป่วย ผู้สูงวัย และนักกีฬา

Table 5 Amino acid composition of selected plant-based protein drink

Amino acids	mg/100g
Histidine*	79.06 ± 0.52
Threonine*	111.49 ± 2.56
Valine*	127.5 ± 3.38
Methionine*	40.9 ± 1.56
Phenylalanine*	156.92 ± 4.23
Isoleucine*	125.05 ± 5.32
Tryptophan*	42.13 ± 1.73
Leucine*	244.72 ± 5.59
Lysine*	221.65 ± 6.94
Aspartic acid	338.05 ± 7.21
Glutamic acid	557.57 ± 5.93
Serine	161.02 ± 3.19
Glycine	121.28 ± 4.74
Arginine	254.49 ± 5.35
Alanine	128.48 ± 2.73
Tyrosine	108.66 ± 4.24
Cystine	75.72 ± 1.04
Proline	278.07 ± 2.53
BCAA	497.27
TEAA	1149.42
TAA	3172.76

*Essential amino acids; BCAA: Branched-chain amino acids (Valine, Leucine, Isoleucine); TEAA: Total essential amino acids; TAA: Total amino acids.

Science32-N5-1.indd 76 29/10/2567 BE 14:58

4. สรุป

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มโปรตีนสูงจากพืชที่มีแหล่งโปรตีนจากถั่วลันเตา พบว่าสูตรที่ใช้สารให้ความคงตัวชนิดกลีเซอรอลโมโนสเตียเรต (GMS) เป็นสูตรที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัวดีที่สุด ผลิตภัณฑ์ไม่เกิดการแยกชั้น อีกทั้งคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้านค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าสี ของผลิตภัณฑ์มีความคงตัวในระหว่างการเก็บรักษา ผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์เป็นไปตามกฎหมายกำหนด สามารถเก็บรักษาได้อย่างน้อยนาน 12 วัน ที่อุณหภูมิแช่เย็น 4-5 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์มีคุณค่าทางโภชนาการที่ดี เป็นแหล่งของโปรตีน ประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย เป็นแหล่งของวิตามินดีและแคลเซียมที่จำเป็นต่อการเสริมสร้างและซ่อมแซมกล้ามเนื้อและกระดูก

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากทุนอุดหนุนการวิจัยและนวัตกรรม สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) โครงการวิจัยการพัฒนาผลิตภัณฑ์นวัตกรรมอาหารสุขภาพผู้สูงวัยที่ผ่านการทดสอบเชิงประสิทธิผลทางคลีนิคสู่การขยายผลเชิงพานิชย์ สัญญาเลขที่ N34A650479 และขอขอบคุณศูนย์แห่งความเป็นเลิศทางวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมทางอาหาร แห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (Thammasat University Center of Excellence in Food Science and Innovation)

6. รายงานอ้างอิง

[1] Precedence Research, Protein Market, Available Source: https://www.precedenceresearch.com/protein-market#:~:text=The%20global%20protein%20market%20size,market%20share%20of%20around%2032%25, September 18, 2023.

[2] Vanga, S.K. and Raghavan, V., 2018, How well do plant based alternatives fare nutritionally compared to cow's milk?, J. Food Sci Technol. 55(1): 10-20.

[3] Bonke, A., Sieuwerts, S. and Petersen, I.L., 2020, Amino Acid Composition of Novel Plant Drinks from Oat, Lentil and Pea, Foods, 2020, 9(4), 429. https://doi.org/10.3390/foods9040429

[4] Lu, Z.X., He, J.F., Zhang, Y.C. and Bing, D.J., 2019, Composition, physicochemical properties of pea protein and its application in functional foods, Crit Rev Food Sci Nutr. 60(15): 2593-2605.

[5] Boukid, F., Rosell, C.M. and Castellari, M., 2021, Pea protein ingredients: A mainstream ingredient to (re)formulate innovative foods and beverages, Trends Food Sci Technol. 110: 729–742.

[6] Gorissen, S.H.M., Crombag, J.J.R., Senden, J.M.G., Waterval, W.A.H., Bierau, J., Verdijk, L.B. and Loon, L.J.C.V., 2018, Protein content and amino acid composition of commercially available plant-based protein isolates, Amino Acids, 50: 1685–1695.

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

[8] Hong, H., Yang, Q., Liu, Q., Leong, F. and Chen, X., 2022, Chemical comparison of monk fruit products processed by different drying methods using high-performance thin-layer chromatography

Science32-N5-1.indd 77 29/10/2567 BE 14:58

combined with chemometric analysis, Front. Nutr. 9: 887992.

[9] Cai, B., Saito, A. and Ikeda, S., 2018, Maillard conjugation of sodium alginate to whey protein for enhanced resistance to surfactant-induced competitive displacement from air–water interfaces, J. Agric. Food Chem. 66(3): 704–710.

[10] Rosentrater, K.A. and Evers, A.D., 2018, Flour treatments, applications, quality, storage and transport, Kent's Technology of Cereals, 5th Ed., Woodhead Publishing, Cambridge, 515-564 p.

[11] Walther, B., Guggisberg, D., Badertscher, R., Egger, L., Portmann, R., Dubois, S., Haldimann, M., Bolanz, K.K., Rhyn, P., Zoller, O., Veraguth, R. and Rezzi, S., 2022, Comparison of nutritional composition between plant-based drinks and cow's milk, Front Nutr, 9: 988707.

Science32-N5-1.indd 78 29/10/2567 BE 14:58