การพัฒนานวัตกรรมทางอาหาร:
เครื่องดื่มนมโปรตีนสูงถั่วดาวอินคา

Development of innovative food products:
High protein Sacha Inchi milk

นางสาวสิริรัตน์ พานิช

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณเงินรายจ่าย
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทคัดย่อ

นมเป็นหนึ่งในอาหารที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างสูงทั่วโลก โดยส่วนมากแล้วนมจะผลิตมาจากน้ำนมของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมเช่น วัว อย่างไรก็ตามนมวัวก็ไม่เหมาะกับผู้ที่มีอาการแพ้นมวัวและผู้ที่มีภาวะพร่องเอนไซม์แลคเตส ดังนั้นนมทดแทนนมวัวจากพืชจึงความต้องการสูงทางการตลาด ถั่วดาวอินคา (Plukenetia Volubilis L) เป็นพืชที่มีเมล็ดที่สามารถรับประทานได้ ประกอบไปด้วยน้ำมันและโปรตีนสูง มีถิ่นกำเนิดมาจากป่าอเมซอนในแถบเปรู โดยถั่วดาวอินคานี้มีปริมาณของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวสูง นอกจากนี้ยังมีกรดไขมันที่จำเป็นครบถ้วน และประกอบไปด้วยแร่ธาตุที่สำคัญต่อร่างกาย จึงทำให้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากถั่วดาวอินคาเพื่อเป็นอาหารทางเลือกใหม่ เช่น ถั่วอบ คุ้กกี้ เป็นต้น งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางเคมี คุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางจุลชีววิทยา และคุณค่าทางโภชนาการของนมที่นำมาจากถั่วดาวอินคาและกากถั่วดาวอินคาหลังจากการสกัดน้ำมัน จากผลการทดลองพบว่าถั่วดาวอินคามีศักยภาพที่ดีในการนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์นมแทนนมวัว จากผลการวิจัยในครั้งนี้พบว่าถั่วดาวอินคาอบที่นำมาทำผลิตภัณฑ์นมนั้นประกอบไปด้วยโปรตีนสมบูรณ์ มีปริมาณของโอเมก้าทั้ง 3, 6 และ 9 สูงและยังมีปริมาณของแคลเซียมถึง 2,400 mg ต่อ 100 กรัมตัวอย่าง อย่างไรก็ตามพบว่าการอบถั่วจะทำให้ปริมาณของโปรตีนลดลงถึง 55.34 % ซึ่งจะเท่ากับปริมาณโปรตีนในกากถั่วดาวอินคาหลังจากที่สกัดน้ำมันออกไปแล้ว แต่การอบถั่วนั้นจะทำให้ได้กลิ่นและรสชาติที่ดีและเป็นการปรับปรุงคุณภาพของนม เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของนมจากถั่วดาวอินคาและนมจากกากถั่วดาวอินคาพบว่านมจากกากถั่วมีปริมาณของไขมันและแคลอรีที่น้อยกว่าในขณะที่มีปริมาณของโปรตีนและโซเดียมที่ใกล้เคียงกันคือ 4% และ 15 mg ต่อ 1 หน่วยบริโภคตามลำดับ การทดสอบทางประสาทสัมผัสของนมถั่วดาวอินคาทั้ง 3 รสชาติได้แก่ รสดั้งเดิม รสชาเขียวมัทชะ และรสโกโก้พบว่าทั้ง 3 รสผู้บริโภคมีความชอบที่ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) โดยพบว่าความชอบของสีของตัวอย่างนมมีตั้งแต่น้อยถึงปานกลาง อย่างไรก็ตามนมรสโกโก้ได้รับความชื่นชอบมากที่สุด ผลการศึกษาของ just-about-right พบว่าผู้ที่ไม่ชอบนมถั่วดาวอินคาเนื่องจากมาจากกลิ่นและรสชาติของถั่วที่แรงเกินไป อย่างไรก็ตามนมดาวอินคาก็มีศักยภาพในการที่จะพัฒนาเป็นนมทางเลือกใหม่ได้โดยการเติมและปรับปรุงสี กลิ่น รส ให้มากขึ้น

Abstract

Milk, one of the favorite food around the world, typically is produced by the mammary glands of mammals such as a cow. However, dairy from the cow is not suitable for people with dairy allergies and lactose intolerance. Thus, the global demand for non-diary or plant-based milk is rising. Sacha Inchi (Plukenetia Volubilis L) or Dao incha is an edible oil-seed nut originated from the Amazon Rainforest in Peru. This crop is known as a rich source of oil with high content of polyunsaturated fatty acids. Not only essential fatty acids but the nuts also consist of high protein level and minerals. It is not surprising that in recent years, there has been growing interest in developing the sacha inchi plant as a novel food such as roasted nuts or cookie. This study evaluated the chemical, physical, microbiological properties and nutritional factor of milk from Sacha Inchi comparing with pressed-cake powder from a by-product of Sacha Inch oil extraction process. According to our results, the Sacha Inchi has a potential to be developed as an alternative plant-based milk. The roasted Sacha Inchi milk consists of a complete protein with all nine essential amino acids, and they are rich in omega 3, 6, and 9. A high contents of minerals such as 2400 mg of calcium per 100 g sample was aslo found in raosted Sacha Inchi nuts. By roasting the nut, the protein content was found to be decreasing up to 55.34 % to the same level of the protein content in the pressed-caked Sacha inchi powder. However, roasting can add a flavor to the Inchi nuts and also in the milk. Comparing the nutrition factors of the nut milk and the pressed-cake Sacha Inchi milk, the pressed-cake milk consists of fat and calory less than roasted Sacha Inchi milk. However, the protein and sodium content is quite similar at 4% and 15 mg, respectively. The preference for original, matcha green tea and cocoa of the roasted Sacha Inchi milk were determined. The three samples were not significantly different in the liking of any attributes ($p>0.05$). The color of the three flavour of non-diary milk showed slight to moderate in customer liking. Although not significantly different in affection, the cocoa flavor had higher liking scores than original and green tea flavors. The just-about-right results showed that the disliking of Sacha inchi milk was mainly due to too much bean aroma and flavour as well as too less sweet taste. The Dao Inca milk has the potential to be new high protein milk that is good for health-conscious consumers and those who are allergic to cow's

milk. The current product was not well liked due to intense beany aroma and flavor and too less sweet taste. However, using other flavours and seasoning such as cocoa could mask the beany smell and flavour.

กิตติกรรมประกาศ

การพัฒนานวัตกรรมทางอาหาร : เครื่องดื่มนมโปรตีนสูงถั่วดาวอินคา (Development of innovative food products : High protein Sacha Inchi milk) เป็นงานวิจัยที่เกิดจากแนวความคิดของผู้วิจัยในการที่จะคิดค้นอาหารแนวใหม่ที่แตกต่างไปจากเดิม เพื่อเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้บริโภคในยุคปัจจุบัน และเป็นการช่วยเหลือผู้ประกอบการโดยการนำความรู้จากการวิจัยไปส่งเสริมผลิตภัณฑ์ให้มีศักยภาพในการแข่งขันทางการตลาดในวงการอาหาร สร้างความมั่นใจแก่ผู้บริโภค ซึ่งในปัจจุบันนี้มีอาหารที่มีการนำนวัตกรรมใหม่ ๆ เข้ามา แต่มีการเพิ่มเติมปรุงแต่งลักษณะ รสชาติต่าง ๆ ด้วยสารเคมีมากมายเพื่อจุดประสงค์ในการดึงดูดใจผู้บริโภค อย่างไรก็ตามการเติมแต่งเหล่านั้นอาจจะส่งผลเสียต่อสุขภาพของผู้บริโภคได้ในระยะยาวได้ ผู้วิจัยจึงต้องการพัฒนาอาหารที่แปลกใหม่แต่ปราศจากสารเคมีและมีประโยชน์ต่อสุขภาพแก่ผู้บริโภคสูงสุด งานวิจัยนี้จะไม่สามารถสำเร็จได้เลย ผู้วิจัยขอขอบคุณดังรายการต่อไปนี้

ทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร โดยเฉพาะ ดร.ประกอบ ชาติภุกต์ และเจ้าหน้าที่ทุกคนที่คอยให้คำแนะนำ และดำเนินการต่าง ๆ เกี่ยวกับการขอรับทุน

งานบริการวิชาการและวิจัย และงานการเงิน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ขอขอบคุณผู้ช่วยวิจัย คุณยุวดี สุนทรศาลทูร ในการเป็นแรงบันดาลใจในการคิดค้นและทำผลิตภัณฑ์นมจากพืชและผู้ช่วยวิจัยในครั้งนี้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคุณแม่ของผู้วิจัยที่คอยช่วยเหลือในเรื่องของการทำนม เป็นผู้ให้คำแนะนำติชม และกำลังใจตลอดการวิจัยและคุณพ่อของผู้วิจัยที่แนะนำผู้วิจัยให้รู้จักกับถั่วดาวอินคา

สิริรัตน์ พานิช

สิงหาคม 2561

สารบัญ

บทที่ 1. บทนำ **11**

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ **11**

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย **13**

1.3 ขอบเขตของการวิจัย **13**

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย **15**

1.4.1 แผนผังวิธีการทดลองโดยสรุป **15**

1.4.2 การตรวจสอบคุณภาพทางเคมี **15**

1.4.3 พัฒนาสูตรเครื่องดื่มโปรตีนสูงสกัดจากถั่วดาวอินคาในระดับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก **16**

1.4.4 พัฒนาสูตรและทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภค **17**

1.5 สมมุติฐานงานวิจัย **17**

1.6 กรอบแนวความคิดในการวิจัย **17**

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ **19**

บทที่ 2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง **20**

2.1 เวย์โปรตีน (Whey Protein) **20**

2.2 ถั่วดาวอินคา **23**

2.3 กรดอะมิโน **23**

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับถั่วดาวอินคา **24**

บทที่ 3. วิธีดำเนินการวิจัย **27**

3.1 การเก็บตัวอย่างถั่วดาวอินคา ณ จังหวัดเชียงใหม่ **27**

3.2 วิธีการผลิตนมถั่วดาวอินคาปราศจากสารเคมี **28**

3.3 วิธีวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี (Chemical properties) **29**

3.3.1 วิธีทดสอบโปรตีน **29**

3.3.2 วิธีการทดสอบหาปริมาณเถ้า (Ash) **29**

3.3.3 วิธีการทดสอบหาปริมาณไขมัน **30**

3.3.4 วิธีการทดสอบหาปริมาณ Cholesterol 30
3.3.5 วิธีทดสอบปริมาณเส้นใย 32
3.3.6 การหาปริมาณกรดไขมันทั้งหมด (Fatty Acid Composition) 33
3.3.7 วิธีทดสอบ Amino Acid 34
3.3.8 วิธีวิเคราะห์ Vitamin E (Alpha tocopherol) 34
3.3.9 วิธีทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ 35
3.4 วิธีวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาย (Physical properties) 36
3.5 วิธีวิเคราะห์คุณสมบัติทางประสาทสัมผัส (Sensory test) 39
3.6 วิธีการออกแบบบรรจุภัณฑ์ 40
บทที่ 4. ผลการวิจัย 41
4.1 การเก็บตัวอย่างถั่วดาวอินคา ณ จังหวัดเชียงใหม่ 41
4.2 นมถั่วดาวอินคาปราศจากสารเคมี 45
4.3 วิธีวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี (Chemical properties) 47
4.3.1 ปริมาณโปรตีน เถ้า ไขมัน คลอเรสเตอรอล คาร์โบไฮเดรต เส้นใย 47
4.3.2 ปริมาณกรดไขมันทั้งหมด 50
4.3.3 ปริมาณกรดอะมิโนแอซิด 51
4.3.4 ปริมาณแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์ในถั่วดาวอินคาอบ 52
4.3.5 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของนมถั่วดาวอินคา 54
4.3.6 ปริมาณน้ำตาลจากธรรมชาติในนมดาวอินคาที่ปราศจากการเติมสารเคมี 54
4.3.7 ปริมาณโลหะหนักที่เป็นพิษในถั่วดาวอินคาอบ 55
4.4 วิธีวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาย (Physical properties) 55
4.5 ผงโปรตีนดาวอินคา 57
4.6 ผลการทดสอบทางจุลชีววิทยา 58
4.7 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางประสาทสัมผัส (Sensory test) 59
4.7.1 ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ทดสอบ 59
4.7.2 การทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสนมถั่วดาวอินคา 61

4.7.3 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 65
4.8 ผลการออกแบบบรรจุภัณฑ์ 67
4.8.1 ฉลากโภชนาการ 68
4.9 การถ่ายทอดเทคโนโลยี 74
บทที่ 5. สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 76
บรรณานุกรม 78

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 กรดอะมิโนจำเป็นและประโยชน์ต่อร่างกาย [12] **23**
ตารางที่ 2 ปริมาตรของ stock ของ Gallic acid ที่ใช้ในการทำกราฟมาตรฐาน **35**
ตารางที่ 3 อัตราส่วนของ sodium bicarbonate ต่อปริมาณโปรตีนและลักษณะของนมที่ได้ **46**
ตารางที่ 4 เชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ เปรียบเทียบระหว่างถั่วดาวอินคาดิบและนมถั่วดาวอินคา **58**
ตารางที่ 5 ข้อมูลทั่วไปของผู้ทดสอบ **59**
ตารางที่ 6 ความถี่ในการซื้อผลิตภัณฑ์นมถั่ว **60**
ตารางที่ 7 ความถี่ของสถานที่ที่ซื้อนมถั่วของผู้ทดสอบ **61**
ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนของคะแนนความชอบของนมอัลมอนและนมดาวอินคา **63**
ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนของคะแนนความชอบของนมดาวอินคาทั้ง 3 รสชาติ **63**
ตารางที่ 10 เปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการระหว่างนมถั่วดาวอินคาและนมกากถั่วดาวอินคา **73**

สารบัญภาพประกอบ

รูปที่ 1.1 จุดมุ่งหมายของนวัตกรรมเพื่ออาหารแนวใหม่ **11**
รูปที่ 2.1 ตัวอย่างถั่วดาวอินคาและกากถั่วดาวอินคาจากไร่ครูเจ็ท..... **23**
รูปที่ 3.1 ทีมผู้วิจัยและผู้ประกอบการเดินทางไปสำรวจพื้นที่เยี่ยมชมกระบวนการผลิต..... **28**
รูปที่ 3.2 การแช่ถั่วก่อนไปผลิตเป็นน้ำนม กากถั่วดาวอินคา ถั่วเหลือง และถั่วดาวอินคา..... **28**
รูปที่ 3.3 ดาวอินคาด้วยสารละลาย Na_2CO_3 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน..... **29**
รูปที่ 3.4 การเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ด้วยเทคนิค SEM ด้วยการเคลือบทอง..... **37**
รูปที่ 3.5 เครื่อง spray dry ที่ใช้สำหรับการทำนมให้เป็นผง..... **38**
รูปที่ 4.1 ไร่ถั่วดาวอินคา และฝักของถัวดาวอินคาโดยภายในต้นเดียวกันจะมีถั่วแบบที่พร้อมเก็บเกี่ยวและแบบที่ยังดิบมีลักษณะเป็นสีเขียว ทำให้เกษตรกรสามารถทยอยเก็บเกี่ยวผลผลิตได้..... **41**
รูปที่ 4.2 ตัวอย่างของสินค้าของไร่ครูเจ็ทดาวอินคา..... **42**
รูปที่ 4.3 เครื่องกระเทาะเปลือกดาวอินคา..... **43**
รูปที่ 4.4 เปลือกถั่วดาวอินคาที่ถูกกระเทาะเมล็ดออก..... **43**
รูปที่ 4.5 เครื่องบีบสกัดน้ำมันถั่วดาวอินคา..... **44**
รูปที่ 4.6 น้ำมันที่ได้เครื่องบีบสกัดน้ำมันถั่วดาวอินคา..... **44**
รูปที่ 4.7 ถั่วดาวอินคาที่นำไปวิจัยและพัฒนา..... **44**
รูปที่ 4.8 น้ำนมที่ได้จาก ถั่วเหลือง ถั่วดาวอินคาทอด และกากถั่วดาวอินคา (ซ้ายไปขวา)..... **45**
รูปที่ 4.9 ปัญหาการตกตะกอนของนมถั่วดาวอินคาจากการแช่ Na_2CO_3 0.5, 1 ไม่เติมสารเคมีและ 4% w/w ตามลำดับ..... **46**
รูปที่ 4.10 นมถั่วดาวอินคาที่เติมสารเคมี (ซ้าย) และนมถั่วดาวอินคาปราศจากสารเคมี (ขวา)..... **46**
รูปที่ 4.11 ปริมาณโปรตีนเปรียบเทียบระหว่างถั่วดาวอินคาดิบ ถั่วดาวอินคาและกากถั่วดาวอินคา **47**
รูปที่ 4.12 ปริมาณโปรตีนในถั่วดาวอินคาเปรียบเทียบระหว่างถั่วและนมจากถั่วเหลือง..... **47**
รูปที่ 4.13 ปริมาณโปรตีนที่แตกต่างกันจากอัตราส่วนถั่ว:น้ำ **(ซ้าย)** และปริมาณโปรตีนในนมจากถั่วดาวอินคาดิบ เปรียบเทียบกับถั่วดาวอินคาอบและกากถั่วดาวอินคาหลังจากที่มีการบีบน้ำมัน..... **48**
รูปที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในถั่วดาวอินคาที่อบด้วยอุณหภูมิที่แตกต่างกัน 10 นาที **48**
รูปที่ 4.15 ปริมาณโปรตีนในนมถั่วดาวอินคาที่ผลิตด้วยวิธีที่ปราศจากการเติมสารเคมี ทำการเปรียบเทียบปริมาณโปรตีนกับนมที่ผลิตจากกากถั่วดาวอินคา และผงโปรตีนถั่วดาวอินคาที่ได้จากการนำนมถั่วดาวอินคาไปทำให้เป็นผง..... **49**
รูปที่ 4.16 ลักษณะของถั่วดาวอินคาอบและถั่วดาวอินคาอบบดเมื่อเปรียบเทียบกับผงโปรตีนดาวอินคา (ซ้าย) การละลายน้ำของถั่วดาวอินคาบดซึ่งไม่สามารถดละลายน้ำได้เปรียบเทียบกับผงโปรตีนถั่วดาวอินคาซึ่งละลายน้ำได้เป็นอย่างดี (ขวา)..... **49**

รูปที่ 4.17 % proximate ของถั่วดาวอินคาอบ นมถั่วดาวอินคา นมกากถั่วดาวอินคา และผงโปรตีนดาวอินคา **50**
รูปที่ 4.18 ผลการวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของกรดไขมันอิ่มตัวที่พบในถั่วดาวอินคาอบ **51**
รูปที่ 4.19 ผลการวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวที่พบในถั่วดาวอินคาอบ **51**
รูปที่ 4.20 กราฟแสดงปริมาณของกรดอะมิโนแอซิดแต่ละชนิดของถั่วดาวอินคา **52**
รูปที่ 4.21 ผลการกระจายตัวของแร่ธาตุในถั่วดาวอินคาอบด้วยเทคนิค EDS..... **53**
รูปที่ 4.22 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุที่มีประโยชน์ในถั่วดาวอินคาอบโดยเทคนิค EDS..... **53**
รูปที่ 4.23 ปริมาณแร่ธาตุที่ตรวจพบในถั่วดาวอินคาอบโดยเทคนิค ICP..... **54**
รูปที่ 4.24 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของถั่วดาวอินคาเปรียบกันระหว่างถั่วดิบและถั่วอบ **54**
รูปที่ 4.25 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักที่เป็นพิษในถั่วดาวอินคาอบโดยเทคนิค EDS..... **55**
รูปที่ 4.26 ลักษณะโครงสร้างของ 1) ถั่วดาวอินคาอบ 2) ถั่วดาวอินคาดิบ 3) กากถั่วดาวอินคาและ 4) ผงโปรตีนดาวอินคาที่กำลังขยาย 100 เท่า (ซ้าย) และ 400 เท่า (ขวา) **56**
รูปที่ 4.27 เปรียบเทียบลักษณะของถั่วอบ ถั่วอบบดและผงโปรตีนดาวอินคา..... **57**
รูปที่ 4.28 การทดสอบการละลายของผงโปรตีนดาวอินคาในน้ำเย็น..... **57**
รูปที่ 4.29 ลักษณะของผงโปรตีนถั่วดาวอินคาเมื่อส่องด้วยกล้อง microscope ที่กำลังขยาย **500** เท่าพบว่ามีลักษณะเป็นทรงกลมมีขนาดที่สม่ำเสมอกัน **58**
รูปที่ 4.30 ความถี่ในการซื้อของผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองจากยี่ห้อต่างๆ ของผู้เข้าร่วมทดสอบ..... **61**
รูปที่ 4.31 เหตุผลที่ซื้อนมถั่วเหลืองของผู้เข้าทดสอบ **61**
รูปที่ 4.32 ลักษณะของนมถั่วดาวอินคาที่ใช้ในการทดสอบ **62**
รูปที่ 4.33 ภาพระหว่างการทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อนมถั่วดาวอินคา..... **62**
รูปที่ 4.34 การทดสอบ Just-about-like..... **64**
รูปที่ 4.35 ความรู้เกี่ยวกับดาวอินคาที่ให้แก่ผู้เข้าร่วมทดสอบ **65**
รูปที่ 4.36 การตัดสินใจซื้อหรือไม่ซื้อของผู้เข้าร่วมทดสอบ **66**
รูปที่ 4.37 ราคาของนมถั่วดาวอินคาที่ผู้เข้าทดสอบคิดว่าเหมาะสม..... **66**
รูปที่ 4.38 ฉลากผลิตภัณฑ์นมถั่วดาวอินคา 3 รสชาติ ประกอบด้วยรสต้นตำหรับ รสโกโก้ และรสชาเขียวมัทชะ **68**
รูปที่ 4.39 ผลิตภัณฑ์นมถั่วดาวอินคาประกอบด้วยรสต้นตำหรับ รสโกโก้ และรสชาเขียวมัทชะ **68**
รูปที่ 4.40 คุณค่าทางโภชนาการของนมถั่วดาวอินคา..... **69**
รูปที่ 4.41 ฉลากข้อมูลทางโภชนาการของนมถั่วดาวอินคา..... **70**
รูปที่ 4.42 คุณค่าทางโภชนาการของนมกากถั่วดาวอินคา..... **71**
รูปที่ 4.43 ฉลากข้อมูลทางโภชนาการของนมกากถั่วดาวอินคา..... **72**
รูปที่ 4.44 นมถั่วดาวอินคา เจ้าแรกในประเทศไทย ผลงานจากคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ... **75**

บทที่ 1. บทนำ

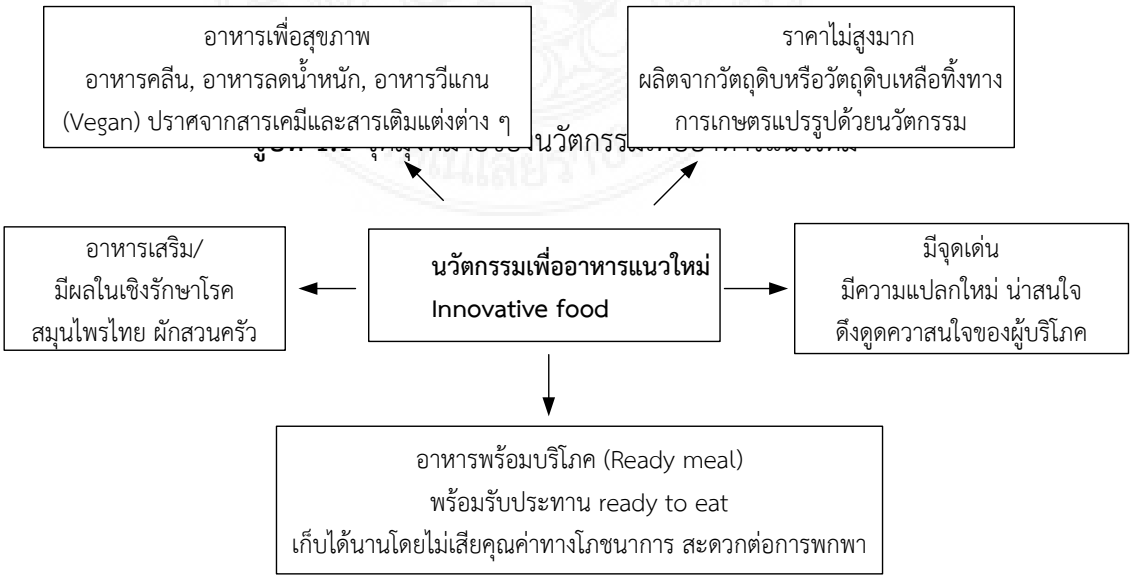
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ประเทศไทยได้รับการยอมรับในเรื่องของการส่งออกอาหารไทยสู่ตลาดโลกเป็นเวลาอันยาวนาน อันเป็นข้อบ่งชี้ว่าอุตสาหกรรมอาหารของไทยมีแนวโน้มและทิศทางที่ดีในการแข่งขันกับนานาประเทศ โดยเฉพาะเมื่อทั่วโลกขับเคลื่อนเข้าสู่ยุคอุตสาหกรรม 4.0 เป็นยุคที่เน้นให้ผู้ประกอบการสามารถส่งสินค้าตรงสู่ผู้บริโภค จึงเป็นยุคของผู้ประกอบการอาหารขนาดเล็ก โดยการแข่งขันในยุคอุตสาหกรรมอาหาร 4.0 นี้ อย่างไรก็ตามในการแข่งขันในอุตสาหกรรมอาหารยุค 4.0 ผู้ประกอบการจะต้องมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยการสร้างมูลค่าเพิ่มของสินค้า (Value added) แก่ตัวผลิตภัณฑ์ผ่านหัวใจหลัก 3 ประการคือ

1. เพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต (Productivity) โดยการพัฒนาและเพิ่มกำลังการผลิตให้มากขึ้น

2. พัฒนาด้านความปลอดภัย (Safety) อันเป็นหัวใจหลักสำคัญนอกจากเพิ่มคุณค่าทางอาหารแล้วความปลอดภัยสำหรับผู้บริโภคก็เป็นปัจจัยที่สำคัญดังนั้นจึงต้องมีการควบคุมมาตรฐานและความปลอดภัยในทุกขั้นตอนการผลิต

3. ผลิตอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ (Healthy & Wellness) เพื่อเพิ่มขีดจำกัดและพัฒนาศักยภาพของผลิตภัณฑ์อาหารระดับโลก และจะต้องมีการสร้างจุดเด่นให้แก่สินค้า เพิ่มความแปลกใหม่ดึงดูดใจผู้บริโภค ทำให้ในปัจจุบันอาหารเพื่อสุขภาพ (Healthy & Functional Food) เป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่ได้รับความสนใจสูง โดยเฉพาะการพัฒนาอาหารสุขภาพเพื่อตอบโจทย์สังคมสูงวัย (Aging Society) เพราะไม่เพียงแต่ประเทศไทยเท่านั้น แต่ทั่วโลกกำลังเข้าสู่สังคมสูงวัยในอีกไม่กี่ปีข้างหน้านี้



จากรูปที่ 1.1 จะเห็นได้อย่างชัดเจนถึงทิศทางของอาหารแนวใหม่ที่ไม่หยุดอยู่เพียงรสชาติ แต่เน้นไปที่คุณภาพมากขึ้น จากยุทธศาสตร์การสร้างกำลังคนและงานวิจัยตอบสนองต่อนโยบายอุตสาหกรรม 4.0 จะเน้นมุ่งสู่การสร้างนวัตกรรมด้านการเกษตรและอาหารเพื่อสุขภาพอย่างยั่งยืน การวิจัยจึงต้องเป็นการวิจัยแบบบูรณาการในหลายสาขาและครอบคลุมทั้งสายโซ่อาหาร และนำไปสู่การใช้ประโยชน์ ปัญหาใหญ่ที่พบในขณะนี้ คือ การสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ จากพืชผลทางการเกษตร และองค์ความรู้ใหม่โดยควรดำเนินการดังนี้

1. สนับสนุนการวิจัยพื้นฐานด้านอาหารและเกษตร รวมถึงมีผลงานตีพิมพ์ในระดับนานาชาติให้มากขึ้น

2. สนับสนุนสตาร์ทอัพ (start-up) เพื่อผลักดันงานวิจัยสู่อุตสาหกรรม ตลอดจนให้ความสนใจปัญหาของเอสเอ็มอี (SME) และผลักดันการสร้างนวัตกรรมในอุตสาหกรรมดังกล่าว

3. เส้นทางที่จะหลุดพ้นกับดักประเทศรายได้ปานกลางได้นั้นจำเป็นต้องมีการพัฒนาบุคลากรที่หลากหลาย

ที่มาของปัญหา

จากที่ได้กล่าวไปแล้วในขั้นต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมอาหารในอนาคต นอกจากนี้อีกไม่กี่ปีประเทศไทยจะเข้าสู่สังคมผู้สูงวัย ซึ่งไม่เพียงแต่ผู้สูงวัยเท่านั้นแต่ในหลายๆ วัย เช่น วัยรุ่น และวัยทำงานได้หันมาใส่ใจคุณภาพกันมากขึ้น แนวโน้มอาหารเพื่อสุขภาพจึงกำลังได้รับความนิยมอย่างสูง ดังนั้นนวัตกรรมทางอาหารจึงเป็นอีกแนวโน้มที่ดีและเป็นแนวทางและโอกาสในทางธุรกิจ แต่นอกจากอาหารที่ดีที่ต่อสุขภาพแล้ว รสชาติก็ยังเป็นสิ่งที่สำคัญ เมล็ดถั่วดาวอินคาและผลิตภัณฑ์จากถั่วดาวอินคาสามารถตอบโจทย์เกี่ยวกับนวัตกรรมทางอาหารแนวใหม่ได้ทั้งหมดเนื่องจากทุกส่วนของต้นดาวอินคามีประโยชน์ต่อสุขภาพ จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าดาวอินคามีคุณค่าทางอาหารสูง เป็นแหล่งของกรดไขมันไม่อิ่มตัว (polyunsaturated fatty acid) โดยเฉพาะไลโนเลอิก (linoleic) และกรดไขมันที่จำเป็นอื่น ๆ ซึ่งเป็นสารที่มีส่วนสำคัญในการสังเคราะห์สารสำคัญในร่างกายมนุษย์ เช่น prostaglandin E1 และอนุพันธ์ของวิตามินอี โทโคฟีรอล ไฟโตสเตอรอล และฟลาโวนอยด์ ทำให้การบริโภคดาวอินคาช่วยลดความเสี่ยงต่อโรคหัวใจและโรคมะเร็ง สารประกอบฟินอลิก แคโรทีน และสารต้านอนุมูลอิสระ ทำให้ชะลอการแก่ก่อนวัยอันควร นอกจากนี้เมล็ดถั่วดาวอินคายังเป็นแหล่งของน้ำมัน (35-60%) และโปรตีน (27%) ในปริมาณสูง โดยเฉพาะโปรตีนชนิดอัลบูมิน (albumin) ที่ละลายน้ำได้ โดยพบว่าเป็น 1 ใน 3 ของโปรตีนทั้งหมด กรดอะมิโนชนิดซิสเตอีน (Cysteine) ไทโรซีน (Tyrosine) ทรีโอนิน (Threonine) และทริปโตเฟน (Tryptophan) โอเมก้า 3 (Omega-3) โอเมก้า 6 (Omega-6) และโอเมก้า 9 (Omega-9) ดังนั้นถั่วดาวอินคาจึงถือได้ว่าเป็นสุดยอดอาหารหรือ superfood อย่างแท้จริง ถ้านำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจะสามารถตอบโจทย์เกี่ยวกับเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพได้ ทิศทางอุตสาหกรรมเครื่องดื่มทั่วโลกต่างมุ่งไปสู่ ‘World Mega Trend’ นั่นคือ การพัฒนาสินค้าตอบโจทย์สุขภาพเพื่อให้เป็นมากกว่าผลิตภัณฑ์พร้อมดื่ม โดยเฉพาะเครื่องดื่ม

โปรตีนสูง จากแนวโน้มการดูแลสุขภาพและออกกำลังกายที่กำลังเติบโต ทำให้ตลาดเครื่องดื่มนมโปรตีนสูงมีการเติบโตค่อนข้างสูงและมีแนวโน้มสูงขึ้น และเพื่อตอบโจทย์ Healthy Lifestyle สำหรับผลิตภัณฑ์นมโปรตีนสูงที่กำลังเป็นที่นิยมในหมู่คนออกกำลังกายขณะนี้มักจะอยู่ในรูปแบบของเวย์โปรตีน (Whey Protein) ซึ่งเป็นโปรตีนแบบผงที่สกัดจากนมวัว อย่างไรก็ตามยังพบข้อเสียจากการบริโภคเวย์โปรตีน เช่น โรคที่ร่างกายแพ้ต่อโปรตีนในนมวัว ทำให้คนที่แพ้นมวัวไม่สามารถบริโภคได้ ปริมาณไขมันและคลอเรสเตอรอลที่สูง ทำให้ในปัจจุบันแหล่งโปรตีนที่เป็น Lean & Clean กำลังเป็นที่สนใจ เนื่องจากสามารถเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้บริโภคที่แพ้นมวัว แต่สามารถดื่มนมถั่วดาวอินคาทดแทนกันได้ ปัจจุบันบริษัทในไทยมีพัฒนาผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรซ์โปรตีนสูง เพื่อเจาะกลุ่มคนออกกำลังกายที่สกัดจากถั่วเช่น ถั่วเหลือง ถั่วพีสีเหลือง ส่งผลให้การแข่งขันเครื่องดื่มกลุ่มโปรตีนสูงเริ่มมีการแข่งขันกันสูงขึ้น และแม้มูลค่าตลาดในขณะนี้ยังน้อยอยู่ เนื่องจากเป็นช่วงเริ่มต้น แต่มีแนวโน้มและศักยภาพการเติบโตสูง จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ที่จะผลิตเครื่องดื่มนมที่มีโปรตีนสูงจากแหล่งโปรตีนที่ Lean & Clean จากวัตถุดิบที่ปลูกได้ในประเทศไทย ลดการนำเข้าและได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าที่ดีมากกว่าถั่วเหลืองในด้านของสุขภาพ ทดแทนเวย์โปรตีน ปราศจากกลูเตน เหมาะสำหรับคนที่แพ้นมจากสัตว์ และคนที่รับประทานมังสวิรัต

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตเครื่องดื่มไฮโปรตีนสกัดจากถั่วดาวอินคาที่ปราศจากการเติมสารเคมี

2. เพื่อวิเคราะห์คุณภาพของเครื่องดื่มโปรตีนสูงสกัดจากถั่วดาวอินคาด้านฤทธิ์ที่ดีต่อสุขภาพ ได้แก่ ปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน กรดอะมิโนต่างๆ สารออกฤทธิ์ต่างๆ เช่น สารต้านอนุมูลอิสระ, เส้นใยอาหาร, วิตามินต่างๆ, เกลือแร่ หลังจากกระบวนการสกัดเป็นเครื่องดื่มโปรตีนสูง

3. เพื่อผลิตและพัฒนาคุณภาพของเครื่องดื่มโปรตีนสูงสกัดจากถั่วดาวอินคาให้มีคุณค่าทางโภชนาการและดีต่อสุขภาพเหมาะกับทุกเพศ ทุกวัย และมีต้นทุนการผลิตที่ราคาต่ำ

4. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มโปรตีนสูงสกัดจากถั่วดาวอินคา ให้ดึงดูดใจผู้บริโภคมากขึ้น โดยชูประเด็นเพื่อสุขภาพ บรรจุภัณฑ์ที่สวยงาม พร้อมสรรพคุณต่างๆ โดยอ้างอิงจากงานวิจัยจริง สร้างความน่าเชื่อถือ และพัฒนาคุณภาพความปลอดภัยผ่านหลักเกณฑ์ของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา

5. เพื่อเพิ่มมูลค่าทางการเกษตรของเมล็ดถั่วดาวอินคา และพัฒนาไปเป็นผลิตภัณฑ์ในเชิงพาณิชย์อย่างยั่งยืน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. **ระยะเวลาการวิจัย** 1 ปี (30 ตุลาคม 2560-30 ตุลาคม 2561)

2. **ขอบเขตพื้นที่ สถานที่รวบรวมข้อมูล**

- ตัวอย่างเมล็ดถั่วดาวอินคาเก็บจาก ไร่ครูเจ็ท ดาวอินคา ต.ท่าศาลา อ.เมือง จ.เชียงใหม่

- การผลิตเครื่องดื่มโปรตีนสูงสกัดจากถั่วดาวอินคาผลิตที่คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

- การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระทำการวิเคราะห์ที่คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

- การวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณโปรตีน ไขมัน เส้นใย แป้ง วิตามินชนิดต่างๆ หลังจากผลิตเป็นเครื่องดื่มโปรตีนสูงการทำการวิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ ได้แก่ คุณสมบัติทางเคมี ทางกายภาพ และทางจุลชีววิทยาที่หน่วยเครื่องมือกลางคณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยมหิดล บริษัทห้องปฏิบัติการกลาง สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร (ifrpd) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาและพัฒนากระบวนการผลิตเครื่องดื่มโปรตีนสูงสกัดจากถั่วดาวอินคา

2. วิเคราะห์องค์ประกอบของเครื่องดื่มโปรตีนสูงสกัดจากถั่วดาวอินคา ได้แก่ ปริมาณของโปรตีน ไขมัน วิตามิน เกลือแร่ และสารออกฤทธิ์ต่างๆ ที่ดีต่อสุขภาพ

3. ทดสอบสมบัติต่างๆ ที่บ่งบอกถึงคุณภาพของเครื่องดื่มโปรตีนสูงสกัดจากถั่วดาวอินคา รวมทั้งเปรียบเทียบคุณสมบัติของเครื่องดื่มโปรตีนสูงกับผลิตภัณฑ์ยี่ห้ออื่นๆ

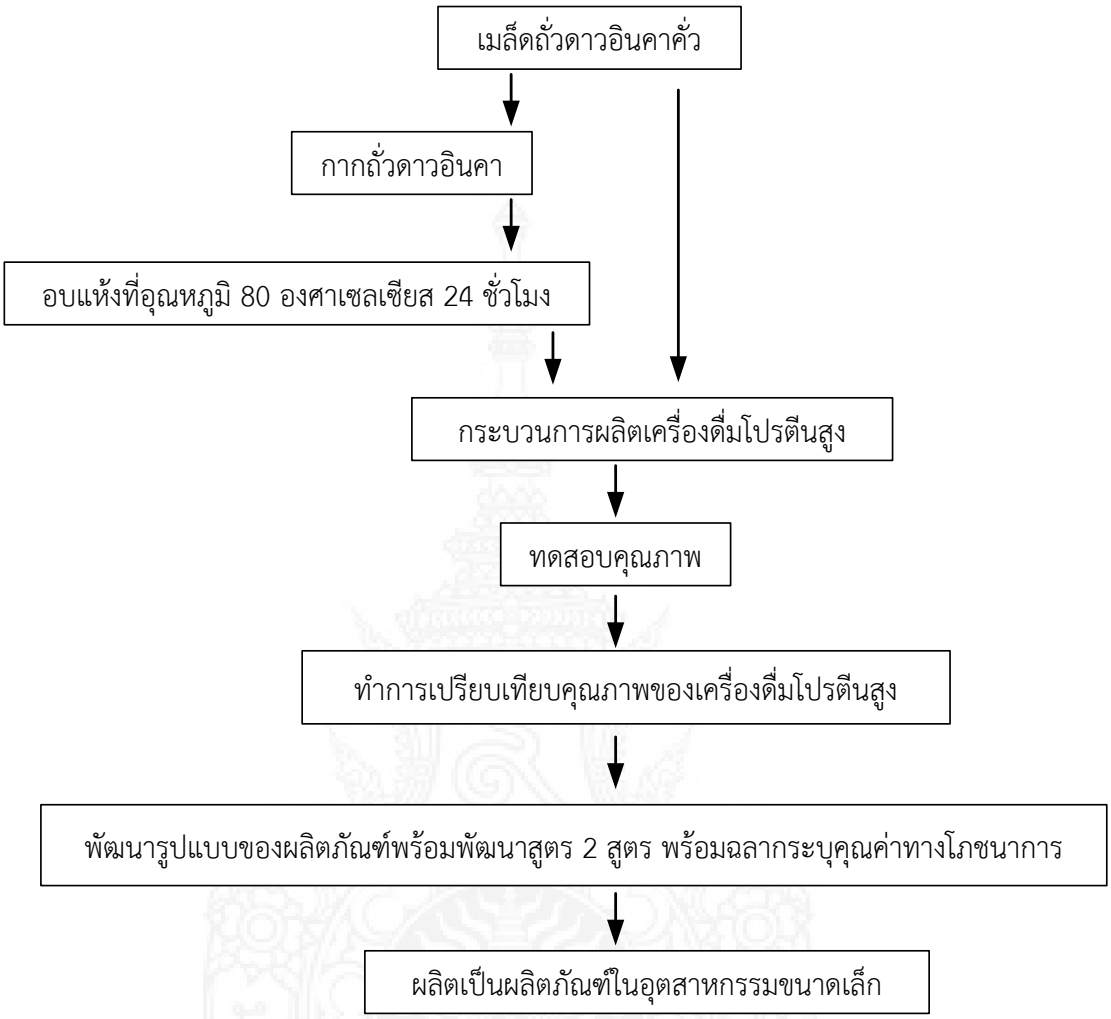
4. ผลิตและพัฒนาผลิตภัณฑ์จากเครื่องดื่มโปรตีนสูงสกัดจากถั่วดาวอินคาให้มีความดึงดูดใจต่อผู้บริโภค โดยเน้นในเรื่องคุณค่าทางโภชนาการ มีฉลากโภชนาการ บรรจุภัณฑ์มีมาตรฐานเก็บได้นาน เป็นต้น

5. ศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อเครื่องดื่มโปรตีนสูงสกัดจากถั่วดาวอินคา

6. ขยายและพัฒนาการผลิต ในระดับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก และการลดต้นทุนการผลิต เช่น ศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตจากกากถั่วดาวอินคาแทนเมล็ดถั่วดาวอินคาคั่ว

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

1.4.1 แผนผังวิธีการทดลองโดยสรุป



1.4.2 การตรวจสอบคุณภาพทางเคมี

1. ปริมาณโปรตีน (Protein content)

1.1 วิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนทั้งหมดด้วยเทคนิค In-house method based on AOAC (2016)

1.2 วิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนด้วยเทคนิค In-house method based on Journal of Food science (2000). 65(7): 1130-1133

2. ปริมาณไขมัน (Fat content)

2.1 วิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมันทั้งหมดด้วยวิธี In-house method based on AOAC (2016) 2003.05

2.2 วิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของกรดไขมันด้วยวิธี In-house method based on Compendium of Methods for Food analysis. Thailand. 1st Edition. 2003

2.3 วิเคราะห์หาปริมาณไขมันทรานส์ทั้งหมดด้วยวิธี In-house method based on Compendium of Methods for Food Analysis. Thailand. 1st Edition. 2003

2.4 วิเคราะห์หาปริมาณคลอเรสเตอรอลด้วยวิธี In-house method based on AOAC (2016) 994.10

3. ปริมาณเส้นใย Dietary Fiber

3.1 Total Dietary Fiber ด้วยวิธีของ In-house method based on AOAC (2016) 985.29

3.2 Soluble Dietary Fiber ด้วยวิธีของ In-house method based on AOAC (2016) 985.29

3.3 Insoluble Dietary Fiber ด้วยวิธีของ AOAC In-house method based on AOAC (2016) 985.29

4. ปริมาณน้ำตาลกลูโคส (Glucose content)

4.1 วิเคราะห์ปริมาณกลูโคสด้วยเทคนิค HPLC (ELSD)

5. ปริมาณเถ้า

5.1 วิเคราะห์หาปริมาณเถ้าด้วยวิธี In-house method based on AOAC (2016) 938.08

6. ปริมาณคาร์โบไฮเดรต

6.1 วิเคราะห์หาปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดด้วยวิธี Compendium of Methods for Food Analysis.

7. ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant capacity)

7.1 วิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยรวมด้วยเทคนิค DPPH

7.2 วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟินอลิกด้วยเทคนิค Folin ciocalteu

7.3 หาปริมาณวิตามินอีด้วยเทคนิค In-house method based on BS EN 12823-1 (2000)

8. ปริมาณความชื้น (Moisture content)

8.1 วิเคราะห์ปริมาณความชื้นด้วยวิธี In-house method based on AOAC (2016) 925.45

9. ปริมาณยีสต์และเชื้อรา

1.4.3 พัฒนาสูตรเครื่องดื่มโปรตีนสูงสกัดจากถั่วดาวอินคาในระดับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

1. มีคุณค่าทางอาหารโดยมีปริมาณโปรตีนสูง
2. รสชาติถูกใจผู้บริโภค

3. มีต้นทุนในการผลิตต่ำ
4. ได้มาตรฐานผ่านเกณฑ์ขององค์การอาหารและยา

1.4.4 พัฒนาสูตรและทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภค

1.4.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์และสถิติที่ใช้

ทำการทดลอง 3 ซ้ำและหาค่าเฉลี่ย สำหรับการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค เปรียบเทียบความแตกตางของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี T-Test

1.5 สมมุติฐานงานวิจัย

เมล็ดถั่วดาวอินคามีคุณค่าทางโภชนาการมากมาย มีปริมาณของโปรตีนสูงและมีปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็น มีไขมันดี เกลือแร่ แคลเซียมและสารต้านอนุมูลอิสระ จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาพัฒนาและผลิตเป็นเครื่องดื่มนมโปรตีนสูงและพัฒนาเป็นเครื่องดื่มในระดับอุตสาหกรรม ซึ่งจะทำให้ได้อาหารที่มีคุณค่ามากขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าทางการเกษตรอีกด้วย

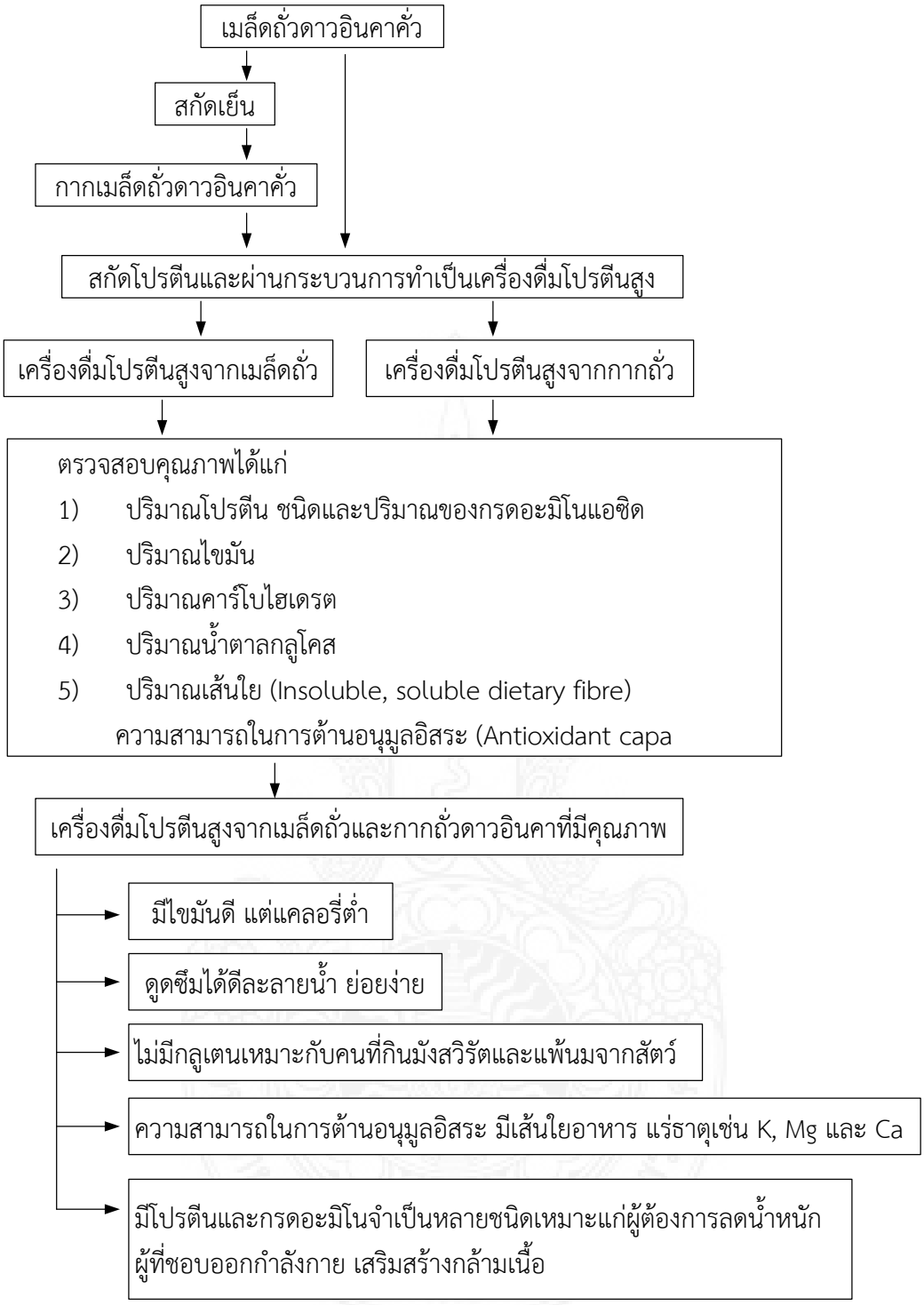
เมล็ดดาวอินคาเมื่อนำมาสกัดน้ำมันออกไปแล้ว แป้งที่เหลือจะยังเหลือสารอาหารโดยเฉพาะโปรตีนอยู่จำนวนมาก น่าจะสามารถนำไปทำเป็นเครื่องดื่มนมโปรตีนสูงได้ดีเทียบเท่าหรือมากกว่าถั่วชนิดอื่น ๆ ที่มีการนำมาผลิตทางการค้าแล้ว

1.6 กรอบแนวความคิดในการวิจัย

ตัวแปรที่สอดคล้องกับกรอบความคิดการวิจัย

ตัวแปรต้น วิธีและวัตถุดิบในการผลิตเครื่องดื่มโปรตีนสูงสกัดจากถั่วดาวอินคา

ตัวแปรตาม คุณภาพของเครื่องดื่มโปรตีนสูงสกัดจากถั่วดาวอินคา ได้แก่ ปริมาณโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรตวิตามินอื่นๆ และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ


เมล็ดถั่วดาวอินคาคั่ว
สกัดเย็น
กากเมล็ดถั่วดาวอินคาคั่ว
สกัดโปรตีนและผ่านกระบวนการทำเป็นเครื่องดื่มโปรตีนสูง
เครื่องดื่มโปรตีนสูงจากเมล็ดถั่ว
เครื่องดื่มโปรตีนสูงจากกากถั่ว
ตรวจสอบคุณภาพได้แก่
1) ปริมาณโปรตีน ชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนแอซิด
2) ปริมาณไขมัน
3) ปริมาณคาร์โบไฮเดรต
4) ปริมาณน้ำตาลกลูโคส
5) ปริมาณเส้นใย (Insoluble, soluble dietary fibre)
ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant capa
เครื่องดื่มโปรตีนสูงจากเมล็ดถั่วและกากถั่วดาวอินคาที่มีคุณภาพ
มีไขมันดี แต่แคลอรี่ต่ำ
ดูดซึมได้ดีละลายน้ำ ย่อยง่าย
ไม่มีกลูเตนเหมาะกับคนที่กินมังสวิรัตและแพ้นมจากสัตว์
ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ มีเส้นใยอาหาร แร่ธาตุเช่น K, Mg และ Ca
มีโปรตีนและกรดอะมิโนจำเป็นหลายชนิดเหมาะแก่ผู้ต้องการลดน้ำหนัก
ผู้ที่ชอบออกกำลังกาย เสริมสร้างกล้ามเนื้อ

คำสำคัญของการวิจัย

ภาษาไทย ถั่วดาวอินคา, นวัตกรรมทางอาหาร, เครื่องดื่มนมโปรตีนสูง, สุดยอดอาหาร

ภาษาอังกฤษ Sacha Inchi, innovative food, high-protein milk, superfood

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ด้านวิชาการ

1.1. องค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับการผลิตเครื่องดื่มโปรตีนสูงสกัดจากถั่วดาวอินคาที่ยังไม่เคยมีการผลิตในทางการค้ามาก่อนและการปรับปรุงคุณภาพของเครื่องดื่มโปรตีนสูงสกัดจากถั่วดาวอินคา

1.2. องค์ความรู้ และนวัตกรรมทางอาหารแบบใหม่ที่สามารถพัฒนาต่อยอดและนำไปใช้ได้จริงโดยมีภาคเอกชนรองรับ

1.3. เป็นการพัฒนานักวิจัยทิ้งหิ้ง เนื่องจากสามารถนำไปใช้ได้จริง ไม่เพียงแค่ผลงานตีพิมพ์เท่านั้น

2. ความสอดคล้องกับนโยบายรัฐบาล

สอดคล้องกับนโยบายรัฐบาล ด้านการบริหารจัดการองค์ความรู้หรือเทคโนโลยีจากงานวิจัยที่เสร็จสิ้นร่วมกับชุมชน เพื่อพัฒนาจากผลงานวิจัยไปสู่การใช้ประโยชน์ทั้งในแง่ของการวิจัยต่อยอดและการประยุกต์ใช้กับกลุ่มเป้าหมายหรือพื้นที่จริง

3. ด้านเศรษฐกิจ/พาณิชย์ อุตสาหกรรม

ส่งเสริมพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อยอดทางอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดเล็ก และวิสาหกิจชุมชน ส่งเสริมการพัฒนามาตรฐานและขีดความสามารถในการแข่งขันทางอุตสาหกรรมอาหารเพื่อขยายตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศในอนาคต

4. หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

4.1. สามารถนำองค์ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยไปเผยแพร่ให้แก่ผู้ประกอบการที่ทำการปลูกต้นถั่วดาวอินคา นอกจากนี้ยังเป็นกาสร้างเครือข่ายความร่วมมือด้านการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ระหว่างนักวิจัยในมหาวิทยาลัยกับผู้ประกอบการ

4.2. ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมทางอาหารต่างๆ สามารถนำองค์ความรู้จากงานวิจัยไปพัฒนาต่อยอดในเชิงพาณิชย์ได้

บทที่ 2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวของ

2.1 เวย์โปรตีน (Whey Protein)

เวย์โปรตีนคือ โปรตีนที่สกัดได้มาจากนมวัวโดยนำน้ำนมวัวที่คัดแยกจากกระบวนการทำเนยแข็งแล้วทำการสกัดส่วนที่เป็นคาร์โบไฮเดรต ไขมัน ออกให้เหลือส่วนที่เป็นโปรตีนบริสุทธิ์ที่เข้มข้น จากนั้นนำมาผ่านกระบวนการทำให้แห้ง ในรูปแบบผงพร้อมชงดื่ม เวย์โปรตีน ทั่วไปแบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่ [1]

1. เวย์โปรตีนคอนเซนเตรท (Whey Protein Concentrate : WPC) ได้จากการนำเวย์ที่ได้ในขบวนการผลิตขั้นต้น มาผ่านการกรองแบบละเอียด (Ultrafiltration) เพื่อแยกแลกโตสและไขมัน แล้วทำให้แห้ง โปรตีนที่ได้จะมีความเข้มข้นของเวย์โปรตีนปริมาณมากกว่า 29-89% โดยน้ำหนัก ประกอบไปด้วยกรดอะมิโนครบถ้วนทั้ง 20 ชนิด มีกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วนทั้ง 8 ชนิดที่ร่างกายสร้างเองไม่ได้ และที่สำคัญยังมีกรดอะมิโนสายกิ่ง Branched-chain amino acid สูง ซึ่งจะช่วยเพิ่มระดับ Growth Hormone ช่วยเพิ่มการสังเคราะห์โปรตีนและไกลโคเจน เพื่อช่วยเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อ และ WPC ยังมีสารออกฤทธิ์ (Bioactive compound) สูง ช่วยป้องกันการติดเชื้อและเพิ่มภูมิคุ้มกัน ได้อีกด้วย

2. เวย์โปรตีนไอโซเลต (Whey Protein Isolate: WPI) ได้จากการนำ WPC มาผ่านกระบวนการผลิตเพิ่มเติมคือ Ion-exchange (IE) หรือ Cross-flow microfiltration (CFM) เพื่อแยกเอาน้ำตาลแลกโตสและไขมันที่ยังคงมีผสมอยู่บ้างออกไปอีก ทำให้ความเข้มข้นของเวย์โปรตีนสูงขึ้น คือมากกว่า 90% โดยน้ำหนักแห้ง แต่กระบวนการ CFM ซึ่งใช้ตัวกรองที่ทำจากเซรามิก สามารถรักษาโปรตีนชนิดย่อยๆ ที่มีคุณสมบัติพิเศษต่างๆ ไว้ได้ดีกว่า ราคาแพงกว่า WPC

3. เวย์โปรตีนไฮโดรไลซ์ (Hydrolysed Whey Protein : HWP) คือ WPC หรือ WPI ที่ถูกผ่านกระบวนการไฮโดรไลซีส (hydrolyse) ทำให้โมเลกุลของเวย์ โปรตีนที่มีขนาดใหญ่มากถูกย่อยจนอยู่ในรูปของโมเลกุลเล็กๆ ที่เรียกว่าเปปไทด์ (peptides) และบางส่วนจะถูกย่อยลงไปจนถึงขั้นเป็นกรดอะมิโน ทำให้ถูกร่างกายดูดซึมไปใช้ได้ดีกว่าในรูปโมเลกุลใหญ่ๆ และดีกว่ากรดอะมโนอิสระ จึงเชื่อกันว่า HWP เป็นเวย์โปรตีนที่ถูกย่อยและดูดซึมได้เร็วที่สุด นอกจากนี้ HWP ยังมีโอกาสทำให้เกิดการแพ้โปรตีนน้อยลงกว่าเวย์โปรตีน ชนิดอื่นๆ ด้วย จึงมักใช้ในสูตรนมสำหรับทารกหรือในทางการแพทย์เพื่อจุดประสงค์พิเศษต่างๆ ข้อเสียของ HWP คือมีรสชาติที่ขมมาก โดยปกติเวย์โปรตีนที่วางขาย มักมี HWP ผสมอยู่ ไม่เกิน 20% เพราะรสชาติที่ขม เวย์โปรตีนเป็นแหล่งของโปรตีนคุณภาพสูง อุดมด้วย BCAAs (Branched Chain Amino Acids) และกรดอะมิโนครบถ้วนทั้ง 20 ชนิด เป็นโปรตีน ที่ย่อยง่าย ร่างกายสามารถดูดซึมไปใช้สร้างกล้ามเนื้อได้อย่างรวดเร็ว ช่วยเสริมสร้างมัดกล้ามเนื้อให้มีขนาดใหญ่ขึ้นและช่วยซ่อมแซม กล้ามเนื้อที่สูญเสียไปขณะออกกำลังกายอย่างหนักได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในปัจจุบันเวย์โปรตีนหลายๆ ตัวในท้องตลาดมักใช้วิธีใส่สารอาหารอื่นๆ เช่น ไกลซีน (Glycine) ทอลีน

(Taurine) หรือ คลีเอทีน (Creatine) ลงไปเพื่อหลอกเครื่องตรวจปริมาณโปรตีน เรียกว่า Amino Acid Spiking ให้ตรวจพบปริมาณโปรตีนมากกว่าโปรตีนจริงที่ร่างกายจะได้รับ ทำให้ส่งผลเสียต่อสุขภาพของผู้บริโภคได้ [1], [2]

Clean & lean protein จาก Pea Protein

"Clean & Lean Protein" คือ โปรตีนที่มาจากพืช ไม่มีคอเลสเตอรอล จากงานวิจัยได้ผลพิสูจน์แล้วว่า Pea Protein หรือโปรตีนจากถั่วเช่น ถั่วพีสีเหลือง ถั่วเหลือง สามารถสร้างกล้ามเนื้อซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ รวมถึงให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ Pea หรือ ถั่วลันเตา เป็นอาหารที่มีโปรตีนสูง มีโปรตีนหลักๆ ที่เป็นตัวช่วยสร้างกล้ามเนื้อ คือ กรดอะมิโนกรดอะมิโนสายกิ่ง เป็นกลุ่มของกรดอะมิโนที่มีส่วนสำคัญในการสร้างกล้ามเนื้อเป็นอย่างมาก ประกอบไปด้วย วาลีน (valine), ไอโซลิวซีน (isoleucine) และ ลิวซีน (leucine) ผ่านกระบวนการสกัดเพื่อให้ได้โปรตีนคุณภาพจากธรรมชาติ ปราศจากกลูเตน ไม่มีไขมัน ไม่มีคอเลสเตอรอล และให้โปรตีนสูง Pea protein ชนิดผงจะให้โปรตีนสูงถึง 28 กรัมและให้คาร์โบไฮเดรต 1 กรัม [3]

อาหารบำบัดโรคของกรดอะมิโนสายกิ่ง (Branched Chain Amino Acids, BCAA)

Branched Chain Amino Acids ใช้เรียกกรดอะมิโนกลุ่มที่มีโครงสร้างโมเลกุลที่มีหมู่ carbon chain ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่มีส่วนสำคัญในการสร้างกล้ามเนื้อเป็นอย่างมาก [4] ร่างกายของมนุษย์ใช้กรดอะมิโน 20 ชนิด โดยมี 11ชนิดเป็นกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็นและอีก 9 ชนิดเป็นกรดอะมิโนที่จำเป็น ซึ่ง BCAA เป็น 1 ในกรดอะมิโนจำเป็น เนื่องจากร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์ได้เอง ต้องได้รับจากการรับประทานอาหารเข้าไปเท่านั้น เป็นกรดอะมิโนที่ละลายน้ำได้ไม่ดี โดยปริมาณของลิวซีนนั้นมีผลต่อการกระตุ้นการสังเคราะห์โปรตีน เมื่อกระตุ้นการสังเคราะห์โปรตีนจะเป็นการหยุดการสลายโปรตีนเพื่อมาใช้เป็นพลังงานโดยสรุปประโยชน์ของ BCAA ได้แก่

1. ช่วยเสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกันให้แข็งแรงขึ้น

2. ช่วยในการสังเคราะห์โปรตีน (Protein Anabolism) จะเกิดการกระตุ้นการหลั่งฮอร์โมนเพื่อการเจริญเติบโต (Growth Hormone) ซึ่งจะช่วยกระตุ้นให้เกิดการสร้างโปรตีนมากขึ้น

3. ลดการสลายของโปรตีน (Protein Catabolism)

4. เพิ่มพลังงานให้แก่ร่างกาย (Increased Endurance)

5. ฟื้นฟูและลดการอ่อนล้าของกล้ามเนื้อ (Increased Recovery Rate) เนื่องจาก BCAA สามารถช่วยเพิ่มพลังงาน และเป็นสารตั้งต้นของกรดอะมิโนตัวอื่นๆ โดยเฉพาะกลูตามีน (Glutamine) ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่เป็นส่วนประกอบหลักของเซลล์กล้ามเนื้อ ทำให้ลดการอ่อนล้าจากการสูญเสียโปรตีน และช่วยซ่อมแซมเนื้อเยื่อในส่วนที่เกิดการบาดเจ็บจากการออกกำลังกายได้ โดยปกติเนื้อสัตว์ส่วนมากมี BCAA โดยเฉพาะในส่วนของลิวซีนอยู่ค่อนข้างมาก เช่น เนื้อสัตว์ดิบ 100 g (ให้โปรตีนประมาณ 20-25 g) จะมี ลิวซีน ประมาณ 2 g [5]–[7] อย่างที่ได้กล่าวไปแล้วว่ากรดอะมิโนสายกิ่งนั้นนร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นมาเองได้แต่ต้องรับประทานเข้าไปเท่านั้น ทำให้ผู้ที่ไม่บริโภคเนื้อสัตว์ หรือไม่ทานอาหารที่มีโปรตีนมีปัญหาทางด้านสุขภาพได้ ซึ่งจากงานวิจัยพบว่าในถั่ว

ดาวอินคามีปริมาณของลิวซีนสูงมาก เมื่อนำมาผลิตเป็นเครื่องดื่มจึงน่าจะแก้ปัญหาการขาดกรดอะมิโนที่จำเป็นสำหรับผู้ที่ไม่ได้บริโภคเนื้อสัตว์ได้ [8]

เครื่องดื่มโปรตีนสูงจากถั่ว

เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าโปรตีนมีส่วนช่วยซ่อมแซมส่วนที่สึกหร่อของร่างกาย และช่วยในการเจริญเติบโต เพราะเป็นสารอาหารสำคัญที่ช่วยในการเสริมสร้างกล้ามเนื้อ จึงนับว่าเป็นสารอาหารที่จำเป็นมากสำหรับคนที่ชื่นชอบออกกำลังกาย ต้องการฟิตรูปร่างให้กระชับ และคนที่กำลังจะลดน้ำหนัก โปรตีนสามารถช่วยให้ลดน้ำหนักได้ดีขึ้น ช่วยให้อิ่มได้นาน ลดการทาน อาการที่กินพร่ำเพรื่อทีละเล็กทีละน้อย อย่างไรก็ตามโปรตีนจากเนื้อสัตว์ โปรตีนสกัดจากพืชอย่างถั่วลันเตา พืชตระกูลถั่ว ธัญพืชทั้งหลาย เป็นโปรตีนที่มีคุณภาพดีมีกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วน เช่น ไลซีน (Lysine) มีช่วยในการดูดซึมและลดการขับออกของแคลเซียมในร่างกาย จึงช่วยเพิ่มความแข็งแรงของกระดูกและฟันที่และกรดอะมิโนอื่นๆ ที่ช่วยลดอาการเหนื่อยล้าขณะออกกำลังกาย ทำให้ออกกำลังกายได้อย่างมีประสิทธิภาพในระยะเวลาที่ยาวนานขึ้น ในถั่วประกอบด้วยวิตามินบี 1 ซึ่งมีส่วนช่วยในการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อจุดเด่นสำคัญที่สุดผู้บริโภคยังไม่ต้องกังวลเรื่องไขมันและคอเลสเตอรอลเหมือนโปรตีนจากเนื้อสัตว์ เหมาะสำหรับคนที่รับประทานมังสวิรัต หรือคนที่แพ้นมจากสัตว์ ปราศจากกลูเตน และยังมีไขมันดีเหมาะสำหรับคนรักสุขภาพ [1], [9], [10]

การพิจารณาอนุญาตถั่วดาวอินคาเป็นอาหารหรือส่วนประกอบของอาหาร

สิ่งที่ยากที่สุดในการวิจัยเกี่ยวกับนวัตกรรมทางอาหารคืองานวิจัยที่ต้องมีนวตกรรมใหม่ แต่หลายๆ นวัตกรรมเมื่อคิดค้นแล้วกลับไม่ได้ทำออกสู่ท้องตลาด เนื่องจากติดปัญหาการพิจารณาจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา ไม่ว่านวัตกรรมนั้นจะดีเพียงใด แต่ถ้าไม่สามารถผลิตทางการค้าได้นวัตกรรมนั้นก็เปล่าประโยชน์ สำหรับถั่วดาวอินคาจากการศึกษาข้อมูลพบว่าสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาได้พิจารณาอนุญาตเมล็ดถั่วดาวอินคาเป็นอาหารและส่วนประกอบของอาหารแล้ว โดยทำการรับรองน้ำมันที่สกัดจากถั่วดาวอินคา ให้สามารถใช้ประกอบอาหารไม่เกิน 3 กรัม เมล็ดกระเทาะที่ทำให้สุกด้วยความร้อนอย่างน้อย 100 องศาเซลเซียสอย่างน้อย 2 ชั่วโมง สามารถรับประทานเป็นอาหารทั่วไป กากถั่วที่ได้จากการบีบเอาน้ำมันออก และอบไล่ความชื้นที่ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชมและบดเป็นผง สามารถใช้เป็นส่วนของผลิตภัณฑ์อาหารไม่เกิน 1.5 กรัมต่อวัน [11] ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์ของถั่วดาวอินคาที่มีขายออนไลน์ หรือตามท้องตลาดส่วนมากยังไม่ได้รับรองจากสำนักงานอาหารและยา การพัฒนานวัตกรรมทางอาหารเกี่ยวกับถั่วดาวอินคาจึงต้องคำนึงถึงข้อนี้ด้วย

2.2 ถั่วดาวอินคา

ถั่วดาวอินคา Inca (Sacha inchi) เป็นพันธุ์พืชตระกูล Euphorbiaceae สายพันธุ์ Plukenetia สปีชี่ Linneo Volubilis มีชื่อสามัญคือ Sacha inchi, Sacha inchic, Sacha mani, Inca peanut (ถั่วลิสง Inca) ถั่วดาวอินคา (Sacha Inchi) เป็นพืชจากป่าอะเมซอน ประเทศเปรู มีขนาดเล็ก ฝักแก่เต็มที่จะมีสีน้ำตาลเข้มเมื่อ ลักษณะของฝักมจะมี 4-6 แฉก มีเปลือกที่ครอบคลุมเมล็ดใน 3 ชั้น 1 ฝักมีเมล็ด 3-7 เมล็ด เติบโตในสภาพอากาศอุ่น (10°C - 36°C) ถั่วดาวอินคามีอายุถึง 10-50 ปี หลังจากปลูก 7-8 เดือนก็สามารถทำการเก็บเกี่ยวได้ โดยสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตหลายครั้งตลอดทั้งปี ขึ้นอยู่การดูแล แหล่งน้ำและการใส่ปุ๋ย สามารถให้ผลผลิตได้นานมากถึงสิบปี

รูปที่ 2.1 ตัวอย่างถั่วดาวอินคาและกากถั่วดาวอินคาจากไร่ครูเจ็ท

2.3 กรดอะมิโน

เป็นองค์ประกอบสำคัญของโปรตีนแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือกรดอะมิโนจำเป็น (Essential amino acids) มี 8 ชนิด และอีก 1 ชนิดคือฮิสทิดีนจำเป็นในเด็ก ซึ่งร่างกายไม่สามารถสร้างเองได้จึงต้องได้รับจากการรับประทานอาหารเท่านั้น และกรดอะมิโนไม่จำเป็น (Nonessential amino acids) มี 12 ชนิดโดยร่างกายสามารถสร้างขึ้นเองได้ หากได้รับกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วน ร่างกายของเราต้องการกรดอะมิโนจำเป็นทั้ง 8 ชนิด เนื่องจากแต่ละชนิดมีหน้าที่แตกต่างกัน และบางชนิดเมื่อปรากฏด้วยกันกับกรดอะมิโนชนิดอื่นจะยิ่งทำหน้าที่ได้ดีกว่าเดิมเช่น ไอโซลิวซีน (Isoleucine) ลิวซีน (Leucine) วาลีน (Valine) เป็นต้น โดยแต่ละคนมีความต้องการปริมาณของกรดอะมิโนมากน้อยไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับ 1. อายุ 2. ลักษณะการทำงานของร่างกายเช่น การออกกำลังกาย หรือร่างกายได้รับบาดเจ็บก็จะมีความต้องการกรดอะมิโนที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 1 กรดอะมิโนจำเป็นและประโยชน์ต่อร่างกาย [12]

กรดอะมิโนจำเป็น	ประโยชน์
ฮิสทิดีน (histidine)	จำเป็นต่อการเจริญเติบโตในเด็กและช่วยการทำงานของระบบประสาท
ไอโซลิวซีน (Isoleucine)	เสริมสร้างการเจริญเติบโต ช่วยในการทำงานของระบบประสาท
ลิวซีน (Leucine)	กระตุ้นการทำงานสมอง มีส่วนช่วยให้เซลล์ประสาทแข็งแรง
ไลซีน (Lysine)	ซ่อมแซมกล้ามเนื้อที่สึกหรอ เป็นสารตั้งต้นของแอลคาร์นิทีนที่ช่วยเผาผลาญไขมัน และช่วยในการดูดซึมแคลเซียม ป้องกันโรคกระดูกพรุน
เมไธโอนีน (Methionine)	มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ช่วยกำจัดสารพิษ ย่อยสลายไขมัน
ฟีนีลอะลานีน (Phenylalanine)	เพิ่มความตื่นตัว เสริมความจำ บรรเทาอาการซึมเศร้า และลดความอยากอาหาร
ทรีโอนีน (Threonine)	ช่วยเพิ่มภูมิคุ้มกัน ช่วยเผาผลาญไขมัน มีประโยชน์ต่อระบบย่อยอาหาร และการดูดซึมสารอาหารต่าง ๆ ในร่างกาย
กรดอะมิโนจำเป็น	**ประโยชน์**
ทริปโตแฟน (Tryptophan)	ลดความเครียดและภาวะซึมเศร้า ช่วยส่งเสริมการนอนหลับอย่างเป็นธรรมชาติ
วาลีน (Valine)	ช่วยกระตุ้นสมรรถนะของสมองและการประสานงานกันของกล้ามเนื้อ

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับถั่วดาวอินคา

ดาวอินคาถูกนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบจากนักวิจัยหลาย ๆ กลุ่ม โดยเมล็ดถั่วดาวอินคา มีปริมาณของน้ำมันสูงถึง 41.4% และมีปริมาณของโปรตีนที่สูงด้วยเช่นเดียวกันถึง 27% รายงานโดย Gutiérrez LF [13] และทีมงาน นอกจากนี้ในงานวิจัยนี้ยังได้ทำการหาปริมาณแร่ธาตุต่างๆ ด้วย โดยมีผลการวิเคราะห์ดังนี้ potassium 5563.5 ppm, magnesium 3210 ppm and calcium 2406 ppm ต่อมา Fanali C และทีมงาน [14] ได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณของสารประกอบทางเคมีในน้ำมัน ซึ่งพบว่าในน้ำมันที่ได้จากการสกัดเย็นจากเมล็ดของถั่วดาวอินคาประกอบไปด้วยสารที่มีประโยชน์มากมาย ได้แก่ triacylglycerols (TAGs), polyphenols และ tocopherols โดยใช้เทคนิค high-performance liquid chromatography ด้วยตัวตรวจวัด photodiode array (PDA), fluorescence และเทคนิค mass spectrometry นอกจากนี้ปริมาณของ fatty acid methyl esters (FAMEs) ก็ได้ถูกทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค gas chromatography โดยพบว่า 93% ของปริมาณของกรดไขมัน (fatty acids) ทั้งหมดเป็น unsaturated FAMEs โดยมีปริมาณของ linoleic (L), linolenic (Ln) 50 และ 36% ตามลำดับ และมีปริมาณของวิตามินอี (γ-tocopherol) มากกว่า 50%

ปริมาณของสารประกอบฟินอลิกยังถูกวิเคราะห์เพื่อวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดย จากการทดลองพบสารประกอบ polyphenolic ทั้งหมด 15 ชนิด นอกจากนี้ถั่วดาวอินคายังได้รับความนิยมเป็นอย่างสูงในนามของ “แหล่งของ omega-3 (ω3)” บนดิน โดยจากงานวิจัย Maurer NE และทีม [15] สามารถสรุปได้ดังนี้ น้ำมันถั่วดาวอินคามีปริมาณของ omega-3 มากกว่าเมล็ดแฟลกซ์ (flax seed) สองเท่า นอกจากนี้ยังทนต่อความร้อนต่อสภาวะออกซิเดชัน (oxidative instability) ได้สูงถึง 65 ℃ การศึกษาเรื่องปริมาณของ omega-3 tocopherols, phytosterols, phenolic compounds และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในเมล็ดของถั่วดาวอินคายังถูกศึกษาโดย Chirinos R และทีม [16] จากการฤดูการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน 16 ตัวอย่าง โดยจากการทดลองพบว่าตัวอย่างเมล็ดดาวอินคาทั้ง 16 ชนิดมีปริมาณของ linolenic (α-Ln) ที่สูง โดยมีปริมาณของ ω3 สูงถึง 12.8–16.0 g ต่อน้ำหนักตัวอย่าง 100 g ตามด้วยปริมาณของ linoleic (L) fatty acid ω6, 12.4–14.1 g ต่อน้ำหนักตัวอย่าง 100 g นอกจากนี้เมล็ดดาวอินคายังความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่สูงถึง 64.6 - 80 mg gallic acid equivalent ต่อน้ำหนักตัวอย่าง 100 g วิธีการสกัดน้ำมันจากเมล็ดถั่วดาวอินคายังถูกพัฒนาโดย Prado IM do และทีม [17] โดยทั่วไปแล้วเมล็ดถั่วดาวอินคามักจะถูกนำมาสกัดน้ำมันด้วยวิธีสกัดเย็น (cold pressing) แต่วิธีการสกัดเย็นให้ประสิทธิภาพที่ต่ำเพียง 38.4% เมื่อเทียบกับวิธีการสกัดแบบ Soxhlet extraction ซึ่งมีประสิทธิภาพในการสกัดที่มากกว่าที่ 54.3 % อย่างไรก็ตามวิธีการสกัดแบบ Soxhlet extraction นี้ต้องใช้อุณหภูมิที่สูงซึ่งจะทำให้ปริมาณของ polyunsaturated fatty acids (PUFA) ซึ่งเป็นไขมันที่ดีและมีส่วนช่วยในเรื่องของสุขภาพลดลง งานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาเทคนิคการสกัดแบบ supercritical CO_2 หลังจากการสกัดน้ำมันแล้ว กากที่เหลือจะมีลักษณะเป็นแป้งซึ่งโปรตีนที่มีคุณค่าทางสูงอย่างไรก็ตามยังไม่มีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติต่าง ๆ ของแป้งจากเมล็ดดาวอินคาหลังจากที่มีการสกัดน้ำมันออกไปแล้ว มีเพียงงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษาหาปริมาณของ fatty acid, tocopherols คุณค่าทางโภชนาการของแป้งที่ได้จากเมล็ดและเปลือกของถั่วดาวอินคา [18] โดยจากการทดลองพบว่าเมล็ดมีปริมาณของน้ำมันที่สูงกว่าเปลือก คือ 48.5% และ 1.2% ตามลำดับ อย่างไรก็ตามพบว่าทั้งสองส่วนมีปริมาณของไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acids) ที่ต่ำ และมีปริมาณของ omega-3 438.7 mg/g ส่วนเปลือกมีปริมาณสูงถึง 329.4 mg/g ซึ่งยังไม่เคยมีการรายงานมาก่อน นอกจากนี้ในเมล็ดยังมีปริมาณของวิตามินอีที่สูงกว่าเปลือก 5 เท่า นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ทำในประเทศไทยเกี่ยวกับผลการรับประทานน้ำมันดาวอินคามีผลให้ความสามารถด้านความสนใจดีขึ้น อย่างมีนัยสำคัญ คะแนนเฉลี่ยความผิดพลาดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ การใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ ด้านความสนใจไม่พบความแตกต่างของก่อนและหลังรับประทานน้ำมันดาวอินคาแต่มีแนวโน้มของการใช้เวลาที่ลดลง ผลข้างเคียงส่วนใหญ่ในอาสาสมัครคือมีอาการคลื่นไส้ ผะอืดผะอม ขณะรับประทานน้ำมันดาวอินคา จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าหลังรับประทานน้ำมันดาวอินคา คลื่นไฟฟ้าสมองเดลต้า และแอลฟ่าลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนคลื่นไฟฟ้าธีต้า เบต้า และแกมม่าเพิ่มขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ [19]

สิทธิบัตรที่เกี่ยวข้อง

เมื่อสืบค้นสิทธิบัตรจากกรมทรัพย์สินทางปัญญา โดยใช้คำสำคัญว่า ‘นมถั่วดาวอินคา’ พบว่าไม่สิทธิบัตรที่เกี่ยวกับงานวิจัยดังกล่าว โดยสิทธิบัตรที่เกี่ยวข้องกับดาวอินคามีทั้งหมด 15 ชิ้นงาน [20] โดยเปิดเผยแล้ว 3 ชิ้นงานได้แก่

1. 4-ไฮดรอกซี-2-เมธิล-5-(โพรพาน-2-อิลิดีน)ไซโคลเฮก-3-อีนคาร์บาลดีไฮด์ สำหรับการป้องกันและการรักษาของความผิดปกติหรือโรคทางการรับรู้, ทางการเสื่อมของประสาท หรือ ทางประสาท จดโดยเซซ่า อะไลเอินซ์ เอสเอ เสนอการประดิษฐ์ในปัจจุบันเกี่ยวข้องกับสารประกอบทางเภสัชกรรม (pharmaceutical compound) ที่มีสูตร (I), หรือเกลือที่ยอมรับได้ทางเภสัชกรรมของสิ่งเหล่านี้, สำหรับใช้ในการ ป้องกันหรือการรักษาของโรคความผิดปกติทางการรับรู้, ทางการเสื่อมของประสาทหรือทาง ประสาท ดังเช่น โรคอัลไซเมอร์, องค์ประกอบทางเภสัชกรรม และวิธีการของการเตรียม องค์ประกอบทางเภสัชกรรม

2. กรรมวิธีการผลิตและสูตรน้ำฟักข้าวเข้มข้นผสมน้ำมันถั่วดาวอินคา จดโดยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย เสนอกรรมวิธีการผลิตและสูตรน้ำฟักข้าวเข้มข้นผสมน้ำมันถั่วดาวอินคา ได้สูตรน้ำฟักข้าวเข้มข้นเสริม โอเมก้าจากน้ำมันถั่วดาวอินคาและกรรมวิธีการผลิตที่ประกอบด้วย เนื้อฟักข้าว 5-10 % โดยน้ำหนัก เยื่อฟักข้าว 5-10% โดยน้ำหนักน้ำสะอาด 60-70 % โดยน้ำหนักน้ำสับปะรดเข้มข้น 5-10 %โดยน้ำหนัก น้ำส้มเข้มข้น 5-10 %โดยน้ำหนัก น้ำผึ้ง 3-5 % โดยน้ำหนัก น้ำมันถั่วดาวอินคา 1-2 % โดยน้ำหนัก และกรดซิตริก 0.15-0.3% โดยน้ำหนัก ซึ่งทำให้น้ำฟักข้าวเข้มข้นเสริมโอเมก้าจากน้ำมันถั่วดาวอินคาเป็นอีกหนึ่งทางเลือกของผู้บริโภคที่รักษาสุขภาพและผู้บริโภคที่มีภาวะโรคหัวใจและหลอดเลือด

3. สูตรส่วนผสมสมุนไพรบำรุงร่างกาย จดโดยนางสาวอาภรณ์ รักช่วย ได้เปิดเผยสูตรส่วนผสมสมุนไพรบำรุงร่างกาย ที่ประกอบด้วยน้ำมันถั่วดาวอินคา น้ำมันฟัก ข้าว น้ำมันมะพร้าว น้ำมันงาดำ น้ำมันมะรุม น้ำมันกระเทียม น้ำมันรำข้าว น้ำมันเทียนดำ น้ำมันงาขี้ม่อน ข้อถือสิทธิ์ (ข้อที่หนึ่ง) ซึ่งจะปรากฏบนหน้าประกาศโฆษณา : 1. สูตรส่วนผสมสมุนไพรบำรุงร่างกาย ประกอบด้วย น้ำมันถั่วดาวอินคา 5-20 % โดยน้ำหนัก น้ำมันฟักข้าว 5-20 % โดยน้ำหนัก น้ำมันมะพร้าว 5-20 % โดยน้ำหนัก น้ำมันงาดำ 5-20 % โดยน้ำหนัก น้ำมันมะรุม 5-20 % โดยน้ำหนัก

นอกจากสิทธิบัตรแล้ว ปัจจุบันดาวอินคามีผลิตภัณฑ์ที่ออกมาขายตามท้องตลาดแล้วได้แก่ ชาดาวอินคา เมล็ดถั่วคั่วดาวอินคา คุ้กกี้ดาวอินคา กาแฟดาวอินคา แป้งดาวอินคา น้ำมันสกัดจากดาวอินคา แต่ยังไม่มีเครื่องดื่มโปรตีนสูง หรือผงโปรตีนคุณภาพสูง (มี 1 สถานประกอบการคือศูนย์ขอนแก่นเกษตรกรรม ไฮเทค แต่จากการสอบถามปรากฏว่ายังไม่มีผงโปรตีนจำหน่าย [21])

บทที่ 3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การเก็บตัวอย่างถั่วดาวอินคา ณ จังหวัดเชียงใหม่

ทีมผู้วิจัยได้เดินทางไปสำรวจพื้นที่ เยี่ยมชมกระบวนการผลิต และเก็บตัวอย่างถั่วดาวอินคา ณ จังหวัดเชียงใหม่เมื่อวันที่ 30 มีนาคม ถึง วันที่ 2 เมษายน พ.ศ. 2561 โดยมีผู้ประกอบ คุณสุนิสา จินะชิต พาเยี่ยมชมไร่ดาวอินคาและเยี่ยมชมเครื่องมือที่เกี่ยวข้องในการผลิตที่เกี่ยวข้อง เช่น เครื่องกะเทาะเปลือกดาวอินคา เครื่องคัดแยกเมล็ดถั่วดาวอินคา เครื่องบีบสกัดน้ำมันถั่วดาวอินคา โดยเครื่องมือหลักในการผลิตมาจาก หจก.เพื่อนพลังงาน (Friend energy limited) ที่อยู่ 47/26 ถนนโชตนา ช้างเผือก อ. เมืองนครเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ โดยไร่ครูเจ็ทดาวอินคาจะเป็นศูนย์กลางในการรับซื้อดาวอินคา และแนะนำให้ความรู้แก่เกษตรกรผู้สนใจปลูกดาวอินคาใน จ. เชียงใหม่

รูปที่ 3.1 ทีมผู้วิจัยและผู้ประกอบการเดินทางไปสำรวจพื้นที่เยี่ยมชมกระบวนการผลิตและเก็บตัวอย่างถั่วดาวอินคา

3.2 วิธีการผลิตนมถั่วดาวอินคาปราศจากสารเคมี

ถั่วดาวอินคาขาวล้างให้สะอาด ตากแดดให้แห้งอบที่ 120 °C 10 นาที 200 °C 10 นาที ทิ้งให้เย็นในเตาอบ

↓

ชั่ง 125 g ล้างด้วย Na_2CO_3 1.25 g และล้างน้ำเปล่าจน pH =7

↓

นำมาผสมกับน้ำ 70 องศา 1125 ml แช่ 1 ชม และปั่นโดยใช้ ด้วยโปรแกรม Soya milk 1:10 (ถั่วต่อน้ำ 1:10)

↓

กรองด้วยผ้าขาวบาง และตระแกรง 100 mesh ตามลำดับ

↓

Raw milk

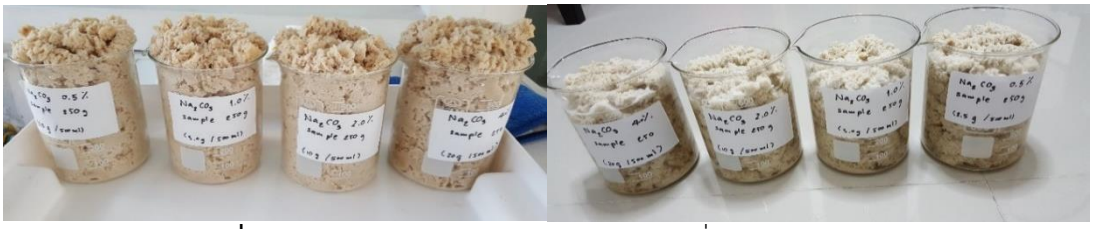
↓

เติมน้ำตาลขณะที่นมยังร้อน 2g/180 ml (ตามนมยี่ห้อง 137) เติมชาเขียวมัทชะหรือโกโก้ 0.5% คนให้ละลายและต้มให้เดือดดอีกครั้ง

↓

เก็บในตู้เย็น 1±1 °C

รูปที่ 3.2 การแช่ถั่วก่อนไปผลิตเป็นน้ำนม กากถั่วดาวอินคา ถั่วเหลือง และถั่วดาวอินคา



รูปที่ 3.3 ดาวอินคาด้วยสารละลาย Na_2CO_3 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

3.3 วิธีวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี (Chemical properties)

3.3.1 วิธีทดสอบโปรตีน

1. ชั่งตัวอย่าง 0.5 - 2 กรัม ใส่หลอดสำหรับย่อยโปรตีน เติม Copper Sulphate 2 เม็ด และเติมH_2SO_4 เข้มข้น 95-98**%** 20 มิลลิลิตร

2. นำหลอดสำหรับย่อยโปรตีนเข้าเครื่องย่อยไนโตรเจน ทำการย่อยโดยใช้อุณหภูมิตั้งแต่ 150-400 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 4-5 ชั่วโมง

3. ย่อยจนได้สารละลายสีเขียวใส ปิดเครื่องย่อย ตั้งทิ้งไว้ให้อุณหภูมิลดจนกระทั่งเย็น

4. นำหลอดย่อยเข้าเครื่องกลั่น เติมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร ตามด้วย 40**%** NaOH 80 มิลลิลิตร กลั่นโดยมีขวดบรรจุ 4**%** H_3BO_3 80 มิลลิลิตร และไตเตรตด้วยสารละลาย 0.1 N HCl

5. บันทึกปริมาตร 0.1 N HCl ที่ใช้

3.3.2 วิธีการทดสอบหาปริมาณเถ้า (Ash)

1. นำ Porcelain Crucible เผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

2. ปิดเตาเผาและรอให้อุณหภูมิลดลงถึง 100-110 องศาเซลเซียส แล้วนำออกมาใส่ในโถดูดความชื้น (Desiccator)

3. ปล่อยให้เย็นประมาณ 55 นาที แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก (W_1) โดยตัวอย่างของเหลว ชั่ง 3-5 กรัม ตัวอย่างผง ชั่ง 2-5 กรัม (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) (W_2)

4. นำไปวางบน Hot Plate ที่ความร้อนระดับ 6 เพื่อระเหยน้ำออกจากตัวอย่างจนหมดแล้วค่อยๆเพิ่มความร้อนไปจนถึงระดับ 20 ให้ความร้อนจนกระทั่งหมดควัน

5. นำ Porcelain Crucible ที่มีตัวอย่าง (ผ่านการเผาไล่ควัน) เข้าเตาเผาโดยใช้อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส อย่างน้อย 4 ชั่วโมง หรือเผาจนกระทั่งตัวอย่างมีลักษณะเป็นสีเทาหรือสีขาวถือว่าการเผาไหม้สมบูรณ์

6. ปิดเตาเผาและรอให้อุณภูมิลดลงถึง 100-110 องศาเซลเซียส แล้วปิดเตาเผาอย่างระมัดระวัง

7. ปล่อยให้เย็นประมาณ 55 นาที แล้วไปชั่งน้ำหนัก (W_3)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ การหาปริมาณเถ้า (Ash)

1. เตาเผาอุณหภูมิสูง (Muffle Furnace) ยี่ห้อ Carbolite รุ่น ELE 11/14/201

2. เตาไฟฟ้า (Hot Plate) ยี่ห้อ Schott – Gerate รุ่น Lab Stirrer SLR

3.3.3 วิธีการทดสอบหาปริมาณไขมัน

1. **อบ** Aluminium cup **ในตู้อบ** (Hot air oven) **ที่อุณหภูมิ** 102±2 **องศาเซลเซียส เป็นเวลา** 1 **ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น** (Desiccator) **ชั่งน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน (ทศนิยม** 4 **ตำแหน่ง)** (W_1)

2. ชั่งตัวอย่าง (ทราบน้ำหนักที่แน่นอน ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) (W_0) ใส่ลงในบีกเกอร์ ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมกรด 1:1 HCl 50 มิลลิลิตร

3. นำบีกเกอร์ (beaker) ขนาด 100 มิลลิลิตร ที่มีตัวอย่างและกรดจากข้อ 2 ไปย่อยบนเตาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-3 ชั่วโมง

4. กรองสารตัวอย่าง (จากข้อ 3 ที่ผ่านการย่อยเสร็จเรียบร้อยแล้ว) ผ่านกระดาษกรองขณะร้อน โดยใช้กระดาษกรองเบอร์ 541 ล้างกรดออกให้หมดด้วยน้ำอุ่น ทดสอบโดยใช้กระดาษลิตมัส

5. นำกระดาษกรองจากข้อ 4 ใส่ลงใน Cellulose extraction thimble ที่มี Adaptor และใส่ลง Rack แล้วนำไปทำให้แห้งในตู้อบ ที่อุณหภูมิ 60±2 องศาเซลเซียส (ทำให้แห้ง)

6. ตวง Petroleum ether 100 มิลลิลิตร แล้วเทใส่ Aluminium cups (จากข้อ 1) หลังจากนั้นนำเข้าเครื่อง Soxtec extraction สกัด

7. นำ Aluminium cup (จากข้อ 6) เข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 102±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccator) ชั่งน้ำหนัก (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) (W_2)

วิธีคำนวณ

%ไขมันทั้งหมด (Total fat) = $\frac{W_2 - W_1}{W_0} \times 100$

3.3.4 วิธีการทดสอบหาปริมาณ Cholesterol

1. ขั้นตอนสกัดไขมัน (Fat Extraction)

1. ชั่งตัวอย่าง 1-10 กรัม (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ใส่ในขวดรูปชมพู่ที่มีฝาปิด ขนาด 250 มิลลิลิตร (ทดสอบ 2 ซ้ำ)

2. เติม Chlorofrom ($CHCl_3$): Methanol อัตราส่วน 2:1 ครั้งละ 50 มิลลิลิตร เขย่าด้วยเครื่องเขย่าสาร เป็นเวลา 30 นาที (30 ครั้ง)

3. ดูดสารละลายส่วนใสกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 ที่มี Sodium sulphate anhydrous โดยกรองใส่ในขวดก้นกลม (Round bottom flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร

4. ทำสารสกัดตัวอย่างด้วย Chlorofrom ($CHCl_3$): Methanol อัตราส่วน 2:1 ครั้งละ 50 มิลลิลิตร ซ้ำอีก 2 ครั้ง (รวมทั้งหมด 3 ครั้ง) เขย่าด้วยเครื่องเขย่าสาร ครั้งละ 30 นาที ดูดสารละลายส่วนใสใส่รวมกันในขวดก้นกลม (Round bottom flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร โดยกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 ที่มี Sodium sulphate anhydrous

5. นำสารละลายที่กรองได้ไประเหยแห้งด้วยเครื่องระเหยสารแบบควบคุมอุณหภูมิและความดัน (Rotary Evaporator) จนแห้ง

2. ขั้นตอนการ Saponification

1. นำไขมัน/น้ำมัน จากการขั้นตอนการสกัด (ที่บรรจุในขวดก้นกลม (Round bottom flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร หรือในหลอดทดลอง (Test tube) ขนาด 30 มิลลิลิตร มาเติม 50% (w/w) KOH 1 มิลลิลิตร (เขย่าให้เข้ากัน) และเติม 95% EtOH 4 มิลลิลิตร (เขย่าให้เข้ากัน) ด้วยเครื่องผสมสาร

2. นำไปตั้งใน Water bath shaker ที่อุณหภูมิ 85±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที (ปิดฝาด้วยฟอยล์)

3. ทำให้เย็นด้วยเครื่อง Cooling Bath

4. ดูดสารละลายจากขวดก้นกลม (Round bottom flask) ใส่ในหลอดทดลอง (Test tube) ขนาด 30 มิลลิลิตร ที่มีฝาเกลียวปิดเตรียมไว้แล้ว กรณีที่ตัวอย่างอยู่ในหลอดทดลอง (Test tube) อยู่แล้ว ให้นำไปทำการทดสอบในขั้นตอนต่อไปได้เลย

5. เติมน้ำกลั่น 3 มิลลิลิตร (เขย่าให้เข้ากัน) และเติม Petroleum ether 10 มิลลิลิตร (เขย่าให้เข้ากัน) ด้วยเครื่องผสมสาร (Vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ให้สารละลายแยกชั้น

6. ปิเปตส่วนใสชั้นบนที่ได้จากการสกัดใส่ในขวดก้นกลม (Round bottom flask) ขนาด 25 มิลลิลิตร

7. ทำการสกัดสารละลายตัวอย่างด้วย Petroleum ether ครั้งละ 10 มิลลิลิตร ซ้ำอีก 2 ครั้ง (รวมทั้งหมด 3 ครั้ง) เขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ให้สารละลายแยกชั้น รวมสารส่วนใสชั้นบนที่ได้จากการสกัดใส่รวมกันในขวดก้นกลม (Round bottom flask) ขนาด 25 มิลลิลิตร

8. นำสารละลายที่ได้ไประเหยแห้งด้วยเครื่องระเหยสารแบบควบคุมอุณหภูมิและความดัน (Rotary Evaporator) จนแห้ง

3. ขั้นตอนการเตรียมอนุพันธ์ (Derivatization)

1. นำสารที่ได้จากขั้นตอนการ Saponification มาละลายด้วย Dimethyformamide 3 มิลลิลิตร

2. ปิเปตสารละลายมา 1 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลอง (Test tube) ที่เตรียมไว้แล้วเติม Hexamethyldisilizane 0.2 มิลลิลิตร (เขย่าให้เข้ากัน) และเติม Trimethylchlorosilane 0.1 มิลลิลิตร (เขย่าให้เข้ากัน) ด้วยเครื่องผสมสาร (Vortex mixer)

3. ตั้งทิ้งไว้ 15 นาที

4. เติม Internal Standard (5 α-Cholestane) 100 μg/ml 1 มิลลิลิตร (เขย่าให้เข้ากัน) และเติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร (เขย่าให้เข้ากัน) ด้วยเครื่องผสมสาร (Vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ให้สารละลายแยกชั้น

5. ใช้หลอดหยด (Pasteur pipette) ดูดสารละลายชั้นบนใส่ในหลอดทดลอง (Test tube) ที่มี Sodium sulphate anhydrous (เขย่าให้เข้ากัน)

6. ใช้หลอดหยด (Pasteur pipette) ดูดสารละลายใสในกระบอกฉีดยา (Disposable syringe) ขนาด 1 มิลลิลิตร แล้วกรองสารละลายด้วย Nylon syringe filter ขนาด 13 mm, 0.45 μm ใส่ลงใน Insert Vial ที่บรรจุอยู่ในขวด Vial สีชาขนาด 2 มิลลิลิตร

7. นำไปทดสอบโดยฉีดเข้าเครื่อง Gas Chromatography

4. เครื่องที่ใช้วิเคราะห์

Gas Chromatography ยี่ห้อ Agilent รุ่น 6850

3.3.5 วิธีทดสอบปริมาณเส้นใย

1. เส้นใยที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble dietary fiber, IDF)

1. ชั่งตัวอย่าง 1 กรัม 2 ซ้ำ ใส่ใน flask สำหรับวิเคราะห์ dietary fiber แต่ละซ้ำเติม Phosphate buffer 50 ml และเติมเอนไซม์ แอฟฟา อะไมเลส 0.1 ml ปิดฝาด้วย Al-foil

2. Incubate ที่ 95 องศาเซลเซียส ใน shaking water bath 30 นาที ทำให้เย็น ปรับ pH ให้เป็น 7.5 (เติม 0.275 N NaOH ประมาณ 10 มิลลิลิตร)

3. เติม Protease 0.1 ml Incubate ที่ 60 องศาเซลเซียส ใน shaking water bath 30 นาที ทำให้เย็น ปรับ pH ให้เป็น 4.6 (เติม 0.325 M HCl ประมาณ 10 มิลลิลิตร)

4. เติม Amyloglucosidase 0.3 ml Incubate ที่ 60 องศาเซลเซียส ใน shaking water bath 30 นาที

5. กรองและล้างตะกอนด้วยน้ำอุ่น

6. อบให้แห้งที่ 105 องศาเซลเซียส ชั่งน้ำหนัก

7. แยกซ้ำแรกไปวิเคราะห์หาปริมาณ Ash และอีกซ้ำนำไปวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน

8. คำนวณผล

2. เส้นใยที่ละลายน้ำ (Soluble dietary fiber, SDF)

1. เติม 95% Ethanol (ที่อุ่นไว้ที่ 60 องศาเซลเซียส) 4 เท่า ของของเหลวจากข้อ 5 (Insoluble dietary fiber) ทิ้งให้ตกตะกอนที่อุณหภูมิห้อง ประมาณ 1 ชั่วโมง

2. กรองแล้วล้างตะกอนด้วย 78% Ethanol 20 ml 3 ครั้ง, 95% Ethanol 10 ml 2 ครั้ง, acetone 10 มิลลิลิตร 2 ครั้ง

3. อบให้แห้งที่ 105 องศาเซลเซียส ชั่งน้ำหนัก

4. แยกซ้ำแรกไปวิเคราะห์หาปริมาณ Ash และอีกซ้ำนำไปวิเคราะห์โปรตีน

5. คำนวณผล

Total dietary fiber (TDF)

$$TDF = IDF + SDF$$

3.3.6 การหาปริมาณกรดไขมันทั้งหมด (Fatty Acid Composition)

1. ชั่งตัวอย่าง 10-0.5 กรัม ใส่ขวดรูปชมพู่ สกัดด้วย C_6H_{14}: C_3H_6O (4:1) ครั้งละ 30 มิลลิลิตร เขย่าด้วยเครื่องเขย่าสารที่มี 1 นาที ดูดสารละลายใสชั้นบนกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 Sodium sulphate anhydrous อยู่ด้านบนใส่ในขวดก้นกลมที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน (M_1)

2. ทำการสกัดซ้ำอีก 2 ครั้ง แล้วรวบรวมสารละลายที่กรองได้ใส่ในขวดก้นกลม นำไประเหยแห้งด้วยเครื่องระเหยสารแบบควบคุมอุณหภูมิและความดันจนแห้ง นำขวดก้นกลมมาชั่งน้ำหนัก (M_2) เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ของไขมันหรือน้ำมัน หรือใช้เครื่อง Soxhlet extraction

3. เติม 0.5 KOH in MeOH ปริมาตร 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันและเติม Internal standard (Tricosanoic acid methyl ester ($C_{23:0}$)) ความเข้มข้น 800 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าแล้วนำไปวางไว้ใน Water bath shaker 100 องศาเซลเซียส เวลา 5 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น

4. เติม 14% BF_3 in methanol ปริมาตร 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันนำไปวางไว้ในอ่างควบคุมอุณหภูมิแบบเขย่า (Water bath shaker) อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ต่อเป็นเวลา 15 นาที และทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

5. เติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (อิ่มตัว) 10 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน สังเกตุว่าสารละลายจะแยกชั้น นำส่วนใสชั้นบน มาสกัดต่อด้วย Petroleum ether ครั้งละ 4 มิลลิลิตร จนกระทั่งได้สารละลายที่ใส เมื่อเปรียบเทียบกับ Petroleum ether รวบรวมสารละลายที่สกัดได้ใส่ในขวดก้นกลม (Round bottom flask) ทำการสกัดทั้งหมด 3 ครั้ง แล้วนำไประเหยแห้งด้วยเครื่องระเหยสารแบบควบคุมอุณหภูมิและความดัน จนแห้ง

6. ละลายกรดไขมันด้วย n-Haptane ปริมาตร 1.0-3.0 มิลลิลิตร (ขึ้นอยู่กับปริมาณ saturated fatty acid ในตัวอย่าง) กรองสารละลายที่ได้ผ่าน Nylon syringe filter ขนาด 13 มิลลิเมตร, 0.45 ไมครอน ใส่ในขวด Vial นำไปทดสอบโดยฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี (GC)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์

Gas Chromatography ยี่ห้อ Agilent **รุ่น** 7890B

3.3.7 วิธีทดสอบ Amino Acid

1. การทดสอบตัวอย่าง

1. ชั่งตัวอย่างประมาณ 1-2 กรัม ลงในหลอดย่อยตัวอย่าง เติม 6 M HCl ปริมาตร 5 มิลลิลิตร นำไปย่อยที่ 110 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง

2. ชั่งตัวอย่างประมาณ 1-2 กรัม ลงในหลอดย่อยตัวอย่าง เติม $Ba(OH)_2$ อิ่มตัว ปริมาตร 5 มิลลิลิตร นำไปย่อยที่ 110 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง

3. ตัวอย่างที่ย่อยกรดอนุพันธ์กับ 0.04 M OPA (o-Phthalaldehyde) และ 0.5% FMOC-Cl (9-Fluorenylmethyl chloroformate)

2. การทำอนุพันธ์ด้วย OPA (o-Phthalaldehyde)

1. ใช้ 10 ไมโครลิตร 0.4 M borate buffer pH 9.5 ผสมกับตัวอย่าง 2.5 ไมโครลิตร
2. เติม 0.04 M OPA 2.5 ไมโครลิตร
3. เติม 3-meracaptopropionic acid 1 ul

3. การทำอนุพันธ์ด้วย FMOC-Cl (9-Fluorenylmethyl choloroformate)

1. ใช้ 10 ul 0.4 M borate buffer pH 9.5 ผสมกับตัวอย่าง 2.5 ul
2. เติม 0.5% FMOC-Cl (9-Fluorenylmethyl choloroformate)
3. ตัวอย่างที่ย่อยเบสทำอนุพันธ์กับ 0.4 M OPA (o-Phthalaldehyde)

4. วิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC-Fluorescence Detector ยี่ห้อ Agilent รุ่น 1100 Series ประเทศเยอรมัน

5. Column ที่ใช้ Princeston SPHERE C30 5 um 4.6x150 mm

6. HPLC Condition

Mobile Phase : Gradient

Mobile Phase A : 0.053 M Sodium dihydrogen phosphate (NaH_2PO_4) pH 7.8

Mobile Phase B : Methanol : Acetonitrile : Water

Wave Length :

OPA Ex:340 Em:450

FMOC-Cl Ex:270 Em:316

Column Temperature : 25 Celcius

ที่มา : In house method based on Jornal of Chromatography A (2002). 961: 9-21

3.3.8 วิธีวิเคราะห์ Vitamin E (Alpha tocopherol)

1. ชั่งสารตัวอย่าง 0.5 กรัม
2. ทำปฏิกิริยา Saponification ด้วยสารละลาย KOH และ EtOH
3. ต้มให้เดือดเป็นเวลา 30 นาที
4. ทำให้เย็น

5. สกัดด้วยตัวทำละลาย Hexane : Ethyl Acetate

6. ระเหยให้แห้ง

7. ละลายในเอทานอล

8. วิเคราะห์ด้วยเทคนิค High Performance Liquid Chromatohraphy (HPLC)

ยี่ห้อ Agilent technologies ผลิต จากประเทศ เยอรมัน รุ่น 1200

HPLC Condition	**Alpha tocopherol**
Moblie phase	MeOH
Flow rate	1.0
Detector	UV 290 nm
Column	C18

ที่มา In – house method based on BS EN 12823-1 (2000)

3.3.9 วิธีทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

1. การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยตามวิธีมาตรฐาน ISO 1450-1

การเตรียมสารละลาย

1. สารละลาย Folin ciocalteu reagent 10 % v/v

ปิเปต Folin ciocalteu reagent ปริมาตร 20 ml และปรับปริมาตรเป็น 200 ml ด้วยน้ำปราศไอออน

2. สารละลาย Sodium carbonate

ชั่ง Na_2CO_3 37.5095 $\pm$ 0.01 g ในขวดปริมาตร 500 ml เติมน้ำอุ่นประมาณ 250 ml ละลาย Na_2CO_3 จนหมด ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นปรับปริมาตรเป็น 500 ml (เก็บไว้ใช้ได้นาน 1 เดือน)

3. สารละลาย Stock ของ Gallic acid

ชั่ง Gallic acid จำนวน 0.110 $\pm$ 0.001 ในขวดวัดปริมาตร 100 ml ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออน เตรียมเป็นความเข้มข้นต่าง ๆ ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 2 ปริมาตรของ stock ของ Gallic acid ที่ใช้ในการทำกราฟมาตรฐาน

ขวดที่	**ปริมาตร (ml)**	**ความเข้มข้น Gallic acid (ppm)**
A	1.0	11
B	2.0	22
C	3.0	33
D	4.0	44
E	5.0	55

ขั้นตอนการทดลอง

1. เติมสารจากขวด A-E และน้ำกลั่น (เพื่อทำเป็น blank) ในแต่ละหลอดทดลองอย่างละ 1 ml

2. เติมสารละลาย 10 % v/v Folin ciocalteu reagent 5 ml เขย่าจับเวลา 5 นาที

3. เติม Na_2CO_3 4 ml ตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง สารละลายจะเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีฟ้าถึงสีน้ำเงินตามปริมาณของสารประกอบฟีนอลิก แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 765 nm

4. ทำการสร้างกราฟมาตฐานของ gallic acid

5. วิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกในตัวอย่างโดยเปลี่ยนจากสารละลายมาตรฐาน gallic acid เป็นสารสกัดที่ได้จากตัวอย่าง โดยทำการเจือจางในอัตราส่วนที่เหมาะสม พร้อมกับคำนวณหาค่า Total phenolic acid โดยรายงานในหน่วยของ mg gallic acid/ g dry sample

2. การตรวจสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยโดยวิธี 2,2-Diphenyl-1-picryhydrazyl (DPPH)

การเตรียมสารละลาย

1. สารละลาย 1 mM DPPH

ชั่ง DPPH 0.0400 g ปรับปริมาตรเป็น 100 ml ด้วย 80 % v/v เมทานอล (เมทานอล 80 ml ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนเป็น 100 ml) คนสารละลายด้วยคลื่นความถี่สูง (Sonicate) เป็นเวลา 40 นาที เจือจางสารละลายที่ได้เพื่อวัดค่าการดูดกลืนแสงให้ได้ประมาณ 1.000 ที่ 517 nm โดยการปิเปต 1 mM DPPH 25 ml ปรับปริมาตรเป็น 250 ml ด้วย 80 % v/v เมทานอล

2. สารละลาย Trolox 100 ppm

ชั่ง Trolox 0.0250 g ละลายน้ำและปรับปริมาตรเป็น 250 ml เก็บไว้ในขวดทึบแสง เตรียมสารละลาย Trolox ความเข้มข้น 0, 10, 25, 50, 100 ppm โดยการปิเปต Trolox 100 ppm ปริมาตร 0.0, 2.5, 5.0, 7.5, 10.0 ml แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนเป็น 10 ml

วิธีการทดลอง

1. วัดสเปคตรัมของสารละลาย DPPH เพื่อหาความยาวคลื่นที่ให้ค่าการดูดกลืนสูงสุด (λ_{max})

2. เติม 50 μL ของสารละลาย Trolox ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ หรือสารตัวอย่าง ในสารละลาย DPPH 2.95 ml คนสารละลาย 15 วินาที ทิ้งไว้ 30 นาทีในที่มืดแล้ววัดค่าการดูดกลืนแสง

3. ทำการสร้างกราฟความสัมพันธ์ของ Trolox กับ % radical scavenging พร้อมกับคำนวณหาค่า Antioxidant capacity ในรูปของ as mg Trolox/g dry sample

1.4 วิธีวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาย (Physical properties)

3.4.1 วิธีทดสอบความชื้น

1. อบถ้วยอลูมิเนียมในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิสูงที่อุณหภูมิ 105±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccator) ประมาณ 30 นาที ชั่งน้ำหนักถ้วยอลูมิเนียมพร้อมฝา

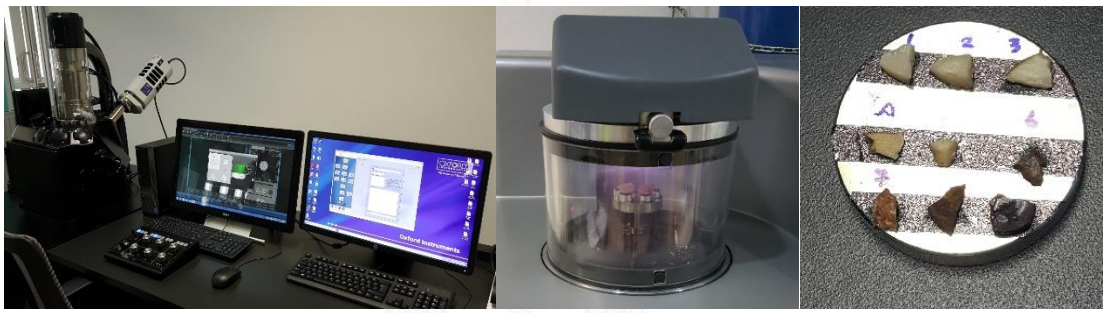
2. ใส่ตัวอย่างลงในถ้วยอลูมิเนียมที่อบแล้วประมาณ 2-5 กรัม ทำการทดสอบ 2 ซ้ำ แล้วนำไปอบใน ตู้อบลมร้อนอุณหภูมิสูงที่อุณหภูมิ 105±2 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง

3. ปิดฝาถ้วยอลูมิเนียมออกโดยใช้ถุงมือผ้านำถ้วยอลูมิเนียมออกจากตู้อบลมร้อนอุณหภูมิสูง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccator) ประมาณ 30 นาที ชั่งน้ำหนัก แล้วนำไปอบซ้ำทุก 1 ชั่วโมง จนได้น้ำหนักคงที่

3.4.2 การวิเคราะห์โครงสร้างของโปรตีนถั่วดาวอินคาด้วยเทคนิค Scanning Electron Microscope (SEM) และ Energy Dispersive Spectroscopy (EDS)

1. เตรียมตัวอย่างในการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค SEM ด้วยเทคนิค sputtering โดยการเคลือบตัวอย่างด้วยทองเพื่อให้ตัวอย่างทำไฟฟ้า

2. นำเข้าเครื่องวิเคราะห์ SEM ยี่ห้อ Oxford



รูปที่ 3.4 การเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ด้วยเทคนิค SEM ด้วยการเคลือบทอง

3.4.3 การทำนมดาวอินคาให้เป็นผง

วิธีการทำนมดาวอินคาให้เป็นผงสามารถทำได้โดยเทคนิค Spray dry ซึ่งเป็นเครื่องที่ใช้สำหรับการ spray dry หรือทำผงสำหรับอาหารเท่านั้น โดยนำนมที่ได้จากผลิตในข้อ 3.2 ปริมาตร 20 ลิตร และทำให้เป็นผงด้วยเครื่อง spray dry โดยนำน้ำนมถั่วดาวอินคาเข้าเครื่องที่อัตราการไหลของสารละลายที่ 60 rpm อุณหภูมิขาเข้า 130 องศา และอุณหภูมิขาออก 90 องศา โดยเติม maltodextrin ($C_6H_{10}O_5$) 10% w/w DE value 10-12 โดยทำการทดลองทั้ง 2 สภาวะคือแบบเติมและไม่เติม maltrodextrin

รูปที่ 3.5 เครื่อง spray dry ที่ใช้สำหรับการทำนมให้เป็นผง

3.5 วิธีวิเคราะห์คุณสมบัติทางประสาทสัมผัส (Sensory test)

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหาร เป็นการทดสอบสัมผัสโดยใช้การทำงานร่วมกัน ของ การมองเห็น การดมกลิ่น การชิมรส การสัมผัส และการได้ยินเสียง การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสถือเป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้สำหรับเป็นการตรวจวิเคราะห์ คุณภาพของอาหาร โดย ใช้จำนวนผู้ทดสอบที่มากพอสมควรแล้วประมวลผลด้วยวิธีทางสถิติและแปลผลอย่างมีหลักเกณฑ์ การประเมินทางประสาทสัมผัสเป็นการทดสองเชิงพรรณนา โดยผู้ทดสอบจะต้องอธิบายลักษณะที่ปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ตลอดจนถึงเสียงที่ได้ยิน เป็นการพรรณนาคุณลักษณะต่างๆ ตั้งแต่ต้นจนจบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของอาหารที่ใช้ในการประเมินจะถูกแบ่งออกเป็น 4 คุณลักษณะคือ ลักษณะปรากฏ, กลิ่น, เนื้อสัมผัส และกลิ่นรส

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของการทดลองนมและกากถั่วดาวอินคาได้รับความร่วมมือจาก ดร.กมลเนตร กิจสวัสดิ์ มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ มีส่วนช่วยในการวิเคราะห์ แปลผลและคัดเลือกผู้ทดสอบ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบความนิยมระหว่างนมอัลมอนด์ที่มีการผลิตในภาคอุสาหกรรมและนมถั่วดาวอินคาที่ทดลอง

2. เพื่อวิเคราะห์รสชาติที่เหมาะกับผู้บริโภคของนมดาวอินคาทั้ง 3 รสชาติ ได้แก่ รสต้นตำหรับ รสโกโก้ และ รสชาเชียวมัทฉะ

3. เพื่อสังเกตพฤติกรรม ทัศนคติเบื้องต้นของผู้ทดสอบที่มีต่อนมถั่วดาวอินคา

2. **วิธีการทดลอง**

1. คัดเลือกกลุ่มบุคคลชายและหญิงจำนวนใกล้เคียงกัน ที่มีช่วงอายุตั้งแต่ 20-40 ทำแบบทดสอบเบื่องต้นเพื่อทำการทดลองวิเคราะห์คุณสมบัติทางประสาทสัมผัส โดยที่กลุ่มคนที่ถูกคัดเลือกทั้งสิ้น 35 คน ต้องเคยดื่มนมผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากถั่วและไม่เกิดการแพ้

2. ผู้ทดสอบทำแบบประเมินพื้นฐานของพฤติกรรมการบริโภคนมที่ผลิตจากถั่ว หลังจากนั้นผู้ทดสอบทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของนมถั่วดาวอินคาทั้ง 3 รสชาติ ปริมาณ 25 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิของเครื่องดื่ม 5±2 องศาเซลเซียส ทุกครั้งหลังการชิมผู้ทดสอบต้องดื่มน้ำสะอาดก่อนทำการทดสอบรสชาตินมต่อไป ตามลำดับ เกณฑ์การให้คะแนนโดยใช้ตัวเลขวัดระดับความพึงพอใจ (1-9 คะแนน) โดยที่ 1 คะแนน หมายถึงพึงพอใจน้อยสุด ขณะที่ 9 คะแนน หมายถึงพึงพอใจสูงสุด ผลที่ได้จากการทดสอบจากถูกวิเคราะห์โดยใช้หลักการ t-test และ ANOVA

การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ช่วง

2.1 ผู้ทดสอบทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของนมถั่วดาวอินคาทั้ง 3 รสชาติ เปรียบเทียบกับนมอัลมอนด์ (137 degrees)

2.2 ให้ความรู้ และรายละเอียดคุณค่าทางอาหารแก่ผู้ทดสอบ จากนั้นทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของนมถั่วดาวอินคาทั้ง 3 รสชาติ อีกครั้ง

3.6 วิธีการออกแบบบรรจุภัณฑ์

การออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์นั้นมีบทบาทสำคัญมากขึ้นซึ่งมีส่วนช่วยในการตัดสินใจเลือกซื้อสินค้า เพื่อให้สามารถสู้คู่แข่งทางการค้าในตลาดได้อย่างมีคุณภาพ และมีประสิทธิภาพต่อไปในอนาคตได้อย่างยั่งยืน การใช้สีเพื่อการออกแบบบรรจุภัณฑ์เป็นอีกวิธีที่มีส่วนช่วยให้การดึงดูดความสนใจของผู้บริโภค สามารถบ่งบอกถึงความหมายจากสีของสินค้าที่แตกต่างกัน

เนื่องด้วยการนมจากถั่วดาวอินคาและกากถั่วดาวอินคานั้นมีการเติมแต่งเพิ่มรสชาติเพื่อเพิ่มทางเลือกแก่ผู้บริโภคเพื่อขึ้นอีก 2 รสชาติ คือ รสโกโก้ และ รสชาเขียวมัทฉะ ดังนั้น สีน้ำตาลและสีเขียวจึงถูกนำมาใช้ในการพิจาณาออกแบบผลิตภัณฑ์ให้แตกต่างกัน

องค์ประกอบที่สำคัญบนบรรจุภัณฑ์ ดังนี้

1. ชื่อสินค้า
2. ตราสินค้า
3. สัญลักษณ์ทางการค้า **(**เนื่องด้วยผู้ประกอบการมีสัญลักษณ์ทางสินค้าแล้วจึงนำมาใช้เป็นส่วนหนึ่งในข้อความบนฉลากสินค้า**)**
4. รายละเอียดของสินค้า
5. รายละเอียดส่งเสริมการขาย
6. รูปภาพบ่งชี้รายละเอียดสินค้า
7. ส่วนประกอบของสินค้า
8. ปริมาณ
9. ชื่อผู้ผลิตและผู้จำหน่าย (ถ้ามี)
10. ข้อมูลโภชนาการ
11. รายละเอียดตามข้อบังคับของกฎหมาย เช่น วันผลิต และวันหมดอายุ เป็นต้น

บทที่ 4. ผลการวิจัย

4.1 การเก็บตัวอย่างถั่วดาวอินคา ณ จังหวัดเชียงใหม่

ทีมผู้วิจัยได้เดินทางไปสำรวจพื้นที่ เยี่ยมชมกระบวนการผลิต และเก็บตัวอย่างถั่วดาวอินคา ณ จังหวัดเชียงใหม่เมื่อวันที่ 30 มีนาคม ถึง วันที่ 2 เมษายน พ.ศ. 2561 โดยมีผู้ประกอบการทำหน้าที่เป็นผู้แนะนำสถานที่ของไร่ดาวอินคา พาไปเยี่ยมชมการผลิตเบื้องต้นได้แก่ การกระเทาะเปลือกดาวอินคา การบีบน้ำมันดาวอินคา และขั้นตอนการอบถั่วดาวอินคา โดยจากการสำรวจข้อมูลพบว่าเกษตรส่วนมากที่ปลูกดาวอินคาในจังหวัดเชียงใหม่จะมีบริษัทมารับซื้อไปแปลรูปเป็นน้ำมันและเมล็ดดาวอินคาอบเพื่อส่งออกยังต่างประเทศ โดยจะมีการเซนต์สัญญากับทางบริษัทเพื่อประกันราคาของผลผลิต คุณสุนิสา จินะชิต เป็นผู้เชี่ยวชาญในการปลูกถั่วดาวอินคา โดยจะเป็นบุคคลกลางระหว่างบริษัทกับเกษตร ให้ความรู้และคอยดูแลเกษตรกรในการที่จะปลูกดาวอินคาให้ได้ผลผลิตสูงที่สุด

รูปที่ 4.1 ไร่ถั่วดาวอินคา และฝักของถัวดาวอินคาโดยภายในต้นเดียวกันจะมีถั่วแบบที่พร้อมเก็บเกี่ยวและแบบที่ยังดิบมีลักษณะเป็นสีเขียว ทำให้เกษตรกรสามารถทยอยเก็บเกี่ยวผลผลิตได้

นอกจากนี้การให้ความรู้แก่เกษตรกรผู้ปลูกดาวอินคาแล้ว ดาวอินคา ไร่ครูเจ็ท ยังมีผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับดาวอินคาออกจำหน่วยได้แก่ ชาดาวอินคา คุ้กกี้ดาวอินคา น้ำมันสกัดดาวอินคา

โดยจะมีการนำสินค้าออกจำหน่วย และจัดแสดงตามงานต่าง ๆ อยู่เป็นประจำ ทำให้มีจำนวนลูกค้าที่สนใจสั่งซื้อผลิตภัณฑ์เป็นจำนวนมาก

รูปที่ 4.2 ตัวอย่างของสินค้าของไร่ครูเจ็ทดาวอินคา

ในการเดินทางเก็บตัวอย่างในครั้งนี้ยังได้มีการศึกษาดูงานและเก็บข้อมูลเพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินงานวิจัยต่าง ๆ ดังนี้

เครื่องกะเทาะเปลือกถั่วดาวอินคา

เกี่ยวกับเครื่องกะเทาะเปลือกถั่วดาวอินคาซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ส่วนที่หนึ่งชุดกะเทาะเมล็ดน้ำตาลให้เป็นเมล็ดสีน้ำตาลชั้นใน และส่วนที่สองกะเทาะเอาเปลือกชั้นในของเมล็ดน้ำตาลออกให้ได้เมล็ดในสีขาวนวล เครื่องจักรมีการพัฒนาเพิ่มระบบ Inverter ปรับความแรงของลมดูดเศษเปลือกได้ สะดวกต่อการใช้งาน เพื่อความยืดหยุ่นและประสิทธิภาพการดูดคัดแยกเปลือกจากวัตถุดิบที่มีความแปรเปลี่ยนได้สูงสุด มีการสูญเสียของเมล็ดจากการปะปนของเม็ดแตกของเปลือกฝัก 3%

ฝักถัวดาวอินคา ---> เม็ดกะลาสีดำ : 55 กก.-ฝัก/ ชั่วโมง (440 กก.ฝัก/วัน)

เม็ดกะลาสีดำ ---> เม็ดในสีขาว : 43 กก.-เม็ดดำ/ชั่วโมง (345 กก.เม็ดดำ/วัน)

ฝักถั่วดาวอินคา ---> เม็ดในสีขาว : 52.3 กก.-ฝัก/ชั่วโมง (420 กก.ฝัก/วัน)

รูปที่ 4.3 เครื่องกระเทาะเปลือกดาวอินคา

รูปที่ 4.4 เปลือกถั่วดาวอินคาที่ถูกกระเทาะเมล็ดออก

เครื่องบีบสกัดน้ำมันถั่วดาวอินคา

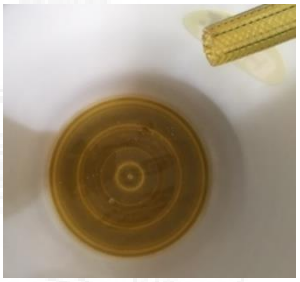
เครื่องบีบน้ำมันแบบสกรูอัด Screw Press รุ่น FEA-200 Series ขนาด 30-60 กก./ชม. จะใช้เมล็ดในสีขาวถั่วดาวอินคาเพื่อบีบอัดเป็นน้ำมันถั่วดาวอินคา จะได้น้ำมันสกัดเย็นประมาณ 40-47% โดยน้ำหนักเม็ดขาว หรือคิดเป็น 12% โดยน้ำหนักฝักแห้ง โดยประมาณ

กากถั่วดาวอินคาที่ได้จากการบีบสกัดน้ำมันถั่วดาวอินคาสามารถนำไปบดโม่ให้เป็นผงเพื่อนำไปในผลิตทดลองทำนมกากถั่วดาวอินคา

ข้อมูลขั้นต้นสำหรับการสกัดน้ำมัน

100 กก.ฝักแห้ง -------> 45-50 กก. เมล็ดดำ (เมล็ดกะลา) ------> 20-25 กก.เมล็ดในสีขาว -----> บีบสกัดได้น้ำมัน 10-13 กก. -----> กากถั่วดาวอินคา

รูปที่ 4.5 เครื่องบีบสกัดน้ำมันถั่วดาวอินคา



รูปที่ 4.6 น้ำมันที่ได้เครื่องบีบสกัดน้ำมันถั่วดาวอินคา

รูปที่ 4.7 ถั่วดาวอินคาที่นำไปวิจัยและพัฒนา

จากการเดินทางไปสำรวจข้อมูลและเก็บตัวอย่างดาวอินคา รวมทั้งได้มีการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการเก็บเกี่ยวและผลิตดาวอินคาไม่ว่าเป็นดาวอินคาเมล็ดคั่ว หรือการบีบอัดน้ำมันจากดาวอินคา ทำให้พบว่าดาวอินคาน่าจะเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีการส่งเสริมเกษตรให้มีการเพาะปลูกเพิ่มมากขึ้นเนื่องจาก

สามารถนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ทางอาหารที่มีประโยชน์และคุณค่าต่อร่างกายได้หลายผลิตภัณฑ์ เช่น น้ำมันดาวอินคา ซึ่งในปัจจุบันมีผู้ประกอบการจำหน่วยแล้วบางส่วน โดยในการเดินทางในครั้งนี้ยังได้ทำการสำรวจและเก็บข้อมูลต่าง ๆ โดยพบว่ายังไม่มีผู้ประกอบการใดทำผลิตภัณฑ์นมจากดาวอินคามาก่อน จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการที่จะช่วยเหลือเกษตรกรให้มีรายได้มากขึ้น โดยจากการสอบถามข้อมูลในผลิตนมจากถั่วดาวอินคานี้สิ่งที่ผู้ประกอบต้องการได้แก่

1. ต้องการผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ง่าย ขั้นตอนไม่ซับซ้อน ยุ่งยาก
2. ใช้เงินลงทุนจำนวนน้อย เนื่องจากส่วนมากผู้ประกอบการเป็นเกษตรกรผู้มีรายได้น้อย
3. ปราศจากสารเคมี
4. ไม่ติดปัญหาเกี่ยวกับการขออนุญาตจากสำนักงานอาหารและยา (อย.)

4.2 นมถั่วดาวอินคาปราศจากสารเคมี

ในงานวิจัยนี้ในขั้นตอนแรกที่มีการนำนมถั่วดาวอินคาได้รับถั่วดาวอินคาจากผู้ประกอบการ โดยได้ตั้งโจทย์นำถั่วดาวอินคาและกากถั่วจากไร่ที่เหลือทิ้งจริง ๆ โดยพบปัญหาที่เกิดขึ้นคือ ผู้ประกอบการใช้การทอดถั่วเพื่อให้ถั่วสุก แต่เมื่อนำมาทำเป็นนมถั่วดาวอินคาพบว่ามีสีน้ำตาลที่เข้มมาก นอกจากนี้ยังมีปริมาณน้ำมันที่สูงที่ไม่ละลายเป็นเนื้อเดียวกับน้ำนมและลอยอยู่บนผิวหน้า ซึ่งอาจจะส่งผลต่อความพึงพอใจและสุขภาพของผู้บริโภคได้ นอกจากนี้กากถั่วที่ได้รับก่อนการเดินทางไปเก็บตัวอย่างยังมีความแตกต่างกัน ซึ่งจากการสอบถามผู้ประกอบการพบว่าใช้เครื่องมือในการบีบน้ำมันที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงต้องมีการควบคุมโดยการใช้เครื่องบีบน้ำมันเครื่องเดิม

รูปที่ 4.8 น้ำนมที่ได้จาก ถั่วเหลือง ถั่วดาวอินคาทอด และกากถั่วดาวอินคา (ซ้ายไปขวา)

เมื่อทดสอบทำน้ำนมถั่วดาวอินคาจากกากถั่วพบว่าเกิดปัญหาการตกตะกอนของนมถั่วจากกากดาวอินคาโดยพบว่าเกิดจากการแช่กากถั่วด้วย Na_2CO_3 ที่นานและปริมาณที่มากเกินไป

รูปที่ 4.9 ปัญหาการตกตะกอนของนมถั่วดาวอินคาจากการแช่ Na_2CO_3 0.5, 1 ไม่เติมสารเคมีและ 4**%** w/w ตามลำดับ

หลังจากนั้นจึงได้ทำการศึกษาการผลิตนมถั่วดาวอินคาโดยปราศจากการเติมสารเคมี ซึ่งพบว่า

ได้น้ำนมที่มีลักษณะที่น่ารับประทาน และยังปลอดสารเคมี

รูปที่ 4.10 นมถั่วดาวอินคาที่เติมสารเคมี **(**ซ้าย**)** และนมถั่วดาวอินคาปราศจากสารเคมี **(**ขวา**)**

ตารางที่ 3 อัตราส่วนของ sodium bicarbonate ต่อปริมาณโปรตีนและลักษณะของนมที่ได้

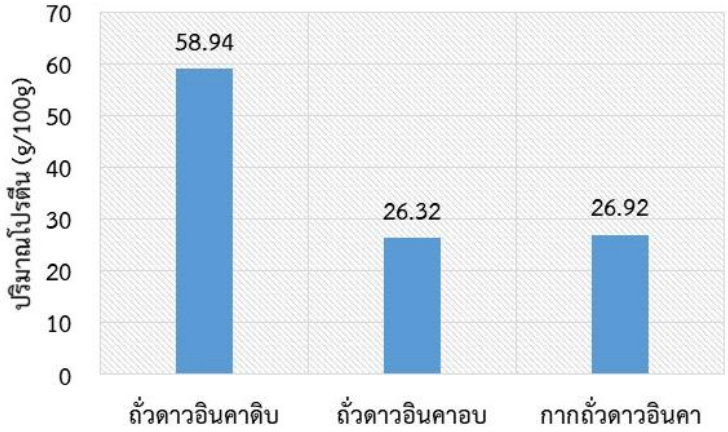
อัตราส่วน % w/v Na_2CO_3	**ปริมาณโปรตีน (g/100g)**	**ลักษณะ**
0.5	0.82	ตกตะกอน
1.0	0.66	ไม่ตกตกตะกอน
2.0	0.60	ไม่ตกตกตะกอน
2.0 (ไม่มีสารเคมี)	0.59	ไม่ตกตกตะกอน
4.0	0.82	ตกตะกอน

4.3 วิธีวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี (Chemical properties)

4.3.1 ปริมาณโปรตีน เถ้า ไขมัน คลอเรสเตอรอล คาร์โบไฮเดรต เส้นใย

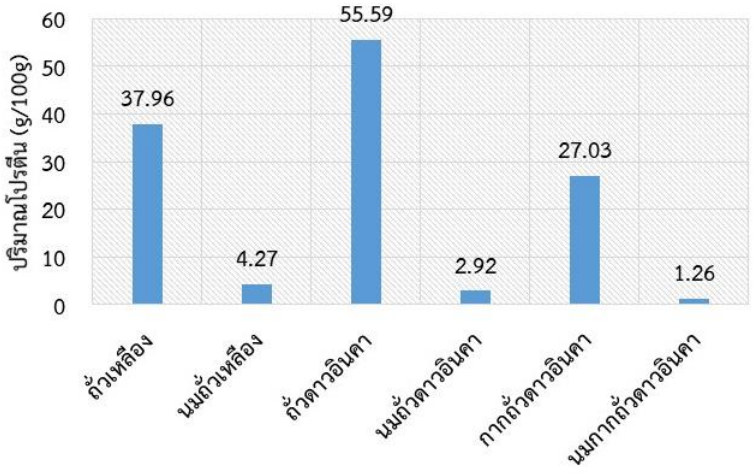
1. โปรตีน

จากการวิเคราะห์หาปริมาณของโปรตีนในถั่วดาวอินคา โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างถั่วดาวอินคาก่อนอบ และหลังจากอบด้วยสภาวะที่เหมาะสมในการทดลอง จากผลการวิเคราะห์พบว่าการอบถั่วดาวอินคาทำให้ปริมาณของโปรตีนลดลงไปถึง 55.34 **%** โดยปริมาณของโปรตีนในถั่วดาวอินคาที่ผ่านการอบมีปริมาณที่ใกล้เคียงกับกากถั่วดาวอินคาหลังจากการบีบสกัดน้ำมันออกไปแล้ว

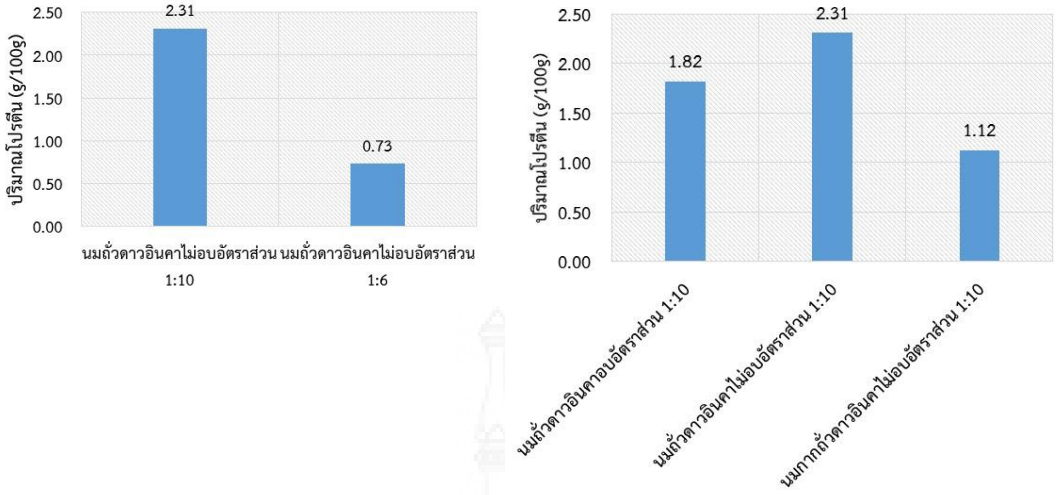


รูปที่ 4.11 ปริมาณโปรตีนเปรียบเทียบระหว่างถั่วดาวอินคาดิบ ถั่วดาวอินคาและกากถั่วดาวอินคา

หลังจากการทดสอบนำถั่วดาวอินคามาทดสอบทำเป็นน้ำนมโดยใช้วิธีมาตรฐานในการทำน้ำนมถั่วเหลืองนั้นพบว่าถึงแม้ว่าถั่วดาวอินคาจะมีปริมาณโปรตีนที่สูงมากกว่าถั่วเหลืองถึง 31.71**%** แต่เมื่อสกัดและผ่านกระบวนการทำให้เป็นน้ำนมมีปริมาณโปรตีนที่น้อยกว่าถั่วเหลือง ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากกระบวนการสกัดที่อาจจะยังไม่เหมาะสมกับการทำนมถั่วดาวอินคา

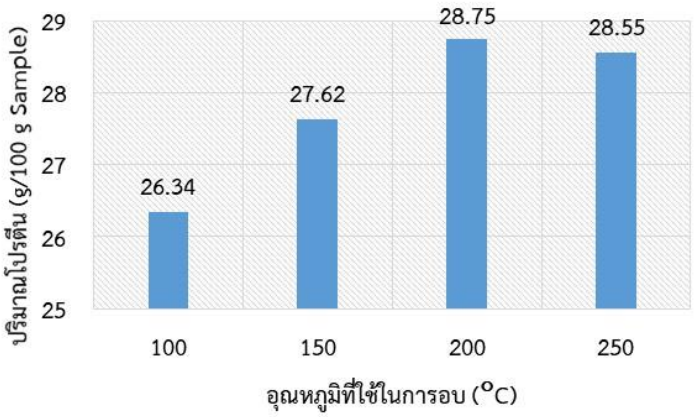


รูปที่ 4.12 ปริมาณโปรตีนในถั่วดาวอินคาเปรียบเทียบระหว่างถั่วและนมจากถั่วเหลือง



รูปที่ 4.13 ปริมาณโปรตีนที่แตกต่างกันจากอัตราส่วนถั่ว:น้ำ (ซ้าย) และปริมาณโปรตีนในนมจากถั่วดาวอินคาดิบ เปรียบเทียบกับถั่วดาวอินคาอบและกากถั่วดาวอินคาหลังจากที่มีการบีบน้ำมัน

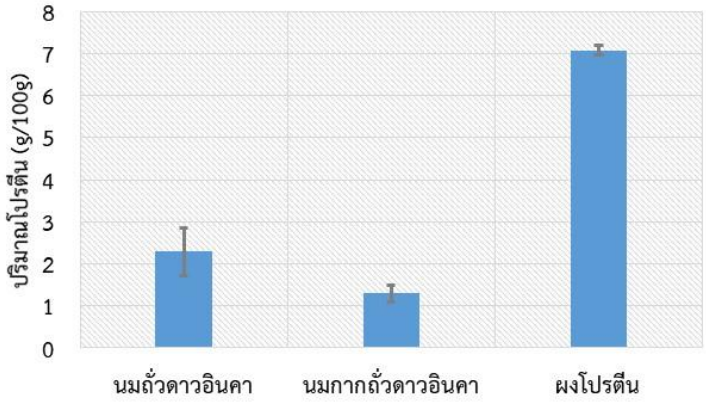
จากการทดลองพบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดระหว่างถั่วกับน้ำคืออัตราส่วนดาวอินคาต่อน้ำเท่ากับ 1:10 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่สามารถสกัดโปรตีนได้ออกมามากที่สุด โดยเมื่อใช้อัตราส่วน 1:6 พบว่าปริมาณโปรตีนที่ได้มีปริมาณที่น้อยกว่าถึง 68.40**%** แต่เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำที่มากเกินไปจะทำให้ได้นมที่เจือจางเกินไป



รูปที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในถั่วดาวอินคาที่อบด้วยอุณหภูมิที่แตกต่างกัน 10 นาที

การอบถั่วดาวอินคานั้นมีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากถั่วที่ดิบจะมีสารประกอบไซยาไนด์ซึ่งมีความเป็นพิษ นอกจากนี้อุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมจะทำให้ถั่วไม่สุก หรือสุกไม่เสมอกัน อย่างไรก็ตามอุณหภูมิที่สูงเกินไปก็จะทำให้ถั่วไหม้ และมีสีเข้มทำให้น้ำนมที่ได้มีกลิ่นแรง มีสีที่ไม่น่ารับประทาน อย่างไรก็ตามจากการทดลองพบว่าการอบถั่วที่อุณหภูมิที่แตกต่างกันตั้งแต่ 100-250 **%** จะมีปริมาณ

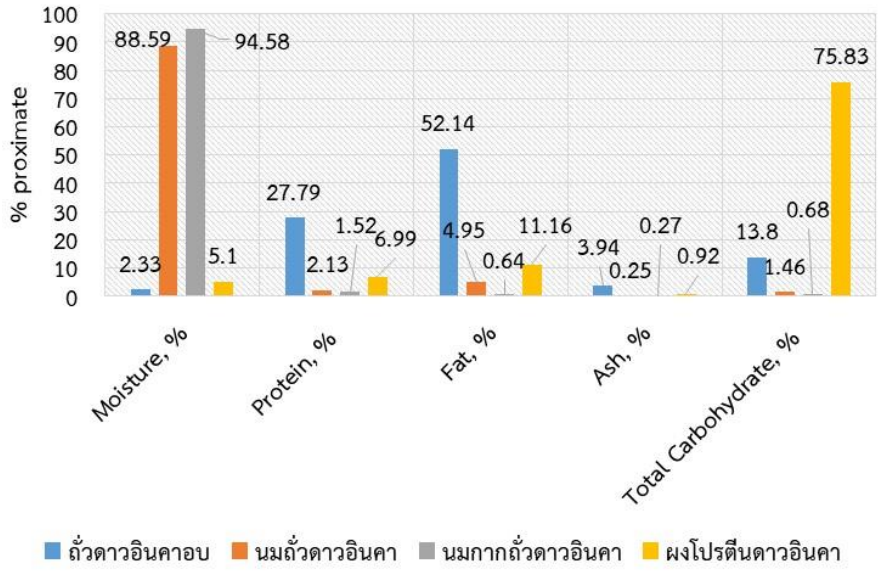
โปรตีนเหลืออยู่ในช่วง 26.34-28.75**%** ซึ่งถือว่าไม่แตกต่างกันมากนัก เมื่อลองทดสอบหาปริมาณโปรตีนในนมถั่วดาวอินคาเมื่อผลิตโดยการสกัดด้วยน้ำและไม่เติมสารเคมีใด ๆ เลยพบว่ามีปริมาณโปรตีนอยู่ที่ 2.29±0.6 g และในนมจากกากถั่วดาวอินคาที่มีการบีบน้ำมันออกไปแล้วคือ 1.3±0.2 เมื่อนำนมถั่วดาวอินคาไประเหยน้ำออกและทำให้เป็นผงพบว่า **%** ของโปรตีนเพิ่มขึ้นเป็น 7.07**%**



รูปที่ 4.15 ปริมาณโปรตีนในนมถั่วดาวอินคาที่ผลิตด้วยวิธีที่ปราศจากการเติมสารเคมี ทำการเปรียบเทียบปริมาณโปรตีนกับนมที่ผลิตจากกากถั่วดาวอินคา และผงโปรตีนถั่วดาวอินคาที่ได้จากการนำนมถั่วดาวอินคาไปทำให้เป็นผง

รูปที่ 4.16 ลักษณะของถั่วดาวอินคาอบและถั่วดาวอินคาอบบดเมื่อเปรียบเทียบกับผงโปรตีนดาวอินคา (ซ้าย) การละลายน้ำของถั่วดาวอินคาบดซึ่งไม่สามารถดละลายน้ำได้เปรียบเทียบกับผงโปรตีนถั่วดาวอินคาซึ่งละลายน้ำได้เป็นอย่างดี (ขวา)

2. ปริมาณเถ้า ไขมัน คาร์โบไฮเดรต

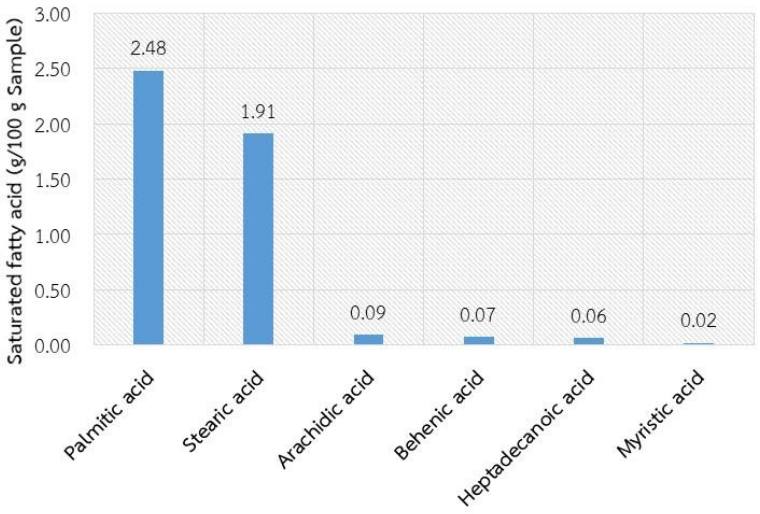


รูปที่ 4.17 % proximate ของถั่วดาวอินคาอบ นมถั่วดาวอินคา นมกากถั่วดาวอินคา และผงโปรตีนดาวอินคา

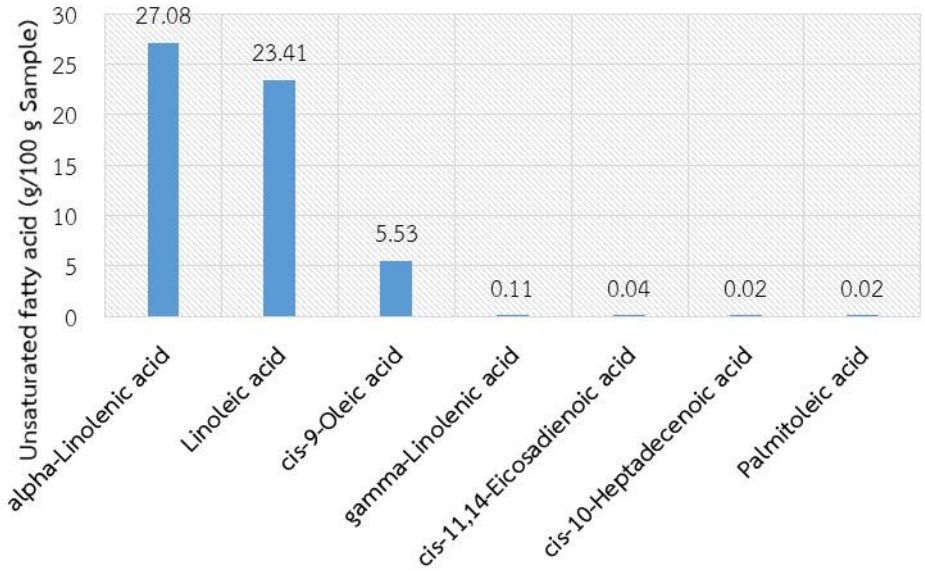
จากผลการทดสอบพบว่า **%** proximate ในตัวอย่างของถั่วดาวอินคาอบ นมทั้งจากถั่วดาวอินคาอบ กากถั่วดาวอินคา และผงโปรตีนดาวอินคามีความแตกต่างกันมากน้อยไปแล้วแต่พารามิเตอร์ โดยพบว่านมกากถั่วมีความชื้นมากที่สุด ส่วนถั่วอบนั้นมีปริมาณของโปรตีนมากที่สุด รวมทั้งไขมันและคาร์โบไฮเดรตที่สูงด้วยเช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตามผงโปรตีนนั้นมีปริมาณของคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุด นอกจากนี้ยังมีการวิเคราะห์หาปริมาณไฟเบอร์โดยพบว่าใน 100 g ของถั่วดาวอินคาประกอบไปด้วยไฟเบอร์ทั้งหมด 16.76 โดยแบ่งออกเป็นไฟเบอร์ที่ละลายน้ำได้ 1.13 g และไฟเบอร์ที่ไม่ละลายน้ำ 15.63 g

4.3.2 ปริมาณกรดไขมันทั้งหมด

จากการวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของกรดไขมันอิ่มตัวในเมล็ดดาวอินคาพบว่ามีปริมาณของกรดกรดปาล์มิติกสูงที่สุดรองลงมากคือกรดสเตียริค สำหรับกรดไขมันไม่อิ่มตัวประกอบไปด้วย alpha-Linolenic acid สูงที่สุดถึง 2.48 g/100 g รองลงมาคือ lenic acid 23.41 g/100 g และ olenic acid 5.53 g/100 g



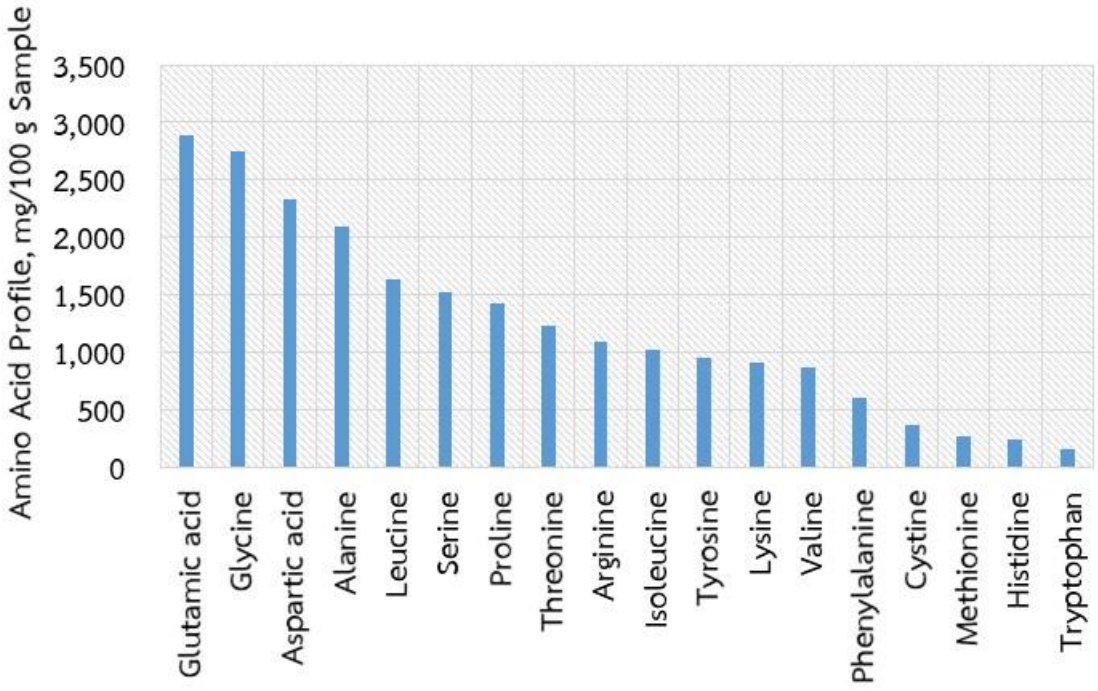
รูปที่ 4.18 ผลการวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของกรดไขมันอิ่มตัวที่พบในถั่วดาวอินคาอบ



รูปที่ 4.19 ผลการวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวที่พบในถั่วดาวอินคาอบ

4.3.3 ปริมาณกรดอะมิโน

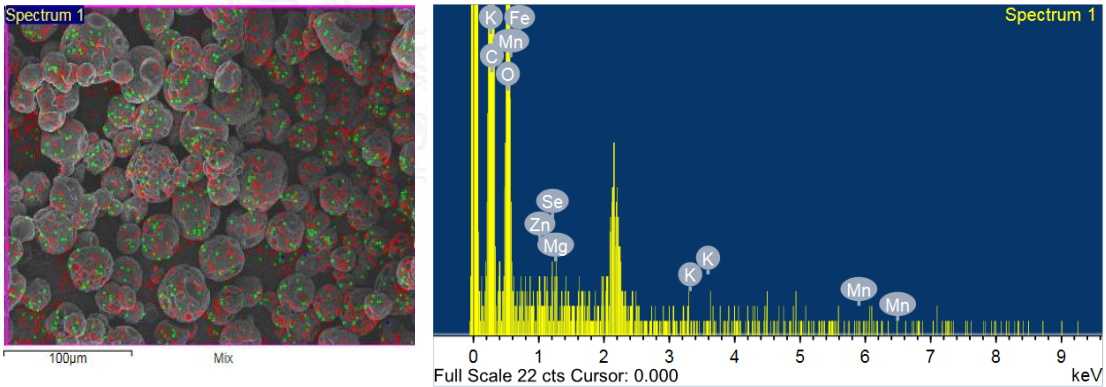
จากการวิจัยหาชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนในถั่วดาวอินคาอบพบว่ามีกรดอะมิโนที่จำเป็นอยู่เรียงลำดับจากมากไปน้อยคือ ลิวซีน ทรีโอนีน ไอโซลิวซีน ไลซีน วาลีน ฟีนีลอะลานีน เมไธโอนีน และทริปโตแฟน ซึ่งมีปริมาณน้อยที่สุดคือ 153 mg/100 g นอกจากนี้ยังมี ฮิสทิดีน ซึ่งเป็นกรดอะมิโนจำเป็นในเด็ก จากที่ได้กล่าวมาแล้วกรดอะมิโนบางกลุ่มที่เมื่อรวมกันแล้วจะทำหน้าที่ได้ดีกว่าเดิมคือ ไอโซลิวซีน ไลซีน วาลีน ซึ่งในดาวอินคามีปริมาณของกรดอะมิโนทั้งสามสูงอยู่ใน 5 อันดับแรก นอกจากนี้ได้งานวิจัยยังพบว่าในถั่วดาวอินคามีปริมาณของกรดกลูตามิก (Glutamic Acid) ในปริมาณที่สูงถึง 2,883 mg/100 g



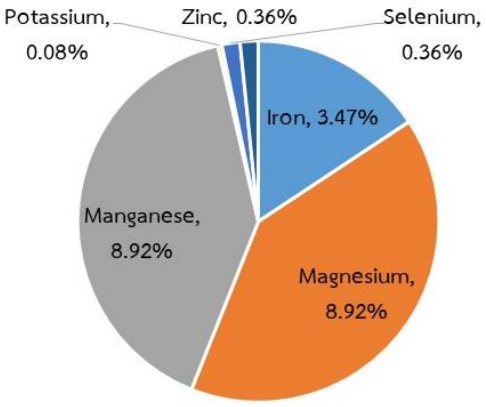
รูปที่ 4.20 กราฟแสดงปริมาณของกรดอะมิโนแต่ละชนิดของถั่วดาวอินคา

4.3.4 ปริมาณแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์ในถั่วดาวอินคาอบ

ถั่วดาวอินคาจัดได้ว่าเป็นพืชที่อุดมไปด้วยแร่ธาตุต่าง ๆ มากมาย ในงานวิจัยนี้ได้ทำการตรวจสอบหาปริมาณของแร่ธาตุต่าง ๆ ที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย โดยใช้เทคนิค Energy Dispersive Spectroscopy (EDS) ควบคู่กับเทคนิค Scanning Electron Microscope (SEM) โดยทำการวิเคราะห์บนพื้นที่ 400x400 μm เพื่อทำการวิเคราะห์แบบเชิงปริมาณ (Qualitative analysis) ในการที่จะเป็นแนวทางในการวิเคราะห์ทางปริมาณด้วยเทคนิค Inductively couple plasma (ICP) จากผลการวิเคราะห์พบว่ามีแร่ธาตุต่าง ๆ ได้แก่ Iron (Fe), Magnesium (Mg), Manganese (Mn), Potassium (K), Selenium (Se), Sodium (Na), Zinc (Zn)

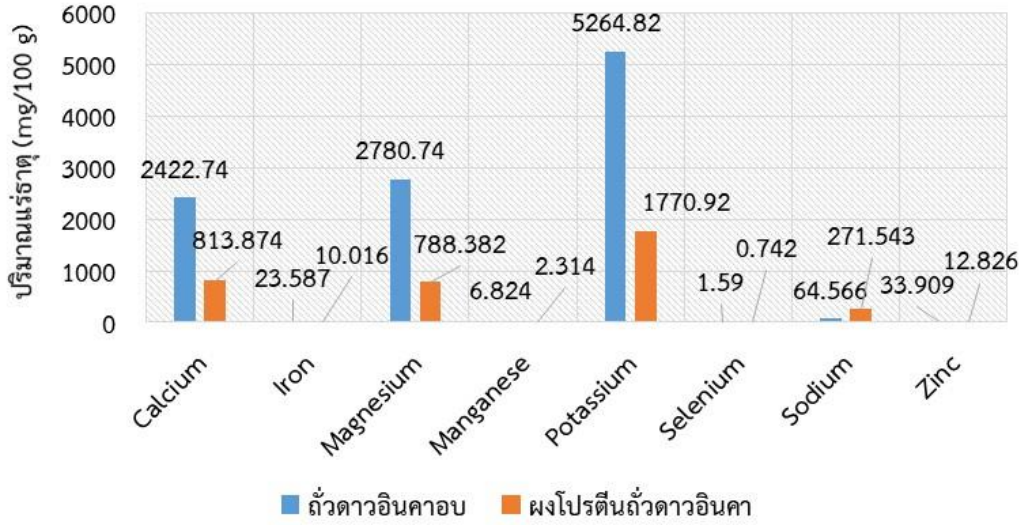


รูปที่ 4.21 ผลการกระจายตัวของแร่ธาตุในถั่วดาวอินคาอบด้วยเทคนิค EDS



รูปที่ 4.22 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุที่มีประโยชน์ในถั่วดาวอินคาอบโดยเทคนิค EDS

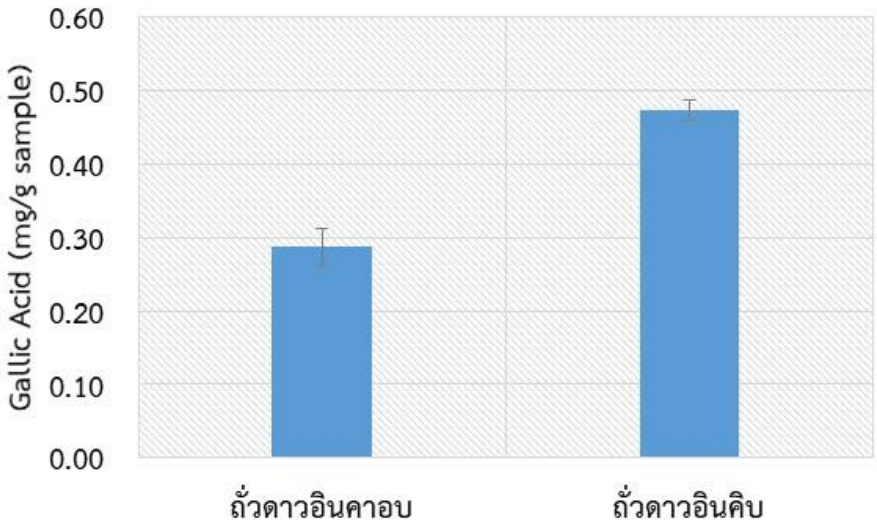
จากผลการวิจัยที่ได้มีการศึกษามาแล้ว ถั่วดาวอินคาประกอบไปด้วยแร่ธาตุต่าง ๆ ที่มีประโยชน์ต่อร่างกายมากมายหลายชนิด อย่างไรก็ตามปริมาณแร่ธาตุนี้อาจจะแตกต่างกันเมื่อถั่วดาวอินคามาจากแหล่งการเพาะปลูกที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ปริมาณของแร่ธาตุแตกต่างกัน เทคนิค EDS เป็นเทคนิคที่มีความสะดวก รวดเร็ว ในการวิเคราะห์หาแร่ธาตุต่าง ๆ เพื่อเป็นการวิเคราะห์เบื้องต้น เนื่องจากเป็นเทคนิคที่เหมาะสมต่อการวิเคราะห์เชิงปริมาณเท่านั้น จากการวิเคราะห์ในเบื้องต้นทำให้ทราบว่าถั่วดาวอินคาที่นำมาวิจัยนี้ประกอบไปแมกนีเซียมในปริมาณสูงที่สุดเท่ากับแมกนีเซียม และประกอบไปด้วยแร่ธาตุอื่นในปริมาณเล็กน้อยได้แก่ เหล็ก สังกะสี โพแทสเซียมและซีลีเนียม ซึ่งจากผลการวิเคราะห์นี้นำไปสู่การวิเคราะห์เชิงปริมาณด้วยเทคนิค ICP พบว่าถั่วดาวอินคาอบประกอบไปด้วยโพแทสเซียมในปริมาณสูงที่สุด รองลงมาคือแมงกานีส และแคลเซียม และพบว่ามีสังกะสี เหล็ก และซีลีเนียมในปริมาณเล็กน้อย เมื่อนำไปทำเป็นผงพบว่าปริมาณแร่ธาตุต่าง ๆ ลดลง สาเหตุที่ทั้งสองเทคนิคให้ผลที่แตกต่างกันเนื่องจากเทคนิค EDS เป็นเพียงการประเมินเบื้องต้น โดยการวิเคราห์เป็นจุดที่จำกัด ซึ่งแตกต่างจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ICP ซึ่งจะมีการทำตัวอย่างให้เป็นเนื้อเดียวกันทั้งหมดก่อนการวิเคราะห์จึงให้ผลที่น่าเชื่อถือมากกว่า



รูปที่ 4.23 ปริมาณแร่ธาตุที่ตรวจพบในถั่วดาวอินคาอบโดยเทคนิค ICP

4.3.5 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของนมถั่วดาวอินคา

จากการวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเพื่อประเมินความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ พบว่าถั่วดาวอินคาอบมีปริมาณของฟีนอลิกที่ลดลง 38.30% นอกจากนี้เมื่อนำถั่วอบดาวอินคาไปทำเป็นนมถั่วดาวอินคาและทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่ามีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 8.68 mg eq Trolox/100 g ตัวอย่าง



รูปที่ 4.24 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของถั่วดาวอินคาเปรียบกันระหว่างถั่วดิบและถั่วอบ

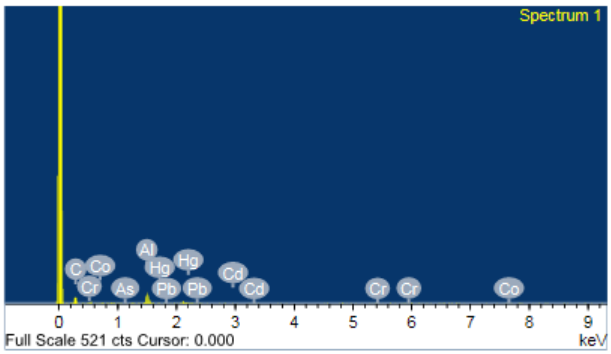
4.3.6 ปริมาณน้ำตาลจากธรรมชาติในนมดาวอินคาที่ปราศจากการเติมสารเคมี

จากผลการทดสอบปริมาณน้ำตาลในธรรมของนมถั่วดาวอินคารสดั้งเดิมซึ่งไม่มีการเติมน้ำตาลลงไปด้วยเทคนิค HPLC พบว่าไม่พบปริมาณน้ำตาลต่าง ๆ ได้แก่ Fructose, Glucose, Sucrose,

Maltose โดยเฉพาะ Lactose โดยมีปริมาณของน้ำตาลทั้งหมด (Total sugar) ที่ < 0.50 g/ 100 ml

4.3.7 ปริมาณโลหะหนักที่เป็นพิษในถั่วดาวอินคาอบ

การผลการวิเคราะห์พบว่าตัวอย่างถั่วดาวอินคาที่นำมาวิจัยไม่มีการปนเปื้อนของโลหะหนักที่มีพิษ



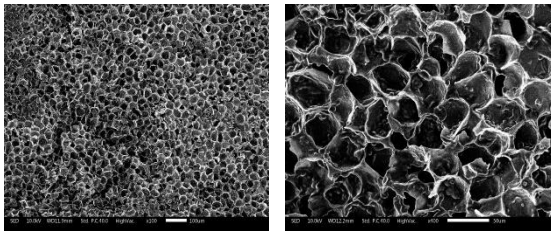
โลหะหนัก	ปริมาณที่พบ
โคบอลต์	ไม่พบ
สารหนู	ไม่พบ
แคดเมียม	ไม่พบ
ปรอท	ไม่พบ
ตะกั่ว	ไม่พบ

รูปที่ 4.25 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักที่เป็นพิษในถั่วดาวอินคาอบโดยเทคนิค EDS

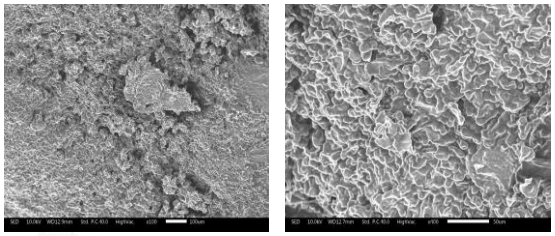
4.4 วิธีวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาย (Physical properties)

4.4.1 การวิเคราะห์โครงสร้างของถั่วดาวอินคาด้วยเทคนิค SEM

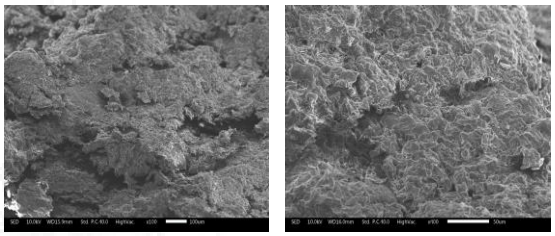
จากการวิเคราะห์ลักษณะโครงสร้างทางกายภาพของถั่วดาวอินคาเปรียบเทียบระหว่างถั่วอบที่สภาวะที่เหมาะสมในการทดลองคือ 120 °C เป็นเวลา 10 นาที และที่ 200 °C เป็นเวลา 10 นาที จากภาพที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค SEM จะสามารถเห็นความแตกต่างระหว่างถั่วที่ผ่านการอบจะมีลักษณะของรูพรุนที่เหมือนกันและมีขนาดที่ใกล้เคียงกัน (Uniform) ในขณะที่ถั่วดิบนั้นจะไม่มีลักษณะที่เป็นรูพรุนเช่นเดียวกับกากถั่วดาวอินคา และเมื่อนำผงโปรตีนของถั่วดาวอินคาไปทดสอบเนื่องจากว่ามีการ encapsulate ด้วยการเติม maltodextrin โดยจากการวิเคราะห์พบว่าได้ลักษณะอนุภาคที่เป็นทรงกลม 1)



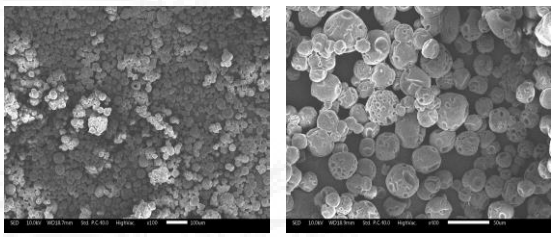
2)



3)



4)



รูปที่ 4.26 ลักษณะโครงสร้างของ 1) ถั่วดาวอินคาอบ 2) ถั่วดาวอินคาดิบ 3) กากถั่วดาวอินคาและ 4) ผงโปรตีนดาวอินคาที่กำลังขยาย 100 เท่า (ซ้าย) และ 400 เท่า (ขวา)

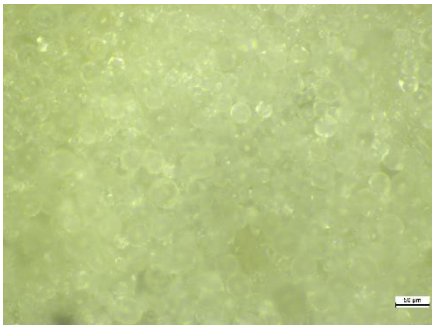
4.5 ผงโปรตีนดาวอินคา

จากการศึกษาทำนมถั่วดาวอินคาปราศจากสารเคมี และการวิเคราะห์คุณค่าทางสารอาหารต่าง ๆ ได้แก่ กรดอะมิโน และกรดไขมัน พบว่าดาวอินคาประกอบไปด้วยสารอาหารที่ครบถ้วนและมีศักยภาพเพียงพอในการทำเป็นผลิตภัณฑ์นมผง จึงได้ทดสอบนำนมดาวอินคาปราศจากสารเคมีไปทำให้เป็นผลด้วยเทคนิค spray dry โดยมีความตั้งใจที่จะทำให้เป็น นมดาวอินคา 100 % จึงไม่ทำการเติมสารเคมีใด ๆ แต่จากการทดลองพบว่าไม่สามารถผลิตได้โดยนมดาวอินคาระเหยหายไปทั้งหมด จึงต้องมีการปรับสภาวะในการทดลองใหม่โดยการเติม maltodextrin จึงได้นมดาวอินคาที่มีลักษณะเป็นผงออกมา

รูปที่ 4.27 เปรียบเทียบลักษณะของถั่วอบ ถั่วอบบดและผงโปรตีนดาวอินคา

เมื่อนำนมดาวอินคาไปทำให้มีลักษณะเป็นผงแล้วพบว่าสามารถลดกลิ่นถั่วของดาวอินคาลงไปได้มาก นอกจากนี้ผงโปรตีนดาวอินคายังมีความสามารถในการละลายในน้ำเย็นได้ดี

รูปที่ 4.28 การทดสอบการละลายของผงโปรตีนดาวอินคาในน้ำเย็น



รูปที่ 4.29 ลักษณะของผงโปรตีนถั่วดาวอินคาเมื่อส่องด้วยกล้อง microscope ที่กำลังขยาย 500 เท่าพบว่ามีลักษณะเป็นทรงกลมมีขนาดที่สม่ำเสมอกัน

4.6 ผลการทดสอบทางจุลชีววิทยา

ตารางที่ 4 เชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ เปรียบเทียบระหว่างถั่วดาวอินคาดิบและนมถั่วดาวอินคา

การทดสอบ	ถั่วดาวอินคาดิบ	นมถั่วดาวอินคา
Aeobic Plate Count (cfu/ml)	< $8.8x10^2$	< 2.5x10 EAPC
Bacillus cerus (cfu/ml)	<1	<1
Clostridium perfringens (cfu/ml)	<1	<1
Coliforms Bacteria (cfu/ml)	<10est	<1est
Escherichia coli (cfu/ml)	<10est	<1est
Salmonella spp. Per 25 ml	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ
Staphylococcus aureus (cfu/ml)	<10est	<1est

จากการทดลองพบว่ามีเชื้อจุลิทรีย์ที่เป็นอันตรายในระดับต่ำมากถึงไม่พบเลยถึงปลอดภัยต่อผู้บริโภค

4.7 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางประสาทสัมผัส (Sensory test)

4.7.1 ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ทดสอบ

การคัดสรรบุคคลเพื่อทำการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส ผู้ทดสอบต้องทำแบบทดสอบพื้นฐานรวมทั้งให้ข้อมูลพื้นฐานส่วนตัว พฤติกรรมในการบริโภคนม รวมทั้งทำแบบทำสอบพฤติกรรมการจับจ่ายใช้สอยและสถานที่การซื้อสินค้า กลุ่มบุคคลชายและหญิงที่ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของนมถั่วดาวอินคามีจำนวนผู้ทดสอบทั้งสิ้น 35 คน มีช่วงอายุตั้งแต่ 20-40 ปี ระดับการศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในระดับอุดมศึกษา รายได้ของผู้ทดสอบอยู่ในช่วงที่ค่อนข้างกว้างตั้งแต่ต่ำกว่า 10,000 ถึงมากกว่า 40,000 บาท รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 5 ข้อมูลทั่วไปของผู้ทดสอบ

ตารางที่ 6 แสดงให้เห็นว่า ผู้ทดสอบทั้งหมดนั้นเคยดื่มนมผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากถั่วและไม่เกิดการแพ้ พร้อมทั้งมีพฤติกรรมการบริโภคนมวัวและนมที่ทำจากถั่วเหลืองส่วนใหญ่ประมาณ 2-3 ครั้งต่อสัปดาห์ นอกจากนี้ผลการทดสอบสอบยังบ่งชี้ว่าผู้ทดสอบส่วนใหญ่ไม่เคยลองดื่มนมที่ทำจากถั่วชนิดอื่นๆ เช่น นมถั่วอัลมอนด์ นมถั่วพิตาชิโอ มาก่อน

ผู้ทดสอบมีพฤติกรรมในการซื้อนมถั่วส่วนใหญ่จากร้านสะดวกซื้อเกินกึ่งนึงของผู้ทดสอบพอใจราคานมถั่วในราคาไม่เกิน 20 บาทต่อหนึ่งหน่วยบริโภค โดยในช่วงระยะเวลา 3 เดือนที่ผ่านมา ผู้ทดสอบซื้อนมถั่วเหลืองยี่ห้อไวตามิลสูงสุด 40**%** แลคตาซอย 26**%** และ โทฟูซัง 14**%** ตามลำดับ รายละเอียดดังตาราง 5 เหตุผลสำคัญที่ผู้ทดสอบเลือกดื่มผลิตภัณฑ์จากนมถั่วคือ รสชาติที่อร่อย ดีต่อสุขภาพ และราคาที่เหมาะสม ดังตารางที่ 7

ผลิตภัณฑ์ดาวอินคาในปัจจุบันมีหลายประเภทและเป็นที่รู้จักของผู้ทดสอบ จากแบบสอบถามบ่งชี้ว่าผู้ทดสอบเคยลองชิมเมล็ดถั่วดาวอินคาอบกรอบและชาดาวอินคาประมาณ 60**%** ขณะที่มีผู้ทดสอบ 14**%** เคยได้ยินหรือรู้จักถั่วดาวอินคามาก่อนแต่ยังไม่เคยทดลองบริโภค

ตารางที่ 5 ข้อมูลทั่วไปของผู้ทดสอบ

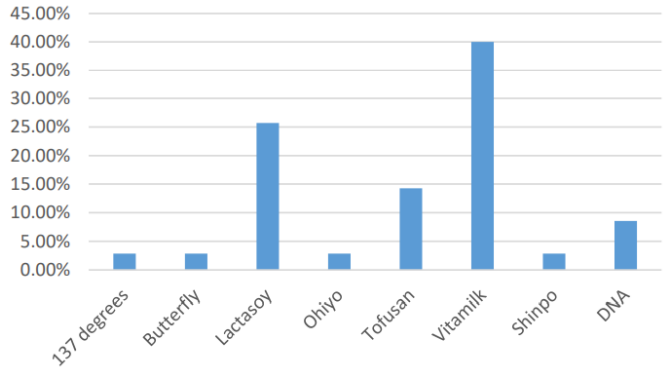
Information		%
Gender	Male	42.9%
	Female	57.1%
Age	20-25 yrs	60.0%
	26-30 yrs	11.4%
	31-35 yrs	17.1%
	36-40 yrs	11.4%
Education	High school or lower	5.7%
	Bachelor	85.7%
	Master's or higher	8.6%
Monthly income	Less than 10,001 Baht	25.7%
	10,001-20,000 Baht	34.3%
	20,001-30,000 Baht	31.4%
	30,001-40,000 Baht	2.9%
	มากกว่า 40,000 Baht	5.7%

ตารางที่ 6 ความถี่ในการซื้อผลิตภัณฑ์นมถั่ว

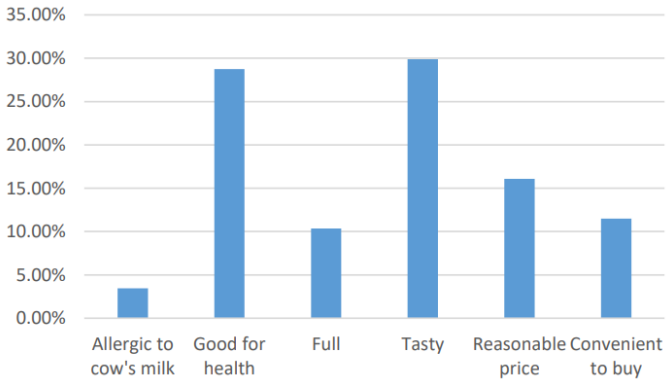
	Cow's milk	Soy milk	Almond milk	Pistachio milk	Mung bean milk
Everyday	14.2%	8.6%	2.9%	2.9%	0%
2-3 times per week	34.2%	34.3%	20.0%	0%	0%
Once a week	14.2%	14.3%	2.9%	0%	2.9%
2-3 times per month	17.1%	25.7%	17.1%	2.9%	0%
Once a month	14.2%	17.1%	20.0%	5.7%	5.7%
Don't drink	5.7%	0%	37.1%	88.6%	91.4%

ตารางที่ 7 ความถี่ของสถานที่ที่ซื้อนมถั่วของผู้ทดสอบ

Information		%
Place purchase	Supermarket	11.4%
	Street vendor	2.9%
	Discount store	2.9%
	Convenience store	82.9%
Average price	Less than 20 Baht	57.1%
	20-24 Baht	22.9%
	25-29 Baht	11.4%
	30-34 Baht	5.7%
	35-39 Baht	2.9%



รูปที่ 4.30 ความถี่ในการซื้อของผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองจากยี่ห้อต่างๆ ของผู้เข้าร่วมทดสอบ



รูปที่ 4.31 เหตุผลที่ซื้อนมถั่วเหลืองของผู้เข้าทดสอบ

4.7.2 การทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสนมถั่วดาวอินคา

หลังจากผู้ทดสอบทำแบบประเมินพื้นฐานของพฤติกรรมการบริโภคนมที่ผลิตจากถั่ว นมถั่วดาวอินคาทั้ง 3 รสชาติ คือ รสต้นตำหรับ รสโกโก้ และรสชาเขียวมัทฉะ ปริมาณ 25 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิของเครื่องดื่ม 5±2 องศาเซลเซียส ถูกนำมาทดสอบทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ทุกครั้งหลังการชิมผู้ทดสอบต้องดื่มน้ำสะอาดก่อนทำการทดสอบรสชาตินมต่อไป ตามลำดับ และให้คะแนนโดยใช้ตัวเลขวัดระดับความพึงพอใจ (1-9 คะแนน) โดยที่ 1 คะแนน หมายถึงพึงพอใจน้อยสุด

ขณะที่ 9 คะแนน หมายถึงพึงพอใจสูงสุด ผลที่ได้จากการทดสอบจากถูกวิเคราะห์โดยใช้หลักการ t-test และ ANOVA รายละเอียดดังหัวข้อ 3.5

รูปที่ 4.32 ลักษณะของนมถั่วดาวอินคาที่ใช้ในการทดสอบ

รูปที่ 4.33 ภาพระหว่างการทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อนมถั่วดาวอินคา

การทดลองช่วงที่ 1 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของนมถั่วดาวอินคารสต้นตำหรับเปรียบเทียบกับนมอัลมอนด์ (137 degrees)

ผลทดสอบของการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของนมถั่วดาวอินคาเปรียบเทียบกับนมอัลมอนด์ในด้านของสีสัน กลิ่นถั่ว รสชาติ ความหวาน รสสัมผัส และองค์ประกอบรวม ตามตารางที่ ผลทดสอบบ่งชี้ว่าผู้ทดสอบชื่นชอบนมอัลมอนด์มากกว่านมถั่วดาวอินคาในทุกประสาทสัมผัสอย่างมี

นัยยะสำคัญยกเว้นด้านสีสัน โดยมีค่าความชื่นชอบองค์ประกอบรวมระดับปานกลางค่อนไปทางสูง คือ 6.8 คะแนนจากคะแนนเต็ม 9 คะแนน ในขณะที่นมถั่วดาวอินคามีค่าความชื่นชอบระดับปานกลางค่อนไปทางต่ำ คือ 4.5 คะแนน โดยที่การเพิ่มความหวานให้กับนมถั่วดาวอินคา เป็นสิ่งที่ต้องปรับปรุงมากที่สุด

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนของคะแนนความชอบของนมอัลมอนด์และนมดาวอินคา

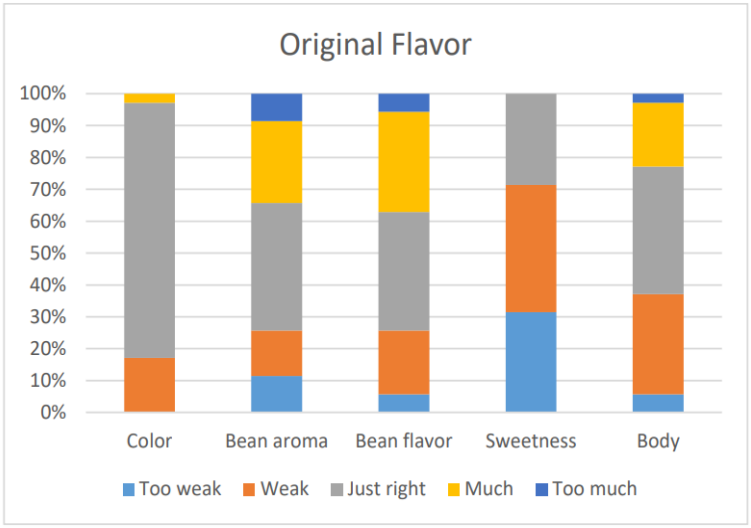
Sample	Color^{ns}	Bean aroma	Bean flavor	Sweetness	Body	Overall liking
Almond	6.8±1.3	7.7±1.1^{a}	6.5±1.5^{a}	5.6±2.0^{a}	6.2±1.3^{a}	6.8±1.3^{a}
Original	7.1±1.0	4.7±1.8^{b}	4.2±2.2^{b}	4.0±2.1^{b}	5.0±2.1^{b}	4.5±1.9^{b}

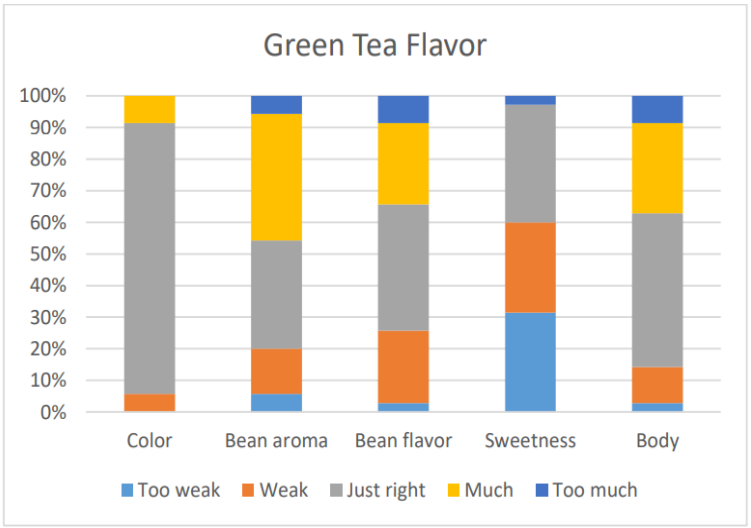
Note: Different letter denotes significant difference ($p<0.05$).

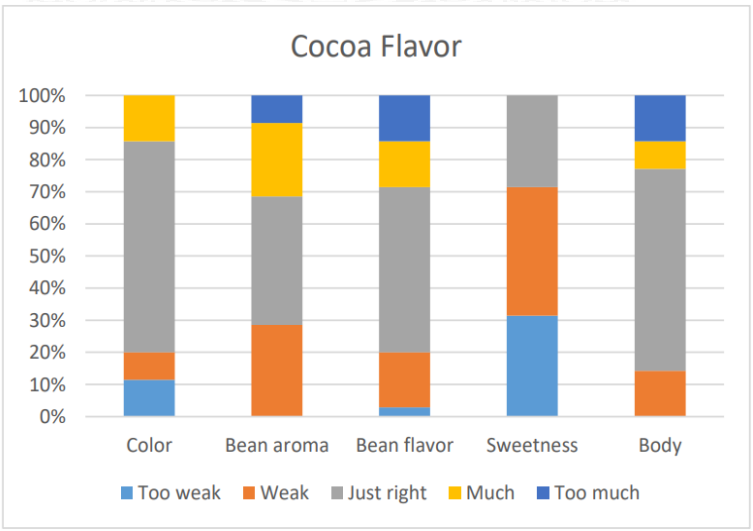
การเปรียบเทียบนมดาวอินคาทั้ง 3 รสชาติ ได้แก่ รสต้นตำหรับ รสโกโก้ และ รสชาเชียวมัท ฉะถือเป็นการเพิ่มทางเลือกอย่างหนึ่งเพื่อเพิ่มการแข่งขันทางการตลาด การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของนมถั่วดาวอินคาเปรียบเทียบกันในด้านของสีสัน กลิ่นถั่ว รสชาติ ความหวาน รสสัมผัส และองค์ประกอบรวม เช่นเดียวกัน ผลทดสอบบ่งชี้ว่าผู้ทดสอบชื่นชอบนมดาวอินคารสโกโก้มากกว่ารสชาติอื่นอย่างมีนัยยะสำคัญ ดังตารางที่ 9 รูปกราฟ just-about-right แสดงว่าผู้ทดสอบไม่พึงพอใจนมถั่วดาวอินคาเนื่องจากกลิ่นและรสเฉพาะของถั่วดาวอินคา รวมถึงความหวานที่น้อยเกินไป การที่ผู้ทดสอบชื่นชอบนมดาวอินคารสโกโก้มากกว่ารสชาติอื่นนั้น มีความเป็นไปได้ว่ากลิ่นของโกโก้ลบเลือนกลิ่นถั่วดาวอินคา ในขณะที่รสสัมผัสของนมถั่วดาวอินคามีลักษณะเหมือนเมล็ดทรายละเอียดทำให้ยากในการดื่มและกลืน

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนของคะแนนความชอบของนมดาวอินคาทั้ง 3 รสชาติ

Sample	Color^{ns}	Bean aroma^{ns}	Bean flavor^{ns}	Sweetness^{ns}	Body^{ns}	Overall liking^{ns}
Original	6.9±1.1	5.3±1.9	5.4±1.9	5.2±1.8	5.7±1.7	5.7±1.7
Green tea	6.7±1.7	5.8±2.1	5.8±1.8	5.3±2.0	5.9±1.7	5.9±1.8
Cocoa	6.6±1.6	6.1±1.8	6.2±1.8	5.4±1.9	6.3±1.7	6.4±1.7







รูปที่ 4.34 การทดสอบ Just-about-like

การทดลองช่วงที่ 2 ให้ความรู้และรายละเอียดคุณค่าทางอาหารแก่ผู้ทดสอบพร้อมทั้งเพิ่มรสหวานของนมถั่วดาวอินคา จากนั้นทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

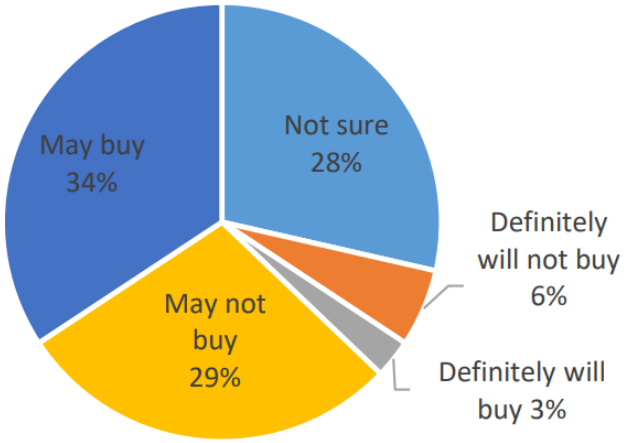
การให้ความรู้และรายละเอียดคุณค่าทางอาหารพื้นฐานแก่ผู้ทดสอบในแง่ของนมแบบโปรตีนสูง มีไขมันดีที่มีประโยชน์และมีโอเมก้า 3,6,9 รวมทั้งไม่มีไขมันทรานส์และไม่มีคลอเรสเตอรอล ผลการประเมินบ่งชี้ว่าผู้ทดสอบมีความชื่นชอบมากนมถั่วดาวอินคาเพิ่มมากขึ้น แต่ยังไม่เป็นที่แน่ชัดว่าคะแนนที่เพิ่มมากขึ้นมาจากข้อมูลความรู้และรายละเอียดคุณค่าทางอาหารและ/หรือมาจากการเพิ่มปริมาณน้ำตาลที่เพิ่มในนมถั่วดาวอินคา

รูปที่ 4.35 ความรู้เกี่ยวกับดาวอินคาที่ให้แก่ผู้เข้าร่วมทดสอบ

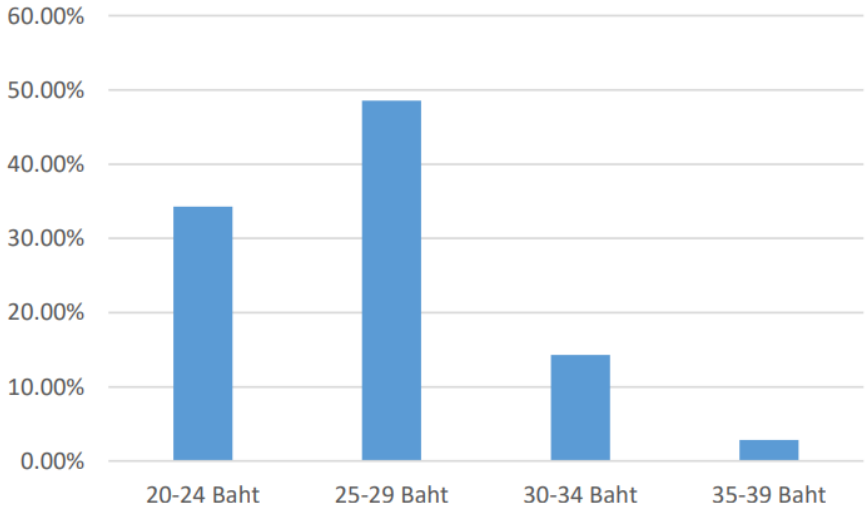
4.7.3 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ผู้ทดสอบมีแนวโน้มที่จะซื้อนมถั่วดาวอินคาคิดเป็น 34% ขณะที่แนวโน้มที่จะไม่ซื้อนมถั่วดาวอินคาคิดเป็น 29% ขณะที่ผู้ทดสอบอีก 28% ไม่สามารถตัดสินใจได้ ผู้ทดสอบที่จะไม่ซื้อนมถั่วดาวอินคาอย่างแน่นอนคิดเป็น 6% เนื่องจากรสชาติที่ไม่ถูกปาก มีกลิ่นและรสถั่วที่รุนแรงจนเกินไปและมีรสหวานไม่เพียงพอ รวมทั้งเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ผู้บริโภคไม่คุ้ยเคยต่อตัวสินค้า แต่เนื่องด้วยผลวิจัยของนมถั่วดาวอินคานั้นมีคุณค่าทางอาหารสูง โปรตีนสูง มีไขมันดีที่มีประโยชน์และมีโอเมก้า 3, 6, 9 รวมทั้งไม่มีไขมันทรานส์และไม่มีคลอเรสเตอรอลทำให้ยังมีความสามารถในการดึงดูดและชักจูงผู้บริโภค หากมีการพัฒนารสชาติต่อไปโดยการเพิ่มความหวานของนมถั่วดาวอินคา

ในด้านราคาต่อนมถั่วดาวอินคาที่ผู้ทดสอบส่วนใหญ่ประมาณ 50% ยินดีที่จะซื้อผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วงราคา 25-29 บาท ขณะที่ประมาณ 34% ของผู้ทดสอบยินดีที่จะซื้อผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วงราคา 20-24 บาท



รูปที่ 4.36 การตัดสินใจซื้อหรือไม่ซื้อของผู้เข้าร่วมทดสอบ

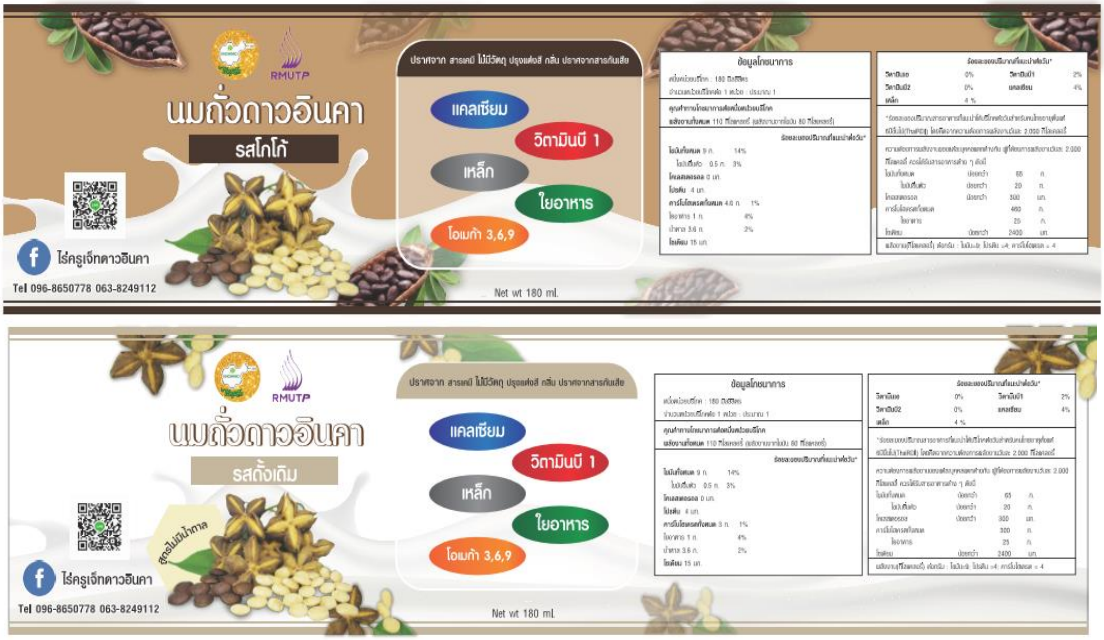


รูปที่ 4.37 ราคาของนมถั่วดาวอินคาที่ผู้เข้าทดสอบคิดว่าเหมาะสม

4.8 ผลการออกแบบบรรจุภัณฑ์

จากหัวข้อวิธีการออกแบบบรรจุภัณฑ์รายละเอียดดังหัวข้อ 3.5 นั้น องค์ประกอบที่สำคัญบนบรรจุภัณฑ์ ดังนี้

องค์ประกอบบรรจุภัณฑ์	รายละเอียด
1. ชื่อสินค้า	นมถั่วดาวอินคา
2. สัญลักษณ์ทางการค้า	เนื่องด้วยผู้ประกอบการมีสัญลักษณ์ทางสินค้าแล้วจึงนำมาใช้เป็นส่วนหนึ่งในข้อความบนฉลากสินค้า)
3. รายละเอียดของสินค้า	นมถั่วดาวอินคารสต้นตำหรับ/ นมถั่วดาวอินคารสชาเขียวมัทฉะ/ นมถั่วดาวอินคารสโกโก้
4. รายละเอียดส่งเสริมการขาย	ปราศจากสารกันเสีย ไม่ปรุงแต่งสี กลิ่น และสารกินเสีย มีแคลเซียม เหล็ก วิตามินบี 1 เหล็ก ใยอาหาร โอเมก้า 3,6,9
5. รูปภาพบ่งชี้รายละเอียดสินค้า	ถั่วดาวอินคา
6. ส่วนประกอบของสินค้า	ถั่วดาวอินคา น้ำ ผงโกโก้/ผลมัทฉะ (ถ้ามี)
7. ปริมาณ	180 มิลลิลิตร
8. ชื่อผู้ผลิตและผู้จำหน่าย	ไร่ครูเจ็ทดาวอินคา 0968650778, 0638249112



รูปที่ 4.38 ฉลากผลิตภัณฑ์นมถั่วดาวอินคา 3 รสชาติ ประกอบด้วยรสต้นตำหรับ รสโกโก้ และรสชาเขียวมัทชะ

รูปที่ 4.39 ผลิตภัณฑ์นมถั่วดาวอินคาประกอบด้วยรสต้นตำหรับ รสโกโก้ และรสชาเขียวมัทชะ

4.8.1 ฉลากโภชนาการ

ฉลากโภชนาการถือเป็นข้อมูลที่สำคัญที่สามารถบ่งชี้ถึงปริมาณสารอาหาร มีประโยชน์ในการการประเมินคุณภาพของอาหารอีกทั้งยังสามารถใช้เป็นข้อมูลเพื่อการพัฒนาสูตรอาหารหรือการกำหนดสารอาหารให้มีความเหมาะสมกับผู้บริโภคในวัยต่างๆ อีกทั้งยังสามารถคัดกรองวัตถุดิบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ได้อีกด้วย

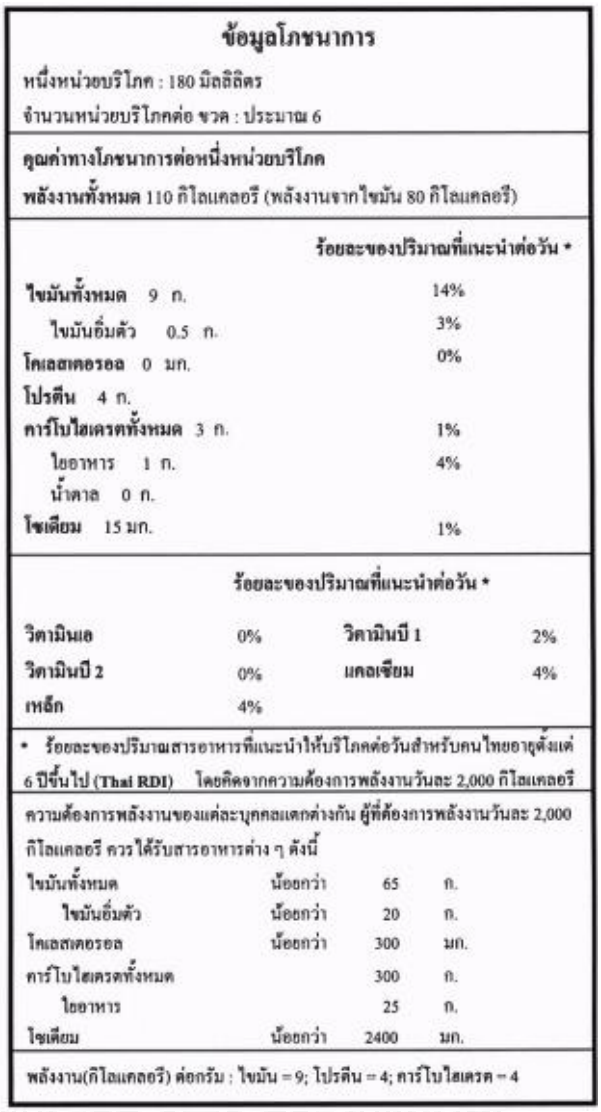
นมถั่วดาวอินคาและนมจากกากถั่วดาวอินคาที่วิจัยและพัฒนาได้ถูกนำไปวิเคราะห์ ณ ห้องปฏิบัติการ บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด (สำนักงานใหญ่) ภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขนเลขที่ 50 ถ.พหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900 ซึ่งเป็นบริษัทที่ได้รับการยอมรับทั้งภาครัฐและเอกชน

1. **ข้อมูลโภชนาการนมถั่วดาวอินคา**

รายการทดสอบ	ต่อ 100 มิลลิลิตร	ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค	%RDI	วิธีทดสอบอ้างอิง
พลังงานทั้งหมด (กิโลแคลอรี)	58.91	110.00	-	Compendium of method for food Analysis (2003), C2
พลังงานจากไขมัน (กิโลแคลอรี)	44.55	80.00	-	Compendium of method for food Analysis (2003), C2
ไขมันทั้งหมด (ก.)	4.95	9.00	14	In-house method based on AOAC (2012),C35.948.15
ไขมันอิ่มตัว (ก.)	0.38	0.50	3	In-house method based on Compendium of method for food Analysis(2003),p2-33 to 2-36
โคเลสเตอรอล (มก.)	ไม่พบ	0.00	0	In-house method based on AOAC (2012),C45,994.10
โปรตีน (ก.) (%N x 6.25)	2.13	4.00	-	In-house method based on AOAC (2012),C39,981.10
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (ก.)	1.46	3.00	1	Compendium of method for food Analysis (2003), C2
ใยอาหาร (ก.)	0.74	1.00	4	In house method based on AOAC (2012) 985.29
น้ำตาล (ก.)	0.00	0.00	-	Compendium of method for food analysis (2003), C2, p84-86
โซเดียม (มก.)	9.33	15.00	1	In-house method based on AOAC (2012) 984.27 by ICP-OES
วิตามินเอ (มคก.)	ไม่พบ	(0.00)	0	Compendium of method for food analysis (2003), p2-95 to p2-98
วิตามินบี 1 (มก.)	0.023	(0.04)	2	In-house method based on AOAC (2012),C45,942.23
วิตามินบี 2 (มก.)	ไม่พบ	(0.00)	0	In-house method based on J. Agric food chem. (1984), 32 p1326-1331
แคลเซียม (มก.)	20.56	(37.01)	4	In-house method based on AOAC (2012) 984.27 by ICP-OES
เหล็ก (มก.)	0.29	(0.52)	4	In-house method based on AOAC (2012) 984.27 by ICP-OES
เถ้า (ก.)	0.25	-	-	In-house method based on AOAC (2012) , C35, 938.08
ความชื้น (ก.)	88.59	-	-	In-house method based on AOAC (2012), C44, 925.45 (A)

รูปที่ 4.40 คุณค่าทางโภชนาการของนมถั่วดาวอินคา

คุณค่าทางโภชนาการต่อ 1 หน่วยบริโภค ที่ปรากฏบนฉลากที่บ่งชี้ว่าหากรับประทานนมเท่ากับ 180 มิลลิลิตร จะได้รับพลังงานทั้งสิ้น 110 กิโลแคลอรี มาจากไขมัน 80 กิโลแคลอรี ปริมาณสารอาหารที่ได้รับประกอบด้วย ไขมัน 9 กรัม (ไขมันอิ่มตัว 0.5 กรัม) โปรตีน 4 กรัม คาร์โบไฮเดรต 3 กรัม มีใยอาหาร 1 กรัม และโซเดียม 15 มิลลิกรัม ในขณะที่ปริมาณวิตามินและแร่ธาตุประกอบด้วย วิตามินบีหนึ่ง 2% แคลเซียม 4% และเหล็ก 4%



ข้อมูลโภชนาการ

หนึ่งหน่วยบริโภค : 180 มิลลิลิตร

จำนวนหน่วยบริโภคต่อ ขวด : ประมาณ 6

คุณค่าทางโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค

พลังงานทั้งหมด 110 กิโลแคลอรี (พลังงานจากไขมัน 80 กิโลแคลอรี)

	ร้อยละของปริมาณที่แนะนำต่อวัน *
ไขมันทั้งหมด 9 ก.	14%
ไขมันอิ่มตัว 0.5 ก.	3%
โคเลสเตอรอล 0 มก.	0%
โปรตีน 4 ก.	
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด 3 ก.	1%
ใยอาหาร 1 ก.	4%
น้ำตาล 0 ก.	
โซเดียม 15 มก.	1%

ร้อยละของปริมาณที่แนะนำต่อวัน *			
วิตามินเอ	0%	**วิตามินบี 1**	2%
วิตามินบี 2	0%	**แคลเซียม**	4%
เหล็ก	4%		

* ร้อยละของปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (**Thai RDI**) โดยคิดจากความต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี

ความต้องการพลังงานของแต่ละบุคคลแตกต่างกัน ผู้ที่ต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี ควรได้รับสารอาหารต่าง ๆ ดังนี้

ไขมันทั้งหมด	น้อยกว่า	65	ก.
ไขมันอิ่มตัว	น้อยกว่า	20	ก.
โคเลสเตอรอล	น้อยกว่า	300	มก.
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด		300	ก.
ใยอาหาร		25	ก.
โซเดียม	น้อยกว่า	2400	มก.

พลังงาน(กิโลแคลอรี) ต่อกรัม : ไขมัน = 9; โปรตีน = 4; คาร์โบไฮเดรต = 4

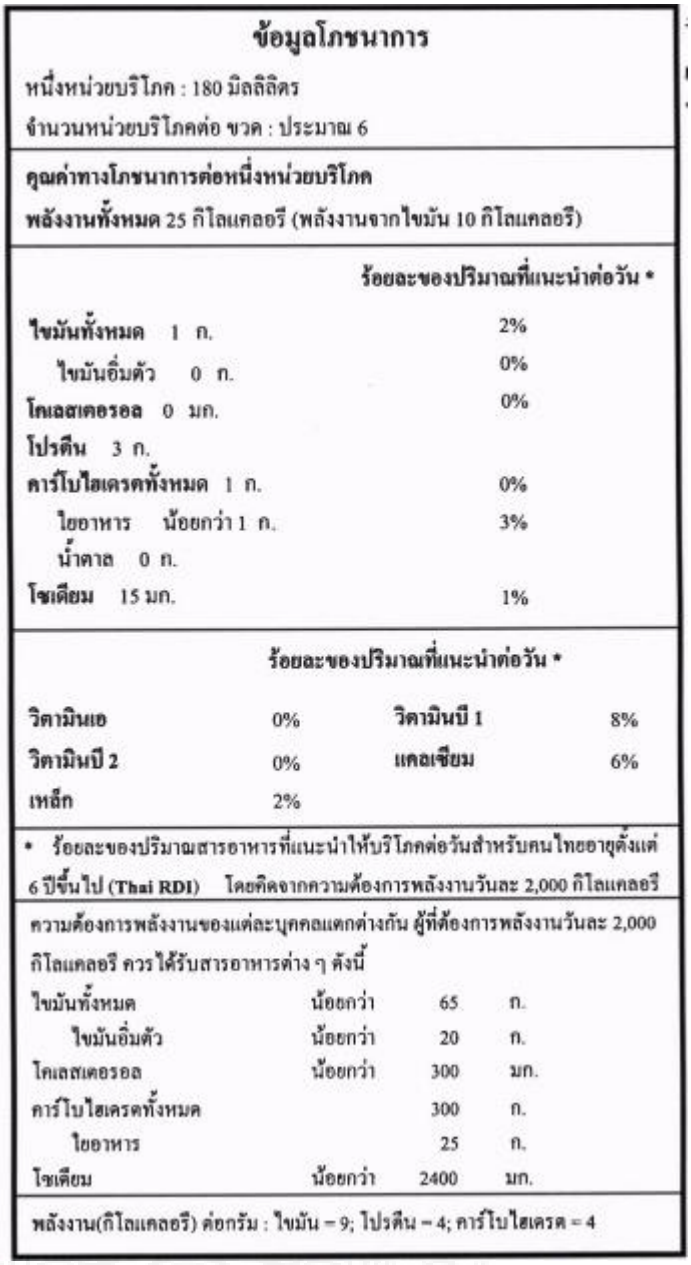
รูปที่ 4.41 ฉลากข้อมูลทางโภชนาการของนมถั่วดาวอินคา

2. ผลการทดสอบนมกากถั่วดาวอินคา

รายการทดสอบ	ต่อ 100 มิลลิลิตร	ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค	%RDI	วิธีทดสอบอ้างอิง
พลังงานทั้งหมด (กิโลแคลอรี)	14.56	25.00	-	Compendium of method for food Analysis (2003), C2
พลังงานจากไขมัน (กิโลแคลอรี)	5.76	10.00	-	Compendium of method for food Analysis (2003), C2
ไขมันทั้งหมด (ก.)	0.64	1.00	2	In-house method based on AOAC (2012),C35.948.15
ไขมันอิ่มตัว (ก.)	0.15	0.00	0	In-house method based on Compendium of method for food Analysis(2003),p2-33 to 2-36
โคเลสเตอรอล (มก.)	ไม่พบ	0.00	0	In-house method based on AOAC (2012),C45,994.10
โปรตีน (ก.) (%N x 6.25)	1.52	3.00	-	In-house method based on AOAC (2012),C39,981.10
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (ก.)	0.68	1.00	0	Compendium of method for food Analysis (2003), C2
ใยอาหาร (ก.)	0.39	น้อยกว่า 1	3	In house method based on AOAC (2012) 985.29
น้ำตาล (ก.)	0.00	0.00	-	Compendium of method for food analysis (2003), C2, p84-86
โซเดียม (มก.)	8.20	15.00	1	In-house method based on AOAC (2012) 984.27 by ICP-OES
วิตามินเอ (มคก.)	ไม่พบ	(0.00)	0	Compendium of method for food analysis (2003), p2-95 to p2-98
วิตามินบี 1 (มก.)	0.064	(0.12)	8	In-house method based on AOAC (2012),C45,942.23
วิตามินบี 2 (มก.)	น้อยกว่า 0.020	(0.01)	0	In-house method based on J. Agric food chem. (1984), 32 p1326-1331
แคลเซียม (มก.)	23.00	(41.40)	6	In-house method based on AOAC (2012) 984.27 by ICP-OES
เหล็ก (มก.)	0.19	(0.34)	2	In-house method based on AOAC (2012) 984.27 by ICP-OES
เถ้า (ก.)	0.27	-	-	In-house method based on AOAC (2012) , C35, 938.08
ความชื้น (ก.)	94.58	-	-	In-house method based on AOAC (2012), C44, 925.45 (A)

รูปที่ 4.42 คุณค่าทางโภชนาการของนมกากถั่วดาวอินคา

คุณค่าทางโภชนาการต่อ 1 หน่วยบริโภคของนมจากกากถั่วดาวอินคาที่ปรากฏบนฉลากที่บ่งชี้ว่าหากรับประทานนมเท่ากับ 180 มิลลิลิตร จะได้รับพลังงานทั้งสิ้น 25 กิโลแคลอรี มาจากไขมัน 10 กิโลแคลอรี ปริมาณสารอาหารที่ได้รับประกอบด้วย ไขมัน 1 กรัม โปรตีน 3 กรัม คาร์โบไฮเดรต 1 กรัม มีใยอาหารน้อยกว่า 1 กรัม และโซเดียม 15 มิลลิกรัม ในขณะที่ปริมาณวิตามินและแร่ธาตุประกอบด้วย วิตามินบีหนึ่ง 8% แคลเซียม 6% และเหล็ก 2%



ข้อมูลโภชนาการ

หนึ่งหน่วยบริโภค : 180 มิลลิลิตร

จำนวนหน่วยบริโภคต่อ ขวด : ประมาณ 6

คุณค่าทางโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค

พลังงานทั้งหมด 25 กิโลแคลอรี (พลังงานจากไขมัน 10 กิโลแคลอรี)

		ร้อยละของปริมาณที่แนะนำต่อวัน *
ไขมันทั้งหมด	1 ก.	2%
ไขมันอิ่มตัว	0 ก.	0%
โคเลสเตอรอล	0 มก.	0%
โปรตีน	3 ก.	
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด	1 ก.	0%
ใยอาหาร	น้อยกว่า 1 ก.	3%
น้ำตาล	0 ก.	
โซเดียม	15 มก.	1%

	ร้อยละของปริมาณที่แนะนำต่อวัน *		
วิตามินเอ	0%	**วิตามินบี 1**	8%
วิตามินบี 2	0%	**แคลเซียม**	6%
เหล็ก	2%		

* ร้อยละของปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (**Thai RDI**) โดยคิดจากความต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี

ความต้องการพลังงานของแต่ละบุคคลแตกต่างกัน ผู้ที่ต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี ควรได้รับสารอาหารต่าง ๆ ดังนี้

ไขมันทั้งหมด	น้อยกว่า	65	ก.
ไขมันอิ่มตัว	น้อยกว่า	20	ก.
โคเลสเตอรอล	น้อยกว่า	300	มก.
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด		300	ก.
ใยอาหาร		25	ก.
โซเดียม	น้อยกว่า	2400	มก.

พลังงาน(กิโลแคลอรี) ต่อกรัม : ไขมัน = 9; โปรตีน = 4; คาร์โบไฮเดรต = 4

รูปที่ 4.43 ฉลากข้อมูลทางโภชนาการของนมกากถั่วดาวอินคา

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการระหว่างนมถั่วดาวอินคาและนมกากถั่วดาวอินคา

คุณค่าทางโภชนาการ	นมถั่วดาวอินคา	นมกากถั่วดาวอินคา
พลังงาน	110 กิโลแคลอรี	25 กิโลแคลอรี
ไขมัน	80 กิโลแคลอรี	10 กิโลแคลอรี
ไขมัน	9 กรัม	1 กรัม
โปรตีน	4 กรัม	3 กรัม
คาร์โบไฮเดรต	3 กรัม	1 กรัม
ใยอาหาร	1 กรัม	<1 กรัม
โซเดียม	15 มิลลิกรัม	15 มิลลิกรัม
วิตามินบีหนึ่ง	2%	8%
แคลเซียม	4%	6%
เหล็ก	4%	2%

4.9 การถ่ายทอดเทคโนโลยี

หลังจากสิ้นเสร็จการวิจัยได้มีการถ่ายทอดเทคโนโลยีแก่ผู้ประกอบการ โดยส่งวิธีการทำนมถั่วดาวอินคาและผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการแก่ผู้ประกอบการและบรรจุภัณฑ์ต้นแบบ โดยขณะนี้ได้มีการเริ่มจำหน่ายสินค้านมถั่วดาวอินคา โดยผู้ประกอบการไร่ครูเจ็ท ดาวอินคา ซึ่งนับว่าเป็นครั้งแรกในประเทศไทย

รูปที่ 4.44 นมถั่วดาวอินคา เจ้าแรกในประเทศไทย ผลงานจากคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร โดยไร่ครูเจ็ทดาวอินคา

บทที่ 5. สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปและอภิปรายผล

นมเป็นอาหารอีกประเภทหนึ่งที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภคเป็นอย่างมาก ส่วนมากแล้วนมที่ได้รับความนิยมในการบริโภคเป็นอย่างมากคือนมวัว เนื่องจากนอกจากจะให้พลังงาน ทำให้อิ่มแล้วยังให้คุณค่าสารอาหารที่หลากหลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต แร่ธาตุต่าง ๆ โดยเฉพาะแคลเซียม ปัจจุบันมีการแข่งขันทางการตลาดของนมที่สูงมากขึ้นทำให้ผู้ผลิตต้องมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ซึ่งนอกจากจะให้เป็นเพียงอาหารที่ทำให้อิ่มแล้วยังต้องตอบโจทย์อื่น ๆ อีกด้วยได้แก่ มีคุณค่าทางสารอาหารสูง ราคาไม่แพง และมีความสามารถในการชักจูงใจผู้บริโภคได้ นมจากถั่วเป็นอีกตัวเลือกหนึ่งที่สามารถเจาะกลุ่มตลาดในกลุ่มเด็กที่แพ้นมวัว (Cow milk allergy) ซึ่งเกิดจากกลไกการแพ้เหมือนกับการแพ้ อาหาร ยา หรือสารอื่น ๆ โดยระบบภูมิคุ้มกันต้านทานของร่างกายที่ผิดปกติจะพยายามกำจัดโปรตีนในนมวัว ทำให้เกิดอาการแพ้โดยเฉพาะอาการทางระบบทางเดินอาหาร และระบบอื่น ๆ เช่น ผิวหนัง และทางเดินหายใจ โดยทั่วไปจะเกิดในเด็ก นอกจากนี้ยังมีกลุ่มผู้บริโภคที่มีภาวะหรือขาดเอนไซม์ (Enzyme) หรือน้ำย่อยแลคเตส (Lactase deficiency) ทำให้ไม่สามารถย่อยน้ำตาลแลคโตส (Lactose) ที่มีในนมได้ โดยจะพบได้บ่อยในเด็กโตและในผู้ใหญ่ ทำให้เกิดท้องเสียหลังดื่มนม [22] นอกจากนี้ยังมีกลุ่มผู้บริโภคที่ไม่รับประทานเนื้อสัตว์ หรือมังสวิรัต กลุ่มผู้ออกกำลังกายที่ต้องการโปรตีนสูง และกรดอะมิโนบางตัวเป็นพิเศษ และผู้ต้องการลดน้ำหนัก ทำให้นมจากดาวอินคาน่าจะมีแนวโน้มที่ดีในการเจาะตลาดผู้บริโภคนม โดยในการวิจัยนี้พบว่า

1. นมถั่วดาวอินคามีศักยภาพในการที่จะพัฒนาเป็นนมผงสำหรับเด็กเนื่องจากในงานวิจัยนี้พบว่ามีปริมาณโปรตีนสูงประมาณ 4 กรัมต่อ 1 หน่วยบริโภคโดยไม่มีสารเติมสารเคมีใด ๆ ทั้งสิ้น โดยใช้กระบวนการผลิตนมที่ง่าย เพื่อให้สามารถเกษตรกรสามารถผลิตขายและนำออกจำหน่วยได้จริงโดยไม่ต้องใช้เครื่องมือที่ยุ่งยาก แต่เน้นเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพนอกจากนี้ยังพบว่ามีกรดอะมิโนที่จำเป็นสำหรับเด็กคือฮีสทิดีน และกรดไขมันต่าง ๆ ได้แก่ กรดไขมันแอลฟาไลโนเลนิก (Alpha-Linolenic Acid: ALA) คือ กรดไขมันที่สร้างกรดไขมันโอเมก้า 3 ชนิดอื่นขึ้นมาโดยร่างกายไม่สามารถสร้างขึ้นมาได้ต้องรับมาจากการรับประทานอาหารโดยจากการวิจัยพบว่ามีในปริมาณที่สูงมากคือ 27g/100 g ตัวอย่าง ซึ่งมีความสำคัญมากต่อพัฒนาการทางสมองและสติปัญหา

2. นมถั่วดาวอินคามีแนวโน้มที่ดีต่อผู้ที่ชอบออกกำลังกายและต้องการลดน้ำหนักเนื่องจากถั่วดาวอินคาอบจะมีไขมันสูงถึง 63.97% ถึงแม้ในการวิจัยนี้จะทำการวิเคราะห์ออกมาแล้วพบว่าไม่มีคอเรสเตอรอลและกรดไขมันทรานส์ แต่ก็ยังให้พลังงานที่สูง แต่เมื่อนำไปทำเป็นนมถั่วดาวอินคาพบว่าไขมันลดลงเหลือเพียง 4.95% โดยเฉพาะเมื่อนำกากถั่วดาวอินคาที่บีบน้ำมันออกมาแล้วจะเหลือไขมันเพียง 0.64% จึงเหมาะแก่ผู้ที่ต้องการลดน้ำหนัก

3. จากการวิจัยในครั้งนี้พบว่าตัวอย่างถั่วดาวอินคาที่นำมาวิเคราะห์มีกรดอะมิโนที่จำเป็นครบถ้วนทุกชนิดถึงแม้จะปรากฏในปริมาณที่แตกต่างกัน แต่ก็ถือได้ว่ามีครบถ้วน โดยเฉพาะกลุ่มของไอโซลิวซีน ไลซีน วาลีน ซึ่งในดาวอินคามีปริมาณของกระอะมิโนทั้งสามอยู่ในปริมาณที่สูงมากจะอยู่ใน 5 อันดับแรก นอกจากนี้ได้งานวิจัยยังพบว่าในถั่วดาวอินคามีปริมาณของกรดกลูตามิก (Glutamic Acid) ในปริมาณที่สูงถึง 2,883 mg /100 g โดยกรดกลูตามิกเป็นแหล่งพลังงานให้กับสมอง ช่วยเปลี่ยนแอมโมเนียให้เป็นกลูตามีน ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกลูตาไทโอนทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ [23]

4. กระบวนการผลิตนมถั่วดาวอินคาที่นำมาใช้ในการวิจัยนี้เป็นกระบวนการที่ปรับปรุงเพื่อให้เหมาะสมกับผู้ประกอบการขนาดเล็กที่เป็นเกษตรกรที่ปลูกดาวอินคาและต้องการหารายได้เสริม จึงไม่ได้ใช้กระบวนการที่ซับซ้อน นอกจากนี้ยังมีการพัฒนานำกากดาวอินคาซึ่งเป็นวัสดุที่เหลือใช้ทางการเกษตรและไม่มีมูลค่า มาพัฒนาให้มีมูลค่ามากขึ้น โดยจากการวิจัยพบว่านมจากกากถั่วดาวอินคายังมีคุณค่าและสารอาหารอยู่มาก

5. เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของนมถั่วดาวอินคาและนมจากกากถั่วดาวอินคาแล้วพบว่านมทั้งสองชนิดมีคุณค่าทางโภชนาการที่แตกต่างกัน โดยนมกากถั่วดาวอินคาจะมีปริมาณไขมันและแคลอรีที่น้อยกว่าในขณะที่ยังมีปริมาณของโปรตีนที่ใกล้เคียงกัน จึงเหมาะที่จะนำมาทำเป็นเครื่องดื่มเพื่อลดน้ำหนัก

6. จากการทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภคพบว่าผู้บริโภคให้ความสนใจในผลิตภัณฑ์นมถั่วดาวอินคา แต่ส่วนมากแล้วยังไม่เป็นที่รู้จัก จึงต้องมีการสนับสนุนและประชาสัมพันธ์ให้มากขึ้น จากการทดสอบพบว่าสิ่งที่ผู้บริโภคไม่ชอบคือกลิ่นที่แรงของดาวอินคาซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยเติมรสชาติต่าง ๆ และอีกประเด็นที่น่าสนใจคือผู้บริโภคส่วนใหญ่ติดรสชาติหวาน แต่การเติมน้ำตาลในปริมาณแทนที่การดื่มนมดาวอินคาจะดีต่อสุขภาพอาจจะทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพ จึงอาจจะต้องหาสารให้ความหวานจากธรรมชาติอื่น ๆ ทดแทน

ข้อเสนอแนะ อุปสรรค และแนวทางการวิจัยต่อ

1. งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จสอดคล้องกับจุดประสงค์ในการวิจัยคือผลิตนมจากถั่วดาวอินคาและจากกากถั่วดาวอินคา อย่างไรก็ตามด้วยข้อจำกัดของการขออนุญาตจากองค์การอาหารและยานมจากกากถั่วดาวอินคาจัดว่าเป็น Novel food จึงต้องมีการทำการทดสอบในมนุษย์เกี่ยวกับการแพ้และผลข้างเคียงก่อนถึงจะทำการผลิตและออกจำหน่ายได้ ซึ่งทั้งกระบวนการต้องใช้ระยะเวลาและงบประมาณที่สูง จึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ และเป็นแนวทางในการศึกษาต่อไป

2. งานวิจัยนี้มุ่งผลิตนมถั่วดาวอินคา 100 % ปราศจากสารเคมีจึงทำให้ปริมาณของโปรตีนยังไม่สูงมากนัก แต่สามารถแก้ปัญหาได้โดยการเติมผงโปรตีนดาวอินคา ซึ่งสามารถปรับและเปลี่ยนอัตราส่วนได้ตามความเหมาะสม

บรรณานุกรม

[1] “เวย์ โปรตีน (Whey Protein) คืออะไร” [Online]. Available: http://oknation.nationtv.tv/blog/DIVING/2013/08/07/entry-3. [Accessed: 21-Nov-2017].

[2] “Elite Whey.” [Online]. Available: https://fitwhey.com/product/elite-whey/. [Accessed: 21-Nov-2017].

[3] “เวย์โปรตีนหลบไป...พีโปรตีนกำลังมา,” www.thairath.co.th. [Online]. Available: https://www.thairath.co.th/content/1021730. [Accessed: 21-Nov-2017].

[4] “bcaa,” jsppharma.com. [Online]. Available: http://www.jsppharma.com/index.php?lay=boardshow&ac=webboard_show&No=1265006. [Accessed: 24-Nov-2017].

[5] “BCAA คืออะไร และ มีส่วนสำคัญในการสร้างกล้ามเนื้อได้อย่างไร,” ชมรมฟิตเนส และ สร้างกล้ามเนื้อเพาะกายประเทศไทย, 29-Jan-2012. [Online]. Available: http://th-bodybuilding.com/archives/114. [Accessed: 24-Nov-2017].

[6] “บีซีเอเอ | planforfit.com คอร์สออกกำลังกาย และโภชนาการอาหาร,” *planforfit*, 03-Apr-2015.

[7] “อ่านสักนิดก่อนคิดจะซื้อ BCAAs,” planforfit, 03-Apr-2015.

[8] S. K. Sathe, B. R. Hamaker, K. W. C. Sze-Tao, and M. Venkatachalam, “Isolation, purification, and biochemical characterization of a novel water soluble protein from Inca peanut (Plukenetia volubilis L.),” *J. Agric. Food Chem.*, vol. 50, no. 17, pp. 4906–4908, Aug. 2002.

[9] “‘ทิปโก้’ แตกเพื่อโต เสริมพอร์ตด้วย ‘ทิปโก้ บีท’ ท้าชน ‘เมจิ’ ในตลาดเครื่องดื่มไฮโปรตีน,” Brand Buffet, 15-Aug-2017.

[10] “พีโปรตีน Clean Lean Protein ตัวช่วยดี ๆ ของคนอยากมีหุ่นฟิต แอนด์ เฟิร์ม,” kapook.com. [Online]. Available: https://health.kapook.com/view178660.html. [Accessed: 21-Nov-2017].

[11] “การพิจารณาถั่วดาวอินคาเป็นอาหารหรือส่วนประกอบของอาหาร” สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข 21 ตุลาคม พ.ศ. 2559

[12] “Essential amino acids: master regulators of nutrition and environmental footprint?” [Online]. Available: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4897092/. [Accessed: 18-Aug-2018].

[13] L. F. Gutiérrez, L. M. Rosada, and Á. Jiménez, "Chemical composition of Sacha Inchi (Plukenetia volubilis L.) seeds and characteristics of their lipid fraction," *Grasas Aceites*, vol. 62, no. 1, pp. 76–83, Mar. 2011.

[14] C. Fanali *et al.*, "Chemical Characterization of Sacha Inchi (Plukenetia volubilis L.) Oil," *J. Agric. Food Chem.*, vol. 59, no. 24, pp. 13043–13049, Dec. 2011.

[15] N. E. Maurer, B. Hatta-Sakoda, G. Pascual-Chagman, and L. E. Rodriguez-Saona, "Characterization and authentication of a novel vegetable source of omega-3 fatty acids, sacha inchi (Plukenetia volubilis L.) oil," *Food Chem.*, vol. 134, no. 2, pp. 1173–1180, Sep. 2012.

[16] R. Chirinos, G. Zuloeta, R. Pedreschi, E. Mignolet, Y. Larondelle, and D. Campos, "Sacha inchi (Plukenetia volubilis): A seed source of polyunsaturated fatty acids, tocopherols, phytosterols, phenolic compounds and antioxidant capacity," *Food Chem.*, vol. 141, no. 3, pp. 1732–1739, Dec. 2013.

[17] I. M. do Prado *et al.*, "Phase Equilibrium Measurements of Sacha Inchi Oil (Plukenetia volubilis) and CO2 at High Pressures," *J. Am. Oil Chem. Soc.*, vol. 88, no. 8, pp. 1263–1269, Aug. 2011.

[18] A. H. Pereira de Souza, A. Kirie Gohara, Â. Cláudia Rodrigues, N. Evelázio de Souza, J. Vergílio Visentainer, and M. Matsushita, "Sacha inchi as potential source of essential fatty acids and tocopherols: multivariate study of nut and shell," *Acta Sci. Technol.*, vol. 35, no. 4, 2013.

[19] "ผลของการรับประทานน้ำมันดาวอินคาต่อคลื่นสมองโดยเฉพาะสติปัญญาด้านความสนใจ" [Online]. Available: [Accessed: 06-Oc 2017]. http://postgrads.mfu.ac.th/ckfinder/userfiles/files/5852003266A2.pdf

[20] "DIP: Thailand Patent Search." [Online]. Available: http://patentsearch.ipthailand.go.th/DIP2013/view_public_data.php?appno=59087. [Accessed: 06-Oct-2017].

[21]: "ผงโปรตีนถั่วดาวอินคาเหมาพสำหรับบำรุงร่างกายพร้อมมีโอเมก้า 3-6-9," forum.khonkaenlink.info. [Online]. Available: http://forum.khonkaenlink.info/index.php?PHPSESSID=v3df22k1ltmutg06lflfs61c75&topic=17332635.0. [Accessed: 24-Nov-2017].

[22] "แพ้นมวัว Cow milk allergy - หาหมอ.com." [Online]. Available: http://haamor.com/th/%E0%B9%81%E0%B8%9E%E0%B9%89%E0%B8%99

%E0%B8%A1%E0%B8%A7%E0%B8%B1%E0%B8%A7/. [Accessed: 19-Aug-2018].

[23] greenclinic, “กรดกลูตามิก (Glutamic Acid).” [Online]. Available: http://www.greenclinic.in.th/glutamicacid.html. [Accessed: 19-Aug-2018].

ประวัติผู้ทำวิจัย

1.1 หัวหน้าโครงการ

ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) นางสาวสิริรัตน์ พานิช

ชื่อ-สกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss Sirirat Panich

คุณวุฒิ Ph.D. (Chemistry)

ตำแหน่ง อาจารย์

หน่วยงาน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กลุ่ม เคมี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ที่อยู่ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ)

เลขที่ 1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

โทรศัพท์ 02-836-3000 ต่อ 4610 **E-mail** sirirat.pan@rmutp.ac.th

บทบาท ศึกษา ค้นคว้า สำรวจและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์นมโปรตีนสูง คุณสมบัติต่างๆ ของถั่วดาวอินคา และวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลอง และศึกษาเกี่ยวกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับถั่วดาวอินคา ควบคุมทิศทาง ระยะเวลาการทำวิจัยให้เป็นไปตามเป้าหมาย

1.2 ที่ปรึกษางานวิจัย

ชื่อ-สกุล **(**ภาษาไทย**)** สุนิสา จินะชิต

ชื่อ-สกุล (ภาษาอังกฤษ**)** Sunisa Chinachit

คุณวุฒิ ปริญญาตรี เคมี

ตำแหน่ง ผู้ประกอบการไร่ดาวอินคา ไร่ครูเจ็ท ดาวอินคา

หน่วยงาน ไร่ครูเจ็ท ดาวอินคา ต.ท่าศาลา อ.เมือง จ.เชียงใหม่

ที่อยู่ 14 ซอย 2 มงฟอร์ตวิลล่า ต**.** ท่าศาลา อ**.** เมือง จ**.**เชียงใหม่ 50000

โทรศัพท์ 0968650778

บทบาท ให้คำชี้แนะ และคำปรึกษาเกี่ยวกับถั่วดาวอินคา ได้แก่กระบวนการแปรรูปถั่วดาวอินคา ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตในระดับอุตสาหกรรม **(**Scale up**)**

1.3 ผู้ช่วยวิจัย

ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) นายศิริชัย โฆษิตารัตน์

ชื่อ-สกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr**.** Sirichai Kositarat

คุณวุฒิ M.Sc**. (**Applied Analytical and Inorganic Chemistry**)**

ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์

หน่วยงาน หน่วยเครื่องมือกลาง คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

ที่อยู่ 272 ถนนพระราม 6 แขงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400

โทรศัพท์ 02-201-5987

E-mail sirichai.kos@mahidol.ac.th

ที่อยู่ 60/83 หมู่6 หมู่บ้านวรารมย์ ถนนเลียบคลองภาษีเจริญฝั่งใต้ เขตหนองแขม กรุงเทพฯ 10160

บทบาท วิเคราะห์ทดสอบคุณสมบัติของถั่วดาวอินคาที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

1.4 ผู้ช่วยวิจัย

ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) นางสาวยุวดี สุนทรศาลทูร

ชื่อ-สกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss. Yuwadee Sundarasaradula

คุณวุฒิ Ph.D. (Electrical Engineering)

ตำแหน่ง วิศวกรอาวุโส

E-mail Sundarasaradula@gmail.com

บทบาท วิจัยและดำเนินการผลิตนมถั่วดาวอินคา ติดต่อประสานงานเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์ ติดต่อประสานงานและดำเนินการเกี่ยวกับการเก็บตัวอย่าง และสำรวจพื้นที่ในการเก็บตัวอย่าง แปลและวิเคราะห์ผล

ภาคผนวก

บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด
Central Laboratory (Thailand) Co.,Ltd.
สาขาสมุทรสาคร : 93/13 หมู่ 9 ต.โคกขาม อ.เมือง จ.สมุทรสาคร 74000 ประเทศไทย
Samutsakhon Branch : 93/13 Moo 9, Khokkham, Muang, Samutsakhon 74000 Thailand
Tel : (66) 0 3421 0881-83 Fax : (66) 0 3421 0884
http://www.centralabthai.com

Central Lab
One Stop & Fast Services

วันที่ออก : 10 กรกฎาคม 2561
เลขที่รายงาน : TRSS61/18349
หน้า : 1/3

ใบรายงานผลการทดสอบ

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 1381 ถ.ประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
รายละเอียดตัวอย่าง	นมถั่วดาวอินคา Net Volume : 1000 ml. ; Serving Size : 180 ml.
รหัสตัวอย่าง	SS61/06370-001 ค1/1980
ลักษณะและสภาพตัวอย่าง	ภาชนะบรรจุ : ขวดแก้ว ฝาเปิดสะดวก, จำนวน : 1 ขวด, น้ำหนัก/ปริมาตร : 1000 มิลลิลิตร. อุณหภูมิ : แช่เย็น, สภาพตัวอย่างปกติ
วันที่รับตัวอย่าง	19 มิถุนายน 2561
วันที่ทดสอบ	20 มิถุนายน 2561 - 09 กรกฎาคม 2561

ผลการทดสอบ

รายการทดสอบ	ต่อ 100 มิลลิลิตร	ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค	%RDI	วิธีทดสอบอ้างอิง
พลังงานทั้งหมด (กิโลแคลอรี)	58.91	110.00	-	Compendium of method for food Analysis (2003), C2
พลังงานจากไขมัน (กิโลแคลอรี)	44.55	80.00	-	Compendium of method for food Analysis (2003), C2
ไขมันทั้งหมด (ก.)	4.95	9.00	14	In-house method based on AOAC (2012),C35.948.15
ไขมันอิ่มตัว (ก.)	0.38	0.50	3	In-house method based on Compendium of method for food Analysis(2003),p2-33 to 2-36
โคเลสเตอรอล (มก.)	ไม่พบ	0.00	0	In-house method based on AOAC (2012),C45.994.10
โปรตีน (ก.) (%N x 6.25)	2.13	4.00	-	In-house method based on AOAC (2012),C39,981.10
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (ก.)	1.46	3.00	1	Compendium of method for food Analysis (2003), C2
ใยอาหาร (ก.)	0.74	1.00	4	In house method based on AOAC (2012) 985.29
น้ำตาล (ก.)	0.00	0.00	-	Compendium of method for food analysis (2003), C2, p84-86
โซเดียม (มก.)	9.33	15.00	1	In-house method based on AOAC (2012) 984.27 by ICP-OES
วิตามินเอ (มคก.)	ไม่พบ	(0.00)	0	Compendium of method for food analysis (2003), p2-95 to p2-98
วิตามินบี 1 (มก.)	0.023	(0.04)	2	In-house method based on AOAC (2012),C45,942.23
วิตามินบี 2 (มก.)	ไม่พบ	(0.00)	0	In-house method based on J. Agric food chem. (1984), 32 p1326-1331
แคลเซียม (มก.)	20.56	(37.01)	4	In-house method based on AOAC (2012) 984.27 by ICP-OES
เหล็ก (มก.)	0.29	(0.52)	4	In-house method based on AOAC (2012) 984.27 by ICP-OES
เถ้า (ก.)	0.25	-	-	In-house method based on AOAC (2012) , C35, 938.08
ความชื้น (ก.)	88.59	-	-	In-house method based on AOAC (2012), C44, 925.45 (A)

รายงานฉบับนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น
รายงานผลการทดสอบต้องไม่ถูกทำสำเนาเฉพาะเพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ ยกเว้นทำทั้งฉบับ

บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด
Central Laboratory (Thailand) Co.,Ltd.
สาขาสมุทรสาคร : 23/13 หมู่ 9 ต.โคกขาม อ.เมือง จ.สมุทรสาคร 74000 ประเทศไทย
Samutsakhon Branch : 23/13 Moo 9, Khokkham, Muang, Samutsakhon 74000 Thailand
Tel : (66) 0 3441 0881-83 Fax : (66) 0 3441 0884
http://www.centrallabthai.com

Central Lab
One Stop & Fast Services

วันที่ออก : 10 กรกฎาคม 2561
เลขที่รายงาน : TRSS61/18350
หน้า : 3/3

รายละเอียดตัวอย่าง : นมกากถั่วดาวอินคา
Net Volume : 1000 ml. ; Serving Size : 180 ml.

รหัสตัวอย่าง : SS61/06370-002

คุณค่าทางโภชนาการต่อ 1 ขวด
ควรแบ่งกิน ประมาณ 6 ครั้ง

พลังงาน	น้ำตาล	ไขมัน	โซเดียม
150 กิโลแคลอรี	0 กรัม	6 กรัม	90 มิลลิกรัม
*8%	*0%	*9%	*4%

*** คิดเป็นร้อยละของปริมาณสูงสุดที่บริโภคได้ต่อวัน**

อนุมัติผลโดย
(ดร.สาวรัมภ์รดา ศรีของ)
ลงนามแทนผู้มีอำนาจลงนามของห้องปฏิบัติการ
สาขา สมุทรสาคร
CERTIFIED

รายงานฉบับนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น
รายงานผลการทดสอบต้องไม่ถูกทำสำเนาเฉพาะเพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ ยกเว้นทำทั้งฉบับ

บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด
Central Laboratory (Thailand) Co.,Ltd.
สาขาสมุทรสาคร : 23/13 หมู่ 9 ต.ท้ายหาด อ.เมือง จ.สมุทรสาคร 74000 ประเทศไทย
Samutsakhon Branch : 23/13 Moo 9, Khakham, Muang, Samutsakhon 74000 Thailand
Tel : (66) 0 3421 0881-83 Fax : (66) 0 3421 0884
http://www.centrallabthai.com

Central Lab
One Stop & Fast Services

รายละเอียดตัวอย่าง : นมถากถั่วดาวอินคา

Net Volume : 1000 ml. ; Serving Size : 180 ml.

รหัสตัวอย่าง : SS61/06370-002

วันที่ออก : 10 กรกฎาคม 2561
เลขที่รายงาน : TRSS61/18350
หน้า : 2/3

ข้อมูลโภชนาการ

หนึ่งหน่วยบริโภค : 180 มิลลิลิตร
จำนวนหน่วยบริโภคต่อ ขวด : ประมาณ 6

คุณค่าทางโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค
พลังงานทั้งหมด 25 กิโลแคลอรี (พลังงานจากไขมัน 10 กิโลแคลอรี)

	ร้อยละของปริมาณที่แนะนำต่อวัน *
ไขมันทั้งหมด 1 ก.	2%
ไขมันอิ่มตัว 0 ก.	0%
โคเลสเตอรอล 0 มก.	0%
โปรตีน 3 ก.	
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด 1 ก.	0%
ใยอาหาร น้อยกว่า 1 ก.	3%
น้ำตาล 0 ก.	
โซเดียม 15 มก.	1%

ร้อยละของปริมาณที่แนะนำต่อวัน *			
วิตามินเอ	0%	**วิตามินบี 1**	8%
วิตามินบี 2	0%	**แคลเซียม**	6%
เหล็ก	2%		

* ร้อยละของปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป **(Thai RDI)** โดยคิดจากความต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี

ความต้องการพลังงานของแต่ละบุคคลแตกต่างกัน ผู้ที่ต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี ควรได้รับสารอาหารต่าง ๆ ดังนี้

ไขมันทั้งหมด	น้อยกว่า	65	ก.
ไขมันอิ่มตัว	น้อยกว่า	20	ก.
โคเลสเตอรอล	น้อยกว่า	300	มก.
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด		300	ก.
ใยอาหาร		25	ก.
โซเดียม	น้อยกว่า	2400	มก.

พลังงาน(กิโลแคลอรี) ต่อกรัม : ไขมัน = 9; โปรตีน = 4; คาร์โบไฮเดรต = 4

รายงานฉบับนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น
รายงานผลการทดสอบต้องไม่ถูกทำสำเนาเฉพาะเพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ ยกเว้นทำทั้งฉบับ

บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด
Central Laboratory (Thailand) Co.,Ltd.
สาขาสมุทรสาคร : 23/13 หมู่ 9 ตำบลโคกขาม อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร 74000 ประเทศไทย
Samutsakhon Branch : 23/13 Moo 9, Khokkham, Muang, Samutsakhon 74000 Thailand
Tel : (66) 0 3441 0881-83 Fax : (66) 0 3441 0884
http://www.centrallabthai.com

Central Lab
One Stop & Fast Services

วันที่ออก : 10 กรกฎาคม 2561
เลขที่รายงาน : TRSS61/18350
หน้า : 1/3

ใบรายงานผลการทดสอบ

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร J381 ถ.ประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
รายละเอียดตัวอย่าง	นมกากถั่วดาวอินคา Net Volume : 1000 ml. ; Serving Size : 180 ml.
รหัสตัวอย่าง	SS61/06370-002
ลักษณะและสภาพตัวอย่าง	ภาชนะบรรจุ : ขวดแก้ว ฝาเปิดสะดวก, จำนวน : 1 ขวด, น้ำหนัก/ปริมาตร : 1000 มิลลิลิตร. อุณหภูมิ : แช่เย็น, สภาพตัวอย่างปกติ
วันที่รับตัวอย่าง	19 มิถุนายน 2561
วันที่ทดสอบ	20 มิถุนายน 2561 - 09 กรกฎาคม 2561

ผลการทดสอบ

รายการทดสอบ	ต่อ 100 มิลลิลิตร	ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค	%RDI	วิธีทดสอบอ้างอิง
พลังงานทั้งหมด (กิโลแคลอรี)	14.56	25.00	-	Compendium of method for food Analysis (2003), C2
พลังงานจากไขมัน (กิโลแคลอรี)	5.76	10.00	-	Compendium of method for food Analysis (2003), C2
ไขมันทั้งหมด (ก.)	0.64	1.00	2	In-house method based on AOAC (2012),C35.948.15
ไขมันอิ่มตัว (ก.)	0.15	0.00	0	In-house method based on Compendium of method for food Analysis(2003),p2-33 to 2-36
โคเลสเตอรอล (มก.)	ไม่พบ	0.00	0	In-house method based on AOAC (2012),C45,994.10
โปรตีน (ก.) (%N x 6.25)	1.52	3.00	-	In-house method based on AOAC (2012),C39,981.10
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (ก.)	0.68	1.00	0	Compendium of method for food Analysis (2003), C2
ใยอาหาร (ก.)	0.39	น้อยกว่า 1	3	In house method based on AOAC (2012) 985.29
น้ำตาล (ก.)	0.00	0.00	-	Compendium of method for food analysis (2003), C2, p84-86
โซเดียม (มก.)	8.20	15.00	1	In-house method based on AOAC (2012) 984.27 by ICP-OES
วิตามินเอ (มคก.)	ไม่พบ	(0.00)	0	Compendium of method for food analysis (2003), p2-95 to p2-98
วิตามินบี 1 (มก.)	0.064	(0.12)	8	In-house method based on AOAC (2012),C45,942.23
วิตามินบี 2 (มก.)	น้อยกว่า 0.020	(0.01)	0	In-house method based on J. Agric food chem. (1984), 32 p1326-1331
แคลเซียม (มก.)	23.00	(41.40)	6	In-house method based on AOAC (2012) 984.27 by ICP-OES
เหล็ก (มก.)	0.19	(0.34)	2	In-house method based on AOAC (2012) 984.27 by ICP-OES
เถ้า (ก.)	0.27	-	-	In-house method based on AOAC (2012) , C35, 938.08
ความชื้น (ก.)	94.58	-	-	In-house method based on AOAC (2012), C44, 925.45 (A)

รายงานฉบับนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น

รายงานผลการทดสอบต้องไม่ถูกทำสำเนาเฉพาะเพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ ยกเว้นทำทั้งฉบับ

บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด
Central Laboratory (Thailand) Co.,Ltd.
สาขาสมุทรสาคร : 23/13 หมู่ 9 ตำบลบางกระเจ้า อำเภอเมืองสมุทรสาคร 74000 ประเทศไทย
Samutsakhon Branch : 23/13 Moo 9, Khokkram, Muang, Samutsakhon 74000 Thailand
Tel : (66) 0 3441 0681-83 Fax : (66) 0 3441 0684
http://www.centralabthai.com

Central Lab
One Stop & Fast Services

วันที่ออก : 10 กรกฎาคม 2561
เลขที่รายงาน : TRSS61/18349
หน้า : 3/3

รายละเอียดตัวอย่าง : นมถั่วดาวอินคา
Net Volume : 1000 ml. ; Serving Size : 180 ml.

รหัสตัวอย่าง : SS61/06370-001

คุณค่าทางโภชนาการต่อ 1 ขวด
ควรแบ่งกิน ประมาณ 6 ครั้ง

พลังงาน	น้ำตาล	ไขมัน	โซเดียม
660 กิโลแคลอรี	0 กรัม	54 กรัม	90 มิลลิกรัม
*33%	*0%	*83%	*4%

*** คิดเป็นร้อยละของปริมาณสูงสุดที่บริโภคได้ต่อวัน**

อนุมัติผลโดย
(นางสาวรัมภ์รดา ศรีทอง)
ลงนามแทนผู้อำนวยการห้องปฏิบัติการ
CERTIFIED

รายงานฉบับนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น
รายงานผลการทดสอบต้องไม่ถูกทำสำเนาเฉพาะเพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ ยกเว้นทำทั้งฉบับ

บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด
Central Laboratory (Thailand) Co.,Ltd.
สาขาสมุทรสาคร : 23/13 หมู่ 9 ต.โคกกลาม อ.เมือง จ.สมุทรสาคร 74000 ประเทศไทย
Samutsakhon Branch : 23/13 Moo 9, Khokkham, Muang, Samutsakhon 74000 Thailand
Tel : (66) 0 3441 3881-83 Fax : (66) 0 3441 3884
http://www.centrallabtha.com

Central Lab
One Stop & Fast Services

รายละเอียดตัวอย่าง : นมถั่วดาวอินคา

Net Volume : 1000 ml. ; Serving Size : 180 ml.

รหัสตัวอย่าง : SS61/06370-001

วันที่ออก : 10 กรกฎาคม 2561
เลขที่รายงาน :TRSS61/18349
หน้า : 2/3

ข้อมูลโภชนาการ

หนึ่งหน่วยบริโภค : 180 มิลลิลิตร
จำนวนหน่วยบริโภคต่อ ขวด : ประมาณ 6

คุณค่าทางโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค
พลังงานทั้งหมด 110 กิโลแคลอรี (พลังงานจากไขมัน 80 กิโลแคลอรี)

		ร้อยละของปริมาณที่แนะนำต่อวัน *
ไขมันทั้งหมด	9 ก.	14%
ไขมันอิ่มตัว	0.5 ก.	3%
โคเลสเตอรอล	0 มก.	0%
โปรตีน	4 ก.	
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด	3 ก.	1%
ใยอาหาร	1 ก.	4%
น้ำตาล	0 ก.	
โซเดียม	15 มก.	1%

ร้อยละของปริมาณที่แนะนำต่อวัน *			
วิตามินเอ	0%	**วิตามินบี 1**	2%
วิตามินบี 2	0%	**แคลเซียม**	4%
เหล็ก	4%		

* ร้อยละของปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป **(Thai RDI)** โดยคิดจากความต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี

ความต้องการพลังงานของแต่ละบุคคลแตกต่างกัน ผู้ที่ต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี ควรได้รับสารอาหารต่าง ๆ ดังนี้

ไขมันทั้งหมด	น้อยกว่า	65	ก.
ไขมันอิ่มตัว	น้อยกว่า	20	ก.
โคเลสเตอรอล	น้อยกว่า	300	มก.
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด		300	ก.
ใยอาหาร		25	ก.
โซเดียม	น้อยกว่า	2400	มก.

พลังงาน(กิโลแคลอรี) ต่อกรัม : ไขมัน = 9; โปรตีน = 4; คาร์โบไฮเดรต = 4

รายงานฉบับนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น
รายงานผลการทดสอบต้องไม่ถูกทำสำเนาเฉพาะเพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ ยกเว้นทำทั้งฉบับ