โครงการ
การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ชื่อโครงการ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ธัญพืชอัดแท่งเพิ่มปริมาณโปรตีนจากไข่ขาวและซอยเฟลกส์

ชื่อนิสิต นายธวินทร ดวงเกตุ
นายเสกข์ วิเศษจินดา
นางสาวอาภารัตน์ ศรีประทุม

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร
ปีการศึกษา 2563

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ธัญพืชอัดแท่งเพิ่มปริมาณโปรตีนจากไข่ขาวและซอยเฟลกส์

โดย

นายรวินทร ดวงเกตุ

นายเสกข์ วิเศษจินดา

นางสาวอาภารัตน์ ศรีประทุม

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธนจันทร์ มหาวนิช

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประจำปีการศึกษา 2563

DEVELOPMENT OF CEREAL BARS WITH ENHANCED PROTEIN CONTENT USING EGG WHITE AND SOY FLAKES

Rawintorn Duangkeat

Sek Wisetjinda

Apharat Sripatum

Project Advisor

Asst. Prof. Thanachan Mahawanich, Ph.D.

A Report Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Bachelor of Science Program in Food Technology

Department of Food Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2020

หัวข้องานวิจัย การพัฒนาผลิตภัณฑ์ธัญพืชอัดแท่งเพิ่มปริมาณโปรตีนจากไข่ขาวและซอยเฟลกส์

โดย นายรวินทร ดวงเกตุ

นายเสกข์ วิเศษจินดา

นางสาวอาภารัตน์ ศรีประทุม

สาขาวิชา เทคโนโลยีทางอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธนจันทร์ มหาวนิช

ปีการศึกษา 2563

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อนุมัติให้รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีทางอาหาร

ประจำปีการศึกษา 2563

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร. ขนิษฐา ธนานุวงศ์)

หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธนจันทร์ มหาวนิช)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

หัวข้องานวิจัย การพัฒนาผลิตภัณฑ์ธัญพืชอัดแท่งเพิ่มปริมาณโปรตีนจากไข่ขาวและซอยเฟลกส์

โดย นายรวินทร ดวงเกตุ

นายเสกข์ วิเศษจินดา

นางสาวอาภารัตน์ ศรีประทุม

สาขาวิชา เทคโนโลยีทางอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธนจันทร์ มหาวนิช

ปีการศึกษา 2563

บทคัดย่อ

ผลิตภัณฑ์ธัญพืชอัดแท่งเป็นอาหารที่สะดวกต่อการบริโภคเหมาะกับวิถีชีวิตที่เร่งรีบในปัจจุบัน อย่างไรก็ตามธัญพืชอัดแท่งมักมีคาร์โบไฮเดรตในปริมาณสูงและมีโปรตีนต่ำซึ่งอาจไม่เหมาะสมกับผู้ป่วยโรคเบาหวาน ผู้ป่วยโรคอ้วน และผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก ปัจจุบันมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ธัญพืชอัดแท่งเสริมโปรตีนจากหลากหลายแหล่ง งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเติมโปรตีนจากไข่ขาวและซอยเฟลกที่ผลิตจากแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมันต่อสมบัติทางเคมีกายภาพและคุณภาพเชิงประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ธัญพืชอัดแท่ง แปรปริมาณของซอยเฟลกเป็น 2 ระดับ ได้แก่ 20% และ 40% โดยน้ำหนักของข้าวโอ๊ต และแปรปริมาณของไข่ขาวเป็น 2 ระดับ ได้แก่ 10% และ 20% โดยน้ำหนักของน้ำผึ้ง ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาธัญพืชอัดแท่งจำนวน 5 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1 ไม่เติมซอยเฟลกและไข่ขาว (ตัวอย่างควบคุม) สูตรที่ 2 เติมซอยเฟลก 20% และไข่ขาว 20% สูตรที่ 3 เติมซอยเฟลก 20% และไข่ขาว 10% สูตรที่ 4 เติมซอยเฟลก 40% และไข่ขาว 20% สูตรที่ 5 เติมซอยเฟลก 40% และไข่ขาว 10% พบว่าการเติมไข่ขาวและซอยเฟลกทำให้ธัญพืชอัดแท่งมีความแข็ง (hardness) การต้านทานการเคี้ยว (chewiness) และการเกาะติด (cohesiveness) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่วอเตอร์แอกทิวิตีไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) นอกจากนี้พบว่าการเติมไข่ขาวและซอยเฟลกทำให้ความสว่าง (L*) และค่าสีเหลือง (+b*) ลดลง ($p \leq 0.05$) ส่วนค่าสีแดง (+a*) ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) สำหรับองค์ประกอบทางเคมีพบว่าธัญพืชอัดแท่งสูตรที่ 2, 3, 4 และ 5 มีโปรตีนเพิ่มขึ้น 52.25%, 41.71%, 93.64% และ 80.10% เมื่อเทียบกับสูตรที่ 1 (ตัวอย่างควบคุม) ตามลำดับ จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 35 คน พบว่าคะแนนความชอบต่อสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส รสชาติ และการยอมรับโดยรวม ของผลิตภัณฑ์ธัญพืชอัดแท่งที่เสริมโปรตีนมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) งานวิจัยนี้แสดงถึงความเป็นไปได้ในการใช้ไข่ขาวและซอยเฟลกในการเสริมโปรตีนในผลิตภัณฑ์ธัญพืชอัดแท่ง

Project Title Development of cereal bars with enhanced protein content using egg white and soy flakes

Student Rawintorn Duangkeat

Sek Wisetjinda

Apharat Sripatum

Study Program Bachelor of Science in Food Technology

Advisor Asst. Prof. Thanachan Mahawanich, Ph.D.

Academic Year 2020

ABSTRACT

Cereal bar is a food product that is convenient, especially in a current fast-paced lifestyle. However, cereal bars are usually high in carbohydrates and low in proteins, which might be unsuitable for diabetic and obese patients as well as those who wants to control their weight. There are cereal bars fortified with protein from various sources on the market. This study aimed to investigate the effects of addition of egg white and soy flake made from soy protein isolate on physical, chemical, and sensory properties of cereal bars. The soy flake was varied at 2 levels (20 and 40% by weight of oatmeal) and egg white was varied at 2 levels (10 and 20% by weight of honey). A total of 5 cereal bar formulations were developed in this study. Formulation 1 was the cereal bar without added soy flake and egg white (control). Formulation 2 was that added with 20% soy flake and 20% egg white. Formulation 3 was that added with 20% soy flake and 10% egg white. Formulation 4 was that added with 40% soy flake and 20% egg white. Formulation 5 was that added with 40% soy flake and 10% egg white. It was found that addition of egg white and soy flake caused a significant reduction in hardness, chewiness, and cohesiveness of cereal bars ($p \leq 0.05$). On the other hand, water activity of all formulations was not significantly different ($p > 0.05$). Addition of egg white and soy flake induced a decrease in lightness (L*) and yellowness (+b*) ($p \leq 0.05$) while redness (+a*) was not significantly different among the formulations ($p > 0.05$). For the chemical composition, it was demonstrated that the protein content of Formulations 2, 3, 4, and 5 was increased by 52.25, 41.71, 93.64, and 80.10%, respectively, as compared to the control (Formulation 1). From acceptance sensory evaluation of 35 panelists, an increase was found in terms of hedonic score of color, flavor, texture, taste, and overall acceptance of the cereal bars with enhanced protein content ($p \leq 0.05$). This study thus revealed the potential of egg white and soy flake in enhancing protein content of cereal bar.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการเรียนการสอนในระดับปริญญาตรี ของภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณของโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ ปีการศึกษา 2563

โครงการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้อย่างสมบูรณ์โดยความกรุณาและความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนจันทร์ มหาวนิช ที่ได้เสียสละเวลาให้คำปรึกษาแนะนำชี้แนะแนวทางการแก้ไขปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ

ขอขอบคุณเพื่อนนิสิตภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ช่วยเหลือและให้คำแนะนำในเรื่องต่างๆ ตลอดจนเป็นกำลังใจในการทำโครงการวิจัยนี้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ แนะนำ และอำนวยความสะดวกในการทำโครงการวิจัยนี้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ช
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ซ
กิตติกรรมประกาศ.....ณ
สารบัญ.....ญ
สารบัญตาราง.....ฏ
สารบัญภาพ.....ฐ
บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....1
1.3 ขอบเขต/กรอบแนวคิดของการวิจัย.....2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์.....3
2.1 ธัญพืชอัดแท่ง.....3
2.2 ข้าวโอ๊ต.....3
2.3 อัลมอนด์.....4
2.4 น้ำผึ้ง.....4
2.5 คอร์นเฟลก.....4
2.6 ถั่วเหลือง.....6
2.7 ไข่ขาว.....9
บทที่ 3 วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการดำเนินงานวิจัย.....10
3.1 วัตถุดิบและสารเคมี.....10
3.2 อุปกรณ์.....10
3.3 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย.....10
3.3.1 วอเตอร์แอกทิวิตี.....12
3.3.2 รูปแบบเนื้อสัมผัส.....12
3.3.3 สี.....13
3.3.4 ปริมาณความชื้น.....13

3.3.5 ปริมาณโปรตีน....13
3.3.6 ปริมาณไขมัน....14
3.3.7 ปริมาณเส้นใยหยาบ....14
3.3.8 ปริมาณเถ้า....15
3.3.9 ปริมาณคาร์โบไฮเดรต....15
3.3.10 ค่าพลังงาน....15
3.3.11 การทดสอบทางประสาทสัมผัส....15
3.3.12 การวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ....15
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง....16
4.1 สมบัติของซอยเฟลกและธัญพืชอัดแท่ง....16
4.1.1 วอเตอร์แอกทิวิตี....16
4.1.2 รูปแบบเนื้อสัมผัส....16
4.1.3 สี....17
4.1.4 ปริมาณความชื้น....18
4.1.5 ปริมาณโปรตีน....18
4.1.6 ปริมาณไขมัน....19
4.1.7 ปริมาณเส้นใยหยาบ....19
4.1.8 ปริมาณเถ้า....20
4.1.9 ปริมาณคาร์โบไฮเดรต....20
4.1.10 ค่าพลังงาน....21
4.1.11 การทดสอบทางประสาทสัมผัส....21
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ....23
เอกสารอ้างอิง....24
ภาคผนวก....28
ภาคผนวก ก แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส....29
ภาคผนวก ข รายละเอียดโครงการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์....30
ประวัติผู้วิจัย....39

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

ตารางที่ 1 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวโอ๊ต (ดิบ) ต่อน้ำหนัก 100 กรัม....4

ตารางที่ 2 องค์ประกอบของน้ำผึ้ง....5

ตารางที่ 3 คุณค่าทางโภชนาการของน้ำผึ้ง....5

ตารางที่ 4 คุณค่าทางโภชนาการของคอร์นเฟลกต่อน้ำหนัก 100 กรัม....5

ตารางที่ 5 องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองเปรียบเทียบกับแป้งสาลี....8

ตารางที่ 6 องค์ประกอบโปรตีนของไข่ขาว....9

ตารางที่ 7 ปริมาณของส่วนประกอบ (กรัม) ที่ใช้ในการเตรียมธัญพืชอัดแท่ง....11

ตารางที่ 8 วอเตอร์แอกทิวิตีของธัญพืชอัดแท่งที่เติมซอยเฟลกและไข่ขาว....16

ตารางที่ 9 รูปแบบเนื้อสัมผัสของธัญพืชอัดแท่งที่เติมซอยเฟลกและไข่ขาว....17

ตารางที่ 10 ค่าสีในระบบ CIELAB ของธัญพืชอัดแท่งที่เติมซอยเฟลกและไข่ขาว....18

ตารางที่ 11 ปริมาณความชื้นของธัญพืชอัดแท่งที่เติมซอยเฟลกและไข่ขาว....18

ตารางที่ 12 ปริมาณโปรตีนของธัญพืชอัดแท่งที่เติมซอยเฟลกและไข่ขาว....19

ตารางที่ 13 ปริมาณไขมันของธัญพืชอัดแท่งที่เติมซอยเฟลกและไข่ขาว....19

ตารางที่ 14 ปริมาณเส้นใยหยาบของธัญพืชอัดแท่งที่เติมซอยเฟลกและไข่ขาว....20

ตารางที่ 15 ปริมาณเถ้าของธัญพืชอัดแท่งที่เติมซอยเฟลกและไข่ขาว....20

ตารางที่ 16 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตของธัญพืชอัดแท่งที่เติมซอยเฟลกและไข่ขาว....21

ตารางที่ 17 ค่าพลังงานของธัญพืชอัดแท่งที่เติมซอยเฟลกและไข่ขาว....21

ตารางที่ 18 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบของธัญพืชอัดแท่งที่เติมซอยเฟลกและไข่ขาว 22

สารบัญภาพ

ภาพ หน้า

ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง.....7

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

อาหารเช้าเป็นมื้อที่สำคัญทั้งสำหรับเด็กและผู้ใหญ่ ร่างกายจะต้องใช้พลังงานจากอาหารในการทำกิจกรรมต่างๆ การรับประทานอาหารเช้าทุกวันจะทำให้ร่างกายสามารถนำพลังงานไปใช้ประโยชน์ได้สูงที่สุด โดยจะต้องรับประทานอาหารให้ครบถ้วนทั้ง 5 หมู่ มีความหลากหลายและเพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย (รุ่งรัตน์ แจ่มจันทร์, 2553) แต่จากวิถีการดำเนินชีวิตที่เร่งรีบในปัจจุบันทำให้ผู้คนไม่มีเวลาในการเตรียมอาหารเช้า คนส่วนใหญ่จึงรับประทานอาหารเช้าไม่สม่ำเสมอหรือรับประทานอาหารที่ไม่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ในกลุ่มวัยทำงานการที่ไม่ได้รับประทานอาหารเช้าส่งผลให้การเริ่มต้นระบบเผาผลาญของร่างกายช้าลง ซึ่งจะทำให้รู้สึกหิวตลอดเวลา และทำให้การรับประทานอาหารในมื้อถัดไปมีปริมาณมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การอดอาหารเช้ายังเสี่ยงต่อการเกิดโรคเบาหวานเนื่องจากคนที่รับประทานอาหารเช้าเป็นประจำจะลดภาวะผิดปกติของฮอร์โมนอินซูลินหรือภาวะดื้อของอินซูลิน ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคเบาหวานถึง 35-50% และผลการวิจัยจากสมาคมแพทย์โรคหัวใจในอเมริกายังพบว่าการรับประทานอาหารเช้าอย่างสม่ำเสมอจะช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคเส้นเลือดสมองและโรคหัวใจอีกด้วย สำหรับในเด็กวัยเรียนที่ไม่ได้รับประทานอาหารเช้าจะส่งผลเสียต่อการเรียนและสุขภาพ เนื่องจากร่างกายทำงานเพื่อเผาผลาญพลังงานอยู่ตลอดเวลา เมื่อไม่ได้รับประทานอาหารเช้าจะส่งผลให้ปริมาณน้ำตาลในเลือดลดต่ำลง ร่างกายอ่อนเพลีย หงุดหงิด อาจถึงขั้นหน้ามืดเป็นลมเพราะสมองได้รับกลูโคสไปหล่อเลี้ยงไม่เพียงพอ (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ, 2556) จากการวิจัยพบว่าการบริโภคอาหารเช้าที่มีโปรตีนสูง ส่งผลต่อความอยากอาหารระหว่างวัน ทำให้มีแนวโน้มที่ลดการรับประทานคาร์โบไฮเดรต น้ำตาล และไขมันได้ (Gwin and Leidy, 2018) เนื่องจากโปรตีนใช้เวลาย่อยนานกว่าคาร์โบไฮเดรต จึงส่งผลให้มีความอยากอาหารที่น้อยลงไปด้วย การรับประทานอาหารเช้าที่มีโปรตีนสูงจึงส่งผลดีต่อผู้ที่ต้องทำกิจกรรมในช่วงเวลากลางวันอย่างยาวนาน รวมไปถึงผู้ที่ต้องการลดน้ำหนักด้วย (Harvard Health Publishing, 2018) จากการเล็งเห็นความสำคัญของอาหารเช้าที่สะดวกและมีโปรตีนสูง งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ธัญพืชอัดแท่งที่เพิ่มปริมาณโปรตีนโดยใช้ซอยเฟลกซึ่งผลิตจากโปรตีนถั่วเหลืองสกัด (soy protein isolate)

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ธัญพืชอัดแท่งที่เพิ่มปริมาณโปรตีนโดยเติมไข่ขาวและซอยเฟลกซึ่งผลิตจากโปรตีนถั่วเหลืองสกัด

1.3 ขอบเขต/กรอบแนวคิดของงานวิจัย

ศึกษาผลของการเติมซอยเฟลกและไข่ขาวต่อสมบัติทางเคมีกายภาพ คุณค่าทางโภชนาการ และคุณภาพเชิงประสาทสัมผัสของธัญพืชอัดแท่ง โดยแปรปริมาณของซอยเฟลกเป็น 2 ระดับ ได้แก่ 20% และ 40% โดยน้ำหนักของข้าวโอ๊ต และแปรปริมาณของไข่ขาวเป็น 2 ระดับ ได้แก่ 10% และ 20% โดยน้ำหนักของน้ำผึ้ง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้แนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาผลิตภัณฑ์ธัญพืชอัดแท่ง

1.4.2 เพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ธัญพืชอัดแท่ง

1.4.3 ทราบถึงการยอมรับของผู้บริโภคที่มีผลิตภัณฑ์ธัญพืชอัดแท่งเสริมโปรตีนจากซอยเฟลกและไข่ขาว

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 ธัญพืชอัดแท่ง

ธัญพืชอัดแท่งหรือซีเรียลบาร์หรือกราโนลาบาร์ คือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำธัญพืชมาอบหรือย่างแล้วผสมกับสารเชื่อม ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีเนื้อสัมผัสหยาบ (Robbin, 1976) ส่วนผสมหลักของธัญพืชอัดแท่งได้แก่ ธัญพืชชนิดต่างๆ ถั่ว นัท ผลไม้อบแห้ง ส่วนผสมรอง ได้แก่ สารที่ช่วยให้ส่วนผสมหลักยึดเกาะเข้าด้วยกันและสารเพิ่มกลิ่นรส (กมลวรรณ แจ้งชัด และคณะ, 2548) ซึ่งลักษณะของผลิตภัณฑ์ธัญพืชอัดแท่งมี 2 ชนิด คือ ชนิดกรอบแห้ง (crunch bar) มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด 15-20% ในรูปซูโครส เป็นการเพิ่มกลิ่นรสและเนื้อสัมผัส และชนิดเหนียวนุ่ม (chewy bar) อาจเติมหางนมผงที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เหนียวนุ่มและชุ่มชื้น มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด 25-30% มีปริมาณไขมันสูงกว่าชนิดกรอบแห้ง (รัชดา สาดตระกูลวัฒนา, 2542)

ผลิตภัณฑ์ธัญพืชอัดแท่งสามารถแบ่งตามจุดประสงค์ของการรับประทานได้เป็น 3 กลุ่มหลัก ได้แก่ สแน็กบาร์ (snack bar) เฮลตีบาร์ (healthy bar) และ เอเนอร์จีบาร์ (energy bar) สแน็กบาร์ใช้เป็นอาหารเช้าหรือเป็นอาหารว่าง โดยส่วนผสมหลักมักเป็นแป้งสาลีและข้าวโอ๊ตผสมกับสารให้ความหวานหรือน้ำตาลในปริมาณมาก เฮลตีบาร์เป็นอาหารที่เหมาะกับคนรักสุขภาพ มีรสหวานต่ำหรือไม่เติมน้ำตาล มักใส่วัตถุดิบจากธรรมชาติที่มีคุณค่าทางอาหารสูง เช่น เมล็ดอัลมอนด์ เมล็ดทานตะวัน เมล็ดฟักทอง กล้วยเชื่อม หรือผลไม้อบแห้ง ส่วนเอเนอร์จีบาร์เป็นธัญพืชอัดแท่งที่มีการผสมเวย์โปรตีน วิตามิน และแร่ธาตุต่างๆ เพื่อให้ผู้บริโภคได้รับพลังงานและสามารถนำไปใช้ในการออกกำลังกายได้อย่างรวดเร็ว (เครือข่ายการแปรรูปอาหารอินทรีย์, 2561)

2.2 ข้าวโอ๊ต

ข้าวโอ๊ตเป็นพืชเมืองหนาว เจริญเติบโตได้ดีในที่ที่มีอากาศหนาวเย็น เมล็ดข้าวโอ๊ตเป็นแหล่งสะสมสารอาหารที่อุดมไปด้วยคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และใยอาหาร (เบตา-กลูแคน) จมูกข้าวโอ๊ตอุดมไปด้วยไขมันและสารต้านออกซิเดชัน และส่วนรำอุดมด้วยใยอาหาร วิตามิน เกลือแร่ และสารต้านออกซิเดชัน (Renzetti, Courtin, Delcour, and Arendt, 2010) มีรายงานว่าข้าวโอ๊ตสามารถลดระดับคอเรสเตอรอลในเลือดได้ (Othman, Moghadasian, and Jones, 2011) คุณค่าทางโภชนาการของข้าวโอ๊ตแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวโอ๊ต (ดิบ) ต่อน้ำหนัก 100 กรัม

คุณค่าทางโภชนาการ	ปริมาณ
พลังงาน	389 กิโลแคลอรี
โปรตีน	16.9 กรัม
คาร์โบไฮเดรต	66.3 กรัม
น้ำตาล	0 กรัม
ใยอาหาร	10.6 กรัม

ที่มา: Adda (2019)

2.3 อัลมอนด์

อัลมอนด์เป็นพืชในสกุล Prunus มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Prunus amygdalus* (Bailey et al., 1976) มี 2 ชนิด คือ สวีทอัลมอนด์ (sweet almond) และ บิตเทอร์อัลมอนด์ (bitter almond) (Chaouali et al., 2013) อัลมอนด์ประกอบด้วยไขมัน 49% โปรตีน 21% คาร์โบไฮเดรต 22% และแร่ธาตุหลายชนิด (USDA, 2017) โดยน้ำมันอัลมอนด์มีองค์ประกอบหลักเป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว เช่น กรดลิโนเลอิก (Mita et al., 2001) อัลมอนด์ยังมีสรรพคุณที่ดีต่อร่างกายหลายประการ เช่น ลดความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่ โรคเบาหวาน โรคหัวใจ และภาวะความดันโลหิตสูง (Chen et al., 2006; Hanine et al., 2014; Gulati et al., 2017; Dhillon et al., 2019)

2.4 น้ำผึ้ง

น้ำผึ้งเป็นสารให้ความหวานชนิดแรกที่มนุษย์รู้จัก ได้จากน้ำหวานของพืชซึ่งผึ้ง *Apis mellifera* และ *Apis dorsata* เก็บมาเป็นอาหารสะสม องค์ประกอบหลักของน้ำผึ้งได้แก่น้ำตาลโมโนแซ็กคาไรด์ซึ่งมีปริมาณประมาณ 65-85% ของน้ำผึ้ง น้ำผึ้งมีสารต้านออกซิเดชัน ได้แก่ pinocembrin, pinobanksin, chrysin และ galagin (Cui et al., 2008) องค์ประกอบของน้ำผึ้งแสดงดังตารางที่ 2 และคุณค่าทางโภชนาการของน้ำผึ้งแสดงดังตารางที่ 3

2.5 คอร์นเฟลก

คอร์นเฟลกทำโดยนำเมล็ดข้าวโพดมาบดให้เป็นแผ่น นำไปทำให้สุก อบแห้ง แล้วนำไปอบให้กรอบ มีวิตามิน แร่ธาตุ และใยอาหารสูง นิยมรับประทานเป็นอาหารเช้าคู่กับนมสด ได้รับยกย่องว่าเป็นอาหารเช้าที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เพราะทำมาจากเมล็ดพืชแบบเต็มเมล็ด (whole grain) ที่อุดมไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ครบถ้วน (แม่บ้าน, 2559) ตารางที่ 4 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของคอร์นเฟลก

ตารางที่ 2 องค์ประกอบของน้ำผึ้ง

องค์ประกอบ	ปริมาณ (% โดยน้ำหนัก)
น้ำ	17.1
โปรตีน	0.3
วิตามินและแร่ธาตุ	0.2
ฟรุกโตส	38.5
กลูโคส	31.0
มอลโตส	7.2
ซูโครส	1.5

ที่มา: National Honey Board

ตารางที่ 3 คุณค่าทางโภชนาการของน้ำผึ้งต่อ 21 กรัม

คุณค่าทางโภชนาการ	ปริมาณ
พลังงาน	60 กิโลแคลอรี
คาร์โบไฮเดรต	17 กรัม
น้ำตาล	17 กรัม
ใยอาหาร	0.2 กรัม
ไขมัน	0 กรัม
โปรตีน	0.3 กรัม
น้ำ	17.1 กรัม

ที่มา: National Honey Board

ตารางที่ 4 คุณค่าทางโภชนาการของคอร์นเฟลกต่อน้ำหนัก 100 กรัม

คุณค่าทางโภชนาการ	ปริมาณ
พลังงาน	361 กิโลแคลอรี
ไขมัน	0.6 กรัม
โซเดียม	723 มิลลิกรัม
โพแทสเซียม	79 มิลลิกรัม
คาร์โบไฮเดรต	87.1 กรัม
เส้นใยอาหาร	2.5 กรัม
น้ำตาล	10.5 กรัม
โปรตีน	6.6 กรัม

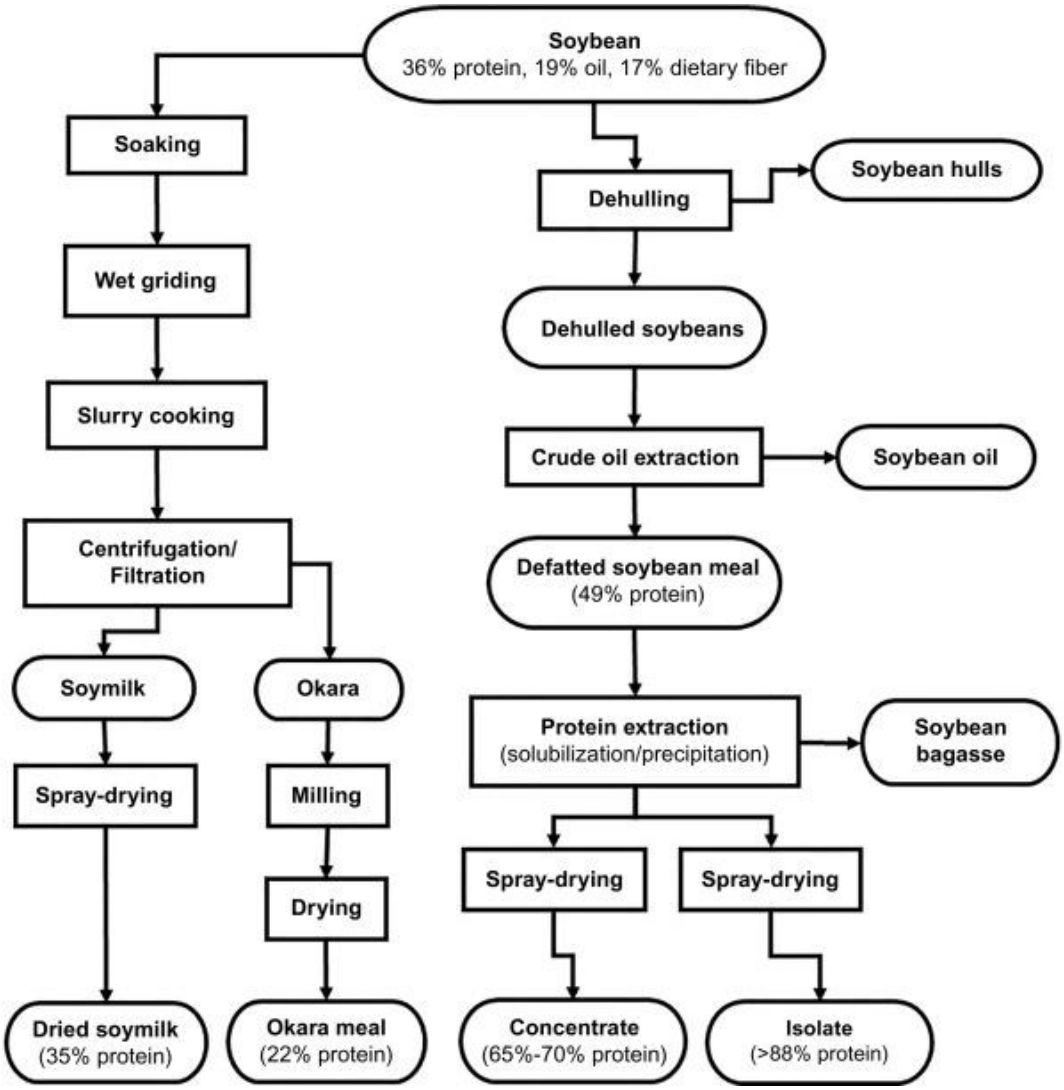
ที่มา: (fitbit, n.d.)

2.6 ถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองมีชื่อวิทยาศาสตร์ *Glycine max* (L) Merril จัดอยู่ในวงศ์ (family) Leguminosae subfamily Papilionoideae (สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร, 2527) จัดเป็นพืชโปรตีนสูงที่สำคัญในแถบทวีปเอเชีย (Adelakun, Duodu, Buys, and Olanipekun, 2013) ซึ่งมีการนำมาบริโภคทั้งในรูปแบบเมล็ดถั่ว ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง (เช่น แป้งถั่วเหลืองไขมันเต็ม แป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน โปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น และโปรตีนถั่วเหลืองสกัด) และผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ (เช่น น้ำนมถั่วเหลือง กากถั่วเหลือง และซีอิ๊ว) นอกจากนี้ถั่วเหลืองยังมีสรรพคุณที่ดีต่อร่างกายและช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคบางชนิดอีกด้วย (Sergio et al., 2019) ภาพที่ 1 แสดงกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง

เมล็ดถั่วเหลืองประกอบไปด้วยโปรตีนมากถึง 40% โดยน้ำหนักแห้ง จึงเป็นแหล่งโปรตีนที่ดีสำหรับผู้ที่ไม่บริโภคเนื้อสัตว์ สารอาหารที่มีปริมาณรองลงมา ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต (35%) และไขมัน (20%) (สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร, 2527; Cheftel et al., 1985) ซึ่งไขมันในถั่วเหลืองนั้นประกอบไปด้วยไขมันไม่อิ่มตัวถึง 80% (Wahnon, 1988) ตารางที่ 5 แสดงองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง

โปรตีนถั่วเหลืองสกัดหรือซอยโปรตีนไอโซเลต ผลิตจากกากถั่วเหลือง (defatted soybean meal) ที่เป็นของเหลือจากกระบวนการผลิตน้ำมันถั่วเหลือง โดยสกัดกากถั่วเหลืองด้วยน้ำที่พีเอชต่ำกว่า 9 นำสิ่งที่สกัดได้ (aqueous extract) มาทำให้ใสเพื่อกำจัดองค์ประกอบที่ไม่ละลายน้ำ จากนั้นนำส่วนของเหลวมาปรับพีเอชให้เท่ากับไอโซอิเล็กทริกพีเอชของโปรตีนถั่วเหลืองซึ่งอยู่ที่พีเอช 4-5 เหวี่ยงแยกโปรตีนที่ตกตะกอนออกมา เนื่องจากโปรตีนถั่วเหลืองสกัดที่มีพีเอชเท่ากับไอโซอิเล็กทริกพีเอชมีการละลายน้ำที่จำกัด จึงมักนำโปรตีนที่ตกตะกอนมาปรับพีเอชให้เป็นกลางก่อนนำไปทำให้แห้ง ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความบริสุทธิ์ที่สูง โดยมีปริมาณโปรตีนไม่ต่ำกว่า 90%



ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง

ที่มา: Sergio et al. (2019)

ตารางที่ 5 องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองเปรียบเทียบกับแป้งสาลี

Nutrient/100 g	Refined-wheat flour	Soybean products						
		Full fat	Defatted	Concentrate	Isolate	Dried soymilk	Okara	Dried bagasse
Moisture (g)	13.4	5.2	7.5	5.8	5.0	6.0	6.0	10.0
Calories (kcal)	361	436	330	328	338	481	240	nd
Protein (g)	12.0	34.5	47.1	63.6	87.7	19.6	25.7	19.7
Lipids (g)	1.0	20.6	1.2	0.5	3.4	24.8	13.7	0.60
Carbohydrates (g)	70.3	35.2	38.4	25.4	7.4	53.6	3.6	nd
Dietary fibers (g)	2.4	9.6	17.5	5.5	5.6	1.5	52.1	46.4
Minerals								
Ash (g)	0.4	4.5	6.2	4.7	3.6	nd	nd	8.8
Calcium (mg)	15	206	241	363	178	503.8	323	nd
Iron (mg)	0.9	6.4	9.2	10.8	14.5	8.3	6.8	nd
Phosphorus (mg)	97	429	674	710	776	90.2	394.8	nd
Zinc (mg)	0.9	3.9	2.5	4.4	4.0	4.5	4.8	nd
Vitamins (mg, unless otherwise indicated)								
Thiamin	0.080	0.58	0.70	0.32	0.18	0.30	0.50	nd
Riboflavin	0.060	1.16	0.25	0.14	0.10	0.45	0.03	nd
Niacin	1	4.32	2.61	0.72	1.4	6.47	0.87	nd
Folic acid (μg)	80	345	305	340	176	127.8	nd	nd
Vitamin E	0.40	1.95	0.12	0	0	6.8	nd	nd
Amino acids (g)								
Lysine	0.23	2.30	3.13	4.4	5.33	1.27	1.58	1.48
Methionine	0.21	0.47	0.63	0.90	1.13	0.22	0.49	0.70
Tryptophan	0.14	0.50	0.68	0.90	1.12	0.30	nd	0.29
Phytochemicals								
Isoflavones (mg)	0	165	151	102.1	97.4	92	86	nd

nd: not detected

ที่มา: ดัดแปลงจาก Sergio et al. (2019)

2.7 ไข่ขาว

ไข่ขาวเป็นส่วนประกอบภายในไข่ที่เป็นส่วนของเหลวข้นหนืดล้อมรอบไข่แดง ไข่ขาวชั้นนอกส่วนใส (thin egg white) เป็นไข่ขาวที่เป็นของเหลวใส โปร่งแสง ล้อมรอบไข่ขาวชั้นนอกส่วนข้น (thick egg white) ที่เป็นส่วนของเหลวที่ข้นหนืดอีกชั้นหนึ่ง ไข่ขาวมีส่วนประกอบหลัก ได้แก่ น้ำและโปรตีน โดยมีไขมันน้อยมาก องค์ประกอบของโปรตีนไข่ขาวแสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 องค์ประกอบโปรตีนของไข่ขาว

Protein	Percent of the total protein*	Denaturation temperature (°C)	Molecular weight (kDa)	Isoelectric point (pH)	Comments
Ovalbumin	54	84.5	44.5	4.5	-
Conalbumin (Ovotransferrin)	12	61.5	76	6.1	Binds metal ions
Ovomucoid	11	70.0	28	4.1	Proteinase inhibitor
Ovamucin	3.5	-	$5.5\text{-}8.3*10^6$	4.5-5.0	Inhibits viral hemagglutination
Lysozyme (Ovoglobulin G_1)	3.4	75.0	14.3	10.7	N-acetylmuramidase
Ovoglobulin G_2	4	92.5	30-45	5.5	Good foam builders
Ovoglobulin G_3	4	-	-	5.8	Good foam builders
Flavoprotein	0.8	-	32	4.0	Binds riboflavin
Ovoglycoprotein	1.0	-	24	3.9	-
Ovomacroglobulin	0.5	-	760-900	4.5	Inhibits serine and cysteine proteinases
Ovoinhibitor	1.5	-	49	5.1	Proteinase inhibitor
Avidin	0.05	-	68.3[b]	9.5	Binds biotin
Cystatin (Ficin inhibitor)	0.05	-	12.7	5.1	Inhibits cysteine peptidases

* Average values are presented.

ที่มา: Belitz et al. (2009)

บทที่ 3

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

Ethanol, AR grade (RCI Labscan, Bangkok, Thailand)

Sulfuric acid, AR grade (Ajax Finechem, Taren Point, New South Wales, Australia)

Petroleum ether, AR grade (RCI Labscan, Bangkok, Thailand)

Hydrochloric acid, AR grade, QRëC™ (Quality Reagent Chemical, Pulau Pinang, Malaysia)

Boric acid, AR grade (Fisher Chemicals, Leicestershire, UK)

Copper sulfate, AR grade (Ajax Finechem, Taren Point, New South Wales, Australia)

Sodium sulfate, AR grade (Ajax Finechem, Taren Point, New South Wales, Australia)

Sodium hydroxide, AR grade (Ajax Finechem, Taren Point, New South Wales, Australia)

3.2 อุปกรณ์

Food mixer, model CHEF XL (Kenwood, Havant, UK)

Texture analyzer, model TA-XT2i (Stable Micro Systems, Surrey, UK)

Infrared food oven, model PL-6 (Linkrich, Guangzhou, China)

Chroma meter, model CR-400 (Konica Minolta Sensing, Osaka, Japan)

Laboratory hot air oven, model UF 110 (Memmert, Schwabach, Germany)

Rotary vacuum evaporator, model N-N (Eyela, Tokyo, Japan)

Distillation unit, model K-355 (BUCHI, Flawil, Switzerland)

Scrubber, model B-414 (BUCHI, Flawil, Switzerland)

Digestion unit, model K-424 (BUCHI, Flawil, Switzerland)

Laboratory chamber furnace, model CWF-1200 (Carbolite, Derbyshire, UK)

Water activity meter, AquaLab™, series 3TE (Decagon Devices, Pullman, WA, USA)

3.3 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย

การศึกษาผลของซอยเฟลกและไข่ขาวต่อสมบัติของธัญพืชอัดแท่ง

งานวิจัยในขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาผลของปริมาณซอยเฟลกและไข่ขาวต่อสมบัติของธัญพืชอัดแท่ง โดยข้าวโอ๊ต อัลมอนด์ ลูกเกด เกลือ น้ำผึ้ง และไข่ไก่ที่ใช้เป็นผลิตภัณฑ์ทางการค้า ส่วนซอยเฟลกเตรียมขึ้นในห้องปฏิบัติการจากโปรตีนถั่วเหลืองสกัดทางการค้า แปรปริมาณของซอยเฟลกเป็น 2 ระดับ

ได้แก่ 20% และ 40% โดยน้ำหนักของข้าวโอ๊ต และแปรปริมาณของไข่ขาวเป็น 2 ระดับ ได้แก่ 10% และ 20% โดยน้ำหนักของน้ำผึ้ง โดยในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาธัญพืชอัดแท่งจำนวน 5 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1 ไม่เติมซอยเฟลกและไข่ขาว (ตัวอย่างควบคุม) สูตรที่ 2 เติมซอยเฟลก 20% และไข่ขาว 20% สูตรที่ 3 เติมซอยเฟลก 20% และไข่ขาว 10% สูตรที่ 4 เติมซอยเฟลก 40% และไข่ขาว 20% สูตรที่ 5 เติมซอยเฟลก 40% และไข่ขาว 10% วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ส่วนผสมที่ใช้ในการเตรียมธัญพืชอัดแท่งแสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ปริมาณของส่วนประกอบ (กรัม) ที่ใช้ในการเตรียมธัญพืชอัดแท่ง

ส่วนผสม	ปริมาณ (กรัม)				
	สูตรที่ 1*	สูตรที่ 2*	สูตรที่ 3*	สูตรที่ 4*	สูตรที่ 5*
ข้าวโอ๊ต	35.00	28.00	28.00	21.00	21.00
อัลมอนด์	17.50	17.50	17.50	17.50	17.50
ลูกเกด	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50
เกลือ	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
น้ำผึ้ง	25.00	20.00	22.50	20.00	22.50
ซอยเฟลก	0	7.00	7.00	14.00	14.00
ไข่ขาว	0	5.00	2.50	5.00	2.50

* สูตรที่ 1 ไม่เติมซอยเฟลกและไข่ขาว (ตัวอย่างควบคุม)

สูตรที่ 2 เติมซอยเฟลก 20% และไข่ขาว 20%

สูตรที่ 3 เติมซอยเฟลก 20% และไข่ขาว 10%

สูตรที่ 4 เติมซอยเฟลก 40% และไข่ขาว 20%

สูตรที่ 5 เติมซอยเฟลก 40% และไข่ขาว 10%

สำหรับซอยเฟลก เตรียมขึ้นในห้องปฏิบัติการจากโปรตีนถั่วเหลืองสกัดโดยดัดแปลงจากวิธีการทำคอร์นเฟลกของ Paul (2019) นำโปรตีนถั่วเหลืองสกัดปริมาณ 140 กรัม ผสมกับน้ำตาลทรายขาว 40 กรัมและเกลือ 2 กรัม จากนั้นเติมน้ำ 560 กรัม ผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่องผสมอาหาร (model CHEF XL, Kenwood, Havant, UK) โดยใช้หัวผสมรูปใบไม้ (K beater) ที่ความเร็วระดับ 3 เป็นเวลา 1 นาที และที่ความเร็วระดับ 5 เป็นเวลา 4 นาที บรรจุของผสมที่ได้ลงในถาดขนาด 40×60×4.5 เซนติเมตร เกลี่ยของผสมให้มีความหนาที่สม่ำเสมอกัน ตัดของผสมด้วยลูกกลิ้งตัดแป้งให้ชิ้นกว้าง 2.5 เซนติเมตร ใช้ส้อมเจาะที่ผิวของของผสมเพื่อป้องกันการพองตัวในระหว่างการอบ จากนั้นอบในเตาอบอินฟราเรด (model PL-6, Linkrich, Guangzhou, China) ใช้อุณหภูมิไฟบน 140°C อุณหภูมิไฟล่าง 150°C อบเป็นเวลา 12 นาที จากนั้นนำ

ออกมาตัดซ้ำรอยเดิม เพื่อป้องกันไม่ให้ซอยเฟลกที่อบเสร็จแล้วติดกัน จากนั้นนำเข้าอบอีกครั้งเป็นเวลา 105 นาที จนกระทั่งมีลักษณะแห้งและกรอบ นำออกจากเตาอบ ทิ้งให้เย็นตัวลง แล้วนำแผ่นซอยเฟลกมาตัดให้เป็นชิ้นเล็ก เก็บรักษาไว้ในภาชนะปิดสนิท

สำหรับธัญพืชอัดแท่งสูตรที่ 1 (ตัวอย่างควบคุม) เตรียมโดยดัดแปลงจากวิธีการทำธัญพืชอัดแท่งของ The Cooking Foodie (2020) โดยผสมข้าวโอ๊ต อัลมอนด์ ลูกเกด เกลือ และน้ำผึ้ง ให้เข้ากัน ชั่งของผสมที่ได้มา 28 กรัม บรรจุให้แน่นในแม่พิมพ์ทรงสี่เหลี่ยมขนาด 3.2×6.5×2.2 เซนติเมตร นำไปอบด้วยเตาอบอินฟราเรด (model PL-6, Linkrich, Guangzhou, China) ใช้อุณหภูมิไฟบน 140°C อุณหภูมิไฟล่าง 150°C เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำออกจากเตาอบ ทิ้งให้เย็นตัวลง และเก็บรักษาไว้ในภาชนะปิดสนิท วิเคราะห์สมบัติของธัญพืชอัดแท่งดังต่อไปนี้

3.3.1 วอเตอร์แอกทิวิตี (a_w)

วิเคราะห์วอเตอร์แอกทิวิตีของซอยเฟลกและธัญพืชอัดแท่งโดยใช้เครื่อง AquaLab™ (series 3TE, Decagon Devices, Pullman, WA, USA)

3.3.2 รูปแบบเนื้อสัมผัส

วิเคราะห์รูปแบบเนื้อสัมผัส (Texture Profile Analysis, TPA) ของตัวอย่างธัญพืชอัดแท่งโดยใช้เครื่อง Texture Analyzer (model TA-XT2i, Stable Micro Systems, Surrey, UK) ตัดตัวอย่างธัญพืชอัดแท่งให้มีขนาด 1.0×2.2×1.3 เซนติเมตร ใช้หัวกด (compression platen) ที่ทำด้วยอลูมิเนียม รุ่น P/100 ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร วัดตัวอย่าง 10 ชิ้น สำหรับ 1 ซ้ำ โดยการตั้งค่าของการวัด (setting) มีดังนี้

Option : TPA

Pre-test speed : 5.0 mm/s

Test speed : 1.0 mm/s

Post-test speed : 1.0 mm/s

Distance : 20% strain

Trigger type : Auto - 5g

Time : 5

Data acquisition rate : 10 pps

คำนวณหาค่า hardness, cohesiveness, springiness และ chewiness จากกราฟ TPA โดยใช้สมการที่ (1)-(4)

$$\text{Hardness} = F_1 \quad \text{...(1)}$$

$$\text{Cohesiveness} = \frac{\textbf{Area 2}}{\textbf{Area 1}} \quad \text{...(2)}$$

$$\text{Springiness} = \frac{\textbf{Distance 2}}{\textbf{Distance1}} \quad \text{...(3)}$$

$$\text{Chewiness} = \text{hardness} \times \text{cohesiveness} \times \text{springiness} \quad \text{...(4)}$$

3.3.3 สี

วัดค่าสีในระบบ CIELAB ด้วยเครื่อง chroma meter (model CR-400, Konica Minolta Sensing, Osaka, Japan) ภายใต้แหล่งกำเนิดแสง D65 มุมมอง 10° สุ่มวัดสีตัวอย่างละ 5 จุด สำหรับ 1 ซ้ำ

3.3.4 ปริมาณความชื้น

วิเคราะห์ปริมาณความชื้นตามวิธีของ AOAC (2000) โดยนำธัญพืชอัดแท่งมาบดให้ละเอียด ชั่งตัวอย่างประมาณ 5 กรัม (บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน) บรรจุลงในจานอลูมิเนียมที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว นำตัวอย่างเข้าอบในตู้อบลมร้อน (model UF 110, Memmert, Schwabach, Germany) ที่ 105°C จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ หลังจากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นในเดซิกเคเตอร์และนำมาชั่งน้ำหนักหลังอบ คำนวณปริมาณความชื้นเป็นร้อยละโดยน้ำหนักเปียก

3.3.5 ปริมาณโปรตีน

วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนตามวิธีของ AOAC (2000) ชั่งธัญพืชอัดแท่งและซอยเฟลกที่บดละเอียดประมาณ 5 กรัม (บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน) บรรจุลงในหลอดสำหรับย่อยตัวอย่าง เติม $CuSO_4$ ปริมาณ 0.1 มิลลิกรัม และ Na_2SO_4 ปริมาณ 2 มิลลิกรัม จากนั้นเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 25 มิลลิลิตร นำไปย่อยด้วยเครื่องย่อยโปรตีน (model K-424, BUCHI, Flawil, Switzerland) จนสารละลายใส นำตัวอย่างที่ย่อยแล้วมาพักให้เย็นตัวลง เติมน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร จากนั้นนำตัวอย่างมากลั่นด้วยเครื่องกลั่น (model K-355, BUCHI, Flawil, Switzerland) นำขวดรูปชมพู่ที่มีกรดบอริกเข้มข้น 4% ปริมาตร 25 มิลลิลิตร และอินดิเคเตอร์ (สารละลายเมทิลเรด-เมทิลีนบลู) มารองรับสารที่กลั่นได้ จากนั้นนำสารละลายมาไทเทรตด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนกระทั่งสีของสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีชมพู คำนวณปริมาณโปรตีนโดยใช้สมการที่ (5)

$$\%\text{Protein} = (\text{ml HCl} - \text{ml Blank}) \times \text{normality} \times 14.007 \times \left(\frac{\textbf{100}}{\textbf{mg sample}}\right) \times \text{conversion factor} \quad \text{...(5)}$$

เมื่อ ml HCl คือ ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 นอร์มัล ที่ใช้ในการไทเทรตตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

ml Blank คือ ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 นอร์มัล ที่ใช้ในการไทเทรตแบลงก์ (มิลลิลิตร)

normality คือ ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก

conversion factor = 6.25

3.3.6 ปริมาณไขมัน

วิเคราะห์ปริมาณไขมันตามวิธีของ AOAC (2000) ชั่งธัญพืชอัดแท่งที่บดละเอียดประมาณ 3 กรัม (บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน) บรรจุในธิมเบิล แล้วปิดด้วยสำลี จากนั้นบรรจุธิมเบิลใน Soxhlet extractor เติมปิโตรเลียมอีเทอร์ปริมาตร 250 มิลลิลิตร สกัดไขมันเป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยใช้ขวดก้นกลมที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้วมารองรับสิ่งที่สกัดได้ นำสิ่งที่สกัดได้มาระเหยปิโตรเลียมอีเทอร์ออกโดยใช้เครื่องระเหยแบบหมุน (model N-N, Eyela, Tokyo, Japan) แล้วอบในตู้อบลมร้อน (model UF 110, Memmert, Schwabach, Germany) ที่ 105°C เป็นเวลา 60 นาที หลังจากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นในเดซิกเคเตอร์แล้วนำมาชั่งน้ำหนักหลังอบ คำนวณปริมาณไขมันโดยใช้สมการที่ (6)

%Fat = [(weight of flask+ fat) - weight of flask] × 100/weight of sample ...(6)

3.3.7 ปริมาณเส้นใยหยาบ

วิเคราะห์เส้นใยหยาบตามวิธีของ AOAC (2000) โดยชั่งตัวอย่างธัญพืชอัดแท่งสกัดไขมัน 5 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร จากนั้นเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1.25% ลงในบีกเกอร์จนถึงขีดบอกปริมาตร 200 มิลลิลิตร ต้มส่วนผสมจนเดือดแล้วต้มต่อด้วยไฟอ่อน 20 นาที และคนเป็นระยะ โดยระหว่างต้มถ้าระดับน้ำลดต่ำกว่าขีด 200 มิลลิลิตรให้เติมน้ำกลั่นต้มเดือดทดแทนให้ถึงขีด กรองส่วนผสมด้วยกรวยบุชเนอร์ที่มีผ้าขาวบางหลายๆ ชั้น วางบนขวดแก้วรูปชมพู่ที่ต่อกับปั๊มดูดอากาศ แล้วล้างกากที่ค้างอยู่บนผ้าขาวบางด้วยน้ำกลั่นต้มเดือดหลายครั้งจนน้ำที่ผ่านออกมาไม่เป็นกรด นำกากที่กรองได้ใส่กลับบีกเกอร์เดิม ชะกากออกจากผ้าด้วยน้ำกลั่นน้อยที่สุดเท่าที่จำเป็น จากนั้นเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 5% ปริมาณ 50 มิลลิลิตร ตามด้วยน้ำกลั่นต้มเดือดจนถึงขีดบอกปริมาตร 200 มิลลิลิตร แล้วต้มจนเดือดอีก 20 นาทีและคนเป็นระยะ โดยระหว่างต้มถ้าระดับน้ำลดต่ำกว่าขีด 200 มิลลิลิตรให้เติมน้ำกลั่นต้มเดือดทดแทนให้ถึงขีด จากนั้นนำมากรองผ่านกรวยบุชเนอร์ที่รองด้วยผ้าขาวบางหลายชั้นวางบนขวดแก้วรูปชมพู่ที่ต่อกับปั๊มดูดอากาศ ชะด้วยน้ำกลั่นต้มเดือดหลายครั้งตามด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1% หนึ่งครั้ง ชะซ้ำด้วยน้ำกลั่นต้มเดือดจนกว่าน้ำที่ล้างออกมาไม่เป็นกรด แล้วชะด้วยเอทานอลเข้มข้น 95% จากนั้นนำกากใส่จานกระเบื้อง (ที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน) อบในตู้อบลมร้อน (model UF 110, Memmert, Schwabach, Germany) ที่ 105°C จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ นำจานออกมาทิ้งให้เย็นในเดซิกเคเตอร์แล้วชั่งน้ำหนัก จะได้น้ำหนักของเส้นใยหยาบรวมกับแร่ธาตุ นำกากที่อบแล้วใส่ครูซิเบิลพร้อมฝาที่ผ่านการเผาและชั่งน้ำหนักมาแล้วนำไปเผาบนเตาในตู้ดูดควันจนได้เถ้าสีดำและหมดควัน แล้วนำไปเผาต่อในเตาเผา (model CWF-

1200, Carbolite, Derbyshire, UK) ที่ 550°C จนได้เถ้าสีขาวเทา สุดท้ายนำออกมา ทิ้งให้เย็นในเดซิกเคเตอร์ แล้วชั่งน้ำหนัก จะได้น้ำหนักของแร่ธาตุ คำนวณน้ำหนักของเส้นใยหยาบซึ่งได้แก่ส่วนต่างของน้ำหนักตัวอย่างก่อนเผาและน้ำหนักตัวอย่างหลังเผา จากนั้นคำนวณปริมาณใยอาหารเป็นร้อยละโดยน้ำหนักเปียก

3.3.8 ปริมาณเถ้า

วิเคราะห์ปริมาณเถ้าตามวิธีของ AOAC (2000) โดยชั่งครูซิเบิลพร้อมฝาที่เผาและทิ้งให้เย็นในเคซิกเคเตอร์แล้ว บรรจุตัวอย่างธัญพืชอัดแท่ง 2 กรัม (บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน) ลงในครูซิเบิล จากนั้นนำครูซิเบิลไปเผาบนเตาในตู้ดูดควันจนได้เถ้าสีดำและหมดควัน แล้วนำไปเผาต่อในเตาเผา (model CWF-1200, Carbolite, Derbyshire, UK) ที่ 550°C จนได้เถ้าสีขาวเทา นำครูซิเบิลออกมาทิ้งให้เย็นในเดซิกเคเตอร์แล้วชั่งน้ำหนัก คำนวณปริมาณเถ้าเป็นร้อยละโดยน้ำหนักเปียก

3.3.9 ปริมาณคาร์โบไฮเดรต

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตได้จากการคำนวณโดยใช้สมการที่ (7)

%Carbohydrates = 100 - %moisture - %ash - %crude fiber - %crude fat - %crude protein ...(7)

3.3.10 ค่าพลังงาน

คำนวณค่าพลังงานตามวิธี Atwater general factor system (2006) โดยคำนวณค่าพลังงานที่เกิดจากโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมันในอาหารแยกกันแล้วนำมารวมกัน โดยพลังงานที่เกิดจากโปรตีนเท่ากับ 4 กิโลแคลอรี/กรัม พลังงานที่เกิดจากคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 4 กิโลแคลอรี/กรัม และพลังงานที่เกิดจากไขมันเท่ากับ 9 กิโลแคลอรี/กรัม

3.3.11 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยใช้ 9-Point hedonic scale ตามวิธีของ Jones et al. (1955) (แบบประเมินแสดงในภาคผนวก ก.1) โดยให้ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในด้านกลิ่นรส สี เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยให้ตั้งแต่ 1 ถึง 9 โดย 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 คือ ชอบมากที่สุด

3.3.12 การวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan’s new multiple range test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

บทที่4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 สมบัติของซอยเฟลกและธัญพืชอัดแท่ง

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของปริมาณซอยเฟลกและไข่ขาวต่อสมบัติของธัญพืชอัดแท่ง โดยแปรปริมาณซอยเฟลกเป็น 2 ระดับ ได้แก่ 20% และ 40% โดยน้ำหนักของข้าวโอ๊ต และแปรปริมาณไข่ขาวเป็น 2 ระดับ ได้แก่ 10% และ 20% โดยน้ำหนักของน้ำผึ้ง โดยผลิตธัญพืชอัดแท่งทั้งหมด 5 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1 ไม่เติมซอยเฟลกและไข่ขาว (ตัวอย่างควบคุม) สูตรที่ 2 เติมซอยเฟลก 20% และไข่ขาว 20% สูตรที่ 3 เติมซอยเฟลก 20% และไข่ขาว 10% สูตรที่ 4 เติมซอยเฟลก 40% และไข่ขาว 20% สูตรที่ 5 เติมซอยเฟลก 40% และไข่ขาว 10% สำหรับซอยเฟลกที่ผลิตขึ้นในห้องปฏิบัติการมีวอเตอร์แอกทิวิตีเท่ากับ 0.311±0.039 และปริมาณโปรตีนเท่ากับ 48.48±0.13% โดยน้ำหนักเปียก ส่วนผลการวิเคราะห์สมบัติของธัญพืชอัดแท่งมีดังต่อไปนี้

4.1.1 วอเตอร์แอกทิวิตี

วอเตอร์แอกทิวิตีของตัวอย่างธัญพืชอัดแท่งแสดงดังตารางที่ 8 พบว่าธัญพืชอัดแท่งทุกตัวอย่างมีวอเตอร์แอกทิวิตีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) แสดงว่าปริมาณซอยเฟลกและไข่ขาวไม่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกทิวิตี โดยทุกตัวอย่างมีวอเตอร์แอกทิวิตีต่ำกว่า 0.5 ซึ่งจุลินทรีย์ทุกชนิดไม่สามารถเจริญได้ ตัวอย่างธัญพืชอัดแท่งจึงสามารถเก็บรักษาได้ที่อุณหภูมิห้องโดยไม่มีการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์

ตารางที่ 8 วอเตอร์แอกทิวิตีของธัญพืชอัดแท่งที่เติมซอยเฟลกและไข่ขาว

สูตรที่	ตัวอย่างธัญพืชอัดแท่ง	a_w ^{ns}
1	เติมซอยเฟลก 0%, ไข่ขาว 0% (ตัวอย่างควบคุม)	0.334 ± 0.031
2	เติมซอยเฟลก 20%, ไข่ขาว 20%	0.392 ± 0.014
3	เติมซอยเฟลก 20%, ไข่ขาว 10%	0.398 ± 0.009
4	เติมซอยเฟลก 40%, ไข่ขาว 20%	0.371 ± 0.083
5	เติมซอยเฟลก 40%, ไข่ขาว 10%	0.386 ± 0.026

ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการทดลอง 3 ซ้ำ

^{ns} ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

4.1.2 รูปแบบเนื้อสัมผัส

ตารางที่ 9 แสดงรูปแบบเนื้อสัมผัสของตัวอย่างธัญพืชอัดแท่ง พบว่าตัวอย่างธัญพืชอัดแท่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) ในด้านความแข็ง (hardness) ความต้านทานการเคี้ยว (chewiness) และการเกาะติด (cohesiveness) โดยธัญพืชอัดแท่งสูตรที่ 1 (ตัวอย่างควบคุม) มีค่าความแข็ง

ความต้านทานการเคี้ยว และการเกาะติดสูงที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากตัวอย่างดังกล่าวมีปริมาณน้ำผึ้งสูงและไม่เติมซอยเฟลกทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งและเหนียวติดกันมากที่สุด ในขณะที่ธัญพืชอัดแท่งสูตรที่ 4 มีค่าความแข็ง ความต้านทานการเคี้ยว และการเกาะติดต่ำที่สุด เนื่องจากมีปริมาณซอยเฟลกสูง ขนาดซอยเฟลกที่ใหญ่กว่าเมล็ดข้าวโอ๊ตจะทำให้ความหนาแน่นของธัญพืชอัดแท่งลดลงและเกิดช่องว่างในตัวธัญพืชอัดแท่งมากขึ้น

ตารางที่ 9 รูปแบบเนื้อสัมผัสของธัญพืชอัดแท่งที่เติมซอยเฟลกและไข่ขาว

สูตรที่	ตัวอย่างธัญพืชอัดแท่ง	Hardness (g)	Adhesiveness (g sec) ^{ns}	Springiness^{ns}	Cohesiveness	Chewiness (g)
1	เติมซอยเฟลก 0%, ไข่ขาว 0% (ตัวอย่างควบคุม)	22297.84^{a} ±8404.23	5.39±6.17	0.59±0.15	0.46^{a}±0.15	7023.07^{a} ±5376.61
2	เติมซอยเฟลก 20%, ไข่ขาว 20%	11363.24^{bc} ±3184.90	8.36±8.76	0.63±0.30	0.29^{b}±0.12	2057.22^{b} ±1134.76
3	เติมซอยเฟลก 20%, ไข่ขาว 10%	12155.57^{b} ±3359.29	6.57±7.92	0.57±0.11	0.43^{a}±0.50	3595.25^{b} ±6103.19
4	เติมซอยเฟลก 40%, ไข่ขาว 20%	8943.28^{c} ±3462.65	6.16±7.62	0.54±0.16	0.25^{b}±0.11	1439.76^{b} ±1264.32
5	เติมซอยเฟลก 40%, ไข่ขาว 10%	12180.90^{b} ±4939.82	6.46±5.72	0.55±0.10	0.29^{b}±0.16	2500.05^{b} ±2423.44

ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการทดลอง 3 ซ้ำ

$^{a, b, c}$ ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่มีอักษรกำกับต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

^{ns} ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

4.1.3 สี

ค่าสีในระบบ CIELAB ของตัวอย่างธัญพืชอัดแท่งแสดงดังตารางที่ 10 พบว่าค่า L* (ความสว่าง) มีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณซอยเฟลกเพิ่มขึ้น เนื่องจากซอยเฟลกมีส่วนผสมของน้ำตาล ซึ่งอาจทำให้เกิดคาราเมลไลเซชัน และเมื่อเปรียบเทียบตัวอย่างที่มีปริมาณซอยเฟลกเท่ากัน พบว่าตัวอย่างที่มีปริมาณไข่ขาวสูงกว่าจะมี L* ที่สูงกว่า เนื่องจากปริมาณไข่ขาวที่เพิ่มขึ้น ทำให้สัดส่วนของน้ำผึ้งลดลงจึงเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดได้น้อยลง ส่วนค่า +b* (สีเหลือง) มีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณซอยเฟลกเพิ่มขึ้น เนื่องจากน้ำตาลในซอยเฟลกเกิดคาราเมลไลเซชัน และเมื่อเปรียบเทียบในตัวอย่างที่มีปริมาณซอยเฟลกเท่ากัน พบว่าปริมาณไข่ขาวไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า +b* อย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ +a* (สีแดง) ของทุกตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 10 ค่าสีในระบบ CIELAB ของธัญพืชอัดแท่งที่เติมซอยเฟลกและไข่ขาว

สูตรที่	ตัวอย่างธัญพืชอัดแท่ง	L*	a*^{ns}	b*
1	เติมซอยเฟลก 0%, ไข่ขาว 0% (ตัวอย่างควบคุม)	58.87^{a} ± 3.84	11.13 ± 1.64	16.17^{a} ± 2.90
2	เติมซอยเฟลก 20%, ไข่ขาว 20%	57.34^{ab} ± 5.30	11.56 ± 2.39	15.09^{ab} ± 3.35
3	เติมซอยเฟลก 20%, ไข่ขาว 10%	54.81^{b} ± 5.39	11.60 ± 2 .59	13.35^{b} ± 2.29
4	เติมซอยเฟลก 40%, ไข่ขาว 20%	54.79^{bc} ± 4.83	11.69 ± 2.47	13.47^{b} ± 3.22
5	เติมซอยเฟลก 40%, ไข่ขาว 10%	52.61^{c} ± 4.64	12.30 ± 1.45	12.96^{b} ± 3.34

ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการทดลอง 3 ซ้ำ

$^{a, b, c}$ ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่มีอักษรกำกับต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

^{ns} ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

4.1.4 ปริมาณความชื้น

ปริมาณความชื้นของตัวอย่างธัญพืชอัดแท่งแสดงดังตารางที่ 11 พบว่าปริมาณความชื้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณซอยเฟลกและไข่ขาวมีค่าเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 11 ปริมาณความชื้นของธัญพืชอัดแท่งที่เติมซอยเฟลกและไข่ขาว

สูตรที่	ตัวอย่างธัญพืชอัดแท่ง	ปริมาณความชื้น (% โดยน้ำหนักเปียก)
1	เติมซอยเฟลก 0%, ไข่ขาว 0% (ตัวอย่างควบคุม)	5.34^{c}±0.12
2	เติมซอยเฟลก 20%, ไข่ขาว 20%	5.54^{bc}±0.13
3	เติมซอยเฟลก 20%, ไข่ขาว 10%	5.52^{bc}±0.17
4	เติมซอยเฟลก 40%, ไข่ขาว 20%	5.98^{a}±0.25
5	เติมซอยเฟลก 40%, ไข่ขาว 10%	5.77^{ab}±0.03

ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการทดลอง 3 ซ้ำ

$^{a, b, c}$ ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่มีอักษรกำกับต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.1.5 ปริมาณโปรตีน

ปริมาณโปรตีนของตัวอย่างธัญพืชอัดแท่งแสดงดังตารางที่ 12 พบว่าปริมาณโปรตีนของธัญพืชอัดแท่งที่เติมซอยเฟลกและไข่ขาวมีค่าสูงกว่าธัญพืชอัดแท่งสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณโปรตีนมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณของซอยเฟลกและไข่ขาวเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้พบว่าตัวอย่างธัญพืชอัดแท่งที่เติมซอยเฟลก 40% และไข่ขาว 20% (สูตรที่ 3) มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 17.16% โดยน้ำหนักเปียก ซึ่งสูงกว่าตัวอย่างควบคุม (สูตรที่ 1) ถึง 1.9 เท่า

ตารางที่ 12 ปริมาณโปรตีนของธัญพืชอัดแท่งที่เติมซอยเฟลกและไข่ขาว

สูตรที่	ตัวอย่างธัญพืชอัดแท่ง	ปริมาณโปรตีน (% โดยน้ำหนักเปียก)
1	เติมซอยเฟลก 0%, ไข่ขาว 0% (ตัวอย่างควบคุม)	8.86^{e}±0.18
2	เติมซอยเฟลก 20%, ไข่ขาว 20%	13.49^{c}±0.08
3	เติมซอยเฟลก 20%, ไข่ขาว 10%	12.56^{d}±0.11
4	เติมซอยเฟลก 40%, ไข่ขาว 20%	17.16^{a}±0.22
5	เติมซอยเฟลก 40%, ไข่ขาว 10%	15.96^{b}±0.13

ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการทดลอง 3 ซ้ำ

$^{a, b, c}$ ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่มีอักษรกำกับต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.1.6 ปริมาณไขมัน

ปริมาณไขมันของตัวอย่างธัญพืชอัดแท่งที่เติมซอยเฟลกและไข่ขาวแสดงดังตารางที่ 13 พบว่าตัวอย่างธัญพืชอัดแท่งมีปริมาณไขมันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากซอยเฟลกและไข่ขาวที่เติมลงไปมีปริมาณไขมันต่ำมากจึงไม่ส่งผลต่อปริมาณไขมันโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญ โดยทุกตัวอย่างมีปริมาณไขมันประมาณ 15% โดยน้ำหนักเปียก

ตารางที่ 13 ปริมาณไขมันของธัญพืชอัดแท่งที่เติมซอยเฟลกและไข่ขาว

สูตรที่	ตัวอย่างธัญพืชอัดแท่ง	ปริมาณไขมัน (% โดยน้ำหนักเปียก) ^{ns}
1	เติมซอยเฟลก 0%, ไข่ขาว 0% (ตัวอย่างควบคุม)	15.19±0.51
2	เติมซอยเฟลก 20%, ไข่ขาว 20%	15.12±0.79
3	เติมซอยเฟลก 20%, ไข่ขาว 10%	15.43±0.24
4	เติมซอยเฟลก 40%, ไข่ขาว 20%	14.82±0.47
5	เติมซอยเฟลก 40%, ไข่ขาว 10%	14.47±0.56

ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการทดลอง 3 ซ้ำ

^{ns} ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

4.1.7 ปริมาณเส้นใยหยาบ

ปริมาณเส้นใยหยาบของธัญพืชอัดแท่งแสดงดังตารางที่ 14 พบว่าเมื่อปริมาณซอยเฟลกเพิ่มสูงขึ้น ปริมาณเส้นใยหยาบมีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้เนื่องจากโปรตีนถั่วเหลืองสกัดที่เป็นวัตถุดิบหลักของซอยเฟลกมีปริมาณใยอาหารเป็นศูนย์ (USDA, 2019) ธัญพืชอัดแท่งสูตรควบคุม (สูตรที่ 1) ที่จึงมีปริมาณเส้ยใยหยาบสูงที่สุด

ตารางที่ 14 ปริมาณเส้นใยหยาบของธัญพืชอัดแท่งที่เติมซอยเฟลกและไข่ขาว

สูตรที่	ตัวอย่างธัญพืชอัดแท่ง	ปริมาณเส้นใยหยาบ (% โดยน้ำหนักเปียก)
1	เติมซอยเฟลก 0%, ไข่ขาว 0% (ตัวอย่างควบคุม)	0.5883
2	เติมซอยเฟลก 20%, ไข่ขาว 20%	0.4836
3	เติมซอยเฟลก 20%, ไข่ขาว 10%	0.3876
4	เติมซอยเฟลก 40%, ไข่ขาว 20%	0.4056
5	เติมซอยเฟลก 40%, ไข่ขาว 10%	0.3528

หมายเหตุ การวิเคราะห์ทำได้เพียงหนึ่งครั้งเนื่องจากห้องปฏิบัติการปิดจากสถานการณ์โรคระบาด

4.1.8 ปริมาณเถ้า

ปริมาณเถ้าของธัญพืชอัดแท่งแสดงดังตารางที่ 15 พบว่าธัญพืชอัดแท่งสูตรควบคุม (สูตรที่ 1) มีปริมาณเถ้าต่ำที่สุด และเมื่อเติมไข่ขาวเพิ่มขึ้น ปริมาณเถ้ามีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น

ตารางที่ 15 ปริมาณเถ้าของธัญพืชอัดแท่งที่เติมซอยเฟลกและไข่ขาว

สูตรที่	ตัวอย่างธัญพืชอัดแท่ง	ปริมาณเถ้า (% โดยน้ำหนักเปียก)
1	เติมซอยเฟลก 0%, ไข่ขาว 0% (ตัวอย่างควบคุม)	2.21
2	เติมซอยเฟลก 20%, ไข่ขาว 20%	2.65
3	เติมซอยเฟลก 20%, ไข่ขาว 10%	2.30
4	เติมซอยเฟลก 40%, ไข่ขาว 20%	2.59
5	เติมซอยเฟลก 40%, ไข่ขาว 10%	2.36

หมายเหตุ การวิเคราะห์ทำได้เพียงหนึ่งครั้งเนื่องจากห้องปฏิบัติการปิดจากสถานการณ์โรคระบาด

4.1.9 ปริมาณคาร์โบไฮเดรต

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตของธัญพืชอัดแท่งแสดงดังตารางที่ 16 โดยพบว่าปริมาณของคาร์โบไฮเดรตมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณซอยเฟลกและไข่ขาวเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการเติมซอยเฟลกและไข่ขาวมีผลให้ส่วนผสมที่มีคาร์โบไฮเดรตสูง ซึ่งได้แก่ ข้าวโอ๊ตและน้ำผึ้ง มีสัดส่วนที่ลดลง ธัญพืชอัดแท่งสูตรที่ 4 ซึ่งมีปริมาณซอยเฟลกและไข่ขาวสูงที่สุดมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำที่สุด (61.45%) และสูตรที่ 1 ซึ่งเป็นสูตรควบคุมจึงมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุด (68.66%)

ตารางที่ 16 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตของธัญพืชอัดแท่งที่เติมซอยเฟลกและไข่ขาว

สูตรที่	ตัวอย่างธัญพืชอัดแท่ง	ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (% โดยน้ำหนักเปียก)
1	เติมซอยเฟลก 0%, ไข่ขาว 0% (ตัวอย่างควบคุม)	68.66
2	เติมซอยเฟลก 20%, ไข่ขาว 20%	64.45
3	เติมซอยเฟลก 20%, ไข่ขาว 10%	65.55
4	เติมซอยเฟลก 40%, ไข่ขาว 20%	61.45
5	เติมซอยเฟลก 40%, ไข่ขาว 10%	63.10

4.1.10 ค่าพลังงาน

ค่าพลังงานของธัญพืชอัดแท่งแสดงดังตารางที่ 17 โดยธัญพืชอัดแท่งทุกตัวอย่างมีค่าพลังงานที่ใกล้เคียงกัน โดยมีค่าประมาณ 4.4 กิโลแคลอรี/กรัม ทั้งนี้เนื่องจากธัญพืชอัดแท่งทุกตัวอย่างมีปริมาณโปรตีนรวมกับคาร์โบไฮเดรตใกล้เคียงกัน โดยมีค่าประมาณ 78% โดยน้ำหนักเปียก และมีปริมาณไขมันใกล้เคียงกัน โดยมีค่าประมาณ 15% โดยน้ำหนักเปียก

ตารางที่ 17 ค่าพลังงานของธัญพืชอัดแท่งที่เติมซอยเฟลกและไข่ขาว

สูตรที่	ตัวอย่างธัญพืชอัดแท่ง	ค่าพลังงาน (กิโลแคลอรี/กรัม)
1	เติมซอยเฟลก 0%, ไข่ขาว 0% (ตัวอย่างควบคุม)	4.45
2	เติมซอยเฟลก 20%, ไข่ขาว 20%	4.37
3	เติมซอยเฟลก 20%, ไข่ขาว 10%	4.41
4	เติมซอยเฟลก 40%, ไข่ขาว 20%	4.36
5	เติมซอยเฟลก 40%, ไข่ขาว 10%	4.35

4.1.11 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยใช้ 9-point hedonic scale แสดงดังตารางที่ 18

สำหรับความชอบด้านกลิ่นรส สี และรสชาติ พบว่าธัญพืชอัดแท่งทุกตัวอย่างได้คะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) โดยทุกลักษณะได้คะแนนความชอบประมาณ 6 (ชอบเล็กน้อย) แสดงให้เห็นว่าการเติมซอยเฟลกและไข่ขาวไม่มีผลต่อความชอบของผู้ทดสอบในด้านกลิ่นรส สี และรสชาติ

ตารางที่ 18 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบของธัญพืชอัดแท่งที่เติมซอยเฟลกและไข่ขาว

สูตรที่	ตัวอย่างธัญพืชอัดแท่ง	กลิ่นรส ^{ns}	สี ^{ns}	เนื้อสัมผัส	รสชาติ ^{ns}	ความชอบโดยรวม
1	เติมซอยเฟลก 0%, ไข่ขาว 0% (ตัวอย่างควบคุม)	6.8 ± 1.4	6.7 ± 1.4	3.8^{c} ± 1.7	6.4 ± 1.5	6.1^{b} ± 1.6
2	เติมซอยเฟลก 20%, ไข่ขาว 20%	6.2 ± 1.7	6.6 ± 1.4	6.6^{b} ± 1.4	6.6 ± 1.7	6.8^{ab} ± 1.1
3	เติมซอยเฟลก 20%, ไข่ขาว 10%	5.9 ± 1.5	6.4 ± 1.3	5.7^{b} ± 1.9	6.1 ± 1.6	6.0^{b} ± 1.3
4	เติมซอยเฟลก 40%, ไข่ขาว 20%	6.2 ± 1.7	6.3 ± 1.6	7.6^{a} ± 1.0	6.9 ± 1.5	7.1^{a} ± 1.2
5	เติมซอยเฟลก 40%, ไข่ขาว 10%	5.8 ± 1.6	6.2 ± 1.6	5.8^{b} ± 1.7	6.1 ± 1.6	6.1^{b} ± 1.4

1 - ไม่ชอบมากที่สุด, 2 - ไม่ชอบมาก, 3 - ไม่ชอบปานกลาง, 4 - ไม่ชอบเล็กน้อย, 5 - เฉยๆ, 6 - ชอบเล็กน้อย , 7 - ชอบปานกลาง, 8 - ชอบมาก, 9 - ชอบมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการทดลอง 3 ซ้ำ

$^{a, b, c}$ ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่มีอักษรกำกับต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

^{ns} ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

สำหรับความชอบด้านเนื้อสัมผัส พบว่าธัญพืชอัดแท่งสูตรที่ 4 ได้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสสูงที่สุด รองลงมาได้แก่สูตรที่ 2, 3 และ 5 ซึ่งได้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ส่วนสูตรที่ 1 (สูตรควบคุม) ได้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสต่ำที่สุด

ในด้านความชอบโดยรวม พบว่าธัญพืชอัดแท่งสูตรที่ 4 ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด โดยได้คะแนนเท่ากับ 7.1 (ชอบปานกลาง) รองลงมาได้แก่ธัญพืชอัดแท่งสูตรที่ 2 ซึ่งมีคะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากสูตรที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ธัญพืชอัดแท่งสูตรที่ 1, 3 และ 5 ได้คะแนนความชอบโดยรวมต่ำที่สุด แต่ไม่แตกต่างจากสูตรที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากผลงานวิจัยพบว่าการเติมซอยเฟลกและไข่ขาวไม่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกทิวิตีของธัญพืชอัดแท่ง อย่างไรก็ตามการเติมซอยเฟลกและไข่ขาวมีผลต่อสมบัติเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง ความต้านการเคี้ยว และการเกาะติด รวมทั้งสมบัติด้านสีของธัญพืชอัดแท่ง โดยธัญพืชอัดแท่งที่เติมซอยเฟลกและไข่ขาวมีค่าความแข็ง ความต้านการเคี้ยว และการเกาะติดลดลง รวมทั้งมีค่าความสว่างลดลง การเติมซอยเฟลกและไข่ขาวไม่มีผลต่อปริมาณไขมันของธัญพืชอัดแท่ง แต่มีผลทำให้ปริมาณความชื้นและโปรตีนมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณเส้นใยหยาบ เถ้า และคาร์โบไฮเดรต มีค่าลดลง อย่างไรก็ตามเนื่องจากธัญพืชอัดแท่งทุกสูตรมีปริมาณโปรตีนรวมกับคาร์โบไฮเดรตใกล้เคียงกันและมีปริมาณไขมันไม่ต่างกัน ค่าพลังงานของธัญพืชอัดแท่งทุกสูตรจึงใกล้เคียงกัน เมื่อทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบพบว่าธัญพืชอัดแท่งทุกตัวอย่างได้คะแนนความชอบด้านกลิ่นรส สี และรสชาติ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) และธัญพืชอัดแท่งสูตรที่ 4 ซึ่งเติมซอยเฟลก 40% และไข่ขาว 20% ได้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมสูงที่สุด

ข้อเสนอแนะ

ควรปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตซอยเฟลกด้วยการใช้เครื่องเอ็กซ์ทรูชันและควรทดสอบอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ธัญพืชอัดแท่ง

เอกสารอ้างอิง

กมลวรรณ แจ้งชัด, อนุวัตร แจ้งชัด, และ ประชา บุญญสิริกุล. (2548). การพัฒนาอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและผลไม้แห้ง. เรื่องเต็มในการประชุมทางวิชาการของมหาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43, หน้า 578-785. 1-4 กุมภาพันธ์. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เครือข่ายการแปรรูปอาหารอินทรีย์. (2561). ธัญพืชอัดแท่ง. ค้นเมื่อ 13 กันยายน 2563 จาก http://www.organicfood. mju.ac.th/?p=135

แม่บ้าน. (2559). คอร์นเฟลก ธัญพืชอบกรอบ อุดมคุณค่า. ค้นเมื่อ 13 กันยายน 2563 จาก https://www.maeban.co.th/บทความ/89/คอร์นเฟลก-ธัญพืชอบกรอบ-อุดมคุณค่า.php

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (2527). ถั่วเหลืองและการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย. บริษัทสยามออฟเซ็ท จำกัด. กรุงเทพมหานคร

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ. (2556). ไม่กินอาหารเช้าเสี่ยงเป็นโรคเบาหวาน. ค้นเมื่อ 3 เมษายน 2563 จาก https://www.thaihealth.or.th/Content/2948-ไม่กินอาหารเช้าเสี่ยงเป็นโรคเบาหวาน.html

รัชดา สาดตระกูลวัฒนา. (2542). การพัฒนาอาหารเช้าพร้อมบริโภคอัดแท่งจากธัญพืช. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รุ่งรัตน์ แจ่มจันทร์. (2553). อาหารเช้ากับสุขภาพ. ค้นเมื่อ 3 เมษายน 2563 จาก https://www.doctor.or.th/ article/detail/11005

Adda Bjarnadottir. (2019). Oats 101: Nutrition facts and Health Benefits. Retrieved September 13, 2020 from https://www.healthline.com/nutrition/foods/oats#nutrients

Bailey, L.H., and Bailey, E.Z. (1976). Hortus third: A concise dictionary of plants cultivated in the United States and Canada. Macmillan, New York

Belitz et al. (2009). Eggs. Food Chemistry. 546-562.

Chaouali, N., Gana, I., Dorra, A., Khelifi, F., Nouioui, A., Masri, W., Belwaer, I., Ghorbel, H., Hedhili, A. (2013). "Potential Toxic Levels of Cyanide in Almonds (Prunus amygdalus), Apricot Kernels (Prunus armeniaca), and Almond Syrup. Toxicology. 13: 1 - 6.

Cheftel, JC., Cuq, JL., Lorient, D. (1985). Proteines Alimentaires. Paris : Tec&Doc Lavoisier

C.Y. Chen, K. Lapsley, J. Blumberg. (2006). A nutrition and health perspective on almonds. Journal of the Science of Food and Agriculture. 86: 2245-2250.

E.G., Perkins. (1995). Composition of soybeans and soybean products. In D.R. Erickson (Ed.). Practical handbook of soybean processing and utilization. AOAC Press and the United Soybean Board, pp. 9-28. Champaing, IL.

Fitbit. (n.d.). Nutritional Information, Diet Info and Calories in Corn Flakes from Kellogg's. Retrieved September 13, 2020 from https://www.fitbit.com/foods/Corn+Flakes/16

Food fortification, INTECH (2013), Retrieved September 13, 2020 from https://www.intechopen.com/books/soybean-bio-active-compounds/potential-use-of-soybean-flour-glycine-max-in-food-fortification

G. Mita, A. Gallo, V. Greco, C. Zasiura, R. Casey, G. Zacheo and A. Santino. (2001). Molecular cloning and biochemical characterization of a lipoxygenase in almond (Prunus dulcis) seed. European Journal of Biochemistry. 268: 1500-1507.

G. Montemayor-Mora, K.E. Hernandez-Reyes, E. Heredia-Olea, E. Perez-Carrillo, A.A. Chew Guevara, S.O. Serna-Saldívar. (2018). Rheology, acceptability and texture of wheat flour tortillas supplemented with soybean bagasse. J Food Sci Technol, 55 (12): 4964-4972.

Gwin, A., and Leidy, J. (2018). Breakfast consumption augments appetite, eating behavior, and exploratory markers of sleep quality compared with skipping breakfast in healthy young adults Current Developments in Nutrition. 2(11): 1-9.

Harvard Health Publishing. (2018). Extra protein at breakfast helps control hunger. Retrieved April 3, 2020 from https://www.health.harvard.edu/staying-healthy/extra-protein-at-breakfasthelpscontrolhunger?utm_content=bufferf23cd&utm_medium=social&utm_source=twitter&utm_campaign=buffer

H. Hanine, L.H. Zinelabidine, H. Hssaini, A. Nablousi, S. Ennahli, H. Latrache, H. Zahir. (2014). Pomological and biochemical characterization of almond cultivars in Morocco Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences. 1: 743-753.

J. Dhillon, S.Y. Tan, R.D. Mattes. (2019). Almond consumption during energy restriction lowers truncal fat and blood pressure in compliant overweight or obese adults. Journal of Nutrition. 146: 2513-2519.

Jone, L.V., Peryam, D.R., and Thurstone, L.L. (1955). Development of a scale for measuring solders' food preferences. Food Research. 20: 512-520.

M.A., Lazo-Vélez, D., Guardado-Félix, J., Avilés-González, I., Romo-López, S.O., Serna-Saldívar. (2018). Effect of germination with sodium selenite on the isoflavones and cellular antioxidant activity of soybean (Glycine max). Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie- Food Science and Technology. 93: 64-70.

M.J. Villanueva, W.H. Yokoyama, Y.J. Hong, G.E. Barttley, P. Rupérez. (2011). Effect of high-fat diets supplemented with okara soybean by-product on lipid profiles of plasma, liver and faeces in Syrian hamsters. Food Chem. 124 (1): 72-79.

National Honey Board. (n.d.). Nurition. Retrieved September 13, 2020 from https://www. honey.com/ nutrition/nutrition

N., Hettiarachchy, U., Kalaphaty. (1997). Soybean protein products. K.S. Liu (Ed.), Soybean: chemistry, technology, and utilization, pp. 379-411. Chapman & Hall, New York, NY.

O.E. Adelakun, K.G. Duodu, E. Buys, B.F. Olanipekun Potential use of soy-bean flour (Glycine max)

Othman, R. A., Moghadasian, M. H.,& Jones, P. J. (2011). Cholesterol-lowering effects of oat beta-glucan. Nutr Reviews, 69(6), 299-309.

Renzetti, S., Courtin, C. M., Delcour, J. A., & Arendt E. K. (2010). Oxidative and proteolytic enzymepreparations as promising improvers for oat bread formulations: Rheological, biochemicaland microstructural background. Food chemistry, 119(4),1465-1473

Robbin, P.M. (1976). Convenience Foods: Recent Technology. Park Ridge, NJ: Noyes Data Corporation.

Sergio, O., Serna-Saldivar, EstherPerez-Carrillo, ErickHeredia-Olea. (2019). Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention. Retrieved Sep 10, 2020 from www.sciencedirect.com/science/pii/B978012814639200023X#bb0190

S. Gulati, A. Misra, R.M. Pandey. (2017). Effect of almond supplementation on glycemia and cardiovascular risk factors in asian Indians in North India with type 2 diabetes mellitus: A 24-week study. Metabolic Syndrome and Related Disorders. 15: 98-105.

The Cooking Foodie. (2020). Healthy granola bars recipe. Retrieved April 2, 2020 from https://www.youtube.com/watch?v=hbrxDLNVaLo

USDA. (2017). United States Department of Agriculture. National Nutrient Database for Standard Reference Release. Retrieved Sep 10, 2020, from https://ndb.nal.usda.gov

USDA. (2019). Soy protein isolate. Retrieved April 21, 2021 from https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/174276/nutrients

USDA. (2019). Oats. Retrieved April 21, 2021 from https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/169705/nutrients

USDA. (2019). Honey. Retrieved April 21, 2021 from https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/169640/nutrients

USDA. (2019). Egg, white, raw, fresh. Retrieved April 21, 2021 from https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/172183/nutrients

V., Kumar, A., Rani, L., Husain. (2016). Investigations of amino acids profile, fatty acids composition, isoflavones content and antioxidative properties in soy okara. Asian J Chem. 28 (4): 903.

Wahnon, R., Mokady, S., Cogan, U., Proc. (1988). World Congress I.S.F. Internat. Soc. for Fat Research. Tokyo.

W.B. Van der Riet, A.W. Wight, J.J.L. Cilliers, J.M. Datel. (1989). Food chemical investigation of tofu and its byproduct okara. Food Chem. 34 (3): 193-202

Y.F., Chen, M.L., Chiang, C.C., Chou, Y.C. Lo. (2013). Enhancing the antitumor cell proliferation and Cu^{2+}-chelating effects of black soybeans through fermentation with Aspergillus awamori. Journal of Bioscience and Bioengineering. 115: 400-404.

Zheng-Wei Cui ,Li-Juan Sun,Wei Chen Da-Wen Sun,2008 Preparation of dry honey by microwave-vacuum drying. *Journal of Food Engineering*, 84: 582-590.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ลำดับที่___

ทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์

กราโนล่าเสริมโปรตีนจากไข่ขาวและซอยเฟลกส์

ชื่อ..... วันที่ ___/___/____

คำแนะนำ: กรุณากรอกรหัสตัวอย่าง 5 ตัวอย่างตามลำดับที่เรียงไว้ จากนั้นทำการประเมินความชอบแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์โดยใส่ตัวเลข 1-9 ลงในช่องว่างเพื่อระบุความชอบของท่านโดย

1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 5 = เฉยๆ 6 = ชอบเล็กน้อย

7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก 9 = ชอบมากที่สุด

	รหัสตัวอย่าง____	รหัสตัวอย่าง____	รหัสตัวอย่าง____	รหัสตัวอย่าง____	รหัสตัวอย่าง____
ความชอบโดยรวม (Overall appearance)					
กลิ่น (Flavor)					
สี (Color)					
ความแข็ง (Hardness)					
รสชาติ (Taste)					

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ข

โครงงานวิจัย

รายละเอียดโครงการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ประจำปีการศึกษา 2563

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชื่อโครงการ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ธัญพืชอัดแท่งเพิ่มปริมาณโปรตีนจากไข่ขาวและซอยเฟลก

(Development of cereal bars with enhanced protein content using egg white and soy flakes)

รายชื่อนิสิตผู้เข้าร่วมโครงการ นายรวินทร ดวงเกตุ 6032556623

นายเสกข์ วิเศษจินดา 6032578423

นางสาวอาภารัตน์ ศรีประทุม 6032588723

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธนจันทร์ มหาวนิช

มูลเหตุจูงใจในการนำเสนอโครงการ

อาหารเช้าเป็นมื้อที่สำคัญทั้งสำหรับเด็กและผู้ใหญ่ ร่างกายจะต้องใช้พลังงานจากอาหารในการทำกิจกรรมต่างๆ การรับประทานอาหารเช้าทุกวันจะทำให้ร่างกายสามารถนำพลังงานไปใช้ประโยชน์ได้สูงที่สุด โดยจะต้องรับประทานอาหารให้ครบถ้วนทั้ง 5 หมู่ มีความหลากหลายและเพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย (รุ่งรัตน์ แจ่มจันทร์, 2553) แต่จากวิถีการดำเนินชีวิตที่เร่งรีบในปัจจุบันทำให้ผู้คนไม่มีเวลาในการเตรียมอาหารเช้า คนส่วนใหญ่จึงรับประทานอาหารเช้าไม่สม่ำเสมอหรือรับประทานอาหารที่ไม่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ในกลุ่มวัยทำงานการที่ไม่ได้รับประทานอาหารเช้าส่งผลให้การเริ่มต้นระบบเผาผลาญของร่างกายช้าลง ซึ่งจะทำให้รู้สึกหิวตลอดเวลา และทำให้การรับประทานอาหารในมื้อถัดไปมีปริมาณมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การอดอาหารเช้ายังเสี่ยงต่อการเกิดโรคเบาหวานเนื่องจากคนที่รับประทานอาหารเช้าเป็นประจำจะลดภาวะผิดปกติของฮอร์โมนอินซูลินหรือภาวะดื้อของอินซูลิน ซึ่งเป็นสาเหตุของ

โรคเบาหวานถึง 35-50% และผลการวิจัยจากสมาคมแพทย์โรคหัวใจในอเมริกายังพบว่าการรับประทานอาหารเช้าอย่างสม่ำเสมอจะช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคเส้นเลือดสมองและโรคหัวใจอีกด้วย สำหรับในเด็กวัยเรียนที่ไม่ได้รับประทานอาหารเช้าจะส่งผลเสียต่อการเรียนและสุขภาพ เนื่องจากร่างกายทำงานเพื่อเผาผลาญพลังงานอยู่ตลอดเวลา เมื่อไม่ได้รับประทานอาหารเช้าจะส่งผลให้ปริมาณน้ำตาลในเลือดลดต่ำลง ร่างกายอ่อนเพลีย หงุดหงิด อาจถึงขั้นหน้ามืดเป็นลมเพราะสมองได้รับกลูโคสไปหล่อเลี้ยงไม่เพียงพอ (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ, 2556) จากการวิจัยพบว่าการบริโภคอาหารเช้าที่มีโปรตีนสูง ส่งผลต่อความอยากอาหารระหว่างวัน ทำให้มีแนวโน้มที่ลดการรับประทานคาร์โบไฮเดรต น้ำตาล และไขมันได้ (Gwin and Leidy, 2018) เนื่องจากโปรตีนใช้เวลาย่อยนานกว่าคาร์โบไฮเดรต จึงส่งผลให้มีความอยากอาหารที่น้อยลงไปด้วย การรับประทานอาหารเช้าที่มีโปรตีนสูงจึงส่งผลดีต่อคนที่ต้องทำกิจกรรมในช่วงเวลากลางวันอย่างยาวนาน รวมไปถึงคนที่ต้องการลดน้ำหนักด้วย (Harvard Health Publishing, 2018) จากการเล็งเห็นความสำคัญของอาหารเช้าที่สะดวกและมีโปรตีนสูง งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ธัญพืชอัดแท่งที่เพิ่มปริมาณโปรตีนโดยใช้ซอยเฟลกซึ่งผลิตจากแป้งถั่วเหลือง

แนวคิด เหตุผล และทฤษฎีสำคัญ

อาหารเช้าเป็นมื้อที่สำคัญ การรับประทานอาหารเช้าทุกวันจะทำให้ร่างกายสามารถนำพลังงานไปใช้ประโยชน์ได้สูงที่สุด โดยจะต้องรับประทานอาหารให้ครบถ้วนทั้ง 5 หมู่ มีความหลากหลายและเพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย (รุ่งรัตน์ แจ่มจันทร์, 2553) ซึ่งจากการวิจัยพบว่าการบริโภคอาหารเช้าที่มีโปรตีนสูงส่งผลต่อความอยากอาหารระหว่างวัน ทำให้มีแนวโน้มที่ลดการรับประทานคาร์โบไฮเดรต น้ำตาล และไขมันได้ (Gwin and Leidy, 2018)

ธัญพืชอัดแท่งเป็นอาหารเช้าที่มีความสะดวกในการบริโภคเหมาะกับวิถีชีวิตที่เร่งรีบในปัจจุบัน อย่างไรก็ตามธัญพืชอัดแท่งมักมีคาร์โบไฮเดรตในปริมาณสูง ที่ผ่านมาจึงมีความพยายามในการเพิ่มปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์ประเภทนี้โดยการเติมส่วนผสมที่มีโปรตีนสูง ได้แก่ เนยถั่วลิสง (peanut butter) เนยเมล็ดทานตะวัน (sunflower seed butter) โปรตีนผงทางการค้า (commercial protein powder) ของเหลือทางการเกษตรที่เพิ่มปริมาณโปรตีนโดยใช้เทคนิคการหมัก ไปจนถึงแมลง เช่น จิ้งหรีด ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ธัญพืชอัดแท่งที่มีปริมาณโปรตีนสูงขึ้น โดยในงานวิจัยนี้จะใช้แป้งถั่วเหลืองไขมันเต็มนำมาผลิตเป็นแป้งถั่วเหลืองแผ่นหรือซอยเฟลก แล้วจึงนำซอยเฟลกที่ได้ไปเป็นส่วนผสมในสูตรของธัญพืชอัดแท่ง

ถั่วเหลืองเป็นพืชเมล็ดแห้งที่มีปริมาณโปรตีนสูง โดยมีปริมาณสูงถึงประมาณ 40% โดยน้ำหนักแห้ง (อัจฉรีย์ วิเศษศิริ, 2523; วันชัย สมชิต, 2527) สามารถนำมาแปรรูปได้หลากหลาย (ทัศนีย์ สุพจนาพรชัย, 2530) แป้งถั่วเหลือง (soy flour) ได้จากการนำเมล็ดถั่วเหลืองที่สีเปลือกออกแล้วหรือถั่วเหลืองที่สกัดไขมัน

ออกแล้วมาบดละเอียด ได้เป็นผลิตภัณฑ์แป้งถั่วเหลืองไขมันเต็ม (full fat soy flour) และแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน (defatted soy flour) ตามลำดับ (ประเสริฐ สายสิทธิ์ และคณะ, 2526)

ผลิตภัณฑ์ธัญพืชอัดแท่ง คือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำธัญพืชมาอบหรือย่างแล้วผสมกับสารเชื่อม ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีเนื้อสัมผัสหยาบ (Robbin, 1976) ส่วนผสมหลักของธัญพืชอัดแท่ง ได้แก่ ธัญพืชชนิดต่างๆ ถั่ว นัท ผลไม้อบแห้ง ส่วนผสมรอง ได้แก่ สารที่ช่วยให้ส่วนผสมหลักยึดเกาะเข้าด้วยกันและสารเพิ่มกลิ่นรส (กมลวรรณ แจ้งชัด และคณะ, 2548) ปัจจุบันธัญพืชรูปแบบต่างๆ กำลังได้รับความสนใจมากขึ้นเนื่องจากความตระหนักในสุขภาพของผู้บริโภค โดยในผลสำรวจผู้บริโภคในการซื้อผลิตภัณฑ์ธัญพืชในกรุงเทพมหานคร พบว่าผู้บริโภคเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ธัญพืชเพื่อสุขภาพที่ดีของตนเอง (ธัตทพร เพ็ชด้วง และ ถนอมพงษ์ พานิช, 2561)

สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาธัญพืชอัดแท่งที่เพิ่มปริมาณโปรตีน Ribeiro et al. (2019) ศึกษาการพัฒนาธัญพืชอัดแท่งที่มีโปรตีนสูงโดยการเติมจิ้งหรีด (*Aceta domesticus* และ *Gryllodes sigillatus*) ผู้วิจัยนำจิ้งหรีดมาทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง นำมาบดให้เป็นผง แล้วสกัดไขมันหรือไม่สกัดไขมันออก จากนั้นนำผงจิ้งหรีดมาเป็นส่วนผสมในสูตรการผลิตธัญพืชอัดแท่ง โดยเติมในปริมาณ 6-8% ทั้งนี้เพื่อให้ธัญพืชอัดแท่งที่ได้มีปริมาณโปรตีนใกล้เคียงกัน จากงานวิจัยนี้พบว่าธัญพืชอัดแท่งที่เติมจิ้งหรีดมีปริมาณโปรตีน 14.4-17.4% ซึ่งสูงกว่าตัวอย่างควบคุมที่ไม่เติมจิ้งหรีดซึ่งมีโปรตีน 10.9% สำหรับการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่าการเติมผงจิ้งหรีดที่ไม่สกัดไขมันมีผลเชิงลบต่อความชอบโดยรวม (overall liking) และ Food Action Rating Scale (FACT หรือความเต็มใจที่จะซื้อรับประทานหากผลิตภัณฑ์นั้นมีการวางจำหน่าย) อย่างไรก็ตามธัญพืชอัดแท่งที่เติมผงจิ้งหรีดที่สกัดไขมันออกมีคะแนนความชอบโดยรวมและ FACT ใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม โดยผู้วิจัยเสนอว่าไขมันในแมลงสัมพันธ์กับกลิ่นรสเฉพาะของแมลงซึ่งผู้บริโภคไม่ยอมรับ

Muniz et al. (2020) พัฒนาธัญพืชอัดแท่งที่เพิ่มปริมาณโปรตีนโดยการเติมของเหลือทางการเกษตรที่หมักด้วย *Saccharomyces cerevisiae* ด้วยวิธีของโปรตีนเซลล์เดี่ยว (single cell protein) ซึ่งหมักโดยเทคนิคการหมักแบบของแข็ง (solid state fermentation) ของเหลือทางการเกษตรที่ใช้ ได้แก่ กากมะม่วงหิมพานต์ (cashew bagasse) และเปลือกฝรั่ง (guava peel) โดยในงานวิจัยนี้ธัญพืชอัดแท่งสูตรควบคุม (F0) มีส่วนผสมของข้าวโอ๊ต 18 กรัม อีกสามตัวอย่าง ได้แก่ ตัวอย่างที่ทดแทนข้าวโอ๊ต 12 กรัมด้วยของเหลือจากมะม่วงหิมพานต์หมัก (F1) ของเหลือจากฝรั่งหมัก (F2) และของผสมของของเหลือจากมะม่วงหิมพานต์หมักและของเหลือจากฝรั่งหมัก (F3) พบว่าตัวอย่างควบคุมมีปริมาณโปรตีน 9.09% ในขณะที่ F1, F2 และ F3 มีโปรตีน 12.00, 11.00 และ 10.74% ตามลำดับ สำหรับสมบัติด้านเนื้อสัมผัส พบว่าตัวอย่างควบคุมมีความแข็งเท่ากับ 520 นิวตัน ในขณะที่ F1, F2 และ F3 มีความแข็งเท่ากับ 122, 210 และ 198 นิวตัน ตามลำดับ จาก

การประเมินทางประสาทสัมผัสพบว่า F1, F2 และ F3 มีดัชนีการยอมรับ (acceptability index) ในช่วง 77-79%

วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ธัญพืชอัดแท่งที่เพิ่มปริมาณโปรตีนโดยเติมไข่ขาวและซอยเฟลก ซึ่งผลิตจากแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1 ได้แนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาผลิตภัณฑ์ธัญพืชอัดแท่ง

2 เพิ่มความหลากหลายในการรับประทานผลิตภัณฑ์ธัญพืชอัดแท่ง

3 ทราบถึงการยอมรับของผู้บริโภคที่มีผลิตภัณฑ์ธัญพืชอัดแท่งเสริมโปรตีนจากซอยเฟลกและไข่ขาว

ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	**พ.ค.**
	2563					2564				
1. ศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากหนังสือ วารสาร สิ่งพิมพ์ต่างๆ และสื่ออิเล็กทรอนิกส์เกี่ยวกับวัตถุดิบ กระบวนการผลิต และวิธีวิเคราะห์										
2. ออกแบบการทดลอง จัดหาวัตถุดิบ สารเคมี เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ										
3. ผลิตซอยเฟลก										
4. พัฒนาธัญพืชอัดแท่งที่เติมซอยเฟลก										
5.การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ										
6. จัดเตรียมรายงานและนำเสนอผลงาน										

รายละเอียดของการดำเนินโครงการ

1. ศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากหนังสือ วารสาร สิ่งพิมพ์ต่างๆ และสื่ออิเล็กทรอนิกส์ เกี่ยวกับวัตถุดิบ กระบวนการผลิต และวิธีวิเคราะห์

2. ออกแบบการทดลอง จัดหาวัตถุดิบ สารเคมี เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ

3. ดำเนินการทดลองและรงบรวมผลการทดลอง

3.1 การศึกษาผลของซอยเฟลกและไข่ขาวต่อสมบัติของธัญพืชอัดแท่ง

สำหรับผลของความเข้มข้นของปริมาณซอยเฟลกและไข่ขาวต่อสมบัติของธัญพืชอัดแท่ง แปรความเข้มข้นของซอยเฟลกเป็น 2 ระดับ ได้แก่ 20% และ 40% โดยน้ำหนักของข้าวโอ๊ตและแปรความเข้มข้นของไข่

ขาวเป็น 2 ระดับ ได้แก่ 5% และ 10% โดยน้ำหนักของน้ำผึ้ง กำหนดให้ธัญพืชอัดแท่งที่ไม่เติมซอยเฟลกและไข่ขาวเป็นตัวอย่างควบคุม

การเตรียมตัวอย่างซอยเฟลกจากแป้งถั่วเหลืองไขมันเต็มโดยดัดแปลงจากวิธีการทำคอร์นเฟลกของ Paul (2019) โดยนำแป้งถั่วเหลืองไขมันเต็มปริมาณ 140 กรัม ผสมกับน้ำตาล 40 กรัมและเกลือ 2 กรัม จากนั้นเติมน้ำ 560 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยหัวใบไม้จากเครื่องผสม (รุ่นKVL6320S, kenwood) ที่เบอร์ 3 เป็นเวลา 1 นาทีและที่เบอร์ 5 เป็นเวลา 4 นาที นำแป้งโดว์ที่ผ่านการผสมแล้วมาเทลงถาดขนาด 40×60×4.5เซนติเมตร เกลี่ยโดว์ให้ทั่วทั้งถาดและมีความหนาที่สม่ำเสมอกัน นำที่ตัดแป้งขนาด 2.5 เซนติเมตร มาตัดแป้งโดว์ให้เป็นเส้น นำซ้อมมาเจาะที่โดว์เพื่อป้องกันการพองของแป้งโดว์ จากนั้นนำแป้งโดว์มาเข้าเตาอบลมร้อน(รุ่น PL-6, Linkrich) ที่อุณหภูมิไฟบน 140°C อุณหภูมิไฟล่าง 150°C อบเป็นเวลา 12 นาที จากนั้นนำแป้งโดว์ออกมากดซ้ำรอยเดิม เพื่อป้องกันไม่ให้แป้งโดว์ติดกัน แล้วนำไปเข้าเตาอบลมร้อนอีกครั้งเป็นเวลา 105 นาที จนกระทั้งผิวของแป้งโดว์มีลักษณะแห้งและกรอบ นำออกจากเตาอบ ทิ้งให้เย็นตัวลง แล้วนำแผ่นซอยเฟลกมาตัดให้เป็นชิ้นเล็กและเก็บรักษาไว้ในภาชนะปิดสนิด

การเตรียมธัญพืชอัดแท่งสูตรควบคุมเตรียมโดยดัดแปลงจากวิธีการทำธัญพืชอัดแท่งของ The cooking Foodie (2020) โดยนำข้าวโอ๊ต 70 กรัม อัลมอนด์ 35 กรัม ลูกเกด 15 กรัม เกลือ 0.5 กรัมและน้ำผึ้ง 50 กรัม ผสมให้เข้ากัน นำมาอัดด้วยแม่พิมพ์ทรงสี่เหลี่ยมขนาด 3.2×6.5×2.2 เซนติเมตร ชั่งน้ำหนักโดยประมาณ 28 กรัมต่อหนึ่งพิมพ์ จากนั้นนำไปอบด้วยเตาอบลมร้อนที่อุณหภูมิไฟบน 140°C อุณหภูมิไฟล่าง 150°C เป็นเวลา 30 นาที นำออกมาทิ้งให้เย็นตัวลงและนำมาเก็บรักษาไว้ในภาชนะปิดสนิท นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาวิเคราะห์สมบัติดังต่อไปนี้

(1) ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี โดยใช้เครื่อง AquaLab

(2) สมบัติเชิงกล โดยใช้เครื่อง Texture analyzer

(3) สี โดยใช้เครื่อง Chroma meter model CR-400

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan’s new multiple range test

3.2 การศึกษาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการของธัญพืชอัดแท่ง

(1) การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นตามวิธีของ AOAC (2000)

(2) การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนตามวิธีของ AOAC (2000)

(3) การวิเคราะห์ปริมาณไขมันตามวิธีของ AOAC (2000)

(4) การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยหยาบตามวิธีของ AOAC (2000)

(5) การวิเคราะห์ปริมาณเถ้าตามวิธีของ AOAC (2000)

(6) การคำนวณหาปริมาณคาร์โบไฮเดรตตามวิธีของ AOAC (2000)

(7) การคำนวณหาปริมาณพลังงานตามวิธี Atwater general factor system (2006)

3.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัส (sensory test) โดยใช้ 9-Point Hedonic scale ตามวิธีของ Jones et al. (1955)

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's new multiple range test

งบประมาณ

1. ค่าวัตถุดิบ
   - วัตถุดิบในการผลิตธัญพืชอัดแท่ง (ข้าวโอ๊ต อัลมอนด์ ลูกเกด มะพร้าวอบแห้ง น้ำผึ้ง โปรตีนถั่วเหลืองสกัด) 3031 บาท
2. อุปกรณ์
   - แผ่นรองอบ 110 บาท
   - ถ้วยและฝาพลาสติก 650 บาท
   - แก้วพลาสติก 79 บาท
   - ที่ตัดแป้ง 70 บาท
   - พิมพ์สี่เหลี่ยม+ไม้กด 202 บาท
   - บีกเกอร์แก้ว 339 บาท
   - กระบอกตวง 195 บาท
   - ไม้พายพลาสติก 82 บาท

รวม 4758 บาท

เอกสารอ้างอิง

กมลวรรณ แจ้งชัด, อนุวัตร แจ้งชัด, และ ประชา บุญญสิริกุล. (2548). การพัฒนาอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและผลไม้แห้ง. เรื่องเต็มในการประชุมทางวิชาการของมหาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43, หน้า 578-785. 1-4 กุมภาพันธ์. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธัตทพร เพ็ชด้วง, และ ถนอมพงษ์ พานิช. (2561). ปัจจัยทางการตลาดที่มีผลต่อทัศนคติและความตั้งใจซื้อธัญพืชเพื่อสุขภาพกราโนล่าในเขตกรุงเทพมหานคร. วารสารวิชาการการตลาดและการจัดการ. 5(2): 159-173.

ทัศนีย์ สุพจนาพรชัย. (2530). การใช้ผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองบางชนิดในการผลิตไส้กรอก. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประเสริฐ สายสิทธิ์, สมชาย ประภาวัตร, อุดม กาญจนปกรณ์ชัย, กุลวดี ทองพาณิชย์, ประชา บุญญสิริกุล, และ สุคนธ์ชื่น ศรีงาม. (2526). ความก้าวหน้าในการใช้ถั่วเหลือง. วารสารวิทยาศาสตร์การอาหาร. 15(1): 16-20.

รุ่งรัตน์ แจ่มจันทร์. (2553). อาหารเช้ากับสุขภาพ. ค้นเมื่อ 3 เมษายน 2563 จาก https://www.doctor.or.th/ article/detail/11005

วันชัย สมชิต. (2527). ถั่วเหลืองและการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร: บริษัท สยามออฟเซ็ท จำกัด.

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ. (2556). ไม่กินอาหารเช้าเสี่ยงเป็นโรคเบาหวาน. ค้นเมื่อ 3 เมษายน 2563 จาก https://www.thaihealth.or.th/Content/2948-ไม่กินอาหารเช้าเสี่ยงเป็นโรคเบาหวาน.html

อัจฉรีย์ วิเศษศิริ. (2523). ผลิตภัณฑ์อาหารจากถั่วเหลือง. กรุงเทพมหานคร: บริษัท ธนากรน้ำมันพืช จำกัด.

AOAC. (2000). Official Methods of Analysis, 17th ed. Washington, D.C.: The Association of Analytical Chemists.

Gwin, A., and Leidy, J. (2018). Breakfast consumption augments appetite, eating behavior, and exploratory markers of sleep quality compared with skipping breakfast in healthy young adults Current Developments in Nutrition. 2(11): 1-9.

Harvard Health Publishing. (2018). Extra protein at breakfast helps control hunger. Retrieved April 3, 2020 from https://www.health.harvard.edu/staying-healthy/extra-protein-at-breakfast-helps-control-hunger?utm_content=bufferf23cd&utm_medium=social&utm_source=twitter&utm_campaign=buffer

Muniz, C.E.S., Santiago, Â.M., Gusmão T.A.S., Oliveira, H.M.L., de Sousa Conrado, L., and de Gusmão, R.P. (2020). Solid-state fermentation for single-cell protein enrichment of

guava and cashew by-products and inclusion on cereal bars. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. 9(25): 1-9

Paul. (2019). Homemade corn flakes cereal. Retrieved April 2, 2020 from http://icookandpaint.com/recipe/homemade-corn-flakes-cereal/

Ribeiro, J.C., Lima, R.C., Maia, M.R.G., Almeida, A.A., Fonseca, A.J.M., Cabrita, A.R.J., and Cunha, L.M.

(2019). Impact of defatting freeze-dried edible crickets (*Acheta domesticus* and G*ryllodes sigillatus*) on the nutritive value, overall liking and sensory profile of cereal bars. *LWT*. 28(113): 1-7.

Robbin, P.M. (1976). *Convenience Foods: Recent Technology*. Park Ridge, NJ: Noyes Data Corporation.

The Cooking Foodie. (2020). Healthy granola bars recipe. Retrieved April 2, 2020 from https://www.youtube.com/watch?v=hbrxDLNVaLo

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นายรวินทร ดวงเกตุ
ตำแหน่ง	หัวหน้าโครงการ
วุฒิการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.)
ภาควิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
คณะ	วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีที่สำเร็จการศึกษา	2563
โทรศัพท์	092-345-5799
Email	rawintorn00@hotmail.com

ชื่อ-สกุล	นายเสกข์ วิเศษจินดา
ตำแหน่ง	ผู้วิจัยร่วม
วุฒิการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.)
ภาควิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
คณะ	วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีที่สำเร็จการศึกษา	2563
โทรศัพท์	087-104-9155
Email	chaiyo2801@hotmail.com

ชื่อ-สกุล	นางสาวอาภารัตน์ ศรีประทุม
ตำแหน่ง	ผู้วิจัยร่วม
วุฒิการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.)
ภาควิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
คณะ	วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
โทรศัพท์	095-868-8041
Email	apharat30126@gmail.com