



รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการย่อยที่ 3

การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรี่เพื่อพัฒนาเป็นอาหารเสริมสุขภาพ

Production of protein hydrolysate from eri silkpupae

for human food supplement

ภายใต้

ชุดโครงการ การพัฒนารูปแบบการผลิต การออกแบบ และส่งเสริมตลาดผลิตภัณฑ์สิ่งทอ

ธรรมชาติจากเส้นใยไหมอีรี่และผลิตภัณฑ์จากดักแด้ไหมอีรี่อย่างยั่งยืน

The sustainable development of manufacture model, design, and market of natural textile products from eri silk and byproduct from eri silkworm

โดย ดร. พิลาณี ไวถนอมสัตย์ และคณะ

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มีนาคม พ.ศ. 2563

รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการย่อยที่ 3

การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรี่เพื่อพัฒนาเป็นอาหารเสริมสุขภาพ

Production of protein hydrolysate from eri silkpupae

for human food supplement

คณะผู้วิจัย

สังกัด

- | | |
|-----------------------------|---|
| 1. ดร.พิลาณี ไฉนอมสัตย์ | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 2. ดร.อุดมลักษณ์ สุขอัตตะ | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 3. ดร.จตุพร เพิ่มทรัพย์ทวี | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน |
| 4. ดร.ราตรี เรืองไทย | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน |
| 5. ดร.วราภรณ์ อภิวัฒนาภีวัต | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 6. นางสาวพรพิมล จันทร์ฉาย | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 7. นางสาวประภัสสร รักถาวร | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |

ชุดโครงการ “การพัฒนาอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อม” ปีงบประมาณ 2562

สนับสนุนโดย สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.)

(ความเห็นในรายงานฉบับนี้เป็นของผู้วิจัย วช. - สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทสรุปผู้บริหาร

ปัจจุบัน โรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอมีความสนใจเส้นด้ายไหมอีรี่มากขึ้น เนื่องจากเป็นเส้นใยธรรมชาติใหม่ที่มีความแปลกแตกต่าง มีโอกาสสร้างตลาดใหม่ และการสร้างระบบเศรษฐกิจใหม่นี้จะช่วยเหลือเกษตรกรชาวไร่มันสำปะหลังให้มีรายได้เพิ่มขึ้นเนื่องจากอาหารของไหมอีรี่ คือ ใบมันสำปะหลัง การนำไหมอีรี่มาใช้ประโยชน์อย่างคุ้มค่าเชิงเศรษฐกิจ มีความจำเป็นต้องคำนึงถึงวงจรห่วงโซ่อุปทานของการเลี้ยงไหมอีรี่ เพื่อให้ได้รังไหมเป็นแหล่งวัตถุดิบสำหรับทำเส้นใยอย่างเพียงพอต่อความต้องการใช้ในอุตสาหกรรม รวมถึงการนำผลผลิตพลอยได้ที่เหลือ คือ ดักแด้ซึ่งมีน้ำหนักมากคิดเป็น 80% ของรังสด มาใช้ประโยชน์ เพื่อให้เกษตรกรมีรายได้เสริมจากการขายดักแด้และเป็นการทำให้ของเหลือทิ้งจากกระบวนการเลี้ยงไหมเหลือน้อยที่สุด

การรับประทานอาหารเสริมมีส่วนสำคัญต่อสุขภาพโดยเฉพาะอาหารเสริมประเภทโปรตีน ไหมอีรี่ (Eri silkworm) มีต้นกำเนิดมาจากประเทศอินเดียตอนเหนือ มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Samia ricini* D. จากงานวิจัย พบว่าไหมอีรี่เป็นแหล่งอุดมไปด้วยโปรตีน โดยมีองค์ประกอบที่เป็นโปรตีนถึงร้อยละ 66 ในปัจจุบันมีการนำมาเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารมนุษย์เพิ่มมากขึ้น ทั้งในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ดักแด้ตัว ทอด หรือการถนอมอาหารในรูปแบบอื่นๆ เช่น น้ำพริก เป็นต้น นอกจากนี้ยังประกอบด้วย carotenoids และ flavonoids สูง ซึ่งมีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และถูกนำมาใช้สำหรับยับยั้งเอนไซม์ tyrosinase (antityrosinase activity) ลดการแพ้ (antiallergy) และลดการอักเสบ (anti-inflammation) ไหมอีรี่เป็นแมลงที่สามารถรับประทานได้โดยปลอดภัย (safe "green" edible insects) เนื่องจากไม่มีการใช้สารเคมีใดๆ ในกระบวนการเพาะเลี้ยง ในภาคเหนือและตะวันออกเฉียงเหนือของไทยมีการบริโภคไหมอีรี่อย่างแพร่หลาย และมีการนำไหมอีรี่มาทำเป็นผลิตภัณฑ์อาหารและจืดหอยมากกว่า 8 ชนิด จากคุณสมบัติของไหมอีรี่ที่ประกอบด้วยโปรตีนและสารต้านอนุมูลอิสระสูง

นอกจากนี้น้ำมันจากไหมอีรี่ไขมันไม่อิ่มตัวโอเมก้า 3 และโอเมก้า 6 ประมาณร้อยละ 48 และ 5.8 ตามลำดับ จากการศึกษาที่ผ่านมา เสนอว่าการบริโภคโอเมก้า 3 ในปริมาณ 3 กรัมต่อวัน แม้ผลต่อการลดน้ำหนักยังไม่ชัดเจน แต่มีประโยชน์ต่อสุขภาพในด้านการควบคุมการหลั่งสารที่ก่อให้เกิดกระบวนการอักเสบและการติดต่ออินซูลิน ช่วยลดความอยากอาหาร เพิ่มความไวต่ออินซูลิน ส่งเสริมกระบวนการเผาผลาญพลังงานจากไขมัน ลดขนาดของเซลล์ไขมัน และเพิ่มมวลกล้ามเนื้อ อย่างไรก็ตาม การบริโภคโอเมก้า 3 ร่วมกับการออกกำลังกายและการควบคุมอาหารน่าจะให้ผลต่อการลดน้ำหนักมากกว่าการออกกำลังกายเพียงอย่างเดียว การศึกษาที่ผ่านมา พบว่า การบริโภคโอเมก้า 3 ร่วมกับการออกกำลังกายและการควบคุมอาหารมีผลช่วยลดน้ำหนักหรือลดไขมัน ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณพลังงานจากอาหารที่รับประทานและรูปแบบการออกกำลังกาย และโอเมก้า 3 จะช่วยลดความเข้มข้นของฮอร์โมนเลปตินในเลือด ซึ่งมีความสำคัญต่อความรู้สึกหิวและอิ่ม ซึ่งงานวิจัยเสนอแนะว่าโอเมก้า 3 อาจจะมีประโยชน์ในด้านการควบคุมน้ำหนักด้วย

โครงการวิจัยนี้สนใจจะนำดักแด้ไหมอีรี่มาพัฒนาในรูปของโปรตีนไฮโดรไลเสทผ่านทางเทคโนโลยีเอนไซม์เพื่อใช้เป็นอาหารเสริมสุขภาพ สำหรับผู้ที่มีน้ำหนักเกินที่ต้องการสร้างกล้ามเนื้อและควบคุมน้ำหนัก

บทคัดย่อภาษาไทย

ได้พัฒนากระบวนการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรี่โดยเทคโนโลยีเอนไซม์ ได้ผลิตภัณฑ์ผงโปรตีนไฮโดรไลเสทดักแด้ไหมอีรี่ที่สามารถละลายน้ำได้ดี ประกอบด้วยโปรตีนสูงถึง 79.34% คาร์โบไฮเดรต 4.19% ความชื้น 4.30% เยื่อใย 7.11% เถ้า 3.72% และไขมัน 1.34% มีปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมด 31.93 mg/100 mg โดยมีกรดอะมิโนกรดกลูตามิกสูงที่สุด (6.60 mg/100 mg) มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบหลัก 66.44% โดยมีกรดลิโนเลนิกในปริมาณสูงที่สุด 49.51% ไม่พบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ได้แก่ แบคทีเรีย ยีสต์ และราที่เจริญโดยใช้อากาศ เชื้อราและยีสต์ *Escherichia coli* และ *Salmonella* spp. นอกจากนี้ ยังไม่พบตะกั่ว สารหนู และปรอท โปรตีนไฮโดรไลเสทดักแด้ไหมอีรี่ที่ได้สามารถนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง ขนาดชิ้นละ 30 กรัม ซึ่งประกอบด้วย ข้าวพอง 28.5%, น้ำตาลทราย 20.1%, น้ำ 17.2%, เนยจืด 10.7%, ผงโกโก้ 7.1%, เมล็ดแฟลกซ์ 5.0%, เมล็ดเจีย 3.6%, อัลมอนต์ 3.6%, ไข่ขาว 1.7%, งาดำบด 1.4%, เกลาตินผง 1.1% และผงโปรตีนไฮโดรไลเสทดักแด้ไหมอีรี่ 1% ผู้บริโภคชอบผลิตภัณฑ์ในระดับชอบปานกลาง และให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ 91.6% มีการตัดสินใจซื้อ 63.6% หลังจากที่ผู้บริโภคได้ทราบข้อมูลเกี่ยวกับคุณประโยชน์ของขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีส่วนผสมของโปรตีนไหมอีรี่แล้ว พบว่า ผู้บริโภคมองว่าผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นเป็น 95.5% และมีการตัดสินใจซื้อ 75.30%

ในส่วนของการทดสอบประสิทธิผลของการรับประทานขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีส่วนผสมของโปรตีนไฮโดรไลเสทดักแด้ไหมอีรี่ร่วมกับการออกกำลังกายแบบผสมผสาน พบว่าการรับประทานอาหารเสริมสุขภาพที่มีส่วนผสมของโปรตีนไฮโดรไลเสทดักแด้ไหมอีรี่ที่มีโอเมก้า 3 ปริมาณ 3 กรัมต่อวัน เพียงอย่างเดียว และการรับประทานอาหารเสริมสุขภาพที่มีส่วนผสมของโปรตีนไฮโดรไลเสทดักแด้ไหมอีรี่ที่มีโอเมก้า 3 ปริมาณ 3 กรัมต่อวันร่วมกับการออกกำลังกายแบบผสมผสาน ทำให้อัตราการใช้พลังงานจากไขมันเพิ่มขึ้น มวลของไขมันรอบเอวและรอบสะโพกลดลง กลไกการเพิ่มอัตราการใช้พลังงานจากไขมัน การลดมวลของไขมันในร่างกายอาจผ่านการกระตุ้นระบบประสาทอัตโนมัติซิมพาเทติก อย่างไรก็ตาม การรับประทานอาหารเสริมสุขภาพที่มีส่วนผสมของโปรตีนไฮโดรไลเสทดักแด้ไหมอีรี่เพียงอย่างเดียวอาจไม่มีผลต่อการควบคุมน้ำหนักตัวในคนอ้วน ต้องมีการออกกำลังกายแบบผสมผสานร่วมด้วยจึงจะมีผลทำให้น้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย มวลของไขมันและร้อยละไขมันในร่างกายลดลง แม้ผลต่อการลดน้ำหนักยังไม่ชัดเจน แต่ผลจากการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงประโยชน์ต่อสุขภาพในการเกิดกระบวนการอักเสบในเลือด นอกจากนี้การรับประทานอาหารเสริมสุขภาพที่มีส่วนผสมของโปรตีนไฮโดรไลเสทดักแด้ไหมอีรี่ร่วมกับการออกกำลังกายแบบผสมผสานมีประโยชน์ต่อสุขภาพในการลดคอเลสเตอรอลรวมในเลือด สมรรถภาพด้านความอดทนของระบบหัวใจและระบบหายใจ และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อโดยเฉพาะกล้ามเนื้อส่วนบนเพิ่มขึ้น และยังแสดงให้เห็นว่าการรับประทานอาหารเสริมสุขภาพที่มีส่วนผสมของโปรตีนไฮโดรไลเสทดักแด้ไหมอีรี่ไม่เป็นอันตรายต่อการทำงานของตับและไต

Abstract

The method for protein hydrolysate production from Eri silk (*Philosamia ricini*) pupae through an enzymatic technology was performed. The resulting Eri silk pupa protein hydrolysate powder was well soluble in water and contained high protein at 79.34%, 4.19% carbohydrate, 1.34% lipid, 7.11% fiber, 4.30% moisture and 3.72% ash. Total amino acids content was 31.93 mg/100 mg, in which glutamic acid was the highest amino acid at 6.60 mg/100 mg. The unsaturated fatty acids content was 66.44%, in which linolenic acid was the highest fatty acid at 49.51%. The Eri silk pupa protein hydrolysate was free from the contaminations of microorganisms (total plate count, yeast, mold, *Escherichia coli* and *Salmonella* spp.) as well as heavy metals (Pb, As and Hg). The protein hydrolysate powder was then formulated into a 30g protein snack bar, consisting of 28.5% rice crisp, 20.1% sugar, 17.2% water, 10.7% butter, 7.1% coco powder, 5.0% flax seed, 3.6% chia seed, 3.6% almond seed, 1.7% egg white, 1.4% black sesame powder, 1.1% gelatin and 1.0% eri-silk protein hydrolysate. The consumers moderately liked the product, 91.6% of them accepted the product and 63.6% of them would purchase it. After being informed the health benefits of the product, the acceptance and purchase intention of consumers increased to 95.5% and 75.30%, respectively.

The efficacy of consuming snack bar containing Eri silk protein hydrolysate (omega-3 at 3 g/ day) together with exercise on weight control of target consumers has been performed. It was found that either the consumption of snack bar alone or the consumption of snack bar together with exercise clearly resulted in an increase in energy use from fat as well as a decrease in mass of fat around waist and hips. These mechanisms might be via the stimulation of the autonomic nervous system. However, the consumption of snack bar without exercise may not affect weight control in obese people. Exercise must also be combined in order to reduce body weight, body mass index, fat mass and percentage of body fat. Even though the effect on body weight reduction is still unclear, this study showed the health benefit on the inflammatory process in blood. In addition, the results positively demonstrated the health benefit on reduction of total cholesterol in blood and the increase in endurance of heart and respiratory systems and strength of muscles, especially the upper muscles. Furthermore, the snack bar containing Eri silk protein hydrolysate showed no harmful to liver and kidney.

สารบัญ

บทที่	หัวข้อ	หน้า
	บทสรุปผู้บริหาร	ก
	บทคัดย่อภาษาไทย	ข
	บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
	สารบัญ	ง
	สารบัญตาราง	ช
	สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1	บทนำ	
	1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหา	2
	1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
	1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
	1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ	3
	1.5 กรอบแนวความคิดของการวิจัยและขั้นตอนการวิจัยในภาพรวม	3
บทที่ 2	การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง	
	2.1 ไหมและโปรตีนจากไหม	5
	2.2 ผลของการบริโภคไหมอิตาลีต่อสุขภาพและสมรรถภาพทางกาย	8
	2.3 อาหารเสริมโปรตีนสูงสำหรับผู้ควบคุมน้ำหนัก	15
บทที่ 3	วิธีการดำเนินการวิจัย	
	3.1 การเตรียมโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอิตาลี	18
	3.2 การศึกษาอายุการเก็บรักษาของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอิตาลี	19
	3.3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งสำหรับผู้ควบคุมน้ำหนักที่มีส่วนผสมของโปรตีนไฮโดรไลเสทดักแด้ไหมอิตาลี	20
	3.3.1 การคัดเลือกสูตรพื้นฐานและการเตรียมวัตถุดิบ	20
	3.3.2 การศึกษาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีส่วนผสมของโปรตีนไหมอิตาลี	23
	3.3.3 การศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีส่วนผสมของโปรตีนจากไหมอิตาลี	25
	3.3.4 การทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งสำหรับผู้ควบคุมน้ำหนักที่มีส่วนผสมของโปรตีนไฮโดรไลเสทดักแด้ไหมอิตาลี	25
	3.4 การศึกษาประสิทธิภาพของการรับประทานผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งสำหรับผู้ควบคุมน้ำหนักที่มีส่วนผสมของโปรตีนไฮโดรไลเสทดักแด้ไหมอิตาลี	26
บทที่ 4	ผลการทดลอง	
	4.1 สมบัติของวัตถุดิบ	37
	4.2 การเตรียมโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอิตาลี	37
	4.3 การศึกษาอายุการเก็บรักษาของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอิตาลี	42
	4.4 การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเสริมสุขภาพสำหรับผู้ควบคุมน้ำหนักที่มีส่วนผสมของ	46

บทที่	หัวข้อ	หน้า
	โปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรี่	
	4.4.1 การคัดเลือกสูตรพื้นฐาน	46
	4.4.2 การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีส่วนผสมของโปรตีนดักแด้ไหมอีรี่	47
	4.4.3 คาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีส่วนผสมของโปรตีนดักแด้ไหมอีรี่	51
	4.4.4 การยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีส่วนผสมของโปรตีนไหมอีรี่	52
4.5	การศึกษาประสิทธิภาพของการรับประทานผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งสำหรับผู้ควบคุมน้ำหนักที่มีส่วนผสมของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรี่	55
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ		
	สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	67
รายการเอกสารอ้างอิง		
	รายการเอกสารอ้างอิง	69
ภาคผนวก		
	ตารางเปรียบเทียบวัตถุดิบประกอบ ผลิตภัณฑ์ที่วางแผนไว้และกิจกรรมที่ดำเนินการมา และผลที่ได้รับตลอดโครงการ	74
	ตารางเปรียบเทียบผลผลิต(Output) ที่เสนอในข้อเสนอโครงการและที่ดำเนินการได้จริงในรอบ 12 เดือน	75
ตาราง ภาคผนวก	1 การเปลี่ยนแปลงสี (L*) ของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรี่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 30 และ 45 °ซ	77
ตาราง ภาคผนวก	2 การเปลี่ยนแปลงสี (a*) ของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรี่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 30 และ 45 °ซ	78
ตาราง ภาคผนวก	3 การเปลี่ยนแปลงสี (b*) ของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรี่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 30 และ 45 °ซ	79
ตาราง ภาคผนวก	4 การเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรี่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 30 และ 45 °ซ	80
ตาราง ภาคผนวก	5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีนของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรี่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 30 และ 45 °ซ	81
ภาพ ภาคผนวก	1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ Histamine ของวัตถุดิบดักแด้ไหมอีรี่อบแห้ง	82
ภาพ ภาคผนวก	2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ Histamine ของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรี่	83
ภาพ ภาคผนวก	3 ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมด (Total amino acid) ของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรี่	84
ภาพ ภาคผนวก	4 ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนอิสระ (Free amino acid) ของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรี่	85
ภาพ ภาคผนวก	5 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรี่	86

บทที่		หัวข้อ	หน้า
ภาพ	6	ผลการทดสอบความเป็นพิษของสารต่อเซลล์ไลน์Vero และ L929ของโปรตีน	87
ภาคผนวก		ไฮโดรไลสจากดักแด้ไหมอีรี่	
ภาพ	7	ผลการทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ไฟโบรบลาสต์ของผิวหนังมนุษย์ของโปรตีน	88
ภาคผนวก		ไฮโดรไลสจากดักแด้ไหมอีรี่	
ภาพ	8	เอกสารการขอจริยธรรมในการทดลองในมนุษย์	89
ภาคผนวก			

สารบัญตาราง

หัวข้อ			หน้า
บทที่ 3			
ตารางที่	3-1	สูตรพื้นฐานของขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง สูตร A	20
ตารางที่	3-2	สูตรพื้นฐานของขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง สูตร B	22
บทที่ 4			
ตารางที่	4-1	องค์ประกอบโดยประมาณของวัตถุดิบผักแช่แข็งออร์แกนิก	37
ตารางที่	4-2	องค์ประกอบโดยประมาณของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากผักแช่แข็งออร์แกนิก	38
ตารางที่	4-3	ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมดของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากผักแช่แข็งออร์แกนิก	39
ตารางที่	4-4	ชนิดและปริมาณกรดไขมันของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากผักแช่แข็งออร์แกนิก	40
ตารางที่	4-5	สมบัติทางจุลินทรีย์และการปนเปื้อนโลหะหนักของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากผักแช่แข็งออร์แกนิก	40
ตารางที่	4-6	เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของเซลล์เมื่อได้รับโปรตีนไฮโดรไลเสทจากผักแช่แข็งออร์แกนิกความเข้มข้นต่างๆ	41
ตารางที่	4-7	เปอร์เซ็นต์ความเป็นพิษต่อเซลล์ของโปรตีนไฮโดรไลเสทที่เข้มข้นต่างๆ	41
ตารางที่	4-8	การเปลี่ยนแปลงของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากผักแช่แข็งออร์แกนิก ที่อุณหภูมิ 4, 30 และ 45 องศาเซลเซียส เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 34 สัปดาห์	42
ตารางที่	4-9	คะแนนความชอบของผู้ทดสอบที่มีต่อคุณลักษณะของขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งสูตร A และ สูตร B	47
ตารางที่	4-10	สูตรพื้นฐานของขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากการปรับสูตร	48
ตารางที่	4-11	คะแนนความชอบของผู้ทดสอบที่มีผลต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีส่วนผสมของโปรตีนผักแช่แข็งออร์แกนิกในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน	49
ตารางที่	4-12	คะแนนความชอบของผู้ทดสอบที่มีผลต่อคุณลักษณะแต่ละสูตรของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีส่วนผสมของโปรตีนผักแช่แข็งออร์แกนิก	50
ตารางที่	4-13	สูตรผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีส่วนผสมของโปรตีนผักแช่แข็งออร์แกนิก	50
ตารางที่	4-14	ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม	52
ตารางที่	4-15	คะแนนความชอบของผู้บริโภคที่มีผลต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีส่วนผสมของโปรตีนผักแช่แข็งออร์แกนิก	54
ตารางที่	4-16	สัดส่วนและองค์ประกอบของร่างกายของอาสาสมัครในแต่ละกลุ่มก่อนและหลังการศึกษา	55
ตารางที่	4-17	ปริมาณพลังงานเฉลี่ยที่อาสาสมัครได้รับแต่ละวันในแต่ละกลุ่มก่อนและหลังการศึกษา	56
ตารางที่	4-18	อัตราการใช้พลังงานขณะพักและสัดส่วนของสารที่ให้พลังงานของอาสาสมัครในแต่ละกลุ่มก่อนและหลังการศึกษา	57
ตารางที่	4-19	ค่าชีวเคมีในเลือดของอาสาสมัครในแต่ละกลุ่มก่อนและหลังการศึกษา	58
ตารางที่	4-20	ความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักของอาสาสมัครในแต่ละกลุ่มก่อนและหลังการศึกษา	60

	หัวข้อ	หน้า
ตารางที่ 4-21	อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะพัก และอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดของอาสาสมัครในแต่ละกลุ่มก่อนและหลังการศึกษา	61
ตารางที่ 4-22	ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนและส่วนล่างของร่างกายของอาสาสมัครในแต่ละกลุ่มก่อนและหลังการศึกษา	62

สารบัญภาพ

	หัวข้อ	หน้า
บทที่ 2		
ภาพที่ 2-1	วงจรชีวิตของไหม	5
ภาพที่ 2-2	ผลิตภัณฑ์โปรตีนจากดักแด้ไหมหม่อนที่จำหน่ายในประเทศจีน	8
ภาพที่ 2-3	โปรแกรมการออกกำลังกายสำหรับกลุ่มทดสอบในการวิจัยนี้	14
ภาพที่ 2-4	ประโยชน์ของการรับประทานโปรตีนเพื่อลดน้ำหนัก	15
บทที่ 3		
ภาพที่ 3-1	ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งสูตร A	21
ภาพที่ 3-2	ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งสูตร B	22
ภาพที่ 3-3	ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของโปรตีนจากไหมอีรี่	24
ภาพที่ 3-4	ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีส่วนผสมของโปรตีนจากไหมอีรี่ที่ใช้ทดสอบผู้บริโภคร	25
ภาพที่ 3-5	ขั้นตอนการคัดกรองสุขภาพ ชักประวัติและการเจาะเลือด	28
ภาพที่ 3-6	ขั้นตอนการการตรวจและวิเคราะห์ความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจ	29
ภาพที่ 3-7	ขั้นตอนการวัดอัตราการใช้พลังงานขณะพัก	29
ภาพที่ 3-8	ขั้นตอนการทดสอบอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด	31
ภาพที่ 3-9	ขั้นตอนการวัดองค์ประกอบของร่างกาย	32
ภาพที่ 3-10	ขั้นตอนการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนและส่วนล่างของร่างกาย	32
ภาพที่ 3-11	การออกกำลังกายอยู่ภายใต้การดูแลโดยนักวิทยาศาสตร์การกีฬา	34
ภาพที่ 3-12	การให้ความรู้ด้านโภชนาการ	35
บทที่ 4		
ภาพที่ 4-1	วัตถุดิบสำหรับการทดลอง	37
ภาพที่ 4-2	ขั้นตอนการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรี่	38
ภาพที่ 4-3	ปฏิกิริยาอันดับศูนย์ของการเพิ่มขึ้นและลดลงค่าสีของโปรตีนไฮโดรไลเสทที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 30 และ 45 °ซ a) ค่าความสว่าง (L*) b) ค่าสีแดง-เขียว (a*) และ c) ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (b*)	44
ภาพที่ 4-4	ผลของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ (4 30 และ 45 °ซ) ต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของผงโปรตีนไฮโดรไลเสท	44
ภาพที่ 4-5	ผลของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ (4 30 และ 45 °ซ) ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีนของผงโปรตีนไฮโดรไลเสท	45
ภาพที่ 4-6	ลักษณะของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งสูตร A	46
ภาพที่ 4-7	ลักษณะของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งสูตร B	47
ภาพที่ 4-8	ส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีส่วนผสมของโปรตีนดักแด้ไหมอีรี่	51
ภาพที่ 4-9	ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีส่วนผสมของโปรตีนดักแด้ไหมอีรี่	52

บทที่ 1

บทนำ

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหา

ปัจจุบัน โรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอมีความสนใจเส้นด้ายไหมอิตาลีมากขึ้น เนื่องจากเป็นเส้นใยธรรมชาติใหม่ที่มีความแปลกแตกต่าง มีโอกาสสร้างตลาดใหม่ และการสร้างระบบเศรษฐกิจใหม่นี้จะช่วยเหลือเกษตรกรชาวไร่มันสำปะหลังให้มีรายได้เพิ่มขึ้นเนื่องจากอาหารของไหมอิตาลีคือใบมันสำปะหลัง ในปัจจุบันได้มีการประสานงานกับโรงงานอุตสาหกรรมไหมปั่นเพื่อทดลองผลิตเส้นด้ายไหมอิตาลีด้วยเครื่องจักรอุตสาหกรรม เพื่อสร้างความมั่นใจให้กับผู้ผลิตไหมอิตาลีและภาคอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง นอกจากนี้ มีความสนใจเทรนด์การนำเส้นใยธรรมชาติมาใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอของโลกเพิ่มมากขึ้น ผสมกับประเทศต่างๆ ทั่วโลก ให้ความสนใจในการรักษาสภาพแวดล้อม โดยที่ไหมอิตาลีเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นกรีนทั้งการเลี้ยงและการนำมาทำผลิตภัณฑ์เส้นใยสมบัติของเส้นใยเหมาะกับการนำมาทำไหมปั่น หรือผสมเส้นใยธรรมชาติอื่น โดยมีสมบัติเบากว่าฝ้าย เหนียว นุ่มฟูคล้ายเส้นใยขนสัตว์ สามารถดูดซับเหงื่อและระบายอากาศได้ดี ใส่แล้วอบอุ่นในฤดูหนาว และเย็นสบายในฤดูร้อน ไม่ระคายมือ มีความทนทานดีกว่าไหมหม่อน ดัดสีได้ดีทั้งสีสังเคราะห์และสีธรรมชาติ และซักได้ด้วยวิธีธรรมดาไม่ต้องซักแห้ง เส้นไหมที่ผลิตได้จะมีลักษณะเป็นปุ่มปม และมีความเงามันเล็กน้อย (http://rescom.trf.or.th/display/keydefault.aspx?id_colum=2546)

อย่างไรก็ตาม หากมีความสนใจนำเส้นใยไหมอิตาลีมาใช้ประโยชน์มากขึ้นอย่างคุ้มค่าเชิงเศรษฐกิจ จึงมีความสำคัญที่ต้องคำนึงถึงวงจรห่วงโซ่อุปทานของการเลี้ยงไหมอิตาลีเพื่อให้ได้รังไหมเป็นแหล่งวัตถุดิบสำหรับทำเส้นใยอย่างเพียงพอต่อความต้องการใช้ในอุตสาหกรรม รวมถึงการนำผลผลิตพลอยได้ที่เหลือ คือ ดักแด้ซึ่งมีน้ำหนักมากคิดเป็น 80% ของรังสด มาใช้ประโยชน์ เพื่อให้เกษตรกรมีรายได้เสริมจากการขายดักแด้และเป็นการทำให้ของเหลือทิ้งจากกระบวนการเลี้ยงไหมเหลือน้อยที่สุด ดักแด้ไหมอิตาลีถือเป็นแหล่งโปรตีนสูงที่ในปัจจุบันมีการนำมาเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารมนุษย์เพิ่มมากขึ้น ทั้งในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ดักแด้คั่ว ทอด หรือการถนอมอาหารในรูปแบบอื่นๆ เช่น น้ำพริก เป็นต้น โครงการวิจัยนี้สนใจจะนำดักแด้ไหมอิตาลีมาพัฒนาในรูปของโปรตีนไฮโดรไลเสทผ่านทางเทคโนโลยีเอนไซม์เพื่อใช้เป็นอาหารเสริมสุขภาพ โดยเฉพาะผู้ที่น้ำหนักเกินที่ต้องการสร้างกล้ามเนื้อและควบคุมน้ำหนัก

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งสำหรับผู้ควบคุมน้ำหนักที่มีส่วนผสมของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอิตาลี

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งสำหรับผู้ควบคุมน้ำหนักที่มีส่วนผสมของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรี่
2. การศึกษาอายุการเก็บรักษาของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรี่
3. การศึกษาประสิทธิผลของการรับประทานอาหารเสริมสุขภาพที่มีส่วนผสมของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรี่ของผู้ควบคุมน้ำหนัก

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. โปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรี่ที่มีโมเลกุลขนาดเล็กและสามารถละลายน้ำได้ดี
2. ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีส่วนผสมของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรี่
3. แนวทางเลือกใหม่ในการนำของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมไหมอีรี่มาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่ม

1.5 กรอบแนวความคิดของการวิจัยและขั้นตอนการวิจัยในภาพรวม

กรอบแนวความคิดของงานวิจัยนี้ คือ ความสนใจในการใช้ประโยชน์ไหมอีรี่อย่างครบวงจรและมีความคุ้มค่าเชิงเศรษฐกิจ โดยการใช้ผลผลิตพลอยได้ที่เหลือจากกระบวนการ ได้แก่ ดักแด้ซึ่งมีน้ำหนักมากคิดเป็น 80% ของรังสด มาใช้เป็นแหล่งโปรตีนสำหรับมนุษย์ เนื่องจากดักแด้ไหมอีรี่ถือเป็นแหล่งโปรตีนสูง มีการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ดักแด้คั่ว ทอด หรือการถนอมอาหารในรูปแบบอื่นๆ เช่น น้ำพริก เป็นต้น โครงการวิจัยนี้ตั้งใจจะนำดักแด้ไหมอีรี่มาเพิ่มมูลค่าขึ้นไปอีกในรูปของโปรตีนไฮโดรไลเสทผ่านทางเทคโนโลยีเอนไซม์เพื่อใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารเสริมสุขภาพ โดยเฉพาะสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนักร่างกาย ทั้งนี้ได้ทำการศึกษาประสิทธิผลของการรับประทานอาหารเสริมสุขภาพที่มีส่วนผสมของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรี่ต่อมวลกล้ามเนื้อและมวลไขมัน สัดส่วนของร่างกาย (anthropometry) ไขมันในเลือด (total cholesterol, triglyceride, LDL-c และ HDL-c) ความเข้มข้นของกลูโคส อินซูลิน และฮอโมนเลปติน (Leptin) ในเลือด ความเข้มข้นของ high sensitive C-reactive protein (hs-CRP) ในเลือดซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ที่แสดงถึงการเกิดภาวะอักเสบ ความเข้มข้นของ blood urea nitrogen (BUN) และ creatinine ในเลือด เพื่อดูการทำงานของไต เอนไซม์ aspartate aminotransferase (AST) และ เอนไซม์ alanine aminotransferase (ALT) เพื่อดูการทำงานของตับ วัดสมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับสุขภาพ (health-related physical fitness) วัดอัตราการใช้พลังงานขณะพัก (resting metabolic rate) และแหล่งพลังงานขณะพัก (substrate utilization) เพื่อประเมิน fat และ carbohydrate oxidation ขณะพัก ซึ่งจะทำการวัดก่อนและหลังการศึกษาทั้งหมด 8 สัปดาห์

บทที่ 2

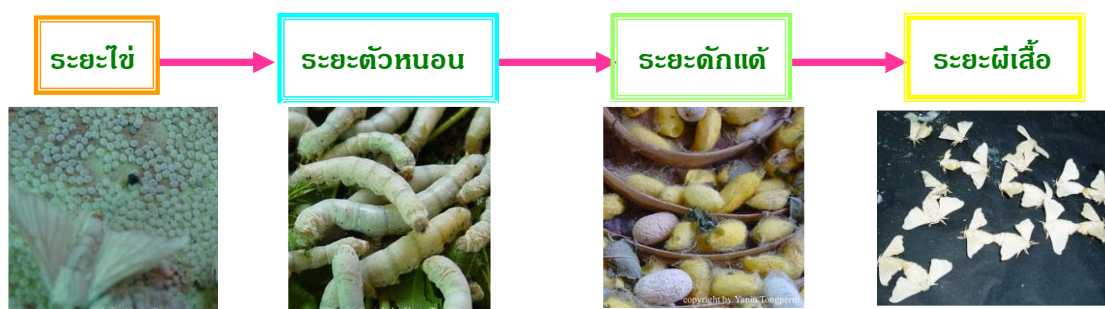
การทบทวนวรรณกรรม/ สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไหมและโปรตีนจากไหม

ไหมเป็นแมลงจำพวกผีเสื้อ มีลักษณะพิเศษประจำตระกูล คือ ตัวหนอน (Larvae) จะพันเส้นใยเพื่อใช้ในการทำรังห่อหุ้มตัวเองแล้วลอกคราบกลายเป็นดักแด้ (Pupae, silk worm) อยู่ภายในรังและเส้นไหมที่ใช้ทำรังนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์และมีราคาแพง ไหมมีวงจรชีวิตที่ประกอบด้วย ระยะเวลาไข่ ตัวหนอน ดักแด้ และผีเสื้อ (ภาพที่ 2-1) วงจรชีวิตของไหมจะวนซ้ำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ ซึ่งถือว่าการเปลี่ยนแปลงรูปร่างในแต่ละขั้นตอนของการเจริญเติบโตอย่างสมบูรณ์และแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดเจน ระยะเวลาที่เป็นดักแด้ (Pupae) หลังจากตัวหนอนไหมลอกคราบกลายเป็นดักแด้อยู่ภายในรังแล้ว ดักแด้จะนอนอยู่ในรังเฉยๆ เป็นเวลา 6-7 วัน ดักแด้ก็จะลอกคราบอีกครั้งหนึ่งแล้วกลายเป็นผีเสื้อไหม กระบวนการสาวไหมเริ่มต้นจากการฆ่าดักแด้และทำให้รังไหมแห้ง ซึ่งทำได้หลายวิธี ได้แก่ จากความร้อนของอากาศ (ตากแดด การย่าง ไฟถ่าน) จากความเย็น และจากรังสีปริมาณ เป็นต้น แต่ที่สะดวกที่สุด นิยมการฆ่าตัวดักแด้และทำแห้งด้วยอากาศ เช่น ตากแดด 2-3 วัน หรือทำเตาอบจากเชื้อเพลิงทำความร้อนต่างๆ จากนั้น รังไหมจะถูกคัดเกรดแล้วนำไปต้ม เพื่อให้เชรีซินที่เคลือบรังไหมชั้นนอกอ่อนตัวและเส้นไหมหลุดออกจากรังไหมได้ง่าย เมื่อเส้นไหมถูกสาวออกจนหมดแล้วจะเหลือตัวดักแด้อยู่ภายใน ตัวดักแด้นี้เมื่อนำไปตรวจสอบหาสารอาหาร พบว่ามีปริมาณโปรตีนสูงถึง 40-60% ไขมันประมาณ 34% และไฟเบอร์ประมาณ 5% ดักแด้ไหมเป็นแหล่งโปรตีนที่มีคุณภาพดี นิยมใช้เป็นแหล่งอาหารโปรตีนในประเทศจีน ญี่ปุ่น เกาหลี ไทย อินเดีย เป็นต้น ในประเทศจีนมีการใช้ประโยชน์ดักแด้ไหมมาเป็นระยะเวลานานแล้ว และปัจจุบัน the Ministry of Health of the Republic of China ได้ประกาศให้ดักแด้ไหมเป็นแหล่งอาหารชนิดใหม่ของประเทศ (Zhao และคณะ 2012) ส่วนมากนำไปทำเป็นอาหารสัตว์ นอกจากนี้ ในปัจจุบันยังมีผู้ผลิตบางรายนำไปปรุงสุกในรูปแบบผลิตภัณฑ์ต่างๆ เพื่อนำมารับประทานเป็นของขบเคี้ยวสำหรับมนุษย์อีกด้วย ในการเพิ่มการใช้ประโยชน์โปรตีนจากดักแด้ไหมเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ให้มากขึ้นนั้น วิธีการหนึ่งสามารถทำได้โดยการแปรรูปเป็นโปรตีนไฮโดรไลเสท



ภาพที่ 2-1 วงจรชีวิตของไหม

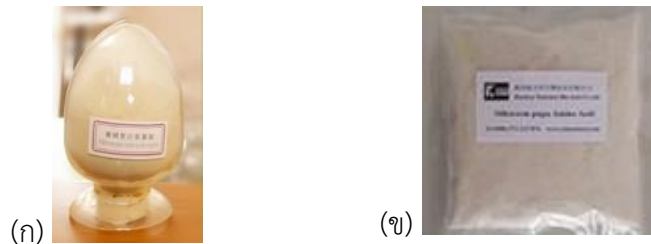
โปรตีนไฮโดรไลเซตเป็นโปรตีนที่ถูกไฮโดรไลซ์หรือย่อยจนได้โพลีเพปไทด์และกรดอะมิโนอิสระ เริ่มทำการค้าในปี ค.ศ. 1990 ในประเทศจีนและญี่ปุ่น วัตถุดิบที่ใช้ส่วนใหญ่ ได้แก่ กลูเตนข้าวสาลี เคซีน แป้งปลา เกลาติน ยีสต์ กลูเตนข้าวโพด หรือแหล่งโปรตีนอื่นๆ ส่วนใหญ่เพื่อใช้เป็นสารเพิ่มกลิ่นรสในอาหาร สมบัติและกลิ่นรสของโปรตีนไฮโดรไลเซตขึ้นกับชนิดของวัตถุดิบและองค์ประกอบของกรดอะมิโนในแหล่งโปรตีนนั้น ดังนั้นกระบวนการในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตจึงมีความสำคัญมาก โปรตีนไฮโดรไลเซตสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง เช่น เป็นอาหารสัตว์ อาหารมนุษย์ และอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ โดยโปรตีนไฮโดรไลเซตสามารถทำให้ผลิตภัณฑ์มีสมบัติที่ดีขึ้น เช่น กลิ่นรสดี มีความสามารถในการเกิดฟอง ความสามารถในการละลาย ความสามารถในการเกิดอิมัลชัน เป็นต้น นอกจากนี้ในอุตสาหกรรมอาหารแล้วพบว่าโปรตีนไฮโดรไลเซตยังถูกนำไปใช้เป็นส่วนประกอบในเครื่องสำอางต่างๆ มากมาย เพื่อให้ความชุ่มชื้นแก่ผิว โดยปกติ สามารถผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตได้โดยวิธีการใหญ่ๆ 2 วิธี ได้แก่ วิธีการที่ใช้สารเคมี (กรดหรือด่าง) และวิธีการที่ใช้เอนไซม์ การย่อยสลายโปรตีนด้วยสารเคมี (กรดหรือด่าง) เป็นวิธีการที่มีต้นทุนต่ำ แต่มีข้อจำกัดในการนำไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหาร และยังเป็นวิธีการที่ยากต่อการควบคุมการย่อยสลาย ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสมบัติและคุณภาพไม่คงที่การย่อยสลายโปรตีนด้วยเอนไซม์ เป็นการย่อยสลายที่พันธะเพปไทด์ภายในโปรตีน ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์คือเพปไทด์และกรดอะมิโนอิสระ วิธีการนี้เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ให้ปริมาณเพปไทด์สูงสุด เนื่องจากเอนไซม์มีความจำเพาะต่อสารตั้งต้น พีเอช ตัวกระตุ้น และตัวยับยั้ง อีกทั้งยังเป็นสถานะที่ไม่รุนแรง สามารถควบคุมการย่อยสลายได้โดยเลือกใช้นิโคตินและสถานะการย่อยสลายให้เหมาะสมเพื่อให้ได้โปรตีนไฮโดรไลเซตที่มีคุณภาพตามที่ต้องการ

โปรตีนไฮโดรไลเซตจากใหม่นั้น ส่วนใหญ่ใช้วัตถุดิบในส่วนองรังไหม และปัจจุบันยังต้องนำเข้าจากต่างประเทศได้แก่ ญี่ปุ่น จีน และเกาหลี เป็นต้น โปรตีนหรือโปรตีนไฮโดรไลเซตจากรังไหมมีราคาแพงเนื่องจากมีสมบัติเด่นในการให้ความชุ่มชื้นแก่ผิวและสามารถผสมผสานเป็นหนึ่งเดียวกับธรรมชาติของผิวหนัง มีรายงานว่าโปรตีนจากรังไหมสามารถช่วยป้องกันอันตรายผิวหนังจากแสงอัลตราไวโอเลต และป้องกันเส้นผมเสีย โดยเกิดเป็นฟิล์มเคลือบเส้นผม ช่วยถนอมรักษามันให้เงางามและชุ่มชื้น จึงนิยมนำมาเป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง เช่น แป้งอัดแข็ง ครีม โลชั่นบำรุงผิว และแชมพูหรือครีมอาบน้ำ เป็นต้น นอกจากนี้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางแล้ว ยังสามารถนำโปรตีนไหมมาใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ ได้อีก เช่น ในเครื่องสำอางในการผลิตเจลลี่ประเภทโปรตีน ในอุตสาหกรรมเคลือบเส้นใยสังเคราะห์เพื่อเพิ่มความสวยงามและดูคล้ายผ้าไหม ใช้เป็นแผ่นฟิล์มเคลือบหรือหุ้มเอนไซม์เพื่อให้เอนไซม์มีความเสถียรมากขึ้น เป็นต้น Hess และคณะ (2002) ไฮโดรไลซ์ไฟโบรอินจากรังไหมด้วยกรดเข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศเป็นเวลาข้ามคืน จากนั้นนำโปรตีนไฮโดรไลเซตที่ได้ไปทำแห้ง และตรวจหาลำดับของกรดอะมิโน ศูนย์วิจัยหม่อนไหมนครราชสีมาได้ทำการทดลองผลิตผงไหมไฟโบรอินจากรังไหมและเส้นไหมเพื่อนำไปเป็นส่วนประกอบในเครื่องสำอาง สบู่ วัสดุแต่งผมและผสมในอาหาร เป็นต้น โดยเริ่มจากการนำเปลือกจิ้งหรีดมาลอกกาวเซรีซินออกโดยการใช้สารละลายต่าง ล้างด้วยน้ำให้สะอาดแล้วผึ่งลมให้แห้ง จากนั้น นำรังไหมที่ลอกกาวแล้วไปต้มให้ไฟโบรอินละลายในสารละลายต่าง ไดอะไลซิสในถุงเซลลูโลสด้วยน้ำเป็นเวลา 3 วัน นำไปทำแห้ง และบดด้วยเครื่องบดจะ

ได้ผงไฟโบรอิน มีลักษณะเป็นผงสีขาวเหลือง ไม่มีรส Thongsanitkan และคณะ (2013) ศึกษาผลของการเสริมโปรตีนไฮโดรไลเสทจากรังไหมอีรี่ต่อการเจริญเติบโตและระบบภูมิคุ้มกันโรคของกุ้งขาว พบว่า การเสริมโปรตีนไฮโดรไลเสทจากรังไหมอีรี่ในอาหารกุ้งขาวที่ระดับ 0.05% มีผลต่อการเจริญเติบโตของกุ้งขาวอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่สามารถกระตุ้นภูมิคุ้มกันของกุ้งขาวได้ดีโดยค่าจำนวนเม็ดเลือดทั้งหมดมีค่าสูงสุดเท่ากับ 6.65×10^5 เซลล์ต่อมิลลิกรัม และค่ากิจกรรมของเอนไซม์ฟีนอลออกซิเดสมีค่าสูงสุดเท่ากับ 220.74 หน่วยต่อมิลลิกรัมโปรตีน

ในส่วนของโปรตีนจากดักแด้ใหม่นั้น มีรายงานถึงความปลอดภัยสำหรับการรับประทานเป็นอาหาร (Zhou และ Han 2006) ซึ่งนอกจากมีสมบัติเช่นเดียวกับโปรตีนจากรังไหมแล้ว ยังมีรายงานเพิ่มว่าเพปไทด์ที่ได้จากโปรตีนของดักแด้ไหมมีฤทธิ์ทางชีวภาพต่างๆ ด้วย ได้แก่ ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เปลี่ยนแปลง angiotensin-I (เอนไซม์เพปทิดิล คาร์บอกซิ เพพทิเดส) (Vercruysse และคณะ 2005; Wang และคณะ 2011; Wang และคณะ 2014) ฤทธิ์กระตุ้นภูมิคุ้มกันของร่างกาย (Yang และคณะ 2008) ฤทธิ์ต้านมะเร็ง (Yan และคณะ 2008) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Al-Azzouny และคณะ 2011) และลดการสะสมของไขมันในร่างกาย (Lee และคณะ 2012) Vaithanomsat และ Punyasawon (2008) พัฒนาระบบการไฮโดไลซ์โปรตีนจากดักแด้ไหมอีรี่ (*Philosamia ricini*) โดยเริ่มจากการนำดักแด้ไหมอีรี่สดไปบดด้วยเครื่องบดเติมน้ำลงไปเพื่อปรับความเข้มข้นของโปรตีนเริ่มต้น ปรับค่าพีเอชให้เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์โปรทีเอสทางการค้าที่ใช้ เติมน้ำลงไป และดำเนินปฏิกิริยาการย่อยโปรตีนที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 120 นาที จากนั้นนำโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ได้ไปทำแห้งบดให้เป็นผงละเอียด จะได้ผงโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมที่มีความสามารถในการละลายน้ำได้ดี Wang และคณะ (2008) ผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมหม่อนโดยใช้เอนไซม์ทางการค้า neutrase, pepsin, acidic protease, flavourzyme, alcalase และ trypsin เพื่อศึกษาฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เปลี่ยนแปลง angiotensin I (ACE) พบว่าไฮโดรไลเสทที่ได้จากการไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์ acidic protease มีมวลโมเลกุลเฉลี่ยประมาณ 500-1,000 ดาลตัน และมีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ACE สูงสุดที่ 73.5% ที่ความเข้มข้น 2 มก./มล. Wu และคณะ (2011) ศึกษาองค์ประกอบกรดอะมิโนและสมบัติต่างๆ ของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมหม่อน พบว่าโปรตีนดักแด้ไหมมีความสมดุลของปริมาณและชนิดกรดอะมิโน โดยมีกรดกลูตามิกสูงที่สุด (13.79 กรัม/100 กรัมโปรตีน), รองลงมาคือกรดแอสพาร์ติก (10.44 กรัม/100 กรัมโปรตีน), ลูซีน (8.68 กรัม/100 กรัมโปรตีน), ลัยซีน (8.01 กรัม/100 กรัมโปรตีน) และอาร์จินีน (6.59 กรัม/100 กรัมโปรตีน) โปรตีนไฮโดรไลเสทที่ได้มีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ACE สูงมาก (IC_{50} 8.3 ไมโครกรัม/มล.) และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่า 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) (IC_{50} 57.91 ไมโครกรัม/มล.) Jia และคณะ (2015) เติร์ยมโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมหม่อนโดยการอุลตราซาวด์และไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์ alcalase จะได้โปรตีนไฮโดรไลเสทที่มีมวลโมเลกุลเฉลี่ยต่ำกว่า 5 กิโลดาลตันและมีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ACE สูงสุด Tao และคณะ (2017) เติร์ยมโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมหม่อนโดยใช้เอนไซม์ neutrase และนำไปทำบริสุทธิ์เพื่อให้ได้เพปไทด์ที่มีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ACE ได้แก่ เพปไทด์ Gly-Asn-Pro-Trp-Met ที่มีขนาด 603.7

ดัลตัน และ IC_{50} 21.70 ไมโครโมลาร์ จากสรรพคุณของโปรตีนดักแด้ไหมที่กล่าวมา เมื่อเร็วๆ นี้จึงมีการจำหน่ายโปรตีนจากดักแด้ไหมหม่อนทางการค้าแล้วโดย บริษัท Huzhou Xintiansi Bio-tech จำกัด ในประเทศจีน (ภาพที่ 2-2)



ภาพที่ 2-2 ผลิตภัณฑ์โปรตีนจากดักแด้ไหมหม่อนที่จำหน่ายในประเทศจีน (ก) ผงโปรตีนดักแด้ไหม และ (ข) ผงกรดอะมิโนจากดักแด้ไหม

2.2 ผลของการบริโภคไหมอี่ต่อสุขภาพและสมรรถภาพทางกาย

ในประเทศจีนมีการรับประทานไหมอี่มาเป็นเวลานาน โดยได้รับการรับรองจากกระทรวงสาธารณสุขของประเทศจีน ส่วนในตอนเหนือของประเทศจีนได้มีการนำไหมอี่มาประกอบอาหารอย่างแพร่หลายโดยเป็นแมลงชนิดที่ได้รับความนิยมสูงสุด จากการศึกษาทางโภชนาการ พบว่าในหนอนไหมอี่ประกอบด้วยน้ำ 72.5 g% โปรตีน 52.5 g% ไขมัน 20.5 g% คาร์โบไฮเดรต 1.2 g% และใยอาหารและสารอื่นๆ เช่น วิตามิน เกลือแร่ 4.3 g% (Deori et al., 2014)

ข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าไหมอี่เป็นแหล่งอุดมไปด้วยโปรตีน ประกอบด้วยโปรตีน 2 ชนิดคือ silk fibroin และ silk sericin (Butkhup et al., 2012) มีการศึกษาเกี่ยวกับ silk fibroin พอควร เนื่องจากมีสมบัติทางการแพทย์คือ ลดการทำงานของเซลล์ภูมิคุ้มกัน macrophage (Panilaitis et al., 2003) ส่วน silk sericin พบว่ามีสมบัติต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) ยับยั้งเอนไซม์ tyrosinase (antityrosinase activity) และยับยั้งการเจริญของเนื้องอก (tumor progression) (Butkhup et al., 2012) มีการศึกษาคุณสมบัติของไหมอี่อย่างแพร่หลาย เช่น การนำมาทำเครื่องสำอาง (cosmetic products) ผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร (food supplements) และผลิตภัณฑ์สุขภาพ (health care products) (Wongsorn et al., 2015) การศึกษาทางวิทยาศาสตร์ความงามพบว่าการนำ silk sericin มาเป็นส่วนผสมในโลชั่น ครีม และซีฟี่ง ช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นของผิว (skin elasticity) ลดเลือนริ้วรอย (antiwrinkle) และชะลอวัย (antiaging) (Butkhup et al., 2012)

การศึกษาในประเทศไทยสนับสนุนให้เห็นว่าดักแด้ไหมอี่เป็นแหล่งอุดมไปด้วยโปรตีน โดยมีองค์ประกอบที่เป็นโปรตีนถึงร้อยละ 66 (Sirimungkararat et al., 2008) ในภาคเหนือและตะวันออกเฉียงเหนือของไทยมีการบริโภคดักแด้ไหมอี่อย่างแพร่หลาย และมีการนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์

อาหารและจัดทะเบียนมากกว่า 8 ชนิด การศึกษาของ Sirimungkararat และคณะ (2008) ยังแสดงให้เห็นว่า ดักแด้ไหมอีรีเป็นแมลงที่สามารถรับประทานได้โดยปลอดภัย (safe "green" edible insects) เนื่องจากไม่มีการใช้สารเคมีใดๆ ในกระบวนการเพาะเลี้ยง

ดักแด้ไหมอีรีที่เลี้ยงในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน จะมีองค์ประกอบ โครงสร้าง และสมบัติทางชีวเคมีแตกต่างกัน สำหรับดักแด้ไหมอีรีในไทยนั้นพบว่าประกอบด้วย carotenoids และ flavonoids สูง องค์ประกอบที่เป็นสารประกอบฟีนอลิกเหล่านี้มีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และถูกนำมาใช้สำหรับยับยั้งเอนไซม์ tyrosinase ลดการแพ้ (antiallergy) และลดการอักเสบ (anti-inflammation) (Butkhup et al., 2012) นอกจากนี้ยังพบว่าการบริโภคดักแด้ไหมอีรีช่วยป้องกันโรคตับ และโรคกระเพาะ จากการศึกษาส่งเสริมการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน อีกทั้งยังช่วยป้องกันการขาดวิตามิน B2 (Deori et al., 2014) การศึกษาของ Deori และคณะ (2014) พบว่าดักแด้ไหมอีรีเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระอย่างดี โดยประกอบด้วยสารประกอบฟีนอลิก 17.69 mg catechin/g และ flavanoid 3.47 mg quercetin/g และช่วยลดการทำลายเซลล์จากอนุมูลอิสระ (ลดการเกิด lipid peroxidation) จากการทางานเป็นตัวกำจัดอนุมูลอิสระ (free radical scavenger)

นอกจากนั้น น้ำมันจากดักแด้ไหมอีรีมีไขมันไม่อิ่มตัวโอเมก้า 3 และโอเมก้า 6 ประมาณร้อยละ 48 และ 5.8 ตามลำดับ จากการศึกษาที่ผ่านมา เสนอว่าการบริโภคโอเมก้า 3 ในปริมาณ 3 กรัมต่อวัน แม้ผลต่อการลดน้ำหนักยังไม่ชัดเจน แต่มีประโยชน์ต่อสุขภาพในด้านการควบคุมการหลั่งสารที่ก่อให้เกิดกระบวนการอักเสบ และการดื้อต่ออินซูลิน ช่วยลดความอยากอาหาร เพิ่มความไวต่ออินซูลิน ส่งเสริมกระบวนการเผาผลาญพลังงานจากไขมัน ลดขนาดของเซลล์ไขมัน และเพิ่มมวลกล้ามเนื้อ (Albracht-Schulte et al., 2018; Munro, Garg, & practice, 2013) อย่างไรก็ตาม การบริโภคโอเมก้า 3 ร่วมกับการออกกำลังกายและการควบคุมอาหารน่าจะให้ผลต่อการลดน้ำหนักมากกว่าการออกกำลังกายเพียงอย่างเดียว การศึกษาที่ผ่านมาพบว่า การบริโภคโอเมก้า 3 ร่วมกับการออกกำลังกายและการควบคุมอาหารมีผลช่วยลดน้ำหนักหรือลดไขมัน ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณพลังงานจากอาหารที่รับประทานและรูปแบบการออกกำลังกาย และโอเมก้า 3 จะช่วยลดความเข้มข้นของฮอโมนเลปตินในเลือด ซึ่งมีความสำคัญต่อความรู้สึกหิวและอิ่ม ซึ่งงานวิจัยเสนอแนะว่าโอเมก้า 3 อาจจะมีประโยชน์ในด้านการควบคุมน้ำหนักด้วย (de Camargo Talon, et al., 2015)

การออกกำลังกายแบบผสมผสาน

การออกกำลังกายแบบผสมผสาน หรือ concurrent exercise ถูกให้ความหมายว่าเป็นการฝึกโดยรวมเอาการฝึกของสองรูปแบบของการออกกำลังกายมาไว้ใน session เดียวกัน ได้แก่ การฝึกแบบแอโรบิก และการฝึกแบบมีแรงต้าน มักถูกนำมาใช้ในการออกกำลังกายเพื่อส่งเสริมสุขภาพในบุคคลทั่วไปรวมถึงบุคคลพิเศษ เช่น ผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง เนื่องจากการออกกำลังกายที่ผสมผสานทั้งส่วนของแอโรบิกและแบบมีแรงต้าน ซึ่งการออกกำลังกายแบบแอโรบิกนั้นมีส่วนช่วยในการพัฒนาความอดทนของระบบหัวใจและ

หายใจ ทำให้ค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (peak oxygen consumption) มีค่าสูงขึ้น ผ่านการปรับตัวของระบบหัวใจและหายใจ ส่วนการฝึกแบบมีแรงต้านนั้น จะช่วยส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ ส่งผลให้สมรรถภาพของกล้ามเนื้อ ได้แก่ ความแข็งแรง ความอดทน และกำลังของกล้ามเนื้อมีค่าเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นประโยชน์ที่ได้จากการออกกำลังกายแบบผสมผสานจึงเป็นการรวมเอาประโยชน์จากการฝึกแบบแอโรบิกและการฝึกแบบมีแรงต้านเอาไว้ด้วยกัน ซึ่งในขณะที่ยังคงรักษาด้านสุขภาพต่างๆ ได้แก่ American College of Sports Medicine (ACSM) American Diabetes Association (ADA) และ National Strength and Conditioning Association (NSCA) แนะนำว่า concurrent training จะทำให้ร่างกายได้รับประโยชน์สูงสุดจากการออกกำลังกาย (Davis et al., 2008)

ในงานวิจัยนี้โปรแกรมการออกกำลังกายทั้งหมดจะประกอบไปด้วย 4 เซทใหญ่ โดยใน 1 เซทใหญ่นั้นประกอบไปด้วย ช่วงการฝึกแอโรบิก 4 นาที โดยความหนักของช่วงแอโรบิกนั้นจะอยู่ที่ 70-80% ของอัตราการเต้นหัวใจสำรอง (heart rate reserve) สลับกับช่วงการฝึกแบบมีแรงต้าน 2 ท่า ท่าละ 2 เซท ความหนัก 8-12 ครั้งต่อเซท โดยมีท่า ดังนี้ (ภาพที่ 2-3)

ช่วงการฝึกแอโรบิกมีทั้งหมด 4 ท่า ท่าละ 1 นาที

1. ท่า Side tap



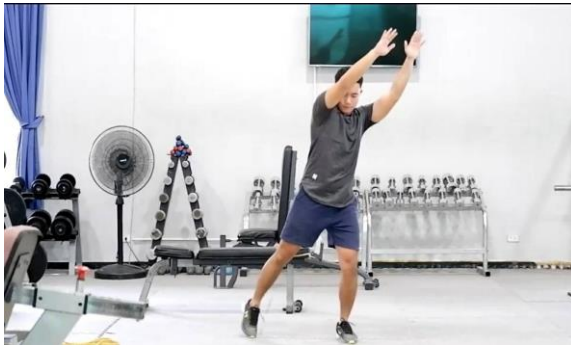
2. ท่า Leg curl



3. ทำ Knee up



4. ทำ Rocking side



ช่วงการฝึกแบบมีแรงต้าน

เซทที่ 1 ทำ Biceps curl พัก 30 วินาที และตามด้วยท่า Lat row พักอีก 30 วินาทีและขึ้นท่า Biceps curl ตามด้วยการพัก และท่า Lat row อีกครั้งหนึ่ง พัก 30 วินาทีจากนั้นวนไปขึ้นท่าแอโรบิกเพื่อขึ้นเซทที่ 2

1. ทำ Biceps curl



2. ทำ Lat row



เซทที่ 2 ทำ Shoulder press พัก 30 วินาที และตามด้วยท่า Squat พักอีก 30 วินาทีและขึ้นท่า Shoulder press ตามด้วยการพัก และท่า Squat อีกครั้งหนึ่ง พัก 30 วินาทีจากนั้นวนไปขึ้นท่าแอโรบิกเพื่อขึ้นเซทที่ 3

3. ทำ Shoulder press



4. ทำ Squat



เซทที่ 3 ทำ Triceps extension พัก 30 วินาที และตามด้วยท่า Leg lunge พักอีก 30 วินาทีและขึ้นท่า Triceps extension ตามด้วยการพัก และท่า Leg lunge อีกครั้งหนึ่ง พัก 30 วินาทีจากนั้นวนไปขึ้นท่าแอโรบิกเพื่อขึ้นเซทที่ 4

5. ทำ Triceps extension



6. ทำ Leg lunge



เซทที่ 4 ทำ Push up พัก 30 วินาที และตามด้วยท่า Plank 2 เซท เซทละ 10 วินาที พัก 10 วินาที เมื่อทำ plank ครบ 2 เซท จึงพักอีก 30 วินาทีและขึ้นท่า Push up ตามด้วยการพัก และท่า Plank 2 เซทอีกครั้งหนึ่ง

7. ทำ Push up



8. ทำ Plank



ภาพที่ 2-3 โปรแกรมการออกกำลังกายสำหรับกลุ่มทดสอบในการวิจัยนี้

โดยทั่วไปแล้วองค์ประกอบพื้นฐานของการออกกำลังกายนั้น ประกอบไปด้วย ความถี่ ความหนัก ระยะเวลาในการออกกำลังกาย และชนิดของกิจกรรมที่เลือก เช่นเดียวกันกับการฝึกแบบผสมผสานซึ่งควร ออกแบบตัวแปรต่างๆ เช่น ความหนัก ปริมาณ ความถี่ ความเร็วในการยก และระยะเวลาในการพักระหว่าง เซท โดยพิจารณาจากเป้าหมายและพื้นฐานของอาสาสมัคร (Kang, Ratames, & Journal, 2014) จากการ รวบรวมข้อมูลจากการศึกษาก่อนหน้านี้ในผู้ป่วยความดันโลหิตสูง พบว่าความถี่ของการฝึกแบบผสมผสานจะ เฉลี่ยอยู่ที่ 3 วันต่อสัปดาห์ ความหนักช่วงแอโรบิกโดยเฉลี่ยถูกกำหนดไว้ที่ 60-77% ของอัตราการเต้นหัวใจ สูงสุด หรือประมาณ 58-75% ของอัตราการเต้นหัวใจสำรอง ความหนักของช่วงการฝึกแบบมีแรงต้านโดย เฉลี่ยถูกกำหนดไว้ที่ 53-74% ของน้ำหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้ง หรือ 59-104.2% ของน้ำหนักสูงสุดที่ยกได้ 10 ครั้ง ส่วนค่าเฉลี่ยของระยะเวลาในการฝึกแอโรบิกนั้นอยู่ที่ 20-50 นาที และ 14-51 นาทีสำหรับช่วงการฝึกแบบ มีแรงต้าน ส่วนชนิดของการฝึกแบบผสมผสานนั้นจะแบ่งเป็นการฝึกภายในวันเดียวกัน (single exercise session) หรือแยกคนละวัน (combined training) ซึ่งโดยส่วนมากจะฝึกภายในวันเดียวกัน ซึ่งอาจจะเริ่มจาก การฝึกแบบมีแรงต้านก่อนจากนั้นค่อยฝึกแบบแอโรบิก หรืออาจจะเริ่มจากแอโรบิกก่อนจากนั้นค่อยตามด้วย การฝึกแบบมีแรงต้าน และอีกรูปแบบหนึ่งคือการฝึกแบบสลับกัน ซึ่งผลพบว่าความดันทั้ง systolic และ diastolic เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมแล้วมีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Corso et al., 2016)

จากการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าการฝึกที่ความหนักสูง (high intensity training) สามารถช่วยพัฒนา องค์ประกอบของร่างกายให้ดีขึ้นได้ดีกว่าการฝึกที่ความหนักเบา นอกจากนี้การฝึกแบบหนักสลับเบา (high intensity interval training) ยังสามารถช่วยพัฒนาระบบหัวใจไหลเวียนเลือดและสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ ได้เช่นกัน ซึ่งมีข้อแนะนำสำหรับผู้ที่มีน้ำหนักเกินหรือคนอ้วนให้ออกกำลังกายที่ไม่มีแรงกระแทกหรือมีแรง กระแทกต่ำ (low-impact exercise) เนื่องจากในบุคคลกลุ่มนี้จะมีความเสี่ยงที่จะได้รับการบาดเจ็บในบริเวณ ข้อต่อจากการทำกิจกรรมที่มีแรงกระแทกสูง และควรเพิ่มการเคลื่อนไหวของแขนเพื่อส่งเสริมการเคลื่อนไหว ของร่างกายทุกส่วน

2.3 อาหารเสริมสำหรับผู้ที่มีความน้ำหนัก

อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่ง (snack bars) เป็นอาหารขบเคี้ยวชนิดหนึ่งที่มีลักษณะเป็นแท่งรับประทานได้ทันที สะดวกในการพกติดตัวไปตามที่ต่างๆ เป็นแหล่งอาหารที่ให้พลังงานและคุณค่าทางโภชนาการสามารถนำมารับประทานเป็นอาหารเช้า หรือทดแทนมื้อใดมื้อหนึ่งในแต่ละวันได้ (กมลวรรณ และ คณะ, 2547) ปัจจุบันแนวโน้มการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปชนิดแท่งและผลิตภัณฑ์สแน็คบาร์ในประเทศไทยเพิ่มสูงขึ้น พบได้จากผลิตภัณฑ์หลากหลายรูปแบบที่วางจำหน่ายในท้องตลาดโดยมีส่วนผสมต่างๆ ทั้งจากผลไม้และวิตามินเสริม เพื่อเพิ่มคุณค่าให้มากขึ้น ทั้งนี้ โปรตีนเป็นสารอาหารจำพวกหนึ่งที่ยิมนำมาใช้เสริมในผลิตภัณฑ์อย่างกว้างขวางมากขึ้น โดยต้องคำนึงถึงรสชาติเนื้อสัมผัสและความคงตัวของผลิตภัณฑ์เป็นสำคัญ ดังนั้นการเพิ่มโปรตีนจากนมอีรีในผลิตภัณฑ์สแน็คบาร์จึงอาจเป็นทางเลือกหนึ่งในการเพิ่มคุณค่า และประโยชน์ทั้งด้านโภชนาการและสุขภาพ

ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งโปรตีนสูง High-protein snack bars (protein bars) มีส่วนประกอบของโปรตีนคุณภาพสูง 15–35% น้ำตาล ไขมันและน้ำ ผลิตภัณฑ์จะมีค่า $aw \leq 0.65$ มีค่าความชื้น 10–15% สามารถเก็บไว้ได้นาน (Loveday et al, 2009)

จากการศึกษาประโยชน์ของผลิตภัณฑ์โปรตีนสูงต่อร่างกายพบว่า ผลิตภัณฑ์โปรตีนสูงช่วยบำรุงสุขภาพของหัวใจ ช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคเบาหวาน มีรายงานว่าโปรตีนนมสามารถลดความเสี่ยงในการเกิดภาวะเมตาบอลิกซินโดรม เช่น โรคเบาหวาน, ช่วยลดน้ำหนัก, ลดการเกิดโรคหลอดเลือดได้ (Mcgregor et al, 2013)

Noakes รายงานประโยชน์ของโปรตีนที่ช่วยในการลดน้ำหนักประกอบด้วย (ดังแสดงในภาพที่ 3)

1. ช่วยควบคุมการรู้สึกหิว
2. ช่วยเพิ่มกระบวนการเมแทบอลิซึม
3. ลดความอยากอาหาร
4. ช่วยเสริมสร้างส่วนต่างๆ ของร่างกาย
5. ลดการบริโภคพลังงาน



ภาพที่ 2-4 ประโยชน์ของการรับประทานโปรตีนเพื่อลดน้ำหนัก

ที่มา: Noakes (2018)

ดังนั้นโปรตีนจากไหมอีรี่จึงมีศักยภาพสูงในการนำมาใช้พัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งโปรตีนสูงเพื่อใช้ในการบริโภคเพื่อลดน้ำหนักสำหรับผู้ที่ควบคุมน้ำหนักได้ อีกทั้งยังมีประโยชน์ต่อร่างกายสามารถลดความเสี่ยงในการเกิดโรคในกลุ่มเมตาบอลิกซินโดรมได้อีกด้วย

โครงการนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรี่โดยเทคโนโลยีทางด้านเอนไซม์ เพื่อเพิ่มมูลค่าของเหลือทิ้งจากระบวนการสาวไหมอีรี่ โดยเน้นกระบวนการผลิตเพื่อให้ได้โปรตีนไฮโดรไลเสทที่มีโมเลกุลขนาดเล็กสามารถละลายน้ำได้ดีและเหมาะสมสำหรับการพัฒนาเป็นอาหารเสริมสุขภาพสำหรับผู้ควบคุมน้ำหนักร่างกาย

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 การเตรียมโปรตีนไฮโดรไลสจากดักแด้ไหมอีรี่ (ดัดแปลงจาก Vaithanomsat and Punyasawon 2008)

3.1.1 วัตถุดิบดักแด้ไหมอีรี่ จาก น.ส. กฤษณา เจริญสุขกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มผลิตและแปรรูปไหมอีรี่
ออร์แกนิกอำนาจเจริญ 64/1 ม. 6 ต.คึมใหญ่ อ.เมืองอำนาจเจริญ จ.อำนาจเจริญ

3.1.2 วิเคราะห์สมบัติของวัตถุดิบดักแด้ไหมอีรี่ ได้แก่

- ☐ ปริมาณเถ้า, โปรตีน, ไขมัน, ความชื้น, คาร์โบไฮเดรต, เยื่อใย (AOAC, 2000)
- ☐ ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมดโดยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC)
- ☐ ชนิดและปริมาณไขมันด้วยเทคนิค Gas Chromatography (GC, Shimadzu version 3, model GC-17A) ที่ต่อเข้ากับ flame ionization detector (FID) คอลัมน์ Phenomenex BPX70 capillary column (ความยาว 30 ม., เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.25 มม., ความหนาของสารเคลือบ 0.25 ไมโครเมตร) split ratio เท่ากับ 1/15 และปริมาตรสารตัวอย่างที่ฉีดเท่ากับ 1 ไมโครลิตร อุณหภูมิของ injection port และ FID detector เท่ากับ 250 °ซ ตั้งโปรแกรมอุณหภูมิเริ่มต้นของ oven ที่ 60 °ซเป็นเวลา 0.5 วินาที จากนั้นเพิ่มเป็น 200 °ซด้วยอัตรา 10 °ซเป็นเวลา 4 นาที เวลาในการวิเคราะห์ทั้งหมดเท่ากับ 9 นาที ใช้ helium เป็นก๊าซพาที่อัตราการไหล 1.25 มล./นาที วิเคราะห์โครมาโตแกรมที่ได้ด้วย Shimadzu GC solution software V. 2.10 กราฟของสารมาตรฐานของ fatty acid methyl ester ที่มีกรดไขมันที่ทราบความเข้มข้นค่าต่าง ๆ

3.1.3 ดำเนินการผลิตโปรตีนไฮโดรไลส โดยใช้ปริมาณโปรตีนเริ่มต้น 4.66% ปริมาณเอนไซม์ 0.21% บ่มปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 50 °ซ เป็นเวลา 141.47 นาที แยกส่วนที่ไม่ละลายออก จะได้ส่วนใสเป็นโปรตีนไฮโดรไลสนำไปทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง จะได้ผงโปรตีนไฮโดรไลสดักแด้ไหมอีรี่

3.1.4 นำผงโปรตีนไฮโดรไลสที่ได้ไปวิเคราะห์สมบัติ ได้แก่

- ☐ ปริมาณเถ้า, โปรตีน, ไขมัน, ความชื้น, คาร์โบไฮเดรต, เยื่อใย (AOAC, 2000)
- ☐ ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมดโดยเครื่อง HPLC
- ☐ ชนิดและปริมาณไขมันด้วยเทคนิค GC
- ☐ ความสามารถในการละลายน้ำ
- ☐ คุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณเชื้อยีสต์และรา ตามวิธีของ AOAC (2000)
- ☐ ฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่

- ความเป็นพิษต่อเซลล์ไลน์ Vero และ L929

ซังไฮโดรไลเซต 0.0107 กรัม เพื่อเตรียมเป็น stock ใส่ขวด Duran ที่ปราศจากเชื้อ จากนั้นนำไป sterile ที่อุณหภูมิ 121 °ซ นาน 15 นาที เติม DMEM+5% FBS ปริมาตรขึ้นกับน้ำหนักตัวอย่าง นำไปบ่มในตู้บ่มอุณหภูมิ 37 °ซ นาน 24 ชม. จากนั้น นำไปกรองด้วยแผ่นกรองขนาด 0.45 µm เก็บเป็น stock เพื่อเจือจางให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 1,000, 500, 250, 125 และ 62.5 µg/ml

วิธีการทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ทำการปลูกเซลล์ไลน์ จำนวน 1×10^5 cell/ml ลงใน 96-well plate ปริมาตร 100 µl/well บ่มเซลล์ในตู้บ่มอุณหภูมิ 37°C, 5% CO₂ นาน 24 ชม. จากนั้น ดูดอาหารออกจากแต่ละหลุม จากนั้นเติมสารตัวอย่างปริมาตร 100 µl/well เมื่อบ่มเซลล์ในสารครบตามกำหนดเวลา เติม MTT ความเข้มข้น 5 mg/ml, 10 µl/well นำไปบ่มในตู้อุณหภูมิ 37°C, 5% CO₂ นาน 4 ชม. เมื่อบ่มเซลล์ใน MTT ครบ 4 ชม. ดูดสารละลาย MTT ทิ้ง และเติมสารที่ละลายผลึก Formazan ในที่นี้ใช้ 100% DMSO: 10% SDS อัตราส่วน 9:1 ปริมาตร 100 µl/well นำไปวัดค่า OD ที่ความยาวคลื่น 570 nm ตั้งโปรแกรมเขย่า 5 นาทีก่อนวัดค่า OD คำนวณค่า %cytotoxicity ของสารแต่ละชนิด โดยใช้สูตร

$$\% \text{Cytotoxicity} = ((A-B)/A) \times 100$$

A = ค่าการดูดกลืนแสงของหลุมควบคุม (หลุมที่มีเซลล์ในอาหารเพาะเลี้ยง)

B = ค่าการดูดกลืนแสงของหลุมที่มีเซลล์ในสารที่หมักแต่ละชนิดความเข้มข้น 1,000 µl/ml

โดยค่า A และ B จะต้องนำค่าการดูดกลืนแสงของ Blank (ในที่นี้ คือ หลุมที่เติมสารละลาย 100% DMSO: 10% SDS) มาหักลบออกก่อน จากนั้นจึงนำไปคำนวณจากสูตรข้างต้น

- ความเป็นพิษต่อเซลล์ไฟโบรบลาสต์ผิวหนังของมนุษย์

ซังไฮโดรไลเซต และนำไปทำให้ละลายด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อเซลล์ คือ Dulbecco's Modified Eagle Medium (DMEM) นำตัวอย่างทดสอบไปทำให้ sterile โดยการกรองผ่านเมมเบรนที่มีรูพรุนขนาด 0.2 ไมครอน เจือจางสารละลายตัวอย่างทดสอบให้มีความเข้มข้นที่ต้องการด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อเซลล์ที่ทำให้ไร้ออกซิเจนแล้วนำไปทดสอบความเป็นพิษของเซลล์ด้วยวิธีการย้อมสี Sulforhodamine B (SRB) (Vichai et al., 2006) คำนวณเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของเซลล์เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

3.2 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาของโปรตีนไฮโดรไลเซตจากดักแด้ไหมอีรี่

การหาอายุการเก็บรักษาของโปรตีนไฮโดรไลเซตจากดักแด้ไหมอีรี่โดยวิธีเร่งอุณหภูมิ นำผงโปรตีนไฮโดรไลเซตจากดักแด้ไหมอีรี่ บรรจุในถุงฟอยด์ถ่วงละ 10 กรัม แบ่งเป็น 3 กลุ่ม เก็บรักษาโปรตีนไฮโดรไลเซตที่สภาวะอุณหภูมิ 4, 30 และ 45 °ซ สุ่มตัวอย่างทุกสัปดาห์ เป็นเวลา 48 สัปดาห์ นำมาวิเคราะห์ค่าคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี L* a* b* ค่าคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ความชื้น ค่าคุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ตามวิธีของ AOAC (2000)

3.3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเสริมสุขภาพสำหรับผู้ควบคุมน้ำหนักที่มีส่วนผสมของโปรตีนไฮโดรไลเสท ดักแด้ใหม่อีรี

3.3.1 การคัดเลือกสูตรพื้นฐานและการเตรียมวัตถุดิบ

ทำการค้นคว้าสูตรของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากแหล่งต่างๆ ได้แก่ บทความทางวิชาการ ตำราอาหาร เว็บไซต์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสูตรอาหาร แล้วทำการคัดเลือกสูตรและกรรมวิธีในการผลิตให้เหลือเพียง 2 สูตร โดยพิจารณาสูตรที่ใช้วัตถุดิบที่หาได้ง่าย ใช้วัตถุดิบที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ผลิตภัณฑ์ต้องมีเนื้อสัมผัสกรอบ อร่อย เก็บรักษาได้ที่อุณหภูมิห้อง มีความสมดุลทางโภชนาการ และ มีกลิ่นรสตามธรรมชาติของผลิตภัณฑ์ ในด้านกระบวนการผลิต มีการใช้กรรมวิธีการผลิตที่ไม่ยุ่งยาก ใช้เครื่องมือในการผลิตที่ไม่ซับซ้อน สามารถถ่ายทอดให้ผู้สนใจได้ง่าย

ทำการผลิตสูตรพื้นฐานที่ผ่านการคัดเลือกจากกระบวนการข้างต้น จำนวน 2 สูตร ได้แก่ สูตร A และสูตร B ตามสูตรและกรรมวิธีการผลิตในตารางที่ 3-1 และภาพที่ 3-1 และตารางที่ 3-2 และภาพที่ 3-2 ตามลำดับ ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยให้ผู้ทดสอบที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9- Point –Hedonic Scale ต่อความชอบของผลิตภัณฑ์ในด้านลักษณะปรากฏ, สี, กลิ่น, รสชาติ, เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยมีเกณฑ์ให้คะแนนดังนี้ คือ คะแนน 9 เท่ากับ ชอบมากที่สุด, 8 เท่ากับ ชอบมาก, 7 เท่ากับ ชอบปานกลาง, 6 เท่ากับ ชอบเล็กน้อย, 5 เท่ากับ เฉยๆ, 4 เท่ากับ ไม่ชอบเล็กน้อย, 3 เท่ากับ ไม่ชอบปานกลาง, 2 เท่ากับ ไม่ชอบมาก และ 1 เท่ากับ ไม่ชอบมากที่สุด

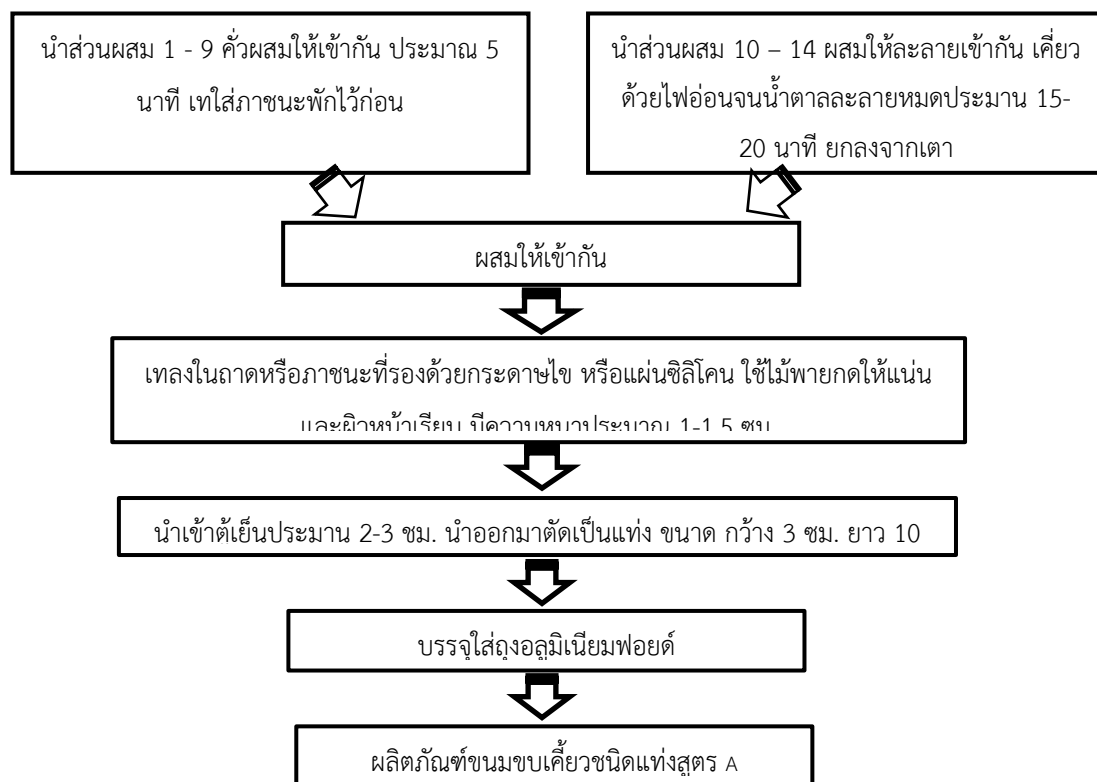
ตารางที่ 3-1 สูตรพื้นฐานของขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง สูตร A

ลำดับที่	วัตถุดิบ	ร้อยละ
1	ข้าวโอ๊ต	13.5
2	อัลมอนด์ชนิดแท่ง	20.3
3	เม็ดมะม่วงหิมพานต์	3.4
4	เมล็ดฟักทอง	5.1
5	เมล็ดทานตะวัน	5.1
6	งาขาว	1.7
7	งาดำ	1.7
8	แครนเบอร์รี่แห้ง	3.4
9	ลูกเกดแห้ง	3.4
10	เบะแซ/กลูโคสไซรัป	22.0
11	เนยสดชนิดจืด	6.8
12	น้ำตาลทรายแดง	6.8

13	น้ำผึ้ง	6.8
14	เกลือป่น	0.1
รวม		100

ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ

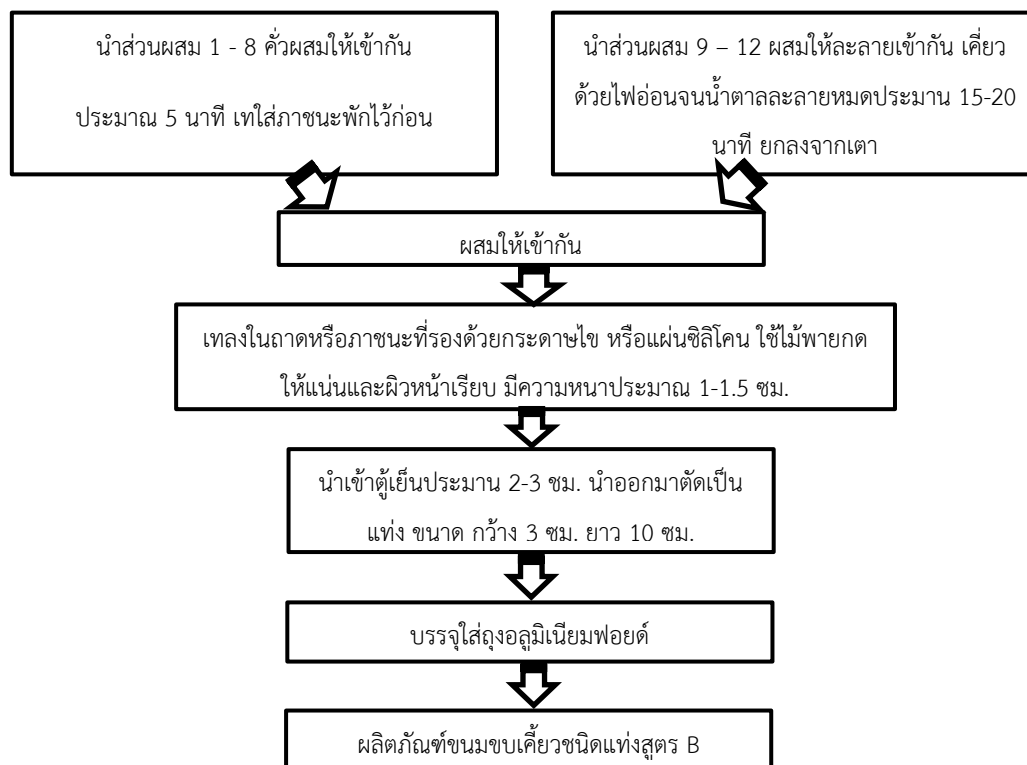
1. เปิดอุ่นเตาอบที่อุณหภูมิ 150 °ซ เป็นเวลา 15-20 นาที
2. นำวัตถุดิบใส่ถาดสำหรับอบ เกลี่ยให้กระจายทั่วถาด อบจนครบกำหนดเวลา โดยเอาออกมากลับทุกๆ 4-5 นาที โดยสังเกตจากสีของวัตถุดิบ จากนั้นปล่อยให้เย็น เก็บใส่ภาชนะที่มีฝาปิดมิดชิด โดยมีระยะเวลาในการอบวัตถุดิบแต่ละชนิดแตกต่างกัน ได้แก่
 - ข้าวโอ๊ต อบเป็นเวลา 10-15 นาที
 - อัลมอนด์แบบแท่ง อบเป็นเวลา 12 นาที
 - เม็ดมะม่วงหิมพานต์แบบซีก อบเป็นเวลา 15 นาที
3. การเตรียมงาขาวและงาดำ ทำการคั่วด้วยไฟกลางค่อนต่ำ โดยใส่ลงในกระทะคอบคนงาให้ทั่ว 2-3 นาที หรือจนกว่าเมล็ดงาจะเปลี่ยนสี มีความมันเงา มีกลิ่นหอม
4. การเตรียมผลไม้แห้ง ทำโดย หั่นแครนเบอร์รี่แห้ง และลูกเกดแห้ง ให้มีขนาดเป็นชิ้นเล็กๆ



ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งสูตร A

ตารางที่ 3-2 สูตรพื้นฐานของขนมขบเคี้ยวชนิดแห้ง สูตร B

ลำดับที่	วัตถุดิบ	ร้อยละ
1	อัลมอนต์ชนิดแห้ง	17.5
2	เม็ดมะม่วงหิมพานต์แบบซีก	10.5
3	เมล็ดฟักทอง	8.8
4	เมล็ดทานตะวัน	8.8
5	งาขาว	7.0
6	งาดำ	3.5
7	แครนเบอร์รี่แห้ง	3.5
8	ลูกเกดแห้ง	3.5
9	เนยสดชนิดจืด	1.8
10	น้ำตาลทรายแดง	17.5
11	น้ำผึ้ง	17.5
12	เกลือป่น	0.1
	รวม	100



ภาพที่ 3-2 ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแห้งสูตร B

3.3.2 การศึกษาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีส่วนผสมของโปรตีนไหมอีรี

ทำการศึกษาหาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์โดยคัดเลือกจากสูตรพื้นฐานที่ได้จากข้อข้างต้น ทำการปรับสูตรผลิตภัณฑ์ตามข้อกำหนด ที่จะนำไปใช้ในการศึกษาประสิทธิภาพของการรับประทานผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีส่วนผสมของโปรตีนดักแด่ไหมอีรีสำหรับผู้ควบคุมน้ำหนัก โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการพัฒนาควรมีปริมาณพลังงานไม่เกิน 200 kcal ต่อชิ้นซึ่งมีขนาดน้ำหนักต่อชิ้นเท่ากับ 30 กรัม

โดยมีขั้นตอนดังนี้

- การแทนที่วัตถุดิบในสูตรพื้นฐาน

ทำการแทนที่วัตถุดิบในสูตรพื้นฐานบางชนิด เนื่องจากสูตรพื้นฐานที่ได้จากการคัดเลือกมีปริมาณพลังงานสูงกว่าเกณฑ์กำหนด ทำการดัดแปลงวัตถุดิบให้เข้ากับส่วนผสมที่มีอยู่ในสูตรพื้นฐาน โดยพิจารณาในเรื่องของชนิดวัตถุดิบที่เป็นส่วนของธัญพืช ปริมาณพลังงานและคุณค่าทางโภชนาการของวัตถุดิบที่นำมาทดแทน

โดยแบ่งวัตถุดิบที่นำมาใช้เป็น 4 กลุ่ม คือ

ส่วนที่เป็นธัญพืชและถั่ว ได้แก่ เม็ดมะม่วงหิมพานต์แบบชิกเมล็ดฟักทองเมล็ดทานตะวันใช้ข้าวพอง เมล็ดแฟลกซ์เมล็ดเจีย แทนในสูตรที่ได้รับการคัดเลือก เนื่องจากให้พลังงานต่ำและให้คุณประโยชน์ทางโภชนาการสูง

ส่วนที่ใช้เป็นผลไม้อบแห้ง ได้แก่ ลูกเกดแครนเบอร์รี่แห้ง นำออกจากสูตรเนื่องจากให้พลังงานสูง

ส่วนที่เป็นสารยัดเกาะ ได้แก่ น้ำผึ้ง ใช้ เจลาติน และไข่ขาวแทน

สารปรุงแต่งกลิ่นรส ทำการศึกษาสารเติมแต่งกลิ่นรสที่เหมาะสมต่อไป

โดยวัตถุดิบที่เลือกเป็นแหล่งของสารอาหารที่สำคัญดังนี้

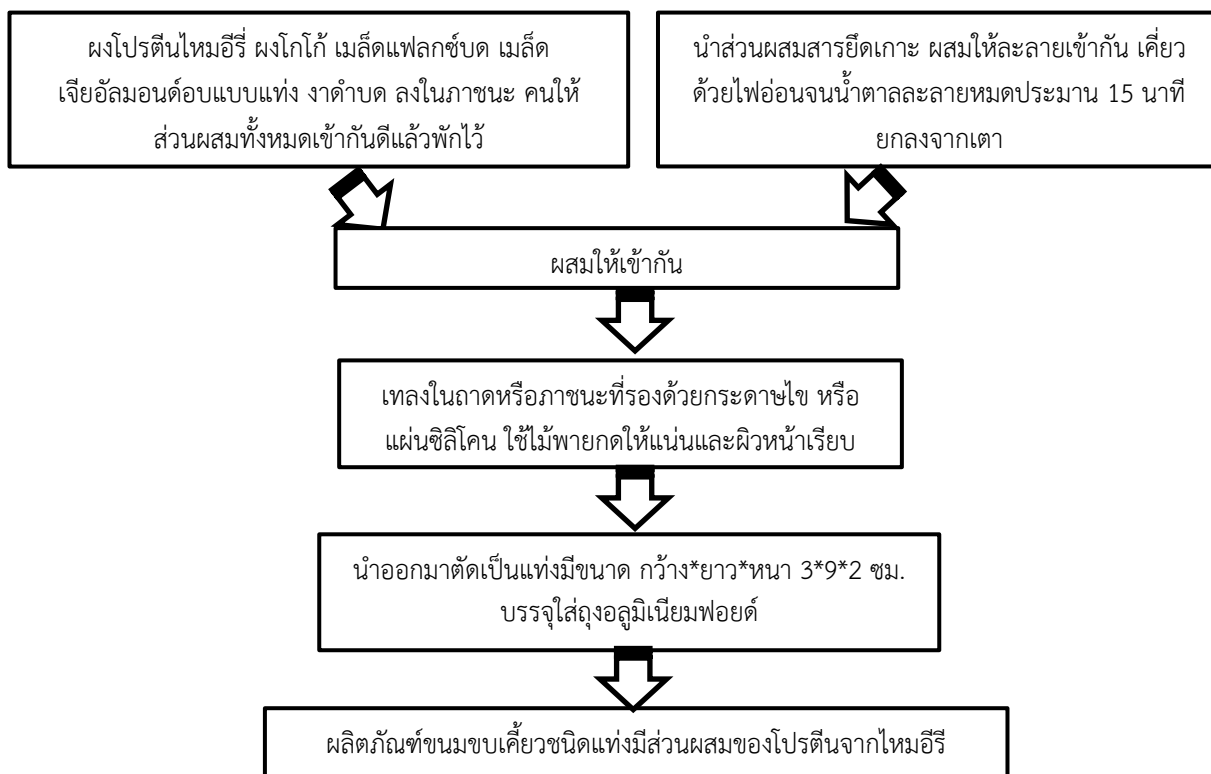
แหล่งของโปรตีนที่สำคัญ คือ โปรตีนดักแด่ไหมอีรี เมล็ดเจีย งาดำบด

แหล่งของไขมันคือ เนยจืด เมล็ดแฟลกซ์บด และ อัลมอนต์อบแบบแห้ง

แหล่งคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญ คือ ข้าวพองอบกรอบ น้ำตาล

- การพัฒนากรรมวิธีในการผลิต

ศึกษากรรมวิธีการผลิต โดยใช้สูตรที่ได้ดัดแปลงการใช้วัตถุดิบ และมีการเปลี่ยนแปลงกรรมวิธีการผลิตตามขั้นตอนดังนี้ คือ เตรียมสารยัดเกาะ โดยมีส่วนผสม น้ำตาลทราย 20.1%, เจลาตินผง 1.1%, น้ำ 16.2% และไข่ขาว 1.7% และมีขั้นตอนการผลิตดังภาพที่ 3-3



ภาพที่ 3-3 ขั้นตอนผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่มีส่วนผสมของโปรตีนจากไหมอีรี่

- การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของโปรตีนไหมอีรี่ในสูตรผลิตภัณฑ์
หาอัตราส่วนที่เหมาะสมของปริมาณโปรตีนดักแด้ไหมอีรี่ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) ปัจจัยที่ศึกษาคือ ร้อยละของโปรตีนไหมอีรี่ 3 ระดับ คือ ร้อยละ 1, 2 และ 4 ในสูตรผลิตภัณฑ์ นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปทดสอบกับผู้บริโภคที่ไม่ได้รับการฝึกฝน จำนวน 30 คน ประเมินความชอบด้วยวิธีการโดยให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (1-ไม่ชอบมากที่สุด ถึง 9-ไม่ชอบมากที่สุด) ต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ, สี, กลิ่น, รสหวาน, รสชาติโดยรวม, ความกรอบ, เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT นำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการปรับปรุงสูตร
- การคัดเลือกรสชาติที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์
คัดเลือกรสชาติที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ โดยเลือกจากรสชาติที่ผู้บริโภคให้ความนิยมสูง จำนวน 2 รสชาติ ได้แก่ รสโกโก้ และรสชาเขียว นำมาผสมในสูตรที่ได้จากข้อข้างต้น จากนั้นนำไปทดสอบกับผู้บริโภคที่ไม่ได้รับการฝึกฝน จำนวน 30 คน ประเมินความชอบด้วยวิธีการโดยให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (1-ไม่ชอบมากที่สุด ถึง 9-ไม่ชอบมากที่สุด) ต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้าน ลักษณะปรากฏ, สี, กลิ่น, รสหวาน, รสชาติโดยรวม, ความกรอบ, เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT

3.3.3 การศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีส่วนผสมของโปรตีนจากไหมอีรี่

นำผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีส่วนผสมของโปรตีนจากไหมอีรี่สูตรที่ผ่านการพัฒนาและทดสอบความชอบในข้อข้างต้นมาทำการวิเคราะห์หาคุณภาพต่างๆดังนี้

- ค่าทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี $L^* a^* b^*$
- คุณค่าทางโภชนาการ และการจัดทำฉลากโภชนาการ องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (A.O.A.C., 2000)
- ค่าทางจุลินทรีย์ ได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และรา (A.O.A.C., 2000)

3.3.4 การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีส่วนผสมของโปรตีนจากไหมอีรี่

ทำการทดสอบการยอมรับของกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายต่อผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการพัฒนาด้วยวิธี Central Location Test โดยทำการทดสอบกับกลุ่มผู้บริโภคจำนวน 154 คน ด้วยวิธีให้คะแนนความชอบแบบ hedonic 9-point scaling (1-ไม่ชอบมากที่สุด ถึง 9-ไม่ชอบมากที่สุด) ในการทดสอบ ทำการเสิร์ฟผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีส่วนผสมของโปรตีนจากไหมอีรี่ขนาด (30 กรัม) บรรจุในถุงฟอยล์ ปิดสนิท ดังแสดงในภาพที่ 3-4 จำนวน 1 ชิ้น ต่อผู้บริโภค 1 คน จากนั้นนำผลที่ได้ทำการประมวลผลและวิเคราะห์การยอมรับและการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค



ภาพที่ 3-4 ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีส่วนผสมของโปรตีนจากไหมอีรี่ที่ใช้ทดสอบผู้บริโภค

3.4 การศึกษาประสิทธิภาพของการรับประทานผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งสำหรับผู้ควบคุมน้ำหนักที่มีส่วนผสมของโปรตีนไฮโดรไลเสตสกัดไก่หม้อฮู้ โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

3.4.1 ขอรับรองจากคณะกรรมการการพิจารณาจริยธรรมในการทดสอบโดยมนุษย์จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ก่อนดำเนินการทดลอง เมื่อได้รับการอนุมัติเรียบร้อยแล้วจึงดำเนินการทดลอง

3.4.2 การออกแบบวิจัยเป็นแบบ randomized placebo controlled double blind study

3.4.3 การคำนวณขนาดของกลุ่มอาสาสมัคร

- 1) คำนวณขนาดตัวอย่างในแต่ละกลุ่มโดยใช้สูตร $n = 2(Z_{\alpha/2c} + Z_{\beta})^2 \sigma^2 / \Delta^2$ จากการศึกษาของ Munro และคณะ ในปี 2013 โดยศึกษาผลของการให้ omega-3 ต่อการลดน้ำหนักในคนอ้วน กำหนดให้ความแตกต่างของสมรรถภาพทางกายระหว่างกลุ่มแตกต่างกันร้อยละ 10 โดยต้องการเปรียบเทียบ 3 คู่ ที่ $\alpha = 0.05$, $\beta = 0.2$ และอำนาจการทดสอบ 0.80 มีมวลไขมันลดลง 3.80 กรัม และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.27 ได้ จะได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 10 คน และเมื่อรวมกับ dropping out rate ซึ่งคำนวณไว้ที่ร้อยละ 20 ของกลุ่มตัวอย่างคือ 2 คน ดังนั้นต้องใช้กลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 12 คน รวมกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 3 กลุ่ม เป็นจำนวน 36 คน

เกณฑ์การคัดเข้า

1. เป็นเพศชายและหญิง มีอายุระหว่าง 30-55 ปี เพศหญิงและชาย
2. มีดัชนีมวลกายตั้งแต่ 25 กก./ม² ขึ้นไป และร้อยละไขมันในร่างกายตั้งแต่ร้อยละ 21% ขึ้นไป

3. ไม่สูบบุหรี่

เกณฑ์การคัดออก

1. แพ้อาหารในกลุ่มแมลง กุ้ง กุ้ง ปู
2. เป็นโรคตับและไต
3. เป็นโรคหลอดเลือดหัวใจ
4. เป็นโรคระบบกล้ามเนื้อและระบบประสาท

- 2) ทำการสุ่มแบ่งกลุ่มอาสาสมัครทั้งหมด 36 คน ออกเป็น 3 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มที่ได้รับประทานขนมขบเคี้ยว (snack bar) โปรตีนไฮโดรไลเสต จำนวน 12 คน 2) กลุ่มที่ได้รับประทานขนมขบเคี้ยวโปรตีนไฮโดรไลเสตและออกกำลังกายแบบผสมผสาน จำนวน 12 คน และ 3) กลุ่มที่ได้รับสารหลอก (placebo) จำนวน 12 คน อาสาสมัครทุกคนจะได้รับขนมขบเคี้ยวที่มีลักษณะ ขนาด สี และกลิ่นเหมือนกัน รับประทานวันละ 2 แท่ง เป็นมื้อว่าง 2 มื้อช่วงเช้าและบ่าย เป็นเวลา 8 สัปดาห์

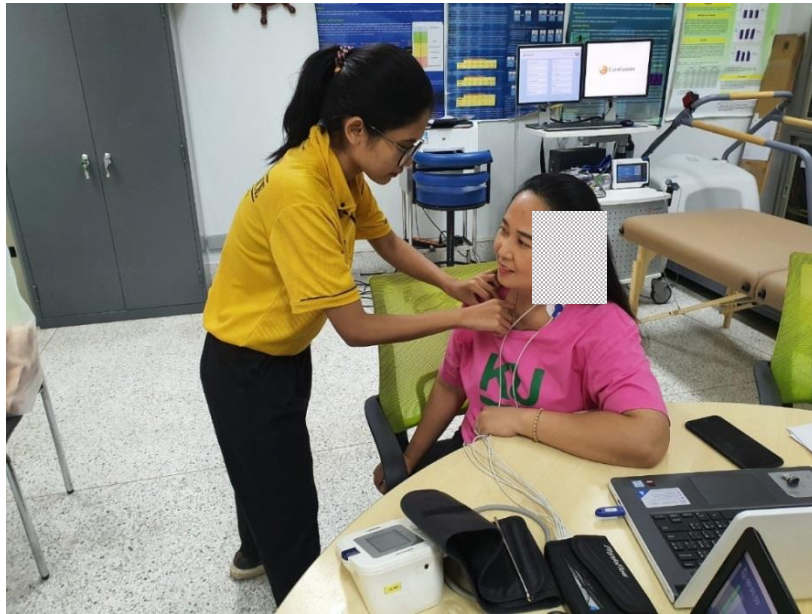
3.4.4 ขั้นตอนการเก็บข้อมูลวิจัย

- 1) หลังจากอาสาสมัครผู้รับการวิจัยให้ความยินยอมที่จะเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะสัมภาษณ์ข้อมูลเกี่ยวประวัติสุขภาพและประวัติทั่วไป โดยไม่มีการบันทึกเทป โดยผู้สัมภาษณ์เป็นคณะผู้วิจัยเท่านั้น รวมทั้งการตรวจร่างกาย ดังนี้ วัดสัญญาณชีพ ได้แก่ อุณหภูมิกาย อัตราการเต้นของหัวใจ และความดันโลหิต วัดสัดส่วนของร่างกาย ได้แก่ ความสูง น้ำหนัก และดัชนีมวลกาย วัดความยาวของรอบเอวและรอบสะโพก เพื่อหาอัตราส่วนระหว่างเอวต่อสะโพก จากนั้นผู้วิจัยจะสัมภาษณ์อาสาสมัครผู้รับการวิจัยเกี่ยวกับประวัติกิจกรรมทางกาย และประเมินความพร้อมก่อนออกกำลังกาย โดยใช้แบบประเมินความพร้อมก่อนออกกำลังกาย เพื่อคัดกรองว่าอาสาสมัครผู้รับการวิจัยมีคุณสมบัติที่เหมาะสมที่จะเข้าร่วมในโครงการวิจัย
- 2) หากอาสาสมัครผู้รับการวิจัยมีคุณสมบัติตามเกณฑ์คัดเข้า อาสาสมัครผู้รับการวิจัยจะได้รับการนัดหมายมาที่ห้องปฏิบัติการสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพื่อทำการวัดค่าตัวแปรที่ต้องการศึกษาในเวลา 7.00 น. โดยในการนัดหมายครั้งที่ 1 ผู้วิจัยจะขอให้อาสาสมัครผู้รับการวิจัยงดกิจกรรม ดังนี้ 1) งดอาหารอย่างน้อย 8 ชั่วโมง 2) งดกิจกรรมที่ต้องใช้แรงมากอย่างน้อย 1 วัน เช่น ทำสวน ขุดดิน หรือออกกำลังกายอย่างหนัก 3) งดกิจกรรมที่ใช้แรงปานกลางอย่างน้อย 2 ชั่วโมง เช่น ออกกำลังกาย ทำความสะอาดบ้าน และ 4) งดดื่มชา กาแฟ และแอลกอฮอล์ และงดสูบบุหรี่ อย่างน้อย 4 ชั่วโมง
- 3) เมื่ออาสาสมัครผู้รับการวิจัยมาถึงห้องปฏิบัติการ ผู้วิจัยจะให้อาสาสมัครผู้รับการวิจัยนั่งพักประมาณ 15 นาที จากนั้นอาสาสมัครผู้รับการวิจัยได้รับการตรวจร่างกาย ดังนี้
 - อาสาสมัครผู้รับการวิจัยได้รับการตรวจวัดความดันโลหิตในท่านั่งที่แขนซ้าย โดยใช้เครื่องวัดความดันโลหิตอัตโนมัติ วัด 3 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 5 นาที
 - อาสาสมัครผู้รับการวิจัยได้รับเจาะเลือดปริมาณ 12 มิลลิลิตร หรือประมาณ 2 ซ้อนชาที่ข้อพับของแขน เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ตัวบ่งชี้ภาวะอักเสบในเลือด และความเข้มข้นของไขมัน กลูโคส อินซูลิน เอนไซม์ที่บ่งชี้ถึงการทำงานของตับและไต ซึ่งจะส่งตรวจด้วยวิธีมาตรฐานที่ห้องปฏิบัติการ ปิเค แล็บ เฮลท์ เซ็นเตอร์ จังหวัดนครปฐม เลขทะเบียน 73107000158 และฮอว์โมนเลปติน ซึ่งจะส่งตรวจด้วยวิธีมาตรฐานที่โรงพยาบาลรามาริบัติ จังหวัดกรุงเทพมหานคร ซึ่งอาสาสมัครผู้รับการวิจัยได้รับการเจาะเลือดโดยพยาบาล อาสาสมัครผู้รับการวิจัยได้รับเจาะเลือดจำนวน 2 ครั้ง ก่อนและหลังการศึกษา 8 สัปดาห์ (ภาพที่ 3-5)



ภาพที่ 3-5 ขั้นตอนการคัดกรองสุขภาพ ชักประวัติและการเจาะเลือด

- อาสาสมัครได้รับการตรวจและวิเคราะห์ความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจ (hear rate variability; HRV) ด้วยเครื่องตรวจและวิเคราะห์ความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจแบบไร้สาย (eMotion Faros device, Mega Electronics, Kuopio, Finland) ทำการติดอิเล็กโทรดทั้งหมด 3 ตำแหน่งที่บริเวณใต้กระดูกไหปลาร้าทั้ง 2 ข้าง และใต้กระดูกซี่โครงข้างซ้าย เพื่อตรวจและวิเคราะห์หาค่าโดเมนความถี่ (frequency domain) ประกอบด้วย ความถี่ต่ำ (low frequency; LF) ซึ่งสะท้อนถึงการทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติกและพาราซิมพาเทติก ความถี่สูง (high frequency; HF) ซึ่งสะท้อนถึงการทำงานของระบบประสาทพาราซิมพาเทติก และอัตราส่วนความถี่ต่ำต่อความถี่สูง (LF/HF ratio) ซึ่งสะท้อนถึงการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติทั้ง 2 ระบบ ทำการวัดขณะพัก ขณะออกกำลังกายและช่วงฟื้นฟูร่างกายหลังจากการออกกำลังกาย อาสาสมัครผู้รับการวิจัยได้รับการประเมินจำนวน 2 ครั้ง ก่อนและหลังการศึกษา 8 สัปดาห์ (ภาพที่ 3-6)



ภาพที่ 3-6 ขั้นตอนการการตรวจและวิเคราะห์ความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจ

- อาสาสมัครผู้รับการวิจัยได้รับการประเมินอัตราการใช้พลังงานขณะพัก การเผาผลาญพลังงานจากคาร์โบไฮเดรตและไขมันในท่านอนเป็นเวลา 20 นาที ด้วยการวิธี Canopy วิเคราะห์แก๊ส (Vmax® Encore system, CareFusion, California, USA) ที่ได้จากการหายใจออก อาสาสมัครผู้รับการวิจัยได้รับการประเมินก่อนและหลังการศึกษา 8 สัปดาห์ (ภาพที่ 3-7)



ภาพที่ 3-7 ขั้นตอนการวัดอัตราการใช้พลังงานขณะพัก

- อาสาสมัครผู้รับการวิจัยได้รับการประเมินงานของหัวใจขณะพักในท่านั่งและขณะออกกำลังกายด้วยเครื่องวัดงานของหัวใจ ด้วยเครื่อง Physioflow® (PhysioFlow, Manatec Biomedical, Paris, France) ใช้เทคนิค transthoracic bioimpedance ทำการติดอิเล็กโทรดทั้งหมด 6 ตำแหน่ง คือที่บริเวณคอ กระดูกซี่โครงหน้าอก กระดูกระหว่างซี่โครงคู่ที่ 6 และกึ่งกลางหลัง เพื่อหาค่าปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจในหนึ่งครั้ง (stroke volume; SV) อัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate; HR) และปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจในหนึ่งนาที (cardiac output; CO) ทำการวัดขณะพัก ขณะออกกำลังกายและช่วงฟื้นตัวภายหลังจากการออกกำลังกายด้วยแรงต้าน และขณะทดสอบเพื่อหาค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด การตรวจและวิเคราะห์งานของหัวใจด้วยวิธีนี้ได้รับการยอมรับทางคลินิก มีความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นในการประเมินค่า SV และ CO ขณะพักและขณะออกกำลังกายในคนอ้วน อาสาสมัครผู้รับการวิจัยได้รับการประเมินก่อนและหลังการศึกษา 8 สัปดาห์
- อาสาสมัครผู้รับการวิจัยได้รับการทดสอบเพื่อหาค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด โดยใช้เครื่องวิเคราะห์แก๊ส (Vmax® Encore system, CareFusion, California, USA) ทำการทดสอบโดยลู่วิ่งตามโปรแกรมการทดสอบ Naughton protocol treadmill test โดยให้อาสาสมัครผู้รับการวิจัยทำการอบอุ่นร่างกายที่ระดับความหนักต่ำเป็นเวลา 2 นาที และออกกำลังกายด้วยความเร็วและความชันของลู่วิ่งทุกๆ 2 นาที จนอาสาสมัครผู้รับการวิจัยไม่สามารถปฏิบัติต่อไปได้เกณฑ์ในการกำหนดเมื่อถึงค่า $\dot{V}O_2\text{peak}$ พิจารณาจาก 1) $\dot{V}O_2\text{peak}$ คงที่อย่างน้อย 30 วินาที 2) อัตราการเต้นของหัวใจมากกว่า 190 ครั้งต่อนาที 3) การรับรู้การออกแรง (rating of perceived exertion; RPE) มากกว่า 17 และ 4) อัตราการแลกเปลี่ยนการหายใจ (respiratory exchange ratio; RER) มากกว่าหรือเท่ากับ 1.15 ในขณะออกกำลังกายและในช่วงฟื้นตัวหลังออกกำลังกายจะทำการวัดงานของหัวใจและความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ อัตราการเต้นของหัวใจในช่วงฟื้นตัวหลังออกกำลังกาย และดัชนีอัตราการเต้นของหัวใจ อาสาสมัครผู้รับการวิจัยได้รับการประเมินก่อนและหลังการศึกษา 8 สัปดาห์ (ภาพที่ 3-8)



ภาพที่ 3-8 ขั้นตอนการทดสอบอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด

- 4) การนัดหมายครั้งที่ 2 ผู้วิจัยจะขอให้อาสาสมัครผู้รับการวิจัยงดกิจกรรม ดังนี้ 1) งดอาหารอย่างน้อย 8 ชั่วโมง 2) งดกิจกรรมที่ต้องใช้แรงมากอย่างน้อย 1 วัน เช่น ทำสวน ขุดดิน หรือออกกำลังกายอย่างหนัก 3) งดกิจกรรมที่ใช้แรงปานกลางอย่างน้อย 2 ชั่วโมง เช่น ออกกำลังกาย ทำความสะอาดบ้าน และ 4) งดดื่มชา กาแฟ และแอลกอฮอล์ และงดสูบบุหรี่อย่างน้อย 4 ชั่วโมง
- อาสาสมัครผู้รับการวิจัยมาถึงห้องปฏิบัติการสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อาสาสมัครผู้รับการวิจัยได้รับการวัดองค์ประกอบของร่างกายโดยใช้เครื่องวัดองค์ประกอบของร่างกาย Dual Energy X-ray

Absorptiometry (DXA) เพื่อประเมินมวลกล้ามเนื้อ มวลไขมัน ร้อยละไขมันร่างกาย และมวลกระดูก วัดสัดส่วนของไขมันในร่างกายในท่านอนเป็นเวลา 15 นาที อาสาสมัครผู้รับการวิจัยได้รับการประเมินก่อนและหลังการศึกษา 8 สัปดาห์ (ภาพที่ 3-9)



ภาพที่ 3-9 ขั้นตอนการวัดองค์ประกอบของร่างกาย

- 5) อาสาสมัครทำการทดสอบ เพื่อหาค่าความหนักในการออกกำลังกายสูงสุดที่สามารถทำได้ 1 ครั้ง (one repetition maximum; 1RM) โดยวิธีการทางอ้อม (Haff et al., 2016) ในท่า bench press และท่า leg press (ภาพที่ 3-10)



ภาพที่ 3-10 ขั้นตอนการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนและส่วนล่างของร่างกาย

- 6) ผู้วิจัยจะเลือกกลุ่มที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกันเป็นคู่ โดยใช้อายุ ดัชนีมวลกาย มวลไขมัน และมวลกล้ามเนื้อ จากนั้นทำการสุ่มโดยใช้วิธีการจับฉลาก เพื่อแบ่งอาสาสมัครผู้รับการวิจัยออกเป็นออกเป็น 3 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มที่ได้รับประทานขนมขบเคี้ยวโปรตีนไฮโดรไลเสท จำนวน 12 คน 2) กลุ่มที่ได้รับประทานขนมขบเคี้ยวโปรตีนไฮโดรไลเสท และออกกำลังกายแบบผสมผสาน จำนวน 12 คน และ 3) กลุ่มที่ได้รับสารหลอก จำนวน 12 คน อาสาสมัครทุกคนจะได้รับขนมขบเคี้ยวที่มีลักษณะ ขนาด สี และกลิ่นเหมือนกัน รับประทานวันละ 2 แห่ง เป็นมื้อว่าง 2 มื้อช่วงเช้าและบ่าย เป็นเวลา 8 สัปดาห์
- 7) อาสาสมัครผู้รับการวิจัยที่อยู่ในกลุ่มที่ได้รับประทานขนมขบเคี้ยวโปรตีนไฮโดรไลเสท และออกกำลังกายแบบผสมผสาน จำนวน 12 คน อาสาสมัครออกกำลังกายแบบผสมผสาน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ที่คณะวิทยาศาสตร์การกีฬามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โปรแกรมการออกกำลังกายทั้งหมดจะประกอบไปด้วย 4 เซทใหญ่ โดยใน 1 เซทใหญ่นั้นประกอบไปด้วย ช่วงการฝึกแอโรบิก 4 นาที โดยความหนักของช่วงแอโรบิกนั้นจะอยู่ที่ 70-80% ของอัตราการเต้นหัวใจสำรอง (heart rate reserve) สลับกับช่วงการฝึกแบบมีแรงต้าน 2 ท่า ท่าละ 2 เซท ความหนัก 8-12 ครั้งต่อเซท การออกกำลังกายอยู่ภายใต้การดูแลโดยนักวิทยาศาสตร์การกีฬา ดังภาพที่ 3-11





ภาพที่ 3-11 การออกกำลังกายอยู่ภายใต้การดูแลโดยนักวิทยาศาสตร์การกีฬา

- 8) อาสาสมัครผู้รับการวิจัยทุกคนได้รับการให้ความรู้ด้านโภชนาการเพื่อการลดน้ำหนักทั้งหมด 2 ครั้ง ห่างกัน 4 สัปดาห์ และมีการติดตามพฤติกรรมมารับประทานของอาสาสมัครผู้รับการวิจัยในทุกสัปดาห์ (ภาพที่ 3-12)



ภาพที่ 3-12 การให้ความรู้ด้านโภชนาการ

- 9) หลังการศึกษา 8 สัปดาห์ ผู้วิจัยนำอาสาสมัครผู้รับการวิจัยให้มาที่ห้องปฏิบัติการ สรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยอาสาสมัครผู้รับการวิจัยถูกขอร้องให้งดกิจกรรมทางกายและเตรียมตัวเช่นเดียวกับการนัดครั้งที่ 1 และ 2 อาสาสมัครผู้รับการวิจัยได้รับตรวจวัดตัวแปรซ้ำอีกครั้ง การนัดหมายครั้งนี้ถือเป็นการสิ้นสุดการเข้าร่วมโครงการวิจัย โดยตลอดระยะเวลาที่อาสาสมัครผู้รับการวิจัยเข้าร่วมในโครงการวิจัย คือ 2 เดือน และมาพบผู้วิจัยและ/หรือผู้ช่วยเก็บข้อมูลทั้งสิ้น 8 ครั้ง

3.4.5 สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้สถิติแบบพรรณนาเพื่อบอกลักษณะพื้นฐานของอาสาสมัครในรูปแบบค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean $\pm$ SD) วิเคราะห์การกระจายข้อมูลเป็นโค้งปกติด้วยสถิติ Shapiro-Wilk test วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยสถิติ analysis of covariance (ANCOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างภายในกลุ่มด้วยสถิติ paired t-test โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติไว้ที่ $P < 0.05$

บทที่ 4

ผลการทดลอง

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 สมบัติของวัตถุดิบ

ภาพที่ 4-1 แสดงลักษณะของดักแด้ไหมอีรีสด (ก) ดักแด้ไหมอีรีอบที่อุณหภูมิ 50 °ซ และบด (ข) เมื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบ พบว่าองค์ประกอบหลักเป็นโปรตีน (60.72%) รองลงมาคือ ไขมัน ความชื้น คาร์โบไฮเดรต เกล็ด และเยื่อใย (23.12%, 5.24%, 4.38%, 4.43% และ 2.11% ตามลำดับ) พลังงานรวม เท่ากับ 4,937.03 แคลอรี/กรัม และพบ Histamine น้อยกว่า 100 mg/kg (ตารางที่ 4-1) แสดงให้เห็นว่า ส่วนประกอบหลักของดักแด้ไหมเป็นโปรตีนมากที่สุด



ก



ข

ภาพที่ 4-1 วัตถุดิบสำหรับการทดลอง ดักแด้ไหมอีรีสด (ก) ดักแด้ไหมอีรีอบที่อุณหภูมิ 50 °ซ และบด (ข)

ตารางที่ 4-1 องค์ประกอบโดยประมาณของวัตถุดิบดักแด้ไหมอีรีอบแห้ง

รายการ	วัตถุดิบอบแห้ง
ความชื้น (%)	5.24±0.15
โปรตีน (%)	60.72±0.27
ไขมัน (%)	23.12±0.00
เถ้า (%)	4.43±0.15
เยื่อใย (%)	2.11±0.00
คาร์โบไฮเดรต (%)	4.38±0.00
พลังงานรวม (แคลอรี/กรัม)	4,937.03
Histamine (mg/kg)	<100

4.2 การเตรียมโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรี

ทำการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรีโดยใช้สภาวะเหมาะสมที่ได้จากปีที่ 1 (ภาพที่ 4-2) โดยการนำดักแด้แห้งบดมาผสมน้ำให้ได้สัดส่วนโปรตีน 4.66% ในปฏิกรณ์น้ำหนักรวม 100 กรัม เติมนอนไซม์ย่อยโปรตีนที่ 0.21% ของประมาณโปรตีน บ่มปฏิกรณ์ที่อุณหภูมิ 50 °ซ กวนผสมตลอดเวลาในการทำ

ปฏิกิริยา 140 นาที หยุดปฏิกิริยาโดยการนำไปต้มในอ่างน้ำเดือดเป็นเวลา 15 นาที แยกส่วนที่ไม่ละลายออก โดยนำไปหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องเซนตริฟิวจ์ความเร็ว 8,000 × g เป็นเวลา 15 นาที กรองด้วยผ้าขาวบาง จะได้ ส่วนใสเป็นโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรีนำไปทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง จะได้ผงโปรตีนไฮโดรไลเสทจาก ดักแด้ไหมอีรี ดังแสดงในภาพที่ 4-2 โดยเมื่อเริ่มต้นจากดักแด้อบแห้ง 8 กิโลกรัม จะได้ผงโปรตีนไฮโดรไลเสท ประมาณ 2.90 กิโลกรัม คิดเป็นผลผลิต 36.25% นำไปวิเคราะห์องค์ประกอบ (ตารางที่ 4-2) พบว่า โปรตีน ไฮโดรไลเสทจากดักแด้มีปริมาณโปรตีนสูงถึง $79.34 \pm 0.57\%$ คาร์โบไฮเดรต $4.19 \pm 0.00\%$ ความชื้น $4.30 \pm 0.06\%$ เยื่อใย $7.11 \pm 0.00\%$ เกล็ด $3.72 \pm 1.04\%$ และไขมัน $1.34 \pm 0.14\%$ คิดเป็นพลังงานรวมเท่ากับ 3,953.44 แคลอรี/กรัม และพบ Histamine เท่ากับ 12.48 mg/kg



ภาพที่ 4-2 ขั้นตอนการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรี

ตารางที่ 4-2 องค์ประกอบโดยประมาณของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรี

รายการ	โปรตีนไฮโดรไลเสท
ความชื้น (%)	4.30 ± 0.06
โปรตีน (%)	79.34 ± 0.57
ไขมัน (%)	1.34 ± 0.14
เถ้า (%)	3.72 ± 1.04
เยื่อใย (%)	7.11 ± 0.00
คาร์โบไฮเดรต (%)	4.19 ± 0.00
พลังงานรวม (แคลอรี/กรัม)	3,953.44
Histamine (mg/kg)	12.48

เมื่อนำโปรตีนไฮโดรไลสจากดักแด้ไหมอีรี่ไปวิเคราะห์สมบัติต่างๆ ได้ผลดังนี้

สมบัติทางกายภาพ

ค่าสี โดยใช้เครื่อง spectrophotometer ซึ่งแสดงผลเป็นค่าตัวแปร L^* a^* และ b^* โดยที่ค่า L^* เป็นค่าระดับความสว่างมีค่าตั้งแต่ 0-100 ค่า a^* แสดงความเป็นสีแดงจนถึงสีเขียวและค่า b^* แสดงความเป็นสีเหลืองจนถึงสีน้ำเงิน พบว่าโปรตีนไฮโดรไลสมีค่าความสว่าง (L^*) สูงที่สุด เท่ากับ 69.08 ± 0.66 รองลงคือค่า b^* มีค่าเท่ากับ 16.75 ± 0.12 ส่วนค่า a^* มีค่าเท่ากับ 4.93 ± 0.13

สมบัติทางเคมี

- ชนิดและปริมาณกรดอะมิโน

โปรตีนไฮโดรไลสจากดักแด้ไหมอีรี่ มีปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมด $31.93 \text{ mg}/100 \text{ mg}$ มีปริมาณกรดอะมิโนกรดกลูตามิกสูงที่สุด ($6.60 \text{ mg}/100 \text{ mg}$) รองลงมาคือกรดแอสพาร์ติก ($3.02 \text{ mg}/100 \text{ mg}$) ไลซีน ($2.84 \text{ mg}/100 \text{ mg}$) และซีรีน ($2.76 \text{ mg}/100 \text{ mg}$) ตามลำดับ (ตารางที่ 4-3)

ตารางที่ 4-3 ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมด (Total amino acid) ของโปรตีนไฮโดรไลสดักแด้ไหมอีรี่

Amino acid	Total Amino acid (มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิกรัม)
Glutamic acid	6.60
Aspartic acid	3.02
Lysine	2.84
Serine	2.76
Alanine	2.15
Proline	2.05
Threonine	1.74
Leucine	1.65
Valine	1.62
Arginine	1.59
Glycine	1.58
Tyrosine	1.43
Histidine	1.04
Isoleucine	1.00
Phenylalanine	0.86
Cystine	-
Methionine	-

- ชนิดและปริมาณกรดไขมัน

โปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรี มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบหลัก ร้อยละ 66.44 โดยมีกรดลิโนเลนิก (Linolenic acid, C18:3) ในปริมาณสูงที่สุดคือ ร้อยละ 49.51 (ตารางที่ 4-4)

ตารางที่ 4-4 ชนิดและปริมาณกรดไขมันของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรี

กรดไขมันไม่อิ่มตัว	เปอร์เซ็นต์
กรดลิโนเลนิก, C18:3	49.51 + 0.68
กรดโอเลอิก, C18:1	10.94+ 0.08
กรดไลโนเลอิก, C18:2	5.19 + 0.07
กรดปาล์มมิโตเลอิก, C16:1	0.80 + 0.06
กรดไขมันอิ่มตัว	เปอร์เซ็นต์
กรดไมริสติก, C16:0	29.02+ 0.73
กรดสเตียริก, C18:0	4.24 + 0.16
กรดลอริก, C14:0	0.32+ 0.00
กรดลอริก, C12:0	-
กรดอะราซิดิก, C20:0	-

สมบัติทางจุลินทรีย์และการปนเปื้อนโลหะหนัก

โปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรี มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ได้แก่ แบคทีเรีย ยีสต์ และราที่เจริญโดยใช้อากาศ เชื้อราและยีสต์ ในปริมาณต่ำมาก ไม่มีการปนเปื้อนของ *Escherichia coli* และ *Salmonella* spp. นอกจากนี้ โปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรี มีค่าตะกั่ว (Pb), สารหนู (As) และปรอท (Hg) ในปริมาณที่ต่ำมาก (ตารางที่ 4-5)

ตารางที่ 4-5 สมบัติทางจุลินทรีย์และการปนเปื้อนโลหะหนักของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรี

รายการทดสอบ	โปรตีนไฮโดรไลเสท
จำนวนแบคทีเรีย ยีสต์ และราที่เจริญโดยใช้อากาศ (cfu/g)	<2.5×10 ² EAPC
จำนวนเชื้อราและยีสต์ (cfu/g)	<10 est
<i>Escherichia coli</i> (cfu/g)	<10 est
<i>Salmonella</i> spp. (per 25g)	Not Detected
Heavy metals, Pb (mg/kg)	0.044
Heavy metals, As (mg/kg)	0.123
Heavy metals, Hg (mg/kg)	0.022

หมายเหตุ: EAPC= Estimated Aerobic Plate Count

est: Estimated Count

ความเป็นพิษต่อเซลล์ของโปรตีนไฮโดรไลเสทผักแต่โหมอีรี

- ความเป็นพิษต่อเซลล์ไฟโบรบลาสต์ของผิวหนังมนุษย์

โปรตีนไฮโดรไลเสทผักแต่โหมอีรีที่ความเข้มข้น 0.0001-1 mg/ml ไม่มีความเป็นพิษของต่อเซลล์ไฟโบรบลาสต์ของผิวหนังมนุษย์ (ตารางที่ 4-6) โดยมีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของเซลล์ระหว่าง 96.67-126.87% ส่วนสารมาตรฐานอ้างอิง sodium lauryl sulfate มีความเป็นพิษต่อเซลล์ไฟโบรบลาสต์ผิวหนังของมนุษย์ที่ความเข้มข้น 0.1 และ 1 mg/ml โดยมีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตเท่ากับ 8.62 ± 0.18 และ $6.35 \pm 0.21\%$ ตามลำดับ

ตารางที่ 4-6 เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของเซลล์เมื่อได้รับโปรตีนไฮโดรไลเสทผักแต่โหมอีรีความเข้มข้นต่างๆ

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของเซลล์				
	0.0001	0.001	0.01	0.1	1
โปรตีนไฮโดรไลเสท	96.67 ± 1.70	105.80 ± 4.69	109.82 ± 3.41	123.82 ± 6.91	126.87 ± 6.76
Sodium lauryl sulfate	113.63 ± 1.15	109.55 ± 1.57	102.17 ± 6.47	8.62 ± 0.18	6.35 ± 0.21

- ความเป็นพิษของสารต่อเซลล์ไลน์ Vero และ L929

ผลการทดสอบความเป็นพิษของโปรตีนไฮโดรไลเสทผักแต่โหมอีรีต่อเซลล์ไลน์ Vero และ L929 ด้วยวิธี MTT assay พบว่า โปรตีนไฮโดรไลเสทผักแต่โหมอีรีที่ความเข้มข้น 1,000-62.5 ug/ml ไม่มีความเป็นพิษต่อเซลล์เซลล์ไลน์ Vero และ L929 (ตารางที่ 4-7) โดยเซลล์ L929 แสดง %cytotoxic เท่ากับ -24.358 ถึง -1.798 ในขณะที่เซลล์ Vero แสดง %cytotoxic เท่ากับ -22.590 ถึง 6.238

ตารางที่ 4-7 เปอร์เซ็นต์ความเป็นพิษต่อเซลล์ของโปรตีนไฮโดรไลเสทที่เข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้น (ug/ml)	%cytotoxicity	
	L929	Vero
1,000	-24.358	22.59
500	23.698	19.423
250	19.516	4.726
125	18.122	5.557
62.5	1.798	6.238

4.3 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาของโปรตีนไฮโดรไลสจากดักแด้ไหมอีรี

ศึกษาการเก็บรักษาของโปรตีนไฮโดรไลสจากดักแด้ไหมอีรีโดยวิธีเร่งอุณหภูมิ นำผงโปรตีนไฮโดรไลสจากดักแด้ไหมอีรี บรรจุในถุงพอยด์ถุงละ 10 กรัม แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ถุงเก็บรักษาโปรตีนไฮโดรไลสที่สภาวะอุณหภูมิ 4, 30 และ 45 °ซ สุ่มตัวอย่างทุกสัปดาห์ เป็นเวลา 48 สัปดาห์ นำมาวิเคราะห์ค่าคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี L* a* b* ค่าคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และค่าคุณภาพทางจุลินทรีย์ได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ตามวิธีของ AOAC (2000)

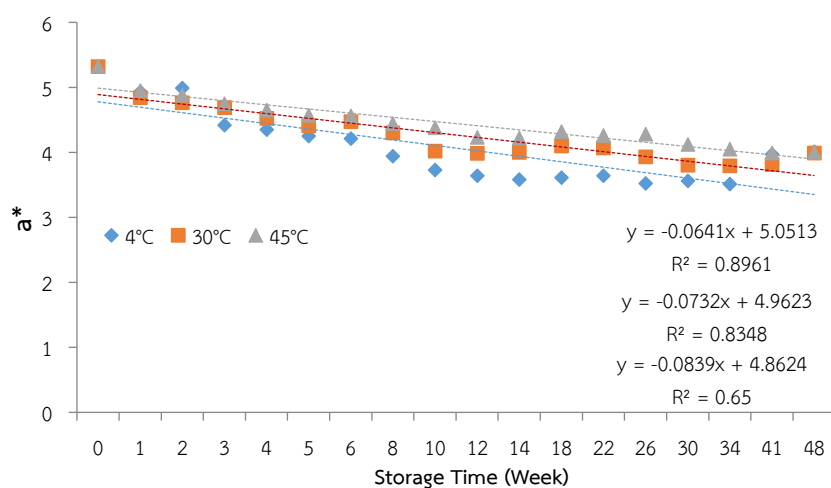
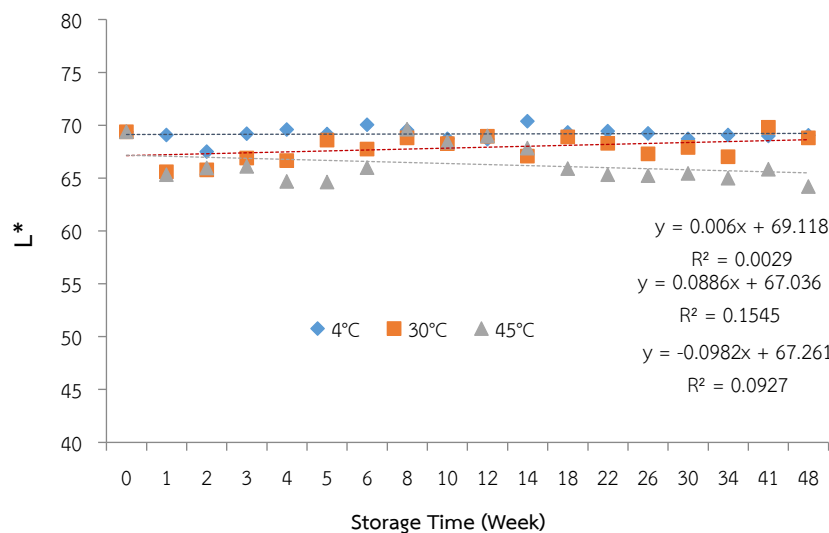
ตารางที่ 4-8 แสดงการเปลี่ยนแปลงของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในระหว่างการเก็บรักษาโปรตีนไฮโดรไลสจาก ดักแด้ที่อุณหภูมิ 4 30 และ 45 องศาเซลเซียส พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงนับตั้งแต่วันที่เริ่มเก็บรักษา คือ ยังมีค่าน้อยกว่า 100 โคโลนีต่อตัวอย่างหนึ่งกรัม และไม่พบจำนวนยีสต์และรา ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 34 สัปดาห์

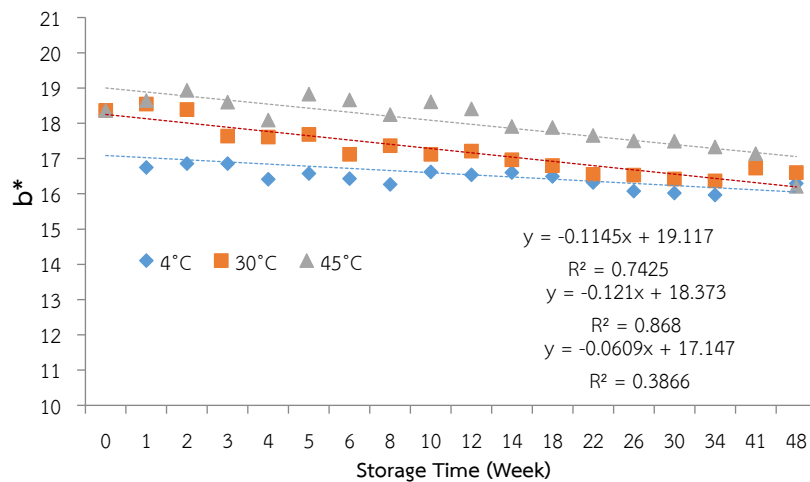
ตารางที่ 4-8 การเปลี่ยนแปลงของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของโปรตีนไฮโดรไลสจากดักแด้ไหมอีรี ที่อุณหภูมิ 4 30 และ 45 °ซ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 48 สัปดาห์

ระยะเวลาในการเปลี่ยนแปลง (สัปดาห์)	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/กรัม)		
	อุณหภูมิในการเก็บรักษา		
	4°C	30°C	45°C
0	<10 ²	<10 ²	<10 ²
1	<10 ²	<10 ²	<10 ²
2	<10 ²	<10 ²	<10 ²
3	<10 ²	<10 ²	<10 ²
4	<10 ²	<10 ²	<10 ²
5	<10 ²	<10 ²	<10 ²
6	<10 ²	<10 ²	<10 ²
8	<10 ²	<10 ²	<10 ²
10	<10 ²	<10 ²	<10 ²
12	<10 ²	<10 ²	<10 ²
14	<10 ²	<10 ²	<10 ²
18	<10 ²	<10 ²	<10 ²
22	<10 ²	<10 ²	<10 ²
26	<10 ²	<10 ²	<10 ²
30	<10 ²	<10 ²	<10 ²
34	<10 ²	<10 ²	<10 ²

41	$<10^2$	$<10^2$	$<10^2$
48	$<10^2$	$<10^2$	$<10^2$

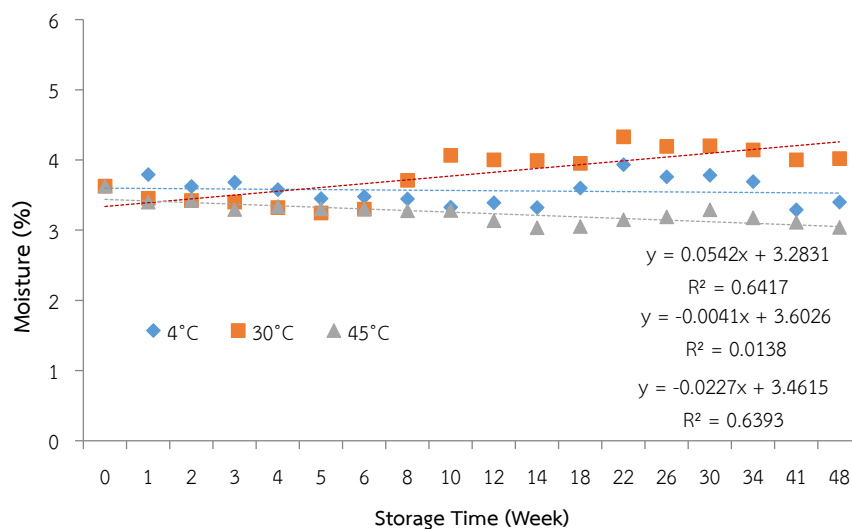
จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิต่างๆ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย (ภาพที่ 4-3 และตารางภาคผนวกที่ 1, 2 และ 3) โดยความสว่าง (L^*) ของผลิตภัณฑ์มีค่าเริ่มต้น 69.38 เมื่อเวลาผ่านไป 48 สัปดาห์ (336 วัน) สีของผลิตภัณฑ์เข้มขึ้น โดยผลิตภัณฑ์ที่เก็บที่อุณหภูมิ 45 °ซ ค่าความสว่างลดลงเหลือ 64.20 ที่อุณหภูมิ 30 °ซ ค่าความสว่างลดลงเป็น 68.82 และที่อุณหภูมิ 4 °ซ ค่าความสว่างเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดเป็น 69.06 การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โปรตีนไฮโดรไลเสทที่อุณหภูมิต่างๆ ยังส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีแดง-เขียว (a^*) และ ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (b^*) ดังนั้นการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงจะทำให้สีของผลิตภัณฑ์เข้มขึ้นได้รวดเร็ว และสีของผลิตภัณฑ์จะเข้มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา





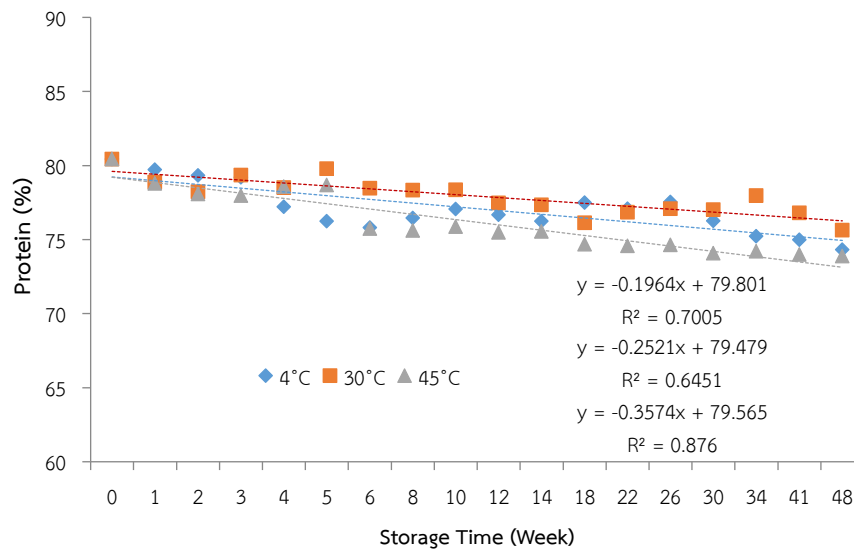
ภาพที่ 4-3 ปฏิกริยาอันดับศูนย์ของการเพิ่มขึ้นและลดลงค่าสีของโปรตีนไฮโดรไลสที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 30 และ 45 °ซ a) ค่าความสว่าง (L*) b) ค่าสีแดง-เขียว (a*) และ c) ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (b*)

จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นของโปรตีนไฮโดรไลสที่อุณหภูมิต่างๆ (ภาพที่ 4-4 และ ตารางภาคผนวกที่ 4) พบว่า เมื่อเวลาผ่านไป 48 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 45 °ซ ความชื้นมีค่าลดลงเมื่อเก็บเป็นระยะเวลานานขึ้น โดยความชื้นมีค่าลดลงจากความชื้นเริ่มต้น 3.63% ลงเหลือ 3.04% เมื่อเวลาผ่านไป 48 สัปดาห์ (336 วัน) ที่อุณหภูมิ 30 °ซ ความชื้นมีค่าสูงขึ้นเป็น 4.01% เช่นเดียวกับที่อุณหภูมิ 4 °ซ ความชื้นมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย



ภาพที่ 4-4 ผลของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ (4 30 และ 45 °ซ) ต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของผงโปรตีนไฮโดรไลส

ส่วนการเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีน (ภาพที่ 4-5 และตารางภาคผนวกที่ 5) พบว่า เมื่อเก็บรักษาโปรตีนไฮโดรไลเสทที่อุณหภูมิสูง (45 °ซ) เป็นเวลา 48 สัปดาห์ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีนจากเริ่มต้น 80.44% ค่อยๆ ลดลงเหลือ 75.76% เช่นเดียวกับอุณหภูมิ 4 และ 30 °ซ เมื่อเก็บเป็นเวลานานทำให้มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีนลดลงเหลือ 74.33% และ 75.69% ตามลำดับ

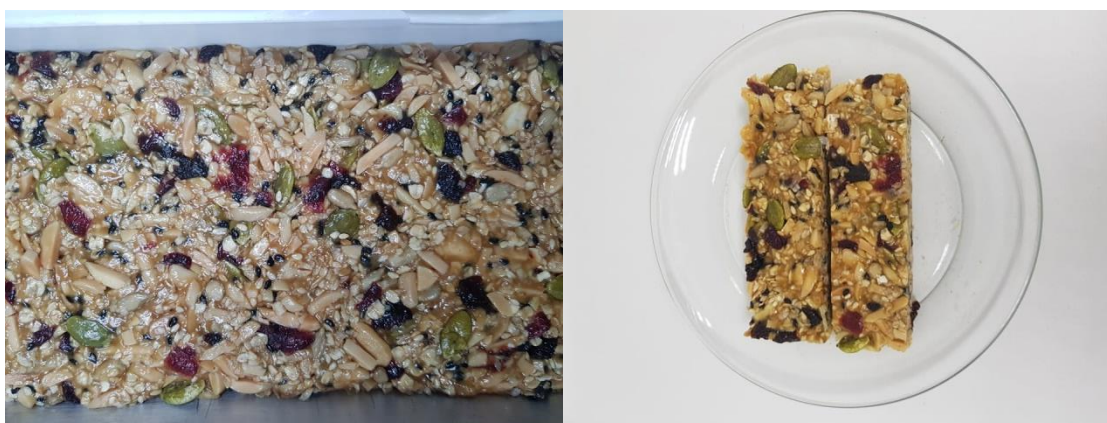


ภาพที่ 4-5 ผลของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ (4 30 และ 45 °ซ) ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีนของผงโปรตีนไฮโดรไลเสท

4.4 การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเสริมสุขภาพสำหรับผู้ควบคุมน้ำหนักที่มีส่วนผสมของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากไก่หมัก

4.4.1 การคัดเลือกสูตรพื้นฐาน

จากการทดลองหาสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีส่วนผสมของโปรตีนจากไก่หมัก โดยใช้สูตรที่แตกต่างกัน 2 สูตร จากนั้นทำการผลิตขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากสูตรที่เหมาะสมทั้งสองสูตร ได้แก่ สูตร A และสูตร B โดยลักษณะของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่แสดงในภาพที่ 4-6 และ 4-7 เมื่อนำขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งสูตร A และ สูตร B มาทดสอบทางประสาทสัมผัส ทางด้านลักษณะปรากฏ, สี, กลิ่น, รสชาติ, เนื้อสัมผัส และความชอบรวม โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 4-9 พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสต่อผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งในแต่ละสูตรไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังนั้นทั้งสูตร A สูตร B จึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นสูตรพื้นฐานเพื่อพัฒนา ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีส่วนผสมของโปรตีนจากไก่หมัก เมื่อพิจารณา ต้นทุนในการผลิต และปริมาณ พลังงานที่ได้รับจากสูตรพื้นฐาน พบว่า สูตร B มีต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่า และผลิตภัณฑ์ที่ได้ให้ปริมาณพลังงานที่น้อยกว่า ดังนั้น จึงเลือกสูตร B มาใช้เป็นสูตรพื้นฐานในการพัฒนาต่อไป สูตรที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นสูตรพื้นฐานในการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีส่วนผสมของโปรตีนจากไก่หมัก ประกอบด้วยส่วนผสมดังนี้ อัลมอนต์ 17.5%, เม็ดมะม่วงหิมพานต์ 10.5%, เมล็ดฟักทอง 8.8%, งาขาว 7%, งาดำ 3.5%, แครนเบอร์รี่แห้ง 3.5%, ลูกเกดแห้ง 3.5%, เนยสดชนิดจืด 1.8%, น้ำตาลทรายแดง 17.5%, น้ำผึ้ง 17.5% และเกลือป่น 0.1% โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีลักษณะเป็นแท่ง กรอบ ร่วน



ภาพที่ 4-6 ลักษณะของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งสูตร A



ภาพที่ 4-7 ลักษณะของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งสูตร B

ตารางที่ 4-9 คะแนนความชอบของผู้ทดสอบที่มีต่อคุณลักษณะของขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งสูตร A และ สูตร B

คุณลักษณะ	สูตร A	สูตร B
ลักษณะปรากฏ ^{ns}	7.10 ± 0.92	7.00 ± 0.74
สี ^{ns}	7.03 ± 1.13	7.07 ± 0.83
กลิ่น ^{ns}	7.03 ± 1.03	6.70 ± 1.53
รสชาติ ^{ns}	6.67 ± 1.37	6.27 ± 1.76
เนื้อสัมผัส ^{ns}	6.57 ± 1.68	6.43 ± 1.76
ความชอบโดยรวม ^{ns}	7.00 ± 1.20	6.90 ± 1.30

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

ns คือ ไม่มีความแตกต่างเมื่อทดสอบด้วย independent sample t-test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.4.2 การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีส่วนผสมของโปรตีนดักแด่ไหมอีรี

จากการวิเคราะห์ปริมาณพลังงานของสูตรพื้นฐาน B ที่ได้จากการคัดเลือก พบว่า มีปริมาณสูงกว่า 200 kcal ต่อชิ้น จึงทำการปรับปรุงสูตรผลิตภัณฑ์ตามข้อกำหนด ที่จะนำไปใช้ในการศึกษาประสิทธิภาพของการรับประทานผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีส่วนผสมของโปรตีนจากไหมอีรีสำหรับผู้ควบคุมน้ำหนัก โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการพัฒนาควรมีปริมาณ พลังงานไม่เกิน 200 kcal ต่อชิ้นซึ่งมีขนาดน้ำหนักต่อชิ้นเท่ากับ 30 กรัม จากการทดแทนวัตถุดิบที่ให้พลังงานสูง ได้แก่ แครนเบอร์รี่แห้ง, ลูกเกดแห้ง, น้ำผึ้ง, เมล็ดมะม่วงหิมพานต์, เมล็ดฟักทอง, เมล็ดทานตะวัน, และงาขาว ด้วยวัตถุดิบในการผลิตที่ให้พลังงานต่ำและมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ได้แก่ ข้าวพอง, เมล็ดแฟลกซ์บด และเมล็ดเจีย ดังสูตรที่ถูกแทนที่แสดงในตารางที่ 4-10

ตารางที่ 4-10 สูตรพื้นฐานของขนมขบเคี้ยวชนิดแห้งจากการปรับสูตร

ลำดับที่	วัตถุดิบ	ร้อยละ
1	เนยจืด	10.7
2	น้ำตาลทราย	20.1
3	เจลาตินผง	1.1
4	น้ำเปล่า	17.2
5	ไข่ขาว	1.7
6	ข้าวพองอบกรอบ	35.9
7	เมล็ดแฟลกซ์บด	5.0
8	เมล็ดเจีย	3.6
9	อัลมอนต์อบแบบแห้ง	3.6
10	งาดำบด	1.4
	รวม	100

จากการศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของปริมาณโปรตีนดักแด้ไหมอีรีในสูตรผลิตภัณฑ์ 3 ระดับ คือ อัตราส่วน ร้อยละ 1, 2 และ 4 ในสูตรผลิตภัณฑ์ เมื่อนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปทดสอบกับผู้บริโภคที่ไม่ได้รับการฝึกฝน จำนวน 30 คน ประเมินความชอบด้วยวิธีการโดยให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ ต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้าน ลักษณะปรากฏ, สี, กลิ่น, ความกรอบ, เนื้อสัมผัส, รสหวาน, รสชาติโดยรวม และความชอบโดยรวม พบว่า เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของโปรตีนดักแด้ไหมอีรีในสูตรสูงขึ้น คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏกลิ่นรสชาติโดยรวมความกรอบเนื้อสัมผัสความชอบโดยรวมผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแห้งที่มีส่วนผสมของโปรตีนดักแด้ไหมอีรีมีแนวโน้มลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) พบว่า ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแห้งที่มีส่วนผสมของโปรตีนดักแด้ไหมอีรี ร้อยละ 1 มีคะแนนความชอบด้าน ลักษณะปรากฏ, กลิ่น, ความกรอบ, เนื้อสัมผัสรสชาติโดยรวม และความชอบโดยรวมสูงที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 4-11 จึงคัดเลือกสูตรผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของโปรตีนจากไหมอีรีร้อยละ 1 ไปทำการพัฒนาสูตรต่อไป

ตารางที่ 4-11 คะแนนความชอบของผู้ทดสอบที่มีผลต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มี ส่วนผสมของโปรตีนดักแด่ไหมอีรีในอัตราส่วนที่ต่างกัน

คุณลักษณะ	ปริมาณโปรตีนไหมอีรี		
	ร้อยละ 1	ร้อยละ 2	ร้อยละ 3
ลักษณะปรากฏ	7.43±0.73 ^a	7.10±1.06 ^{ab}	6.80±0.66 ^b
สี ^{ns}	7.53±0.78	7.07±1.08	7.07±1.01
กลิ่น	7.43±0.77 ^a	7.00±0.74 ^b	6.23±0.82 ^b
ความกรอบ	7.50±0.68 ^a	7.37±0.61 ^a	6.77±0.90 ^b
เนื้อสัมผัส	7.53±0.63 ^a	7.13±0.73 ^b	6.33±0.76 ^c
รสหวาน ^{ns}	7.50±1.01 ^a	7.13±0.90 ^a	7.00±1.02 ^a
รสชาติโดยรวม	7.53±0.57 ^a	7.00±0.79 ^b	5.90±1.34 ^c
ความชอบโดยรวม	7.77±0.73 ^a	7.17±0.95 ^b	6.53±0.94 ^c

หมายเหตุ

ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย + ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

a-c เป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษในแนวดิ่งที่แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการคัดเลือกรสชาติที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ โดยเลือกจากรสชาติที่ผู้บริโภครู้สึกว่ามีความนิยมสูง จำนวน 2 รสชาติ ได้แก่ รสโกโก้ และรสชาเขียว นำมาผสมในสูตรผลิตภัณฑ์จากนั้นนำไปทดสอบกับผู้บริโภคที่ไม่ได้รับการฝึกฝน จำนวน 30 คน ประเมินความชอบด้วยวิธีการโดยให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (1-ไม่ชอบมากที่สุด ถึง 9-ไม่ชอบมากที่สุด) ต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้าน ลักษณะปรากฏ, สี, กลิ่น, ความกรอบ, เนื้อสัมผัส, รสหวาน, รสชาติโดยรวมและความชอบโดยรวม พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสต่อ รสชาติของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ รสโกโก้ และ รสชาเขียว ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในด้าน คุณลักษณะของลักษณะปรากฏสี กลิ่น ความกรอบ เนื้อสัมผัส รสหวาน รสชาติโดยรวม และความชอบโดยรวม เมื่อพิจารณาค่าคะแนนความชอบโดยรวม พบว่า ค่าคะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีส่วนผสมของโปรตีนดักแด่ไหมอีรีรสโกโก้มีแนวโน้มสูงกว่ารสชาเขียว ดังนั้นจึงคัดเลือกรสโกโก้ มาเป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีส่วนผสมของโปรตีนจากไหมอีรี ดังแสดงในตารางที่ 4-12

ตารางที่ 4-12 คะแนนความชอบของผู้ทดสอบที่มีผลต่อคุณลักษณะแต่ละสูตรของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิด
แห้งที่มีส่วนผสมของโปรตีนดักแด้ไหมอีรี่

คุณลักษณะ	รสซ็อกโกแลต ^{ns}	รสชาเขียว ^{ns}
ลักษณะปรากฏ	7.33 ± 0.84	7.10 ± 1.06
สี	7.37 ± 1.27	6.60 ± 1.87
กลิ่น	6.80 ± 1.67	6.97 ± 1.03
ความกรอบ	7.43 ± 1.04	7.43 ± 1.01
เนื้อสัมผัส	7.37 ± 1.07	7.37 ± 1.00
รสหวาน	7.23 ± 1.48	6.93 ± 1.39
รสชาติโดยรวม	7.27 ± 1.39	6.67 ± 1.58
ความชอบโดยรวม	7.50 ± 1.07	7.10 ± 1.09

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

Ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) วิเคราะห์โดยใช้สถิติ independent samples t-test

ผลการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแห้งที่มีส่วนผสมของโปรตีนดักแด้ไหมอีรี่ พบว่า สูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์มีส่วนประกอบดังแสดงในตารางที่ 4-13 และภาพที่ 4-8

ตารางที่ 4-13 สูตรผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแห้งที่มีส่วนผสมของโปรตีนดักแด้ไหมอีรี่

ลำดับที่	วัตถุดิบ	ร้อยละ
1	เนยจืด	10.7
2	น้ำตาลทราย	20.1
3	เจลาตินผง	1.1
4	น้ำเปล่า	17.2
5	ไข่ขาว	1.7
6	ข้าวพองอบกรอบ	28.5
7	เมล็ดแฟลกซ์บด	5.0
8	เมล็ดเจีย	3.6
9	อัลมอนต์อบแบบแห้ง	3.6
10	งาดำบด	1.4
11	ผงโปรตีนไหมอีรี่	1.0
12	ผงโกโก้	7.1
	รวม	100



ภาพที่ 4-8 ส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีส่วนผสมของโปรตีนดักแด่ไหมอิตาลี

4.4.3 ค่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีส่วนผสมของโปรตีนดักแด่ไหมอิตาลี

จากการวิเคราะห์ค่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการพัฒนา พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จัดเป็นขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีลักษณะ กรอบ มีขนาด กว้าง ยาวหนา เท่ากับ $3 \times 9 \times 2$ เซนติเมตร มีสีน้ำตาลปนดำ มีค่าสี $L^* a^* b^*$ เท่ากับ 39.35 ± 0.40 , 0.78 ± 0.12 และ 0.77 ± 0.15 ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 4-9 เมื่อนำไปวิเคราะห์ค่าทางจุลินทรีย์ พบจุลินทรีย์รวมทั้งหมดจำนวน 2.40×10^2 โคโลนีต่อกรัม และพบยีสต์และราจำนวน 0.80×10 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งต่ำกว่าค่าเกณฑ์กำหนดของกระทรวงสาธารณสุข





ภาพที่ 4-9 ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีส่วนผสมของโปรตีนดักแด่ไหมอีรี

4.4.4 การยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีส่วนผสมของโปรตีนไหมอีรี

จากการทดสอบความชอบและการยอมรับของผู้บริโภค จำนวน 154 คน ทดสอบให้ชิมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีส่วนผสมของโปรตีนไหมอีรีจำนวน 1 ชิ้น ขนาดชิ้นละ 30 กรัม ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงคิดเป็น 67.5% เพศชาย 32.5% มีอายุ 21-30 ปี 41.6% การศึกษาสูงสุดในระดับปริญญาตรีมากที่สุด 55.8% ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเป็นข้าราชการ ลูกจ้างของรัฐ 40.9% มีรายส่วนใหญ่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 15,000 บาท 35.1% ดังแสดงในตารางที่ 4-14

ตารางที่ 4-14 ข้อมูลทั่วไปที่เกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม

n = 154

	ข้อมูลการสำรวจ	ร้อยละ
เพศ	หญิง	67.5
	ชาย	32.5
	รวม	100
อายุ	ต่ำกว่า 20 ปี	9.7
	21-30 ปี	41.6
	31-40 ปี	23.4
	41-50 ปี	14.9

	51-60 ปี	7.8
	สูงกว่า 61 ปีขึ้นไป	2.6
	รวม	100
ระดับการศึกษาสูงสุด		
	ต่ำกว่าปริญญาตรี	11.0
	ปริญญาตรี	55.8
	สูงกว่าปริญญาตรี	33.2
	รวม	100
อาชีพ		
	เกษียณอายุ / ว่างาน	13.0
	ข้าราชการ / พนักงานมหาวิทยาลัย/ รัฐวิสาหกิจ	40.9
	พนักงานบริษัทเอกชน	18.2
	ค้าขาย / ธุรกิจส่วนตัว	12.3
	นักเรียน/นักศึกษา	26.0
	อื่นๆ	2.6
	รวม	100
รายได้ส่วนบุคคลต่อเดือน		
	น้อยกว่าหรือเท่ากับ 15,000บาท	35.1
	15,001 – 20,000 บาท	30.5
	20,001– 30,000 บาท	11.0
	30,001– 40,000 บาท	10.4
	40,001 – 50,000 บาท	7.1
	มากกว่า 50,000 บาท	5.8
	รวม	100

ผลการทดสอบการยอมรับคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีส่วนผสมของโปรตีนไหมอีรีโดยใช้แบบทดสอบ 9 Point Hedonic Scaling เพื่อทดสอบในเรื่องความชอบ พบว่า ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับคุณลักษณะของรสชาติโดยรวมสูงที่สุดโดยอยู่ในระดับความชอบมาก มีค่าเฉลี่ย 7.57 รองลงมาคือ คุณลักษณะของกลิ่นอยู่ในระดับความชอบมาก มีค่าเฉลี่ย 7.37 ถัดมา คือ คุณลักษณะของรสหวาน อยู่ในระดับความชอบมาก มีค่าเฉลี่ย 7.23 คุณลักษณะของความชอบโดยรวม อยู่ในระดับความชอบปานกลาง มีค่าเฉลี่ย 7.18 คุณลักษณะของสี อยู่ในระดับความชอบปานกลาง มีค่าเฉลี่ย 7.04 คุณลักษณะของลักษณะปรากฏ อยู่ในระดับความชอบปานกลาง ค่าเฉลี่ย 6.88 คุณลักษณะของเนื้อสัมผัส อยู่ในระดับความชอบปาน

กลาง ค่าเฉลี่ย 6.71 และคุณลักษณะของความกรอบ อยู่ในระดับความชอบปานกลาง ค่าเฉลี่ย 6.56 ดังแสดงในตารางที่ 4-15

ตารางที่ 4-15 คะแนนความชอบของผู้บริโภคที่มีผลต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีส่วนผสมของโปรตีนไหมอีรี

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบ
ลักษณะปรากฏ	6.88
สี	7.04
กลิ่น	7.37
ความกรอบ	6.56
เนื้อสัมผัส	6.71
รสหวาน	7.23
รสชาติโดยรวม	7.57
ความชอบโดยรวม	7.18

ด้านการยอมรับของผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์ 91.6% มีการตัดสินใจซื้อ 63.6% และเห็นว่าหากมีผลิตภัณฑ์ออกวางจำหน่ายควรวางจำหน่ายที่ซูเปอร์มาร์เก็ต เช่น ท็อปส์วิลล่า มาร์เก็ตโกลเด้นเพลส มากที่สุด 23% นอกจากนี้ หลังจาก que ผู้บริโภคได้ทราบข้อมูลเกี่ยวกับคุณประโยชน์ของผลิตภัณฑ์สแน็คบาร์ธัญพืชผสมโปรตีนไหมอีรีแล้ว พบว่า ผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์ 95.5% มีการตัดสินใจซื้อ 75.30%

4.5 การศึกษาประสิทธิภาพของการรับประทานผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งสำหรับผู้ควบคุมน้ำหนักที่มีส่วนผสมของโปรตีนไฮโดรไลเสตดักแด่ไหมอีรี

ผลการวิจัยเป็นการศึกษาประสิทธิภาพของการรับประทานอาหารเสริมสุขภาพที่มีส่วนผสมของโปรตีนไฮโดรไลเสตดักแด่ไหมอีรีของผู้ที่มีน้ำหนักเกินและคนอ้วน วัยผู้ใหญ่เพศชายและหญิง โดยออกแบบงานวิจัยแบบ randomized placebo controlled double blind study มีลักษณะการศึกษาเป็นแบบคู่ขนาน (parallel study) ใช้เวลาในการศึกษาทั้งหมด 8 สัปดาห์ ในอาสาสมัครทั้งหมด 36 คน เลือกอาสาสมัครที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกันเป็นคู่ โดยใช้อายุ ดัชนีมวลกาย มวลไขมันและมวลกล้ามเนื้อ จากนั้นทำการสุ่มโดยใช้วิธีการจับฉลากเป็นคู่แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มที่ได้รับประทานขนมขบเคี้ยว (snack bar) โปรตีนไฮโดรไลเสต จำนวน 12 คน (E) 2) กลุ่มที่ได้รับประทานขนมขบเคี้ยวโปรตีนไฮโดรไลเสตร่วมกับออกกำลังกายแบบผสมผสานจำนวน 12 คน (EE) และ 3) กลุ่มที่ได้รับสารหลอก (CON) จำนวน 12 คน อาสาสมัครทุกคนจะได้รับขนมขบเคี้ยวที่มีลักษณะ ขนาด สี และกลิ่นเหมือนกัน รับประทานวันละ 2 แท่ง เป็นมื้อว่าง 2 มื้อ ช่วงเช้าและบ่าย

ตารางที่ 4-16 สัดส่วนและองค์ประกอบของร่างกายของอาสาสมัครในแต่ละกลุ่มก่อนและหลังการศึกษา

	CON (n = 12)		E (n = 12)		EE (n = 12)	
	Baseline	Post-test	Baseline	Post-test	Baseline	Post-test
Age (years)	38.2 ± 7.5		42 ± 6.6		44.3 ± 10.1	
Height (cm)	158.1 ± 7.1		156.1 ± 5.4		159.9 ± 5.1	
Body mass (kg)	70.8 ± 10.7	70.5 ± 11.1	68.2 ± 16.2	68.3 ± 16.3	73.5 ± 6.6	71.7 ± 6.3*
BMI (kg/m ²)	28.2 ± 3.1	28 ± 3.1	27.9 ± 5.5	27.8 ± 5.6	28.8 ± 3	28 ± 3.1**
Body fat (%)	41.1 ± 5.8	41 ± 6.1	42 ± 3.9	42.2 ± 3.8	40.7 ± 5.5	39.4 ± 6.2*
Fat mass (kg)	28.3 ± 7.5	28.4 ± 8.2	28.3 ± 9.3	28.1 ± 9.3	29.2 ± 4.4	27.5 ± 4.8**
Fat free mass (kg)	42.1 ± 4.8	42.4 ± 4.9	40.2 ± 7.4	40.3 ± 7.8	45 ± 6.5	44.7 ± 6.7
SMM (kg)	39.8 ± 4.6	40.1 ± 4.7	38.1 ± 7.1	38.1 ± 7.5	42.7 ± 6.4	42.4 ± 6.5
Visceral fat (kg)	0.94 ± 0.6	0.95 ± 0.6	0.91 ± 0.4	0.92 ± 0.4	0.95 ± 0.4	0.94 ± 0.4
VFA (cm ³)	997.7 ± 607.9	1007.5 ± 657.3	962.4 ± 461.4	975.4 ± 461.3	1009.6 ± 462.6	1000.8 ± 450.7
W	85.8 ± 10.8	84.4 ± 9.6	86.9 ± 10.4	84.1 ± 10.3*	91.6 ± 5.4	87 ± 6.5**
H	103.9 ± 8.1	103 ± 6.8	104.1 ± 10.3	101.8 ± 10.5*	106.1 ± 4.1	103.8 ± 4.4*
W/H ratio	0.83 ± 0.1	0.82 ± 0.1	0.84 ± 0.1	0.83 ± 0.1	0.86 ± 0.1	0.84 ± 0.1*

Data are expressed as mean ± SD. CON; control group, E; Eri snack bar ingestion, EE, combined concurrent exercise with Eri snack bar ingestion, BMI; body mass index, VFA; visceral fat area, SMM; skeletal muscle mass, W; waist circumference, H; hip circumference, W/H ratio; waist to hip ratio. *p < 0.05 and **p < 0.01 to within-group comparison (baseline vs. after intervention).

ผลการศึกษาสัตว์ส่วนและองค์ประกอบของร่างกายของอาสาสมัครในแต่ละกลุ่มก่อนและหลังการศึกษาเป็นเวลา 8 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการศึกษาในแต่ละกลุ่ม พบว่ากลุ่ม E มีรอบเอว ($p < 0.05$) และรอบสะโพก ($p < 0.05$) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมวลไขมันมีแนวโน้มลดลง ($p = 0.08$) กลุ่ม EE มีน้ำหนักตัว ($p < 0.05$) ดัชนีมวลกาย ($p < 0.01$) ร้อยละไขมันในร่างกาย ($p < 0.05$) มวลไขมัน ($p < 0.01$) รอบเอว ($p < 0.01$) รอบสะโพก ($p < 0.05$) และสัดส่วนของรอบเอวต่อรอบสะโพก ($p < 0.05$) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่องค์ประกอบของร่างกายในกลุ่ม CON ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบของร่างกายระหว่างกลุ่ม พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4-16)

ตารางที่ 4-17 ปริมาณพลังงานเฉลี่ยที่อาสาสมัครได้รับแต่ละวันในแต่ละกลุ่มก่อนและหลังการศึกษา

	CON (n = 12)		E (n = 12)		EE (n = 12)	
	Baseline	Post-test	Baseline	Baseline	Post-test	Baseline
Energy intake (Kcal/day)	1811 ± 270	1826 ± 294	1871 ± 360	1920 ± 423	1884 ± 228	1677 ± 483
Energy intake (Kcal/day/kgBW)	26.1 ± 5.3	26.3 ± 5.1	28.1 ± 5.4	28.5 ± 5.5	25.5 ± 3.1	23 ± 4.8
Protein (g)	86.8 ± 17.9	93.3 ± 21.6	82.5 ± 17.8	84.3 ± 25.4	91.7 ± 16.7	84 ± 21.9
Protein (Kcal)	347.2 ± 71.4	373.3 ± 86.4	329.8 ± 71	337.1 ± 101.7	366.8 ± 67	336.2 ± 87.5
Protein (E%)	19.2 ± 2.4	20.4 ± 2.8	17.6 ± 3.1	17.5 ± 4.3	19.8 ± 4.1	20.3 ± 3.8
Fat (g)	55.8 ± 13.5	51.1 ± 15.4	66.9 ± 13	66.5 ± 21.8	69.6 ± 14.2	52.3 ± 13
Fat (Kcal)	502.2 ± 121.1	460 ± 138.4	602.9 ± 117.2	598.6 ± 195.8	626.8 ± 127.9	488.5 ± 116.8
Fat (E%)	27.2 ± 5.1	25 ± 5.2	32.1 ± 4.8	30.8 ± 6.5	32.8 ± 4.7	29.7 ± 6
CHO (g)	240.5 ± 41.4	247 ± 33.1	234.7 ± 63.9	244.3 ± 70	222.6 ± 44.5	213.1 ± 89.4
CHO (Kcal)	962 ± 165.8	988.1 ± 132.6	938.6 ± 255.4	977.3 ± 279.9	890.4 ± 178.1	852.4 ± 357.6
CHO (E%)	53.6 ± 5.8	54.6 ± 5	50.3 ± 5.1	51.2 ± 7.9	47.4 ± 7.2	49.9 ± 8.5

Data are expressed as mean ± SD. CON; control group, E; Eri snack bar ingestion, EE, combined concurrent exercise with Eri snack bar ingestion, BW; body weight, CHO; carbohydrate.

ตารางที่ 4-17 แสดงปริมาณพลังงานเฉลี่ยที่อาสาสมัครได้รับแต่ละวันในแต่ละกลุ่มก่อนและหลังการศึกษาเป็นเวลา 8 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการศึกษาในแต่ละกลุ่ม พบว่าพลังงานเฉลี่ยที่ได้รับและสัดส่วนของสารอาหารที่ให้พลังงานไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และไม่มี ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม แสดงให้เห็นว่าอาสาสมัครทุกคนรับประทาน สารอาหารที่ให้พลังงานในสัดส่วนและให้พลังงานเท่าเดิมตามที่เคยได้รับปกติตลอดช่วงการศึกษา

ตารางที่ 4-18 อัตราการใช้พลังงานขณะพักและสัดส่วนของสารที่ให้พลังงานของอาสาสมัครในแต่ละกลุ่มก่อนและหลังการศึกษา

	CON (n = 12)		E (n = 12)		EE (n = 12)	
	Baseline	Post-test	Baseline	Post-test	Baseline	Post-test
Resting energy expenditure (Kcal/day)	1348.9 ± 168.9	1351.8 ± 220.7	1248.4 ± 210.3	1278.3 ± 218.7	1308.7 ± 143.8	1404.5 ± 187.7*
Resting energy expenditure (Kcal/day/kgBW)	19.3 ± 2.7	19.3 ± 2.6	18.6 ± 1.9	19 ± 1.9	17.9 ± 1.8	19.5 ± 2.3* [†]
Resting energy expenditure (Kcal/day/kgFFM)	32.2 ± 3.5	32 ± 4.5	31.4 ± 2.9	31.9 ± 2.2	29.5 ± 4	31.6 ± 3.9*
RER	0.79 ± 0.07	0.79 ± 0.05	0.78 ± 0.04	0.77 ± 0.03	0.77 ± 0.06	0.76 ± 0.03
Fat (g/min)	0.07 ± 0.03	0.07 ± 0.02	0.07 ± 0.02	0.07 ± 0.2	0.07 ± 0.06	0.08 ± 0.02
Fat (Kcal/day)	883 ± 331.9	906.1 ± 263.9	871.1 ± 291.9	930.7 ± 218.6*	929.5 ± 330.6	1056.9 ± 224.7* [†]
%Fat oxidation	65.7 ± 22.9	67.9 ± 16.8	68.7 ± 14	72.9 ± 11.6	70.6 ± 22	75.1 ± 10.9
CHO (g/min)	0.08 ± 0.07	0.07 ± 0.06	0.06 ± 0.03	0.05 ± 0.03	0.06 ± 0.05	0.05 ± 0.03
CHO (Kcal/day)	456.8 ± 382.8	414.3 ± 335.4	340.2 ± 178.1	308.9 ± 152	369 ± 296	290.5 ± 170.9
%CHO oxidation	32.9 ± 24.1	29.6 ± 19	28.4 ± 15.9	24.2 ± 12.5	28.6 ± 22.6	20.9 ± 12.4

Data are expressed as mean ± SD. CON; control group, E; Eri snack bar ingestion, EE, combined concurrent exercise with Eri snack bar ingestion, BW; body weight, FFM; fat free mass, RER; respiratory exchange ratio, CHO; carbohydrate. *p < 0.05 to within-group comparison (baseline vs. after intervention). [†]p < 0.05 to between-group comparison (vs. CON group).

ตารางที่ 4-18 แสดงอัตราการใช้พลังงานขณะพักและสัดส่วนของสารที่ให้พลังงานของอาสาสมัครในแต่ละกลุ่มก่อนและหลังการศึกษาเป็นเวลา 8 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการศึกษาในแต่ละกลุ่มพบว่ากลุ่ม E มีอัตราการใช้พลังงานจากไขมัน (p < 0.05) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กลุ่ม EE มีอัตราการใช้พลังงานขณะพัก (p < 0.05) อัตราการใช้พลังงานขณะพักต่อน้ำหนักตัว (p < 0.05) อัตราการใช้พลังงานขณะพักต่อน้ำหนักที่ปราศจากไขมัน (p < 0.05) อัตราการใช้พลังงานจากไขมัน (p < 0.05) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อัตราการใช้พลังงานขณะพักและสัดส่วนของสารที่ให้พลังงานในกลุ่ม CON ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม พบว่าอัตราการใช้พลังงานขณะพักต่อน้ำหนักตัว (p < 0.05) และอัตราการใช้พลังงานจากไขมัน (p < 0.05) ในกลุ่ม EE มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่ม

CON อย่างไรก็ตามอัตราการใช้พลังงานจากไขมันเมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างกลุ่ม E และกลุ่ม CON ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4-18)

ตารางที่ 4-19 ค่าชีวเคมีในเลือดของอาสาสมัครในแต่ละกลุ่มก่อนและหลังการศึกษา

	CON (n = 12)		E (n = 12)		EE (n = 12)	
	Baseline	Post-test	Baseline	Post-test	Baseline	Post-test
FBG (mg/dL)	90.5 ± 16.1	101.1 ± 17.6**	105.2 ± 51.9	128.8 ± 76.5**	86.7 ± 9	89.3 ± 8.7
Insulin (IU/mL)	12.7 ± 3.9	15.9 ± 6.9*	10.2 ± 4.1	13.8 ± 6.2*	11 ± 5.1	10.4 ± 3.2
HOMA-IR	2.9 ± 1.1	4.1 ± 2.3*	2.7 ± 2	4.2 ± 2.5**	2.4 ± 1.1	2.3 ± 0.6
QUICKI	0.33 ± 0.02	0.32 ± 0.02**	0.34 ± 0.03	0.32 ± 0.03**	0.34 ± 0.02	0.34 ± 0.01
hs-CRP (mg/dL)	3.8 ± 3.9	2.7 ± 1.3	6.7 ± 7.9	4.1 ± 1.5*	2.0 ± 0.8	1.4 ± 0.8*‡
Leptin (ng/mL)	12.9 ± 9.5	15.2 ± 7.6	10.8 ± 5.7	12.9 ± 6.2	11.5 ± 8.1	10.4 ± 6.7
TC (mg/dL)	213.8 ± 37.5	226.2 ± 57.4	201.3 ± 20.1	220.5 ± 76.5*	219.3 ± 34.4	195.3 ± 32.6**,††,‡‡
TG (mg/dL)	119.7 ± 62.8	134.4 ± 87.9	109.9 ± 56.5	152.2 ± 93*	135.9 ± 119.1	135.6 ± 74.4
LDL-C (mg/dL)	119.7 ± 32.1	135.3 ± 35*	113.4 ± 24.8	130.8 ± 34**	115.9 ± 27.2	123.6 ± 22.7
HDL-C (mg/dL)	62.1 ± 8.1	70.2 ± 10.1	62.1 ± 14.6	67.8 ± 14.2	61.1 ± 12.2	57.5 ± 10.2
TG/HDL-C	2 ± 1.2	1.9 ± 1.2	2 ± 1.3	2.4 ± 1.5	2.5 ± 2.6	2.5 ± 1.6
LDL-C/HDL-C	1.9 ± 0.6	1.9 ± 0.5	2 ± 0.8	2.1 ± 0.9	2 ± 0.7	2.2 ± 0.6
BUN (mg/dL)	14.1 ± 3	13.5 ± 2.5	12.2 ± 2.5	11.4 ± 3.2	12.6 ± 4	12.6 ± 3
Creatinine (mg/dL)	0.8 ± 0.1	0.7 ± 0.1	0.7 ± 0.1	0.6 ± 0.1	0.6 ± 0.3	0.8 ± 0.1**,††,‡‡
AST (U/L)	33.4 ± 22.9	28.8 ± 19.1	24.7 ± 11.5	35.5 ± 54.9	26.8 ± 11.5	23.7 ± 5.3
ALT (U/L)	37.8 ± 20	35.3 ± 30.6	26.4 ± 24.7	37.5 ± 53	36 ± 28.4	30 ± 16.9
Uric	4.8 ± 1.2	4.5 ± 1.1	4.1 ± 1.2	4.1 ± 1.5	8.5 ± 9.8	3.2 ± 0.9**,‡‡

Data are expressed as mean ± SD. CON; control group, E; Eri snack bar ingestion, EE, combined concurrent exercise with Eri snack bar ingestion, HOMA-IR; homeostatic model assessment of insulin resistance, QUICKI; quantitative insulin sensitivity check index, hs-CRP, high sensitive C-reactive protein, TC; total cholesterol, TG; triglyceride, LDL-C; low-density lipoprotein cholesterol, HDL-C; high-density lipoprotein cholesterol, BUN; blood urea nitrogen, AST; aspartate aminotransferase, ALT; alanine aminotransferase. *p < 0.05 and **p < 0.01 to within-group comparison (baseline vs. after intervention). ††p < 0.01 to between-group comparison (vs. CON group). ‡p < 0.05 and ‡p < 0.05 to between-group comparison (vs. E group).

ตารางที่ 4-19 แสดงค่าชีวเคมีในเลือดของอาสาสมัครในแต่ละกลุ่มก่อนและหลังการศึกษาเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ความเข้มข้นของกลูโคส ฮอโมนอินซูลินในเลือด ภาวะดื้อต่ออินซูลิน และความไวต่ออินซูลิน เมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการศึกษาในแต่ละกลุ่ม พบว่า กลุ่ม CON และกลุ่ม E มีความเข้มข้นของกลูโคส (p < 0.01 both) ฮอโมนอินซูลินในเลือด (p < 0.05 both) ภาวะดื้อต่ออินซูลิน (p < 0.05 และ p < 0.01 ตามลำดับ) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และความไวต่ออินซูลิน (p < 0.01 both) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ อย่างไรก็ตามกลุ่ม EE ความเข้มข้นของกลูโคส ฮอร์โมนอินซูลินในเลือด ภาวะดื้ออินซูลิน และความไวต่ออินซูลินไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และไม่มี ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม นอกจากนี้ความเข้มข้นของฮอร์โมนเลปติน (Leptin) ในเลือด ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการศึกษา และระหว่างกลุ่ม

ความเข้มข้นของ high sensitive C-reactive protein (hs-CRP) ในเลือดซึ่งเป็นตัวบ่งชี้การเกิด ภาวะอักเสบในเลือด เมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการศึกษาในแต่ละกลุ่ม พบว่า กลุ่ม E และกลุ่ม EE มีความเข้มข้นของ hs-CRP ในเลือด ($p < 0.05$ both) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ความเข้มข้นของ hs-CRP ในเลือดในกลุ่ม CON ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม พบว่าความเข้มข้นของ hs-CRP ในเลือดในกลุ่ม EE ($p < 0.05$) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่ม CON อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของ hs-CRP ในเลือดไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม E และกลุ่ม CON (ตารางที่ 4-19)

ไขมันในเลือด (คอเลสเตอรอลรวม (total cholesterol; TC) ไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride; TG) คอเลสเตอรอลชนิดความหนาแน่นต่ำ (low-density lipoprotein cholesterol; LDL-C) และคอเลสเตอรอลชนิดความหนาแน่นสูง (high-density lipoprotein cholesterol; HDL-C) เมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลัง การศึกษาในแต่ละกลุ่ม พบว่า กลุ่ม CON มีคอเลสเตอรอลชนิดความหนาแน่นต่ำในเลือด ($p < 0.05$) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กลุ่ม E มีคอเลสเตอรอลรวม ($p < 0.05$) ไตรกลีเซอไรด์ ($p < 0.05$) และ คอเลสเตอรอลชนิดความหนาแน่นต่ำในเลือด ($p < 0.01$) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และกลุ่ม EE มี คอเลสเตอรอลรวมในเลือด ($p < 0.01$) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม พบว่า คอเลสเตอรอลรวมในเลือดของกลุ่ม EE ($p < 0.01$, both) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับ กลุ่ม CON และกลุ่ม E อย่างไรก็ตามไขมันในเลือด ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อ เปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม E และกลุ่ม CON (ตารางที่ 4-19)

ความเข้มข้นของ BUN ในเลือด เอนไซม์ AST และ ALT เมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการศึกษาใน แต่ละกลุ่ม พบว่าทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และไม่มี ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม (ตารางที่ 4-19)

ความเข้มข้นของ creatinine ในเลือด เมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการศึกษาในแต่ละกลุ่ม พบว่า กลุ่ม EE มีความเข้มข้นของ creatinine ในเลือด ($p < 0.01$) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่กลุ่ม CON และกลุ่ม E ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม พบว่าความเข้มข้นของ creatinine ในเลือดของกลุ่ม EE ($p < 0.01$, both) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับ

กลุ่ม CON และกลุ่ม E อย่างไรก็ตาม ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม E และกลุ่ม CON (ตารางที่ 4-19)

ความเข้มข้นของ uric ในเลือด เมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการศึกษาในแต่ละกลุ่ม พบว่ากลุ่ม EE มีความเข้มข้นของ uric ในเลือด ($p < 0.01$) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่กลุ่ม CON และกลุ่ม E ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม พบว่าความเข้มข้นของ uric ในเลือดของกลุ่ม EE ($p < 0.01$) มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่ม E อย่างไรก็ตาม ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม E และกลุ่ม CON (ตารางที่ 4-19)

ตารางที่ 4-20 ความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักของอาสาสมัครในแต่ละกลุ่มก่อนและหลังการศึกษา

	CON (n = 12)		E (n = 12)		EE (n = 12)	
	Baseline	Post-test	Baseline	Post-test	Baseline	Post-test
R-R intervals (ms)	819.6 ± 121	766.6 ± 95.7	810.9 ± 122.5	810.2 ± 88	854.7 ± 87.7	897.9 ± 113.2
SDNN (ms)	41.5 ± 19.4	39.2 ± 19.8	45 ± 18.9	49.8 ± 15.9	45.7 ± 14.4	70.5 ± 33.3 ^{**,††,‡}
pNN50 (%)	11.5 ± 16	7 ± 14.6	12.1 ± 16	11.7 ± 11.7	7.2 ± 6.7	20.6 ± 16.6 ^{**,†}
RMSSD (ms)	31 ± 21.6	37.2 ± 26.9	37.5 ± 24	37.3 ± 14.7	61.3 ± 70.6	60 ± 33.8
TP(ms ²)	1988.4 ± 1824.3	1911.9 ± 1781.7	2194.4 ± 2353.7	2894.4 ± 1739.3	2327.9 ± 2529.2	3082.5 ± 2885.2
HF (ms ²)	580.4 ± 809.8	754.6 ± 917.1	895.7 ± 1179.2	825 ± 832.4	1137.2 ± 2541.6	1049.3 ± 1063.3
lnHF (ms ²)	5.6 ± 1.4	5.7 ± 1.7	5.9 ± 1.5	6.1 ± 1.2	6.1 ± 1.1	6.5 ± 1.2
HF (nu)	27.3 ± 17.5	33.6 ± 18.7	31.4 ± 17.5	24.1 ± 15.1	32.3 ± 21.8	31.5 ± 17.7
LF (ms ²)	497.8 ± 645	630.9 ± 583.1	675.6 ± 922.1	639.4 ± 466.6	452.2 ± 278.3	788.8 ± 783
lnLF (ms ²)	5.5 ± 1.3	5.7 ± 1.7	6 ± 1	6.1 ± 1	5.9 ± 0.8	6.3 ± 1
LF (nu)	21.2 ± 9.7	31.1 ± 11	28.3 ± 9.3	21.4 ± 10.7	24.6 ± 13.1	23.7 ± 9.6
VLF (ms ²)	910.2 ± 837.1	526.5 ± 461.1	623.1 ± 469.6	1429.9 ± 1072.4	738.5 ± 573.5	1244.4 ± 1362.3
lnVLF (ms ²)	6.3 ± 1.1	5.8 ± 1.4	6.2 ± 0.6	7.1 ± 0.7 ^{*,††}	6.3 ± 0.8	6.8 ± 0.8 ^{*,††}
VLF (nu)	51.5 ± 22.9	35.3 ± 18.8 [*]	40.2 ± 19.5	54.5 ± 20.5	43.1 ± 22.3	44.6 ± 17.8
LF/HF	1.2 ± 1.1	1.8 ± 2.3	1.4 ± 1.5	1.3 ± 1.4	1.2 ± 0.7	1.1 ± 0.9
SD1	21.9 ± 15.3	26.3 ± 19	26.5 ± 16.9	26.4 ± 10.4	43.3 ± 49.9	42.4 ± 23.9
SD2	54 ± 24.1	48 ± 22.4	57.2 ± 22.5	64.9 ± 21.1	63.6 ± 22.4	70.4 ± 24
SD2/SD1	2.9 ± 1.2	2.2 ± 0.9	2.7 ± 1.3	2.6 ± 0.9	2.2 ± 1.2	2.1 ± 1

Data are expressed as mean ± SD. CON; control group, E; Eri snack bar ingestion, EE, combined concurrent exercise with Eri snack bar ingestion, SDNN; standard deviation of normal R-R intervals, pNN50; percentage difference between adjacent normal R-R intervals > 50 ms, RMSSD; square root of the mean squared difference between adjacent normal R-R intervals, HF; high-frequency power, LF; low-frequency power, VLF; very low-frequency power, LF/HF; low-frequency to high-frequency ratio. * $p < 0.05$ and ** $p < 0.01$ to within-group comparison (baseline vs. after intervention). † $p < 0.05$ and †† $p < 0.01$ to between-group comparison (vs. CON group). ‡ $p < 0.05$ to between-group comparison (vs. E group).

ตารางที่ 4-20 แสดงความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักของอาสาสมัครในแต่ละกลุ่ม ก่อนและหลังการศึกษาเป็นเวลา 8 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการศึกษาในแต่ละกลุ่ม พบว่ากลุ่ม CON มีค่า VLF(nu) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กลุ่ม E มีค่า lnVLF ($p < 0.05$) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และกลุ่ม EE มีค่า SDNN ($p < 0.01$), pNN50 ($p < 0.01$) และ lnVLF ($p < 0.05$) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม พบว่าค่า SDNN ($p < 0.01$), pNN50 ($p < 0.05$) และ lnVLF ($p < 0.01$) ในกลุ่ม EE เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่ม CON และ lnVLF ($p < 0.01$) ในกลุ่ม E เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่ม CON

ตารางที่ 4-21 อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะพัก และอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดของอาสาสมัครในแต่ละกลุ่มก่อนและหลังการศึกษา

	CON (n = 12)		E (n = 12)		EE (n = 12)	
	Baseline	Post-test	Baseline	Post-test	Baseline	Post-test
Resting HR (beats/min)	79.6 ± 11.1	73.7 ± 6.8	74.2 ± 7.7	78.7 ± 7	75 ± 5.4	75.8 ± 13
SBP (mmHg)	118.2 ± 8.7	118.5 ± 9	120.1 ± 8.9	117.2 ± 7.9	116.5 ± 7.7	116.1 ± 8.8
DBP (mmHg)	74.8 ± 10.3	73.1 ± 9.6	76.1 ± 7.2	75.1 ± 8.3	72.6 ± 8.5	68.7 ± 6.7
MAP (mmHg)	89.3 ± 9.6	88.2 ± 8.9	90 ± 7	89.2 ± 7.9	87.3 ± 7.5	84.5 ± 6.9
$\dot{V}O_{2peak}$ (L/kg/min)	21.6 ± 7.6	22.7 ± 8.8	19.8 ± 4.1	21.4 ± 6.4	25 ± 5.8	27.4 ± 7.4*
$\dot{V}O_{2peak}$ (mL/kgFFM/min)	35.4 ± 11	36.7 ± 11.1	33.2 ± 6.4	37.2 ± 10.4	40.5 ± 7.9	43.5 ± 9*

Data are expressed as mean ± SD. CON; control group, E; Eri snack bar ingestion, EE, combined concurrent exercise with Eri snack bar ingestion, HR; heart rate, SBP; systolic blood pressure, DBP; diastolic blood pressure, MAP; mean arterial pressure, $\dot{V}O_{2peak}$; peak oxygen consumption. * $p < 0.05$ to within-group comparison (baseline vs. after intervention).

ตารางที่ 4-21 แสดงอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะพัก และอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดของอาสาสมัครในแต่ละกลุ่มก่อนและหลังการศึกษาเป็นเวลา 8 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการศึกษาในแต่ละกลุ่ม พบว่าอัตราการเต้นของหัวใจและความดันโลหิตขณะพัก ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม

อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการศึกษาในแต่ละกลุ่ม พบว่ากลุ่ม EE มีอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($p < 0.05$) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม (ตารางที่ 4-21)

ตารางที่ 4-22 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนและส่วนล่างของร่างกายของอาสาสมัครในแต่ละกลุ่มก่อนและหลังการศึกษา

	CON (n = 12)		E (n = 12)		EE (n = 12)	
	Baseline	Post-test	Baseline	Post-test	Baseline	Post-test
Bench press 1RM (kg)	27.2 ± 10.5	29 ± 9.5	24.3 ± 4.9	24.8 ± 5	26.1 ± 8.7	29.1 ± 8.5**
Bench press 1RM (kg/BW)	0.4 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0.4 ± 0.1**‡
Leg press 1RM (kg)	236.8 ± 38.8	237.3 ± 56.4	204.6 ± 50.7	194.9 ± 57.9	234.4 ± 56.3	243.8 ± 43.6
Leg press 1RM (kg/BW)	3.4 ± 0.4	3.4 ± 0.9	3 ± 0.5	2.8 ± 0.6	3.2 ± 0.8	3.4 ± 0.7

Data are expressed as mean ± SD. CON; control group, E; Eri snack bar ingestion, EE, combined concurrent exercise with Eri snack bar ingestion, 1RM; one repetition maximum. * * p < 0.01 to within-group comparison (baseline vs. after intervention). ‡p < 0.05 to between-group comparison (vs. E group).

ตารางที่ 4-22 แสดงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนและส่วนล่างของร่างกายของอาสาสมัครในแต่ละกลุ่มก่อนและหลังการศึกษาเป็นเวลา 8 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการศึกษาในแต่ละกลุ่มพบว่าน้ำหนักที่ยกได้สูงสุด ($p < 0.01$) และน้ำหนักที่ยกได้สูงสุดต่อน้ำหนักตัว ($p < 0.01$) ในท่า Bench press เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่กลุ่ม CON และกลุ่ม E ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม พบว่าน้ำหนักที่ยกได้สูงสุดต่อน้ำหนักตัวในท่า Bench press ในกลุ่ม EE เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่ม CON อย่างไรก็ตามไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม E และกลุ่ม CON น้ำหนักที่ยกได้สูงสุดและน้ำหนักที่ยกได้สูงสุดต่อน้ำหนักตัวในท่า Leg press ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการศึกษาในแต่ละกลุ่ม และเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม

ผลการศึกษา พบว่า กลุ่มที่ได้รับประทานขนมขบเคี้ยวโปรตีนไฮโดรไลเสทเพียงอย่างเดียวมีรอบเอวและรอบสะโพกลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมวลไขมันมีแนวโน้มลดลง และกลุ่มที่ได้รับประทานขนมขบเคี้ยวโปรตีนไฮโดรไลเสทร่วมกับออกกำลังกายแบบผสมผสานมีน้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย ร้อยละไขมันในร่างกาย มวลไขมัน รอบเอว รอบสะโพก และสัดส่วนของรอบเอวต่อรอบสะโพกลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบว่า กลุ่มที่ได้รับประทานขนมขบเคี้ยวโปรตีนไฮโดรไลเสทเพียงอย่างเดียวมีอัตราการใช้พลังงานจากไขมันเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และกลุ่มที่ได้รับประทานขนมขบเคี้ยวโปรตีนไฮโดรไลเสทร่วมกับออกกำลังกายแบบผสมผสานมีอัตราการใช้พลังงานขณะพัก อัตราการใช้พลังงานขณะพักต่อน้ำหนักตัว อัตราการใช้พลังงานขณะพักต่อน้ำหนักที่ปราศจากไขมัน และอัตราการใช้พลังงานจากไขมันเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวในกลุ่มที่ได้รับสารหลอก

การศึกษาในประเทศไทยโดย Sirimungkararat และคณะ (2008) รายงานว่าน้ำมันจากไหมอีรี่มีไขมันไม่อิ่มตัวชนิดโอเมก้า 3 และโอเมก้า 6 ประมาณร้อยละ 48 และ 5.8 ตามลำดับ และจากการศึกษาที่

ผ่านมาเสนอว่าการบริโภคโอเมก้า 3 ในปริมาณ 3 กรัมต่อวัน ช่วยลดความอยากอาหาร เพิ่มความไวต่ออินซูลิน ส่งเสริมกระบวนการเผาผลาญพลังงานจากไขมัน ลดขนาดของเซลล์ไขมัน และเพิ่มมวลกล้ามเนื้อ (Albracht-Schulte et al., 2018; Munro, Garg, & practice, 2013) ผลการศึกษาในครั้งนี้บ่งชี้ว่า การบริโภคโอเมก้า 3 ในปริมาณ 3 กรัมต่อวัน ในรูปแบบขนมขบเคี้ยวโปรตีนไฮโดรไลเสท และบริโภคโอเมก้า 3 ในปริมาณ 3 กรัมต่อวันในรูปแบบขนมขบเคี้ยวโปรตีนไฮโดรไลเสทร่วมกับการออกกำลังกาย ทำให้อัตราการใช้พลังงานจากไขมันเพิ่มขึ้น มวลของไขมันลดลง รอบเอวและรอบสะโพกลดลง อย่างไรก็ตาม การบริโภคโอเมก้า 3 ในปริมาณ 3 กรัมต่อวัน ในรูปแบบขนมขบเคี้ยวโปรตีนไฮโดรไลเสทเพียงอย่างเดียวไม่มีผลเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว ดัชนีมวลกายและมวลของกล้ามเนื้อ ผลต่อการเพิ่มอัตราการใช้พลังงานจากไขมัน การลดมวลของไขมันในร่างกาย การศึกษาครั้งนี้ตั้งสมมุติฐานโดยผ่านกลไกการควบคุมความหิว-อิ่มโดยฮอร์โมนอินซูลินและแลปติน และผ่านการกระตุ้นระบบประสาทอัตโนมัติซิมพาเทติก (sympathetic nervous system; SNS)

ฮอร์โมนอินซูลินมีบทบาทสำคัญในการควบคุมกระบวนการเมแทบอลิซึมของกลูโคส ความผิดปกติของกระบวนการเมแทบอลิซึมของกลูโคสมักก่อให้เกิดโรคอ้วนหรือน้ำหนักตัวที่มากขึ้นตามมา ภาวะดื้อต่ออินซูลินมีความสัมพันธ์กับไขมันในร่างกายที่เพิ่มขึ้น จากการศึกษาทางระบาดวิทยา รายงานว่าความเข้มข้นของกลูโคส ฮอร์โมนอินซูลินในเลือดและภาวะดื้อต่ออินซูลินที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กับ/หรือเกิดขึ้นภายหลังจากน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น รวมทั้งภาวะอ้วนลงพุง (central obesity) (Fernström et al., 2019) หากมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นหรือมีไขมันเพิ่มขึ้นก็จะมีผลทำให้ฮอร์โมนอินซูลินในเลือดและภาวะดื้อต่ออินซูลินเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ ฮอร์โมนอินซูลินยังมีบทบาทในระบบประสาทส่วนกลางในการควบคุมสมดุลพลังงาน ซึ่งมีหน้าที่คล้ายกับฮอร์โมนแลปติน ผลที่ทำให้รู้สึกอิ่มหรือลดความหิว (anorexigenic effects) ของฮอร์โมนอินซูลินมักจะลดลงในคนอ้วน (Han et al., 2008) ผลการศึกษาในครั้งนี้ พบว่ากลุ่มที่ได้รับสารหลอก และกลุ่มรับประทานขนมขบเคี้ยวโปรตีนไฮโดรไลเสทเพียงอย่างเดียวมีความเข้มข้นของกลูโคส ฮอร์โมนอินซูลินในเลือด ภาวะดื้อต่ออินซูลินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และความไวต่ออินซูลินลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามกลุ่มที่ได้รับประทานขนมขบเคี้ยวโปรตีนไฮโดรไลเสทร่วมกับออกกำลังกายแบบผสมผสานความเข้มข้นของกลูโคส ฮอร์โมนอินซูลินในเลือด ภาวะดื้อต่ออินซูลิน และความไวต่ออินซูลินไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการวิเคราะห์ข้อมูลในกลุ่มที่ได้รับประทานขนมขบเคี้ยวโปรตีนไฮโดรไลเสทร่วมกับออกกำลังกายแบบผสมผสานพบว่า ก่อนการศึกษาจำนวนอาสาสมัครผู้รับการวิจัยที่มีภาวะดื้อต่ออินซูลินมีร้อยละ 50 และมีจำนวนอาสาสมัครผู้รับการวิจัยที่มีภาวะดื้อต่ออินซูลินหลังการศึกษาลดลงเหลือร้อยละ 33 นอกจากนี้ยังพบว่าความเข้มข้นของฮอร์โมนแลปตินในเลือดไม่มีการเปลี่ยนแปลงเช่นกัน ผลจากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่ากลุ่มที่ได้รับประทานขนมขบเคี้ยวโปรตีนไฮโดรไลเสทเพียงอย่างเดียว และกลุ่มที่ได้รับประทานขนมขบเคี้ยวโปรตีนไฮโดรไลเสทร่วมกับออกกำลังกายแบบผสมผสานมีค่าความผันผวนของอัตราการเต้นของหัวใจ VLF มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าความผันผวนของอัตราการเต้นของหัวใจ

VLF เป็นตัวบ่งชี้การทำงานของระบบประสาท SNS ซึ่งมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับอัตราการใช้พลังงาน (Millis et al., 2011)

อาจจะสรุปได้ว่าผลต่อการเพิ่มอัตราการใช้พลังงานจากไขมัน การลดมวลของไขมันในร่างกายไม่ได้ผ่านกลไกการควบคุมความหิว-อิ่มโดยการควบคุมของฮอร์โมนอินซูลินและแลปติน แม้ว่าอาสาสมัครจะรายงานว่ามีความรู้สึกอิ่มได้นานมากขึ้นหลังจากการรับประทานอาหารเสริมสุขภาพที่มีส่วนผสมของโปรตีนไฮโดรไลเสตดักแด่ไหมอีรี ผลต่อการเพิ่มอัตราการใช้พลังงานจากไขมัน การลดมวลของไขมันในร่างกายอาจมีผลผ่านการเพิ่มการทำงานของระบบประสาท SNS การรับประทานอาหารเสริมสุขภาพที่มีส่วนผสมของโปรตีนไฮโดรไลเสตดักแด่ไหมอีรีเพียงอย่างเดียวอาจไม่มีผลต่อการควบคุมน้ำหนักตัวในคนอ้วน ต้องมีการออกกำลังกายแบบผสมผสานร่วมด้วยจึงจะมีผลทำให้น้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย มวลของไขมันและร้อยละไขมันในร่างกายลดลง

แม้ผลต่อการลดน้ำหนักยังไม่ชัดเจน แต่จากการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงประโยชน์ต่อสุขภาพในการเกิดกระบวนการอักเสบในเลือด พบว่า ความเข้มข้นของ hs-CRP ในเลือดซึ่งเป็นตัวบ่งชี้การเกิดภาวะอักเสบในเลือดในกลุ่มรับประทานอาหารเสริมสุขภาพที่มีส่วนผสมของโปรตีนไฮโดรไลเสตดักแด่ไหมอีรีเพียงอย่างเดียวและกลุ่มที่ได้รับประทานขนมขบเคี้ยวโปรตีนไฮโดรไลเสตพร้อมกับออกกำลังกายแบบผสมผสานมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การศึกษาในประเทศไทยของ Sirimungkararat และคณะ (2008) รายงานว่าไหมอีรีในไทยมี carotenoids และ flavonoids ในปริมาณสูง องค์ประกอบที่เป็นสารประกอบฟีนอลิกเหล่านี้มีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และถูกนำมาใช้สำหรับยับยั้งเอนไซม์ tyrosinase (antityrosinase activity) ลดการแพ้ (antiallergy) และลดการอักเสบ (anti-inflammation) (Butkhup et al., 2012) การศึกษาของ Deori และคณะ (2014) พบว่าหนอนไหมอีรีเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระอย่างดี โดยประกอบด้วยสารประกอบฟีนอลิก 17.69 mg catechin/g และ flavanoid 3.47 mg quercetin/g และช่วยลดการทำลายเซลล์จากอนุมูลอิสระ (ลดการเกิด lipid peroxidation) จากการทำงานเป็นตัวกำจัดอนุมูลอิสระ (free radical scavenger) อย่างไรก็ตาม การรับประทานอาหารเสริมสุขภาพที่มีส่วนผสมของโปรตีนไฮโดรไลเสตดักแด่ไหมอีรีเพียงอย่างเดียวไม่มีผลต่อการลดไขมันในเลือดในคนอ้วน ต้องมีการออกกำลังกายแบบผสมผสานร่วมด้วยจึงจะมีผลให้ไขมันในเลือดโดยเฉพาะคอเลสเตอรอลรวมลดลง และเสนอแนะว่าควรมีการควบคุมอาหารร่วมด้วย

ผลต่อสมรรถภาพด้านความอดทนของระบบหัวใจและระบบหายใจ และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนและส่วนล่าง ผลการศึกษาพบว่าการรับประทานอาหารเสริมสุขภาพที่มีส่วนผสมของโปรตีนไฮโดรไลเสตดักแด่ไหมอีรีเพียงอย่างเดียวไม่มีผลต่อการเพิ่มสมรรถภาพด้านความอดทนของระบบหัวใจและระบบหายใจ และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนและส่วนล่างในคนอ้วน ต้องมีการออกกำลังกายแบบผสมผสาน

ร่วมด้วยจึงจะมีผลทำให้สมรรถภาพด้านความอดทนของระบบหัวใจและระบบหายใจ และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อโดยเฉพาะกล้ามเนื้อส่วนบนเพิ่มขึ้น

ความเข้มข้นของ creatinine ในเลือดในกลุ่มที่ได้รับประทานขนมขบเคี้ยวโปรตีนไฮโดรไลเสทร่วมกับออกกกำลังกายแบบผสมผสานมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สาร creatinine ในเลือดเป็นสารเมแทบอไลต์ของ creatine ที่พบในกล้ามเนื้อลาย ความเข้มข้นของ creatinine ในเลือดจึงเป็นส่วนหนึ่งโดยตรงกับมวลของกล้ามเนื้อลาย (Chaudhari et al., 2018) จากการศึกษาที่ผ่านมารายงานว่า การลดลงของความเข้มข้นของ creatinine ในเลือดมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของดัชนีมวลกายและมวลของไขมันในร่างกาย โดยเฉพาะสัดส่วนของรอบเอวและสะโพก รวมทั้งมีความสัมพันธ์กับการเกิดภาวะดื้อต่ออินซูลิน (insulin resistance) โดยพบว่าคนอ้วนมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคทางเมแทบอลิซึม เช่น โรคเมแทบอลิซึม (metabolic syndrome) โรคเบาหวานชนิดที่ 2 เป็นต้น (Chang et al., 2018; Gerchman et al., 2009) สูงกว่าคนที่มีน้ำหนักปกติ จากการศึกษาในครั้งนี้การเพิ่มขึ้นของสาร creatinine ในเลือดในกลุ่มที่ได้รับประทานขนมขบเคี้ยวโปรตีนไฮโดรไลเสทร่วมกับออกกกำลังกายแบบผสมผสานอาจเนื่องมาจากการลดลงของดัชนีมวลกาย ร้อยละไขมันในร่างกาย มวลไขมัน และสัดส่วนของรอบเอวและรอบสะโพก

ความเข้มข้นของ BUN ในเลือด เพื่อประเมินการทำงานของไต และเอนไซม์ AST และ ALT เพื่อประเมินการทำงานของตับ เมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการศึกษาในแต่ละกลุ่ม พบว่าทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม พบว่าในแต่ละกลุ่มไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากผลการศึกษาบ่งชี้ว่าการรับประทานอาหารเสริมสุขภาพที่มีส่วนผสมของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากด้ไหมอีรีโดยมีโอเมก้า 3 ในปริมาณ 3 กรัมต่อวัน ไม่เป็นอันตรายต่อการทำงานของตับและไต สอดคล้องกับการศึกษาในประเทศไทยที่สนับสนุนว่าไหมอีรีเป็นแหล่งอุดมไปด้วยโปรตีน โดยมีองค์ประกอบที่เป็นโปรตีนถึงร้อยละ 66 (Sirimungkararat et al., 2008) ในภาคเหนือและตะวันออกเฉียงเหนือของไทยมีการบริโภคไหมอีรีอย่างแพร่หลาย และมีการนำไหมอีรีมาทำเป็นผลิตภัณฑ์อาหารและจดทะเบียนมากกว่า 8 ชนิด การศึกษาของ Sirimungkararat และคณะ (2008) ยังแสดงให้เห็นว่าไหมอีรีเป็นแมลงที่สามารถรับประทานได้โดยปลอดภัย (safe "green" edible insects) เนื่องจากไม่มีการใช้สารเคมีใดๆ ในกระบวนการเพาะเลี้ยง

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและ ข้อเสนอแนะ

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ได้พัฒนากระบวนการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรี่โดยเทคโนโลยีเอนไซม์ ได้ผลิตภัณฑ์ผงโปรตีนไฮโดรไลเสทดักแด้ไหมอีรี่ที่สามารถละลายน้ำได้ดี ประกอบด้วยโปรตีนสูงถึง 79.34% คาร์โบไฮเดรต 4.19% ความชื้น 4.30% เยื่อใย 7.11% เถ้า 3.72% และไขมัน 1.34% มีปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมด 31.93 mg/100 mg โดยมีกรดอะมิโนกรดกลูตามิกสูงที่สุด (6.60 mg/100 mg) มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบหลัก 66.44% โดยมีกรดลิโนเลนิกในปริมาณสูงที่สุด 49.51% พบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ได้แก่ แบคทีเรีย ยีสต์ และราที่เจริญโดยใช้อากาศ เชื้อราและยีสต์ ในปริมาณต่ำมาก และไม่มีการปนเปื้อนของ *Escherichia coli* และ *Salmonella* spp. นอกจากนี้ ยังพบตะกั่ว สารหนู และปรอท ในปริมาณต่ำมาก

โปรตีนไฮโดรไลเสทดักแด้ไหมอีรี่ที่ได้สามารถนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งและได้รับการตอบรับจากผู้บริโภคในระดับดี เมื่อทดสอบประสิทธิภาพของการรับประทานขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีส่วนผสมของโปรตีนไฮโดรไลเสทดักแด้ไหมอีรี่ร่วมกับการออกกำลังกายแบบผสมผสาน พบว่า การรับประทานอาหารเสริมสุขภาพที่มีส่วนผสมของโปรตีนไฮโดรไลเสทดักแด้ไหมอีรี่ที่มีโอเมก้า 3 ปริมาณ 3 กรัมต่อวัน เพียงอย่างเดียว และการรับประทานอาหารเสริมสุขภาพที่มีส่วนผสมของโปรตีนไฮโดรไลเสทดักแด้ไหมอีรี่ที่มีโอเมก้า 3 ปริมาณ 3 กรัมต่อวันร่วมกับการออกกำลังกายแบบผสมผสาน ทำให้อัตราการใช้พลังงานจากไขมันเพิ่มขึ้น มวลของไขมัน รอบเอวและรอบสะโพกลดลง กลไกการเพิ่มอัตราการใช้พลังงานจากไขมัน การลดมวลของไขมันในร่างกายอาจผ่านการกระตุ้นระบบประสาทอัตโนมัติซิมพาเทติก อย่างไรก็ตาม การรับประทานอาหารเสริมสุขภาพที่มีส่วนผสมของโปรตีนไฮโดรไลเสทดักแด้ไหมอีรี่เพียงอย่างเดียวอาจไม่มีผลต่อการควบคุมน้ำหนักตัวในคนอ้วน ต้องมีการออกกำลังกายแบบผสมผสานร่วมด้วยจึงจะมีผลทำให้น้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย มวลของไขมันและร้อยละไขมันในร่างกายลดลง แม้ผลต่อการลดน้ำหนักยังไม่ชัดเจน แต่ผลจากการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงประโยชน์ต่อสุขภาพในการเกิดกระบวนการอักเสบในเลือด นอกจากนี้การรับประทานอาหารเสริมสุขภาพที่มีส่วนผสมของโปรตีนไฮโดรไลเสทดักแด้ไหมอีรี่ร่วมกับการออกกำลังกายแบบผสมผสานมีประโยชน์ต่อสุขภาพในการลดคอเลสเตอรอลรวมในเลือด สมรรถภาพด้านความอดทนของระบบหัวใจและระบบหายใจ และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อโดยเฉพาะกล้ามเนื้อส่วนบนเพิ่มขึ้น และยังแสดงให้เห็นว่าการรับประทานอาหารเสริมสุขภาพที่มีส่วนผสมของโปรตีนไฮโดรไลเสทดักแด้ไหมอีรี่ไม่เป็นอันตรายต่อการทำงานของตับและไต

ทั้งนี้ จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค พบว่าอยากให้ปรับขนาดของขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งให้มีรูปร่างแบนลงเพื่อสะดวกในการพกพา และ ควรทดลองการทำแท่งผงโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรี่จากการฟรีซดรายด์เป็นสเปรย์ดรายด์เพื่อลดต้นทุนในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสท

รายการเอกสารอ้างอิง

รายการเอกสารอ้างอิง

- Al-Azzouny, R.A., Wang, R. and Yoo, S. (2011) Purification and characterization of a 6.5 kDa antioxidant peptidoglycan purified from silk worm (*Bombyx mori*) pupae extract. Food Science and Biotechnology 20: 243-249
- Albracht-Schulte, K., Kalupahana, N. S., Ramalingam, L., Wang, S., Rahman, S. M., Robert-McComb, J., & Moustaid-Moussa, N. J. T. J. o. n. b. (2018). Omega-3 fatty acids in obesity and metabolic syndrome: a mechanistic update. 58, 1-16.
- Butkhup L, Jeenphakdee M, Jorjong S, Samappito S, Samappito W, Butimal J. Phenolic composition and antioxidant activity of Thai and eri silk sericins. Food Sci Biotechnol 2012; 21(2): 389-98.
- Chang AR, Zafar W, Grams ME. Kidney function in obesity—challenges in indexing and estimation. Advances in chronic kidney disease. 2018; 1;25(1):31-40.
- Chaudhari UK, Newcomb JD, Hansen BC. Serum Creatinine Progressively Decreases with Obesity and Type 2 Diabetes in Nonhuman Primates. Diabetes 2018; 67 (Supplement 1) 1931-P; DOI: 10.2337/db18-1931-P
- Corso, L. M., Macdonald, H. V., Johnson, B. T., Farinatti, P., Livingston, J., Zaleski, A. L., . . . Pescatello, L. S. (2016). Is Concurrent Training Efficacious Antihypertensive Therapy? A Meta-analysis. Med Sci Sports Exerc, 48 (1 2) , 2398 -2406 . doi:10.1249/MSS.0000000000001056
- Davis, W. J., Wood, D. T., Andrews, R. G., Elkind, L. M., Davis, W. B. J. T. J. o. S., & Research, C. (2008). Concurrent training enhances athletes' strength, muscle endurance, and other measures. 22(5), 1487-1502.
- de Camargo Talon, L., de Oliveira, E. P., Moreto, F., Portero-McLellan, K. C., & Burini, R. C. J. J. o. f. f. (2015). Omega-3 fatty acids supplementation decreases metabolic syndrome prevalence after lifestyle modification program. 19, 922-928.
- Deori M, Devi D, Devi R. Nutrient composition and antioxidant activities of muga and eri silkworm pupae. Int J Sci Nat 2014; 5(4): 636-40.
- Gerchman F, Tong J, Utzschneider KM, Zraika S, Udayasankar J, McNeely MJ, Carr DB, Leonetti DL, Young BA, de Boer IH, Boyko EJ. Body mass index is associated with increased creatinine clearance by a mechanism independent of body fat distribution. The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism. 2009 Oct 1;94(10):3781-8.

- Fernström M, Fernberg U, Hurtig-Wennlöf A. Insulin resistance (HOMA-IR) and body fat (%) are associated to low intake of fruit and vegetables in Swedish, young adults: the cross-sectional lifestyle, biomarkers and atherosclerosis study. BMC Nutrition. 2019 Dec 1;5(1):15.
- Han JC, Rutledge MS, Kozlosky M, Salaita CG, Gustafson JK, Keil MF, Fleisch AF, Roberts MD, Ning C, Yanovski JA. Insulin resistance, hyperinsulinemia, and energy intake in overweight children. The Journal of pediatrics. 2008 May 1;152(5):612-7.
- Hess, S., Jacco van Beek and Pannell, L.K. (2002) Acid hydrolysis of silk fibroins and determination of the enrichment of isotopically labeled amino acids using precolumn derivatization and high-performance liquid chromatography-electrospray ionization-mass spectrometry. Analytical Biochemistry 311: 19-26
- Jia, J., Wu, Q., Yan, H. and Gui, Z. (2015) Purification and molecular docking study of a novel angiotensin I-converting enzyme (ACE) inhibitory peptide from alcalase hydrolysate of ultrasonic-pretreated silkworm pupa (*Bombyx mori*) protein. Process Biochemistry 50: 876-883
- Kang, J., Ratamess, N. J. A. s. H., & Journal, F. (2014). Which comes first? Resistance before aerobic exercise or vice versa? , 18(1), 9-14.
- Kubola, J. and Siriamornpun, S. 2008. Phenolic contents and antioxidant activities of bitter gourd (*Momordica charantia* L.) leaf, stem and fruit fraction extracts in vitro. Food Chemistry, 110:881-890.
- Kumar, S., Kumar, D., SAROHA, K., Singh, N., & Vashishta, B. 2008. Antioxidant and free radical scavenging potential of Citrullus colocynthis (L.) Schrad. methanolic fruit extract. Acta Pharmaceutica, 58(2), 215-220.
- Lee, S.H., Park, D., Yang, G., Bae, D.-K., Yang, Y.-H., Kim, T.K., Kim, D., Kyung, J., Yeon, S., Koo, K.C., Lee, J.-Y., Hwang, S.-Y., Joo, S.S. and Kim, Y.-B. (2012) Silk and silkworm pupa peptides suppress adipogenesis in preadipocytes and fat accumulation in rats fed a high-fat diet. European Journal of Nutrition (2012) 51:1011–1019
- Labuza, T.P. 1982. Shelf Life Dating of Foods. Food and Nutrition Press, Inc. Westport, Connecticut, USA. 499 pp.
- Millis RM, Austin RE, Hatcher MD, Bond V, Goring KL. Metabolic energy correlates of heart rate variability spectral power associated with a 900-calorie challenge. Journal of nutrition and metabolism. 2011 Jun 20;2011.

- Mishra, N., N.C. Hazarika, K. Narain, J. Mahanta. 2003. Nutritive value of non-mulberry silkworm pupae and consumption pattern in Assam, India. *Nutrition Research*. 23: 1303-1311.
- Munro, I. A., Garg, M. L. J. O. r., & practice, c. (2013). Dietary supplementation with long chain omega-3 polyunsaturated fatty acids and weight loss in obese adults. 7(3), e173-e181
- Panilaitis B, Altman GH, Chen J, Jin HJ, Karageorgiou V, Kaplan DL. Macrophage responses to silk. *Biomaterials* 2003; 24(18): 3079-85.
- Sirimungkararat S, Saksirirat W, Nopparat T, Natongkham A. Edible products from eri and mulberry silkworms in Thailand. *Forest insects as food: humans bite back. Proceedings of a workshop on Asia-Pacific resources and their potential for development*, Chiang Mai, Thailand, 19-21 February, 2008 2010 pp.189-200.
- Tao, M., Wang, C., Liao, D., Liu, H., Zhao, Z. and Zhao, Z. (2017) Purification, modification and inhibition mechanism of angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptide from silkworm pupa (*Bombyxmori*) protein hydrolysate. *Process Biochemistry* 54: 172-179
- Thongsanitkan, P., Jintasataporn, O. and Yoonpundh, R. (2013) Effect of supplementation protein hydrolysate from Eri silkworm in white shrimp diets on growth performance and immune system. *Proceedings of the 51st Kasetsart University Annual Conference*, Bangkok, Thailand, 5-7 February 2013 pp.O84
- Vaithanomsat, P. and Punyasawon, C. (2008) Process Optimization for the production of *Philosamia ricini* (Eri Silk) pupae hydrolysate. *Kasetsart Journal (Natural Science)* 42: 341-352.
- Vercruysse, L., Smagghe, G., Herregods, G. and Camp, J.V. (2005) ACE Inhibitory activity in enzymatic hydrolysates of insect protein. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53: 5207-5211
- Wang, W., Shen, S., Chen, Q., Tanga, B., He, G., Ruan, H. and Das, U.N. (2008) Hydrolyzates of silkworm pupae (*Bombyx mori*) protein is a new source of angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptides (ACEIP). *Current Pharmaceutical Biotechnology* 9(4): 307-14
- Wang, W., Wang, N., Zhou, Y., Zhang, Y., Xu, L.H., Xu, J.F., Feng, F.Q. and He, G.Q. (2011) Isolation of a novel peptide from silkworm pupae protein components and interaction characteristics to angiotensin I-converting enzyme. *European Food Research and Technology* 232: 29-38

- Wang, W., Wang, N. and Zhang, Y. (2014) Antihypertensive properties on spontaneously hypertensive rats of peptide hydrolysates from silkworm pupae protein. Food and Nutrition Sciences 5: 1202-1211
- Wongsorn D, Sirimungkararat S, Saksirirat W. Improvement of eri silkworm (*Samia ricini* D.) tolerance to high temperature and low humidity conditions by discontinuous regime. Songklanakarin J Sci Technol 2015; 37(4): 401-8.
- Wu, Q.-Y., Jia, J.-Q., Tan, G.-X., Xu, J.-L. and Gui, Z.-Z. (2011) Physicochemical properties of silkworm larvae protein isolate and gastrointestinal hydrolysate bioactivities. African Journal of Biotechnology 10(32): 6145-6153
- Yan, Q.T., Cao, B.Y. and Chang, Y.Q. (2008) Anti-tumor effects of silkworm pupa protein polypeptides in vitro and in vivo. Food Science 29: 588-590
- Zhao, Z., Liao, D., Sun, J., Tong, Z., Huang, K., Sun, G. and Wu, Z. (2012) Kinetic model of enzymatic hydrolysis of protein about the protein of silkworm pupae-alcalase system. The 2012 International Conference on Biomedical Engineering and Biotechnology. DOI 10.1109/iCBEB.2012.262
- Zhou, J. and Han, D. (2006) Safety evaluation of protein of silkworm (*Antheraea pernyi*) pupae. Food and Chemical Toxicology 44: 1123–1130
- Zhu, K., Zhou, H. and Qian, H. 2006. Antioxidant and free radical-scavenging activities of wheat germ protein hydrolysates (WGPH) prepared with alcalase. Process Biochemistry 41:1296–1302

ภาคผนวก

ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผนไว้และกิจกรรมที่ดำเนินการมาและผลที่ได้รับตลอดโครงการ

วัตถุประสงค์โครงการ	กิจกรรมที่วางแผน	กิจกรรมที่ดำเนินการ	ผลที่ได้รับตลอดโครงการ
1. เพื่อให้ได้กระบวนการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรี่ ที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก ด้วยเทคโนโลยีทางด้านเอนไซม์ ที่มีประสิทธิภาพ 2. เพื่อพัฒนาอาหารเสริมสุขภาพที่มีส่วนผสมของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรี่สำหรับผู้ควบคุมน้ำหนัก	1. วิเคราะห์สมบัติของวัตถุดิบดักแด้ไหมอีรี่	1. วิเคราะห์สมบัติของวัตถุดิบดักแด้ไหมอีรี่	1. โปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรี่ที่สามารถละลายน้ำได้ดี 2. ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีส่วนผสมของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรี่สำหรับผู้ควบคุมน้ำหนัก
	2. วิเคราะห์สมบัติของโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ได้	2. วิเคราะห์สมบัติของโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ได้	
	3. ศึกษาผลของการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรี่	3. ศึกษาผลของการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรี่ โดยสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 0, 30 และ 45°C	
	4. พัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีส่วนผสมของผงโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรี่สำหรับผู้ควบคุมน้ำหนัก	4. พัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีส่วนผสมของผงโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรี่สำหรับผู้ควบคุมน้ำหนัก	
	5. ศึกษาประสิทธิผลของขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีส่วนผสมของผงโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรี่ในกลุ่มเป้าหมาย	5. ศึกษาประสิทธิผลของขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีส่วนผสมของผงโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรี่ในกลุ่มเป้าหมาย	

โครงการย่อยที่ 3 การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรี่เพื่อพัฒนาเป็นอาหารเสริมสุขภาพ

ตารางเปรียบเทียบผลผลิต(Output) ที่เสนอในข้อเสนอโครงการและที่ดำเนินการได้จริงในรอบ 12 เดือน

ผลผลิต (Output)		ในกรณีล่าช้า (ผลสำเร็จไม่ถึง 100%) ให้ท่าน ระบุสาเหตุและการแก้ไขที่ท่านดำเนินการ
กิจกรรมในข้อเสนอโครงการ/หรือจากการปรับ แผน	ผลสำเร็จ (%)	
1. วิเคราะห์สมบัติของวัตถุดิบดักแด้ไหมอีรี่	100%	-
2. วิเคราะห์สมบัติของโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ได้	100%	-
3. ศึกษาผลของการเก็บรักษาต่อการ เปลี่ยนแปลงโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหม อีรี่	100%	-
4. พัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มี ส่วนผสมของผงโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ ไหมอีรี่สำหรับผู้ควบคุมน้ำหนัก	100%	-
5. ศึกษาประสิทธิภาพของขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง ที่มีส่วนผสมของผงโปรตีนไฮโดรไลเสทจาก ดักแด้ไหมอีรี่ในกลุ่มเป้าหมาย	100%	-



ลงนาม.....

นางสาวพิลาณี ไวณอมสัจย์
(หัวหน้าโครงการวิจัยย่อย 3 ผู้รับทุน)
วันที่.....25 มีนาคม 63.....

ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ ต่อ สกว.

ลงนาม.....

นางสาวพิลาณี ไวถนอมสัตย์
(หัวหน้าโครงการวิจัยย่อย 3 ผู้รับทุน)
วันที่..... 25 มีนาคม 63.....

ตารางภาคผนวกที่ 1 การเปลี่ยนแปลงสี (L*) ของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรี่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 30 และ 45 °ซ

Time (Week)	L*		
	4°ซ	30°ซ	45°ซ
0	69.38 ^d	69.38 ^b	69.38 ^a
1	69.08 ^{def}	65.6 ^m	65.32 ^h
2	67.52 ^g	65.77 ^l	65.95 ^{ef}
3	69.21 ^{def}	66.89 ^j	66.11 ^e
4	69.59 ^{cd}	66.65 ^k	64.68 ^j
5	69.17 ^{de}	68.59 ^e	64.64 ^j
6	70.04 ^{bc}	67.76 ^g	65.99 ^{ef}
8	69.54 ^{def}	68.81 ^{cd}	69.62 ^a
10	68.71 ^{ef}	68.27 ^f	68.41 ^c
12	68.68 ^f	68.96 ^c	68.99 ^b
14	70.37 ^b	67.08 ⁱ	67.84 ^d
18	69.34 ^d	68.90 ^{bc}	65.91 ^f
22	69.44 ^d	68.30 ^f	65.34 ^h
26	69.24 ^{def}	67.30 ^h	65.23 ^h
30	68.71 ^{ef}	67.91 ^g	65.44 ^g
34	69.08 ^{def}	67.01 ⁱ	65.01 ⁱ
41	69.00 ^{def}	69.8a	65.84 ^f
42	69.06 ^{def}	68.82 ^{cd}	64.20 ^k

ตารางภาคผนวกที่ 2 การเปลี่ยนแปลงสี (a*) ของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรี่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 30 และ 45 °ซ

Time (Week)	a*		
	4°ซ	30°ซ	45°ซ
0	5.32 ^a	5.32 ^a	5.32 ^a
1	4.93 ^b	4.84 ^b	4.95 ^b
2	4.99 ^b	4.76 ^{cd}	4.88 ^b
3	4.42 ^c	4.69 ^{cde}	4.75 ^{bc}
4	4.35 ^{cd}	4.52 ^{cde}	4.65 ^{cd}
5	4.25 ^d	4.41 ^e	4.57 ^{cd}
6	4.21 ^d	4.47 ^{de}	4.56 ^{cd}
8	3.94 ^e	4.30 ^{ef}	4.44 ^{def}
10	3.73 ^f	4.02 ^{fghi}	4.38 ^{defh}
12	3.64 ^{fg}	3.98 ^{hi}	4.23 ^{fgh}
14	3.58 ^{fg}	4.00 ^{ghi}	4.22 ^{fgh}
18	3.61 ^{fg}	4.10 ^{fgh}	4.32 ^{efg}
22	3.64 ^g	4.07 ^{fghi}	4.26 ^{fg}
26	3.52 ^g	3.93 ^{hi}	4.28 ^{fgh}
30	3.56 ^{fg}	3.80 ⁱ	4.12 ^{gh}
34	3.51 ^g	3.79 ⁱ	4.05 ⁱ
41	3.97 ^e	3.81 ⁱ	3.99 ⁱ
48	4.01 ^e	3.99 ^{hi}	4.00 ⁱ

ตารางภาคผนวกที่ 3 การเปลี่ยนแปลงสี (b*) ของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรี่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 30 และ 45 °ซ

Time (Week)	b*		
	4 ^{°ซ}	30 ^{°ซ}	45 ^{°ซ}
0	18.36 ^a	18.36 ^b	18.36 ^c
1	16.75 ^{bc}	18.55 ^a	18.65 ^b
2	16.86 ^b	18.39 ^{ab}	18.94 ^a
3	16.86 ^b	17.64 ^c	18.6 ^b
4	16.41 ^g	17.61 ^c	18.09 ^d
5	16.58 ^{def}	17.68 ^c	18.83 ^a
6	16.43 ^{fg}	17.12 ^e	18.66 ^b
8	16.27 ^{gh}	17.37 ^d	18.25 ^{cd}
10	16.62 ^{bcde}	17.12 ^e	18.61 ^b
12	16.54 ^{cde}	17.21 ^{de}	18.41 ^c
14	16.6 ^{cdef}	16.97 ^f	17.91 ^d
18	16.49 ^{ef}	16.80 ^f	17.88 ^e
22	16.32 ^{gh}	16.55 ^{gh}	17.66 ^{fg}
26	16.08 ⁱ	16.53 ^{gh}	17.5 ^{gh}
30	16.02 ⁱ	16.42 ^{hi}	17.49 ^{gh}
34	15.97 ⁱ	16.37 ⁱ	17.33 ^h
41	16.79 ^b	16.73 ^f	17.14 ⁱ
48	16.29 ^{gh}	16.60 ^g	16.81 ^j

ตารางภาคผนวกที่ 4 การเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรี่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 30 และ 45 °ซ

Time (Week)	Moisture (%)		
	4 ^{°ซ}	30 ^{°ซ}	45 ^{°ซ}
0	3.63 ^{bcde}	3.63 ^d	3.63 ^a
1	3.79 ^{ab}	3.46 ^e	3.40 ^b
2	3.62 ^{bcde}	3.42 ^e	3.42 ^b
3	3.68 ^{abc}	3.40 ^e	3.30 ^b
4	3.58 ^{bcde}	3.32 ^e	3.34 ^b
5	3.45 ^{efg}	3.25 ^e	3.31 ^b
6	3.48 ^{defg}	3.30 ^e	3.31 ^b
8	3.45 ^{efg}	3.71 ^d	3.28 ^b
10	3.33 ^{fg}	4.07 ^b	3.28 ^b
12	3.39 ^{fg}	4.00 ^c	3.14 ^b
14	3.32 ^{fg}	3.99 ^c	3.04 ^c
18	3.60 ^{bcde}	3.95 ^c	3.05 ^c
22	3.93 ^a	4.33 ^a	3.15 ^b
26	3.76 ^{bc}	4.19 ^{ab}	3.19 ^b
30	3.78 ^{ab}	4.20 ^{ab}	3.29 ^b
34	3.69 ^{ab}	4.14 ^b	3.17 ^b
41	3.29 ^{fg}	4.00 ^c	3.11 ^b
48	3.40 ^{fg}	4.02 ^c	3.04 ^c

ตารางภาคผนวกที่ 5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีนของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรี่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 30 และ 45 °ซ

Time (Week)	Protein (%)		
	4 ^{°ซ}	30 ^{°ซ}	45 ^{°ซ}
0	80.44 ^a	80.44 ^a	80.44 ^a
1	79.73 ^b	78.89 ^d	78.81 ^b
2	79.34 ^c	78.23 ^f	78.09 ^d
3	79.20 ^c	79.36 ^c	77.98 ^d
4	77.22 ^d	78.51 ^e	78.59 ^c
5	76.26 ^h	79.80 ^b	78.69 ^{bc}
6	75.83 ⁱ	78.47 ^e	75.76 ^{ef}
8	76.48 ^g	78.34 ^{ef}	75.63 ^{fg}
10	77.08 ^e	78.37 ^e	75.88 ^e
12	76.69 ^f	77.47 ⁱ	75.49 ^g
14	76.26 ^h	77.35 ^j	75.57 ^g
18	77.51 ^d	76.15 ^k	74.69 ^h
22	77.09 ^e	76.86 ^{ij}	74.59 ^h
26	77.55 ^d	77.10 ^k	74.66 ^h
30	76.28 ^h	77.02 ^k	74.10 ^j
34	75.23 ^j	77.98 ^g	74.21 ⁱ
41	75.00 ^k	76.82 ^{ij}	74.01 ^{jk}
48	74.33 ^l	75.65 ^k	73.89 ^k

ภาพภาคผนวกที่ 1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ Histamine ของวัตถุดิบผักแต้หม้อรีอบแห้ง



บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด
Central Laboratory (Thailand) Co., Ltd.

สาขากรุงเทพฯ : 50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Bangkok Branch : 50 Phaholyothin Rd., Ladyao, Jatujak, Bangkok 10900 Thailand
Tel : (662) 561 4387-8, (662) 940 6881-3 Ext. 164, 218 Fax : (662) 579 4895, (662) 940 6881-3 Ext. 209
http://www.centralabthai.com

Central Lab
One Stop & Fast Services

รายงานผลการทดสอบ

วันที่ออกรายงาน 24 ตุลาคม 2562

เลขที่รายงาน TRBK62/32120

หน้า 01/01

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า สถาบันกัญชาและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร

50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

รายละเอียดตัวอย่าง ดักแค็บด

(ข้อมูลจากลูกค้า)

รหัสตัวอย่าง BK62/18471-001

ลักษณะและสภาพตัวอย่าง ประเภทตัวอย่าง : ดักแค็บด

ภาชนะบรรจุ : ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ ปิดสนิท, จำนวน : 1 ถุง, น้ำหนัก/ปริมาตร : 50 กรัม.

อุณหภูมิ : แช่เย็น, สภาพตัวอย่างปกติ

วันที่รับตัวอย่าง 16 ตุลาคม 2562

วันที่ทดสอบ 16 ตุลาคม 2562 - 24 ตุลาคม 2562

ผลการทดสอบ

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	หน่วย	LOD	วิธีทดสอบอ้างอิง
Histamine	<10.00	mg/kg	-	In-house method based on Journal of AOAC International Vol.81, No.5, 1998

~End of Report~

อนุมัติโดย

(นายพนพร ไชยเวช)
ผู้อำนวยการ
Central Laboratory (Thailand) Co., Ltd.
CERTIFIED

บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด สาขากรุงเทพฯ

ภาพภาคผนวกที่ 2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ Histamine ของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรี่



บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด
Central Laboratory (Thailand) Co., Ltd.
สาขากรุงเทพฯ : 50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Bangkok Branch : 50 Phaholyothin Rd., Lamyao, Jatujak, Bangkok 10900 Thailand
Tel : (662) 561 4387-8, (662) 940 6881-3 Ext. 164, 218 Fax : (662) 579 4895, (662) 940 6881-3 Ext. 209
http://www.centralabthai.com

Central Lab
One Stop & Fast Services

รายงานผลการทดสอบ

วันที่ออกรายงาน 09 ตุลาคม 2562
เลขที่รายงาน TRBK62/30352
หน้า 01/01

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร
50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

รายละเอียดตัวอย่าง (ข้อมูลจากลูกค้า) ดักแด้ไฮโดรไลเสท

รหัสตัวอย่าง BK62/17495-001

ลักษณะและสภาพตัวอย่าง ประเภทตัวอย่าง : ดักแด้ไฮโดรไลเสท
ภาชนะบรรจุ : ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ ปิดสนิท, จำนวน : 1 ถุง, น้ำหนัก/ปริมาตร : 58 กรัม.
อุณหภูมิ : แช่เย็น, สภาพตัวอย่างปกติ

วันที่รับตัวอย่าง 30 กันยายน 2562
วันที่ทดสอบ 01 ตุลาคม 2562 - 09 ตุลาคม 2562

ผลการทดสอบ

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	หน่วย	LOD	วิธีทดสอบอ้างอิง
Histamine	12.48	mg/kg	-	In-house method based on Journal of AOAC International Vol.81, No.5, 1998

~End of Report~

อนุมัติโดย



(นางวันวิสา ปิเชิฐ)

ผู้อำนวยการศูนย์ทดสอบ

บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด สาขากรุงเทพฯ

ภาพภาคผนวกที่ 3 ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมด (Total amino acid) ของโปรตีนไฮโดรไลสจากดักแด้ไหมอีรี่




หน่วยเครื่องมือกลาง/Central Instrument Facility

อาคารเฉลิมพระเกียรติ ชั้น 6 ห้อง K629 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 272 ถนน 6 แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กทม. 10400
 Chaloemprakiet Building, 6th Floor, Room K629, Faculty of Science, Mahidol University, 272 Rama VI Road, Rajthevee, Payathai, Bangkok, 10400 Thailand
 Phone: +66 (0)2-201-5970, +66 (0)2-201-5985-7 Fax: +66 (0)2-201-5972

รายงานผลการทดสอบปริมาณกรดอะมิโน

หน้า 1 / 4

ใบรายงานผลเลขที่ CIF036 /2562

ชื่อและที่อยู่ผู้ขอรับบริการ

ใบรับตัวอย่างเลขที่

วันที่รับตัวอย่าง

รหัสตัวอย่าง

ชื่อตัวอย่าง

ชนิดการทดสอบ

วิธีทดสอบ

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร

50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

CIF036/2562

22 กรกฎาคม 2562

M118

ดักแด้ไฮโดรไลส

Total Amino Acid

In-house method (HPLC-precolumn -AccQ●Tag)

Amino Acids	mg/100mg
Aspartic acid	3.02
Serine	2.76
Glutamic acid	6.60
Glycine	1.58
Histidine	1.04
Arginine	1.59
Threonine	1.74
Alanine	2.15
Proline	2.05
Tyrosine	1.43
Valine	1.62
Lysine	2.84
Isoleucine	1.00
Leucine	1.65
Phenylalanine	0.86

รายงานนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น และรายงานผลต้องไม่ถูกทำสำเนาเฉพาะเพียงบางส่วน
 ยกเว้นทำห้ฉบับ โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ

(นางสาว สุชฎทัย วงศ์สุนัน)

ผู้ทำการทดสอบ

9, ส.ค. 62

ภาพภาคผนวกที่ 4 ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนอิสระ (Free amino acid) ของโปรตีนไฮโดรไลสจากดักแด้ไหมอีรี่

 	หน่วยเครื่องมือกลาง/Central Instrument Facility อาคารเฉลิมพระเกียรติ ชั้น 6 ห้อง K629 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 272 ถ. พระราม 6 แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กทม. 10400 Chaloemprakiet Building, 6th Floor, Room K629, Faculty of Science, Mahidol University, 272 Rama VI Road, Rajthevee, Payathai, Bangkok, 10400 Thailand Phone: +66 (0)2-201-5970, +66 (0)2-201-5985-7 Fax: +66 (0)2-201-5972																																				
รายงานผลการทดสอบปริมาณกรดอะมิโน																																					
หน้า 2 / 4																																					
ใบรายงานผลเลขที่ CIF036 /2562																																					
ชื่อและที่อยู่ผู้ขอรับบริการ	สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร																																				
ใบรับตัวอย่างเลขที่	50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900																																				
วันที่รับตัวอย่าง	CIF037/2562																																				
รหัสตัวอย่าง	22 กรกฎาคม 2562																																				
ชื่อตัวอย่าง	M118																																				
ชนิดการทดสอบ	ดักแด้ไฮโดรไลส																																				
วิธีทดสอบ	Free Amino Acid In-house method (HPLC-precolumn -AccQ•Tag)																																				
<table><tr><th>Amino Acids</th><th>mg/100mg</th></tr><tr><td>Aspartic acid</td><td>0.06</td></tr><tr><td>Serine</td><td>1.21</td></tr><tr><td>Glutamic acid</td><td>1.32</td></tr><tr><td>Glycine</td><td>0.36</td></tr><tr><td>Histidine</td><td>1.66</td></tr><tr><td>Arginine</td><td>0.92</td></tr><tr><td>Threonine</td><td>0.41</td></tr><tr><td>Alanine</td><td>0.44</td></tr><tr><td>Proline</td><td>0.66</td></tr><tr><td>Cystine</td><td>0.15</td></tr><tr><td>Tyrosine</td><td>0.98</td></tr><tr><td>Valine</td><td>0.39</td></tr><tr><td>Methionine</td><td>0.15</td></tr><tr><td>Lysine</td><td>1.21</td></tr><tr><td>Isoleucine</td><td>0.21</td></tr><tr><td>Leucine</td><td>0.40</td></tr><tr><td>Phenylalanine</td><td>0.28</td></tr></table>		Amino Acids	mg/100mg	Aspartic acid	0.06	Serine	1.21	Glutamic acid	1.32	Glycine	0.36	Histidine	1.66	Arginine	0.92	Threonine	0.41	Alanine	0.44	Proline	0.66	Cystine	0.15	Tyrosine	0.98	Valine	0.39	Methionine	0.15	Lysine	1.21	Isoleucine	0.21	Leucine	0.40	Phenylalanine	0.28
Amino Acids	mg/100mg																																				
Aspartic acid	0.06																																				
Serine	1.21																																				
Glutamic acid	1.32																																				
Glycine	0.36																																				
Histidine	1.66																																				
Arginine	0.92																																				
Threonine	0.41																																				
Alanine	0.44																																				
Proline	0.66																																				
Cystine	0.15																																				
Tyrosine	0.98																																				
Valine	0.39																																				
Methionine	0.15																																				
Lysine	1.21																																				
Isoleucine	0.21																																				
Leucine	0.40																																				
Phenylalanine	0.28																																				
รายงานนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น และรายงานผลต้องไม่ถูกทำสำเนาเฉพาะเพียงบางส่วน ยกเว้นทำทั้งฉบับ โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ																																					
Signature (นางสาว สุชฎทัย วงศ์สุบิน) ผู้ทำการทดสอบ 9/8/62																																					

ภาพภาคผนวกที่ 5 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ของโปรตีนไฮโดรไลสจากดักแด้ไหมอีรี่



บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด
Central Laboratory (Thailand) Co., Ltd.
สาขากรุงเทพฯ : 50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Bangkok Branch : 50 Phaholyothin Rd., Laddymao, Jitujak, Bangkok 10900 Thailand
Tel : (662) 561 4387-8, (662) 940 6881-3 Ext. 164, 218 Fax : (662) 579 4895, (662) 940 6881-3 Ext. 209
http://www.centralabthai.com




Accreditation No. 1051/47

Central Lab
One Stop & Fast Services

รายงานผลการทดสอบ

วันที่ออกรายงาน 27 ธันวาคม 2562
เลขที่รายงาน TRBK62/39409
หน้า 01/01

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร
50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

รายละเอียดตัวอย่าง ดักแด้ไฮโดรไลสเสท
(ข้อมูลจากลูกค้า)
รหัสตัวอย่าง BK62/21699-001
ลักษณะและสภาพตัวอย่าง ประเภทตัวอย่าง : ดักแด้ไฮโดรไลสเสท
ภาชนะบรรจุ : ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ ปิดสนิท, จำนวน : 1 ถุง, น้ำหนัก/ปริมาตร : 254 กรัม.
อุณหภูมิ : อุณหภูมิห้อง, สภาพตัวอย่างปกติ

วันที่รับตัวอย่าง 12 ธันวาคม 2562
วันที่ทดสอบ 13 ธันวาคม 2562 - 27 ธันวาคม 2562

ผลการทดสอบ

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	หน่วย	LOD	วิธีทดสอบอ้างอิง
Arsenic (As) ©	0.123	mg/kg	-	In-house method TE-CH-170 based on AOAC (2016), 986.15
Lead (Pb) ©	0.044	mg/kg	-	In-house method TE-CH-170 based on AOAC (2016), 999.10
Mercury (Hg) ©	0.022	mg/kg	-	In-house method TE-CH-170 based on AOAC (2016), 974.14
Aerobic Plate Count	<2.5x10 ² EAPC	cfu/g	-	FDA BAM Online, 2001 (Chapter 3)
<i>Escherichia coli</i>	<10est.	cfu/g	-	AOAC (2019) 991.14
<i>Salmonella</i> spp.	Not Detected	per 25 g	-	ISO 6579-1 : 2017
Yeasts and Molds	<10est.	cfu/g	-	AOAC (2019) 997.02

หมายเหตุ: EAPC = Estimated Aerobic Plate Count
est : Estimated Counts
© : ผลทดสอบที่ได้จากการจ้างเหมาช่วง

~End of Report~



อนุมัติโดย
นางสาววิภาพร ขงประพันธ์กุล
ผู้ชำนาญการ
บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด สาขากรุงเทพฯ

ภาพภาคผนวกที่ 6 ผลการทดสอบความเป็นพิษของสารต่อเซลล์ไลน์ Vero และ L929 ของโปรตีนไฮโดรไลเสท
จากดักแด้ไหมอีรี่



คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง ลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Chalongkrung Road, Ladkrabang, Bangkok 10520 THAILAND
Tel. (662) 326 4344-53, Fax : (662) 326 4354

ผลการทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ L929 และ Vero

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/ml}$)	%cytotoxicity	
	L929	Vero
1,000	-24.358	-22.590
500	-23.698	-19.423
250	-19.516	4.726
125	-18.122	5.577
62.5	-1.798	6.238

ณัฏฐพร
(นางสาวณัฏฐพร มานะประดิษฐ์)
รายงานผลการวิเคราะห์

สุพัตรา โพธิ์เยี่ยม
(รศ.ดร.สุพัตรา โพธิ์เยี่ยม)
ที่ปรึกษา

ภาพภาคผนวกที่ 7 ผลการทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ไฟโบรบลาสต์ของผิวหนังมนุษย์ของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากดักแด้ไหมอีรี่

Manosē

ศูนย์วิจัยสุขภาพและความงาม มาโนเซ
179 หมู่ที่ 10 ถนนเลียบคลองชลประทาน ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200
โทรศัพท์ / โทรสาร : 66-53-270182, 66-53-270041
อี-เมลล์ : manosē.researchcenter@gmail.com, เว็บไซต์ : www.manosē.co

ภาคผนวก

การทดสอบความเป็นพิษ (cytotoxicity) ต่อเซลล์ไฟโบรบลาสต์ผิวหนังของมนุษย์

วัสดุอุปกรณ์

1. ตัวอย่างทดสอบ คือ เอนไซม์บรอมิเลน เอนไซม์บรอมิเลนบริสุทธิ์และดักแด้ไฮโดรไลเสท
2. สารมาตรฐาน คือ Sodium lauryl sulfate
3. เซลล์ที่ใช้ทดสอบ คือ เซลล์ไฟโบรบลาสต์ผิวหนังของมนุษย์ พลาเซกที่ 42
4. อาหารที่ใช้เลี้ยงเซลล์ คือ Dulbecco's modified Eagle medium (DMEM) ที่มี 10% FBS และ 1% penicillin/streptomycin
5. วัสดุอุปกรณ์อื่นๆที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ไมโครเวลล์เพลทแบบไร้เชื้อ ตู้ปลอดเชื้อ ตู้บ่มควบคุมอุณหภูมิและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และไมโครเพลทรีดเคอร์ เป็นต้น

การเตรียมตัวอย่างและวิธีการทดสอบ

ซึ่งนำหมักตัวอย่างทดสอบแล้วละลายด้วยอาหารเลี้ยงเซลล์ นำตัวอย่างทดสอบไปทำให้ไร้เชื้อโดยกรองผ่านเมมเบรนที่มีรูพรุนขนาด 0.2 ไมครอน เจือจางสารละลายตัวอย่างทดสอบให้ความเข้มข้นที่ต้องการด้วยอาหารเลี้ยงเซลล์ที่ทำการไร้เชื้อแล้ว นำไปทดสอบความเป็นพิษของเซลล์ด้วยวิธีการย้อมสี sulforhodamine B (SRB) [Vichai et al., 2006] แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของเซลล์เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

ผลการทดสอบ

ตารางที่ 1 เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของเซลล์เมื่อได้รับตัวอย่างทดสอบความเข้มข้นต่างๆ

ตัวอย่าง	ความเข้มข้น (mg/ml)	เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของเซลล์				
		0.0001	0.001	0.01	0.1	1
ดักแด้ไฮโดรไลเสท		96.67±1.70	105.80±4.69	109.82±3.41	123.82±6.91	126.87±6.76
Sodium lauryl sulfate		113.63±1.15	109.55±1.57	102.17±6.47	8.62±0.18	6.35±0.21

หมายเหตุ : ค่าที่แสดงเป็นผลจากการทดลองซ้ำ 4 ครั้ง (ค่าเฉลี่ย±S.D.)

สรุปผลการทดสอบ

ดักแด้ไฮโดรไลเสทที่ความเข้มข้น 0.0001–1 mg/ml ไม่เป็นพิษต่อเซลล์ไฟโบรบลาสต์ของผิวหนังมนุษย์ โดยมีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของเซลล์อยู่ระหว่าง 96.67–126.87% ส่วน sodium lauryl sulfate มีความเป็นพิษต่อเซลล์ไฟโบรบลาสต์ผิวหนังของมนุษย์ที่ความเข้มข้น 0.1 และ 1 mg/ml โดยมีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตเท่ากับ 8.62±0.18 และ 6.35±0.21% ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

Vichai, V. and Kirtikara, K. Sulforhodamine B colorimetric assay for cytotoxicity screening. *Nature Protocols*, 2006; 1(3): 1112–1116.

Manosē
MANOSÉ HEALTH AND BEAUTY
RESEARCH CENTER CO.,LTD.

หมายเหตุ : ผลการทดสอบนี้รับรองเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทำการทดสอบเท่านั้น ไม่สามารถใช้อ้างอิงกับตัวอย่างอื่นโดยเด็ดขาด 3

ภาพภาคผนวกที่ 8 เอกสารการขอจริยธรรมในการทดลองในมนุษย์

COA No. COA61/084



The Kasetsart University Research Ethics Committee
50 Ngamwongwan Road, Ladyaow, Chatuchak, Bangkok, Thailand 10900 Tel. +66 (0) 2579-5547

Certificate of Approval

The Kasetsart University Research Ethics Committee has approved the following study which is to be carried out in compliance with the International guidelines for human research protection as Declaration of Helsinki, The Belmont Report, CIOMS Guideline and International Conference on Harmonization in Good Clinical Practice (ICH-GCP)

Study title : Human food supplement from eri silk pupae protein hydrolysate
Study code : KUREC-HS61/039
Principal investigator : Pilanee Vaithanomsat
Study center : Kasetsart Agricultural and Agro-Industrial Product Improvement Institute, Kasetsart University
Review method : Expedited
Progress report : At least once annually or submit the final report when finished
Document reviewed : 1. Submission form version 1.0 dated 9 November 2018
2. Full protocol/proposal version 1.0 dated 9 November 2018
3. Participant information sheet for adults aged 18 years and over version 1.0 dated 9 November 2018
4. Informed consent form for adults aged 18 years and over version 1.0 dated 9 November 2018
5. Curriculum vitae

Signature
(Assoc. Prof. Jatuporn Banchuen)
Vice Chairperson of KUREC

Approval date : 24 December 2018
Approval expiry date : 23 December 2019

Approval is granted subject to the following conditions: (see back of this certificate)

All approved investigators must comply with the following conditions:

1. Strictly conduct the research as required by the protocol;
2. Use only the information sheet, consent form (and recruitment materials, if any), interview outlines and/or questionnaires bearing the REC's seal of approval and return one copy of such documents of the first subject recruited to the REC for the record;
3. Report to the REC Board any serious adverse event or any changes in the research activity, according to the Standard Operating Procedures;
4. Provide reports to the REC concerning the progress of the research upon the specified period of time or when requested;
5. If the study cannot be finished within the expiry date of the approval certificate, the investigator is obliged to reapply for approval at least one month before the date of expiration;
6. Complete and submit the final report form to the REC, as soon as possible after the completeness of research.

* A list of the REC members (names and positions) present at the meeting of the REC on the date of approval of this study has been attached. All approved documents will be forwarded to the principal investigator.

การรายงานความก้าวหน้าของการวิจัย / การรายงานสรุปผลการวิจัย ส่งมาที่ สนง.จริยธรรมฯ

Progress report ของโครงการวิจัยนี้ คือ At least once annually or submit the final report when finished

* A. หากผู้วิจัยทำวิจัยเสร็จสิ้นใน 1 ปี นับจากวันที่ Approval date ในใบ Certificate of Approval (COA) ให้ส่ง แบบรายงานสรุปผลการวิจัย (Final Report Form) www.rdi.ku.ac.th

หรือ

* B. หากผู้วิจัยทำวิจัยไม่เสร็จสิ้นใน 1 ปี หรือ ต้องรายงานความก้าวหน้าทุก 6 เดือน

ให้ส่ง แบบรายงานความก้าวหน้าของการวิจัย (Progress Report Form) www.rdi.ku.ac.th

เลือก ☐ รายงานความก้าวหน้าของการวิจัย (6 เดือน)

☒ รายงานความก้าวหน้าของการวิจัย (12 เดือน) และต่ออายุเอกสารรับรองโครงการวิจัย

* ทั้ง A. และ B. ต้องส่งเอกสารแนบมาด้วยดังนี้

1. สำเนา ใบ COA

จำนวน 1 ฉบับ เขียนสำเนาถูกต้อง และเซ็นชื่อ ทุกหน้า นำไปซีร็อก 3 ชุด

2. สำเนา หนังสือแสดงเจตนายินยอมเข้าร่วมการวิจัย รายใดก็ได้ รายแรกๆ ที่ลงนามให้กับโครงการวิจัย ส่วนฉบับจริงให้เก็บไว้ที่ผู้วิจัย

- หนังสือแสดงเจตนายินยอมฯ ผู้ปกครองเด็กอายุต่ำกว่า 7 ปีหรือ 7-12 ปี
- เอกสารชี้แจงและหนังสือแสดงเจตนายินยอมฯ เด็กอายุ 7-12 ปี
- หนังสือแสดงเจตนายินยอมฯ เด็กอายุ 13-17 ปีและผู้ปกครอง
- หนังสือแสดงเจตนายินยอมฯ ผู้มีอายุ 18 ปีขึ้นไป

รุ่นอายุละ 1 ฉบับ เขียนสำเนาถูกต้อง และเซ็นชื่อ ทุกหน้า นำไปซีร็อก 3 ชุด

เนื่องจากผู้วิจัยต้องได้รับการรับรองก่อนทำวิจัย ดังนั้น วันที่/เดือน/ปี ที่อาสาสมัครฯ ให้คำยินยอม จึงต้องหลังวันที่ Approval date ในใบ COA

โครงการวิจัยของท่านอาจได้รับการคุ้มครองจากคณะกรรมการฯ หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ขอให้ปฏิบัติตามเอกสารชี้แจงอาสาสมัครฯ ระยะเวลาการเก็บเอกสารเป็นความลับ การทำลายเอกสาร ฯลฯ

	คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	AF 01-10/01.0
	แบบเสนอโครงการวิจัย (Submission form)	หน้า 1 ของ 7 หน้า

รหัสโครงการวิจัย..... **KUREC-HS 61 / 0 3 9**

(สำหรับเจ้าหน้าที่กรอก)

เวอร์ชัน (Version).....1.0.....

ลงวันที่ เดือน ปี.๑ พฤศจิกายน 2561.....

(สำหรับผู้วิจัยหลักกรอก)

กรุณากรอกข้อมูลในแบบเสนอโครงการวิจัยและแนบเอกสาร

Please fill in this form and provide necessary documents that apply

ส่วนที่ 1: ข้อมูลโครงการวิจัย (Protocol Identification)

ข้าพเจ้าขอรับการพิจารณาแบบ	☐ Exemption review โปรดระบุเข้าเกณฑ์ข้อที่..... ☒ Expedited review โปรดระบุเข้าเกณฑ์ข้อที่.....2, 4, และ 5..... ☐ Full board review
1.1 ชื่อโครงการวิจัย (Protocol title) (ไทย)	การพัฒนาอาหารเสริมสุขภาพจากโปรตีนไฮโดรไลเสตดักแด่ไหมอิตาลี
1.2 ชื่อโครงการวิจัย (Protocol title) (อังกฤษ)	Human food supplement from eri silk pupae protein hydrolysate
1.3 ผู้สนับสนุนการวิจัย (Sponsor/source of funding)	☐ ไม่มี ☒ หน่วยงานราชการ/รัฐบาล (โปรดระบุ) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ☐ หน่วยงานเอกชน (โปรดระบุ) ☐ บริษัทฯ/เภสัชภัณฑ์ (โปรดระบุ) ☐ NGO/รัฐวิสาหกิจ (โปรดระบุ)
1.4 การติดต่อผู้สนับสนุนการวิจัย (Sponsor contact phone/fax/e-mail)	นายอภิวัฒน์ พงศ์วิสุทธิรักษ์ โทรศัพท์ 092-975-2066 โทรสาร - อีเมล trf.dnfi@gmail.com
1.5 โครงการวิจัยเป็นวิทยานิพนธ์ (Thesis/dissertation/board/subboard)	☐ ใช่ ☒ ไม่ใช่

ส่วนที่ 2: ข้อมูลผู้วิจัยหลัก

2.1 ชื่อผู้วิจัยหลัก (Name of principal investigator)	 KUREC-HS61/039 The Kasetsart University Research Ethics Committee 24 DEC 2018
2.2 วุฒิการศึกษา/สาขาความเชี่ยวชาญ (Degree/specialty)	
- วุฒิการศึกษา	

	คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	AF 01-10/01.0
	แบบเสนอโครงการวิจัย (Submission form)	หน้า 2 ของ 7 หน้า

	1. Bachelor of Science (2nd Honour) Biochemistry, Chulalongkorn University, Thailand 2. Thai Government Scholarship for Master of Philosophy (M.Phil., Biochemistry), Imperial College of Science, Technology and Medicine, University of London, United Kingdom 3. Thai Government Scholarship for Doctor of Philosophy (Ph.D., Biochemistry: Bacterial Molecular Biology, Enzyme Technology), Imperial College of Science, Technology and Medicine, University of London, United Kingdom - สาขาความเชี่ยวชาญ ได้แก่ Enzyme technology, Microbiology, HPLC
2.3	สังกัดหน่วยงาน (Institutional affiliation) (กรณีที่เป็นนิสิต) นิสิตปริญญา..... ภาควิชา..... คณะ..... มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2.4	การติดต่อผู้วิจัยหลัก (Investigator contact phone/fax/e-mail) โทรศัพท์มือถือ 085-1885681 โทรสาร 0-25620338 อีเมล aappln@ku.ac.th
2.5	ท่านมีโครงการวิจัยอื่นๆ ที่กำลังดำเนินการภายใต้ความรับผิดชอบของท่านกี่โครงการ (How many other research projects are still open under your responsibility?) 6 โครงการ โดยตนเองเป็นผู้วิจัยหลัก 4 โครงการและเป็นผู้ร่วมวิจัย 2 โครงการ
2.6	โครงการวิจัยนี้ท่านมีผู้ร่วมวิจัยและเจ้าหน้าที่วิจัยกี่คน (How many co-investigators and research staff do you have for this project?) 6 คน โดยเป็นผู้ร่วมวิจัย 6 คนและเป็นเจ้าหน้าที่วิจัย 0 คน


 KUREC-HS61/039
 The Kasetsart University
 Research Ethics Committee
 24 DEC 2018



คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
แบบเสนอโครงการวิจัย
(Submission form)

AF 01-10/01.0

หน้า 3 ของ 7 หน้า

ส่วนที่ 3: โครงการวิจัย (Research protocol)

3.1 รูปแบบการวิจัย (Research design) (เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ)

- ☐ Basic science research
- ☐ Descriptive/qualitative
- ☐ Survey
- ☐ Case-control
- ☐ Laboratory experiment
- ☐ Diagnostic test
- ☒ Applied research
- ☐ R/D
- ☐ Clinical trial
- ☐ Bioequivalent
- ☐ Cohort
- ☐ Other (โปรดระบุ)

3.2 วิธีการ/เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (Methods involved the followings) (เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ)

- ☐ Questionnaire/interview/Diary
- ☐ Specimen/sample collection
- ☐ Records/document extraction
- ☐ In vitro diagnostic devices
- ☐ In vivo diagnostic devices
- ☐ Medical devices
- ☐ Drugs
- ☐ Behavioral/psychological intervention
- ☐ Embryonic stem cell/genetic material
- ☐ Radiation/isotope
- ☐ Tissue/organ transplant
- ☐ Procedures/operation
- ☒ Other (โปรดระบุ) Supplementation and exercise intervention



KUREC-HS61/039

The Kasetsart University
Research Ethics Committee

24 DEC 2018

	คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	AF 01-10/01.0
	แบบเสนอโครงการวิจัย (Submission form)	หน้า 4 ของ 7 หน้า

3.3	ระยะเวลาที่คาดว่าจะทำวิจัย (Expected duration of the project) ...1... ปี ...0... เดือน ...0... วัน
3.4	สถานที่ทำวิจัย (Investigation site) ☒ แห่งเดียว (Single) ☐ ระดับชาติ หลายแห่ง/หลายศูนย์ (National multi-site/multi-center) ☐ ระดับนานาชาติ หลายแห่ง/หลายศูนย์ (International multi-site/multi-center)
3.5	โครงการวิจัยนี้ได้รับการทบทวนโดยคณะกรรมการจริยธรรมที่อื่นก่อนยื่นที่นี้หรือไม่ (Has this protocol been reviewed by another ethics committee prior to this submission?) ☐ ใช่ ☒ ไม่ใช่
3.6	โครงการวิจัยนี้ได้จดทะเบียนการทำวิจัยทางคลินิกแล้วหรือไม่ (Has this protocol been registered according to clinical trial registration?) ☐ ใช่ (โปรดระบุ) ☒ ไม่ใช่

ส่วนที่ 4: อาสาสมัครผู้รับการวิจัยและการรับเข้าร่วมในโครงการวิจัย (Subjects and recruitment)

4.1	โครงการวิจัยนี้รับอาสาสมัครผู้รับการวิจัยต่อไปนี้หรือไม่ (Does this protocol include the following subjects?) (เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ) ☒ ไม่เกี่ยวข้อง ☐ ไม่มีการเก็บข้อมูลโดยตรงจากอาสาสมัครผู้รับการวิจัย (No data obtained directly from human) ☐ นักโทษ (Prisoners) ☐ สตรีตั้งครรภ์ (Pregnant women) ☐ ผู้ป่วยทางจิต (Mentally ill subjects) ☐ ผู้ป่วยมะเร็งหรือผู้ป่วยระยะท้ายของชีวิต (Cancer or terminally ill subjects) ☐ เด็กอ่อน ทารก เด็กอายุต่ำกว่า 18 ปี (Neonates/infants/children, aged <18) ☐ ผู้ป่วย HIV เอ็ดส์ (HIV/AIDS) ☐ กลุ่มคนที่จัดให้อยู่ในสถานที่ดูแล เช่น เด็กกำพร้า (Institutionalized e.g. orphanage) ☐ ผู้ไม่รู้หนังสือ ชนกลุ่มน้อย เช่น ชาวเขา (Illiterate subjects or minorities e.g. hilltribes) ☐ ผู้ใต้บังคับบัญชา เช่น นักเรียน ลูกจ้าง ทหาร (Subordinate e.g. students, employees, soldiers) ☐ อื่นๆ (Other) (โปรดระบุ)
-----	--

	KUREC-HS61/039
	The Kasetsart University Research Ethics Committee
	24 DEC 2018

	คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	AF 01-10/01.0
	แบบเสนอโครงการวิจัย (Submission form)	หน้า 5 ของ 7 หน้า

4.2	วิธีการที่ใช้ในการรับอาสาสมัครผู้รับการวิจัย (Methods used to recruit subjects) (เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ) ☐ ไม่มีการเก็บข้อมูลโดยตรงจากอาสาสมัครผู้รับการวิจัย (No data obtained directly from human) ☐ ติดต่อบุคคลที่แผนกผู้ป่วยนอก (Personal contact at outpatient clinic/inpatient) ☐ ติดต่อบุคคลที่แผนกฉุกเฉินหรือที่ ICU (Personal contact at ER or ICU) ☐ ติดต่อบุคคลในชุมชน (Personal contact in community) ☐ ติดต่อบุคคลทางโทรศัพท์หรือไปรษณีย์ (Contact via telephone or post) ☒ ติดประกาศโฆษณา (Advertising e.g. poster, flyers, mass media (website included)) ☐ อื่นๆ (Other) (โปรดระบุ)
4.3	ผู้ดำเนินการกระบวนการขอความยินยอม (Person obtaining informed consent) ☐ ไม่มีการขอความยินยอม (No informed consent applied) ☐ ผู้วิจัยหลัก/ผู้ร่วมวิจัย (Principal/co-investigators) ☒ เจ้าหน้าที่วิจัย (Research staff) ☐ อื่นๆ (Other) (โปรดระบุ)
4.4	จำนวนอาสาสมัครผู้รับการวิจัยที่คาดหวัง (Expected number of subjects)45..... คน
4.5	จ่ายเงินชดเชยค่าเดินทาง ค่าเสียเวลา ความไม่สะดวกไม่สบายให้แก่อาสาสมัครผู้รับการวิจัย (Subject payment/incentives) ☒ มี (โปรดระบุ)500 บาท..... ☐ ไม่มี
4.6	การชดเชยหากเกิดการบาดเจ็บ (Compensation for injury/lost) ☒ มี (โปรดระบุ) ...ค่ารักษาพยาบาลที่เกินกว่าสิทธิการรักษา..... ☐ ไม่มี
ส่วนที่ 5: คณะกรรมการตรวจสอบติดตามข้อมูลด้านความปลอดภัย (Study monitoring or DSMB, Data Safety Monitoring Board)	
	☐ มี ☒ ไม่มี

	KUREC-HS61/039
	The Kasetsart University
	Research Ethics Committee
	24 DEC 2018



คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
แบบเสนอโครงการวิจัย
(Submission form)

AF 01-10/01.0

หน้า 6 ของ 7 หน้า

ส่วนที่ 6

	รายการเอกสารที่แนบ	☒	ต้นฉบับ	สำเนา	แนบไฟล์
6.1	แบบเสนอโครงการวิจัย (Submission form)	☒	1	4	Word & PDF
6.2	โครงการวิจัยฉบับเต็ม (Full protocol/proposal)	☒	1	4	PDF
6.3	เอกสารชี้แจงอาสาสมัครผู้รับการวิจัย (Participant information sheet)	☒	1	4	PDF
6.4	หนังสือแสดงเจตนายินยอมเข้าร่วมการวิจัย (Informed consent form)	☒	1	4	PDF
6.5	เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล เช่น แบบบันทึกข้อมูล แบบสอบถาม แบบสัมภาษณ์ ฯลฯ	☒	1	4	PDF
6.6	แบบเปิดเผยทุนวิจัยและการมีผลประโยชน์ทับซ้อน	☒	1	4	PDF
6.7	แบบประเมินโดยผู้วิจัยหลัก (Self-assessment form for PI)	☒	1	4	PDF
6.8	ประวัติส่วนตัว สถานที่ทำงาน ผลงานของอาจารย์ที่ปรึกษาทุกคน	☐	1	4	PDF
6.9	ประวัติส่วนตัว สถานที่ทำงาน ผลงานของผู้วิจัยหลัก	☒	1	4	PDF
6.10	สำเนาเอกสารยืนยันผู้วิจัยหลักผ่านการสอบป้องกันโครงร่างวิทยานิพนธ์จากบัณฑิตวิทยาลัย	☐	1	4	PDF
6.11	สำเนาเอกสารยืนยันผู้วิจัยหลักผ่านการอบรมหรือลงทะเบียนเรียนรายวิชาด้านจริยธรรมการวิจัย	☒	1	4	PDF
6.12	เอกสารหรือสื่ออื่นๆ ที่ใช้ในการประชาสัมพันธ์โครงการวิจัย เช่น ใบติดประกาศ ฯลฯ (ถ้ามี)	☒	1	4	PDF
6.13	สำเนารายชื่อความขออนุมัติใช้ข้อมูลจากเวชระเบียน แพ้มี่ประวัติผู้ป่วย	☐	1	4	PDF
6.14	Investigator's brochure หรือเอกสารกำกับยาสำหรับโครงการวิจัยที่ใช่ยา (Drug trial)	☐	1	4	PDF
6.15	บันทึกข้อความขอเสนอโครงการวิจัยเพื่อขอรับการรับรองฯ	☒	1	4	PDF
6.16	ซีดีเอกสารข้างต้นในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์ไฟล์ Word/PDF	☒	1 CD		

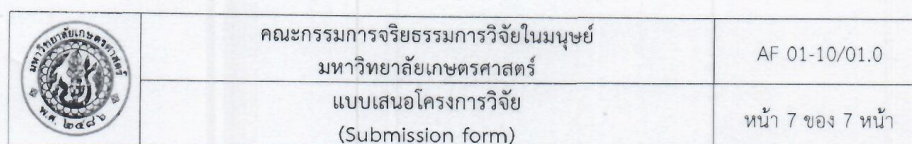
หมายเหตุ: โครงการวิจัยบางโครงการ ผู้วิจัยหลักอาจต้องยื่นเอกสารอื่นๆ ตามความจำเป็น
ในส่วนที่ 6 รายการใดไม่มีไม่ต้องติดทั้ง แต่รายการใดมีเพิ่มเติมให้พิมพ์เพิ่ม



KUREC-HS61/039

The Kasetsart University
Research Ethics Committee

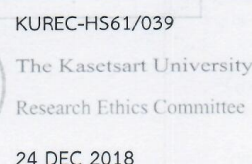
24 DEC 2018



(ดร.พิลาณี ไฉนอมสัถย์) วันที่ ๔ เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2561	ลงนามผู้วิจัยหลัก ชื่อผู้วิจัยหลักตัวบรรจง
<i>Dr. P.</i> (ดร.อุดมลักษณ์ สุขอิตตะ) วันที่ ๙ เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2561	ลงนามผู้ร่วมวิจัย ชื่อผู้ร่วมวิจัยตัวบรรจง
<i>Dr. P.</i> (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จตุพร เพิ่มทรัพย์ทวี) วันที่ ๙ เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2561	ลงนามผู้ร่วมวิจัย ชื่อผู้ร่วมวิจัยตัวบรรจง
<i>Dr. P.</i> (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ราตรี เรืองไทย) วันที่ ๙ เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2561	ลงนามผู้ร่วมวิจัย ชื่อผู้ร่วมวิจัยตัวบรรจง
<i>ดร. วรารักษ์ อภิวัฒน์</i> (ดร.วรารักษ์ อภิวัฒน์) วันที่ ๙ เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2561	ลงนามผู้ร่วมวิจัย ชื่อผู้ร่วมวิจัยตัวบรรจง
<i>นางภัคสา รักดาว</i> (นางสาวประภัสสร รักดาว) วันที่ ๙ เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2561	ลงนามผู้ร่วมวิจัย ชื่อผู้ร่วมวิจัยตัวบรรจง
<i>นางพิมพ์ฉิม ใจทวี</i> (นางสาวพรพิมล จันทน์ฉาย) วันที่ ๙ เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2561	ลงนามผู้ร่วมวิจัย ชื่อผู้ร่วมวิจัยตัวบรรจง

กรณีที่เป็นวิทยานิพนธ์

..... (.....) วันที่ เดือน..... พ.ศ.	 ลงนามผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ชื่อ ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ตัวบรรจง
--	---



	คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	AF 04-10/01.0
	เอกสารชี้แจงอาสาสมัครผู้รับการวิจัย สำหรับผู้มีอายุ 18 ปีขึ้นไป (Participant information sheet)	หน้า 1 ของ 9 หน้า

เวอร์ชัน (Version).....1.0.....
ลงวันที่ เดือน ปี.....9 พฤศจิกายน 2561.....
(สำหรับผู้วิจัยหลักกรอก)

ชื่อโครงการวิจัย (ไทย)	การพัฒนาอาหารเสริมสุขภาพจากโปรตีนไฮโดรไลเสตดักแด้ไหมอี่รี
ชื่อโครงการวิจัย (อังกฤษ)	Human food supplement from eri silk pupae protein hydrolysate
ผู้สนับสนุนการวิจัย	สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย
ผู้วิจัยหลัก	
ชื่อผู้วิจัยหลัก	ดร.พิลาณี ไกลนอมสัดย์
สังกัดหน่วยงาน	สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
โทรศัพท์ (ที่ทำงาน)	02-9428600-3 ต่อ 706
โทรศัพท์มือถือ	085-1885681
ผู้ร่วมวิจัย	
ชื่อผู้ร่วมวิจัย	ดร.อุดมลักษณ์ สุขอิตตะ
สังกัดหน่วยงาน	สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
โทรศัพท์ (ที่ทำงาน)	02-9428600-3 ต่อ 407
โทรศัพท์มือถือ	098-5541462
ผู้ร่วมวิจัย	
ชื่อผู้ร่วมวิจัย	ผศ.ดร.จตุพร เพิ่มทรัพย์ทวี
สังกัดหน่วยงาน	ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
โทรศัพท์ (ที่ทำงาน)	034-355-258
โทรศัพท์มือถือ	087-0595940
ผู้ร่วมวิจัย	
ชื่อผู้ร่วมวิจัย	ผศ.ดร.ราตรี เรืองไทย
สังกัดหน่วยงาน	ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
โทรศัพท์ (ที่ทำงาน)	034-355-258
โทรศัพท์มือถือ	089-6115181



	คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	AF 04-10/01.0
	เอกสารชี้แจงอาสาสมัครผู้รับการวิจัย สำหรับผู้มีอายุ 18 ปีขึ้นไป (Participant information sheet)	หน้า 2 ของ 9 หน้า

ผู้ร่วมวิจัย	
ชื่อผู้ร่วมวิจัย	ดร.วรารณ อภิวัฒนาภักดิ์
สังกัดหน่วยงาน	สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
โทรศัพท์ (ที่ทำงาน)	0-29428599
โทรศัพท์มือถือ	095-4695474
ผู้ร่วมวิจัย	
ชื่อผู้ร่วมวิจัย	นางสาวประภัสสร รักถาวร
สังกัดหน่วยงาน	สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
โทรศัพท์ (ที่ทำงาน)	0-29428600-3 ต่อ 407
โทรศัพท์มือถือ	099-4641599
ผู้ร่วมวิจัย	
ชื่อผู้ร่วมวิจัย	นางสาวพรพิมล จันทร์ฉาย
สังกัดหน่วยงาน	สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
โทรศัพท์ (ที่ทำงาน)	0-29428600-3 ต่อ 407
โทรศัพท์มือถือ	091-7291656

	KUREC-HS61/039
	The Kasetsart University
	Research Ethics Committee
	24 DEC 2018
Date of approval	

	คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	AF 04-10/01.0
	เอกสารชี้แจงอาสาสมัครผู้รับการวิจัย สำหรับผู้มีอายุ 18 ปีขึ้นไป (Participant information sheet)	หน้า 3 ของ 9 หน้า

เรียน อาสาสมัครผู้รับการวิจัยทุกท่าน

โครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนาอาหารเสริมสุขภาพจากโปรตีนไฮโดรไลเสตจากดักแด้ไหมอีรี่ ท่านได้รับเชิญให้เข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้เนื่องจากท่านเป็นผู้มีอายุ 35-55 ปี เพศหญิงและชาย ที่มีน้ำหนักเกินและอ้วน โดยมีดัชนีมวลกายตั้งแต่ 25 กก./ม² ขึ้นไป และมีร้อยละไขมันในร่างกายตั้งแต่ 21% ขึ้นไป ไม่มีโรคประจำตัวเกี่ยวกับโรคตับและไต และไม่มีโรคที่เป็นข้อห้ามสำหรับการออกกำลังกาย ก่อนที่ท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ขอให้ท่านอ่านเอกสารฉบับนี้อย่างถี่ถ้วน เพื่อให้ท่านได้ทราบถึงเหตุผลและรายละเอียดของการวิจัยในครั้งนี้ หากท่านมีข้อสงสัยใดๆ เพิ่มเติมกรุณาซักถามจากผู้วิจัยและ/หรือผู้ช่วยเก็บข้อมูลซึ่งจะเป็นผู้สามารถตอบคำถามและให้ความกระจ่างแก่ท่านได้

ท่านสามารถขอคำแนะนำในการเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้จากครอบครัว เพื่อน หรือแพทย์ประจำตัวของท่านได้ ท่านมีเวลาอย่างเพียงพอในการตัดสินใจโดยอิสระ ถ้าท่านตัดสินใจแล้วว่า จะเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ขอให้ท่านลงนามในหนังสือแสดงเจตนายินยอมเข้าร่วมการวิจัยของโครงการวิจัยนี้

1. เหตุผลความเป็นมา

ปัจจุบัน โรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอมีความสนใจเส้นด้ายไหมอีรี่มากขึ้น เนื่องจากเป็นเส้นใยธรรมชาติใหม่ที่มีความแปลกแตกต่าง มีโอกาสสร้างตลาดใหม่ และการสร้างระบบเศรษฐกิจใหม่นี้จะช่วยเหลือเกษตรกรชาวไร่มันสำปะหลังให้มีรายได้เพิ่มขึ้นเนื่องจากอาหารของไหมอีรี่คือใบมันสำปะหลัง การนำไหมอีรี่มาใช้ประโยชน์อย่างคุ้มค่าเชิงเศรษฐกิจ มีความจำเป็นต้องคำนึงถึงวงจรห่วงโซ่อาหารของการเลี้ยงไหมอีรี่ เพื่อให้ได้รังไหมเป็นแหล่งวัตถุดิบสำหรับทำเส้นใยอย่างเพียงพอต่อความต้องการใช้ในอุตสาหกรรม รวมถึงการนำผลผลิตพลอยได้ที่เหลือคือ ดักแด้ซึ่งมีน้ำหนักมากคิดเป็น 80% ของรังสด มาใช้ประโยชน์ เพื่อให้เกษตรกรมีรายได้เสริมจากการขายดักแด้และเป็นการทำให้ของเหลือทิ้งจากกระบวนการเลี้ยงไหมเหลือน้อยที่สุด

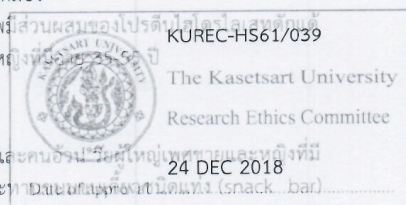
ดักแด้ไหมอีรี่ถือเป็นแหล่งโปรตีนสูงที่ในปัจจุบันมีการนำมาเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารมนุษย์เพิ่มมากขึ้น ทั้งในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ดักแด้คั่ว ทอด หรือการถนอมอาหารในรูปแบบอื่นๆ เช่น น้ำพริก เป็นต้น โครงการวิจัยนี้สนใจจะนำดักแด้ไหมอีรี่มาพัฒนาในรูปของโปรตีนไฮโดรไลเสตผ่านทางเทคโนโลยีเอนไซม์เพื่อใช้เป็นอาหารเสริมสุขภาพ โดยเฉพาะสำหรับผู้บุคคลทั่วไป ผู้สูงอายุ และผู้ที่มีน้ำหนักเกินและคนอ้วนที่ต้องการสร้างกล้ามเนื้อและควบคุมน้ำหนัก

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- (1) การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเสริมสุขภาพที่มีส่วนผสมของโปรตีนไฮโดรไลเสตจากดักแด้ไหมอีรี่สำหรับบุคคลทั่วไปวัยผู้ใหญ่ ผู้ชายและผู้หญิงที่มีอายุ 35-55 ปี
- (2) การศึกษาอายุการเก็บรักษาของโปรตีนไฮโดรไลเสตจากดักแด้ไหมอีรี่
- (3) การศึกษาประสิทธิภาพของการรับประทานอาหารเสริมสุขภาพที่มีส่วนผสมของโปรตีนไฮโดรไลเสตจากดักแด้ไหมอีรี่ของผู้ที่มีน้ำหนักเกินและคนอ้วน วัยผู้ใหญ่เพศชายและหญิงที่มีอายุ 35-55 ปี

3. อาสาสมัครผู้รับการวิจัย

อาสาสมัครผู้รับการวิจัยในโครงการวิจัยเป็นผู้ที่มีน้ำหนักเกินและคนอ้วน วัยผู้ใหญ่เพศชายและหญิงที่มีอายุ 35-55 ปี จำนวน 45 คน ออกเป็น 3 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มที่ได้รับประทานอาหารเสริมสุขภาพที่มีส่วนผสมของโปรตีนไฮโดรไลเสตจากดักแด้ไหมอีรี่ (snack bar).....



	คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	AF 04-10/01.0
	เอกสารชี้แจงอาสาสมัครผู้รับการวิจัย สำหรับผู้มีอายุ 18 ปีขึ้นไป (Participant information sheet)	หน้า 4 ของ 9 หน้า

โปรตีนไฮโดรไลเซต จำนวน 15 คน 2) กลุ่มที่ได้รับประทานอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งโปรตีนไฮโดรไลเซตและออกกำลังกายแบบมีแรงต้าน จำนวน 15 คน และ 3) กลุ่มที่ได้รับสารหลอก (placebo) จำนวน 15 คน อาสาสมัครทุกคนจะได้รับอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีลักษณะ ขนาด สี และกลิ่นเหมือนกัน รับประทานวันละ 3 แท่ง (25 กรัม/แท่ง) หลังอาหารเช้า กลาง วัน และเย็น เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ทำการศึกษาประสิทธิภาพของการรับประทานอาหารเสริมสุขภาพมีส่วนผสมของโปรตีนไฮโดรไลเซตสกัดไก่ต่อมวลกล้ามเนื้อและมวลไขมัน สัดส่วนของร่างกาย (anthropometry) ไขมันในเลือด (total cholesterol, triglyceride, LDL-c และ HDL-c) ความเข้มข้นของกลูโคส อินซูลิน และฮอร์โมนเลปติน (Leptin) ในเลือด ความเข้มข้นของ high sensitive C-reactive protein (hs-CRP) และ creatine kinase (CK) ในเลือดซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ที่แสดงถึงการเกิดภาวะอักเสบ ความเข้มข้นของ blood urea nitrogen (BUN) และ creatinine ในเลือด เพื่อดูสมรรถภาพการทำงานของไต เอนไซม์ aspartate aminotransferase (AST), alanine aminotransferase (ALT) และเอนไซม์ alkaline phosphatase (ALP) เพื่อการทำงานของตับ วัดสมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับสุขภาพ (health-related physical fitness) วัดอัตราการใช้พลังงานขณะพัก (resting metabolic rate) และแหล่งพลังงานขณะพัก (substrate utilization) เพื่อประเมิน fat และ carbohydrate oxidation ขณะพัก ซึ่งจะทำการวัดก่อนและหลังการศึกษาทั้งหมด 8 สัปดาห์

4. วิธีการที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

หลังจากท่านให้ความยินยอมที่จะเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะขอสัมภาษณ์ข้อมูลเกี่ยวกับประวัติสุขภาพและประวัติทั่วไป ประมาณ 10 นาทีโดยไม่มีการบันทึกเทป โดยผู้สัมภาษณ์เป็นคณะผู้วิจัยเท่านั้น รวมทั้งการตรวจร่างกาย ดังนี้ วัดสัญญาณชีพ ได้แก่ อุณหภูมิร่างกาย อัตราการเต้นของหัวใจ และความดันโลหิต วัดสัดส่วนของร่างกาย ได้แก่ ความสูง น้ำหนัก และดัชนีมวลกาย วัดความยาวของรอบเอวและรอบสะโพก เพื่อหาอัตราส่วนระหว่างเอวต่อสะโพก จากนั้นผู้วิจัยจะสัมภาษณ์ท่านเกี่ยวกับประวัติกิจกรรมทางกาย และประเมินความพร้อมก่อนออกกำลังกาย โดยใช้แบบประเมินความพร้อมก่อนออกกำลังกาย เพื่อคัดกรองว่าท่านมีคุณสมบัติที่เหมาะสมที่จะเข้าร่วมในโครงการวิจัย

หากท่านมีคุณสมบัติตามเกณฑ์คัดเข้า ท่านจะได้รับการนัดหมายมาที่ห้องปฏิบัติการสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพื่อทำการวัดค่าตัวแปรที่ต้องการศึกษาในเวลา 7.00 น. โดยในการนัดหมายครั้งที่ 1 ผู้วิจัยจะขอให้ท่านงดกิจกรรม ดังนี้ 1) งดอาหารอย่างน้อย 8 ชั่วโมง 2) งดกิจกรรมที่ต้องใช้แรงมากอย่างน้อย 1 วัน เช่น ทำสวน ขุดดิน หรือออกกำลังกายอย่างหนัก 3) งดกิจกรรมที่ใช้แรงปานกลางอย่างน้อย 2 ชั่วโมง เช่น ออกกำลังกาย ทำความสะอาดบ้าน และ 4) งดดื่มชา กาแฟ และแอลกอฮอล์ และงดสูบบุหรี่อย่างน้อย 4 ชั่วโมง

การนัดครั้งที่ 1 เมื่อท่านมาถึงห้องปฏิบัติการ ผู้วิจัยจะให้ท่านนั่งพักประมาณ 15 นาที จากนั้นท่านจะได้รับการตรวจร่างกาย ดังนี้

1. ท่านจะได้รับการตรวจวัดความดันโลหิตในท่านั่งที่แขนซ้าย โดยให้เครื่องวัดความดันโลหิต KUREC-HS61/039 วัด 3 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 5 นาที
2. ท่านจะได้รับเจาะเลือดปริมาณ 12 มิลลิลิตร หรือประมาณ 2 ช้อนโต๊ะ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ค่าตัวบ่งชี้ภาวะอักเสบในเลือด ซึ่งจะส่งตรวจด้วยวิธีทางเคมีคลินิกที่ภาควิชาสรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และความเข้มข้นของไขมัน ภาวะน้ำตาลในเลือด



	คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	AF 04-10/01.0
	เอกสารชี้แจงอาสาสมัครผู้รับการวิจัย สำหรับผู้มีอายุ 18 ปีขึ้นไป (Participant information sheet)	หน้า 5 ของ 9 หน้า

เอนไซม์ที่บ่งชี้ถึงการทำงานของตับและไต ซึ่งจะส่งตรวจด้วยวิธีมาตรฐานที่โรงพยาบาลนครปฐม จังหวัดนครปฐม ซึ่งท่านจะได้รับการเจาะเลือดโดยนักเทคนิคการแพทย์หรือพยาบาล ท่านจะได้รับเจาะเลือดจำนวน 2 ครั้ง ก่อนและหลังการศึกษา 8 สัปดาห์

- ท่านจะได้รับการตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจในท่านั่ง เป็นเวลา 5 นาที ข้อมูลที่ได้จะถูกนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ ซึ่งวัดด้วยเครื่องวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจแบบไร้สาย เพื่อหาค่าความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ ท่านจะได้รับเจาะเลือดจำนวน 2 ครั้ง ท่านจะได้รับการประเมินก่อนและหลังการศึกษา 8 สัปดาห์
- ผู้ท่านจะได้รับการประเมินอัตราการใช้พลังงานขณะพัก การเผาผลาญพลังงานจากคาร์โบไฮเดรตและไขมันในท่านอนเป็นเวลา 20 นาที ด้วยการวิเคราะห์แก๊สที่ได้จากการหายใจออก ท่านจะได้รับการประเมินก่อนและหลังการศึกษา 8 สัปดาห์
- ผู้ท่านจะได้รับการประเมินงานของหัวใจขณะพักในท่านั่ง เป็นเวลา 5 นาที ด้วยเครื่องวัดงานของหัวใจ โดยติดอิเล็กโทรดที่บริเวณคอ กระดูกซี่โครงหน้าอก กระดูกซี่โครงที่ 6 และกึ่งกลางหลัง ข้อมูลที่ได้จะถูกนำไปวิเคราะห์หาค่าตัวแปรอัตราการไหลเวียนเลือด ท่านจะได้รับการประเมินก่อนและหลังการศึกษา 8 สัปดาห์
- ท่านจะได้รับการทดสอบเพื่อหาค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดและวิเคราะห์แก๊สที่ได้จากการหายใจออก โดยใช้เครื่องวิเคราะห์แก๊สแบบพกพา ทำการทดสอบโดยการปั่นจักรยาน โดยให้ท่านทำการอบอุ่นร่างกายที่ระดับความหนักต่ำเป็นเวลา 2 นาที กำหนดความเร็วในการปั่นที่ 50-60 รอบต่อนาที จากนั้นให้เพิ่มความหนัก 150 -300 กิโลกรัม.เมตรต่อนาที หรือ 25-50 วัตต์ ทุกๆ 2 นาที จนท่านไม่สามารถปฏิบัติต่อไปได้หรือไม่สามารถควบคุมความเร็วรอบให้คงที่ได้ ในขณะที่ออกกำลังกายและในช่วงฟื้นตัวหลังออกกำลังกายจะทำการวัดงานของหัวใจและความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ อัตราการเต้นของหัวใจในช่วงฟื้นตัวหลังออกกำลังกาย และดัชนีอัตราการเต้นของหัวใจ ท่านจะได้รับการประเมินก่อนและหลังการศึกษา 8 สัปดาห์

การนัดหมายครั้งที่ 2 ผู้วิจัยจะขอให้ท่านงดกิจกรรม ดังนี้ 1) งดอาหารอย่างน้อย 8 ชั่วโมง 2) งดกิจกรรมที่ใช้แรงมากอย่างน้อย 1 วัน เช่น ทำสวน ขุดดิน หรือออกกำลังกายอย่างหนัก 3) งดกิจกรรมที่ใช้แรงปานกลางอย่างน้อย 2 ชั่วโมง เช่น ออกกำลังกาย ทำความสะอาดบ้าน และ 4) งดดื่มชา กาแฟ และแอลกอฮอล์ แลงดสูบบุหรี่ อย่างน้อย 4 ชั่วโมง

การนัดครั้งที่ 1 เมื่อท่านมาถึงห้องปฏิบัติการสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ท่านจะได้รับการวัดองค์ประกอบของร่างกายโดยใช้เครื่องวัดองค์ประกอบของร่างกาย Dual Energy X-ray Absorptiometry (DXA) เพื่อประเมินมวลกล้ามเนื้อ มวลไขมัน ร้อยละไขมันร่างกาย และมวลกระดูก วัดสัดส่วนของไขมันในร่างกายในท่านอนเป็นเวลา 30 นาที ท่านจะได้รับการประเมินก่อนและหลังการศึกษา 8 สัปดาห์

ผู้วิจัยจะเลือกกลุ่มที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกันเป็นคู่ โดยใช้อายุ จากนั้นทำการสุ่มโดยใช้วิธีการจับสลาก เพื่อแบ่งผู้ท่านออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มที่ 1 ได้รับอาหารควบคุมอาหารชนิดหนึ่ง โปรตีนไฮโดรไลเสท จำนวน 15 คน 2) กลุ่มที่ได้รับอาหารควบคุมอาหารชนิดหนึ่ง โปรตีนไฮโดรไลเสทและออกกกำลังกายแบบมีแรงต้าน จำนวน 15 คน และ 3) กลุ่มที่ควบคุมสารหล่อลื่น จำนวน 15



	คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	AF 04-10/01.0
	เอกสารชี้แจงอาสาสมัครผู้รับการวิจัย สำหรับผู้มีอายุ 18 ปีขึ้นไป (Participant information sheet)	หน้า 6 ของ 9 หน้า

คน อาสาสมัครทุกคนจะได้รับอาหารขบเคี้ยวชนิดแห้งที่มีลักษณะ ขนาด สี และกลิ่นเหมือนกัน รับประทานวันละ 3 แห่ง (25 กรัม/แห่ง) หลังอาหารเช้า กลาง วัน และเย็น เป็นเวลา 8 สัปดาห์

ท่านที่อยู่ในกลุ่มที่ได้รับประทานอาหารขบเคี้ยวชนิดแห้งโปรตีนไฮโดรไลเสทและออกกําลังกายแบบมีแรงต้าน จำนวน 15 คน ผู้วิจัยจะขอนัดท่านมาออกกําลังกายแบบมีแรงต้าน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ที่ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 8-12 กลุ่มกล้ามเนื้อมัดใหญ่ ความหนักร้อยละ 67-85 ของน้ำหนักที่ยกได้สูงสุด (1 repetition maximum, 1RM) จำนวน 6-12 ครั้ง พักระหว่างเซต 30 วินาที ถึง 1.30 นาที จำนวน 3-4 เซตต่อกลุ่มกล้ามเนื้อ

การนัดครั้งที่ 3 และ 4 หลังการศึกษา 8 สัปดาห์ ผู้วิจัยจะนัดท่านให้มาที่ห้องปฏิบัติการสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยท่านจะถูกขอร้องให้ดักกิจกรรมทางกายและเตรียมตัว เช่นเดียวกับการนัดครั้งที่ 1 และ 2 ท่านจะได้รับตรวจวัดตัวแปรซ้ำอีกครั้ง การนัดหมายครั้งนี้ถือเป็นการสิ้นสุดการเข้าร่วมโครงการวิจัย

โดยตลอดระยะเวลาที่ท่านเข้าร่วมในโครงการวิจัย คือ 2 เดือน และมาพบผู้วิจัยและ/หรือผู้ช่วยเก็บข้อมูลทั้งสิ้น 4 ครั้ง

5. ความรับผิดชอบของอาสาสมัครผู้รับการวิจัยในโครงการวิจัย

เพื่อให้งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จ ผู้วิจัยใคร่ขอความร่วมมือจากท่านโดยจะขอให้ท่านปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้วิจัยอย่างเคร่งครัด รวมทั้งแจ้งอาการผิดปกติต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับท่านระหว่างที่ท่านเข้าร่วมในโครงการวิจัยให้ผู้วิจัยได้รับทราบ

6. ความเสี่ยงที่อาจได้รับ

สำหรับความเสี่ยงที่ไม่ทราบแน่นอน ท่านอาจเกิดการข้างเคียงหรือความไม่สบายนอกเหนือจากที่ได้แสดงในเอกสารฉบับนี้ซึ่งอาการข้างเคียงเหล่านี้เป็นอาการที่ไม่เคยพบมาก่อน เพื่อความปลอดภัยของท่านควรแจ้งผู้วิจัยให้ทราบทันทีเมื่อเกิดความผิดปกติใดๆ เกิดขึ้น หากท่านมีข้อสงสัยใดๆ เกี่ยวกับความเสี่ยงที่อาจได้รับจากการเข้าร่วมในโครงการวิจัย ท่านสามารถสอบถามจากผู้วิจัยได้ตลอดเวลา หากมีการค้นพบข้อมูลใหม่ๆ ที่อาจมีผลต่อความปลอดภัยของท่านในระหว่างที่ท่านเข้าร่วมในโครงการวิจัย ผู้วิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบทันทีเพื่อให้ท่านตัดสินใจว่าจะเข้าร่วมในโครงการวิจัยต่อไปหรือจะขอถอนตัวออกจากโครงการวิจัย

7. การพบแพทย์นอกตารางนัดหมายในกรณีที่เกิดการข้างเคียง

หากมีอาการข้างเคียงใดๆ เกิดขึ้นกับท่านขอให้ท่านรีบมาพบแพทย์ที่สถานพยาบาลทันทีถึงแม้ว่าจะอยู่นอกตารางการนัดหมายเพื่อแพทย์จะได้ประเมินอาการข้างเคียงของท่านและให้การรักษาที่เหมาะสมทันที หากอาการดังกล่าวเป็นผลจากการเข้าร่วมในโครงการวิจัยท่านจะไม่เสียค่าใช้จ่าย

8. ประโยชน์ที่อาจได้รับ

ท่านจะไม่ได้รับประโยชน์ใดๆ โดยตรงจากการเข้าร่วมในโครงการวิจัย แต่อาจได้ความรู้ ฝึกฝน ทักษะทางวิทยาศาสตร์การกีฬา และสุขภาพที่ดีขึ้นจากการออกกำลังกายเป็นประจำ

 KUREC-HS61/039 The Kasetsart University Research Ethics Committee 24 DEC 2018 Date of approval
--

	คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	AF 04-10/01.0
	เอกสารชี้แจงอาสาสมัครผู้รับการวิจัย สำหรับผู้มีอายุ 18 ปีขึ้นไป (Participant information sheet)	หน้า 7 ของ 9 หน้า

และมีความปลอดภัยในคนอ้วน และสามารถลดภาวะอ้วนลงพุงในเลือดได้ นอกจากนี้ยังได้แนวทางเลือกใหม่ในการนำของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมใหม่เอี่ยมมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์

9. ข้อปฏิบัติของท่านขณะที่เข้าร่วมในโครงการวิจัย

ขอให้ท่านปฏิบัติดังนี้

- ขอให้ท่านให้ข้อมูลส่วนตัวของท่านทั้งในอดีตและปัจจุบันแก่ผู้วิจัยด้วยความสัตย์จริง
- ขอให้ท่านแจ้งให้ผู้วิจัยทราบความผิดปกติที่เกิดขึ้นระหว่างที่ท่านเข้าร่วมในโครงการวิจัย
- ก่อนมาทำการทดสอบทุกครั้ง ขอให้ท่านปฏิบัติดังนี้ 1) งดยาหรือเครื่องดื่มที่ต้องใช้แรงอย่างน้อย 1 วัน เช่น ทำสวน ขุดดิน หรือออกกำลังกายอย่างหนัก 2) งดยาหรือเครื่องดื่มที่ใช้แรงปานกลางอย่างน้อย 2 ชั่วโมง เช่น ออกกำลังกาย ทำความสะอาดบ้าน และ 3) งดยาหรือเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ และงดสูบบุหรี่ อย่างน้อย 4 ชั่วโมง

10. อันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการเข้าร่วมในโครงการวิจัยและความรับผิดชอบของผู้วิจัย/ผู้สนับสนุนการวิจัย

หากพบอันตรายที่เกิดขึ้นจากการวิจัยท่านจะได้รับการรักษาอย่างเหมาะสมทันที และท่านปฏิบัติตามคำแนะนำของทีมนักวิจัยแล้วผู้วิจัย/ผู้สนับสนุนการวิจัยยินดีจะรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลของท่าน ท่านจะไม่เสียค่าใช้จ่ายใดๆ ทั้งสิ้น และการลงนามในหนังสือแสดงเจตนายินยอมเข้าร่วมการวิจัยไม่ได้หมายความว่าท่านได้ละสิทธิ์ทางกฎหมายตามปกติที่ท่านพึงมี

ในกรณีที่ท่านได้รับอันตรายใดๆ หรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัย ท่านสามารถติดต่อกับผู้วิจัย คือ ดร.พิลาณี ไกลนอมสัดย์ โทรศัพท์มือถือ 085-1885681 ตลอด 24 ชั่วโมง

11. ค่าใช้จ่ายของท่านในการเข้าร่วมในโครงการวิจัย

ท่านจะไม่เสียค่าใช้จ่ายใดๆ ในการวิจัยครั้งนี้

12. ค่าตอบแทนสำหรับอาสาสมัครผู้รับการวิจัย

ท่านจะได้รับเงินค่าตอบแทนจำนวน 500 บาท เป็นค่าชดเชยการเดินทางจากการเข้าร่วมในโครงการวิจัย

13. การเข้าร่วมและการสิ้นสุดการเข้าร่วมในโครงการวิจัย

การเข้าร่วมในโครงการวิจัยครั้งนี้เป็นไปโดยความสมัครใจ หากท่านไม่สมัครใจจะเข้าร่วมในโครงการวิจัยแล้วท่านสามารถถอนตัวได้ตลอดเวลาโดยไม่ต้องแจ้งให้ผู้วิจัยรับทราบ การขอถอนตัวออกจากโครงการวิจัยจะไม่มีผลกระทบใดๆ ต่อท่าน

ผู้วิจัยอาจถอนท่านออกจากการเข้าร่วมในโครงการวิจัยเพื่อเหตุผลด้านความปลอดภัยของท่านหรือเมื่อผู้สนับสนุนการวิจัยยุติการดำเนินงานวิจัยหรือในกรณีดังต่อไปนี้

- ท่านไม่สามารถปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้วิจัย
- ท่านมีอาการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ เอ็นกล้ามเนื้อ และข้อต่อ

14. การปกป้องรักษาข้อมูลความลับของอาสาสมัครผู้รับการวิจัย

	KUREC-HS61/039
	The Kasetsart University Research Ethics Committee
	24 DEC 2018
Date of approval	

	คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	AF 04-10/01.0
	เอกสารชี้แจงอาสาสมัครผู้รับการวิจัย สำหรับผู้มีอายุ 18 ปีขึ้นไป (Participant information sheet)	หน้า 8 ของ 9 หน้า

ข้อมูลนี้อาจนำไปสู่การเปิดเผยตัวท่านจะได้รับการปกปิดและจะไม่เปิดเผยแก่สาธารณชน ในกรณีที่ผลการวิจัยได้รับการตีพิมพ์ ชื่อและที่อยู่ของท่านจะต้องได้รับการปกปิดอยู่เสมอโดยจะใช้เฉพาะรหัสประจำโครงการวิจัยของท่าน ทั้งนี้ ข้อมูลของท่านจะถูกจัดเก็บ 3 ปี สถานที่เก็บ คือ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลผลิตทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และจะทำลายภายในปี พ.ศ. 2565

จากการลงนามยินยอมของท่าน ผู้วิจัยและผู้สนับสนุนการวิจัยสามารถเข้าไปตรวจสอบบันทึกข้อมูลส่วนตัวของท่านได้แม้จะสิ้นสุดโครงการวิจัยแล้วก็ตาม หากท่านต้องการยกเลิกการให้สิทธิ์ดังกล่าวท่านสามารถแจ้งหรือเขียนบันทึกขอยกเลิกการให้คำยินยอมโดยส่งไปที่ ดร.พิลาณี ไกลนอมสตัย โทรศัพท์มือถือ 085-1885681 ตลอด 24 ชั่วโมง หรือสถานที่ทำงานในประเทศไทย คือ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลผลิตทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หากท่านขอยกเลิกการให้คำยินยอมหลังจากที่ท่านได้เข้าร่วมในโครงการวิจัยแล้วข้อมูลส่วนตัวของท่านจะไม่ถูกบันทึกเพิ่มเติม อย่างไรก็ตาม ข้อมูลอื่นๆ ของท่านอาจถูกนำมาใช้เพื่อประเมินผลการวิจัยและท่านจะไม่สามารถกลับมาเข้าร่วมในโครงการวิจัยได้อีก ทั้งนี้ เนื่องจากข้อมูลของท่านที่จำเป็นสำหรับใช้เพื่อการวิจัยไม่ได้ถูกบันทึก

จากการลงนามยินยอมของท่าน แพทย์ผู้วิจัยสามารถบอกรายละเอียดของท่านที่เกี่ยวข้องกับการเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ให้แก่แพทย์ผู้รักษาท่านได้

15. สิทธิของอาสาสมัครผู้รับการวิจัย

- ในฐานะที่ท่านเป็นอาสาสมัครผู้รับการวิจัย ท่านจะมีสิทธิ์ดังต่อไปนี้
- ท่านจะได้รับทราบถึงลักษณะและวัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้
 - ท่านจะได้รับการอธิบายเกี่ยวกับระเบียบวิธีการของการวิจัยทางการแพทย์ รวมทั้งยาและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้
 - ท่านจะได้รับการอธิบายถึงความเสี่ยงและความไม่สบายที่จะได้รับจากการวิจัย
 - ท่านจะได้รับการอธิบายถึงประโยชน์ที่ท่านอาจได้รับจากการวิจัย
 - ท่านจะได้รับการเปิดเผยถึงทางเลือกในการรักษาด้วยวิธีอื่น ยา หรืออุปกรณ์ซึ่งมีผลดีต่อท่าน รวมทั้งประโยชน์และความเสี่ยงที่ท่านอาจได้รับ
 - ท่านจะได้รับทราบแนวทางในการรักษาในกรณีที่พบโรคแทรกซ้อนภายหลังการเข้าร่วมในโครงการวิจัย
 - ท่านจะมีโอกาสได้ซักถามเกี่ยวกับโครงการวิจัยหรือขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัย
 - ท่านจะได้รับทราบว่าการยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ท่านสามารถขอถอนตัวออกจากโครงการวิจัยเมื่อใดก็ได้โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผลโดยท่านจะไม่ได้รับผลกระทบใดๆ ทั้งสิ้น
 - ท่านจะได้รับเอกสารชี้แจงอาสาสมัครผู้รับการวิจัยและสำเนาหนังสือแสดงเจตนายินยอมเข้าร่วมการวิจัยที่มีทั้งลายเซ็นและวันที่
 - ท่านมีสิทธิ์ในการตัดสินใจว่าจะเข้าร่วมในโครงการวิจัยหรือไม่ก็ได้โดยไม่มีผลต่อการรักษาหรือการดูแลสุขภาพ

หากท่านไม่ได้รับการชดเชยอันควรต่อการบาดเจ็บหรือเจ็บป่วยที่เกิดขึ้นโดยตรงจากการวิจัยหรือท่านไม่ได้รับการปฏิบัติตามที่ปรากฏในเอกสารชี้แจงอาสาสมัครผู้รับการวิจัย ท่านสามารถร้องเรียนได้ที่



	คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	AF 04-10/01.0
	เอกสารชี้แจงอาสาสมัครผู้รับการวิจัย สำหรับผู้มีอายุ 18 ปีขึ้นไป (Participant information sheet)	หน้า 9 ของ 9 หน้า

คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อาคารสุวรรณวาจกกสิกิจ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทรศัพท์ 0-2579-5547 โทรสาร 0-2561-1985

ขอขอบคุณในการร่วมมือของท่านมา ณ ที่นี้



	คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	AF 05-10/01.0
	หนังสือแสดงเจตนายินยอมเข้าร่วมการวิจัย สำหรับผู้มีอายุ 18 ปีขึ้นไป (Informed consent form)	หน้า 1 ของ 2 หน้า

เวอร์ชัน (Version).....1.0.....
 ลงวันที่ เดือน ปี.....9...พฤศจิกายน 2561.....
 (สำหรับผู้วิจัยหลักกรอก)

โครงการวิจัย เรื่อง การพัฒนาอาหารเสริมสุขภาพจากโปรตีนไฮโดรไลเสตดักแด่ใหม่อีรี

วันให้คำยินยอม วันที่ เดือน พ.ศ.

ข้าพเจ้า อาสาสมัครผู้รับการวิจัย ชื่อ.....

ที่อยู่ปัจจุบัน

ได้อ่านรายละเอียดจากเอกสารชี้แจงอาสาสมัครผู้รับการวิจัยที่แนบมาฉบับลงวันที่

และข้าพเจ้ายินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัยโดยสมัครใจ

ข้าพเจ้าได้รับสำเนาหนังสือแสดงเจตนายินยอมเข้าร่วมการวิจัยที่ข้าพเจ้าได้ลง

เอกสารชี้แจงอาสาสมัครผู้รับการวิจัย ทั้งนี้ ก่อนที่จะลงนามในหนังสือแสดงเจตนายินยอมเข้าร่วมการวิจัย

ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัยถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย ระยะเวลาของการวิจัย วิธีการวิจัย อันตรายหรือ

อาการที่อาจเกิดขึ้นจากการวิจัย รวมทั้งประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัย ข้าพเจ้ามีเวลาและโอกาสเพียงพอใน

การซักถามข้อสงสัยจนมีความเข้าใจอย่างดีแล้วโดยผู้วิจัยได้ตอบคำถามต่างๆ ด้วยความเต็มใจไม่ปิดบังซ่อนเร้นจน

ข้าพเจ้าพอใจ

ข้าพเจ้ารับทราบจากผู้วิจัยว่าหากเกิดอันตรายใดๆ จากการวิจัยดังกล่าว ข้าพเจ้าจะได้รับการ

รักษาพยาบาลโดยไม่เสียค่าใช้จ่าย

ข้าพเจ้ามีสิทธิที่จะบอกเลิกการเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้เมื่อใดก็ได้โดยไม่ต้องแจ้งให้ผู้วิจัยรับทราบโดยไม่

จำเป็นต้องแจ้งเหตุผล และการบอกเลิกการเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้จะไม่ผลใดๆ ต่อข้าพเจ้า

ผู้วิจัยรับรองว่าจะเก็บข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าเป็นความลับและจะเปิดเผยได้เฉพาะเมื่อได้รับการยินยอม

จากข้าพเจ้าเท่านั้น คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์อาจได้รับอนุญาตให้เข้ามาตรวจและประมวลข้อมูล

ของข้าพเจ้า ทั้งนี้ จะต้องกระทำไปเพื่อวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลเท่านั้น โดยการตกลงที่

จะเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ข้าพเจ้าได้ให้คำยินยอมที่จะให้มีการตรวจสอบข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าได้

ผู้วิจัยรับรองว่าจะไม่มีการเก็บข้อมูลใดๆ เพิ่มเติมหลังจากที่ข้าพเจ้ายกเลิกการเข้าร่วมในโครงการวิจัยและ

ต้องการให้ทำลายเอกสารและ/หรือตัวอย่างที่ใช้ตรวจสอบทั้งหมดที่สามารถสืบค้นถึงตัวข้าพเจ้าได้

ข้าพเจ้าเข้าใจว่าข้าพเจ้ามีสิทธิที่จะตรวจสอบหรือแก้ไขข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าและสามารถยกเลิกการ

ให้สิทธิในการใช้ข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าได้โดยไม่ต้องแจ้งให้ผู้วิจัยรับทราบ

ข้าพเจ้าได้ตระหนักว่าข้อมูลในการวิจัย รวมถึงข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าที่ไม่มีการเปิดเผยชื่อจะผ่าน

กระบวนการต่างๆ เช่น การเก็บข้อมูล การบันทึกข้อมูลในแบบบันทึกและในคอมพิวเตอร์ การตรวจสอบ การ

วิเคราะห์ และการรายงานข้อมูลเพื่อวัตถุประสงค์ทางวิชาการ

ข้าพเจ้าได้อ่านข้อความข้างต้นและมีความเข้าใจดีทุกประการแล้ว

เต็มใจจึงได้ลงนามในหนังสือแสดงเจตนายินยอมเข้าร่วมการวิจัยนี้

KUREC-HS61/039
 The Kasetsart University
 Research Ethics Committee
 ลงนามอาสาสมัครผู้ 24 DEC 2018
 Date of approval

	คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	AF 05-10/01.0
	หนังสือแสดงเจตนายินยอมเข้าร่วมการวิจัย สำหรับผู้มีอายุ 18 ปีขึ้นไป (Informed consent form)	หน้า 2 ของ 2 หน้า

(.....) ชื่ออาสาสมัครผู้รับการวิจัยตัวบรรจง
วันที่ เดือน..... พ.ศ.

← หลังวันเก็บรอง
24 ธันวาคม 2561

กรณีอาสาสมัครผู้รับการวิจัยไม่สามารถอ่านหนังสือได้

ข้าพเจ้าไม่สามารถอ่านหนังสือได้แต่ผู้อ่านข้อความ (ซึ่งไม่ใช่ผู้วิจัยและเจ้าหน้าที่ในโครงการวิจัย) ได้อ่านข้อความในหนังสือแสดงเจตนายินยอมเข้าร่วมการวิจัยนี้ให้ข้าพเจ้าฟังจนเข้าใจดีแล้ว ข้าพเจ้าจึงประทับลายนิ้วมือขวาของข้าพเจ้าในหนังสือแสดงเจตนายินยอมเข้าร่วมการวิจัยด้วยความเต็มใจ

	 ลงนามผู้อ่านข้อความ
	(.....) ชื่อผู้อ่านข้อความตัวบรรจง
	วันที่ เดือน..... พ.ศ.
อาสาสมัครฯ ประทับลายนิ้วมือขวา	 ลงนามพยาน (ไม่ใช่ผู้วิจัยและทีม)
	(.....) ชื่อพยานตัวบรรจง
	วันที่ เดือน..... พ.ศ.

..... ลงนามผู้วิจัย
(.....) ชื่อผู้วิจัยตัวบรรจง
วันที่ เดือน..... พ.ศ.

ข้าพเจ้า (ผู้วิจัย) ได้อธิบายถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการวิจัย อันตรายหรือความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากการวิจัย รวมทั้งประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัยอย่างละเอียดให้อาสาสมัครผู้รับการวิจัยตามนามข้างต้นได้รับทราบและมีความเข้าใจดีแล้วพร้อมลงนามในหนังสือแสดงเจตนายินยอมเข้าร่วมการวิจัยด้วยความเต็มใจ

..... ลงนามผู้วิจัย
(.....) ชื่อผู้วิจัยตัวบรรจง
วันที่ เดือน..... พ.ศ.

← หลังวันเก็บรอง
24 ธันวาคม 2561

(.....) ชื่อพยานตัวบรรจง
วันที่ เดือน..... พ.ศ.

	KUREC-HS61/039
	The Kasetsart University
	Research Ethics Committee
	24 DEC 2018
Date of approval	