

บทความวิจัย

ผลของชนิดโปรตีนพืชต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืช

Effect of Textured Vegetable Protein Type on Quality of Plant-Based Meat Product

เดือนฉาย ตันนารัตน์^{1*}, อัจฉรีย์ยา นพวิญญวงษ์¹, ธนิตา ธนะกมลประดิษฐ์¹

Duenchay Tunnarut^{1*}, Atchareeya Nopwinyuwong¹, Tanita Tanakamolpradit¹

Received: September 24, 2021

Revised: January 2, 2022

Accepted: January 3, 2022

บทคัดย่อ

ผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืชเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่เติบโตเร็ว และถูกผลิตขึ้นมาจากเนื้อเทียมหรือโปรตีนพืชหลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิดให้คุณลักษณะแตกต่างกัน ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของชนิดโปรตีนพืช (โปรตีนจากถั่วเหลือง A, โปรตีนจากถั่วเหลือง B, โปรตีนจากถั่วลันเตา A, โปรตีนจากถั่วลันเตา B และโปรตีนจากข้าวสาลี) ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืช โดยวิเคราะห์หาโปรไฟล์ลักษณะเนื้อสัมผัส ปริมาณโปรตีน ปริมาณความชื้น สี และทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืชที่เตรียมจากโปรตีนจากถั่วเหลือง B มีค่าความแข็งและพลังงานที่ใช้ในการเคี้ยวสูงเมื่อเทียบกับโปรตีนพืชชนิดอื่นที่ทำการศึกษาค่า ($p < 0.05$) มีปริมาณโปรตีนสูงถึงร้อยละ 15.7 มีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 60-70 และมีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นถั่ว/กลิ่นข้าวสาลี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์สูงกว่าโปรตีนพืชชนิดอื่นที่ทำการศึกษา ในขณะที่คะแนนความชอบด้านสีเนื้อผลิตภัณฑ์ที่มีคะแนนรองมาจากผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืชที่ทำมาจากโปรตีนจากถั่วลันเตา A ($p > 0.05$) นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืชที่เตรียมจากโปรตีนจากถั่วเหลือง B ยังได้รับการยอมรับผลิตภัณฑ์จากผู้บริโภคสูงสุดถึงร้อยละ 75 แสดงให้เห็นว่างานวิจัยนี้สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืชได้

คำสำคัญ: โปรตีนพืช เนื้อจากพืช การวิเคราะห์หาโปรไฟล์ลักษณะเนื้อสัมผัส ปริมาณโปรตีน ความชอบโดยรวม

ABSTRACT

Plant-based meat products have emerged as one of the fast-growing industries, and they are made from a variety of artificial meats or textured vegetable proteins, with different characteristics. The effect of textured vegetable protein types (soy protein A, soy protein B, pea protein A, pea protein B and wheat protein) on texture profile analysis, protein content, moisture content, color and sensory liking scores of plant-based meat products was investigated in this study. Plant-based meat products prepared from soy protein B showed higher hardness and chewiness than other proteins ($p < 0.05$). The product has a high protein content about 15.7% and a moisture content of 60-70%. The liking scores for appearance, nutty flavor/wheat flavor, taste, texture and overall liking were higher than other proteins. With the exception of the meat color liking score, plant-based meat products prepared from pea protein A received the second-highest score ($p > 0.05$). In addition, 75% of consumers accept plant-based meat products prepared from soy protein B. This research shows that it can be further developed into plant-based meat products.

Keywords: textured vegetable protein, plant-based meat, texture profile analysis, protein content, overall liking

*Corresponding author e-mail: duenchaytun@pim.ac.th

¹คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์ ถนนพสุธา 11120

¹Faculty of Agro-Industry, Panyapiwat Institute of Management, Nonthaburi 11120, Thailand.

บทนำ

ปัจจุบันการเติบโตของตลาดผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืช (plant-based meat) นั้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากผู้บริโภคมีความตระหนักและให้ความสำคัญกับสุขภาพของตนเองมากขึ้น ทำให้พฤติกรรมกรรมการรับประทานอาหารของผู้บริโภคทั่วโลกเริ่มมีกระแสหันมารับประทานอาหารมังสวิรัตแบบยืดหยุ่น (flexitarian) ที่ทำให้ง่ายและสะดวกต่อการใช้ชีวิตในยุคนี้ ทั้งยังตระหนักถึงสวัสดิภาพสัตว์ (animal welfare) กระแสรักษ์สิ่งแวดล้อม และการใช้ทรัพยากรให้คุ้มค่า นอกจากนี้การคาดการณ์ในด้านการผลิตเนื้อสัตว์อีกประมาณ 30 ปีข้างหน้า อาจจะไม่ยั่งยืนด้วยเรื่องราคาของเนื้อสัตว์ จึงมีแนวทางในการหาวัตถุดิบมาทดแทนเนื้อสัตว์ โดยการเลือกวัตถุดิบที่เป็นโปรตีนทางเลือกจากธรรมชาติ เพื่อเน้นในเรื่องคุณค่าทางโภชนาการ รสชาติและเนื้อสัมผัสที่มีความคล้ายคลึงกับเนื้อสัตว์จริง [1] โดยอาศัยความก้าวหน้าของนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีอาหาร (FoodTech) ที่มีการเติบโต และพัฒนาอย่างรวดเร็ว ผลิตอาหารออกมาหลากหลายรูปแบบ และมีรสชาติที่อร่อย ดังนั้นเป็นผลให้ผู้บริโภคทั่วโลกเริ่มหันมาสนใจที่จะเลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารจากพืช (plant-based food) มากขึ้น

วัตถุดิบหลักสำคัญที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารจากพืช คือ เนื้อเห็ด หรือ โปรตีนพืช (textured vegetable protein, TVP) ซึ่งถูกจำกัดความว่าเป็นส่วนผสมอาหารที่แปรรูปมาจากแหล่งโปรตีนที่กินได้ [2] ซึ่งมีสัดส่วนในองค์ประกอบของเนื้อจากพืชอยู่ประมาณร้อยละ 10-25 [3] การคัดเลือกโปรตีนพืชนอกจากจะต้องคำนึงถึงราคา ความสามารถในการจัดหาวัตถุดิบ คุณค่าทางโภชนาการ และค่านิยมแล้ว สิ่งสำคัญในการพิจารณา คือ ลักษณะปรากฏ และเนื้อสัมผัส เมื่อทำให้ชุ่มชื้นด้วยน้ำและปรุงสุกอย่างเหมาะสม [2, 4] ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการทำงานของโปรตีนพืช (plant protein functionality) ที่ส่งผลต่อการเกิดโครงสร้างของผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืช จึงทำให้โปรตีนพืชที่พบในปัจจุบัน มีคุณสมบัติการใช้งานแตกต่างกันขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของวัตถุดิบ โดยมีวัตถุดิบที่เป็นแหล่งโปรตีน ได้แก่ ธัญพืช (ข้าวสาลี ข้าวโอ๊ต และข้าวโพด) พืชตระกูลถั่ว (ถั่ว

เหลือง ถั่วลันเตา และลีนทิล) และเมล็ดพืช เป็นต้น [5] ซึ่งโปรตีนพืชเหล่านี้จะถูกปรับเปลี่ยนรูปร่างให้มีลักษณะเป็นเส้นเพื่อให้มีลักษณะเนื้อสัมผัสคล้ายเนื้อสัตว์ โดยส่วนมากโปรตีนพืชที่นำมาประกอบอาหาร จะทำมาจากโปรตีนจากถั่วเหลือง ส่วนโปรตีนพืชจากเมล็ดฝ้าย ข้าวโพด ข้าวสาลี ถั่วลิสง และถั่วลันเตา นั้นมีนำมาใช้บ้าง เนื่องจากเป็นโปรตีนที่สามารถสร้างลักษณะเนื้อสัมผัสที่คล้ายเนื้อได้เช่นกัน [6]

โปรตีนพืชจัดว่าเป็นผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง (dried food) เนื่องจากมีการสกัดเอาไขมันออกหมด และกำจัดน้ำในระบบให้มากที่สุด ด้วยวิธีการแปรรูปอาหารที่เรียกว่า กระบวนการอัดพอง (extrusion) ร่วมกับการทำแห้ง (dehydration) โดยใช้เครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ (extruder) ดังนั้นก่อนนำไปประกอบอาหารจึงต้องนำโปรตีนพืชไปแช่ในน้ำจนพองนุ่มแล้วบีบน้ำออกก่อนใช้ ซึ่งมีงานวิจัยได้ศึกษาผลความเข้มข้นของโปรตีนเกษตรต่อคุณภาพของนักเก็ตจากพืช [7] การใช้โปรตีนพืชในไส้กรอกเนื้อ [8] และศึกษาความเข้มข้นของ textured soy protein ต่อคุณภาพของซาโมซ่าเนื้อ [9] และศึกษาผลของ textured wheat protein และ soy protein ต่อคุณภาพนักเก็ตไก่ [10] นอกจากนี้การใช้ไฮโดรคอลลอยด์ร่วมด้วยจะช่วยในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์รูปร่างผลิตภัณฑ์ที่มีความคงตัว [11-12] มีงานวิจัยที่ศึกษาการใช้โปรตีนพืชร่วมกับไฮโดรคอลลอยด์ โดยใช้ textured soy protein ร่วมกับ isolated soy protein และผสมไฮโดรคอลลอยด์ในกลุ่มของแคปปา-คาร์ราจีแนน (K-carrageenan), คอนยัค แมนแนน (konjac mannan) และแซนแทนกัม (xanthan gum) เพื่อปรับปรุงความสามารถในการอุ้มน้ำ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการสูญเสียจากการทำสุกของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกที่ปราศจากเนื้อสัตว์ [13] การใช้ textured soy protein และ textured isolate soy protein ร่วมกับเมทิลเซลลูโลส (methyl cellulose) ในผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืช [14] และมีงานวิจัยเลือกใช้เมทิลเซลลูโลสเป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์ burger patties [15] ในปัจจุบันเมทิลเซลลูโลสถูกนำมาใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์เป็นส่วนใหญ่ [16] เนื่องจากเมทิลเซลลูโลสมีคุณสมบัติเป็นสารยึด

*Corresponding author e-mail: duenchaytun@pim.ac.th

¹คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์ นนทบุรี 11120

¹Faculty of Agro-Industry, Panyapiwat Institute of Management, Nonthaburi 11120, Thailand.

เกาะ (binding agents) ช่วยในการรักษารูปร่างผลิตภัณฑ์ให้คงตัว กักเก็บความชื้นและปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ [14, 17-18] ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้เมทิลเซลลูโลสเป็นส่วนประกอบในสูตรผลิตภัณฑ์เนื่องจากพืชแต่อย่างไรรก็ตามงานวิจัยที่ศึกษาชนิดของโปรตีนพืชต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื่องจากพืชยังมีจำนวนน้อย ดังนั้นในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของชนิดโปรตีนพืชต่อคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีนโดยรวม สีของผลิตภัณฑ์เนื่องจากพืช รวมทั้งความชอบและการยอมรับผลิตภัณฑ์เนื่องจากพืชของผู้บริโภค

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. คุณลักษณะของโปรตีนพืช

โปรตีนพืชที่ใช้ในการทดลอง คือ โปรตีนจากถั่วเหลือง A (soy protein A, Bangkok, Thailand), โปรตีน

จากถั่วเหลือง B (soy protein B, Geneva, Switzerland), โปรตีนจากข้าวสาลี (wheat protein, Zwingenberg, Germany), โปรตีนจากถั่วลันเตา A (pea protein A, Moosdorf, Austria), และโปรตีนจากถั่วลันเตา B (pea protein B, Berméricourt, French) ดังแสดงใน Figure 1 ซึ่งโปรตีนพืชทั้ง 5 ชนิดนี้ มีรูปร่างที่แตกต่างกัน จึงทำให้มีค่าความสามารถในการดูดซับน้ำ (water absorption capacity) แตกต่างกัน ดังนี้ ร้อยละ 480.0, 230.3, 263.6, 393.0 และ 344.2 ตามลำดับ ($p < 0.05$) และมีค่า L^* (ความสว่าง) อยู่ในช่วง 53.7 – 56.5 ($p > 0.05$) ค่า a^* (สีแดง) อยู่ในช่วง 7.8 – 8.1 ($p > 0.05$) ส่วนค่า b^* (สีเหลือง) นั้นมีความแตกต่างกัน คือ pea protein A มีค่าสูงสุด (27.7) รองลงมา คือ wheat protein (25.5), pea protein B (25.3) และสุดท้าย คือ soy protein A และ soy protein B มีค่าต่ำสุด (22.9) ($p < 0.05$) ดังแสดงใน Table 1



(a) Soy protein A



(b) Soy protein B



(c) Wheat protein



(d) Pea protein A



(e) Pea protein B

Figure 1 Type of commercial textured vegetable protein

*Corresponding author e-mail: duenchaytun@pim.ac.th

¹คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์ นนทบุรี 11120

¹Faculty of Agro-Industry, Panyapiwat Institute of Management, Nonthaburi 11120, Thailand.

Table 1 Quality of textured vegetable proteins

Textured vegetable proteins	Water absorption capacity (%)	L*	a*	b*
Soy protein A	480.0±1.8 ^a	54.73±0.81 ^{ns}	7.89±0.17 ^{ns}	22.87±0.16 ^c
Soy protein B	230.3±2.9 ^e	55.40±0.87 ^{ns}	7.83±0.18 ^{ns}	22.89±0.83 ^c
Pea protein A	393.0±14.3 ^b	56.25±0.90 ^{ns}	8.15±1.03 ^{ns}	27.70±0.37 ^a
Pea protein B	344.2±6.4 ^c	53.72±1.78 ^{ns}	8.04±0.19 ^{ns}	25.29±0.64 ^b
Wheat protein	263.6±5.2 ^d	56.47±2.68 ^{ns}	8.02±0.37 ^{ns}	25.49±0.15 ^b

Mean ± standard deviation values ($n=3$) followed by different lower case letters within the same column are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.

^{ns} not statistically significant at 95% confidence level

2. การเตรียมผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืช

การเตรียมผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืชทั้งหมด 5 สูตร โดยการใช้โปรตีนพืชที่แตกต่างกัน คือ soy protein A, soy protein B, pea protein A, pea protein B และ wheat protein ซึ่งมีขั้นตอนการเตรียมดัง Figure 2 และในแต่ละสูตรมีส่วนประกอบของสารละลายเมทิลเซลลูโลส (Ashland Global Specialty Chemicals Inc., Delaware, US) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.2, isolated

soy protein (PROFAM-974, ADM, Chicago, USA), pea fiber (J. Rettenmaier & Söhne GmbH + Co KG, Rosenberg, Germany), น้ำมันมะพร้าว, เครื่องปรุงรส เพื่อปรุงแต่งรสชาติและสีเพื่อเพิ่มสีแดงแก่ผลิตภัณฑ์ โดยทำการผสมวัตถุดิบด้วยเครื่องผสมอาหาร (kitchen aid mixer) แบบต่อเนื่องตลอดการทดลอง ซึ่งจะได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายดัง Figure 3

*Corresponding author e-mail: duenchaytun@pim.ac.th

¹คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์ นนทบุรี 11120

¹Faculty of Agro-Industry, Panyapiwat Institute of Management, Nonthaburi 11120, Thailand.

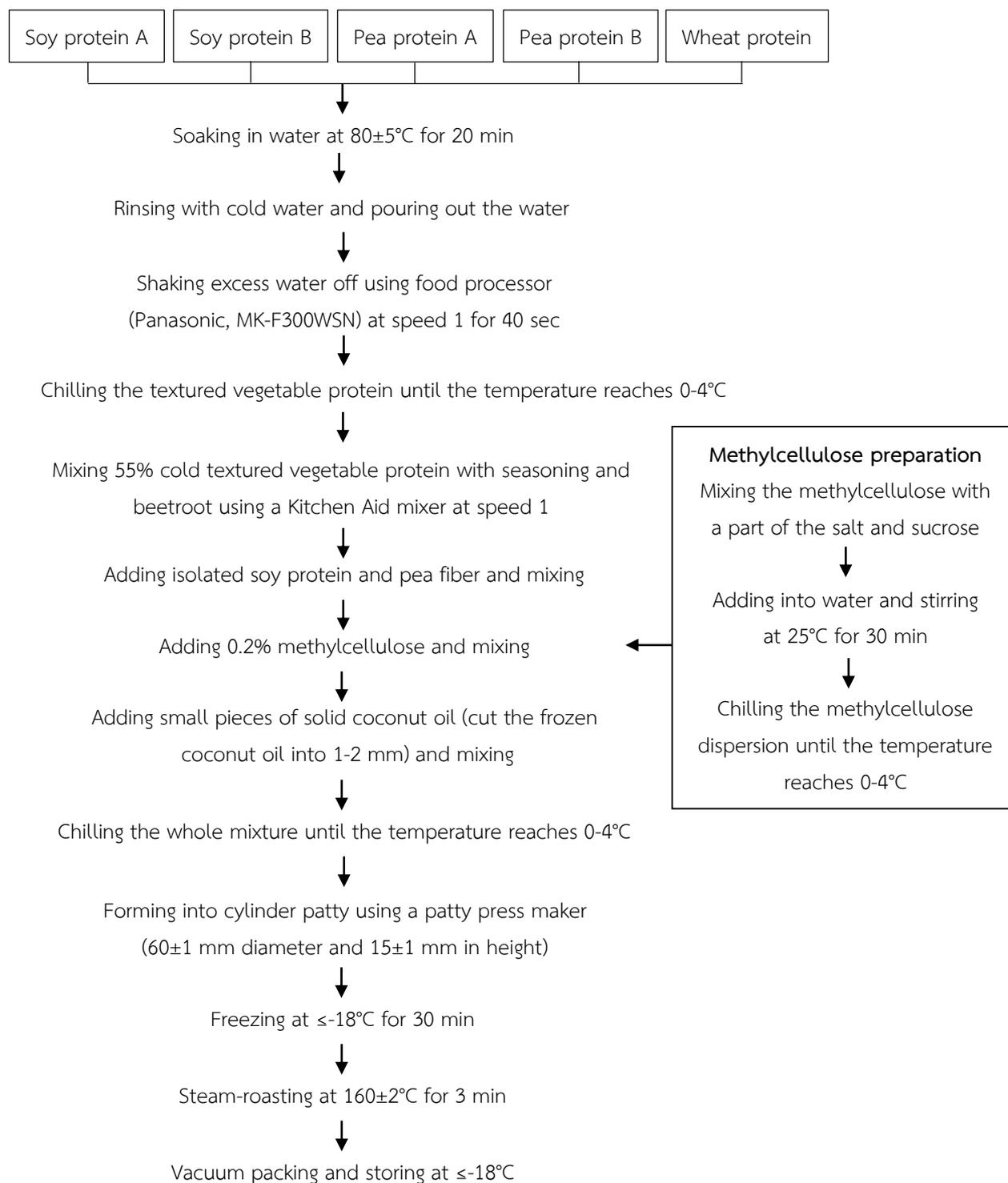


Figure 2 The preparation of plant-based meat products

*Corresponding author e-mail: duenchaytun@pim.ac.th

¹คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์ นนทบุรี 11120

¹Faculty of Agro-Industry, Panyapiwat Institute of Management, Nonthaburi 11120, Thailand.

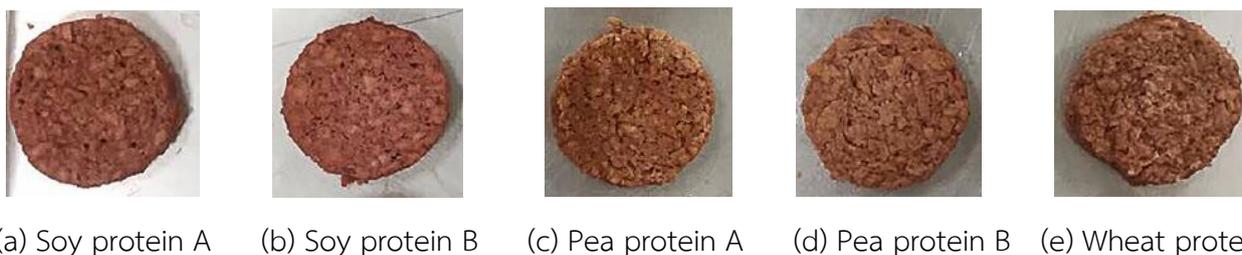


Figure 3 The cooked plant-based meat product at different type of commercial textured vegetable proteins

3. การวิเคราะห์โพรไฟล์ลักษณะเนื้อสัมผัส

วิเคราะห์โพรไฟล์ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture profile analysis, TPA) ด้วยเครื่อง Stable Micro System Texture Analyzer (TA.XT. plus) ที่มี loading cell 50 กิโลกรัม โดยตัวอย่างมีลักษณะเป็นทรงกระบอก เส้นผ่าศูนย์กลาง ขนาด 25 ± 1 มิลลิเมตร สูง 15 ± 1 มิลลิเมตร และนำผลิตภัณฑ์ไปอุ่นร้อนด้วยไมโครเวฟที่ กำลังไฟ 1,300 วัตต์ เวลา 30 วินาที โดยการวิเคราะห์ ตัวอย่างจะควบคุมที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส ใช้ หัววัด cylinder probe (P/50) ความเร็วของหัววัดก่อน ลงบนตัวอย่าง (pre-test speed) ความเร็วที่หัววัดกด ตัวอย่าง (test speed) และความเร็วที่หัววัดเคลื่อนที่ กลับสู่ตำแหน่งเดิมเมื่อเสร็จสิ้นการกดตัวอย่าง (post-test speed) เท่ากับ 2 มิลลิเมตรต่อวินาที ระยะทางที่ กดหัววัดลงบนตัวอย่าง (deformation) เท่ากับร้อยละ 50 ของความสูงของตัวอย่าง และหัววัดกดตัวอย่าง จำนวน 2 รอบ ซึ่งกราฟที่ได้จะแสดงค่าความแข็ง (hardness) การรวมตัวกันภายในของอาหาร (cohesiveness) การกลับคืนสู่ขนาดและรูปร่างเดิม (springiness) และพลังงานที่ใช้ในการเคี้ยว (chewiness) วิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ชิ้นตัวอย่าง

4. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน และ สีผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืช

ผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืชที่ผ่านการอุ่นร้อนด้วย ไมโครเวฟที่ กำลังไฟ 1,300 วัตต์ เวลา 90 วินาที จะถูก นำมาวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของตัวอย่างด้วยวิธี

มาตรฐาน AOAC โดยการอบแห้งตัวอย่างจนกระทั่ง น้ำหนักหลังอบคงที่ [19] วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนของ ตัวอย่างด้วยวิธีมาตรฐาน AOAC [20] และวิเคราะห์ค่า สีโดยใช้เครื่อง color reader ยี่ห้อ Minolta chroma meter (CR-10 Plus, Konica Minolta, Osaka, Japan) ซึ่งวัดในระบบ CIE Lab (L^* , a^* , b^*) ค่า L^* แสดงถึง ความสว่าง a^* แสดงถึงสีแดง ($+a^*$) หรือสีเขียว ($-a^*$) และ b^* แสดงถึงสีเหลือง ($+b^*$) หรือสีน้ำเงิน ($-b^*$) วิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

5. การทดสอบความชอบและการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค

ทดสอบความชอบและการยอมรับผลิตภัณฑ์ เนื้อจากพืช โดยใช้กลุ่มผู้บริโภคนักศึกษาและบุคลากร ในเขตพื้นที่สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์ ถนนแจ้ง วัฒนะ จังหวัดนนทบุรี จำนวน 100 คน ทำการประเมิน ความชอบของผลิตภัณฑ์ ด้านลักษณะปรากฏ สีเนื้อ ผลิตภัณฑ์ กลิ่นถั่ว/กลิ่นข้าวสาลี รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความแข็ง) และความชอบโดยรวมของผู้บริโภค ด้วยวิธี 9-point Hedonic scale โดยคะแนนเท่ากับ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด และคะแนนเท่ากับ 1 หมายถึง ไม่ชอบ มากที่สุด ทั้งนี้ได้ทำการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ ของผู้บริโภคร่วมด้วย โดยให้เลือกระหว่างยอมรับ หรือไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะทำการทดสอบความชอบ และการยอมรับผลิตภัณฑ์ภายหลังการผลิตอย่างน้อย 1 วัน โดยนำผลิตภัณฑ์ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ ≤ -18 องศา เซลเซียส จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ไปอุ่นร้อนด้วยไมโครเวฟ

*Corresponding author e-mail: duenchaytun@pim.ac.th

¹คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์ นนทบุรี 11120

¹Faculty of Agro-Industry, Panyapiwat Institute of Management, Nonthaburi 11120, Thailand.

ที่กำลังไฟ 1,300 วัตต์ เวลา 90 วินาที และหั่นแบ่งเป็น 6 ส่วน เท่าๆ กัน ก่อนเสิร์ฟให้กับผู้ทดสอบชิม จากนั้นเสิร์ฟตัวอย่างทั้ง 5 ตัวอย่าง ในครั้งเดียวกัน โดยให้ผู้ทดสอบชิมทานแครกเกอร์จืดและล้างปากด้วยน้ำเปล่าระหว่างการเปลี่ยนตัวอย่างทดสอบ

6. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) วิเคราะห์ผลการทดลองโดยหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลและความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรม IBM SPSS Statistics 24

ผลการทดลอง และวิจารณ์

1. ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืช

จากการศึกษาชนิดของโปรตีนพืชต่อคุณลักษณะทางเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืช พบว่า ผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืชที่เตรียมจาก soy protein A, soy protein B, pea protein A, pea protein B และ wheat protein มีค่าความแข็ง (hardness) เท่ากับ 0.44, 0.78, 0.40, 0.45 และ 0.26 กิโลกรัม ตามลำดับ และมีค่าพลังงานที่ใช้ในการเคี้ยว (chewiness) เท่ากับ 0.19, 0.21, 0.14, 0.12 และ 0.06 กิโลกรัม ตามลำดับ ($p < 0.05$) ดังแสดงใน Table 2 ซึ่งค่าพลังงานที่ใช้ในการเคี้ยวแสดงถึงแรงที่ใช้ในการเคี้ยวอาหารจนกระทั่งเสียรูป [21] ผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืชที่เตรียมจาก soy protein B มีค่าความแข็งและพลังงานที่ใช้ในการเคี้ยวสูงเมื่อเทียบกับโปรตีนพืชชนิดอื่นที่ทำการศึกษา ($p < 0.05$) เนื่องจาก soy protein B มีค่าความสามารถในการดูดซับน้ำ (ร้อยละ 230.3) น้อยกว่าโปรตีนพืชชนิดอื่น ซึ่งค่าความสามารถ

ในการดูดซับน้ำน้อยนั้นมีผลมาจากโครงสร้างของโปรตีนพืชที่มีลักษณะเป็นเส้นใยและมีเซลล์อากาศน้อย [22] จึงแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ทนต่อแรงกดได้มากกว่าโปรตีนพืชชนิดอื่น และ soy protein A, pea protein A และ pea protein B มีค่าความสามารถในการดูดซับน้ำเท่ากับ ร้อยละ 480.0, 393.0 และ 344.2 ตามลำดับ ซึ่งค่าความสามารถในการดูดซับน้ำมากนั้นมีผลมาจากโครงสร้างของโปรตีนพืชที่มีลักษณะคล้ายฟองน้ำและมีเซลล์อากาศมากกว่า [22] จึงทำให้ค่าความแข็งและพลังงานที่ใช้ในการเคี้ยวลดลง ในขณะเดียวกัน wheat protein ที่มีค่าความสามารถในการดูดซับน้ำน้อย แต่มีค่าความแข็งและพลังงานที่ใช้ในการเคี้ยวน้อยด้วย เนื่องจากรูปร่างโปรตีนพืชมีลักษณะเป็นแผ่นบาง จากผลการทดลองยังสอดคล้องกับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืชที่เตรียมจาก soy protein B โดยมีค่าคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นเมื่อค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น (Figure 4) นอกจากนี้การวิเคราะห์คุณลักษณะเนื้อสัมผัสยังรวมถึงค่าความยืดหยุ่นหรือการคืนตัว (springiness) ที่แสดงถึงอัตราของการคืนรูปของตัวอย่างหลังการถูกกด และค่าความสามารถเกาะรวมตัวกัน (cohesiveness) ที่แสดงถึงความแข็งของโครงสร้างภายในก่อนตัวอย่างเสียรูป [23] พบว่าการใช้โปรตีนขึ้นรูป soy protein A, soy protein B, pea protein A, pea protein B และ wheat protein มีค่าความยืดหยุ่น 0.72, 0.66, 0.68, 0.62 และ 0.50 ตามลำดับ ($p < 0.05$) และค่าความสามารถเกาะรวมตัวกัน 0.57, 0.41, 0.52, 0.42 และ 0.43 ตามลำดับ ($p < 0.05$) โดยค่าความยืดหยุ่นและการเกาะรวมตัวกันของตัวอย่างนั้นเป็นคุณลักษณะที่สามารถบ่งบอกถึงการต้านฟันระหว่างการเคี้ยวผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืช

*Corresponding author e-mail: duenchaytun@pim.ac.th

¹คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์ นนทบุรี 11120

¹Faculty of Agro-Industry, Panyapiwat Institute of Management, Nonthaburi 11120, Thailand.

Table 2 Textural property of plant-based meat products

Textured vegetable proteins	Hardness (kg)	Springiness (-)	Cohesiveness (-)	Chewiness (kg)
Soy protein A	0.44±0.09 ^b	0.72±0.07 ^a	0.57±0.05 ^a	0.19±0.06 ^b
Soy protein B	0.78±0.11 ^a	0.66±0.06 ^{a^b}	0.41±0.04 ^d	0.21±0.06 ^a
Pea protein A	0.40±0.06 ^c	0.68±0.05 ^b	0.52±0.02 ^b	0.14±0.04 ^c
Pea protein B	0.45±0.08 ^b	0.62±0.05 ^c	0.42±0.02 ^{cd}	0.12±0.03 ^d
Wheat protein	0.26±0.04 ^d	0.50±0.06 ^d	0.43±0.04 ^c	0.06±0.02 ^e

Mean ± standard deviation values (n= 30) followed by different lower case letters within the same column are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

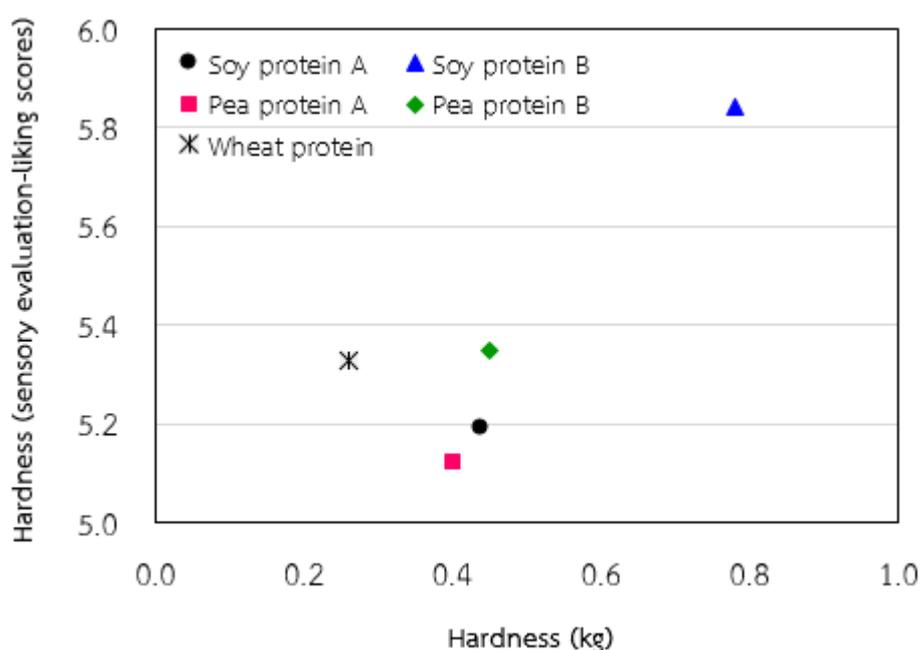


Figure 4 The relationship between hardness (sensory evaluation-liking scores) and hardness parameter (texture profile analysis) of plant-based meat products at different type of commercial textured vegetable proteins

2. คุณภาพทางด้านปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน และสีผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืช

จากการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนโดยรวมของผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืชนั้น ปริมาณโปรตีนโดยรวมนั้นมาจากโปรตีนพืชที่ใช้เป็นส่วนประกอบหลักและโปรตีนจาก isolated soy protein ที่ใช้เป็นส่วนผสมแห้ง โดยกำหนดให้ทุกสูตรในการทดลองใช้ในปริมาณที่เท่ากัน พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เตรียมจาก soy protein A, soy protein B, pea protein A, pea protein B

และ wheat protein มีค่าปริมาณโปรตีนโดยรวมเท่ากับ ร้อยละ 10.7, 15.7, 12.5, 13.2 และ 14.9 ตามลำดับ (p<0.05) ดังแสดงใน Figure 5 ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่เตรียมจาก soy protein B มีปริมาณโปรตีนโดยรวมสูงกว่าโปรตีนพืชชนิดอื่น และผลิตภัณฑ์ที่เตรียมจาก soy protein B ยังมีปริมาณโปรตีนใกล้เคียงกับงานวิจัยที่ศึกษาผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืชที่เตรียมจาก texture vegetable protein และ textured isolate soy protein [14]

*Corresponding author e-mail: duenchaytun@pim.ac.th

¹คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์ นนทบุรี 11120

¹Faculty of Agro-Industry, Panyapiwat Institute of Management, Nonthaburi 11120, Thailand.

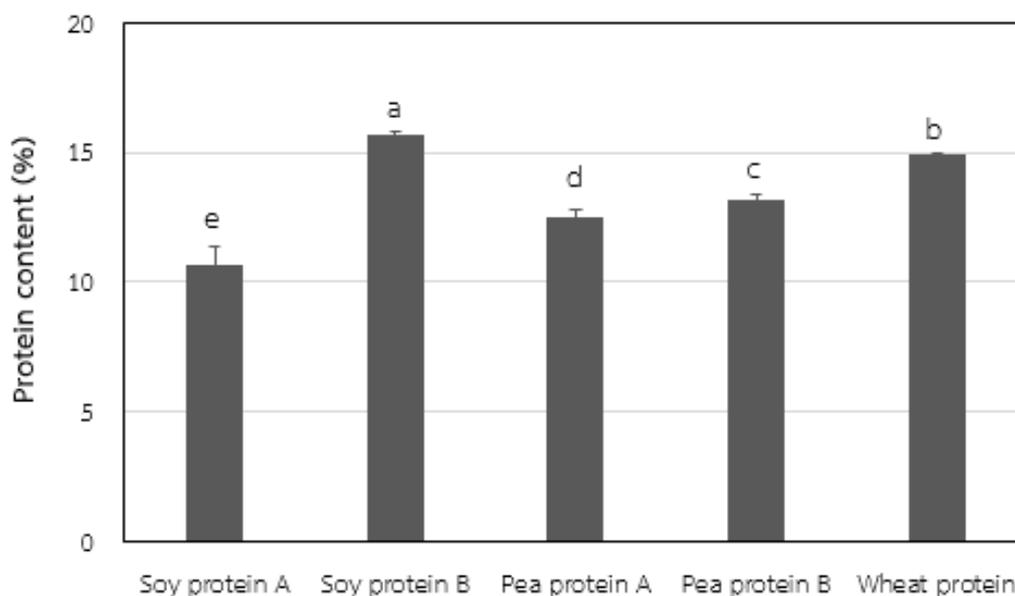


Figure 5 The protein content of plant-based meat products at different type of commercial textured vegetable proteins

สีเป็นหนึ่งในคุณสมบัติทางกายภาพที่สำคัญในการพิจารณาการยอมรับผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืชของผู้บริโภค ซึ่งชนิดของโปรตีนพืชจะส่งผลต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืช โดยปกติโปรตีนพืชจะมีสีเหลืองอ่อนแต่จะมีความเข้มของสีแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของโปรตีนพืช จากผลการทดลองใน Table 3 พบว่าค่า b^* (ค่าบวก) ของผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืช ที่แสดงถึงความเข้มของสีเหลืองมีความแตกต่างกัน ($p < 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ที่เตรียมจาก Pea protein A จะให้ค่า b^* สูงสุด และผลิตภัณฑ์ที่เตรียมจาก soy protein A และ soy protein B ให้ค่า b^* ต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับค่า b^* ของของโปรตีนพืชเริ่มต้น ($p < 0.05$) แต่ในขณะที่ค่า L^* (ความสว่าง) และ a^* (สีแดง) ไม่มีความ

แตกต่างกัน ($p > 0.05$) เนื่องจากค่า L^* และ a^* ของโปรตีนพืชเริ่มต้นไม่แตกต่างกัน และปริมาณปืทุทที่ใช้ในการปรับให้มีความเป็นสีแดงคล้ายเนื้อสัตว์เท่ากัน ดังนั้นค่าสีของผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืชที่ต่างกันนั้นมาจากสีของวัตถุดิบตั้งต้นที่ต่างกันเป็นหลัก ในส่วนของค่าปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืชพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่เตรียมจาก soy protein A มีค่าความชื้น ร้อยละ 71.19 สูงกว่าโปรตีนพืชชนิดอื่นที่ทำการศึกษา ($p < 0.05$) และผลิตภัณฑ์ที่เตรียมจาก soy protein B, pea protein A, pea protein B และ wheat protein มีค่าความชื้นระหว่าง ร้อยละ 62.63 ถึง ร้อยละ 63.53 ($p > 0.05$)

*Corresponding author e-mail: duenchaytun@pim.ac.th

¹คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์ นนทบุรี 11120

¹Faculty of Agro-Industry, Panyapiwat Institute of Management, Nonthaburi 11120, Thailand.

Table 3 Color value and moisture content of plant-based meat products at different type of commercial textured vegetable proteins

Textured vegetable proteins	L*	a*	b*	Moisture content (%wb)
Soy protein A	43.23±3.99 ^{ns}	18.49±1.14 ^{ns}	14.50±0.95 ^c	71.19 ± 2.84 ^a
Soy protein B	41.96±1.50 ^{ns}	18.40±0.57 ^{ns}	13.24±0.82 ^c	63.53 ± 1.47 ^b
Pea protein A	45.21±2.39 ^{ns}	19.60±0.71 ^{ns}	22.04±0.44 ^a	62.63 ± 1.91 ^b
Pea protein B	45.49±1.88 ^{ns}	17.60±0.85 ^{ns}	17.30±1.00 ^b	62.86 ± 0.85 ^b
Wheat protein	45.72±1.65 ^{ns}	17.74±0.55 ^{ns}	17.96±1.62 ^b	62.87 ± 2.37 ^b

Mean ± standard deviation values ($n=3$) followed by different lower case letters within the same column are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.

^{ns} not statistically significant at 95% confidence level

3. ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

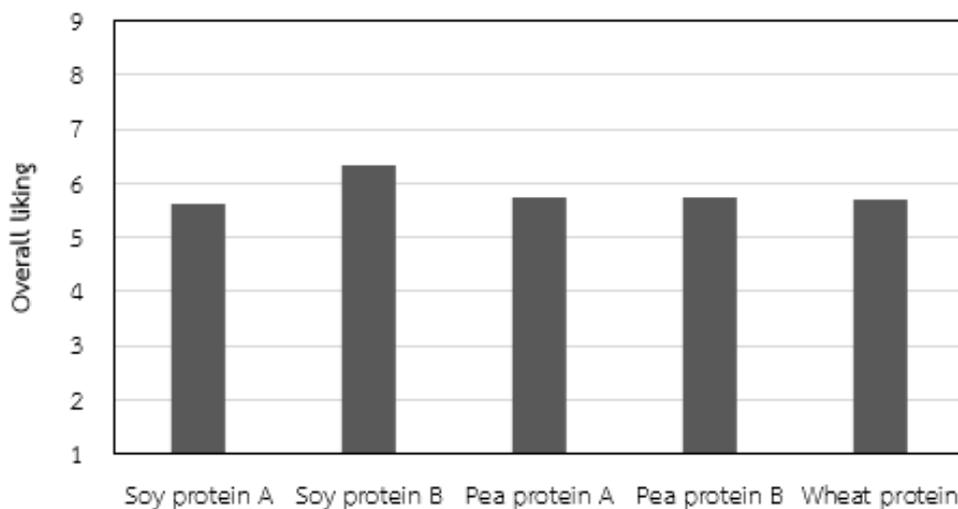
การทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืชซึ่งมีลักษณะผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้จากการทดลอง ดังแสดงใน Figure 3 ทำการทดสอบความชอบและการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืชได้พิจารณาคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สีเนื้อผลิตภัณฑ์ กลิ่นฉ่ำ/ข้าวสาลี รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความแข็ง) และความชอบโดยรวมของผู้บริโภค โดยผู้ทดสอบชิมจะระบุว่าชอบหรือไม่ชอบผลิตภัณฑ์แต่ละชิ้นในระดับความเหมาะสม 9 ระดับ (9 = ชอบมากที่สุด 8 = ชอบมาก 7 = ชอบปานกลาง 6 = ชอบเล็กน้อย 5 = เฉยๆ 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 3 = ไม่ชอบปานกลาง 2 = ไม่ชอบมาก 1 = ไม่ชอบมากที่สุด) จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เตรียมจาก soy protein B ให้คะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด คือ 6.32 ± 1.63 คะแนน รองลงมาคือ ผลิตภัณฑ์ที่เตรียมจาก pea protein A (5.74 ± 1.73 คะแนน) pea protein B (5.73 ± 1.72 คะแนน) wheat protein (5.70 ± 1.02 คะแนน) และ soy protein A (5.62 ± 1.98

คะแนน) ตามลำดับ (Figure 6a) ซึ่งมีผลเนื่องมาจากคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นฉ่ำ/ข้าวสาลี รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความแข็ง) ของผลิตภัณฑ์ที่เตรียมจาก soy protein B มีค่าสูงสุด เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่เตรียมจากโปรตีนพืชชนิดอื่น ยกเว้นคะแนนความชอบทางด้านสีเนื้อผลิตภัณฑ์ที่มีคะแนนรองมาจากผลิตภัณฑ์ที่เตรียมจาก pea protein A ซึ่งผลสอดคล้องกับค่าสีของผลิตภัณฑ์ที่วัดได้จากเครื่อง color reader ถึงแม้ว่าทุกผลิตภัณฑ์จะมีการเติมบีทรูทที่ให้ความเป็นสีแดงคล้ายผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ในปริมาณร้อยละที่เท่ากัน แต่ค่าสี (โดยเฉพาะค่า b^*) ของโปรตีนพืชเริ่มต้นไม่เท่ากัน นอกจากนี้คะแนนการยอมรับจากผู้ทดสอบชิม พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เตรียมจาก soy protein B ได้รับการยอมรับผลิตภัณฑ์สูงสุดคือ ร้อยละ 75 (Figure 6b) สาเหตุที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่เตรียมจาก soy protein B มีคะแนนสูงสุดเมื่อเทียบกับโปรตีนพืชชนิดอื่นที่ทำการศึกษา เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีลักษณะการจับตัวกันเป็นชิ้นเนื้อได้ดี ไม่นิ่มและ เกิดแรงต้านในระหว่างการเคี้ยวและมีกลิ่นโปรตีนที่ยอมรับได้

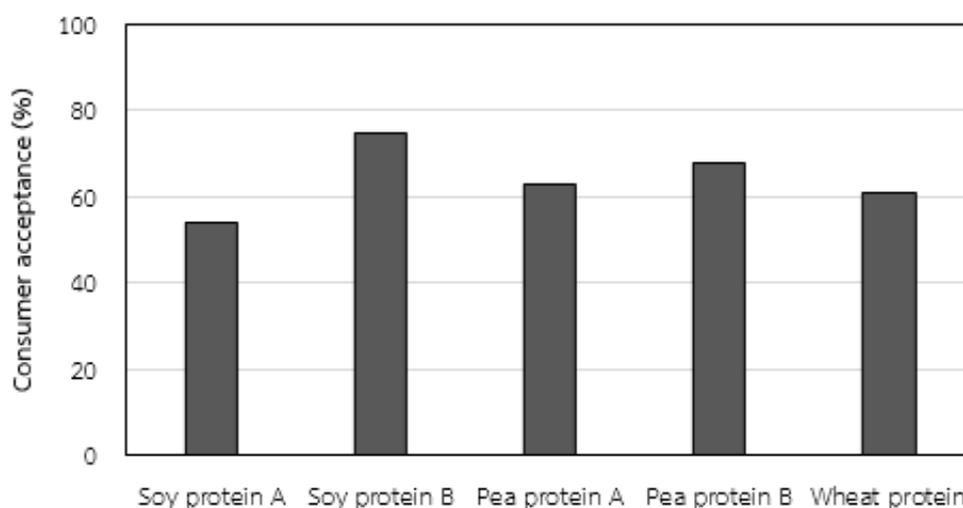
*Corresponding author e-mail: duenchaytun@pim.ac.th

¹คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์ นนทบุรี 11120

¹Faculty of Agro-Industry, Panyapiwat Institute of Management, Nonthaburi 11120, Thailand.



(a)



(b)

Figure 6 The overall liking and consumer acceptance of plant-based meat products at different type of commercial textured vegetable proteins

สรุปผล

จากการศึกษาผลของชนิดโปรตีนพืชต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืช พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่เตรียมจาก soy protein B มีค่าความแข็งและค่าพลังงานที่ใช้ในการเคี้ยวสูงกว่าโปรตีนพืชชนิดอื่นที่ศึกษา เนื่องจาก soy protein B มีความสามารถในการดูดซับน้ำน้อยกว่าโปรตีนพืชชนิดอื่น ซึ่งสอดคล้องกับผลคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค รวมทั้งคะแนนด้าน

ความชอบโดยรวมและเปอร์เซ็นต์การยอมรับผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืช นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ยังมีค่าปริมาณโปรตีนใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ ดังนั้นผลการทดลองที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปต่อยอดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืชได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณเงินอุดหนุนงานวิจัยจากสถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

*Corresponding author e-mail: duenchaytun@pim.ac.th

¹คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์ นนทบุรี 11120

¹Faculty of Agro-Industry, Panyapiwat Institute of Management, Nonthaburi 11120, Thailand.

เอกสารอ้างอิง

- [1] Bakhsh, A., Lee, S. J., Lee E. Y., Hwang, Y. H. and Joo, S. T. (2021). Traditional plant-based meat alternatives, current, and future perspective: a review. *Journal of Agriculture & Life Science*. 55(1): 1-10.
- [2] Riaz, M. N. (2011). Texturized vegetable proteins. In: Phillips, G. O., Williams, P. A. (ed.). *Handbook of food proteins*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- [3] Egbert, R. and Borders, C. (2006). Achieving success with meat analogs. *Food Technology*. 60(1): 28-34.
- [4] Asgar, M. A., Fazilah, A., Huda, N., Bhat, R. and Karim, A. A. (2010). Nonmeat protein alternatives as meat extenders and meat analogs. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 9(5): 513-529.
- [5] Nasrabadi, M. N., Doost, A. S. and Mezzenga, R. (2021). Modification approaches of plant-based proteins to improve their techno-functionality and use in food products. *Food Hydrocolloids*. 118: 106789.
- [6] Featherstone, S. (2015). *Ingredients used in the preparation of canned foods: textured vegetable proteins. a complete course in canning and related processes (4th ed.)*. Cambridge: Woodhead Publishing.
- [7] Kitcharoenthawornchai, N. and Harnsilawat, T. (2015). Characterization of meat analogue nugget: effect of textured vegetable protein. *Food and Applied Bioscience Journal*. 3(2): 121-129.
- [8] Hidayat, B. T., Wea, A. and Andriati, N. (2018). Physicochemical, sensory attributes and protein profile by SDS-PAGE of beef sausage substituted with texturized vegetable protein. *Food Research*. 2(1): 20-31.
- [9] Omwamba, M., Mahungu, S. M. and Faraj, A. K. (2014). Effect of texturized soy protein on quality characteristics of beef samosas. *International Journal of Food Studies*. 3(1): 74-81.
- [10] Yeater, M., Casco, G., Miller, R. K. and Alvarado, C. Z. (2017). Comparative evaluation of texture wheat ingredients and soy proteins in the quality and acceptability of emulsified chicken nuggets. *Poultry Science*. 96(12): 4430-4438.
- [11] Sarteshnizi, R. A., Hosseini, H., Amin, M. K. and Narges, K. (2015). A review on application of hydrocolloids in meat and poultry products. *International Food Research Journal*. 22(3): 872-887.
- [12] Kim, T. K., Shim, J. Y., Hwang, K. E., Kim, Y. B., Sung, J. M., Paik, H. D. and Choi, Y. S. (2018). Effect of hydrocolloids on the quality of restructured hams with duck skin. *Poultry Science*. 97(12): 4442-4449.
- [13] Majzoobi, M., Talebanfar, S., Eskandari, M. H. and Farahnaky, A. (2017). Improving the quality of meat-free sausages using K-carrageenan, konjac mannan and xanthan gum. *International Journal of Food Science and Technology*. 52(5): 1269-1275.
- [14] Bakhsh, A., Lee, S. J., Lee, E. Y., Sabikun, N., Hwang, Y. H. and Joo, S. T. (2021). A novel approach for tuning the physicochemical, textural, and sensory characteristics of

*Corresponding author e-mail: duenchaytun@pim.ac.th

¹คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์ นนทบุรี 11120¹Faculty of Agro-Industry, Panyapiwat Institute of Management, Nonthaburi 11120, Thailand.

- plant-based meat analogs with different levels of methylcellulose concentration. *Foods*. 10(3): 560.
- [15] Cavallini, V., Hargarten, P.G. and Joehnke, J. Vegetable protein meat analog. (2006). [Online] Available from <https://patents.google.com/patent/US7070827B2/en>.
- [16] Bohrer, B. M. (2019). An investigation of the formulation and nutritional composition of modern meat analogue products. *Food Science and Human Wellness*. 8: 320–329.
- [17] Adden, B., Hübner-Keese, B., Förtsch, S., Knarr, M. (2020). Cellulosics. In: Phillips, G. O., Williams, P.A. (eds.), *Handbook of Hydrocolloids*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- [18] Sakai, K., Sato, Y., Okada, M. and Yamaguchi, S. (2021). Improved functional properties of meat analogs by laccase catalyzed protein and pectin crosslinks. *Scientific Reports*. 11: 16631.
- [19] AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis (7th ed.)*. The Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, USA.
- [20] AOAC. (2019). *Official Methods of Analysis (21st ed.)*. The Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, USA.
- [21] Bourne, M. (2002). *Food Texture and Viscosity Concept and Measurement (2nd ed.)*. Academic Press, USA.
- [22] Samard, S. and Ryu, G.H. (2019). Physicochemical and functional characteristics of plant protein-based meat analogs. *Journal of Food Processing and Preservation*. 43(10): e14123.
- [23] Szczesniak, A. S. (1963). Classification of textural characteristics. *Journal of Food Science*. 28(4): 385-389.

*Corresponding author e-mail: duenchaytun@pim.ac.th

¹คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์ นนทบุรี 11120

¹Faculty of Agro-Industry, Panyapiwat Institute of Management, Nonthaburi 11120, Thailand.