การพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าหู้แข็งเสริมงาม้อน
Development of Firm Tofu with Perilla Seed

อัศพงษ์ อุประวรรณา*[1] ณัฐพงศ์ พงษ์พรรณา[1] สุพรรณิภา คำวัง[1] และชนันภรณ์ ทองโรจน์[2]

[1] โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ศูนย์การศึกษานอกที่ตั้งลำปาง

[2] สถาบันนวัตกรรมและถ่ายทอดเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยพะเยา

Utsaphong Uprarawanna*[1] Nathapong Phonpanna[1] Suphanipa Khamwang[1] and Chananbhorn Thongrote[2]

[1] School of Culinary Arts, Suan Dusit University, Lampang Center

[2] Innovation and Technology Transfer Institute

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตเต้าหู้แข็งเสริมงาม้อน ศึกษาลักษณะทางกายภาพและประสาทสัทผัส โดยศึกษาปริมาณแคลเซียมซัลเฟต (ร้อยละ 0.33-0.66) พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการผลิต คือ แคลเซียมซัลเฟตที่ร้อยละ 0.66 คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่า L* a* และ b* เท่ากับ 83.24, -3.59 และ 13.06 ตามลำดับ ค่าความแข็งเท่ากับ 4.55 นิวตัน และคะแนนความชอบรวมอยู่ในระดับชอบปานกลาง จากนั้นนำสูตรดังกล่าวเติมงาม้อน ร้อยละ 0.82-3.31 พบว่า การเพิ่มปริมาณงาม้อน ส่งผลให้ค่าความสว่างลดลง และค่าความแข็งเพิ่มขึ้น และเมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า งาม้อนที่ร้อยละ 3.31 มีคะแนนความชอบรวมอยู่ในระดับชอบปานกลางซึ่งอยู่ระดับเดียวกับสูตรพื้นฐาน

คำสำคัญ: เต้าหู้แข็ง งาม้อน ถั่วเหลือง

Abstract

The purpose of this study: to find the optimum condition of perilla firm tofu production, analysis the physical and sensorial characteristics. The levels of calcium sulfate (0.33-0.66%) were studies. The results found that 0.66% of calcium sulfate was the best optimum condition for perilla firm tofu production. The physical characteristics: *L*, a** and *b** were 83.24, -3.59 and 13.06, respectively. Hardness was 4.55 N and all attribute scores was in moderately like level. After that, this formula was added with perilla seeds (0.82-3.31%) found that to increase perilla seeds volume resulting in decrease brightness and increase hardness. Sensorial properties found that 3.31% of perilla seeds was all attribute scores in moderately like same as basic formula.

* **ผู้ประสานงานหลัก (Corresponding Author)**
E-mail: utsaphong_upr@dusit.ac.th

Keywords: Firm tofu, Perilla seed, Soy bean

บทนำ

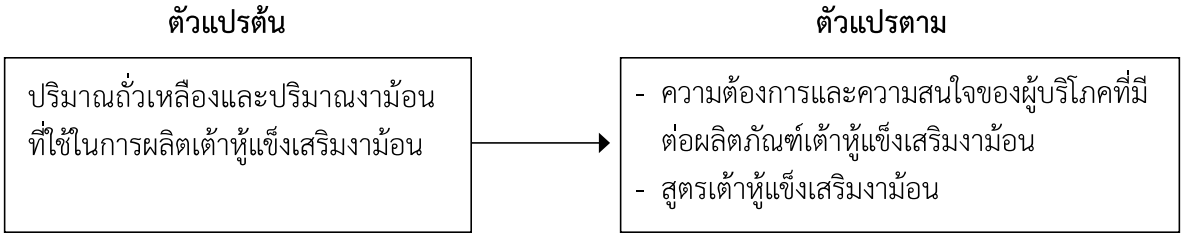
ผลิตภัณฑ์เต้าหู้เป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการตกตะกอนของโปรตีนจากถั่วเหลือง ซึ่งถั่วเหลืองเป็นแหล่งของโปรตีน แคลเซียม เส้นใย และกรดอะมิโนที่จำเป็นสำหรับร่างกาย (Vandenplas *et al.,* 2021) ร่างกายสามารถย่อยโปรตีนจากถั่วเหลืองได้ง่ายกว่าโปรตีนจากเนื้อสัตว์ ดังนั้นจึงเหมาะกับกลุ่มคนรักสุขภาพและกลุ่มผู้บริโภคที่ไม่ทานเนื้อสัตว์ ถั่วเหลืองมีโปรตีนร้อยละ 40 ไขมันร้อยละ 20 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 30 (Yu *et al.,* 2016) และยังมีกลุ่มผู้บริโภคโปรตีนจากพืชสูงขึ้นเนื่องจากความกังวลต่อผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากอุตสาหกรรมปศุสัตว์อีกด้วย (Grossi *et al,* 2018) ถึงแม้ว่าถั่วเหลืองจะมีปริมาณโปรตีนสูง แต่ขาดคุณค่าทางโภชนาการบางอย่างที่มีในแหล่งโปรตีนจากเนื้อสัตว์ เช่น กรดไขมันไม่อิ่มตัว ซึ่งสามารถพบได้ในเมล็ดงาม้อน ซึ่งงาม้อน (*Perilla frutescens*) เป็นพืชที่จัดอยู่ในวงศ์ Limiaceae ซึ่งอยู่ในกลุ่มเดียวกับพืชจำพวกกะเพรา โหระพา นิยมปลูกในภาคเหนือ เช่น จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย น่าน พะเยา แม่ฮ่องสอน เป็นต้น มีพื้นที่การเพาะปลูกทั้งหมดประมาณ 3,400 ไร่ ผลผลิตเฉลี่ย 80 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งเป็นปริมาณที่เพียงพอสำหรับการแปรรูป (ฐานข้อมูลการจัดการปัญหาเกษตรกรรมขั้นพื้นฐานในเขตภูมิภาค, 2564) ในเมล็ดงาม้อน 100 กรัม ประกอบด้วยโปรตีน 15.7 กรัม ไขมัน 26.3 กรัม คาร์โบไฮเดรต 37 กรัม แคลเซียม 350 มิลลิกรัม และฟอสฟอรัส 33 มิลลิกรัม (ศิริวรรณ สุทธจิตต์, 2550) และในเมล็ดงาม้อนอุดมไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว เช่น กรดไลโนเลนิก (โอเมก้า-3) ร้อยละ 55-60 กรดไลโนเลอิก (โอเมก้า-6) ร้อยละ 18-22 และกรดโอเลอิก (โอเมก้า-9) ร้อยละ 11-13 (Siriamornpun *et al.,* 2006) ซึ่งกรดไขมันโอเมก้า-3 มีบทบาทสำคัญต่อโครงสร้างและการทำงานของสมองและระบบประสาท ลดความเสี่ยงของการเต้นของหัวใจที่ผิดปกติ (Zinati *et al.,* 2014) อีกทั้งยังพบสารสำคัญในกลุ่มฟีนอลิคที่สำคัญหลายชนิดโดยเฉพาะกรดโรสมารินิก (rosmarinic acid) (Liu *et al.,* 2013) และกลุ่มฟลาโวนอยด์ เช่น อะพิจีนิน (apigenin) ลูทีโอลิน (luteolin) และแคทีชิน (catechin) (Peng *et al.,* 2005; Ha *et al.,* 2012) โดยปกติงาชนิดนี้ยังไม่เป็นที่รู้จักและถูกใช้ประโยชน์มากนัก เช่น ประกอบในขนมพื้นบ้าน และธัญพืชโรยหน้าขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพ เป็นต้น การนำไปใช้ประโยชน์ที่หลากหลายจึงถือว่าเป็นการใช้ทรัพยากรท้องถิ่นได้อย่างคุ้มค่า เป็นการเผยแพร่วัฒนธรรมอาหารไทยท้องถิ่นและอนุรักษ์ทรัพยากรอันทรงคุณค่า

จากข้อมูลข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าหู้แข็งเสริมงาม้อน เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ได้โปรตีนจากถั่วเหลืองและกรดไขมันไม่อิ่มตัวประเภทโอเมก้า-3 จากงาม้อนเป็นผลิตภัณฑ์ที่เสริมคุณค่าอาหารให้กับผู้บริโภคโปรตีนทางเลือก โดยการพัฒนาสูตร ทดสอบสมบัติทางกายภาพและการทดสอบทางประสาทสัมผัส ซึ่งการพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าหู้แข็งเสริมงาม้อน นอกจากช่วยเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตรในท้องถิ่นแล้ว ยังเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกสำหรับผู้บริโภคที่รักสุขภาพอีกทางหนึ่งด้วย

วัตถุประสงค์

1. สำรวจตลาดและคัดเลือกกรรมวิธีในการผลิตเต้าหู้แข็งที่เหมาะสม
2. พัฒนาสูตรเต้าหู้แข็งเสริมงาม้อนและศึกษาสมบัติทางกายภาพ

กรอบแนวคิด



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ระเบียบวิธีการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กำหนดกลุ่มผู้บริโภค คือ กลุ่มผู้รักสุขภาพที่มีพฤติกรรมบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพ ที่อยู่ในจังหวัดลำปาง โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 100 คน และกลุ่มผู้ทดสอบที่ 20 คน และควบคุมวัตถุดิบโดยใช้ถั่วเหลืองจากเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดลำปาง และงาม้อนที่เก็บเกี่ยวระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2562 ถึง มกราคม 2563 ในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย

2. การสร้างและพัฒนาคุณภาพเครื่องมือ
   - แบบสอบถามทางการตลาดผ่านระบบดิจิตอล (Google Form)
   - แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส
   - แบบสำรวจความต้องการในการใช้บรรจุภัณฑ์ผ่านระบบดิจิทอล (Google Form)
3. การเก็บและรวบรวมข้อมูล

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomized Design, CRD) สำหรับการทดสอบทางกายภาพ (ร้อยละปริมาณผลผลิตที่ได้, ความชื้น, สี และเนื้อสัมผัส) และวางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Completely Block Design, RCBD) สำหรับการทดสอบทางประสาทของผู้ทดสอบ 20 คน และผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายจำนวน 100 คน

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่รวบรวมจากข้อ 3 ไปคำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rank Test: DNMRT ($p \leq 0.05$)

5. วิธีการศึกษา

แบ่งการศึกษาเป็น 2 ตอน ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 สำรวจตลาดและคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมในการผลิตเต้าหู้แข็ง

ตอนที่ 1.1 สำรวจตลาดและผู้บริโภค

สำรวจความสนใจของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายต่อความสนใจในผลิตภัณฑ์เต้าหู้แข็ง และเต้าหู้แข็งเสริมงาม้อน (เหตุผลในการตัดสินใจซื้อเต้าหู้แข็งเสริมงาม้อน และลักษณะบรรจุภัณฑ์ที่ต้องการ โดยคละเพศและช่วงอายุของผู้บริโภค) จากผู้บริโภคจำนวน 100 คน

ตอนที่ 1.2 คัดเลือกสูตรในการผลิตเต้าหู้แข็งที่เหมาะสม

ใช้สูตรพื้นฐาน 3 สูตร ที่ดัดแปลงจาก อรรณพ ทัศนอุดม และคณะ (2557) โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 1 เตรียมตัวอย่างเต้าหู้ด้วยการล้างถั่วเหลืองด้วยน้ำสะอาด 2 ครั้ง แช่ถั่วเหลืองเลาะเมล็ดในน้ำสะอาดเป็นเวลา 3 ชั่วโมง นำถั่วเหลืองที่ได้ไปบดกับน้ำอัตราส่วนแต่ละสูตรในตารางที่ 1 ด้วยเครื่องปั่นของเหลว กรองส่วนของเหลวด้วยผ้าขาวบาง 2 ชั้น 2 ครั้ง นำน้ำถั่วเหลืองที่ได้ไปตั้งไฟที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที เติมแคลเซียมซัลเฟตในแต่ละสูตรผสมให้เข้ากันทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที ตักส่วนผสมที่ได้ลงพิมพ์เต้าหู้ขนาด กว้าง 10 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร ที่กุด้วยผ้าขาวบางชุบน้ำ ทับด้วยถุงน้ำหนัก 500 กรัม เก็บในตู้เย็นเป็นเวลา 8 ชั่วโมง นำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์ทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี (CIE-Lab) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า และค่าความแข็ง (Nielsen, 2010) และทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-points Hedonic Scaling Method) โดยผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ต่อคุณสมบัติด้าน สี กลิ่น กลิ่นรส และรสชาติของเต้าหู้ คัดเลือกสูตรที่ได้รับการยอมรับของผู้ทดสอบสูงที่สุดเพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป

ตารางที่ 1 เต้าหู้แข็งสูตรพื้นฐาน

สูตร	ถั่วเหลือง (ร้อยละ)	น้ำเปล่า (ร้อยละ)	แคลเซียมซัลเฟต (ร้อยละ)
1	17.00	82.34	0.66
2	16.59	82.91	0.50
3	16.61	83.06	0.33

*** หมายเหตุ**: สูตรดัดแปลงจากอรรณพ ทัศนอุดม และคณะ (2557)

ตอนที่ 2 การพัฒนาสูตรเต้าหู้แข็งเสริมงาม้อนและศึกษาสมบัติทางกายภาพ

นำสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดจากตอนที่ 1 เป็นสูตรพื้นฐานในการพัฒนาสูตรเต้าหู้แข็งเสริมงาม้อน

ดังแสดงในตารางที่ 2 (โดยงาม้อนจะถูกบดหยาบด้วยเครื่องปั่นแห้ง)

นำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์ทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี (CIE-Lab) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า และค่าความแข็ง และทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-points Hedonic Scaling Method) โดยผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ต่อคุณสมบัติด้านสี กลิ่น กลิ่นรสและรสชาติของเต้าหู้ คัดเลือกสูตรที่ได้รับการยอมรับของผู้ทดสอบสูงที่สุด

ตารางที่ 2 การพัฒนาสูตรเต้าหู้แข็งเสริมงาม้อน

สูตร	ถั่วเหลือง (ร้อยละ)	น้ำเปล่า (ร้อยละ)	แคลเซียมซัลเฟต (ร้อยละ)	งาม้อน (ร้อยละ)
4 (ชุดควบคุมที่คัดเลือกจากตอนที่ 1)	16.61	83.06	0.66	0
5	15.46	83.06	0.66	0.82
6	14.63	83.06	0.66	1.65
7	13.80	83.06	0.66	2.48
8	12.97	83.06	0.66	3.31

ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 สำรวจตลาดและคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมในการผลิตเต้าหู้แข็ง

จากการสำรวจความต้องการของผู้บริโภคในท้องตลาด พบว่า เหตุผลในการเลือกซื้อเต้าหู้เสริมงาม้อนในลำดับแรก คือ รสชาติ ประโยชน์ที่ได้รับจากงาม้อน ความชอบต่อเต้าหู้แข็ง บรรจุภัณฑ์ และสีสันของผลิตภัณฑ์ตามลำดับ สำหรับการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคสนใจในการเลือกใช้ การใช้ใบตองห่อ และการใช้ถุงพลาสติกตามด้วยกล่องพลาสติก ซึ่งปัจจัยเหล่านี้เป็นสิ่งสำคัญที่ใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ในลำดับต่อไป

ตารางที่ 3 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจซื้อเต้าหู้แข็งเสริมงาม้อน

ปัจจัย	N=100
ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกซื้อเต้าหู้แข็งเสริมงาม้อน	
บรรจุภัณฑ์	11
รสชาติ	37
ประโยชน์ของงาม้อน	36
ความชอบเต้าหู้แข็ง	12
สีสันของผลิตภัณฑ์	2
ไม่สนใจเพราะไม่รู้จัก	1
รสชาติ และประโยชน์ที่ได้รับ	1
ลักษณะของบรรจุภัณฑ์ที่คาดหวัง	
ถุงสุญญากาศ	30
กล่องพลาสติก	22
ถุงซิปใส	6
ใบตอง (ห่อเป็นตามรูปทรงของเต้าหู้แข็งเสริมงาม้อน)	40
อื่น ๆ	2

จากการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของเต้าหู้สูตรพื้นฐาน พบว่า ตัวอย่างสูตรพื้นฐานที่มีระดับปริมาณแคลเซียมซัลเฟตแตกต่างกัน คือ ร้อยละ 0.66, 0.50 และ 0.33 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ พบว่า ปริมาณแคลเซียมซัลเฟตที่แตกต่างกันทั้ง 3 ระดับไม่ส่งผลต่อค่าสี (CIE-Lab) แต่ส่งผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ คือ ตัวอย่างที่มีระดับแคลเซียมซัลเฟตสูงจะมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงที่สุด ซึ่งส่วนหนึ่งมาจากความสามารถในการตกตะกอนโปรตีนได้มากยิ่งขึ้น หรือเสียสภาพ (Denature) ได้มากขึ้น (ณรงค์ นิยมวิทย์, 2528) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงจะทำให้ลักษะเนื้อสัมผัสแข็ง ทำให้ปริมาตรของเต้าหู้ลดลง (Beddows and Wong, 1987) ซึ่งสอดคล้องกับค่าการนำไฟฟ้าที่สูงขึ้นกว่าในเต้าหู้แข็งที่ได้จากการเติมแคลเซียมซัลเฟสน้อยกว่า จึงสามารถสรุปได้เบื้องต้นว่า การเติมสารแคลเซียมซัลเฟตมากขึ้น จะส่งผลให้มีค่าความแข็งสูงขึ้นสอดคล้องกับการวัดค่าการนำไฟฟ้าและปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในตารางที่ 4 พบว่า การใช้แคลเซียมซัลเฟตในปริมาณที่แตกต่างกันในสูตรที่ 1, 2 และ 3 ทำให้เกิดความแตกต่างของคะแนนทางการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะที่ปรากฏ สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยที่สูตรที่ 1 มีความชอบอยู่ในระดับ 5 (เฉย ๆ) สูตรที่ 2 มีความชอบอยู่ในระดับ 6 (ชอบเล็กน้อย) สูตรที่ 3 มีความชอบอยู่ในระดับ 7 (ชอบปานกลาง) จึงเห็นได้ว่า สูตรที่ 3 ซึ่งมีปริมาณแคลเซียมซัลเฟตร้อยละ 0.33 โดยน้ำหนัก มีความเหมาะที่จะใช้เป็นสูตรควบคุมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไปในตอนที่ 2 ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าผู้บริโภคนิยมเต้าหู้แข็งที่มีความนิ่มมากกว่าเต้าหู้แข็งที่มีความแข็ง อย่างไรก็ตามหากลดปริมาณแคลเซียมซัลเฟตจนมีปริมาณที่น้อยเกินไปจะส่งผลให้ไม่สามารถตกตะกอนโปรตีนลงมาได้เพียงพอสำหรับการผลิตเป็นเต้าหู้

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เต้าหู้แข็งสูตรพื้นฐาน

สมบัติทางกายภาพ	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
ค่าสี^{ns}			
*L** (ค่าความสว่าง)	83.24±1.52	84.92±0.52	84.18±0.49
*a** (ค่าสีแดง)	-3.59±0.44	-3.01±0.21	-3.23±0.22
*b** (ค่าสีเหลือง)	13.06^{a}±1.33	10.41^{c}±0.39	11.15^{bc}±0.43
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)	0.43^{a}±0.00	0.33^{b}±0.05	0.30^{b}±0.15
ความเป็นกรด-ด่าง	7.31^{a}±0.06	6.83^{b}±0.04	6.74^{b}±0.08
ค่าการนำไฟฟ้า (µs/cm)	837.33^{a}±35.13	828.67^{a}±90.42	784.67^{ab}±27.75
ค่าความแข็ง (นิวตัน)	4.55^{a}±0.64	4.15^{ab}±0.84	3.20^{b}±0.29

*** หมายเหตุ** : ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เต้าหู้แข็งสูตรพื้นฐาน

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
ลักษณะที่ปรากฏ	6.35^{b}±1.07	6.20^{b}±1.47	7.25^{a}±1.53
สี^{ns}	7.10±1.09	7.05±0.88	7.15±1.30
กลิ่น	5.50^{c}±0.97	6.35^{b}±1.57	7.10^{a}±1.43
รสชาติ	5.30^{c}±1.24	6.00^{b}±1.08	7.80^{a}±1.22
เนื้อสัมผัส	5.30^{c}±0.68	6.20^{b}±1.28	7.60^{a}±1.13
ความชอบโดยรวม	5.40^{c}±1.11	6.40^{b}±1.14	7.80^{a}±1.23

*** หมายเหตุ**: ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตอนที่ 2 การพัฒนาสูตรเต้าหู้แข็งเสริมงาม้อนและศึกษาสมบัติทางกายภาพ

จากการทดลองเสริมงาม้อนลงในเต้าหู้แข็งและนำไปวิเคราะห์ทางกายภาพ พบว่า การเสริมงาม้อนปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ค่า L* ของเต้าหู้แข็งลดลง ค่า a* ลดลง และส่งผลให้มีค่าความแข็งเพิ่มมากขึ้น และสอดคล้องกับค่าการนำไฟฟ้า (conductivity) ที่หมายถึงอาจมีแร่ธาตุเพิ่มมากขึ้นในเต้าหู้

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพเต้าหู้แข็งเสริมงาม้อน

ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ	สูตรที่ 4 (ชุดควบคุม)	สูตรที่ 5	สูตรที่ 6	สูตรที่ 7	สูตรที่ 8
ค่าสี^{ns}					
*L** (ค่าความสว่าง)	83.24^{a}±1.52	76.03^{b}±5.77	77.55^{b}±3.70	67.22^{c}±4.86	69.57^{c}±7.14
*a** (ค่าสีแดง)	-3.59^{b}±0.44	-3.55^{b}±0.33	-3.04^{b}±0.51	-1.99^{a}±0.93	-1.49^{a}±1.08
*b** (ค่าสีเหลือง)	13.06^{a}±1.33	11.35^{b}±0.62	11.66$^{b\pm}$±0.93	10.29^{c}±1.55	10.75^{bc}±1.47
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)^{ns}	0.43±0.00	0.48±0.17	0.45±0.21	0.51±0.36	0.55±0.10
ความเป็นกรด-ด่าง	7.31^{a}±0.06	7.29^{ab}±0.13	7.19^{b}±0.10	7.19^{b}±0.23	7.37^{a}±0.09
ค่าการนำไฟฟ้า (µs/cm)	837.33^{bc}±35.13	983.33^{a}±37.45	848.67^{bc}±17.24	870.67^{b}±10.69	907.00^{b}±28.16
ค่าความแข็ง (นิวตัน)	4.55^{d}±0.64	6.30^{c}±1.13	6.25^{c}±1.51	7.71^{b}±1.44	8.11^{a}±1.33

* หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เต้าหู้แข็งเสริมงาม้อน

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	สูตรที่ 4 (ชุดควบคุม)	สูตรที่ 5	สูตรที่ 6	สูตรที่ 7	สูตรที่ 8
ลักษณะที่ปรากฏ	7.25^{a}±1.07	6.85^{ab}±1.04	6.40^{ab}±1.31	6.30^{b}±1.13	6.95^{ab}±1.19
สี	7.15^{a}±1.09	6.75^{ab}±1.21	6.29^{bc}±1.41	6.27^{bc}±1.38	6.25^{bc}±1.27
กลิ่น	7.10^{a}±0.97	6.50^{ab}±1.28	6.20^{bc}±1.58	6.20^{bc}±1.28	7.15^{a}±1.53
รสชาติ	7.80^{a}±1.24	6.35^{c}±1.31	6.25^{cd}±1.19	$6.05^{cd\pm}$±1.11	7.20^{ab}±1.61
เนื้อสัมผัส	7.60^{a}±0.68	6.15^{c}±1.35	6.30^{c}±1.13	6.30^{c}±1.27	7.10^{ab}±1.74
ความชอบโดยรวม	7.80^{a}±1.11	6.40^{b}±1.27	6.40^{b}±1.05	6.90^{b}±1.29	7.20^{ab}±1.74

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

อภิปรายผล

สูตรที่เหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าหู้แข็งเสริมงาขี้ม่อน คือ สูตรที่มีส่วนผสมของถั่วเหลือง 500 กรัม น้ำ 2,500 กรัม และแคลเซียมซัลเฟตที่ 20 กรัม คือ สูตรที่ 3 ของสูตรตำรับมาตรฐาน และได้นำไปพัฒนาต่อโดยการใส่งาขี้ม่อนลงไปในอัตราส่วนที่ต่างกันและนำไปให้ผู้ทดสอบชิมและมีผลออกมาว่าสูตรที่ 8 ได้รับการยอมรับเพราะเป็นรสชาติที่ลงตัวของงาและเต้าหู้แข็ง การนำงาขี้ม่อนมาพัฒนานั้นเพราะในปัจจุบันงาขี้ม่อนได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายและได้นำมาดัดแปลงใส่ในส่วนของขนมหลากหลายชนิดดังตัวอย่าง คุ้กกี้ ขนมปัง จึงดัดแปลงมาอยู่ในอาหารและในตัวของงาขี้ม่อนนั้นมีประโยชน์เทียบเท่ากับปลาแซลมอน มีโอเมก้า 3 และ 6 สูงมาก ส่วนในเต้าหู้แข็งนั้นเป็นหนึ่งในสารอาหารหลักหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาและซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของร่างกาย โดยแหล่งหลักของสารอาหารประเภทโปรตีน คือ เนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ต่าง ๆ รวมไปถึงธัญพืชบางชนิด เช่น ถั่วเหลือง เป็นต้น ซึ่งโปรตีนจากพืชสามารถตอบโจทย์ผู้ที่รักสุขภาพและผู้ที่ลดหรือไม่รับประทานเนื้อสัตว์ได้อย่างดี สามารถต่อยอดการผลิตสู่ระดับอุตสาหกรรม การปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้มีความหลากหลาย เช่น การแต่งกลิ่นรส การเพิ่มสีสันในตัวผลิตภัณฑ์ให้เกิดลักษณะปรากฏที่สวยงาม รวมถึงการศึกษารูปแบบของบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมเพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้ยาวนานขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. หลังจากเสร็จสิ้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ควรมีการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการและสารสำคัญเพื่อยืนยันคุณค่าทางโภชนาการ

2. ในการเสริมงาม้อนลงในตัวเต้าหู้แข็งในชุดการศึกษาที่ผ่านมายังคงมีปัจจัยอีกหลายปัจจัยที่ยังไม่ได้ศึกษา เช่น ขนาดอนุภาคของงาขี้ม่อน เป็นต้น ซึ่งอาจส่งผลต่อการศึกษาที่แตกต่างกันออกไป

3. จากการสังเกตอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ยังสั้นมาก เพื่อการเพิ่มโอกาสทางการค้าในอนาคตจึงควรศึกษากระบวนการยืดอายุการเก็บรักษาที่เหมาะสมโดยมุ่งเน้นการไม่ใช้วัตถุกันเสียหรือใช้ให้น้อยที่สุดเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค

References

ฐานข้อมูลการจัดการปัญหาเกษตรกรรมขั้นพื้นฐานในเขตภูมิภาค. (2564). งาขี้ม้อน พืชให้โอเมก้า 3 แทนปลาน้ำลึก. มิถุนายน 15, 2564, สืบค้นจาก http://siweb1.dss.go.th/qa/search/search_description.asp?QA_ID=1236

ณรงค์ นิยมวิทย์. (2528). องค์ประกอบและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพของอาหาร. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แสงแดด.

ศิริวรรณ สุทธจิตต์. (2550) ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติเพื่อสุขภาพ. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: The Knowledge Center สำนักงานส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร กรมส่งเสริมเกษตร. 2558. งาขี้ม้อน. กุมภาพันธ์ 16, 2563, สืบค้นจาก http://www.agriman.doe.go.th

อรรณพ ทัศนอุดม, วรรณดภา สระพินครบุรี และเมธาวี อนะวัชกุล. (2557). การพัฒนากระบวนการผลิตเต้าหู้แข็งจากถั่วดำ. *วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอยแก่น,* 42(1), 135-148.

Beddows, C.G. and Wong, J. (1987). Optimization of yield and properties of silken tofu from soybeans. The water: bean ratio. II Heat processing. III Coagulation concentration, mixing and fitration pressure. Int. *Journal of Food Sciences and Technologies 22*(1): 15-34.

Grossi, G., Goglio, P., Vitali, A. and Williams, A. (2018). Livestock and climate change: impact of livestock on chimate and mitigation strategies. *Animal frontiers,* 9(1), 69-76.

Ha, Tae Joung, Jin Hwan Lee, Myoung-Hee Lee, Byeong Won Lee, Hyun Sook Kwon, Chang-Hwan Park, Kang-Bo Shim, Hyun-Tae Kim, In-Youl Baek, and Dae Sik Jang. (2012). Isolation and identification of phenolic compounds from the seeds of Perilla frutescens (L.) and their inhibitory activities against α-glucosidase and aldose reductase. *Food Chemistry* 135 (3):1397-1403.

Liu, Jing, Yuklam Wan, Zhongzhen Zhao, and Hubiao Chen. (2013). Determination of the content of rosmarinic acid by HPLC and analytical comparison of volatile constituents by GC-MS in different parts of Perilla frutescens (L.) Britt. *Chemistry Central Journal* 7 (1):61.

Nielsen, Suzanne., (2010). Food Analysis. 1st ed. West Lafayette, USA: Springer, NewYork.

Peng, Youyuan, Jiannong Ye, and Jilie Kong. (2005). Determination of phenolic compounds in Perilla frutescens L. by capillary electrophoresis with electrochemical detection. *Journal of agricultural and food chemistry* 53 (21):8141-8147.

Siriamornpun, Sirithon, Duo Li, Lifeng Yang, Siriwan Suttajit, and Maitree Suttajit. (2006). Variation of lipid and fatty acid compositions in Thai Perilla seeds grown at different locations. *Songklanakarin Journal of Science and Technology* 28 (1):17-21.]

Vandenplas, Y., Hegar, B., Munasir, Z., Astawan, M., Juffrie, M., Bardosono, S., Sekartini, R., Basrowi, R.W. and Wasito, E. (2021). The role of soy lant-basedd formula supplemented with dietary fiber to support children's growth and development: An expert opinion. Nutrition. 90: 111-278

Yu, Xiaomin, Yuan, Fengjie, Fu, Xujun, Zhy, Danhua. (2016). Profiling and relationship of water-soluble sugar and protein compositions in soybean seeds. *Food chemistry* 196: 776-782.

Zinati, Zahra, Fatemeh Zamansani, Amir Hossein KayvanJoo, Mahdi Ebrahimi, Mansour Ebrahimi, Esmaeil Ebrahimie, and Manijeh Mohammadi Dehcheshmeh. (2014). New layers in understanding and predicting α-linolenic acid content in plants using amino acid characteristics of omega-3 fatty acid desaturase. *Computers in Biology and Medicine* 54:14-23.

คณะผู้เขียน

อัศพงษ์ อุประวรรณา

หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการประกอบอาหารและการบริการ
โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ศูนย์การศึกษานอกที่ตั้ง ลำปาง
140 ถนนสุเรนทร์ ตำบลสบตุ๋ย อำเภอเมืองลำปาง จังหวัดลำปาง 52100
e-mail: utsaphong.u@gmail.com

ณัฐพงศ์ พงษ์พรรณา

หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการประกอบอาหารและการบริการ
โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ศูนย์การศึกษานอกที่ตั้ง ลำปาง
140 ถนนสุเรนทร์ ตำบลสบตุ๋ย อำเภอเมืองลำปาง จังหวัดลำปาง 52100
e-mail: -

สุพรรณิภา คำวัง

หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการประกอบอาหารและการบริการ
โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ศูนย์การศึกษานอกที่ตั้ง ลำปาง
140 ถนนสุเรนทร์ ตำบลสบตุ๋ย อำเภอเมืองลำปาง จังหวัดลำปาง 52100
e-mail: -

ชนันภรณ์ ทองโรจน์

สถาบันนวัตกรรมและถ่ายทอดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยพะเยา
19 หมู่ 2 ตำบลแม่กา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา 56000
e-mail: chananbhorn.t@gmail.com