

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าหู้แข็งกาบาสูงจากนํ้านมถั่วเหลืองเพาะงอก Developing a High-GABA Firm Tofu Product from Germinated Soybean Milk

ภัทรกร แก้วเขียว¹, น้อมจิตต์ สุธีบุตร², วรพล อธิธิเคนสร³ และ ธนภพ โสตรโยม^{4*}

Pattarakon Kaeokio¹, Nomjit Suteebut², Vorapol Itthikhanesorn³ and Thanapop Soteyome^{4*}

¹สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จังหวัดกรุงเทพฯ 10300

^{2,4}สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จังหวัดกรุงเทพฯ 10300

³วิทยาลัยบัณฑิตศึกษาด้านการจัดการ มหาวิทยาลัยศรีปทุม จังหวัดกรุงเทพฯ 10900

¹Master of Home Economics, Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Bangkok, 10300

^{2,4}Master of Home Economics, Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Bangkok, 10300

³Graduate College of Management Sripatum University, Bangkok, 10900

Received : 2025-01-09 Revised : 2025-02-19 Accepted : 2025-02-27

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมในการทำเต้าหู้แข็ง 2) ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมของการเพาะงอกถั่วเหลือง และ 3) เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางเคมี และทางกายภาพในเต้าหู้แข็งกาบาสูงจากนํ้านมถั่วเหลืองเพาะงอก โดยประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ผลการวิจัย พบว่า สูตรที่ 3 เป็นสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมในการทำเต้าหู้แข็งประกอบด้วยเมล็ดถั่วเหลืองดิบ น้ำส้มสายชูกลั่น 5 % และน้ำสะอาด ผู้ชิมให้การยอมรับเต้าหู้แข็งที่ใช้ถั่วเหลืองเพาะงอกด้วยเวลา 24 ชั่วโมง ในระดับความชอบมาก ในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ โดยมีคะแนนเฉลี่ย 7.58 7.56 และ 7.70 ตามลำดับ และในผลิตภัณฑ์เต้าหู้แข็งจากถั่วเหลืองที่ผ่านการเพาะงอก มีปริมาณสารกาบา 27.44 มิลลิกรัม ซึ่งมากกว่า ผลิตภัณฑ์เต้าหู้แข็งจากถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการเพาะงอก มีปริมาณสารกาบาเพียง 15.33 มิลลิกรัม เต้าหู้แข็งทั้งสองสูตรมีค่าความสว่าง (L*) ไม่แตกต่างกัน ค่าสีเขียว (a*) ของเต้าหู้จากนํ้านมถั่วเหลืองเพาะงอกอยู่ที่ -1.30 และค่าสีเหลือง (b*) ของสูตร

พื้นฐานอยู่ที่ 16.51 ค่าความหนาแน่นของเต้าหู้สูตรพื้นฐาน 31.14 นิวตัน สูงกว่าสูตรเพาะงอก 11.23 นิวตัน ขณะที่ค่าความนุ่มของทั้งสองสูตรใกล้เคียงกัน 5.58 นิวตัน และ 5.36 นิวตัน

คำสำคัญ : เต้าหู้แข็ง, ถั่วเหลือง, สารกาบา

Abstract

This research aimed to: 1) Study to identify producing firm tofu. 2) Study to evaluate the effect of germinated soy bean on overall qualities of firm tofu produced by optimized recipe. 3) To study the chemical and physical properties of high-GABA firm tofu from germinated soybean milk. The findings revealed that formula 3 was found to be the most suitable basic formula for making firm tofu, consisting of raw soybeans, 5% distilled vinegar, and water. Sensory evaluation showed that panelists highly accepted firm tofu made from germinated soybeans soaked for 24 hours, with average preference scores of 7.58, 7.56, and 7.70 for appearance, aroma, and taste, respectively. The firm tofu made from germinated soybeans contained 27.44 mg of GABA,

*ธนภพ โสตรโยม

E-mail-address: thanapop.s@rmutp.ac.th

which was higher than the firm tofu made from non-germinated soybeans, which contained only 15.33 mg of GABA. The brightness (L^*) of both tofu formulas was not significantly different. The green value (a^*) of tofu from germinated soybean milk was -1.30, while the yellow value (b^*) of the basic formula was 16.51. The firmness of the basic formula (31.14 N) was higher than that of the germinated soybean formula (11.23 N), while the softness of both formulas was similar, at 5.58 N and 5.36 N, respectively.

Keywords : tofu, soybean, GABA

1. บทนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสำคัญกับสุขภาพ และคุณภาพของอาหารที่รับประทานมากขึ้น โดยมีพฤติกรรมในการเลือกรับประทานอาหารที่สดใหม่ ปลอดภัย ปราศจากสารเคมี และปรุงอย่างถูกวิธี รวมถึงอาหารเสริมเพื่อเสริมสร้างสุขภาพ ควบคู่กับการประกอบอาหารรับประทานเอง ผู้บริโภคยุคใหม่ให้ความสนใจกับส่วนผสมที่ดีต่อสุขภาพมากขึ้น เน้นการควบคุมอาหารที่รับประทานในแต่ละวัน เพื่อควบคุมน้ำหนักและสารอาหารที่เหมาะสม เช่น การลดหวาน มัน เค็ม หรือลดโซเดียม เพื่อสุขภาพที่ดี แต่ยังคงความอร่อย อาหารเพื่อสุขภาพถือว่า “เป็นยา” หากกินเป็นประจำสามารถช่วยเพิ่มภูมิคุ้มกันโรค ช่วยปกป้องร่างกายจากสารอันตราย เชื้อโรค และการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ที่อาจทำให้เกิดอาการป่วยได้ อีกทั้งยังช่วยเพิ่มศักยภาพระบบต่อต้านอนุมูลอิสระ ลดความเสี่ยงต่อโรคมะเร็ง ลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคไขข้ออักเสบ ลดความเสี่ยงโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (NCDs) ถั่วเหลืองงอก (soybean sprout) คือกระบวนการงอกของเมล็ดแห้ง เมื่อได้รับปัจจัยภายนอกที่เหมาะสม โดยต้นอ่อนภายในเมล็ดหรือเอ็มบริโอ (embryo) ที่อยู่ในระยะพักเมื่อถูกกระตุ้นด้วยปัจจัยที่เอื้อต่อการงอกก็จะเจริญเติบโตทะลุเปลือกหุ้มเมล็ด (seed coat) โดยอัตราการงอกของถั่วเหลืองจะขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของเมล็ดและสภาวะต่าง ๆ โดยมีน้ำหรือความชื้นเป็นปัจจัยหลักที่จะกระตุ้นให้เมล็ดถั่วเหลืองเกิดปฏิกิริยาทางเคมีหรือกระบวนการเมตาบอลิซึมสำหรับความชื้นที่เหมาะสมในกระบวนการงอกของถั่วเหลือง คือ ร้อยละ 50 ที่อุณหภูมิ 20-35 องศาเซลเซียส และต้องมีออกซิเจนเพื่อใช้ในกระบวนการหายใจ หรือย่อยสลายอาหารเพื่อให้เกิด

พลังงานรวมทั้งใช้ในการแบ่งเซลล์ การลำเลียงสารอาหาร และเสริมสร้างส่วนต่าง ๆ ที่จำเป็นในขั้นตอนการงอก [1]

กาบา (γ -aminobutyric acid) (แกมมา-อะมิโนบิวไทริกแอซิด) พบได้ในเมล็ดพืชที่กำลังงอกโดยกระบวนการงอกของเมล็ดพืชจะมีกระบวนการเพื่อให้ได้สารอาหาร และพลังงานต่าง ๆ จำนวนมากอย่างรวดเร็ว สารกาบาเป็นกรดอะมิโนที่ผลิตจากกระบวนการ decarboxylation ของกรดอะมิโนที่ชื่อว่า glutamic acid กรดชนิดนี้จะมีบทบาทสำคัญในการทำหน้าที่เป็นสารสื่อประสาท ทำหน้าที่เป็นสารยับยั้งในระบบประสาทส่วนกลางช่วยเพิ่มความผ่อนคลายให้แก่มอง นอกจากนี้สารกาบายังทำหน้าที่ช่วยกระตุ้นต่อมไร้ท่อ anterior pituitary ซึ่งทำหน้าที่ผลิตฮอร์โมนที่ช่วยในการเจริญเติบโต (human growth hormone; HGH) ทำให้เกิดการสร้างเนื้อเยื่อ และทำให้กล้ามเนื้อเกิดความกระชับ อีกทั้งยังเกิดสาร lipotropic ซึ่งเป็นสารป้องกันการสะสมไขมันได้ด้วย [2] เต้าหู้ถั่วเหลืองเป็นโปรตีนสำหรับผู้รับประทานมังสวิรัต และผู้รักสุขภาพ เต้าหู้มีหลากหลายประเภท แต่ละประเภทมีเนื้อสัมผัส และรสชาติแตกต่างกันเหมาะกับการนำไปประกอบอาหารหลากหลายเมนู เต้าหู้เป็นแหล่งโปรตีนจากพืชที่ดีสุดไปด้วย โปรตีน ใยอาหาร แคลเซียม แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส และวิตามินบี ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อระบบกระดูกและฟัน ระบบประสาท ระบบภูมิคุ้มกัน และช่วยบำรุงร่างกาย โดยรวมเต้าหู้มีไขมันต่ำเหมาะสำหรับผู้ที่มีปัญหาสุขภาพหัวใจ ไขมันในเลือดสูง และต้องการลดความเสี่ยงโรคหัวใจ [3]

ด้วยระยะเวลาที่เหมาะสมของการเพาะงอกถั่วเหลือง จึงทำให้การพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าหู้แข็งกึ่งกึ่งจากถั่วเหลืองนั้น เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากถั่วเหลืองให้เป็นผลิตภัณฑ์อาหารทางเลือกเพื่อสุขภาพ เพราะในปัจจุบันผู้คนต่างดูแลสุขภาพของตนเอง มีความใส่ใจในการเลือกรับประทานอาหาร ด้วยคุณสมบัติของสารกาบาที่มีอยู่ในเต้าหู้นี้จะทำให้ผู้บริโภคเกิดความสนใจในผลิตภัณฑ์ เกิดความต้องการในการบริโภค เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมในการทำเต้าหู้แข็ง

2.2 เพื่อศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมของการเพาะงอกถั่วเหลืองสำหรับการผลิตเต้าหู้แข็งกึ่งกึ่งจากถั่วเหลือง

เพาะงอก

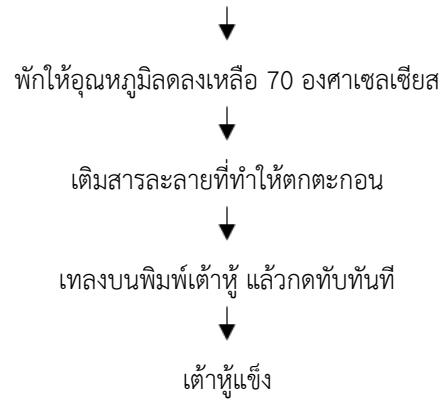
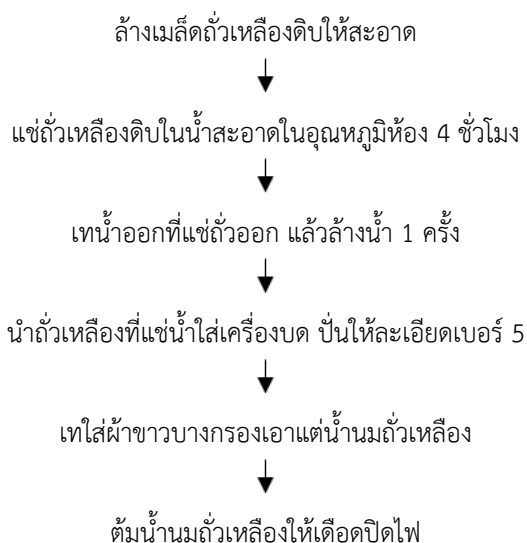
2.3 เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางเคมี และทางกายภาพในเต้าหู้แข็ง กาบาสสูงจากน้ำมันถั่วเหลืองเพาะงอก

3.วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1ศึกษาสูตรพื้นฐานผลิตภัณฑ์เต้าหู้แข็ง

ทำการคัดเลือกสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมในการผลิตภัณฑ์ เต้าหู้แข็ง โดยการสืบค้นจากหนังสือ ตำรา และอินเทอร์เน็ต ดังแสดงในตารางที่ 1 ทำการผลิตเต้าหู้แข็ง 3 สูตรผู้บริโภค แล้วนำไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะ ที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการชิมและให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point Hedonic Scale) มีวิธีการทดสอบชิม โดยหั่นเต้าหู้ให้ได้ขนาด 2×2 นิ้ว นำไปทอดในหม้อทอดแบบไร้น้ำมัน แล้วจัดให้ผู้ทดสอบชิมพร้อมน้ำจิ้มบ๊วย โดยใช้ผู้ชิมจำนวน 50 คน ซึ่งเป็น นักเรียน นักศึกษา แผนกวิชาอาหารและโภชนาการ วิทยาลัยอาชีวศึกษานครราชสีมา และคณะเทคโนโลยีคหกรรม ศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร โดยการ วางแผนการทดลองแบบ (Randomized Complete Block Design, RCDB) และนำข้อมูลจากการศึกษาเต้าหู้แข็งน้ำมัน ถั่วเหลืองเพาะงอกมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างโดยใช้สถิติ แบบ (Least Significant Difference, LSD) คัดเลือกสูตรที่มี คะแนนความชอบสูงสุด และสูตรควบคุม ไปศึกษาและทำการ คัดเลือกสูตรพื้นฐาน โดยพิจารณา จากค่าคะแนนความชอบ ที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด

3.1.1ขั้นตอนการทำเต้าหู้แข็งสูตรพื้นฐาน



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการทำเต้าหู้แข็งน้ำมันถั่วเหลืองเพาะงอก

ตารางที่ 1 สูตรพื้นฐานเต้าหู้แข็ง

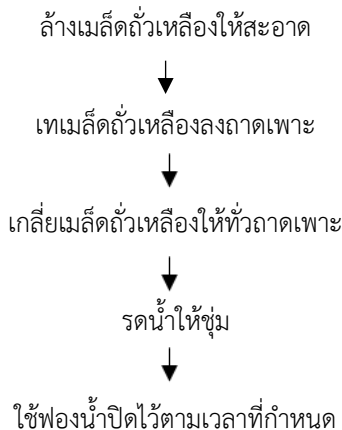
ส่วนผสม	ปริมาณส่วนผสม (กรัม)		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
เมล็ดถั่วเหลืองดิบ	500	500	500
แมกนีเซียมซัลเฟต	20	-	-
น้ำส้มสายชูกลั่น 5 %	-	-	60
แคลเซียมซัลเฟต	-	20	-
น้ำสะอาด	2,000	3,000	3,600

ที่มา : สูตรที่ 1[4] สูตรที่ 2[5] สูตรที่ 3[6]

3.2ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมของการเพาะงอกถั่วเหลือง สำหรับการผลิตเต้าหู้แข็งกาบาสสูงจากจากน้ำมันถั่วเหลือง เพาะงอก ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมของการเพาะงอก ถั่วเหลืองที่แตกต่างกันจำนวน 3 ระดับ 12 24 และ 36 ชั่วโมง โดยใช้สูตรพื้นฐานที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค จากข้อ 3.1 แล้วนำเต้าหู้แข็งไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้าน ลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบ โดยรวม ด้วยวิธีการชิมและให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 – point Hedonic Scale) มีวิธีการทดสอบชิม โดยหั่นเต้าหู้ให้ได้ ขนาด 2×2 นิ้ว นำไปทอดในหม้อทอดแบบไร้น้ำมัน แล้วจัดให้ผู้ทดสอบชิมพร้อมน้ำจิ้มบ๊วย โดยใช้ผู้ชิมจำนวน 50 คน ซึ่งเป็น นักเรียน นักศึกษา แผนกวิชาอาหารและโภชนาการ วิทยาลัยอาชีวศึกษานครราชสีมา และคณะเทคโนโลยีคหกรรม ศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร โดยการ วางแผนการทดลองแบบ (Randomized Complete Block Design, RCDB) และนำข้อมูลจากการศึกษาเต้าหู้แข็งน้ำมัน ถั่วเหลืองเพาะงอกมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of

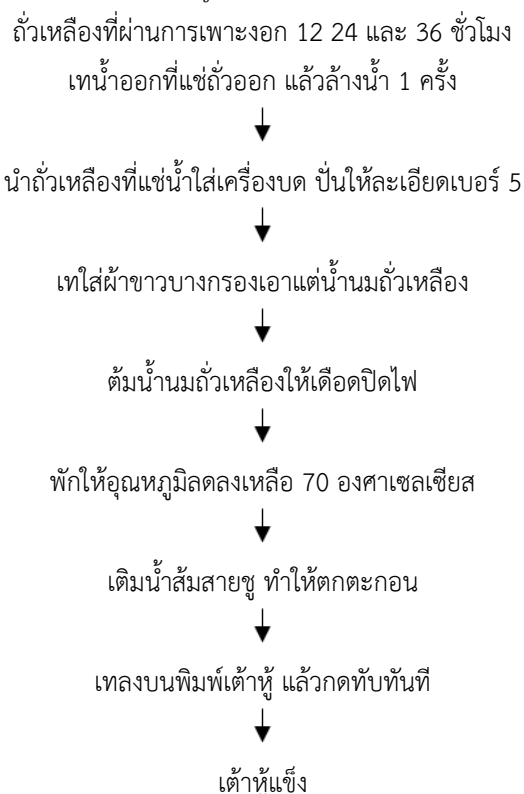
Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างโดยใช้สถิติแบบ (Least Significant Difference, LSD) คัดเลือกสูตรที่มีคะแนนความชอบสูงสุด และสูตรควบคุม ไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

3.2.1 ขั้นตอนการเตรียมถั่วเหลืองเพาะงอก



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการเตรียมถั่วเหลืองเพาะงอก

3.2.2 ขั้นตอนการทำเต้าหู้แข็งนํ้ามถั่วเหลืองเพาะงอก



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการทำเต้าหู้แข็งนํ้ามถั่วเหลืองเพาะงอก

3.3การศึกษาคุณสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เต้าหู้แข็งจากนํ้ามถั่วเหลืองเพาะงอก

3.3.1คุณสมบัติทางเคมีที่ทำการประเมิน

- 1) สารกาบา โดยวิธี In-house method based on TAS 4003-2012
- 2) โปรตีน โดยวิธี In-house method TC 014 based on AOAC (2019) 991.20
- 3) คาร์โบไฮเดรต โดยวิธี Method of Analysis for Nutrition Labeling. Vergina: AOAC International; 1993. p.8
- 4) วิเคราะห์ความชื้น โดยวิธี In-house method based on AOAC (2023) 945.39 A
- 5) เกล็ด โดยวิธี In-house method based on AOAC (2023) 945.39 B
- 6) ไขมัน โดยวิธี In-house method TC 01 based on AOAC (2019) 991.06
- 7) โยใยอาหาร โดยวิธี In-house method based on AOAC (2023) 978.10

3.3.2คุณสมบัติทางกายภาพที่ทำการประเมิน ได้แก่

- 1) แบบทดสอบประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความนุ่ม) และความชอบโดยรวม
- 2) การประเมินค่าสี ในระบบ L*,a* และ b* โดยใช้เครื่องประเมิน Konica Minolta รุ่น CR-400 Series
- 3) การประเมินเนื้อสัมผัส (Texture Analysis) โดยใช้เครื่อง Texture Analyzer ยี่ห้อ Stable Micro System รุ่น TA.XT โดยการทำกรวัดความแข็ง (Firmness) และความยืดหยุ่น (Springiness)

3.4สถานที่ทำการวิจัย ห้องปฏิบัติการอาหาร แผนกวิชาอาหารและโภชนาการ วิทยาลัยอาชีวศึกษานครราชสีมา และคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

4.ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1ศึกษาสูตรพื้นฐานผลิตภัณฑ์เต้าหู้แข็ง ทำการคัดเลือกสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมในการทำผลิตภัณฑ์เต้าหู้แข็งจำนวน 3 สูตร แล้วนำไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส แสดงดังภาพที่ 1 และ ตารางที่ 2



สูตรที่ 1



สูตรที่ 2



สูตรที่ 3

ภาพที่ 1 เต้าหู้แข็งสูตรพื้นฐาน

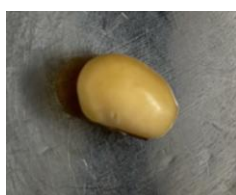
ตารางที่ 2 คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์เต้าหู้แข็งสูตรพื้นฐาน

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบ		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
ลักษณะปรากฏ	7.08±0.96 ^b	7.22±0.95 ^b	7.74±0.89 ^a
สี	7.24±0.91 ^{ab}	7.16±0.88 ^b	7.54±0.83 ^a
ด้านกลืน	7.24±0.91 ^b	7.16±0.92 ^b	7.70±0.93 ^a
รสชาติ	7.12±0.98 ^b	7.34±0.93 ^{ab}	7.58±0.99 ^a
เนื้อสัมผัส	7.16±0.81 ^b	7.36±0.82 ^{ab}	7.62±0.92 ^a
ความชอบโดยรวม	7.38±0.80 ^b	7.46±0.90 ^{ab}	7.76±0.90 ^a

หมายเหตุ อักษรที่ต่างกันกำกับค่าในแนวนอน คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากภาพที่ 1 และ ตารางที่ 2 พบว่า สูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์เต้าหู้แข็ง ผู้ทดสอบชิม 50 คน ได้ให้ความชอบเต้าหู้แข็งสูตรพื้นฐานทั้ง 3 สูตรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนผู้ชิมให้คะแนน สูตรที่ 3 มากที่สุดในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยมีคะแนนเฉลี่ย คือ 7.74 7.54 7.70 7.58 7.62 และ 7.76 ตามลำดับ ซึ่งสูตรที่ 3 มีเนื้อสัมผัสเนียน มีความนุ่ม ยืดหยุ่น และกลิ่นเฉพาะของเต้าหู้มีกลิ่นเพียงเล็กน้อยมากกว่า สูตรที่ 1 และสูตรที่ 2

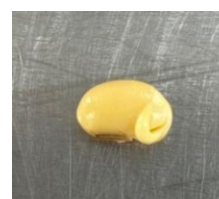
4.2 ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมของการเพาะงอกถั่วเหลืองสำหรับการผลิตเต้าหู้แข็งกึ่งกึ่งจากจากน้ำนมถั่วเหลืองเพาะงอก ที่แตกต่างกันจำนวน 3 ระดับ 12 24 และ 36 ชั่วโมง (ภาพที่ 2) โดยใช้สูตรพื้นฐานที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคแล้วนำไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส แสดงดังตารางที่ 3



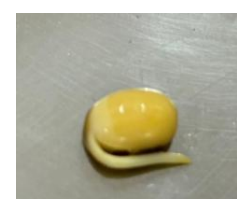
0 ชั่วโมง



12 ชั่วโมง



24 ชั่วโมง



36 ชั่วโมง

ภาพที่ 2 ถั่วเหลืองเพาะงอกที่ระยะเวลาต่างกัน

ตารางที่ 3 คะแนนความชอบเต้าหู้แข็งกาบสูงจากน้ำมันถั่วเหลืองที่ใช้ระยะเวลาเพาะงอกถั่วเหลืองแตกต่างกัน

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบ			
ด้านลักษณะปรากฏ ^{ns}	0 ชั่วโมง (สูตรควบคุม)	12 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	36 ชั่วโมง
ด้านสี ^{ns}	7.62±0.75	7.58±0.81	7.58±0.85	7.44±0.73
ด้านกลิ่น ^{ns}	7.46±0.73	7.50±0.81	7.56±0.76	7.44±0.86
ด้านรสชาติ ^{ns}	7.52±0.78	7.58±0.67	7.70±0.88	7.44±0.86
ด้านเนื้อสัมผัส ^{ns}	7.42±0.78	7.64±0.93	7.56±0.88	7.56±0.88
ด้านความชอบโดยรวม ^{ns}	7.60±0.88	7.74±0.82	7.68±0.79	7.56±0.83

หมายเหตุ^{ns} ที่กำกับคุณลักษณะ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของแต่ละตัวอย่างในคุณลักษณะนั้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 3 พบว่า ผู้ชิมให้คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัส ในระดับ 24 ชั่วโมง มากกว่า ระดับ 12 ชั่วโมงและ 36 ชั่วโมง ในระดับความชอบมาก ในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ ในระดับความชอบมาก ในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ โดยมีคะแนนเฉลี่ย 7.58 7.56 และ 7.70 ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงระยะเวลาการเพาะงอกของถั่วเหลือง ก่อนนำมาผลิตเป็นน้ำมันถั่วเหลือง ไม่ได้ส่งผลกระทบต่อคุณภาพและรสชาติของผลิตภัณฑ์เต้าหู้แข็งที่ถั่วเหลืองผ่านการเพาะงอก [7] สอดคล้องกับงานวิจัย ที่เต้าหู้แข็งที่ผลิตได้จะมีสีเหลืองอ่อน ปราศจากกลิ่นเฉพาะตัวของถั่วเหลือง (soybean off-flavor) และมีเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับเต้าหู้ที่ผลิตจากถั่วเหลือง

4.3การศึกษา สารกาบา คุณสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เต้าหู้แข็งกาบสูงจากน้ำมันถั่วเหลืองเพาะงอก

4.3.1คุณสมบัติทางเคมีที่ทำการประเมิน ได้แก่ สารกาบา โปรตีน คาร์โบไฮเดรต วิเคราะห์ความชื้น เถ้า ไขมัน และใยอาหาร

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์เต้าหู้แข็ง สูตรพื้นฐานและสูตรถั่วเหลืองเพาะงอก

องค์ประกอบต่อ 100 กรัม	เต้าหู้แข็ง		เพิ่มขึ้น/ลดลง (ร้อยละ)
	สูตรพื้นฐาน	ถั่วเหลืองเพาะงอก	
สารกาบา (มิลลิกรัม)	15.33	27.44	78.99
โปรตีน (กรัม)	11.92	11.55	-3.10
คาร์โบไฮเดรต(กรัม)	1.74	0.90	-48.27
ความชื้น (กรัม)	78.14	80.19	2.62
เถ้า (กรัม)	0.69	0.61	-11.59
ไขมัน (กรัม)	7.51	6.75	-10.11
ใยอาหาร (กรัม)	0.18	0.01	-94.44

จากตารางที่ 4 พบว่า คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์เต้าหู้แข็งสูตรพื้นฐาน มีสารกาบา 15.33 มิลลิกรัม โปรตีน 11.92 กรัม คาร์โบไฮเดรต 1.74 กรัม ความชื้น 78.14 กรัม เถ้า 0.69 กรัม ไขมัน 7.51 กรัม และใยอาหาร 0.18 กรัม

ผลิตภัณฑ์เต้าหู้แข็งจากน้ำมันถั่วเหลืองเพาะงอก พบว่า มีสารกาบา 27.44 มิลลิกรัม โปรตีน 11.55กรัม คาร์โบไฮเดรต 0.90 กรัม ความชื้น 80.19 กรัม เถ้า 0.61 กรัม ไขมัน 6.75 กรัม และใยอาหาร 0.01 กรัม [8] สอดคล้องกับงานวิจัย ที่ระยะเวลาในการแช่น้ำมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณกาบา ในเมล็ดข้าวโพด โดยเมล็ดข้าวโพดหวานมีความสามารถในการสังเคราะห์กาบสูงกว่าเมล็ดข้าวโพดข้าวเหนียว และเมื่อแช่นานขึ้น ปริมาณกาบาในเมล็ดข้าวโพดจะเพิ่มสูงขึ้น

4.3.2 คุณสมบัติทางกายภาพที่ทำการประเมิน

ตารางที่ 5 การประเมินค่าสีและค่าเนื้อสัมผัส

คุณภาพ	ชนิดของเต้าหู้แข็ง	
	สูตรพื้นฐาน	ถั่วเหลือง เพาะงอก
ค่าสี		
L* ^{ns}	79.21±0.94	79.17±0.64
a*	-0.32±0.07 ^a	-1.30±0.15 ^b
b*	16.51±0.34 ^b	18.87±1.05 ^a
เนื้อสัมผัส		
Firmness (g)	31.14±7.12	11.23±1.69
Springiness (mm)	5.58±0.38	5.36±0.29

หมายเหตุ ^{ns} ที่กำกับคุณลักษณะ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของแต่ละตัวอย่างในคุณลักษณะนั้นไม่แตกต่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 5 ผลการประเมินคุณภาพทางกายภาพระหว่างเต้าหู้แข็งสูตรพื้นฐานและเต้าหู้แข็งจากนํ้านมถั่วเหลืองเพาะงอก พบว่าค่าความสว่าง (L*) ของเต้าหู้แข็งทั้ง 2 สูตร ค่าความสว่างไม่แตกต่างกัน ค่าสีเขียว (a*) เต้าหู้แข็งจากนํ้านมถั่วเหลืองเพาะงอก มีค่า -1.30 และค่าสีเหลือง (b*) เต้าหู้แข็งสูตรพื้นฐาน มีค่า 16.51 ส่วนค่าความหนาแน่นของเต้าหู้แข็งสูตรพื้นฐานอยู่ที่ 31.14 นิวตัน มากกว่าเต้าหู้แข็งจากนํ้านมถั่วเหลืองเพาะงอก ที่มีค่าความหนาแน่น 11.23 นิวตัน และค่าความนุ่มของเต้าหู้แข็งสูตรพื้นฐานมีค่า 5.58 นิวตัน มีความใกล้เคียงกับเต้าหู้แข็งจากนํ้านมถั่วเหลืองเพาะงอกมีค่า 5.36 นิวตัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ M.Tasanuodom [7] เรื่อง การพัฒนากระบวนการผลิตเต้าหู้แข็งจากถั่วดำ โดยเต้าหู้แข็งที่ผลิตได้จะมีสีเหลืองอ่อน ปราศจากกลิ่นเฉพาะตัวของถั่วเหลือง (soybean off-flavor) และมีเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับเต้าหู้ที่ผลิตจากถั่วเหลือง

5.สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เต้าหู้แข็งสูตรพื้นฐาน พบว่า สูตรที่ 3 ประกอบด้วยเมล็ดถั่วเหลืองดิบ น้ำส้มสายชูกลั่น 5 % และน้ำสะอาด

เป็นสูตรที่เหมาะสม เป็นสูตรที่เหมาะสมกว่าการตกตะกอนด้วยวิธีอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อใช้ถั่วเหลืองเพาะงอกในการผลิตเต้าหู้แข็งกาบาสูงจากนํ้านมถั่วเหลืองเพาะงอกที่ พบว่าการเพาะงอกถั่วเหลืองที่ 24 ชั่วโมง เต้าหู้แข็งที่ได้มีคะแนนการยอมรับสูงสุดในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) พบปริมาณสารกาบาสูงกว่าเต้าหู้แข็งสูตรพื้นฐาน และมีค่าความสว่างและค่าความหนาแน่น น้อยกว่าเต้าหู้แข็งจากนํ้านมถั่วเหลืองเพาะงอก ส่วนค่าความนุ่มของเต้าหู้แข็งทั้งสองสูตรมีความใกล้เคียงกัน

6.ข้อเสนอแนะ

6.1ข้อเสนอแนะการนำผลการวิจัยไปใช้

6.2.1ควรศึกษาระยะเวลาในการเก็บรักษาลักษณะเต้าหู้แข็งกาบาสูงจากนํ้านมถั่วเหลืองเพาะงอก

6.2.2ควรศึกษาการนำผลิตภัณฑ์เต้าหู้แข็งกาบาสูงจากนํ้านมถั่วเหลืองเพาะงอกมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่

6.2.3ควรศึกษาการต่อยอดการใช้เต้าหู้ถั่วเหลืองในผลิตภัณฑ์เต้าหู้แข็งกาบาสูงจากนํ้านมถั่วเหลืองเพาะงอกในเชิงพาณิชย์ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- [1] C. Lautong, "Development of soybean curd production and its application in food", M. Sc.Thesis, Kasetsart University, 2012. (in Thai)
- [2] Department of Science Service. "GABA", [Online]. <http://www.otop.dss.go.th/index.php/home/26-interesting-articles/192-2018-09-10-07-49-42>. (Accessed : 6 July 2024). (in Thai)
- [3] M. Chattaratham, *Soybean tofu: A superfood for health*, Khon Kaen University Press, 2022. (in Thai)
- [4] T. Thongsaad, *Tofu production*, Department of Food and Nutrition, Nakhon Ratchasima Vocational College, 2022. (in Thai)

- [5] K. Khamsemo, “Cooking, Department of Food and Nutrition, Nakhon Ratchasima Vocational College, 2023. (in Thai)
- [6] M. Nongmod, “Homemade tofu” , [Online]. <http://www.food.trueid.net/detail/mX4pLqdWwjP>. (Accessed : 6 July 2024). (in Thai)
- [7] M. Tasanuodom, W. Sapinkornburi, M. Anawatchakul, “Development of a production process for firm tofu from black soybeans”, *Khon Kaen University Science Journal*, Vol.42, No.1, p135-148, 2014. (in Thai)
- [8] S. Klinthakorn, S. Narathon, S. Sukkasem, “The Appropriate Condition for Increasing GABA in Corn for Health Food Production”, *Agricultural Research Journal*, Vol.41, No.1, p.50-59, 2023. (in Thai)
- [9] T. Amorn, T. and et al., “Effects of Soaking Time on Seed Viability and GABA Content of Germinated Parboiled Rice and Germinated Brown Rice”, *Journal of Science Ladkrabang*, Vol.31, No.2, p.55-69, 2022. (in Thai)