

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เวจจิ้งก์เกิดเพื่อสุขภาพจากถั่วขาว (Phaseolus vulgaris L.)

พรทิพย์ วิริยะวัฒนา*, เดือนฉาย ตันนารัตน์**

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาในการแช่น้ำและการให้ความร้อนต่อคุณสมบัติทางเคมีของถั่วขาว และพัฒนาสูตรของผลิตภัณฑ์เวจจิ้งก์เกิดเพื่อสุขภาพจากถั่วขาว ผลจากการศึกษาพบว่า ถั่วขาวที่แช่นานขึ้นจาก 5 ชั่วโมง เป็น 10 ชั่วโมง ส่งผลให้ปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) นอกจากนี้เมื่อนำถั่วขาวมาต้มในน้ำเดือดเป็นเวลานานขึ้นจาก 30 นาที เป็น 50 นาที ยังส่งผลให้ปริมาณโปรตีนและความชื้นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ดังนั้นการเตรียมถั่วขาวก่อนนำไปใช้เป็นส่วนประกอบในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เวจจิ้งก์เกิดจากถั่วขาวจะถูกนำมาแช่น้ำ 5 ชั่วโมง และต้มในน้ำเดือด 50 นาที จากการศึกษาอิทธิพลของส่วนผสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เวจจิ้งก์เกิดถั่วขาวด้วยการออกแบบการทดลองแบบผสมพบว่า ปริมาณส่วนผสมของถั่วขาว แป้งสาลี และแป้งข้าวโพดมีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพและการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เวจจิ้งก์เกิด โดยปริมาณถั่วขาวที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความสว่าง (L^*) ความเป็นสีแดง (a^*) และความเป็นสีเหลือง (b^*) ลดลง นอกจากนี้ยังส่งผลให้ค่าความแข็ง (Hardness), การติดยึด (Adhesiveness), การเชื่อมติด (Cohesiveness) และความหนึบ (Chewiness) ลดลง รวมทั้งส่งผลให้ค่าคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ รสชาติและความชอบโดยรวมเพิ่มขึ้น ดังนั้นสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์เวจจิ้งก์เกิดประกอบด้วยถั่วขาวร้อยละ 59.5 แป้งสาลีร้อยละ 17 และแป้งข้าวโพดร้อยละ 8.5

คำสำคัญ : ผลิตภัณฑ์เวจจิ้งก์เกิด, เพื่อสุขภาพ, เวจจิ้ง, ถั่วขาว

* อาจารย์ประจำ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

** อาจารย์ประจำ คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

Corresponding author, email: porntip.w@ru.ac.th, porntip.w.ru@gmail.com, Tel. 086-386-3493

Received : December 23, 2020; Revised : March 26, 2021; Accepted : April 20, 2021

Development of Healthy Veggie Nugget Product from White Kidney Bean (Phaseolus vulgaris L.)

Porn-tip Wiriyawattana*, Duenchay Tunnarut**

Abstract

The objectives of this research were to study the effects of soaking and heating time on the chemical properties of white kidney bean and to develop a healthy veggie nugget product from beans. Results indicated that white kidney bean soaked in distilled water from 5 hours to 10 hours had significant ($p \leq 0.05$) increase in moisture content. Additionally, white kidney bean cooked by boiling from 30 minutes to 50 minutes showed significant ($p \leq 0.05$) increase in protein and moisture content. Therefore, the beans were soaked in distilled water for 5 hours and boiled for 50 minutes used as an ingredient in the development of veggie nuggets. The effect of ingredients for nugget from white kidney bean was determined using mixture design. Result showed that the ratio of white kidney bean, wheat flour and corn flour was found to influence physical and sensory properties of nuggets. Increased white bean content resulted in lower L^* , a^* and b^* values. In addition, increasing white bean decreased hardness, adhesiveness, cohesiveness and chewiness. Sensory properties were found that appearance, taste and overall liking increased with increasing white bean content. The optimum formula of nugget product consisted 59.5% white kidney bean, 17% wheat flour and 8.5% corn flour.

Keywords : Nugget product, Healthy, Veggie, White kidney bean

* Instructor, Faculty of Science, Ramkhamhaeng University

** Instructor, Faculty of Agro-Industry, Panyapiwat Institute of Management

Corresponding author, email: porntip.w@ru.ac.th, porntip.w.ru@gmail.com, Tel. 086-386-3493

Received : December 23, 2020; **Revised :** March 26, 2021; **Accepted :** April 20, 2021

ความสำคัญของปัญหาการวิจัย

ถั่วขาว (*Phaseolus vulgaris* L.) เป็นวัตถุดิบทางการเกษตรที่เจริญเติบโตได้ดีในที่สูง (800–1,500 เมตร เหนือระดับน้ำทะเล) และมีอากาศเย็น (18–24 องศาเซลเซียส) ในประเทศไทยเริ่มมีการปลูกถั่วขาวในโครงการวิจัยและพัฒนาถั่วที่สูง โครงการหลวงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2541 เป็นต้นมา ได้แก่ พันธุ์ปางตะ 1 ปางตะ 2 ปางตะ 3 และปางตะ 4 โดยผลผลิตเฉลี่ยของถั่วขาวแต่ละพันธุ์แตกต่างกัน ถั่วขาวพันธุ์ปางตะ 1 ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด 238.6 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือ สายพันธุ์ปางตะ 2 ปางตะ 4 และปางตะ 3 ซึ่งแต่ละพันธุ์มีอายุเก็บเกี่ยวเฉลี่ยอยู่ที่ 67–82 วัน โดยที่พันธุ์ปางตะ 4 มีอายุเก็บเกี่ยวนานที่สุด รองลงมาได้แก่ พันธุ์ปางตะ 1, 2 และ 3 แต่ในปัจจุบันพันธุ์ที่ส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกคือ ปางตะ 2 และฤดูปลูกที่เหมาะสมอยู่ในช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนธันวาคม ซึ่งสามารถปลูกได้ดีและให้ผลผลิตสูง (สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง, 2559) นอกจากนี้ยังมีการนำเข้าถั่วขาวจากต่างประเทศในแถบประเทศลาตินอเมริกา เนื่องจากมีความต้องการในประเทศมากกว่าจำนวนที่สามารถผลิตได้ในประเทศ ดังนั้นในทางด้านเกษตรกรรมจึงนับได้ว่าถั่วขาวเป็นวัตถุดิบทางการเกษตรที่น่าจับตามองอีกชนิดหนึ่ง

ถั่วขาวมีองค์ประกอบทางเคมีต่าง ๆ ที่เหมาะกับการนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ เช่น คากิโยอาหาร สารต้านอนุมูลอิสระ วิตามินและเกลือแร่ต่าง ๆ อีกทั้งยังมีสารฟาสีโอลามิน (Phaseolamin) ซึ่งสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส (α -amylase) ที่ย่อยแป้งจึงช่วยลดพลังงานที่ได้จากการบริโภคแป้ง (Grube et al., 2014; Wang et al., 2019) นอกจากนี้ปริมาณคากิโยอาหารจากถั่วขาวยังมีส่วนช่วยในระบบขับถ่าย ลดปริมาณคอเลสเตอรอลและป้องกันภาวะไขมันในเลือดสูง ลดความเสี่ยงการเกิดโรคความดันโลหิตสูง โรคหัวใจและหลอดเลือด เป็นต้น (Anderson et al., 2009) ในพืชตระกูลถั่วมีคากิโยอาหารทั้งหมดตั้งแต่ร้อยละ 10–24 โดยถั่วขาวมีคากิโยร้อยละ 18–21 ขึ้นอยู่กับกรรมวิธีในการแปรรูป (Chongcharoenyanon, 2016) ถึงแม้ว่าถั่วขาวจะมีคุณประโยชน์มากมายเป็นทั้งแหล่งของโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ แต่การบริโภคถั่วขาวดิบที่ไม่ผ่านการปรุงอย่างถูกวิธีจะทำให้ร่างกายได้รับสารพิษในกลุ่มไฟโตฮีแมกกลูเตนิน (Hemagglutinin) ซึ่งสารพิษนี้ทำให้เม็ดเลือดแดงของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมเกาะกลุ่มกัน ไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ มีข้อมูลบ่งชี้ว่าการให้ความร้อนในการทำให้อุ่นไม่เพียงพอจะเพิ่มปริมาณสารพิษขึ้น เช่น การให้ความร้อนเพียง 80 องศาเซลเซียส จะเพิ่มความเป็นพิษจากถั่วดิบกว่า 5 เท่า องค์การอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกา (U.S. FDA., 2012) ได้แนะนำการแช่น้ำและให้ความร้อนถั่วอย่างถูกวิธีคือ แช่ถั่วในน้ำอย่างน้อย 5 ชั่วโมง เปลี่ยนน้ำแล้วต้มให้เดือดที่ 100 องศาเซลเซียส อย่างน้อย 30 นาที

การนำถั่วขาวมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ เพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในเชิงสุขภาพยังไม่ได้ได้รับความนิยมนักในประเทศไทย เนื่องจากประชากรไทยรับประทานข้าวเป็นหลักเป็นแหล่งพลังงานหลัก แต่ปัจจุบันผู้คนให้ความสนใจในการดูแลสุขภาพมากยิ่งขึ้น ร่วมกับสังคมที่เร่งรีบพฤติกรรมบริโภคอาหารจึงเปลี่ยนไป มีผู้คนจำนวนมากหันมาบริโภคอาหารจานด่วน (Fast food) ผลิตภัณฑ์นี้มักเกิดจึงเป็นอาหารจานด่วนอีกชนิดที่นิยมรับประทานกันมากทั้งเด็กและผู้ใหญ่ (Kubola et al., 2014) งานวิจัยของ Yeater et al. (2017) ได้ศึกษาเปรียบเทียบเนื้อสัมผัสของนักเก็ตไก่อิมัลชันที่มีโปรตีนจากข้าวสาลีและจากถั่วเหลืองในปริมาณที่ต่างกัน พบว่า การเพิ่มปริมาณโปรตีนที่ได้มาจากพืชเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความแข็ง (Hardness) และความหนึบ (Chewiness) ของนักเก็ตไก่ลดลง ในขณะที่การเชื่อมติด (Cohesiveness) และความตึง (Springiness) ของนักเก็ตไก่ไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งจะเห็นได้ว่าในปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์อาหารมากมายที่มีส่วนผสมของโปรตีนที่ได้มาจากพืช เช่น ถั่วเหลือง ข้าวโพด หรือข้าวสาลี เป็นต้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาและพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์เวจจ์นักเก็ตจากถั่วขาวที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ และเป็นการเพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภคที่สนใจดูแลสุขภาพมากขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาในการแช่น้ำและการให้ความร้อนต่อคุณสมบัติทางเคมีของถั่วขาว
2. เพื่อพัฒนาสูตรของผลิตภัณฑ์นักเก็ตถั่วขาว
3. เพื่อศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์เวจจี้กั๊กเก็ตเพื่อสุขภาพจากถั่วขาว

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาผลของระยะเวลาในการแช่น้ำและการให้ความร้อนต่อคุณสมบัติทางเคมีของถั่วขาว

ทำการคัดเลือกถั่วขาวส่วนที่แตกหักหรือมีตำหนิออก ซึ่งปริมาณถั่วขาวและน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:10 จากนั้นนำมาศึกษาระยะเวลาในการแช่น้ำและการให้ความร้อน โดยจัดสิ่งทดลองแบบแฟคทอเรียล 2x2 ในแผนการทดลองแบบสุ่มโดยตลอด (Factorial 2x2 in CRD) ซึ่งมีระยะเวลาในการแช่น้ำ 2 ระดับ คือ 5 และ 10 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง และต้มน้ำเดือด 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ระดับ คือ 30 และ 50 นาที จะได้สิ่งทดลองทั้งหมด 4 สิ่งทดลอง จากนั้นนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (Proximate analysis) ของถั่วขาว โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ แต่ครั้งของการทดลองทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ ได้แก่ ความชื้น ไขมัน โปรตีน เถ้า และเส้นใยหยาบ ตามวิธีการของ AOAC (2000) ปริมาณคาร์โบไฮเดรตคำนวณจาก $100 - (\text{ความชื้น} + \text{โปรตีน} + \text{ไขมัน} + \text{เถ้า} + \text{เส้นใยหยาบ})$ ปริมาณเส้นใยหยาบที่ได้จากการวิเคราะห์นี้เป็นเพียงส่วนที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble fiber) ของปริมาณใยอาหารทั้งหมด (Total dietary fiber) (Traugber et al., 2017)

2. การพัฒนาสูตรของผลิตภัณฑ์นักเก็ตถั่วขาว

การพัฒนาสูตรของผลิตภัณฑ์นักเก็ตถั่วขาว โดยวางแผนการทดลองแบบผสม (Mixture design) และกำหนดปัจจัยที่ทำการศึกษากำหนดช่วง (Constrained simplex lattice mixture design) โดยช่วงการศึกษาปัจจัยประกอบด้วยถั่วขาว (X1) ร้อยละ 60-70 แป้งสาลี (X2) ร้อยละ 20-25 และข้าวโพด (X3) ร้อยละ 10-15 โดยกำหนดปริมาณส่วนผสมอื่น ๆ คงที่ที่ระดับร้อยละ 15 ซึ่งจะได้สูตรผลิตภัณฑ์นักเก็ตถั่วขาวทั้งหมด 5 สูตร และจะคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมที่สุดเพื่อใช้เป็นสูตรของผลิตภัณฑ์นักเก็ตถั่วขาวที่พัฒนาได้จากวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยด้วยวิธีพื้นผิวตอบสนอง (Deshpande et al., 2008; Yin et al., 2009)

ขั้นตอนในการผลิตผลิตภัณฑ์นักเก็ตถั่วขาวทำโดยการผสมถั่วขาว แป้งสาลี และแป้งข้าวโพด ดังแสดงใน Table 1 เข้ากับเครื่องปรุงต่างๆ ได้แก่ เกลือร้อยละ 1 พริกไทยร้อยละ 0.5 น้ำตาลทรายร้อยละ 8.5 และน้ำร้อยละ 5 จากนั้นปั่นผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมอาหาร (Ronic, FP1224, France) เป็นเวลา 1 นาที นำมาปั้นใส่บล็อกขนาด 3.5x5.0x1.0 เซนติเมตร น้ำหนักประมาณ 20 ± 0.5 กรัม คลุกกับแป้งชุบทอดผสมน้ำ (ร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก) ทิ้งไว้บนตะแกรง 30 วินาที ตั้มน้ำมันปาล์มให้ร้อนที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส นำผลิตภัณฑ์นักเก็ตถั่วขาวลงทอดเป็นเวลา 2 นาที (Kubola et al., 2014) เก็บในถุง PE (Polyethylene) เพื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพต่าง ๆ ต่อไป โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ แต่ครั้งของการทดลองทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ ดังนี้

Table 1 The proportions of white kidney bean, wheat flour and corn flour in nugget product formulations

Formulations	Component proportion (%)*		
	White kidney bean (X ₁)	Wheat flour (X ₂)	Corn flour (X ₃)
1	70	20	10
2	65	25	10
3	60	25	15
4	65	20	15
5	65	22.5	12.5

*Total amount of the three components is 85% of total weight of nugget product formulations.

2.1 วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

2.1.1 วัดค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์นักเก็ตถั่วขาวด้วยเครื่อง Texture Analyzer (TA-XT Plus, Stable Micro Systems, UK) โดยวัด Texture Profile Analysis (TPA) เตรียมตัวอย่างก่อนนำไปวัดค่าโดยตัดแต่งเอาเปลือกนอกของนักเก็ตถั่วขาวออก แล้วหั่นตัวอย่างขนาด 1.5x1.5x1.0 เซนติเมตร การวัดค่าทำโดยกดตัวอย่าง 2 ครั้ง ด้วยหัววัดทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 75 มิลลิเมตร (P75) กดตัวอย่างให้ยุบตัวลงร้อยละ 50 ของความหนาตัวอย่าง โดยกำหนดอัตราเร็วของหัววัดก่อนการทดสอบ ขณะทดสอบและหลังการทดสอบเท่ากับ 3, 12 และ 3 มิลลิเมตรต่อวินาที ตามลำดับ (Verma et al., 2010) บันทึกค่าพารามิเตอร์ของเนื้อสัมผัสที่ได้ ได้แก่ ความแข็ง (Hardness), การติดยึด (Adhesiveness), ความตึง (Springiness), การเชื่อมติด (Cohesiveness) และความหนึบ (Chewiness) เป็นต้น

2.1.2 การวัดค่าสี ทำการวัดค่าสีภายในผลิตภัณฑ์นักเก็ตถั่วขาว ในระบบ CIE L*a*b* ด้วยเครื่อง Hunter Lab (Hunter Lab, Colorflex-45-2, USA) โดย L* หมายถึง ค่าความสว่าง มีค่าตั้งแต่ 0-100 (สว่างน้อยหรือมืด-สว่างมากหรือขาว) a* หมายถึง ค่าความเป็นสีแดง (+) และค่าความเป็นสีเขียว (-) และ b* หมายถึง ค่าความเป็นสีเหลือง (+) และค่าความเป็นสีน้ำเงิน (-)

2.1.3 ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (water activity, a_w) ด้วยเครื่องวอเตอร์แอคทิวิตี (Aqua Lab, 4TE, USA) โดยทำการ Validate เครื่องด้วยสารละลายมาตรฐานก่อนเริ่มทำการวัดค่าตัวอย่าง จากนั้นเตรียมตัวอย่างประมาณ ¼ ของถั่วและนำมาวัดค่า

2.2 วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (Proximate analysis) ของผลิตภัณฑ์นักเก็ตถั่วขาว ได้แก่ ความชื้น ไขมัน โปรตีน เถ้า และเส้นใยหยาบ ตามวิธีการของ AOAC (2000) ปริมาณคาร์โบไฮเดรตคำนวณจาก 100 – (ความชื้น+โปรตีน+ไขมัน+เถ้า+เส้นใยหยาบ)

2.3 วิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count; TPC) ปริมาณยีสต์และรา (Yeast and Mold) เอสเชอริเชีย โคไล (Escherichia coli) แซลโมเนลลา (Salmonella spp.) และสแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส (Staphylococcus aureus) ตามวิธีการของ AOAC (2000)

2.4 วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์เวจจ์นั้กเกิดเพื่อสุขภาพจากถั่วขาวทั้ง 5 สูตร นำมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยทำการทดสอบความชอบด้วยมาตราความชอบ 9 จุด (9-point hedonic scale; คะแนนเท่ากับ 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และคะแนนเท่ากับ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด) กับผู้บริโภคที่ชอบรับประทานนั้กเกิดถั่วขาวจำนวน 30 คน ศึกษาคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์นั้กเกิดถั่วขาวในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม (Meilgaard et al., 2007)

3. การศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์เวจจ์นั้กเกิดเพื่อสุขภาพจากถั่วขาว

นำผลิตภัณฑ์เวจจ์นั้กเกิดเพื่อสุขภาพจากถั่วขาวที่คัดเลือกได้จากการทดลองในข้อ 2 มาศึกษาการยอมรับกับผู้บริโภคทั่วไปที่ชอบรับประทานผลิตภัณฑ์นั้กเกิดจำนวน 50 คน โดยทดสอบแบบ Central location test (CLT) ให้ผู้ทดสอบประเมินความชอบด้วยมาตราความชอบ 9 จุด (9-point hedonic scale) ในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัสโดยรวม ความชอบโดยรวม การประเมินการยอมรับและตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลจากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และเคมี มาหาค่าเฉลี่ยและทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (Randomized Complete Block Design; RCBD) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทางสถิติด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 18.0 และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยด้วยวิธีพื้นผิวตอบสนอง (Response Surface Methodology; RSM) ด้วยโปรแกรม Statistica Version 10.0

ผลการวิจัย

1. การศึกษาผลของระยะเวลาในการแช่น้ำและการให้ความร้อนต่อคุณสมบัติทางเคมีของถั่วขาว

จาก Table 2 พบว่า ระยะเวลาในการแช่น้ำและการให้ความร้อนมีผลต่อคุณสมบัติทางเคมีของถั่วขาว โดยถั่วขาวที่แช่นานขึ้นจาก 5 ชั่วโมง เป็น 10 ชั่วโมง ส่งผลให้ปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น ปริมาณคาร์โบไฮเดรตและเถ้าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในขณะที่ไม่พบความแตกต่างของปริมาณโปรตีน ไขมัน และเส้นใยหยาบ ($P > 0.05$) นอกจากนี้เมื่อนำถั่วขาวมาต้มในน้ำเดือดเป็นเวลานานขึ้นจาก 30 นาที เป็น 50 นาที ยังส่งผลให้ปริมาณโปรตีนและความชื้นเพิ่มขึ้น ปริมาณคาร์โบไฮเดรตและเถ้าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และไม่พบความแตกต่างของปริมาณไขมันและเส้นใยหยาบ ($p > 0.05$) ดังนั้น การเตรียมถั่วขาวก่อนนำไปใช้เป็นส่วนประกอบในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เวจจ์นั้กเกิดจากถั่วขาวจะถูกนำมาแช่น้ำ 5 ชั่วโมง และต้มในน้ำเดือด 50 นาที ซึ่งทำให้ถั่วขาวยังคงมีปริมาณโปรตีนและเส้นใยอาหารอยู่ในปริมาณมาก

Table 2 Effect of soaking and heating times on the chemical properties of white kidney beans

Treatments	Protein (%)	Carbohydrate (%)	Fat ^{ns} (%)	Crude		Moisture content (%)
				Fiber (%)	Ash (%)	
5-h soaking & boiling for 30 min	8.35±0.24 ^a	30.85±0.92 ^c	2.23±0.70	7.96±0.73 ^{ab}	2.75±0.10 ^c	55.83±0.14 ^a
5-h soaking & boiling for 50 min	8.92±0.13 ^b	26.74±0.81 ^a	1.72±0.37	8.71±0.54 ^b	2.40±0.04 ^a	60.22±0.46 ^c
10-h soaking & boiling for 30 min	8.56±0.36 ^{ab}	29.18±1.01 ^b	2.07±0.17	7.32±0.34 ^a	2.51±0.04 ^b	57.68±0.94 ^b
10-h soaking & boiling for 50 min	9.01±0.09 ^b	26.96±0.17 ^a	1.85±0.33	8.10±0.15 ^{ab}	2.47±0.01 ^{ab}	59.71±0.24 ^c

a,b,... Values in the same column followed by different letters are significantly different ($p \leq 0.05$).

^{ns} means that values in the same column are not significantly different ($p > 0.05$).

2. การพัฒนาสูตรของผลิตภัณฑ์นักเก็ตถั่วขาว

ค่าสีของผลิตภัณฑ์นักเก็ตถั่วขาวทั้ง 5 สูตร แสดงดัง Table 3 พบว่า ค่า L* (ความสว่าง) มีค่าอยู่ระหว่าง 52.71-65.10 ค่า a* (ความเป็นสีแดง) มีค่าอยู่ระหว่าง 1.12-2.10 และค่า b* (ความเป็นสีเขียว) มีค่าอยู่ระหว่าง 12.42-15.62 โดยปริมาณถั่วขาว แป้งสาลีและแป้งข้าวโพดในสูตรผลิตภัณฑ์นักเก็ตถั่วขาว มีผลต่อค่า L* (ความสว่าง) a* (ความเป็นสีแดง) และ b* (ความเป็นสีเขียว) ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากแผนภาพพื้นผิวตอบสนองใน Figure 1 และแบบจำลองถดถอยใน Table 6 สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ศึกษากับค่าสีได้ โดยพบว่าปริมาณถั่วขาวที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่า L* a* และ b* ลดลง ซึ่งสูตรที่ 1 มีค่า L* a* และ b* น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอื่นๆ สำหรับปริมาณแป้งสาลีและแป้งข้าวโพดที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่า L* a* และ b* เพิ่มขึ้นเช่นกัน นอกจากนี้ยังพบว่าแต่ละสูตรมีค่า ΔE (ความแตกต่างของสี) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสูตรที่ 5 มีค่า ΔE มากที่สุด จากการสังเกตผลิตภัณฑ์นักเก็ตถั่วขาวทั้ง 5 สูตร พบว่า เนื้อในโดยรวมมีลักษณะสีเหลืองอ่อน-ขาว ซึ่งสูตรที่ 3 และ 5 มีสีค่อนข้างขาวแตกต่างกับสูตรอื่นอย่างชัดเจน

Table 3 Color parameters (L*, a*, b* and ΔE) of nugget product formulations

Formulations	L*	a*	b*	ΔE
1 (70:20:10)*	52.71±0.74 ^e	1.12±0.13 ^d	12.42±0.39 ^c	-
2 (65:25:10)	55.52±0.17 ^d	2.10±0.14 ^a	14.94±0.88 ^a	3.96±0.44 ^d
3 (60:25:15)	62.39±0.04 ^b	1.57±0.05 ^c	13.73±0.16 ^b	9.79±0.03 ^b
4 (65:20:15)	57.11±0.18 ^c	1.92±0.16 ^{ab}	15.60±0.18 ^a	5.49±0.25 ^c
5 (65:22.5:12.5)	65.10±0.57 ^a	1.82±0.04 ^b	15.62±0.06 ^a	12.82±0.55 ^a

a,b,... Values in the same column followed by different letters are significantly different ($p \leq 0.05$).

* Numbers in parentheses indicate the amount of white kidney bean: wheat flour: corn flour.

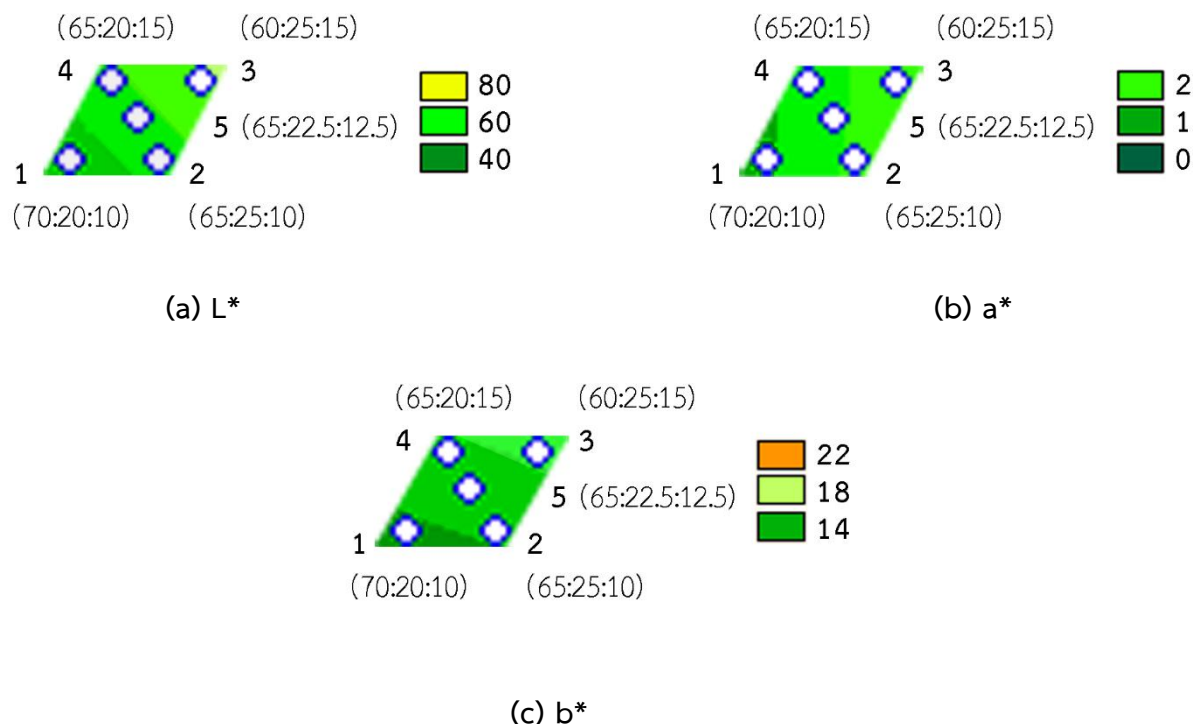


Figure 1 Contour plots for color parameters (L^* , a^* and b^*) affected by white kidney bean, wheat flour and corn flour in nugget product formulations

ผลิตภัณฑ์นักเก็ตถั่วขาวทั้ง 5 สูตร มีค่าเนื้อสัมผัสที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ได้แก่ ค่าความแข็ง (Hardness) การติดยืต (Adhesiveness) การเชื่อมติด (Cohesiveness) และความหนึบ (Chewiness) ดังแสดงใน Table 4 อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ของความตึง (Springiness) เมื่อพิจารณาจากแผนภาพพื้นผิวตอบสนองใน Figure 2 และแบบจำลองถดถอยใน Table 6 เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ศึกษากับคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสพบว่า ปริมาณถั่วขาวที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความแข็ง (Hardness) การติดยืต (Adhesiveness) การเชื่อมติด (Cohesiveness) และความหนึบ (Chewiness) ลดลง จะเห็นได้ว่า สูตรที่ 1 ซึ่งประกอบด้วยปริมาณถั่วขาวในสูตรมากที่สุด จะมีค่าดังกล่าวน้อยกว่าสูตรอื่น ๆ ในขณะที่ปริมาณแป้งสาลีและแป้งข้าวโพดที่เพิ่มขึ้นส่งผลในทางตรงข้าม โดยสูตรที่ 3 ซึ่งประกอบด้วยปริมาณถั่วขาวในสูตรน้อยที่สุด จะมีค่าความแข็ง (Hardness) การติดยืต (Adhesiveness) การเชื่อมติด (Cohesiveness) และความหนึบ (Chewiness) มากกว่าสูตรอื่น ๆ

จาก Table 5 แสดงคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์นักเก็ตถั่วขาวทั้ง 5 สูตร พบว่าคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏอยู่ในระดับชอบปานกลางถึงมาก (7.1-7.6) โดยสูตรที่ 1, 2, 4 และ 5 ได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏมากกว่าสูตรที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และคะแนนความชอบด้านรสชาติและความชอบโดยรวมอยู่ในระดับบอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบถึงชอบเล็กน้อย (5.4-6.2 และ 6.0-6.6 ตามลำดับ) โดยสูตรที่ 1, 2, 3 และ 4 ได้รับคะแนนความชอบด้านรสชาติและความชอบโดยรวมมากกว่าสูตรที่ 5 มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ของคะแนนความชอบด้านกลิ่นรส (6.1-6.5) และเนื้อสัมผัส (5.7-6.1) จากการทดสอบของผู้บริโภค เมื่อพิจารณาจากแผนภาพพื้นผิวตอบสนองใน Figure 3 และแบบจำลองใน

Table 6 สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ศึกษากับคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสได้ โดยพบว่า ปริมาณถั่วขาวที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ รสชาติและความชอบโดยรวมเพิ่มขึ้น ซึ่งสูตรที่ 1 มีค่าคะแนนดังกล่าวมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอื่นๆ สำหรับปริมาณแป้งสาลีและแป้งข้าวโพดที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ รสชาติและความชอบโดยรวมลดลง

ดังนั้น เพื่อเป็นการพัฒนาให้ผลิตภัณฑ์นี้เกิดถั่วขาวมีคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในแต่ละด้าน เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค จึงใช้เทคนิคการซ้อนทับพื้นที่ของคุณภาพทางประสาทสัมผัสซึ่งประกอบด้วย ด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยใช้เกณฑ์พิจารณาในการ คัดเลือกปริมาณส่วนผสมที่เหมาะสมคือ ต้องได้รับคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสในแต่ละคุณลักษณะ อยู่ในช่วงระดับชอบเล็กน้อย (6.0) ขึ้นไป จะได้พื้นที่ที่แสดงถึงขอบเขตของช่วงปริมาณส่วนผสมที่เหมาะสม ดังแสดงใน Figure 4 โดยพบว่าครอบคลุมพื้นที่ในสูตรที่ 1, 4 และ 5 ซึ่งประกอบด้วยปริมาณถั่วขาวร้อยละ 65-70 แป้งสาลีร้อยละ 20-22.5 และแป้งข้าวโพดร้อยละ 10-15 ดังนั้นจึงเลือกสูตรที่ 1 ซึ่งมีปริมาณถั่วขาว ในส่วนผสมมากที่สุดและมีคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในแต่ละด้านสูงที่สุดไปวิเคราะห์องค์ประกอบทาง เคมีโดยประมาณ (Proximate analysis) โดยพบว่า มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 0.18 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 21.11 ไขมันร้อยละ 6.88 พลังงานทั้งหมดเท่ากับ 147.55 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม ปริมาณเส้นใยหยาบ ร้อยละ 3.43 ปริมาณเถ้าร้อยละ 2.68 ปริมาณความชื้นร้อยละ 69.16 และค่าวอเตอร์แอกติวิตี (a_w) เท่ากับ 0.91 นอกจากนี้เมื่อไปนำวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์พบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 1.7×10^3 CFU/g ปริมาณยีสต์และรานน้อยกว่า 10 CFU/g เอสเชอริเชีย โคไล (*Escherichia coli*) น้อยกว่า 3 MPN/g และไม่พบสแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส (*Staphylococcus aureus*) และแซลโมเนลลา (*Salmonella* spp.) ในตัวอย่าง 0.1 กรัม และ 25 กรัม ตามลำดับ ซึ่งไม่เกินเกณฑ์ประกาศกระทรวง สาธารณสุข (ฉบับที่ 364) พ.ศ. 2556 เรื่องมาตรฐานอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ในอาหารสำเร็จรูป พร้อมบริโภคทันทีที่ทำจากธัญพืชหรือมีแป้งเป็นส่วนประกอบหลัก

Table 4 Texture properties of nugget product formulations

Formulations	Hardness (Kg)	Adhesiveness (g.s)	Springiness ^{ns}	Cohesiveness	Chewiness (Kg)
1 (70:20:10)*	20.93±0.62 ^a	0.13±0.01 ^a	0.87±0.12	0.70±0.02 ^a	12.76±1.92 ^a
2 (65:25:10)	25.65±1.09 ^b	0.45±0.05 ^c	0.90±0.07	0.76±0.02 ^b	17.43±2.12 ^b
3 (60:25:15)	35.46±1.43 ^d	0.50±0.06 ^c	1.00±0.01	0.82±0.01 ^d	29.05±1.30 ^d
4 (65:20:15)	30.88±1.65 ^c	0.28±0.07 ^b	0.99±0.01	0.81±0.01 ^c	24.74±1.42 ^c
5 (65:22.5:12.5)	26.23±0.18 ^b	0.29±0.09 ^b	0.94±0.09	0.77±0.04 ^{bc}	18.99±2.41 ^b

^{a,b,...} Values in the same column followed by different letters are significantly different ($p \leq 0.05$).

^{ns} means that values in the same column are not significantly different ($p > 0.05$).

* Numbers in parentheses indicate the amount of white kidney bean: wheat flour: corn flour.

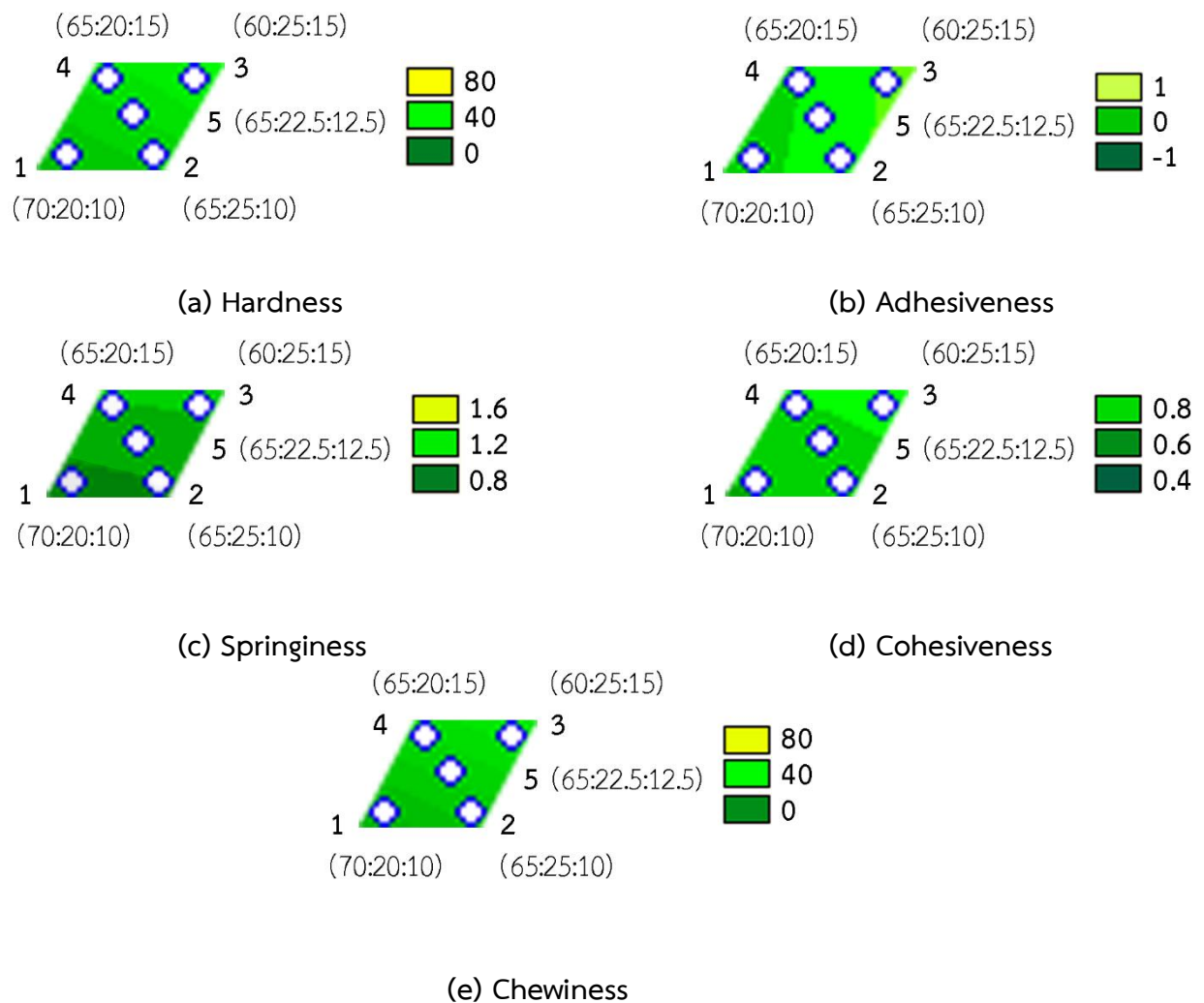


Figure 2 Contour plots for texture properties affected by white kidney bean, wheat flour and corn flour in nugget product formulations

Table 5 Sensory characteristics of nugget product formulations

Formulations	Apperance	Flavor ^{ns}	Taste	Texture ^{ns}	Overall liking
1 (70:20:10)*	7.6±1.3 ^b	6.5±1.6	6.2±1.9 ^b	6.0±1.9	6.6±1.7 ^b
2 (65:25:10)	7.4±1.3 ^{ab}	6.5±1.6	5.9±1.9 ^{ab}	5.7±1.8	6.1±1.8 ^{ab}
3 (60:25:15)	7.1±1.5 ^a	6.1±1.6	5.8±1.8 ^{ab}	5.8±1.8	6.1±1.9 ^{ab}
4 (65:20:15)	7.4±1.4 ^{ab}	6.3±1.8	5.8±1.9 ^{ab}	6.1±1.5	6.4±1.7 ^{ab}
5 (65:22.5:12.5)	7.3±1.5 ^{ab}	6.3±1.6	5.4±1.8 ^a	5.8±1.6	6.0±1.6 ^a

^{a,b,...} Values in the same column followed by different letters are significantly different ($p \leq 0.05$).

^{ns} means that values in the same column are not significantly different ($p > 0.05$).

* Numbers in parentheses indicate the amount of white kidney bean: wheat flour: corn flour.

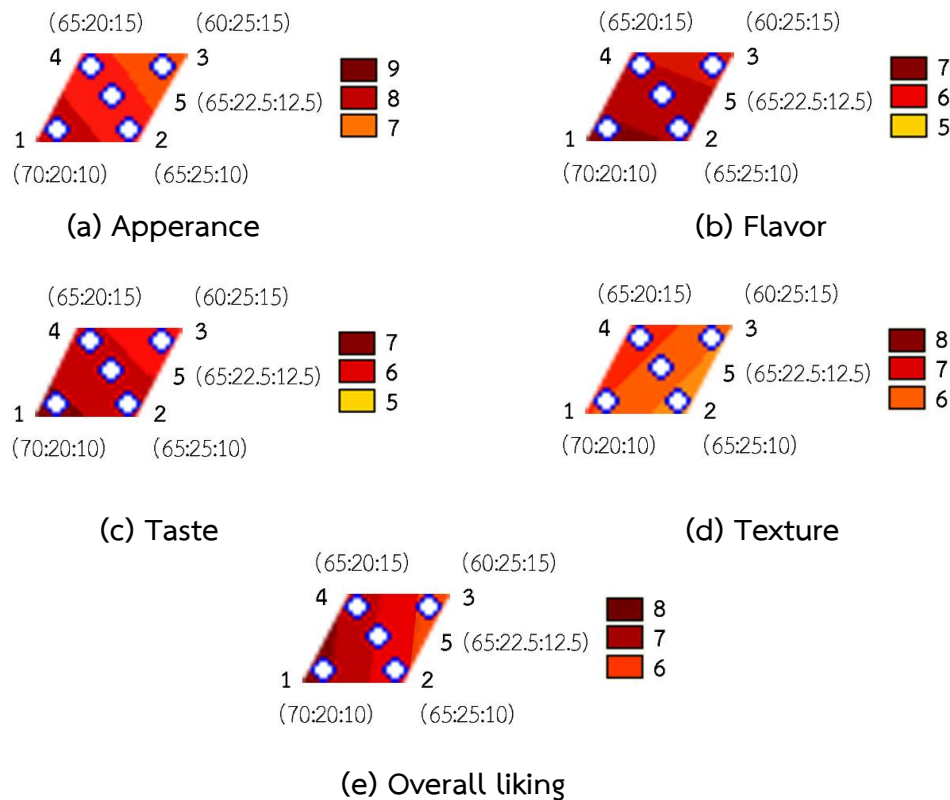


Figure 3 Contour plots for sensory properties affected by white kidney bean, wheat flour and corn flour in nugget product formulations

Table 6 Predictive models for physical and sensory properties of nugget product formulations

Dependent variables (Y _i)	Predictive models (Y _i = βX ₁ +βX ₂ +βX ₃)	R ²
Color parameters		
L*	Y _i = 26.248*X ₁ +107.248*X ₂ +138.9813*X ₃	0.997
a*	Y _i = -0.0367*X ₁ +6.23*X ₂ +2.63*X ₃	0.967
b*	Y _i = 10.5187*X ₁ +17.1187*X ₂ +30.1853*X ₃	0.993
Texture properties		
Hardness (Kg)	Y _i = -17.8017*X ₁ +75.2317*X ₂ +179.765*X ₃	0.998
Adhesiveness (g.sec)	Y _i = -1.126*X ₁ +4.274*X ₂ +0.8073*X ₃	0.973
Spronginess	Y _i = 0.5823*X ₁ +0.9157*X ₂ +2.849*X ₃	0.996
Cohesiveness	Y _i = 0.396*X ₁ +1.1293*X ₂ +2.0627*X ₃	0.999
Chewiness (Kg)	Y _i = -29.1073*X ₁ +60.726*X ₂ +206.7927*X ₃	0.993
Sensory characteristics		
Apperance	Y _i = 9.0767*X ₁ +4.41*X ₂ +3.7433*X ₃	0.967
Flavor	Y _i = 7.47*X ₁ +5.47*X ₂ +2.1367*X ₃	0.940
Taste	Y _i = 7.1733*X ₁ +3.84*X ₂ +2.5067*X ₃	0.911
Texture	Y _i = 6.98*X ₁ +0.98*X ₂ +8.98*X ₃	0.922
Overall liking	Y _i = 8.4767*X ₁ +0.1433*X ₂ +5.4767*X ₃	0.930

β = Regression Coefficient, R² = Coefficient of Determination

X₁ = White kidney bean, X₂ = Wheat flour, X₃ = Corn flour

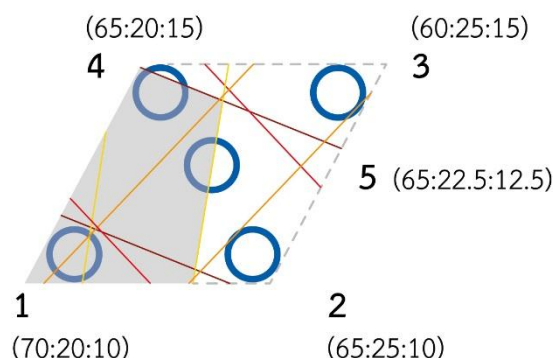


Figure 4 Optimum regions (shaded areas) obtained by superimposing contour plots for all attributes of hedonic scaling for nugget product formulations

3. การศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์เวจจิ้งก่เกิดเพื่อสุขภาพจากถั่วขาว

จากการศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์เวจจิ้งก่เกิดเพื่อสุขภาพจากถั่วขาวของผู้ทดสอบจำนวน 50 คน (Table 7) พบว่า ผลิตภัณฑ์มีคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม เท่ากับ 7.3, 6.6, 6.1, 6.2 และ 6.4 ตามลำดับ ซึ่งเป็นคะแนนความชอบในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง นอกจากนี้ยังพบว่า ผู้ทดสอบร้อยละ 86 ยอมรับและผู้ทดสอบร้อยละ 72 ตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เวจจิ้งก่เกิดเพื่อสุขภาพจากถั่วขาว เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความแปลกใหม่ ได้รับประโยชน์จากถั่วขาว เช่น โปรตีน และเส้นใยหยาบ ซึ่งเป็นที่น่าสนใจสำหรับผู้บริโภค

Table 7 Mean consumer liking scores of healthy nugget product from white kidney bean (n=50)

Attributes	Liking scores*
Apperance	7.3±0.9
Flavor	6.6±1.1
Taste	6.1±1.4
Texture	6.2±1.5
Overall liking	6.4±1.4

* Scores are rated on a verbal 9-point hedonic scale.

การอภิปรายผลการวิจัย

1. การศึกษาผลของระยะเวลาในการแช่น้ำและการให้ความร้อนต่อคุณสมบัติทางเคมีของถั่วขาว

ระยะเวลาในการแช่น้ำถั่วขาวที่นานขึ้นจาก 5 ชั่วโมง เป็น 10 ชั่วโมง ส่งผลให้ปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น เนื่องจากถั่วมีการดูดซึมน้ำเข้าไปในเมล็ดถั่วมากขึ้น สำหรับระยะเวลาในการให้ความร้อนโดยการนำถั่วขาวมาต้มในน้ำเดือดเป็นเวลานานขึ้นจาก 30 นาที เป็น 50 นาที ส่งผลให้ปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น เนื่องจากการให้ความร้อนเป็นเวลานานทำให้โครงสร้างของเมล็ดถั่วถูกทำลาย และยังกระตุ้นให้เกิดการปลดปล่อยส่วนประกอบอื่นๆ เช่น น้ำตาลที่ละลายน้ำได้ โปรตีน และเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ (Siah et al., 2014; Teixeira-Guedes et al., 2019) ดังนั้นการเตรียมถั่วขาวก่อนนำไปใช้เป็นส่วนประกอบในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เวจจิ้งก่เกิดจากถั่วขาวจะถูกนำมาแช่น้ำ 5 ชั่วโมง และต้มในน้ำเดือด 50 นาที

2. การพัฒนาสูตรของผลิตภัณฑ์นักเก็ตถั่วขาว

จากค่าสีของผลิตภัณฑ์นักเก็ตถั่วขาวพบว่า ปริมาณถั่วขาวที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่า L^* , a^* และ b^* ลดลง ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากแรงควัตถุและองค์ประกอบทางเคมีของถั่วขาว ซึ่งส่งผลให้แต่ละสูตรมีค่า ΔE ที่แตกต่างกัน โดยทุกสูตรสามารถมองเห็นความแตกต่างของสีได้ด้วยตาเปล่า (3.0-6.0) โดยเฉพาะสูตรที่ 3 และ 5 สามารถมองเห็นความแตกต่างของสีได้อย่างชัดเจน (6.0-12.0) (Cserhalmi et al., 2006)

ค่าคุณสมบัติของเนื้อสัมผัสในผลิตภัณฑ์นักเก็ตที่ประกอบด้วยถั่วขาวในส่วนผสมปริมาณมาก ส่งผลให้ค่าความแข็ง (Hardness) การติดยึด (Adhesiveness) การเชื่อมติด (Cohesiveness) และความหนึบ (Chewiness) น้อยกว่าสูตรอื่น ๆ นอกจากนี้การใช้แป้งที่แตกต่างกันในส่วนผสมของผลิตภัณฑ์นักเก็ตส่งผลต่อคุณภาพของนักเก็ตที่ได้ โดยการเพิ่มแป้งข้าวโพดในส่วนผสมของผลิตภัณฑ์นักเก็ตจะเพิ่มความเป็นรูพรุน (Porosity) ความนุ่ม (Tenderness) และปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์มากขึ้น (Mohamed et al., 1998; Tamsen et al., 2018) จากการศึกษาของ Purcell et al. (2014) พบว่า การทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์นักเก็ตได้ด้วยแป้งข้าวโพดหรือแป้งข้าวเจ้าส่งผลให้แรงตัด (Cutting force) เพิ่มขึ้น ปริมาณแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์นักเก็ตอาจทำให้มีการเปลี่ยนคุณสมบัติทางรีโอโลยีและส่งผลต่อความหนืดหรือความคงรูปของส่วนผสมอิมัลชัน (Tamsen et al., 2018) ซึ่งในระหว่างการให้ความร้อนจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพหลายอย่าง เช่น การเกิดเจลาตินในเซชันของแป้ง (Starch gelatinization) การแปลงสภาพโปรตีน (Protein denature) และการเกิดเปลือกแข็ง (Crust formation) เป็นต้น (Altunakar et al., 2004) และยังส่งผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์นักเก็ตที่ได้

3. การศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์เวจจ์นักเก็ตเพื่อสุขภาพจากถั่วขาว

จากการทวนสอบสมการโดยการคัดเลือกสูตรที่ 1 ซึ่งอยู่ในบริเวณพื้นที่แรเงาแสดงขอบเขตที่เหมาะสม โดยในสูตรมีปริมาณถั่วขาวในส่วนผสมมากที่สุดและมีคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในแต่ละด้านสูงที่สุด มาทดสอบการยอมรับกับผู้บริโภคจำนวน 50 คน พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม เท่ากับ 7.6, 6.5, 6.0, 6.0 และ 6.5 ตามลำดับ การตอบสนองที่คาดการณ์ไว้ (Predicted response values) และค่าตอบสนองที่ได้รับจริง (Obtained response values) สำหรับผลิตภัณฑ์นักเก็ตถั่วขาวพบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ดังนั้นแบบจำลองที่สร้างขึ้นนี้มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรดังกล่าวได้

ข้อเสนอแนะการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผลิตภัณฑ์เวจจ์นักเก็ตเพื่อสุขภาพจากถั่วขาวร้อยละ 59.5 แป้งสาลีร้อยละ 17 และแป้งข้าวโพดร้อยละ 8.5 เหมาะสำหรับผู้บริโภคทั่วไปและผู้บริโภคที่ใส่ใจในเรื่องของสุขภาพ เนื่องจากเป็นแหล่งของโปรตีนทางเลือกและโปรตีนจากพืช (Plant-Based Protein) นอกจากนี้ผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมอาหารยังสามารถนำข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยไปเป็นแนวทางในการนำถั่วขาวไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์นักเก็ตได้อีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

- สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง. (2559). *ถั่วขาว*. สืบค้นจาก <https://hkm.hrdi.or.th/page/knowledge/detail/208>
- AOAC (2000). *Official methods of analysis of AOAC international*. (17th ed.). Gaithersburg, MD: AOAC International.
- Altunakar, B., Sahin, S., & Sumnu, G. (2004). Functionality of batters containing different starch types for deep-fat frying of chicken nuggets. *European Food Research and Technology*, 218(4), 318-322.
- Anderson, J.W., Baird, P., Davis Jr, R.H., Ferreri, S., Knudtson, M., Koraym, A., Waters, V., & Williams, C.L. (2009). Health benefits of dietary fiber. *Nutrition Reviews*, 67(4), 188-205.
- Chongcharoenyanon, B. (2016). Functional properties of white kidney bean and application in bakery product. *Journal of Food Technology, Siam University*, 1, 1-12.
- Cserhalmi, Z., Sass-Kiss, A., Tóth-Markus, M., & Lechner, N. (2006). Study of pulsed electric field treated citrus juices. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 7(1), 49-54.
- Deshpande, R. P., Chinnan, M. S., & McWatters, K. H. (2008). Optimization of a chocolate-flavored, peanut-soy beverage using response surface methodology (RSM) as applied to consumer acceptability data. *LWT - Food Science and Technology*, 41(8), 1485-1492.
- Grube, B., Chong, W.F., Chong, P.W., & Riede, L. (2014). Weight reduction and maintenance with IQP-PV-101: A 12-week randomized controlled study with a 24-week open label period. *Obesity*, 22(3), 645-651.
- Kubola, J., Nitisuk, P., Sihamala, O., Wongpreedee., & Phucharit, S. (2014). Effect of lycopene fortification from gac fruit (*Momordica cochinchinensis* spreng) on quality of chicken nuggets product. *RMUTP Research Journal Special Issue – Proceeding of the 5th Rajamangala University of Technology National Conference*, (pp.268-273). Retrieved from https://repository.rmutp.ac.th/bitstream/handle/123456789/1577/IRD_58_82.pdf
- Meilgaard, M., Civille, G.V., & Car, B.T. (2007). *Sensory evaluation techniques*. (4th ed.). Boca Raton: CRC Press.
- Mohamed, S., Hamid, N.A., & Hamid, M.A. (1998). Food components affecting the oil absorption and crispness of fried batter. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 78(1), 39-45.
- Purcell, S., Wang, Y.J., & Seo, H.S. (2014). Enzyme-modified starch as an oil delivery system for bake-only chicken nuggets. *Journal of Food Science*, 79(5), 802–809.

- Siah, S., Wood, J.A., Agboola, S., Konczak, I., & Blanchard, C. L. (2014). Effects of soaking, boiling and autoclaving on the phenolic contents and antioxidant activities of faba beans (*Vicia faba* L.) differing in seed coat colours. *Food Chemistry*, 142, 461-468.
- Tamsen, M., Shekarchizadeh, H., & Soltanizadeh, N. (2018). Evaluation of wheat flour substitution with amaranth flour on chicken nugget properties. *LWT - Food Science and Technology*, 91, 580–587.
- Teixeira-Guedesa, C.I., Oppolzer, D., Barros, A.I., & Pereira-Wilson, C. (2019). Impact of cooking method on phenolic composition and antioxidant potential of four varieties of *Phaseolus vulgaris* L. and *Glycine max* L. *LWT - Food Science and Technology*, 103, 238-246.
- Traugher, Z.T., Detweiler, K.B., Price, A.K., Knap, K.E., Harper, T.A., Swanson, K.S., & de Godoy, M.R.C. (2017). 220 Crude fiber and total dietary fiber concentrations of popular, premium, and clinical canine diets fed to client-owned osteoarthritic dogs. *Journal of Animal Science*, 95(4), 109–109.
- U.S. Food and Drug Administration. (2012). *Bad bug book: Handbook of foodborne pathogenic microorganisms and natural toxins*. Retrieved from <http://www.fda.gov/downloads/Food/FoodbornellnessContaminants/UCM297627.pdf>
- Verma, A.K., Sharma, B.D., & Banerjee, R. (2010). Effect of sodium chloride replacement and apple pulp inclusion on the physico-chemical, textural and sensory properties of low fat chicken nuggets. *LWT – Food Science and Technology*, 43, 715-719.
- Wang, S., Chen, L., Yang, H., Gu, J., Wang, J., & Ren, F. (2019). Regular intake of white kidney beans extract (*Phaseolus vulgaris* L.) induces weight loss compared to placebo in obese human subjects. *Food Science & Nutrition*, 8(3), 1315-1324.
- Yeater, M., Casco, G., Miller, R.K., & 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.
- Yin, H., Chen, Z., Gu, Z., & Han, Y. (2009). Optimization of natural fermentative medium for selenium-enriched yeast by d-optimal mixture design. *LWT - Food Science and Technology*, 42(1), 327–331.

