PRAWARUN AGRICULTURAL JOURNAL

https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrmu/index

บทความวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งเสริมปลาซิวแก้วตากแห้ง

จักรินทร์ ตรีอินทอง[1*] อ้อยทิพย์ สมานรส[2] และ ปิยะฉัตร วิริยะอำไพวงศ์[3]

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีการประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ อำเภอเมือง 46000

[2]สำนักวิชาสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

[3]สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ 46000

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 10 เมษายน 2567

แก้ไข: 24 เมษายน 2567

ตอบรับการตีพิมพ์: 2 พฤษภาคม 2567

ตีพิมพ์ออนไลน์: 15 พฤษภาคม 2567

คำสำคัญ

ปลาซิวแก้วตากแห้ง

ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง

การพัฒนาผลิตภัณฑ์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งเสริมปลาซิวแก้วตากแห้ง (snack bar enriched with dried Thai river sprat, SB-TRS) โดยการสำรวจทัศนคติของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ SB-TRS ซึ่งใช้ต้นแบบจากธัญพืชแท่งที่จำหน่ายทางการค้า จากนั้นศึกษาสูตรต้นแบบ การพัฒนาสูตร การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค และการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ ผลการสำรวจทัศนคติพบว่า ผู้บริโภคร้อยละ 90 สนใจผลิตภัณฑ์ SB-TRS และร้อยละ 51 ต้องการให้เสริมปลาซิวแก้วตากแห้งแบบตัว สำหรับสูตร SB-TRS ที่พัฒนาได้ประกอบด้วย ปลาซิวแก้วตากแห้งทอด ข้าวพอง น้ำผึ้ง กลูโคสไซรัป เมล็ดฟักทอง งาขาว และงาดำร้อยละ 20 16 19 10 13 13 และ 9 ตามลำดับ มีคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ที่ระดับชอบปานกลาง (7.57 คะแนน) การตัดสินใจซื้อและการยอมรับคิดเป็นร้อยละ 93 และ 94 ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์ SB-TRS มีความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 1.20 21.61 30.49 2.92 และ 41.75 ตามลำดับ มีค่าความแข็ง (hardness) ค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง(b*) และ water activity เท่ากับ 41.02 นิวตัน 58.38 0.71 13.63 และ 0.39 ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 25 CFU/g และไม่พบยีสต์และราในผลิตภัณฑ์ คุณค่าทางโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (23 กรัม) พบว่า ให้พลังงาน 110 กิโลแคลอรี ไขมัน 5 กรัม โคเลสเตอรอล 20 มิลลิกรัม โปรตีน 5 กรัม คาร์โบไฮเดรต 11 กรัม โซเดียม 20 มิลลิกรัม วิตามินบี 1 0.04 มิลลิกรัม เหล็ก 0.77 มิลลิกรัม และแคลเซียม 105.91 มิลลิกรัม ดังนั้นผลิตภัณฑ์ SB-TRS จึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสำหรับกลุ่มคนที่ต้องการความสะดวกในการบริโภคและช่วยเสริมแคลเซียมให้กับร่างกาย

บทนำ

ปัจจุบันการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์อาหารมีความหลากหลายมากขึ้นเพื่อตอบสนองพฤติกรรมการบริโภคและรูปแบบการดำเนินชีวิตไม่ว่าเป็นอาหารพร้อมปรุง อาหารพร้อมทาน อาหารเสริมสุขภาพ หรือแม้แต่อาหารสำหรับผู้แพ้อาหาร สำหรับอาหารเสริมสุขภาพประเภทขนมขบเคี้ยวนั้นปัจจุบันมีการพัฒนาและสร้างสรรค์ในหลากหลายรูปแบบโดยการเพิ่มสารอาหารที่มีประโยชน์และลดปริมาณของสารที่ไม่มีประโยชน์ต่อร่างกายให้น้อยลงรวมถึงการเลือกใช้วัตถุดิบที่มาจากธรรมชาติและมีผลดีต่อสุขภาพร่างกายมากขึ้น ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง (snack bar) เป็นผลิตภัณฑ์ประเภทหนึ่งที่ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวางเนื่องจากมีความสะดวกในการบริโภคและพกพา ให้พลังงานและคุณค่าทางโภชนาการที่เพียงพอ ปัจจุบันมีการพัฒนาขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งโดยการเสริมวัตถุดิบที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพลงไป เช่น ใยอาหาร โปรตีน แร่ธาตุ และวิตามิน เป็นต้น (Zulaikha et al., 2021) งานวิจัยก่อนหน้านี้มีการรายงานการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งในหลากหลายรูปแบบ เช่น ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งเสริมผงปลานิลที่เตรียมได้จากเศษเหลือจากการแปรรูป (by product) เพื่อเพิ่มคุณค่าเชิงหน้าที่ (functional value) ให้กับอาหาร (Zulaikha et al., 2021) การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากผงปลาขี้ยอกเพื่อเป็นแหล่งของแร่ธาตุสังกะสีและแคลเซียม (Elnovriza et al., 2019) การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผัดไทยแท่งที่สามารถรับประทานทดแทนมื้ออาหารหลัก (Chueanopparat et al., 2021) และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ธัญพืชแท่งจากข้าวกล้องอินทรีย์หักเพื่อเพิ่มมูลค่า (Chittapalo et al., 2017) เป็นต้น

ปลาซิวแก้ว เป็นปลาน้ำจืดขนาดเล็กที่อุดมด้วยแคลเซียมสูงและคุณค่าทางโภชนาการ โดยปลาซิวแก้วอบแห้ง 100 กรัมให้พลังงานทั้งหมด 432.22 กิโลแคลอรี ไขมัน 22.38 กรัม โคเลสเตอรอล 548.29 มิลลิกรัม โปรตีน 57.40 กรัม คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด 0.30 กรัม เหล็ก 1.883 มิลลิกรัม ใยอาหาร 0.21 กรัม เถ้า 11.69 กรัม โซเดียม 252.139 มิลลิกรัม และแคลเซียม 1,941.17 มิลลิกรัม โดยปริมาณแคลเซียมของปลาซิวแก้วอบแห้งคิดเป็นร้อยละ 60 ของ Thai RDI ต่ออาหาร 100 กรัม ซึ่งจัดว่ามีปริมาณแคลเซียมสูง

*Corresponding author

E-mail address: jukkarin.tr@ksu.ac.th (J. Treeinthong)

Online print: 15 May 2024 Copyright © 2024. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. https://doi.org/10.14456/paj.2024.11

(Auyyuenyong et al., 2023) เนื่องจากตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 182) พ.ศ. 2541 เรื่องฉลากโภชนาการ ระบุว่าผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณแคลเซียมไม่น้อยกว่าร้อยละ 30 ของ Thai RDI ต่ออาหาร 100 กรัม สามารถกล่าวอ้างได้ว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณแคลเซียมสูง (Food Division, Ministry of Public Health, 2023) ปลาชิวแก้วสามารถรับประทานได้ทั้งตัว มีรูปร่างเพรียวยาว ตัวใส เกล็ดบางและหลุดได้ง่าย พบมากในแม่น้ำโขงและลำน้ำสาขา นอกจากนี้ยังพบมากที่อ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ เขื่อนลำปาว เขื่อนสิริกิติ์ และเขื่อนสิรินธร (Jutagate et al., 2001) ปลาชิวแก้วเป็นปลาที่จับได้มากเป็นอันดับต้น ๆ จากอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาว จังหวัดกาฬสินธุ์ โดยชาวประมงพื้นบ้านจะจำหน่ายในรูปแบบปลาสดหรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ปลาแห้ง โดยจำหน่ายอยู่ที่ราคา 250 - 300 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งมีกำไรต่อหน่วยค่อนข้างต่ำ อย่างไรก็ตามปัจจุบันกระแสความสนใจในเรื่องสุขภาพของผู้บริโภคที่มากขึ้นผนวกกับความต้องการบริโภคอาหารที่มีประโยชน์และปลอดภัย ปลาชิวแก้วซึ่งเป็นปลาที่จับได้จากธรรมชาติ เป็นแหล่งโปรตีนและอุดมด้วยแคลเซียม ถูกนำมาต่อยอดสร้างผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคและสร้างโอกาสในการแข่งขันทางการตลาดให้กับกลุ่มผู้แปรรูป เช่น การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาชิวแก้วแผ่นอบกรอบ (Auyyuenyong & Kingwatee, 2023) การพัฒนาผลิตภัณฑ์แคลเซียมสแน็กบอลเสริมปลาชิวแก้วผงเพื่อใช้เป็นอาหารว่าง (Mungmai & Wanna, 2019) เป็นต้น อย่างไรก็ตามการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากปลาชิวแก้วตากแห้งยังมีค่อนข้างน้อยโดยเฉพาะในกลุ่มขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง ทั้งนี้อาจเนื่องจากข้อจำกัดเรื่องกลิ่นของปลาชิวแก้วตากแห้งซึ่งมีลักษณะเฉพาะตัว แต่ด้วยคุณค่าทางโภชนาการและปริมาณแคลเซียมที่สูง ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากปลาชิวแก้วตากแห้งให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ มีมูลค่าเพิ่ม และเป็นผลิตภัณฑ์ที่สอดคล้องกับพฤติกรรมการบริโภคในปัจจุบัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งเสริมปลาชิวแก้วตากแห้ง (SB-TRS) เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและเสริมแคลเซียมให้กับผลิตภัณฑ์ เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในยุคปัจจุบันที่ต้องการความสะดวกในการบริโภคและพกพา อีกทั้งเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัตถุดิบในท้องถิ่นซึ่งข้อมูลที่ได้จากการศึกษาจะเป็นประโยชน์ในการผลิตเชิงพาณิชย์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การสำรวจทัศนคติของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งเสริมปลาชิวแก้วตากแห้ง

สำรวจทัศนคติของผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 100 คน (แบบไม่เจาะจง) โดยการใช้แบบสอบถามเพื่อหาแนวคิดผลิตภัณฑ์ (product idea) โดยสอบถามถึงข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภค ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมและทัศนคติของผู้บริโภคต่อขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง และข้อมูลเกี่ยวกับ SB-TRS ที่ผู้บริโภคต้องการร่วมกับการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีทดสอบความชอบ (9-point hedonic scale) และการทดสอบความพอดีด้วยวิธี just about right โดยการใช้ธัญพืชแท่งที่จำหน่ายทางการค้าซึ่งมีลักษณะคล้ายกับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการพัฒนาเป็นตัวอย่างในการทดสอบ นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความถี่และค่าร้อยละ สำหรับข้อมูลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีทดสอบความชอบนำมาหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ส่วนผลการทดสอบความพอดีคำนวณเป็นค่าร้อยละ นำข้อมูลที่ได้มากำหนดแนวทางการวิจัยในข้อต่อไป

วัตถุดิบและการเตรียมวัตถุดิบ

1) ปลาชิวแก้วตากแห้งทอด

ซื้อปลาชิวแก้วตากแห้งจากผู้ขายบ้านท่าเรือภูสิงห์ ตำบลภูสิงห์ อำเภอสหัสขันธ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ ขนส่งมายังห้องปฏิบัติการแปรรูปสัตว์น้ำ สาขาวิชาเทคโนโลยีการประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ นำมาทอดด้วยอุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที ซับน้ำมันและพักให้เย็น จากนั้นนำไปผัดคลุกเคล้ากับเนยจืดเพื่อลดกลิ่นปลา พักไว้ให้เย็นแล้วนำไปใช้ในการศึกษาต่อไป

2) ข้าวพองทอด

นำข้าวเหนียวมาแช่น้ำเป็นระยะเวลา 1 คืน จากนั้นนำข้าวเหนียวนึ่งด้วยน้ำเดือดจนสุก พักให้เย็น นำไปล้างน้ำเพื่อขจัดยางข้าวเหนียว ทิ้งให้สะเด็ดน้ำ เทใส่ถาด แล้วนำไปตากแดดจนแห้ง นำข้าวเหนียวแห้งมาทอดให้พองด้วยน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที ซับน้ำมันและทิ้งให้เย็น แล้วนำไปใช้ในการศึกษาต่อไป

*ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งเสริมปลาชิวแก้วตากแห้ง (*Prototype)

สร้างผลิตภัณฑ์ SB-TRS ต้นแบบโดยการดัดแปลงสูตรจากธัญพืชแท่งที่จำหน่ายทางการค้าแสดงดัง Table 1 นำน้ำผึ้งและกลูโคสไซรับใส่ในกระทะ เคี่ยวด้วยไฟอ่อนจนมีฟองเดือด จากนั้นเติมส่วนผสมตาม Table 1 ลงไป คลุกเคล้าให้เข้ากัน ตักใส่ถุงพอลิเอทิลีนจำนวน 1,000 กรัม แล้วนำไปอัดให้เป็นแผ่นในถาดขนาด 30x30x3.5 เซนติเมตร^3 นำไปอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ทิ้งให้เย็น แล้วตัดเป็นแท่งขนาด 3x8x1 เซนติเมตร^3 บรรจุใส่ซองพลาสติกพอลิเอทิลีน นำไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีทดสอบความชอบ (9-point hedonic scale) ในคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยคะแนน 9 คือชอบมากที่สุด และคะแนน 1 คือไม่ชอบมากที่สุด และการทดสอบความพอดีของคุณลักษณะด้านสี เนื้อสัมผัส กลิ่นปลา รสหวาน รสชาติโดยรวม ปริมาณปลาชิวแก้วตากแห้ง และการยึดเกาะของชิ้นขนมด้วยวิธี just about right เพื่อให้ผู้ทดสอบชิมระบุแนวโน้มที่ต้องการให้ปรับปรุงหรือพัฒนาผลิตภัณฑ์ แบ่งออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ ลดลงมาก ลดลงเล็กน้อย พอดี เพิ่มขึ้นเล็กน้อย และเพิ่มขึ้นมาก (Lawless & Heymann, 1998) ใช้ผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 30 คน ผลการทดสอบความชอบนำไปหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ส่วนผลการทดสอบความความพอดีคำนวณเป็นค่าร้อยละของพอดีและค่า net effect โดยกำหนดเกณฑ์ความพอดีอยู่ที่ร้อยละ 70 แสดงว่า ไม่ต้องปรับปรุงคุณลักษณะดังกล่าว แต่หากมีค่าร้อยละที่ระดับพอดีน้อยกว่าร้อยละ 70 ให้พิจารณาค่า net effect ร่วมด้วย โดยค่า net effect คำนวณได้จากการนำค่าผลรวมของค่าร้อยละความต้องการปรับปรุงคุณลักษณะให้เพิ่มขึ้นลบด้วยค่าผลรวมของค่าร้อยละความต้องการปรับปรุงคุณลักษณะให้ลดลง หากมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 20 แสดงว่าอาจยังไม่ต้องปรับปรุงในคุณลักษณะนั้น ๆ แต่หากมีค่ามากกว่าร้อยละ 20 ให้พิจารณาปรับปรุงคุณลักษณะดังกล่าวตาม

ทิศทางที่มีค่ามากกว่า (Chittapalo et al., 2017; Lawless & Heymann, 1998; Somthawil & Sriwatta, 2012) คะแนนที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการยุติการพัฒนาผลิตภัณฑ์คือ คะแนนความชอบเฉลี่ยอย่างน้อย 6 คะแนนจาก 9 คะแนน และมีความพอดีของทุกคุณลักษณะตั้งแต่ร้อยละ 70 ขึ้นไป หรือมีค่า net effect น้อยกว่าร้อยละ 20 (กรณีที่ค่าร้อยละที่ระดับพอดีน้อยกว่าร้อยละ 70) ข้อมูลที่ได้จากการทดลองนี้นำไปใช้ในการศึกษาต่อไป

การศึกษาสัดส่วนปริมาณของปลาซิวแก้วตากแห้งและปริมาณข้าวพองที่เหมาะสมในการผลิต

จากผลการทดลองการพัฒนาสูตรต้นแบบ SB-TRS นำมาพัฒนาสูตรต้นแบบโดยแปรปริมาณสัดส่วน (ร้อยละ) ของปลาซิวแก้วตากแห้งทอดต่อข้าวพองออกเป็น 4 สูตร ได้แก่ 25:11, 23:13, 20:16 และ 18:18 ตามลำดับ ขณะปริมาณของส่วนผสมอื่น ๆ ใช้ปริมาณเท่าเดิมตาม Table 1 ผลิต SB-TRS ตามวิธีการเช่นเดียวกับสูตรต้นแบบ นำไปทดสอบความชอบและทดสอบความพอดี ใช้ผู้ทดสอบทั่วไป 30 คน วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อก (Randomized Complete Block Design, RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 คัดเลือกสูตรที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

Table 1 Ingredients of commercial snack bar (prototype recipe) and snack bar enriched with dried Thai river sprat (modified recipe)

Commercial snack bar (prototype recipe)		Snack bar enriched with dried Thai river sprat (modified recipe)	
Ingredients	**Amount (%)**	**Ingredients**	**Amount (%)**
Peeled pumpkin seeds	45	Fried dried Thai river sprat	27
Honey	15	Peeled pumpkin seeds	13
Roasted white sesame	15	Honey	19
Roasted black sesame	10	Roasted white sesame	13
Crispy rice	10	Roasted black sesame	9
Sugar	5	Puffed sticky rice	9
		Glucose syrup	10

ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งเสริมปลาซิวแก้วตากแห้งที่พัฒนาได้

ศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์ SB-TRS ของผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 200 คน (แบบไม่เจาะจง) โดยการใช้แบบสอบถามซึ่งสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไป ระดับความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์ซึ่งใช้ระดับ 1-9 คะแนน การยอมรับผลิตภัณฑ์ และการตัดสินใจซื้อพร้อมเหตุผล

ศึกษาคุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งเสริมปลาซิวแก้วตากแห้งที่พัฒนาได้

1) วัดค่าสีในระบบ L* a* b* เมื่อ L* คือค่าความสว่าง a* (+) คือ ค่าสีแดง a* (-) คือ ค่าสีเขียว b* (+) คือ ค่าสีเหลือง และ b* (-) คือ ค่าสีน้ำเงิน ด้วยเครื่องวัดสี Hunter Lab รุ่น Ultra Scan PRO ทำการทดลอง 6 ซ้ำ

2) วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA.XT. plus โดยใช้ตัวอย่างขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งขนาด 3x8x1 เซนติเมตร^3 ใช้หัววัดแบบ 6 mm Cylinder Probe (P6) กดลงไปในตัวอย่างเป็นระยะทาง 6 มิลลิเมตร ในรูปแบบการกดแบบ Return to start ใช้ pre-test speed 2.0 mm/s, test speed 1.0 mm/s และ post-test speed 10.0 mm/s วัดค่าความแข็ง (hardness) (g force) ทำการทดลอง 6 ซ้ำ

3) วัดค่าปริมาณน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์ (water activity, a_w) โดยนำขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่ผ่านการบดให้ละเอียดจำนวน 2 กรัม วัดค่า a_w ด้วยเครื่องวัดค่า a_w รุ่น Aqua Lab ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

4) วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้นตามวิธี AOAC (2012) ปริมาณโปรตีนและไขมันตามวิธี AOAC (2019) ปริมาณเถ้าตามวิธี In-house method TE-CH-026 based on AOAC (2012), 920.100 (A) และปริมาณคาร์โบไฮเดรตตามวิธี Department of Medical Sciences and National Bureau of Agriculture Commodity and Food Standards (2003)

5) วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค ได้แก่ พลังงานทั้งหมด พลังงานจากไขมัน และคาร์โบไฮเดรตตามวิธี Method of Analysis for Nutrition Labeling AOAC International (Sullivan & Carpenter, 1993) ไขมันทั้งหมดตามวิธี In-house method TE-CH-014 based on AOAC (2019) 948.15 ไขมันอิ่มตัวตามวิธี In-house method TE-CH-177 based on AOAC (2007) Celb-89 โคเลสเตอรอลตามวิธี In-house method TE-CH-143 based on AOAC (2019) 994.10 โปรตีนตามวิธี In-house method TE-CH-179 based on AOAC (2019) 981.10 ใยอาหารตามวิธี In-house method TE-CH-076 based on AOAC (2019) 985.29 น้ำตาลตามวิธี In-house method TE-CH-164 based on AOAC (2019) 925.35(B) โซเดียมและแคลเซียมตามวิธี In-house method TE-CH-170 based on AOAC (2019) 984.27 วิตามินเอ ตามวิธี In-house method TE-CH-024 based on AOAC (2019) 992.06 วิตามินบี 1 ตามวิธี In-house method TE-CH-057 based on AOAC (2019) 942.23 วิตามินบี 2 ตามวิธีของ Journal Agriculture Food Chemistry (Simwemba et al., 1984) เหล็กตามวิธี In-house method TE-CH-170 based on AOAC (2016) 999.10

6) วิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Andrew, 1992) และปริมาณยีสต์และรา (BAM, 2001)

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการสำรวจทัศนคติของผู้บริโภคในการบริโภคขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากปลาซิวแก้วตากแห้ง

ผลการสำรวจทัศนคติเพื่อหาแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์

SB-TRS พบว่า ส่วนใหญ่เคยรับประทานปลาซิวแก้วตากแห้งร้อยละ 60 โดยร้อยละ 66 เคยรับประทานปลาซิวแก้วทอดกรอบ รองลงมาคือ ปลาซิวแก้วปรุงรส (ร้อยละ 25) สำหรับความสนใจต่อแนวคิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์ SB-TRS พบว่า ส่วนใหญ่มีความสนใจ (ร้อยละ 90) ซึ่งต้องการให้ใช้ปลาซิวแก้วตากแห้งในรูปแบบตัวผสมในขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง (ร้อยละ 51) ขณะที่ส่วนผสมอื่น ๆ ที่ต้องการผสมลงไปเรียงลำดับจากมากไปน้อย ได้แก่ ข้าวพอง น้ำผึ้ง งาขาว งาดำ เมล็ดฟักทอง เมล็ดทานตะวัน และกลูโคสไซรัป ทั้งนี้ผู้ทดสอบร้อยละ 98 ต้องการซื้อผลิตภัณฑ์หากจะมีการพัฒนาขึ้น โดยเหตุผลที่ต้องการซื้อเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยคือ อยากทดลอง มีความแปลกใหม่ มีคุณค่าทางโภชนาการ และรสชาติอร่อย ตามลำดับ สำหรับผลการสำรวจความต้องการของผู้บริโภคเกี่ยวกับลักษณะผลิตภัณฑ์โดยการใช้ธัญพืชแท่งทางการค้าเป็นต้นแบบในการทดสอบ (Table 2) พบว่า คะแนนความชอบทุกคุณลักษณะของธัญพืชแท่งต้นแบบมีคะแนนอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (6.52 – 7.18 คะแนน) ขณะที่ผลการทดสอบความพอดี (Table 2) ซึ่งพิจารณาจากค่าร้อยละของความพอดีและค่า net effect โดยกำหนดเกณฑ์ความพอดีอยู่ที่ร้อยละ 70 แสดงว่าไม่ต้องปรับปรุงคุณลักษณะดังกล่าว แต่หากมีค่าร้อยละที่ระดับพอดีไม่ถึงให้พิจารณาค่า net effect พบว่า ธัญพืชแท่งต้นแบบมีค่าร้อยละของทุกคุณลักษณะที่ระดับพอดีน้อยกว่าร้อยละ 70 จึงต้องพิจารณาค่า net effect ประกอบผล โดยผลการพิจารณาพบว่าค่า net effect ของทุกคุณลักษณะมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 20 ซึ่งแสดงว่าผู้ทดสอบรู้สึกว่ามีความพอดีแล้ว (Lawless & Heymann, 1998; Somthawil & Sriwatta, 2012) ดังนั้นปริมาณของส่วนผสมต่าง ๆ ที่เติมลงในธัญพืชแท่งทางการค้าต้นแบบมีความเหมาะสมแล้วจึงไม่ต้องพัฒนาโดยการปรับสัดส่วนใด ๆ อย่างไรก็ตามเนื่องจากการศึกษานี้ต้องการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและมูลค่าของปลาซิวแก้วตากแห้งโดยการพิจารณาจากผลการสำรวจทัศนคติและจากผลการทดลองเบื้องต้น (preliminary method) ตามสูตรของต้นแบบทางการค้าเพื่อดูความเป็นไปได้ จึงได้ทำการดัดแปลงสูตรโดยการใช้ปลาซิวแก้วตากแห้งทอดร้อยละ 27 ทดแทนในส่วนผสมหลักเดิมที่มีปริมาณมากที่สุด ได้แก่ เมล็ดฟักทอง (ร้อยละ 45) ทั้งนี้เนื่องจากปลาซิวแก้วตากแห้งมีน้ำหนักเบาเมื่อเทียบกับปริมาตร และมีกลิ่นเฉพาะของปลาดังนั้นจึงใช้ในปริมาณที่น้อยกว่า ส่วนเมล็ดฟักทองปรับลดลงเหลือร้อยละ 13 ซึ่งเป็นส่วนผสมที่ช่วยเพิ่มสีสันของผลิตภัณฑ์ให้น่ารับประทาน มีคุณค่าทางโภชนาการ และสอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภคที่ต้องการให้เติมลงในผลิตภัณฑ์ ในส่วนของข้าวอบกรอบผู้วิจัยเลือกใช้ข้าวพองจากข้าวเหนียวตากแห้ง (ร้อยละ 9) ทดแทนเนื่องจากจัดเตรียมได้ง่ายและข้าวเหนียวเป็นอาหารหลักของคนส่วนใหญ่ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สำหรับสารให้ความหวานในสูตรต้นแบบทางการค้าได้แก่ น้ำผึ้งและน้ำตาล ผู้วิจัยได้ปรับสูตรโดยการใช้กลูโคสไซรัปหรือแบะแซ (ร้อยละ 10) ทดแทนน้ำตาลเพื่อให้ความหนืดกับผลิตภัณฑ์และช่วยทำให้ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ลดลงซึ่งส่งผลต่อความปลอดภัยของอาหารจากจุลินทรีย์และสามารถเก็บรักษาได้นานขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากกลูโคสไซรัปที่ผลิตจากแป้งมันสำปะหลังเป็นน้ำเชื่อมกลูโคสที่มีค่า dextrose equivalent ต่ำกว่าน้ำตาลซูโครส (น้ำตาลทราย) จึงมีโมเลกุลขนาดใหญ่ทำให้มีโอกาสเกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้มากกว่าน้ำตาลซูโครส ส่งผลให้ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลง (Nimitkeatkai & Potaros, 2016) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Nimitkeatkai & Potaros (2016) ที่รายงานว่า การใช้สัดส่วนน้ำตาลต่อกลูโคสไซรัปในขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากเศษกล้วยกรอบและข้าวแต๋น เมื่อใช้สัดส่วนของน้ำตาลต่อกลูโคสไซรัปเพิ่มสูงขึ้น (1:2) มีผลให้ค่า a_w และความกรอบลดลง แต่ผลิตภัณฑ์มีความเหนียวมากขึ้น จึงควรใช้ในอัตราส่วนที่เหมาะสม ขณะที่น้ำผึ้งยังคงใช้เป็นสารให้ความหวานคงเดิม สำหรับส่วนผสมอื่น ๆ มีการปรับปริมาณเพิ่มขึ้นและลดลงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับสูตรต้นแบบทางการค้า ได้แก่ น้ำผึ้ง งาขาว และงาดำ (ร้อยละ 19 13 และ 9 ตามลำดับ) นำสูตรขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่ดัดแปลงสูตรแล้วไปใช้ในการศึกษาต่อไป

Table 2 Hedonic score and just about right scale of commercial snack bar (prototype)

Attributes	Hedonic score	Just about right scale (%)					net effect
		Much decrease	Slightly decrease	Just about right	Slightly increase	Much increase	
Color	7.18±1.22	5	11	65	14	5	3
Texture	7.08±1.32	7	20	61	11	1	-15
Odor	6.95±1.68	5	9	53	27	6	19
Taste	6.52±1.93	5	10	55	24	6	15
Overall liking	7.08±1.14	-	-	-	-	-	-

ผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากปลาซิวแก้วตากแห้งต้นแบบ (prototype)

ผลการทดสอบ (Table 3) พบว่า SB-TRS ต้นแบบมีคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะอยู่ในช่วงคะแนนชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (6.00 - 7.13 คะแนน) ขณะที่ผลการทดสอบความพอดี (Figure 1) พบว่า คุณลักษณะด้านสี เนื้อสัมผัส และรสชาติโดยรวมมีค่าร้อยละที่ระดับพอดีมากกว่าร้อยละ 70 ซึ่งแสดงว่าไม่ต้องปรับปรุงคุณลักษณะดังกล่าว ขณะที่คุณลักษณะอื่น ๆ มีค่าร้อยละที่ระดับพอดีน้อยกว่าร้อยละ 70 จึงต้องพิจารณาที่ค่า net effect ในส่วนของคุณลักษณะด้านรสหวานและปริมาณปลาซิวแก้วพบว่า มีค่าน้อยกว่าร้อยละ 20 ซึ่งแสดงว่าผู้ทดสอบรู้สึกว่ามีความพอดีแล้วไม่ต้องปรับปรุง ขณะที่คุณลักษณะด้านกลิ่นปลาและการยึดเกาะของชิ้นขนมพบว่า มีค่า net effect มากกว่าร้อยละ 20 ซึ่งแสดงว่าคุณลักษณะดังกล่าวผู้ทดสอบรู้สึกว่ายังไม่พอดี โดยผู้ทดสอบร้อยละ 56.67 มีความรู้สึกว่าการยึดเกาะของชิ้นขนมควรเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเกิดจากปลาซิวแก้วตากแห้งที่ใช้มีลักษณะเป็นปลาทั้งตัวจึงอาจเกิดการขัดขวางในการยึดเกาะของผลิตภัณฑ์ ขณะที่กลิ่นปลาพบว่า ผู้ทดสอบต้องการให้ลดลงอาจเนื่องจากกลิ่นปลาที่มีลักษณะเฉพาะตัวและความไม่คุ้นเคยในการนำปลาซิวแก้วตากแห้งซึ่งเป็นอาหารคาวมาผสมกับขนมซึ่งมีรสชาติหวานส่งผลให้ผู้ทดสอบที่ไม่คุ้นเคยรู้สึกไม่ชอบและต้องการให้ปรับลด

ปริมาณลง ดังนั้นเพื่อเพิ่มการยึดเกาะชิ้นขนมและลดปริมาณของกลิ่นปลาลงผู้วิจัยจึงได้ปรับลดปริมาณปลาซิวแก้วตากแห้งและเพิ่มปริมาณของข้าวพองซึ่งอาจเป็นแนวทางในการลดกลิ่นปลาลงและเพิ่มการยึดเกาะในการศึกษาต่อไป

ผลการศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของปริมาณปลาซิวแก้วตากแห้งและปริมาณข้าวพองที่เหมาะสมในการผลิต

ผลการทดลองแสดงดัง Table 4 พบว่า SB-TRS สูตรที่มีสัดส่วนของปลาซิวแก้วตากแห้งทอดต่อข้าวพองเท่ากับร้อยละ 20:16 มีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมสูงสุด ($p<0.05$) ขณะที่คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสหวาน และรสชาติโดยรวมของทั้ง 4 สูตรไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่มีแนวโน้มค่าสูงสุดเมื่อใช้สัดส่วนที่ร้อยละ 20:16 เมื่อพิจารณาผลการทดสอบความพอดีของสูตรที่ใช้สัดส่วนร้อยละ 20:16 (Figure 2) พบว่า มีค่าร้อยละที่ระดับพอดีน้อยกว่าร้อยละ 70 จึงต้องพิจารณาค่า net effect ประกอบผล ซึ่งพบว่า ค่า net effect ของทุกคุณลักษณะมีค่าไม่เกินร้อยละ 20 แสดงว่ายังไม่ต้องปรับปรุง ทั้งนี้เนื่องจากคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะของ SB-TRS ของสูตรที่ใช้สัดส่วนร้อยละ 20:16 มีคะแนนความชอบเฉลี่ยมากกว่า 6 คะแนน และผู้ทดสอบรู้สึกพอดีในทุกลักษณะแล้ว จึงยุติการพัฒนาสูตรต้นแบบ โดยสูตร SB-TRS ที่พัฒนาได้ประกอบด้วยปลาซิวแก้วตากแห้งทอด ข้าวพอง น้ำผึ้ง กลูโคสไซรัป เมล็ดฟักทอง งาขาว และงาดำร้อยละ 20 16 19 10 13 13 และ 9 ตามลำดับ นำสูตรที่พัฒนาได้ไปทดสอบผู้บริโภคต่อไป

Table 3 Hedonic scores of snack bar enriched with dried Thai river sprat (prototype)

Attributes	Mean ± SD
Appearance	6.83±1.39
Color	7.13±1.38
Odor	6.00±1.88
Texture	7.03±1.03
Sweet taste	6.50±1.80
Overall taste	7.10±1.16
Overall liking	7.00±1.26

Figure 1 Just about right scale of snack bar enriched with dried Thai river sprat.
TRS: Thai river sprat; SB: snack bar.

Table 4 Hedonic scores of snack bar enriched with dried Thai river sprat as affected by various ratio of fried dried-Thai river sprat to puffed sticky rice

Attributes	Fried dried-Thai river sprat: puffed sticky rice ratio (%)			
	25:11	23:13	20:16	18:18
Appearance [ns]	6.37±1.79	6.33±1.99	6.90±1.35	6.27±1. 72
Color [ns]	6.27±1.26	6.47±1.61	6.63±1.54	6.23±1.61
Odor [ns]	5.43±2.10	5.57±1.98	6.37±1.79	6.13±1.83
Sweet taste [ns]	6.03±1.99	5.77±2.11	6.27±1.68	5.83±2.28
Overall Taste [ns]	6.07±2.07	6.27±1.76	6.83±1.62	6.47±1.76
Texture	5.80±2.04[b]	5.67±2.01[b]	6.73±1.86[a]	6.23±2.10[ab]
Overall linking	5.87±2.01[b]	5.93±1.80[b]	6.87±1.68[a]	6.37±2.01[ab]

[ns] Mean in the same row is not significantly different ($p>0.05$).
[a, b] Mean in the same row is significantly different ($p<0.05$).

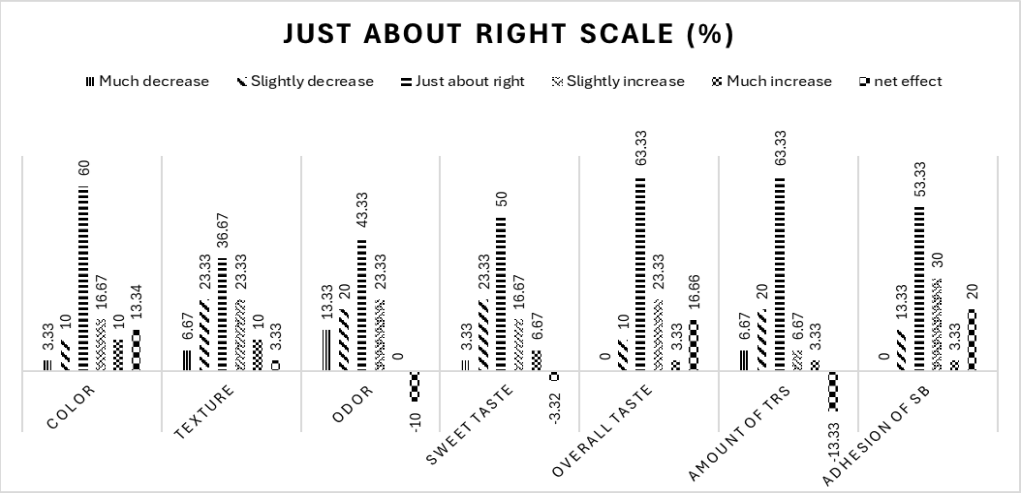

Figure 2 Just about right scale of snack bar enriched with dried Thai river sprat as affected by 20:16 ratio of fried dried Thai river sprat to puffed sticky rice (%); TRS: Thai river sprat; SB: snack bar.

ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปต่อขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากปลาซิวแก้วตากแห้งที่พัฒนาได้

ผลทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 200 คน พบว่าผู้ทดสอบเป็นเพศหญิงและเพศชายคิดเป็นร้อยละ 42.50 และ 57.50 ตามลำดับ ส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มอายุ 20 - 30 ปี (ร้อยละ 28.50) รองลงมาคือกลุ่มผู้บริโภคอายุมากกว่า 51 ปี (ร้อยละ 23) กลุ่มอายุ 41 - 50 ปี (ร้อยละ 17) กลุ่มอายุต่ำกว่า 20 ปี (ร้อยละ 15.50) และกลุ่มอายุ 31 - 40 ปี (ร้อยละ 14.50) ตามลำดับ โดยร้อยละ 39 มีการศึกษาระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษา รองลงมาคือปริญญาตรีร้อยละ 28.50 ส่วนใหญ่เป็นนักเรียน/นักศึกษาร้อยละ 30 รองลงมาได้แก่ อาชีพค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว (ร้อยละ 24.50) สำหรับผลการทดสอบความชอบต่อผลิตภัณฑ์ SB-TRS พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบในคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมอยู่ที่ระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (6.99 - 7.77 คะแนน) โดยผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ร้อยละ 94 และตัดสินใจซื้อร้อยละ 93 สำหรับเหตุผลในการตัดสินใจซื้อเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยคือ มีความแปลกใหม่ อร่อย มีคุณค่าทางโภชนาการ อยากทดลองบริโภค และสะดวกต่อการบริโภค คิดเป็นร้อยละ 27 23 19 17 และ 14 ตามลำดับ

ผลการศึกษาคุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งเสริมปลาซิวแก้วตากแห้งที่พัฒนาได้

ผลการศึกษาแสดงดัง Table 5 พบว่า ผลิตภัณฑ์ SB-TRS มีค่า L* a* และ b* เท่ากับ 58.38 0.71 และ 13.63 ตามลำดับ โดยคุณลักษณะด้านสีของผลิตภัณฑ์นับว่าเป็นคุณภาพของอาหารที่มีผลต่อความสนใจของผู้บริโภค จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ค่าสีที่วัดได้ของ SB-TRS สอดคล้องกับลักษณะสีของขนมขนมเคี้ยวชนิดแท่งซึ่งมีสีออกไปทางโทนสีเหลืองน้ำตาลอ่อนเป็นส่วนใหญ่ (Figure 3) ทั้งนี้เกิดจากลักษณะด้านสีของส่วนผสมส่วนใหญ่ในสูตรมีสีโทนเหลืองน้ำตาลและสีขาวเหลืองได้แก่ ปลาซิวแก้วตากแห้งทอด ข้าวพอง งาขาว และน้ำผึ้ง โดยลักษณะสีที่เข้มขึ้นของส่วนผสมเมื่อเทียบกับสีเริ่มต้นโดยธรรมชาติก่อนผ่านการแปรรูปและการอบเกิดจากปฏิกิริยา maillard reaction ซึ่งเป็นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีและกลิ่นเมื่ออาหารได้รับความร้อนจากการปรุงอาหาร เช่น การอบ การทอด เป็นต้น (Zulaikha et al., 2021) สำหรับคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสพบว่า มีค่าความแข็ง (hardness) เท่ากับ 41.02 นิวตัน เมื่อเปรียบเทียบกับขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งอื่น ๆ พบว่า มีค่ามากกว่าขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งเสริมผงปลานิล (ค่า hardness เท่ากับ 24.14 - 27.39 นิวตัน) (Zulaikha et al., 2021) และมีค่าใกล้เคียงกับผัดไทยกรอบชนิดแท่ง (hardness เท่ากับ 41.92 - 54.57 นิวตัน) (Chueanopparat et al., 2021) ทั้งนี้อาจเกิดจากวิธีการผลิตและอุณหภูมิที่ใช้ระหว่างการแปรรูปต่างกัน โดยระดับอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบขนมจะส่งผลโดยตรงต่อการระเหยของน้ำของอาหารและการเกิดเปลือกแข็ง (crust formation) ที่ผิวของผลิตภัณฑ์ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งที่ต่างกัน (Zulaikha et al., 2021) สำหรับค่า a_w พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.39 ซึ่งอยู่ระดับที่ต่ำ จัดอยู่ในกลุ่มอาหารประเภทแห้ง มีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญของจุลินทรีย์ในระดับต่ำ โดยแบคทีเรียส่วนใหญ่ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดีหากผลิตภัณฑ์มีค่า a_w ต่ำกว่า 0.90 ขณะที่ยีสต์และราจะไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดีหากมีค่า a_w ต่ำกว่า 0.70 (Maepakdee et al., 2014) จึงทำให้อาหารปลอดภัยจากการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ส่งผลให้เก็บรักษาได้เป็นระยะเวลานาน สำหรับปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรตของ SB-TRS มีค่าเท่ากับร้อยละ 1.20 21.61 30.49 2.92 และ 41.75 ตามลำดับ โดยความชื้นมีปริมาณต่ำสอดคล้องกับค่า a_w ขณะที่ปริมาณโปรตีนมีค่าค่อนข้างสูงซึ่งเกิดจากส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เป็นแหล่งของโปรตีน ได้แก่ ปลาซิวแก้วตากแห้ง เมล็ดฟักทอง สำหรับไขมันและคาร์โบไฮเดรตซึ่งเป็นองค์ประกอบทางเคมีที่มีปริมาณมากเกิดจากส่วนผสมส่วนใหญ่ผ่านการทอดและมีน้ำมันเป็นองค์ประกอบ (ปลาซิวแก้วตากแห้ง ข้าวพอง งาขาว และงาดำ) และเป็นมีองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรต (ข้าวพอง เมล็ดฟักทอง น้ำผึ้ง และกลูโคสไซรัป) ขณะที่ปริมาณเถ้าซึ่งเป็นองค์ประกอบทางเคมีที่บ่งบอกถึงปริมาณสารอนินทรีย์ที่มีอยู่ในอาหารมาจากแร่ธาตุที่อยู่ในส่วนผสมของ SB-TRSโดยเฉพาะปลาซิวแก้วตากแห้งซึ่งเป็นแหล่งของแคลเซียมสูง (Auyyuenyong et al., 2023) คุณภาพด้านจุลชีววิทยาพบว่า SB-TRS ที่พัฒนาได้มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 25 CFU/g และไม่พบยีสต์และรา

สำหรับคุณค่าทางโภชนาการของ SB-TRS ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (23 กรัม) (Figure 4) พบว่า ให้พลังงานทั้งหมด 110 กิโลแคลอรี ไขมัน 5 กรัม โคเลสเตอรอล 20 มิลลิกรัม โปรตีน 5 กรัม

คาร์โบไฮเดรต 11 กรัม โซเดียม 20 มิลลิกรัม วิตามินบี 1 0.04 มิลลิกรัม (ร้อยละ 2 Thai RDI) แคลเซียม 105.91 มิลลิกรัม (ร้อยละ 15 Thai RDI) และเหล็ก 0.77 มิลลิกรัม (ร้อยละ 6 Thai RDI) เมื่อเปรียบเทียบกับธัญพืชแท่งทางการค้า (เมล็ดฟักทองแผ่นผสมน้ำผึ้ง) ซึ่งใช้เป็นต้นแบบในขั้นตอนการสำรวจทัศนคติของผู้บริโภคเพื่อหาแนวคิดผลิตภัณฑ์ พบว่า ธัญพืชแท่งทางการค้ามีคุณค่าทางโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (30 กรัม) ให้พลังงาน 160 กิโลแคลอรี ไขมัน 10 กรัม โคเลสเตอรอล 0 มิลลิกรัม โปรตีน 6 กรัม คาร์โบไฮเดรต 13 กรัม ใยอาหาร 2 กรัม น้ำตาล 4 กรัม โซเดียม 0 มิลลิกรัม วิตามินบี 1 ร้อยละ 6 Thai RDI แคลเซียมร้อยละ 4 Thai RDI และเหล็กร้อยละ 10 Thai RDI จากการเปรียบเทียบในปริมาณต่อหนึ่งหน่วยบริโภคที่เท่ากัน (30 กรัม) พบว่า SB-TRS ให้พลังงานต่อหนึ่งหน่วยบริโภคและมีไขมันที่น้อยกว่า มีปริมาณโปรตีนเท่ากันและมีปริมาณแคลเซียม (ร้อยละ 16 Thai RDI) ที่สูงกว่าผลิตภัณฑ์ทางการค้า (ร้อยละ 4 Thai RDI) ประมาณ 4 เท่า ทั้งนี้เกิดจากปลาซิวแก้วตากแห้งที่เติมลงไปใน SB-TRS ซึ่งเป็นแหล่งของแคลเซียมจึงส่งผลให้ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่พัฒนาได้มีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบที่สูงกว่า อย่างไรก็ตามความแตกต่างของคุณค่าทางโภชนาการขึ้นอยู่กับส่วนผสมที่ใช้และกรรมวิธีการผลิต ดังนั้นผลิตภัณฑ์ SB-TRS ที่พัฒนาได้จึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับกลุ่มผู้บริโภคที่ต้องการพลังงานและเสริมแคลเซียมให้กับร่างกาย ปัจจุบันคนไทยจะได้รับปริมาณแคลเซียมโดยเฉลี่ยประมาณ 400 มิลลิกรัมต่อวันจากการรับประทานอาหารซึ่งยังขาดแคลเซียมอยู่ ดังนั้นจึงควรได้รับแคลเซียมเสริมเข้าไปให้เพียงพอกับปริมาณที่ร่างกายต้องการและควรเหมาะสมกับแต่ละช่วงอายุ โดยเพศชายและเพศหญิงช่วงอายุ 9 - 18 ปี ต้องการแคลเซียม 1,300 มิลลิกรัมต่อวัน ขณะที่เพศชายและเพศหญิงอายุ 19 - 50 ปี ต้องการ 1,200 มิลลิกรัมต่อวัน (Leerapun, 2020) ดังนั้น SB-TRS จึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถใช้เป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับคนยุคปัจจุบันที่เร่งรีบและต้องการความสะดวกในการบริโภค สามารถพกพาและรับประทานเพื่อให้พลังงานและช่วยเสริมแคลเซียมให้กับร่างกายได้ อย่างไรก็ตามควรรับประทานในปริมาณที่เหมาะสมเนื่องจากหากรับประทานมากจนเกินไปอาจส่งผลให้เกิดโรคอ้วนหรือโรคเรื้อรังที่ไม่ติดต่อได้ (Auyyeenyong & Kingwatee, 2023)

Table 5 Product quality of snack bar enriched with dried Thai river sprat (SB-TRS)

Product quality	Mean±SD
Lightness (L*)	58.38±2.55
Redness (a*)	0.71±0.87
Yellowness (b*)	13.63±2.90
Hardness (N)	41.02±6.83
Water activity (a_w)	0.39±0.04
Moisture (%)	1.20±0.10
Protein (%)	21.61±1.24
Fat (%)	30.49±0.81
Ash (%)	2.92±0.62
Carbohydrate (%)	41.75±1.42
Total plate count (CFU/g)	<25
Yeast and mold (CFU/g)	Not detected

Figure 3 Snack bar enriched with dried Thai river sprat (SB-TRS).

Nutrition Facts			
Serving size: 1 Bag (23 g)			
Serving size per bag : 1			
Nutrition Facts Per Serving			
Total Energy 110 Kcal (Energy from Fat 45 Kcal)			
			% Thai RDI
Total Fat 5 g			8%
Saturated Fat 1 g			5%
Cholesterol 20 mg			7%
Protein 5 g			
Total Carbohydrate 11 g			4%
Dietary Fiber <1 g			4%
Sugars 5 g			
Sodium 20 mg			1%
Percent Thai RDI*			
Vitamin A	0%	**Vitamin B1**	2%
Vitamin B2	0%	**Calcium**	15%
Iron	6%		
* Percent Thai Recommended Daily Intakes (Thai RDI) for population over 6 years of age are based on a 2,000 Kcal diet.			

Figure 4 Nutrition facts of snack bar enriched with dried Thai river sprat per 1 serving size.

สรุปผลการวิจัย

จากการสำรวจทัศนคติของผู้บริโภคเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ SB-TRS ซึ่งใช้ต้นแบบจากธัญพืชแท่งที่จำหน่ายทางการค้าพบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่สนใจผลิตภัณฑ์ SB-TRS คิดเป็นร้อยละ 90 และต้องการให้ใช้ปลาซิวแก้วตากแห้งทอดแบบทั้งตัว (ร้อยละ 51) เป็นส่วนผสม สำหรับสูตร SB-TRS ที่พัฒนาได้ประกอบด้วย ปลาซิวแก้วตากแห้งทอด ข้าวพอง น้ำผึ้ง กลูโคสไซรัป เมล็ดฟักทอง งาขาว และงาดำ เท่ากับร้อยละ 20 16 19 10 13 13 และ 9 ตามลำดับ มีคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบปานกลาง การตัดสินใจซื้อและการยอมรับในผลิตภัณฑ์คิดเป็นร้อยละ 93 และ 94 ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรตเท่ากับร้อยละ 1.20 21.61 30.49 2.92 และ 41.75 ตามลำดับ มีค่าความแข็ง, L* a* b* และ a_w เท่ากับ 41.02 นิวตัน 58.38 0.71 13.63 และ 0.39 ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 25 CFU/g และไม่พบยีสต์และรา คุณค่าทางโภชนาการของ SB-TRS จำนวน 1 หน่วยบริโภค (23 กรัม) ให้พลังงาน 110 กิโลแคลอรี ไขมันทั้งหมด 5 กรัม โคเลสเตอรอล 20 มิลลิกรัม โปรตีน 5 กรัม คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด 11 กรัม โซเดียม 20 มิลลิกรัม วิตามินบี 1 0.04 มิลลิกรัม (ร้อยละ 2 Thai RDI) แคลเซียม 105.91 มิลลิกรัม (ร้อยละ 15 Thai RDI) และเหล็ก 0.77 มิลลิกรัม (ร้อยละ 6 Thai RDI) ดังนั้นผลิตภัณฑ์ SB-TRS ที่พัฒนาได้สามารถใช้บริโภคเพื่อให้พลังงานและเสริมแคลเซียมให้กับร่างกายเหมาะสำหรับกลุ่มผู้บริโภคที่ต้องการความสะดวกในการบริโภคและวัยทำงานที่เร่งรีบในยุคปัจจุบัน

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ที่ให้การสนับสนุนทุนและวัสดุอุปกรณ์ในการทำงานวิจัยในครั้งนี้ โดยการวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ประเภท Basic Research Fund มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ปีงบประมาณ 2564

References

Andrews, W. (1992). *Manual of food quality control, 4. rev. 1 : microbiological analysis*. Rome, Italy: FAO Food and Nutrition Paper (FAO).

Auyyuenyong, R., & Kingwatee, N. (2023). Effect of the addition of cassava starch on physicochemicalproperties, nutritional values, and sensory attributes of Thai river sprat *Clupeichthys aesarnensis* Wongratana crisps. *Rajabhat Agriculture Journal*, *22*(1), 70-83. (in Thai)

Auyyuenyong, R., Boonthawee, K., & Wangdee, K. (2023). Shelf-life evaluation of dehydrate Thai river sprat (*Clupeichthys aesarnensis*) product in packaging with nitrogen gas using accelerated testing method. *Journal of Food Technology, Siam University*, *18*(1),10-20. (in Thai)

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2019). *Official methods of analysis* (21th ed.). Washington D.C., United States.: United States: Association of Analytical Chemists.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2016). *Official method of analysis* (20th ed.). Washington D.C., United States.: United States: Association of Analytical Chemists.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2012). *Official method of analysis* (19th ed.). Washington D.C., United States: United States: Association of Analytical Chemists.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2007). *Official methods of analysis* (18th ed.). Gaithersburg, United States.: Association of Official Analytical chemists.

Bacteriological Analytical Manual (BAM). (2001). *Yeast, molds and mycotoxins*. Accessed June 17, 2021. Retrieved from https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-18-yeasts-molds-and-mycotoxins.

Chittapalo, T., Vittayaporn, V., & Wirunthanakrit, W. (2017). Development of a cereal bar product from broken organic brown rice. *SDU Research Journal Science and Technology*, *10*(3), 47-68. (in Thai)

Chueanopparat, J., Charoenying, V., Sangteerakij, D., Chalermchaiwat, P., & Chantaro, P. (2021). Development of Pad Thai crispy bar. *RMUTP Research Journal*, *15*(1), 156-166. doi: 10.14456/jrmutp.2021.13 (in Thai)

Department of Medical Sciences and National Bureau of Agriculture Commodity and Food Standards. (2003). *Compendium of methods for food analysis*. Bangkok, Thailand: Department of Medical Sciences, Ministry of Public Health. (in Thai)

Elnovriza, D., Riyadi, H., Rimbawan, Damayanthi, E., & Winarto, A. (2019). Development of fish bars as a high zinc and calcium snack made from bilih fish (*Mystacoleuseus padangensis* Blkr) flour. I*ndonesian Journal of Nutrition and Food*, *14*(2), 83-90. doi: 10.25182/jgp.2019.14.2.83-90

Food Division, Ministry of Public Health. (2023). *Ministry of Public Health Notification (No. 182) B.E. 2541 regarding nutrition labels*. Accessed April 8, 2024. Retrieved from https://food.fda.moph.go.th/food-law/nutrition-label. (in Thai)

Jutagate, T., De Silva, S. S., & Mattson, N. S. (2001). Socio-economic status of river sprat (*Clupeichthys aesarnensis*, Wongratana 1983) lift-net fishers in Sirinthorn reservoir, Thailand. In S. S. De Silva (Ed.), *Reservoir & cultured based fisheries: biology and management* (pp. 309-313). Brisbane, Australia: Watson Ferguson & Co.

Lawless, H. T., & Heymann, H. (1998). *Sensory evaluation of food: principles and practices* (2nd ed.). New York, United States: Chapman & Hall.

Leerapun, T. (2020). *The importance of calcium*. Accessed April 8 , 2024. Retrieved from https://sriphat.med.cmu.ac.th/th/knowledge-153#.

Maepakdee, S., Rattanasuwan, P., Krasaechon, N., & Yuenyongputtakul, W. (2014). Enrichment of protein and iron in snack products using tuna blood power. *The Journal of King Mongkut's University of Technology North Bangkok*, *24*(1), 168-177. (in Thai)

Mungmai, S., & Wanna, A. (2019). Development of calcium supplement snacks from Thai river sprat. *Rajabhat Agriculture Journal*, *18*(1), 27-37. (in Thai)

Nimitkeatkai, H., & Potaros, T. (2016). Effect of ingredients on qualies of snack bar from broken banana chip and rice crackers. *Prawarun Agricultural Journal*, *13*(2), 199-205. (in Thai)

Simwemba, C. G., Hoseney, R. C., Varriano-Marston, E., & Zeleznak, K. (1984). Certain B vitamin and phytic acid contents of pearl millet *(Pennisetum americanum* (L.) Leeke.) *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *32*(1), 31-34. doi: 10.1021/jf00121a008

Somthawil, S., & Sriwatta, S. (2012). The use of just about right scales in reformulation of Thai Northern style sausage., *Proceedings of the 50th Kasetsart university annual conference: agro-industry, Kasetsart university*, (pp. 167-174). Bangkok, Thailand: Kasetsart University. (in Thai)

Sullivan, D., & Carpenter, D. (1993). *Method of analysis for nutrition labeling*. Arlington, United States: AOAC International.

Zulaikha, Y., Yao, S. H., & Chang, Y. W. (2021). Physicochemical and functional properties of snack bars enriched with tilapia (*Oreochromis niloticus*) by-product powders. *Foods, 10*(8), 1908. doi: 0.3390/foods10081908

Research article

Product development of snack bar enriched with dried Thai river sprat (*Clupeichthys aesarnensis*)

Jukkarin Treeinthong[1*] Aoitip Samanros[2] and Piyachat Wiriyaampaiwong[3]

[1]*Department of Fisheries Technology, Faculty of Agricultural Technology, Kalasin University, Muang district, Kalasin Province, 46000*
[2]*Institute of Public Health, Suranaree University of Technology, Muang district, Nakhon Ratchasima, 30000*
[3]*Department of Biotechnology, Faculty of Agricultural Technology, Kalasin University, Muang district, Kalasin Province, 46000*

ARTICLE INFO

Article history
Received: 10 April 2024
Revised: 24 April 2024
Accepted: 2 May 2024
Online published: 15 May 2024

Keyword
Dried Thai river sprat
Snack bar
Product development

ABSTRACT

This research aimed to develop a snack bar enriched with dried Thai river sprat (SB-TRS). Surveying the consumers' attitudes toward the product to develop the SB-TRS using a commercial cereal bar as a prototype was conducted. Then, the prototype product recipe, formulation development, consumer testing, and assessment of the product's quality were studied. The results of the attitude survey found that 90 % of consumers were interested in SB-TRS products, and 51 % wanted to supplement with dried Thai river sprat. The recipe for producing SB-TRS comprises the following ingredients by weight: fried dried Thai river sprat (20 %), puffed sticky rice (16 %), honey (19 %), glucose syrup (10 %), peeled pumpkin seeds (13 %), white sesame (13 %), and black sesame (9 %). The overall liking score was moderate (7.57 points). A remarkable 93% of consumers decided to purchase it, and 94 % accepted the product. The SB-TRS includes 1.20 % moisture, 21.61 % proteins, 30.49 % total lipids, 2.92 % ash, and 41.75 % carbs. Hardness, lightness (L*), redness (a*), yellowness (b*), and water activity of SB-TRS were 41.02 N, 58.38, 0.71, 13.63, and 0.39, respectively. The SB-TRS showed a total plate count of less than 25 CFU/g and no detection of yeast and mold in the product. The nutritional value per serving (23 grams) was found to provide 110 kcal of energy, 5 g of fat, 20 mg of cholesterol, 5 g of protein, 11 g of carbohydrates, 20 mg of sodium, 0.04 mg of vitamin B1, 0.77 mg of iron, and 105.91 mg of calcium. Therefore, the SB-TRS product is suitable for people who want convenience in consumption and help in adding calcium to the body.

[*]Corresponding author
E–mail address: jukkarin.tr@ksu.ac.th (J. Treeinthong)
Online print: 15 May 2024 Copyright © 2024. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. https://doi.org/10.14456/paj.2024.11