



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

บทความวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากกล้วยเล็บมือนางอบแห้ง

อรุณรัตน์ เรืองวัชรินทร์^{1*} พรวตา จันทโร¹ และ จิรัชชาติ เรืองวัชรินทร์²

¹สาขานวัตกรรมอาหารและโภชนาการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี ประเทศไทย 84100

²สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดสุราษฎร์ธานี อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี ประเทศไทย 84000

ข้อมูลบทความ	บทคัดย่อ
Article history รับ: 5 กันยายน 2567 แก้ไข: 18 ตุลาคม 2567 ตอบรับการตีพิมพ์: 29 พฤศจิกายน 2567 ตีพิมพ์ออนไลน์: 9 ธันวาคม 2567	วัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากกล้วยเล็บมือนางอบแห้ง ศึกษาคุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการ สูตรที่เหมาะสมของขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากกล้วยเล็บมือนาง ได้แก่ กล้วยเล็บมือนางอบแห้งร้อยละ 35 ข้าวพองร้อยละ 23 เนยถั่วร้อยละ 20.50 เมล็ดฟักทองร้อยละ 7 เม็ดมะม่วงหิมพานต์ร้อยละ 7 น้ำผึ้งร้อยละ 3.40 กลิ่นวนิลา ร้อยละ 3 งาดำร้อยละ 0.50 งาขาวร้อยละ 0.50 และแซนแทนร้อยละ 0.10 จากการทดลอง พบว่า ปริมาณกล้วยเล็บมือนางอบแห้งมีผลต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ ด้านสีและความแข็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) คุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ การทดสอบความชอบด้วยการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) จากผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน พบว่า ทุกคุณลักษณะมีคะแนนชอบปานกลางถึงชอบมาก (7-8) การหาปริมาณจุลินทรีย์ในการเก็บรักษาเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30°C โดยใช้บรรจุภัณฑ์สองชนิด ได้แก่ ถุงพลาสติกใสชนิด (OPP) และถุงอลูมิเนียมฟอยล์ ไม่พบ ยีสต์และรา จุลินทรีย์ทั้งหมด < 25 CFU/กรัม จากการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีวิตามินบี 1 สูง (ร้อยละ 44 ของ Thai RDI) และใยอาหารสูง (ร้อยละ 36 ของ Thai RDI)

บทนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคมีพฤติกรรมการบริโภคอาหารเปลี่ยนแปลงไป ไม่สะดวกในการจัดเตรียมอาหาร ความเร่งรีบในการทำงาน ส่งผลให้อาหารประเภทขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง (Snack bar) ซึ่งเป็นอาหารพร้อมรับประทาน ให้พลังงานและมีสารอาหารเพียงพอ สามารถพกพาและบริโภคได้สะดวก เป็นกลุ่มอาหารที่เติบโตเร็วที่สุด เป็นที่นิยมของผู้บริโภคในทุกช่วงวัยและเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางทั่วโลก (Mattes, 2018; Zulaikha et al., 2021) ขนมขบเคี้ยวมีหลายรูปแบบส่วนใหญ่ให้พลังงานสูงเพราะประกอบด้วยแป้ง น้ำตาล และน้ำมันเป็นหลัก มีสารอาหารที่จำเป็น เช่น โปรตีน เกลือแร่ และวิตามินค่อนข้างน้อย และยังมีผงชูรสและเกลือในปริมาณมาก มีปริมาณใยอาหารต่ำ รับประทานแล้วจะอึดท้องแต่จะทำให้รับประทานอาหารมื้อหลักได้น้อยลง หากรับประทานบ่อยอาจทำให้เกิดภาวะน้ำหนักเกิน ส่งผลเสียต่อสุขภาพ การบริโภคของขบเคี้ยวที่ให้พลังงานสูงซึ่งไม่ดีต่อสุขภาพถือเป็นปัจจัยเสี่ยงที่จะเกิดโรคอ้วนและโรคหัวใจและหลอดเลือด (Amrein et al., 2021; Pothidee et al., 2021)

ปัจจุบันกระแสการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพเพิ่มมากขึ้น การบริโภคผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่ไม่ส่งผลเสียต่อสุขภาพ เช่น สีนํ้าตาลที่ไม่มีน้ำตาล และไขมันต่ำ หรือผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีส่วนประกอบของน้ำมัน เป็นสิ่งที่ผู้บริโภคให้ความสนใจอย่างต่อเนื่อง (Saowaphruek, 2018) ขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพมีแนวโน้มการเติบโตสูงขึ้นทั้งในไทยและต่างประเทศ กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ (DITP) เผยแนวโน้มการบริโภคขนมขบเคี้ยวไขมันต่ำกำลังมาแรงในตลาดจีน หลังผู้บริโภคหันมาใส่ใจสุขภาพ และเน้นการผลิตสินค้าโดยลดไขมัน ลดน้ำตาล ให้ความสนใจในการปรับปรุงพัฒนาสินค้าโดยใช้เทคโนโลยีใหม่และใช้การสื่อสารเพื่อทำความเข้าใจกับผู้บริโภค (Manager Online, 2023)

กล้วยเล็บมือนางปลูกมากในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย เป็นพืชท้องถิ่นที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของภาคใต้ เช่น จังหวัดชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช เป็นต้น ในช่วงที่มีผลผลิตจำนวนมาก ได้มีการนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ โดยส่วนใหญ่นิยมแปรรูปกล้วยเล็บมือนางอบแห้ง นอกจากนั้นแปรรูปเป็นกล้วยเล็บมือนางทอดกรอบ กล้วยเล็บมือนางแผ่น กล้วยเล็บมือนาง

*Corresponding author

E-mail address: uraporn09@gmail.com (U. Rueangwatcharin)

Online print: 9 December 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.2024.54>

ฉาบรสต่าง ๆ กลัวยเล็บบี๋มีนางเคลือบช็อคโกแลต เป็นต้น กลัวยเล็บบี๋มีนางเป็นผลไม้ที่มีปริมาณวิตามินบี และมีใยอาหารสูง ให้พลังงานสำหรับการออกกำลังกาย ลดการเกิดโรคโลหิตจาง เพราะมีธาตุเหล็กสูง การใช้ประโยชน์จากกลัวย สามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่น ๆ เพื่อเพิ่มมูลค่าผลผลิต (Naksuwan et al., 2020) ในกระบวนการผลิตกลัวยเล็บบี๋มีนางอบแห้งจะมีส่วนเหลือทิ้งจากการตัดแต่ง เช่น ขนาดไม่ได้มาตรฐาน เศษทิ้งจากการตัดแต่ง เป็นวัสดุเศษเหลือประมาณร้อยละ 10 ซึ่งสามารถนำส่วนเหล่านี้นามาแปรรูปเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ผู้ประกอบการได้ มีรายงานวิจัยการพัฒนาผลไม้แห้งจากผลไม้หลายชนิด เช่น แอปเปิ้ลและพริก มะเดื่อฝรั่ง หรือ Fig (*Ficus carica* L.) (Piatan et al., 2023; Sharma et al., 2024) ผลไม้ชนิดแห้งจากอินทผลัมเพื่อเป็นแหล่งของโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ให้พลังงานสูง (Pam et al., 2015) ถึงแม้จะมีการศึกษาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากผลไม้บางชนิด ส่วนใหญ่เป็นผลไม้จากต่างประเทศ ยังไม่มีการใช้กลัวยเล็บบี๋มีนางอบแห้งเป็นวัตถุดิบหลัก ซึ่งกลัวยเล็บบี๋มีนางอบแห้งมีลักษณะเนื้อสัมผัสนุ่ม ไม่แข็งกระด้างสามารถนำมาเป็นวัตถุดิบทดแทนอินทผลัมได้ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อศึกษาสูตรที่เหมาะสม ศึกษาคุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการของขนมขบเคี้ยวจากกลัวยเล็บบี๋มีนางอบแห้ง เพื่อเป็นแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวโดยใช้วัตถุดิบหลักจากกลัวยเล็บบี๋มีนางอบแห้ง เป็นการใช้ประโยชน์จากวัสดุเศษเหลือในท้องถิ่นจากกระบวนการผลิตกลัวยเล็บบี๋มีนางอบแห้ง นอกจากนั้นนำข้าวพองมาเป็นวัตถุดิบทดแทนข้าวโอ๊ตซึ่งเป็นวัตถุดิบนำเข้าจากต่างประเทศ สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่เกษตรกร สร้างรายได้ให้แก่ชุมชน ได้ผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพที่มีสารอาหารครบถ้วนและเหมาะสมแก่ผู้บริโภคที่รักสุขภาพและผู้บริโภคทุกเพศทุกวัย ปัจจุบันยังไม่มีขนมขบเคี้ยวจากกลัวยเล็บบี๋มีนางจำหน่าย งานวิจัยนี้จึงเป็นแนวทางการผลิตอาหารเพื่อสุขภาพเพื่อต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเชิงพาณิชย์ให้แก่ผู้ประกอบการต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

กระบวนการเตรียมวัตถุดิบ

มีวิธีการเตรียมวัตถุดิบต่าง ๆ ดังนี้ งาดำ งาขาว นำไปคั่วในกระทะใช้ไฟอ่อน คั่วจนเมล็ดพองตัวและมีกลิ่นหอม เม็ดมะม่วงหิมพานต์ซีก และเมล็ดฟักทอง นำไปอบที่อุณหภูมิ 150°C นาน 10 นาที นำไปบดหยาบ ข้าวพอง เตรียมโดยนำข้าวที่หุงสุกแช่เย็น 24 ชั่วโมง อบที่อุณหภูมิ 80°C นาน 2 ชั่วโมง ทอดในน้ำมันที่มีอุณหภูมิ 175°C นาน 5 วินาที อินทผลัมอบแห้ง นำมาแกะเมล็ดหั่นเป็นชิ้นขนาดเล็ก ปั่นให้ละเอียด และกลัวยเล็บบี๋มีนางอบแห้ง นำมาหั่นเป็นชิ้นขนาดเล็ก บดให้ละเอียดหรืออินทผลัมอบแห้งบดละเอียด

การศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยวชนิดแห้งจากกลัวยเล็บบี๋มีนางอบแห้ง

นำกลัวยเล็บบี๋มีนางอบแห้งบดละเอียด เติมน้ำมัน ข้าวพอง เติมน้ำผึ้ง ได้แก่ เมล็ดฟักทอง เม็ดมะม่วงหิมพานต์ งาดำและงาขาว ผสมให้เข้ากัน เติมน้ำผึ้ง กลิ่นวนิลา น้ำเปล่า (ละลายแซนแทนกัมลงในน้ำผึ้ง กลิ่นวนิลาและน้ำเปล่า) ผสมจนเข้ากันดี ใส่ถาด นำไปแช่แข็งเป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำออกจากตู้แช่แข็ง ตัดเป็นชิ้น ขนาด $2 \times 3.50 \times 1.20$ เซนติเมตร และนำไปแช่แข็งต่อเป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำไปอบด้วยเตาอบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 160°C นาน 15 นาที นำไปอบลมร้อนด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70°C นาน 1 ชั่วโมง 30 นาที ปลอ่ยให้เย็น บรรจุถุงพลาสติกใส (OPP) ที่อุณหภูมิห้อง 30°C นำมาวิเคราะห์คุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการ สูตรขนมขบเคี้ยวชนิดแห้งจากกลัวยเล็บบี๋มีนางอบแห้งโดยมีสูตรที่ใช้วัตถุดิบจากอินทผลัมเป็นสูตรควบคุมแสดงดัง Table 1

การวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพ

1. ค่าสี นำตัวอย่างมาบดใส่ในอุปกรณ์ใส่ตัวอย่างและวิเคราะห์โดยใช้เครื่องวัดสี Minolta รุ่น CR-400 แสดงผลเป็นค่า L^* , a^* และ b^* โดยที่ ค่า L^* เป็นค่าความสว่าง (L^* เป็นบวก) และสีดำ (L^* เป็นลบ) a^* เป็นค่าสีแดง (a^* เป็นบวก) และสีเขียว (a^* เป็นลบ) b^* เป็นค่าสีเหลือง (b^* เป็นบวก) และสีน้ำเงิน (b^* เป็นลบ)

2. ลักษณะเนื้อสัมผัส วิเคราะห์โดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัสอาหาร (Texture analyzer) ยี่ห้อ Brookfield รุ่น CT 3 ใช้ตัวอย่างขนมขบเคี้ยวชนิดแห้งขนาด $2 \times 5 \times 1.20$ เซนติเมตร 3 วัดค่าความแข็ง (hardness, N) การวัดค่าแรงกดแตกโดยใช้หัววัด (probe) หัววัดทรงกระบอก TA7 ความเร็วหัววัด (test speed) 0.5 มิลลิเมตรต่อวินาที ทำการทดลอง 10 ซ้ำ

การวิเคราะห์คุณภาพด้านเคมี

1. ปริมาณความชื้น นำตัวอย่างมาบดและวิเคราะห์ตามวิธีของ AOAC (2012)

2. ปริมาณน้ำอิสระ (aw) นำตัวอย่างมาบดใส่ในอุปกรณ์ใส่ตัวอย่างและวิเคราะห์โดยใช้เครื่องวัดค่า aw รุ่น Aqua Lab 3PE ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

การวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลินทรีย์

ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด วิเคราะห์ตามวิธีของ BAM (2001) และปริมาณยีสต์ และรา วิเคราะห์ตามวิธีของ BAM (2001) วิเคราะห์ขนมขบเคี้ยวชนิดแห้งจากกลัวยเล็บบี๋มีนางอบแห้ง โดยเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์สองชนิดได้แก่ พลาสติกใส (OPP) และถุงอูมิเนียมฟอยล์ที่อุณหภูมิห้อง 30°C เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ทดสอบด้านความชอบ (affective test) ด้วยการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) ทำการประเมินด้านคุณลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบชิมโดยรวมจากผู้ทดสอบชิมทั่วไปที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค

วิเคราะห์พลังงานทั้งหมด พลังงานจากไขมันและคาร์โบไฮเดรตด้วยวิธีคำนวณ ไขมันทั้งหมดตามวิธีของ AOAC (2019) ไขมันอิ่มตัวด้วยเครื่อง Gas Chromatography (GC) โคเลสเตอรอล โปรตีน โยอาหาร น้ำตาล โซเดียม แคลเซียม เหล็ก และความชื้นด้วยวิธี AOAC (2019)

วิตามินเอ วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 ด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

การวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ

แผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ทำการทดลองอย่างน้อย 3 ซ้ำ รายงานผลในรูปของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติโดย One-way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และเปรียบเทียบความแตกต่างโดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (version 26)

Table 1 The formula of snack bar from dried Lady Finger banana

Ingredients (g)	Formula 1	Formula 2	Formula 3	Formula 4
Black sesame	2	2	2	2
White sesame	2	2	2	2
Water	12	12	12	12
Vanilla flavor	15	15	15	15
Honey	16	16	16	16
Xanthan gum	0.3	0.3	0.3	0.3
Pumpkin seeds	30	30	30	30
Cashew nuts	30	30	30	30
Peanut butter	90	90	90	90
Puffed rice	100	100	100	100
Dried date palm	100	-	-	-
Dried Lady Finger bananas	-	100	150	200

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์คุณภาพ

1. ค่าสี

ค่าสี (L^* , a^* และ b^*) ของขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง แสดงดัง Table 2 พบว่า มีความแตกต่างด้านค่าความสว่าง (L^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ปริมาณกล้วยเชื่อมอบแห้งอาจมีผลต่อค่าสีของขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง ถึงแม้ว่าสูตรที่ใส่ กล้วยเชื่อมอบแห้งทุกสูตรมีค่าความสว่าง (L^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) กับสูตรที่ใส่อินทผลัม (สูตรควบคุม) แต่สูตรที่ 2 มีความแตกต่างทางสถิติจากสูตรที่ 4 ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ค่าสีแดง (a^*) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ทั้งนี้เมื่อปริมาณกล้วยเชื่อมอบแห้งเพิ่มขึ้นมีแนวโน้มให้ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งมีสีคล้ำขึ้น อาจเกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดขณะอบ

ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากกล้วยเชื่อมอบแห้งด้วยเตาไฟฟ้า ซึ่งเป็นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลชนิดที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์โดยมีความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และอาจมีการเปลี่ยนแปลงสีเนื่องจากการใช้อุณหภูมิสูงในการอบ ทำให้เกิดปฏิกิริยาได้ดี การเปลี่ยนแปลงค่าสีสัมพันธ์กับการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล เมื่อค่าความสว่างลดลง บ่งบอกว่าผลิตภัณฑ์มีการเกิดสีน้ำตาลมากขึ้น (Rocha & Morais, 2003; Tabtiang et al., 2012) จากงานวิจัยของ Mulla et al. (2016) รายงานว่าปริมาณน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวในกล้วยเป็นสารที่ทำให้เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลในกล้วยอบแห้งเมื่อปริมาณน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวมากขึ้นจะเร่งให้เกิดสีน้ำตาลมากขึ้นตามไปด้วย แต่อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์ก็เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคด้านลักษณะปรากฏที่ระดับคะแนนชอบปานกลางถึงชอบมาก (7-8)

Table 2 Color quality of snack bars from dried Lady Finger banana

formula	L^*	a^{*ns}	b^*
1	37.89 ± 0.61^{ab}	5.82 ± 1.01	13.06 ± 0.71^{ab}
2	40.81 ± 0.64^a	5.31 ± 0.23	14.07 ± 0.59^a
3	39.21 ± 1.90^{ab}	5.66 ± 0.51	13.65 ± 0.19^a
4	36.64 ± 0.69^b	4.65 ± 0.20	11.91 ± 0.25^b

Values with different superscripts with in the same column are significantly difference ($p \leq 0.05$).

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

2. ลักษณะเนื้อสัมผัส

ลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง จากการวัดค่าความแข็ง แสดงดัง Table 3 พบว่า ปริมาณกล้วยเล็บมือนางอบแห้งเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความแข็งของขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่าการผสมกล้วยเล็บมือนางในปริมาณที่มากขึ้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งนั้นมีความแข็งมากขึ้น เนื่องจากกล้วยเล็บมือนางอบแห้งมีค่าความแข็งมากกว่าการใช้ธัญพาล์ม นอกจากนี้ความร้อนในการ

อบแห้งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความชื้นและส่งผลให้เกิดความเครียดในวัสดุ จึงส่งผลให้กล้วยเล็บมือนางเหี่ยวแห้งและมีปริมาตรลดลง ส่งผลให้มีค่าเนื้อสัมผัสแข็งขึ้น (Musikachai, 2018) เนื่องจากอาหารอาจมีน้ำที่ระเหยไป มีการเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้อย่างชัดเจนระหว่างการอบแห้ง ได้แก่ การหดตัวของชิ้นอาหารซึ่งเกิดจากการระเหยน้ำออกไป การใช้กล้วยเล็บมือนางอบแห้งเป็นวัตถุดิบส่งผลให้ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งมีค่าความแข็งมากขึ้น (Hatamipour & Mowla, 2003; Kunwisawa et al., 2007)

Table 3 Textural properties of snack bars from dried Lady Finger banana

Formula	Hardness (N)
1	336.38 ± 14.46 ^c
2	406.26 ± 24.65 ^b
3	503.25 ± 56.88 ^a
4	554.29 ± 47.56 ^a

Values with different superscripts with in the same column are significantly difference ($p \leq 0.05$).

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

3. ปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระ

ขนมขบเคี้ยวจากกล้วยเล็บมือนางอบแห้ง มีค่าความชื้นอยู่ในช่วง 9.15-10.43 สูตรที่ 4 มีความแตกต่างกับสูตรที่ 2 และสูตรที่ 1 หรือสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วง 0.54-0.57 มีค่า a_w สูงกว่าขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากแอปเปิ้ลเล็กน้อย (0.44-0.48) (Sun-Waterhouse et al., 2010) ในขณะที่ปริมาณกล้วยเล็บมือนางอบแห้งเพิ่มขึ้น ไม่ส่งผลต่อค่า a_w อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงดัง Table 4

ค่า a_w หมายถึงปริมาณน้ำอิสระในอาหารที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงทางด้านเคมีและจุลินทรีย์ และการเปลี่ยนแปลงด้านกายภาพ เช่น ความกรอบของอาหาร และสามารถทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ได้ (Panyoyai & Suwannalert., 2023) ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากกล้วยเล็บมือนางอบแห้งจัดอยู่ในกลุ่มอาหารแห้ง เพราะมีค่า a_w ของผลิตภัณฑ์มีค่าต่ำกว่า 0.6 มีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 15 เป็นอาหารที่เก็บรักษาได้นานแต่อาจพบการเสื่อมเสียจากยีสต์และราบางชนิดได้ (Pornchaloempong, 2024)

Table 4 Moisture content and a_w of snack bars from dried Lady Finger banana

Formula	Moisture	a_w ^{ns}
1	9.15 ± 0.71 ^b	0.55 ± 0.02
2	9.20 ± 0.58 ^b	0.54 ± 0.02
3	9.79 ± 0.29 ^{ab}	0.56 ± 0.02
4	10.43 ± 0.45 ^a	0.57 ± 0.02

Values with different superscripts with in the same column are significantly difference ($p \leq 0.05$).

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

4. การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม ของ ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง แสดงดัง Table 5 โดยใช้วิธีทดสอบด้วยการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ จากผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน พบว่า ด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส รสชาติและความชอบโดยรวมมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยลักษณะปรากฏมีคะแนนความชอบ 6.29-7.40 ที่ระดับคะแนนชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง กลิ่นรส มีคะแนนความชอบ 6.98-7.60 ที่ระดับคะแนนชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง รสชาติ มีคะแนนความชอบ 6.82-7.38 ที่ระดับคะแนนชอบเล็กน้อย

ถึงชอบปานกลาง เนื้อสัมผัส มีคะแนน 6.80-7.32 ที่ระดับคะแนนชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง ความชอบโดยรวม มีคะแนน 7.12-7.72 ที่ระดับคะแนนชอบปานกลาง แสดงดัง Table 5 คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏและด้านรสชาติของขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งสูตรที่ใส่กล้วยเล็บมือนาง สูตรที่ 2 และ 3 มีคะแนนสูงกว่าสูตรที่ใส่ธัญพาล์มหรือสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) นอกจากนั้นคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมของขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งสูตรที่ใส่กล้วยเล็บมือนาง สูตรที่ 3 มีคะแนนสูงกว่าสูตรที่ใส่ธัญพาล์มหรือสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) สอดคล้องกับ Panekwong et al. (2014) ได้พัฒนาธัญพาล์มจากข้าวกล้องงอกและเมล็ดงาดำจากผู้บริโภค

ให้คะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (6-7) นอกจากนั้นยังมีรายงานวิจัยของ Lertnimitmongkol & Mongkontanawat (2020) ได้ทดสอบผลิตภัณฑ์ข้าวหอมแม่พญาทองดำอัดแท่งผสมกล้วยไข่ทอด พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบ

ที่ระดับชอบปานกลาง (7.11) คัดเลือกสูตรที่ 3 เป็นสูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคและมีคะแนนความชอบสูงสุดในทุกคุณลักษณะ เพื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บรักษาต่อไป

Table 5 Sensory evaluation of snack bar from dried Lady Finger banana

	Formula			
	1	2	3	4
Appearance	6.29 ± 0.90 ^b	7.40 ± 0.97 ^a	7.36 ± 0.75 ^a	7.10 ± 0.95 ^{ab}
Flavor	7.60 ± 0.78 ^a	7.34 ± 0.96 ^{ab}	7.52 ± 1.23 ^a	6.98 ± 1.25 ^b
Texture	6.80 ± 1.32 ^b	7.28 ± 0.97 ^{ab}	7.32 ± 1.24 ^a	6.88 ± 1.17 ^{ab}
Taste	6.82 ± 1.27 ^b	7.36 ± 1.18 ^a	7.38 ± 0.98 ^a	7.04 ± 1.35 ^{ab}
Overall liking	7.12 ± 0.91 ^b	7.60 ± 0.93 ^{ab}	7.72 ± 0.81 ^a	7.22 ± 1.22 ^b

Values with different superscripts with in the same row are significantly difference ($p \leq 0.05$).

^{ns} Values in the same row are not significantly different ($p > 0.05$).

5. ปริมาณจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บรักษา

จากหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราของขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากกล้วยเล็บมือนางอบแห้ง โดยเก็บที่อุณหภูมิห้อง 30°C เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ (Table 6) พบว่า ในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด ได้แก่ พลาสติกใส (OPP) และถุงอลูมิเนียมฟอยล์ ไม่พบยีสต์และรา ตลอดการเก็บรักษา 8 สัปดาห์ ขณะที่ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดหลังการเก็บรักษา 2 สัปดาห์ พบน้อยกว่า 25 โคโลนี/กรัม แต่ถึงอย่างไรปริมาณจุลินทรีย์ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 902/2016 ผลิตภัณฑ์ชุมชนเรื่องผัก ผลไม้ และธัญพืชอัดแท่ง ที่กำหนดให้ยีสต์และราต้องไม่

เกิน 100 โคโลนีต่อ ตัวอย่าง 1 กรัม การเพิ่มขึ้นของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและเชื้อรามีความสัมพันธ์ กับค่า aw และปริมาณความชื้น โดยทั่วไปเชื้อจุลินทรีย์ จะเจริญเติบโตเมื่ออาหารมีค่า aw อยู่ในช่วง 0.60-0.90 เชื้อจุลินทรีย์ประเภทราจะไม่เจริญเติบโตเมื่ออาหารมีค่า aw 0.62 หรือต่ำกว่า (Rawat & Darappa, 2014; Pratiwi et al., 2019) ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากกล้วยเล็บมือนางอบแห้ง มีค่าความชื้นอยู่ในช่วง 9.15-10.43 และมีค่า aw อยู่ในช่วง 0.54-0.57 จัดอยู่ในกลุ่มอาหารแห้งสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในสภาวะที่เหมาะสมได้อย่างน้อย 8 สัปดาห์ ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพและปลอดภัยสำหรับการบริโภค

Table 6 Microbiological properties of snack bar from dried Lady Finger banana at 30°C

	Weeks	Total bacteria count	Total yeast and mold count
		CFU/g	CFU/g
OPP bags	0	ND	ND
	2	<25	ND
	4	<25	ND
	6	<25	ND
	8	<25	ND
Aluminium foil bags	0	ND	ND
	2	<25	ND
	4	<25	ND
	6	<25	ND
	8	<25	ND

*ND = Not detected.

คุณค่าทางโภชนาการ

การหาปริมาณสารอาหารของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากกล้วยเล็บมือนาง แสดงคุณค่าทางโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (40 กรัม) (Figure 1) โดยให้พลังงานทั้งหมด 190 กิโลแคลอรี ไขมัน 10 กรัม ไขมันอิ่มตัว 2 กรัม ไม่พบโคเลสเตอรอล โปรตีน 4 กรัม คาร์โบไฮเดรต 21 กรัม โซเดียม 40 มิลลิกรัม ไม่พบวิตามินเอ และวิตามินบี 2 วิตามินบี 1 1.66 มิลลิกรัม (ร้อยละ 44 Thai RDI)

แคลเซียม 40.51 มิลลิกรัม (ร้อยละ 2 Thai RDI) และเหล็ก 1.65 มิลลิกรัม (ร้อยละ 4 Thai RDI) เมื่อนำมาคำนวณปริมาณต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (40 กรัม) ตามเกณฑ์ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 182) พ.ศ. 2541 พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีวิตามินบี 1 ในปริมาณร้อยละ 44 และใยอาหารในปริมาณร้อยละ 36 ของปริมาณที่แนะนำต่อวัน ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากกล้วยเล็บมือนางอบแห้งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีวิตามินบี 1 สูงและมีใยอาหารสูง

และสามารถกล่าวอ้างหน้าที่ของสารอาหาร (nutrient function claims) ตามเกณฑ์ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 447) พ.ศ. 2566 โยอาหารเพิ่มกากใยในระบบทางเดินอาหารช่วยกระตุ้นการขับถ่าย วิตามินบี 1 มีส่วนช่วยในการทำงานตามปกติของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ จากผลงานวิจัยของ Kunna et al. (2021) ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์ธัญพืชอัดแท่งที่มีใยอาหารสูงจาก

ข้าวกล้องสีนเหล็ก พบว่า ผลิตภัณฑ์ธัญพืชอัดแท่งที่พัฒนาได้ (40 กรัม ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค) จัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีเส้นใยอาหาร (ร้อยละ 4.88) ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากผลไม้หรือธัญพืชในท้องท้องตลาดที่มีจำหน่ายมีในรูปแบบธัญพืชผสมผลไม้ ธัญพืชแบบตัด ส่วนใหญ่มีข้อกล่าวอ้าง เช่น โยอาหารสูง น้ำตาลน้อย เป็นต้น

(Nutrition information)			
Serving size : 7 pieces (40 g)			
2 Serving(s) per box : about 2			
Amount per serving			
Total energy 190 kcal (Energy from fat 90 kcal)			
(% Thai RDI)			
Total fat	10 g		15 %
Saturated fat	2 g		10 %
Cholesterol	0 g		0 %
Protein	4 g		
Total carbohydrate	21 g		7 %
Dietary fiber	9 g		36 %
Sugars	7 g		
Sodium	40 mg		2 %
% Daily Value *(Percent Thai RDI)			
Vitamin A	0 %	Vitamin B1	44 %
Vitamin B2	0 %	Calcium	2 %
Iron	4 %		
*Percent Thai Recommended Daily intakes for population over 6 years age are based on a 2,000 kcal diet)			

Figure 1 Nutrition facts of snack bar from dried Lady Finger banana per 1 serving size.



Figure 2 Snack bar from dried Lady Finger banana per 1 serving size.

สรุปผลการวิจัย

สูตรที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากกล้วยเล็บมือนาง คือสูตร 3 เป็นสูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก มีส่วนประกอบ คือ กล้วยเล็บมือนางอบแห้งร้อยละ 35 ข้าวพองร้อยละ 23 เนยถั่วร้อยละ 20.50 เมล็ดฟักทองร้อยละ 7 เม็ดมะม่วงหิมพานต์ร้อยละ 7 น้ำผึ้งร้อยละ

3.40 กลี้นวนิลาร้อยละ 3 งาดำร้อยละ 0.50 งาขาว ร้อยละ 0.50 และแซนแทนกัมร้อยละ 0.10 ปริมาณจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ 8 สัปดาห์ ในถุงพลาสติกใส OPP และถุงอูมิเนียมพอยล์ลามิเนต อุณหภูมิการเก็บรักษาที่ 30°C ไม่พบยีสต์และรา จุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผักผลไม้ และธัญพืชอัดแท่ง 902/2016 ผลจากการพัฒนาได้ผลิตภัณฑ์

ที่มีคุณภาพ มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคอย่างน้อย 8 สัปดาห์ และเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการ โดยเฉพาะมีวิตามินบี 1 และใยอาหารสูง ซึ่งผลการวิจัยนี้สามารถถ่ายทอดเทคโนโลยีการแปรรูปให้แก่ผู้ประกอบการกล้วยเล็บมือนางอบแห้งหรือผู้สนใจผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยได้รับทุนอุดหนุนการพัฒนาการวิจัยการเกษตร ปีงบประมาณ 2565

References

Amrein, M. A., Scholz, U., & Inauen, J. (2021). Compensatory health beliefs and unhealthy snack consumption in daily life. *Appetite*, 157, 104996. doi:10.1016/j.appet.2020.104996

Association Official Analytical Chemists (AOAC). (2012). *Official methods of analysis* (19th ed.). Gaithersburg, Maryland, United States: Association Official Analytical Chemists International.

Association Official Analytical Chemists (AOAC). (2019). *Official methods of analysis* (21st ed.). Gaithersburg, Maryland, United States: Association Official Analytical Chemists International.

Hatamipour, M. S., & Mowla, D. (2003). Correlations for shrinkage, density and diffusivity for drying of maize and green peas in a fluidized bed with energy carrier. *Journal of Food Engineering*, 59(2- 3) , 221- 227. doi:10.1016/S0260-8774(02)00461-2

Kunna, N., Thongkorn, S., Nonprasat, P., & Phugsin, P. (2021). Development of high fiber cereal bar product from Sinlek brown rice. *Dusit Thani College Journal*, 15(1), 268-285. (in Thai)

Kunwisawa, J., Prachayawarakorn, S., & Soponronnarith, S. (2007). Effect of drying temperature on volatile compounds and physical qualities of banana slices. *KMUTT Research & Development Journal*, 30(Spec. 4), 611-621. (in Thai)

Lernimitmongkol, W., & Mongkontanawat, N. (2020). The development of “Khao Hawm Mae Paya Tong Dam black rice” (*Oryza sativa* L.) bar mixed with fried Pisang Mas (*Musa sapientum*). *Rajamangala*

University of Technology Srivijaya Research Journal, 12(2), 362-373. (in Thai)

Mattes, R. D. (2018). Snacking: a cause for concern. *Physiology & Behavior*, 193(Pt B) , 279- 283. doi:10.1016/j.physbeh.2018.02.010

Manager Online. (2023). *Snack*. Accessed January 10, 2023. Retrieved from <https://mgronline.com/business/detail/9660000003384> (in Thai)

Mulla, M. Z., Annature, U. S., Bharadwaj, V. R., & Singhal, R. S. (2016). A study on the kinetics of acrylamide formation in banana chips. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(1) , e12739. doi:10.1111/jfpp.12739

Musikachai, T. (2018). *Drying strategy of kluai leb mu nang and kluai khai with energy heat source : LPG* (Master’ s Thesis). Songkhla, Thailand: Songkhla: Prince of Songkla University. (in Thai)

Naksuwan, W. , Damrongwattana, J. , Dechochai, U. , & Khaenamkaew, D. (2020) . The promoting for processed products the honey-baked Leb Mue Nang bananas a case study Suan Jan Sri farmer house wife groups, village no.2, Ban Kauh Sub - District, Promkhiri District, Nakhon Si Thammarat Province, Thailand, *Journal of Social Science and Cultural*, 4(1) , 11-22. (in Thai)

Panekwong, J. , Suriwan. , A. , & Vatthanukul, S. (2014) . Development of cereal bar from germinated brown rice and germinated black sesame. *Proceedings of the 52th Kasetsart university annual conference: agro- industry* (pp. 178- 185) . Bangkok, Thailand: Kasetsart University. (in Thai)

Panyoyai, N., & Suwannalert, P. (2023) . Changes in relative humidity on crispness of dried sheet food produced by Thai community. *Burapha Science Journal*, 28(2), 1323-1340. (in Thai)

Parn, O. J., Bhat, R., Yeoh, T. K., & Al-Hassan, A. A. (2015). Development of novel fruit bars by utilizing date paste. *Food Bioscience*, 9(1) , 20- 27. doi:10.1016/j.fbio.2014.11.002

Piatan, S. , Potamoon, C. , & Wongchompoo, W. (2023) . Product development of FIG (*Ficus carica* L.) cereal

- bar. *UMT Poly Journal*, 20(2), 92-100. (in Thai)
- Pomchaloempong, P. (2024). *Water activity. Food network solution*. Accessed September 23, 2024. Retrieved from <https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0551/water-activity> (in Thai)
- Pothidee, T., Prayoonwong, T., Tubpho, P., Eiamsen, P., Bumrunphanichthaworn, M., & Ruangdee, S. (2021). Ready-to-eat savouries consumption behavior of sixth grade students in Muang District, Phitsanulok Province. *Thai Dental Public Health Journal*, 26, 62-76. (in Thai)
- Pratiwi, I. A., Kemsawasd, V., & Winuprasith, T. (2019). Storage stability of high fiber snack bar. *Global Health Management Journal*, 3(3) , 124- 137. doi:10.35898/ghmj-33585
- Rawat, N., & Darappa, I. (2014). Effect of ingredients on rheological, nutritional and quality characteristics of fibre and protein enriched baked energy bars. *Journal of Food Science and Technology*, 52(5) , 3006-3013. doi:10.1007/s13197-014-1367-x
- Rocha, A. M. C. N., & Morais, A. M. M. B. (2003). Shelf life of minimally processed apple (cv. Jonagored) determined by colour change. *Food Control*, 14(1), 13-20. doi: 10.1016/S0956-7135(02)00046-4
- Saowaphruek, Y. (2018). *Trends in 'food and beverages' for health*. Accessed December 1, 2024. Retrieved from <https://www.prachachat.net/columns/news-268743> (in Thai)
- Sharma, N., Bajwa, J. S., & Gautam, N. (2024). Evaluation of improved functional characteristics of Lactobacillus enriched fruit bar prepared from stone fruits of Mid Himalayan belt. *Natural Product Research*, 1-7. doi: 10.1080/14786419.2024.2344185
- Sun-Waterhouse, D., Teoh, A., Massarotto, C., Wibisono, R., & Wadhwa, S. (2010). Comparative analysis of fruit-based functional snack bars. *Food Chemistry*, 119(4), 1369-1379. doi:10.1016/j.foodchem.2009.09.016
- Tabtiang, S., Prachayawarakorn, S., & Soponronnarit, S. (2012). Effects of osmotic treatment and superheated steam puffing temperature on drying characteristics and texture properties of banana slices. *Drying Technology*, 30(1) , 20- 28. doi:10.1080/07373937.2011.613554
- 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:10.3390/foods10081908

Research article

Product development of snack bar from dried lady finger bananaUraporn Rueangwatcharin^{1*} Prawta Juntaro¹ and Jirachart Rueangwatcharin²¹*Food Innovation and Nutrition Program, Faculty of Science and Technology, Surattani Rajabhat University, Muang District, Surattani Province, Thailand 84100*²*Surattani Provincial Health Office Muang District, Surattani Province, Thailand 84000*

ARTICLE INFO**Article history**

Received: 5 September 2024

Revised: 18 October 2024

Accepted: 29 November 2024

Online published: 9 December 2024

Keyword*Snack bar**Dried Lady Finger banana**Nutritional value***ABSTRACT**

The objective of this research was to develop a snack product from dried Lady Finger bananas. The qualities and nutritional value were studied. The suitable formula for producing snacks from dried Lady Finger banana contains dried Lady Finger banana 35 %, puffed rice 23 %, peanut butter 20.50 %, pumpkin seeds 7 %, cashew nuts 7 %, honey 3.40 %, vanilla flavor 3 %, black sesame 0.50 %, white sesame 0.50 % and xanthan gum 0.10 %. The results showed that the amount of dried Lady Finger banana had a significant effect on the color and hardness ($p \leq 0.05$) of the product. The sensory qualities of appearance, flavor, taste, texture and overall liking of the product were evaluated using a 9-point hedonic scale with 50 panelists. The liking scores of all attributes were in moderate to very liking ratings (7 - 8 points). Enumeration of microorganisms during storage at 30°C for 8 weeks was studied by packing the product in a transparent plastic bag (OPP) and aluminum foil bag. The results showed that the growth of total plate count was not observed, yeast and mold < 25 CFU/g. The evaluation of nutritional value found that the snack product from dried Lady Finger banana was high in vitamin B1 (44 % Thai RDI) and high dietary fiber (36 % Thai RDI).

^{*}Corresponding author

E-mail address: uraporn09@gmail.com (U. Rueangwatcharin)

Online print: 9 December 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.2024.54>