

คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์โกโก้ต้นแบบที่ได้จากโครงการแก้ปัญหา ผลผลิตเกินด้วยสะเต็มศึกษาที่เน้นโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี

CHARACTERISTICS OF PROTOTYPE COCOA PRODUCTS FROM THE OVERPRODUCTION PROBLEM-SOLVING PROJECT THROUGH STEAM EDUCATION WITH A FOCUS ON THE BCG ECONOMIC MODEL

นันทวุฒิ นียมวงษ์¹ อารีรัตน์ อรุณชัย² ปริญญารัตน์ จินโต¹ ศิริวัฒนา ลาภหลาย¹
และ อาวีพร ปานทอง^{2*}

Nanthavut Niyomvong¹, Areerat Arunchai², Parinyarat Jinto¹, Siri wattana Labhlay¹,
and Aweeporn Parnthong^{2*}

¹สาขาชีววิทยาและเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

²สาขาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

¹Department of Biology and Biotechnology, Faculty of Science and Technology, Nakhon Sawan Rajabhat University

²Department of Mathematics, Faculty of Science and Technology, Nakhon Sawan Rajabhat University

*corresponding author e-mail: aweeporn.p@nsru.ac.th

(Received: 12 November 2023; Revised: 5 February 2024; Accepted: 19 February 2024)

บทคัดย่อ

งานวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาลักษณะทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ
ในผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่ได้จากการถ่ายทอดเทคโนโลยีผ่านโครงการ “การแก้ปัญหาผลผลิตเกิน
ด้วยสะเต็มศึกษาที่เน้นโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี” ที่มุ่งถ่ายทอดเทคโนโลยีการแปรรูปโกโก้สด
สู่อาหารจากโกโก้ชนิดต่างๆ สู่ชุมชนการเรียนรู้กลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกโกโก้หนามเข้ อำเภอบ้านไร่
จังหวัดอุทัยธานี หลังเสร็จสิ้นโครงการนำผลิตภัณฑ์ต้นแบบจากโครงการ จำนวน 2 ชนิด ได้แก่
คราฟต์โกโก้พร้อมชงและช็อกโกแลตแท่งมาตรวจวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ ได้แก่ แบคทีเรียทั้งหมด
ยีสต์และรา และตรวจหา *Bacillus cereus* ในผลิตภัณฑ์ ตรวจวัดคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่
ขนาดอนุภาคและลักษณะพื้นผิวของผลิตภัณฑ์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด
(Scanning electron microscope, SEM) รวมทั้งคุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง (pH)
ความชื้น (Moisture content) ค่าของกรด (Acid value) และกรดไขมันอิสระ (Free fatty acid) พบว่า
ผิวช็อกโกแลตมีคุณภาพดีจากการแปรรูปที่ควบคุมอุณหภูมิที่เหมาะสม (Well-tempered) ทั้งสอง
ผลิตภัณฑ์ พบว่า ค่าความชื้นเท่ากับร้อยละ 2.82 และ 2.34 ค่า pH เท่ากับ 5.95 และ 5.76 ตามลำดับ
ร้อยละของกรดไขมันอิสระ (Free fatty acid) ในรูปของร้อยละกรดปาล์มมิติก (Palmitic acid) ใน

คราฟต์โกโก้พร้อมชงและช็อกโกแลตแท่ง มีค่าเท่ากับร้อยละ 1.54 และ 1.31 การตรวจสอบทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ ในรายการที่สำคัญต่ออาหารประเภทช็อกโกแลต พบว่า อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยทางอาหารตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข จากคุณสมบัติและมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่ได้ข้างต้น งานวิจัยครั้งนี้สามารถแสดงถึงศักยภาพของผลผลิตในพื้นที่และแนวทางการแปรรูปผลโกโก้สดสู่ต้นแบบผลิตภัณฑ์เพิ่มมูลค่าและเป็นอาหารปลอดภัยที่พร้อมสำหรับการผลิตในชุมชนเกษตรกรรมในพื้นที่ได้

คำสำคัญ: คราฟต์โกโก้ ช็อกโกแลตแท่ง สะเต็มศึกษา โมเดลเศรษฐกิจบีซีจี

Abstract

This research aims to study the physical, chemical, and biological characteristics of prototype products derived from technology transfer through the "Overproduction Problem–Solving Project through STEAM Education with a Focus on the BCG Economic Model" project. The project focuses on transferring technology for processing fresh cocoa into various cocoa-based foods for communities of farmers in the learning group in the Ban Rai district, Uthai Thani province. After completing the project, two prototype products, namely craft cocoa and chocolate bars, underwent microbiological analysis to determine the total bacteria, yeast and mold and the presence of *Bacillus cereus* in the samples. Additionally, physical properties such as particle size and surface characteristics of the products were examined under a Scanning Electron Microscope (SEM). Chemical properties, including pH, moisture content, acid value, and free fatty acid, were also analyzed. Craft cocoa and chocolate bars exhibited good quality due to controlled processing temperatures (well-tempered), with moisture content values of 2.82% and 2.34%, and pH values of 5.95 and 5.76, respectively. The percentage of free fatty acid (palmitic acid) in craft cocoa and chocolate bars was found to be 1.54% and 1.31%. Microbiological examination of the products, particularly chocolate, met the safety standards set by the Ministry of Public Health. The results demonstrate the potential of these value-added and safe food products for production in agricultural communities in the area.

Keywords: Craft cocoa, Chocolate bars, STEAM education, BCG Economic Model

บทนำ

โกโก้ เป็นทรัพยากรธรรมชาติประเภทพันธุ์ไม้ที่เป็นอาหารที่มีมูลค่าและปริมาณการผลิตที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ทุกปี ปริมาณที่คาดการณ์ของเมล็ดโกโก้ที่ผลิตในปี 2022 และ 2023 ในทั่วโลก รายงานว่ามีจำนวนมากกว่า 5.0 ล้านตัน (International Cocoa Organization, 2023) โกโก้ นั้นสามารถยกระดับมูลค่าทางการตลาดได้เป็นอย่างดี เนื่องจากผลิตภัณฑ์โกโก้ นั้นเป็นที่นิยมในทุกเพศทุกวัย สามารถเพิ่มมูลค่าการเปลี่ยนแปลงราคาของผลผลิตจากวัตถุดิบราคาต่ำ ไปสู่ผลิตภัณฑ์เพิ่มมูลค่าได้ ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจในระดับสูง โดยเฉพาะผู้ประกอบการหรือเจ้าของการผลิตขนาดเล็กที่สามารถผลิตได้ไม่ยากด้วยเทคโนโลยีระดับปานกลาง อีกทั้งในระหว่างกระบวนการผลิตเมล็ดโกโก้จากผลสด มีโอกาสสร้างผลิตภัณฑ์โกโก้ที่หลากหลายตามความต้องการของตลาด ซึ่งช่วยเสริมสร้างการเกษตรของโกโก้ที่ยั่งยืนมากขึ้น (Vásquez et al., 2019) เมล็ดโกโก้เป็นส่วนประกอบหลักในการผลิตช็อกโกแลต โดยทุกผลิตภัณฑ์ต้องมาจากโกโก้ทั้งสิ้น เริ่มจากการหมักเมล็ดโกโก้จากนั้นนำไปสู่การอบแห้ง หรือการตากเมล็ดโกโก้ เมื่อแห้งแล้วจะเข้าสู่การบดเมล็ดโกโก้ และผสมส่วนประกอบทั้งหมดเข้าด้วยกัน ได้แก่ โกโก้แมส (Cocoa mass) น้ำตาล เนยโกโก้ (Cocoa butter) สารทำให้ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน สารแต่งกลิ่นรส และส่วนประกอบของนม การนวดบด (Conching) และกระบวนการสุดท้าย คือ การเทมเปอร์ริงช็อกโกแลต (Tempering chocolate) เป็นการควบคุมอุณหภูมิในการเย็นตัวของช็อกโกแลต เพื่อให้ได้เนื้อสัมผัสและคุณลักษณะของช็อกโกแลตที่ดี โดยทั่วไปจะละลายช็อกโกแลตที่อุณหภูมิระหว่าง 46–50 องศาเซลเซียส จากนั้นลดอุณหภูมิของช็อกโกแลตลงมาที่ 27 องศาเซลเซียส จากนั้นค่อยดึงอุณหภูมิขึ้นมาที่ 31–32 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่พร้อมใช้งาน กระบวนการทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้นจะได้ผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่าช็อกโกแลตขึ้น ซึ่งเป็นอาหารที่มีผู้บริโภคทั่วโลก และมีมูลค่าทางการตลาดที่สูงในแต่ละปี (Gutiérrez, 2017)

ข้อมูลจากงานประชุม The National Focal Point for the ASEAN COCOA CLUB (ACC) on ASEAN Cooperation and Joint Approaches in Agriculture and Forest Products Promotion Scheme (2019) ที่ประเทศมาเลเซีย พบว่า ในปี พ.ศ.2561 จนถึง 2562 นั้น ประเทศในกลุ่มอาเซียน มีกำลังการผลิตโกโก้ได้มากถึงอันดับ 4 ของโลก หรือคิดเป็น 5% ของผลผลิตโกโก้ของโลก มีส่วนให้โรงงานแปรรูปโกโก้ผงของกลุ่มประเทศอาเซียนขยายตัว 17.9% ของผลผลิตโลก (การเกษตรต่างประเทศ, 2566)

เมื่อพิจารณาถึงสภาพทั่วไปของการผลิตในประเทศไทย พบว่า สถานการณ์การผลิตในประเทศไทย ในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา มีพื้นที่เพาะปลูกเพิ่มขึ้นร้อยละ 56.22 ต่อปี เพิ่มจาก 320 ไร่ ในปี 2558 เป็น 1,431 ไร่ ในปี 2562 อย่างไรก็ตามพบว่าเนื้อที่เก็บเกี่ยวลดลงจาก 264 ไร่ ในปี 2558 เหลือ 89 ไร่ ในปี 2562 หรือลดลงร้อยละ 19.54 เนื่องจากเทคโนโลยีการเพาะปลูก

ยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ แต่หลังจากปี 2558 มีรายงานว่ เกษตรกรตัดโค่นต้นโกโก้เพื่อปลูกพืชเศรษฐกิจอื่นที่ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจดีกว่า เนื่องด้วยขณะนั้นโกโก้ไม่มีตลาดที่ชัดเจน และช่วงปี 2561 จนถึง 2562 มีเกษตรกรปลูกโกโก้ชุดใหม่เพิ่มขึ้นในภูมิภาคอื่น นอกเหนือจากพื้นที่ภาคใต้ โดยแหล่งปลูกโกโก้ส่วนใหญ่อยู่ในภาคเหนือ คิดเป็นร้อยละ 43 ของพื้นที่เพาะปลูกทั่วประเทศ โดยมีจังหวัดที่ปลูกมาก ได้แก่ เชียงราย พะเยา พิจิตร เชียงใหม่ ตาก ส่วนภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีสัดส่วนพื้นที่เพาะปลูกคิดเป็นร้อยละ 21 ได้แก่ อุตรดิตถ์ หนองคาย ขอนแก่น นครราชสีมา ภาคตะวันออกร้อยละ 15 ส่วนใหญ่ปลูกที่จันทบุรี ตราด ภาคใต้ ร้อยละ 12 ปลูกที่สุราษฎร์ธานี สงขลา นครศรีธรรมราช และภาคกลาง ร้อยละ 6 ปลูกที่ประจวบคีรีขันธ์ สุโขทัย สิงห์บุรี ลพบุรี เป็นต้น ดังนั้นจากการปลูกในชุดที่ 2 ระหว่างช่วงปี 2561 จนถึง 2562 จะส่งผลให้ผลผลิตเมล็ดโกโก้ ในปีปัจจุบัน (2567) มีแนวโน้มของปริมาณผลผลิตที่สูงมากขึ้น (กรมวิชาการเกษตร, 2566)

จากลงพื้นที่สำรวจความต้องการจำเป็นในพื้นที่เกษตรกรรม อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี ในปี 2566 พบว่า เกษตรกรในพื้นที่ดังกล่าวมีความต้องการแปรรูปผลผลิตโกโก้ของกลุ่มตนเองเพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ของตนเองที่สามารถเก็บได้นานและส่งขายไปยังพื้นที่ใกล้เคียงได้ ซึ่งจากการสำรวจปริมาณการผลิต พบว่า กลุ่มสามารถผลิตโกโก้สุกจากต้นในปริมาณรวมมากกว่า 5 ตัน ต่อการเก็บเกี่ยว 1 ครั้ง สามารถเก็บเกี่ยวได้มากถึง 2 รอบต่อปี ทำให้มีปริมาณล้นเกินจากการส่งขาย ทางกลุ่มจะรวมผลผลิตสดเพื่อแปรรูปเป็นเมล็ดแห้งโดยการหมักตามธรรมชาติและตากแห้งในโดมพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อแปรรูปเป็นโกโก้ดิบแห้ง ส่งโรงงานแปรรูปในพื้นที่จังหวัดใกล้เคียง อย่างไรก็ตามยังพบว่าปริมาณโกโก้ยังเหลือจากการรับซื้อในแต่ละรอบมากกว่า 10 กิโลกรัมต่อการตากในแต่ละครั้ง ถือว่ามีปริมาณมากพอที่จะนำมาแปรรูปให้เกิดประโยชน์หรือเพิ่มรายได้แก่เกษตรกรในพื้นที่ โดยโกโก้แห้งสามารถสร้างผลิตภัณฑ์ที่ค่อนข้างหลากหลายและเป็นที่ยอมรับในหมู่ผู้บริโภค เช่น แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตชนิดต่างๆ ซึ่งเป็นการใช้ประโยชน์จากฐานทรัพยากรชีวภาพให้เกิดประโยชน์สูงสุด ทางคณะผู้วิจัยจึงสร้างโครงการ “การแก้ปัญหาผลผลิตเกินด้วยสะเต็มศึกษาที่เน้นโมเดลเศรษฐกิจบีบีซี” ที่มีโปรแกรมการถ่ายทอดเทคโนโลยีสำหรับเพิ่มพูนทักษะการแปรรูปของเกษตรกรในพื้นที่ดังกล่าว อันจะทำให้เกิดการใช้ทรัพยากรฐานชีวภาพในพื้นที่ให้เกิดประโยชน์และสร้างมูลค่าสูงสุด ซึ่งโปรแกรดังกล่าวเกิดผลลัพธ์เป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบจากการแปรรูปผลสด ซึ่งมีศักยภาพสำหรับจำหน่าย คณะผู้วิจัยจึงนำผลิตภัณฑ์มาตรวจสอบคุณภาพในด้านต่างๆ ด้วยเครื่องมือตรวจวัดขั้นสูง

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์โกโก้ต้นแบบที่ได้จากโครงการแก้ปัญหาผลผลิตเกินด้วยสะเต็มศึกษาที่เน้นโมเดลเศรษฐกิจบีบีซี โดยมีวัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ในผลิตภัณฑ์ต้นแบบ จำนวน 2 ชนิด ได้แก่ คราฟต์โกโก้พร้อมชง และช็อกโกแลตแท่ง เพื่อตรวจสอบคุณภาพในแต่ละด้านของผลิตภัณฑ์ที่ได้ และเพื่อทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่ได้ทั้ง 2 ผลิตภัณฑ์ เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการผลิตอาหารกลุ่มช็อกโกแลตโดยอาศัยกระบวนการวิจัยและพัฒนาและเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง เพื่อยกระดับการใช้ประโยชน์จากผลผลิตทางการเกษตรในพื้นที่สู่การเป็นผู้แปรรูปด้วยตนเองของเกษตรกรและสมาชิกในชุมชน โดยลดการพึ่งพาผู้ประกอบการระดับอุตสาหกรรม ทำให้สามารถเพิ่มมูลค่าของผลผลิตที่เก็บเกี่ยวในแต่ละรอบ เกิดการสร้างงานใหม่ในพื้นที่ สามารถสร้างรายได้เพิ่มขึ้นจากการสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมผลิตภัณฑ์

1.1 การหมักและตากผลโกโก้สด

นำผลโกโก้สดหลังเก็บเกี่ยวมาปอกเปลือก นำเมล็ดโกโก้สดพร้อมเนื้อผล หมักในถุงพลาสติก รัดปากถุงให้แน่นเพื่อจำกัดปริมาณอากาศภายในถุงให้เกิดกระบวนการหมักตามธรรมชาติในสภาพไร้อากาศ (Anaerobic fermentation) เป็นเวลา 7 วัน นำโกโก้มาตากในโดมพลังงานแสงอาทิตย์เป็นเวลา 5 วัน จนกระทั่งโกโก้แห้ง เหลือเพียงเมล็ดที่เปลือกแข็งสีน้ำตาลเข้ม ใส่ถุงกระสอบเพื่อตั้งความชื้นออกเป็นเวลา 2 วัน ก่อนนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

1.2 การผลิตช็อกโกแลตแท่ง และคราฟต์โกโก้พร้อมชง

นำเมล็ดโกโก้ที่ตากแห้งสนิท มากะเทาะเปลือกออกและบดให้ละเอียดด้วยมือ นำไปคั่วไฟอ่อนโดยควบคุมอุณหภูมิให้ไม่เกิน 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จนได้โกโก้ nibs (Nibs) นำ nibs ที่ได้ไปบดด้วยเครื่องบดเปียก (Wet grinder machine) ยี่ห้อ Premier รุ่น PG501 (220–240V ac 50/60 Hz) โดยบดครั้งละ 1.5 กิโลกรัม เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จนโกโก้ nibs เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลหนืด เรียกว่า Cocoa paste นำไปใส่กล่องพลาสติก แช่เย็นที่อุณหภูมิ -4 องศาเซลเซียส จนแข็งเป็นก้อนเพื่อเก็บไว้ใช้ในขั้นตอนต่อไป

1) การผลิตช็อกโกแลตแท่ง นำก้อน Cocoa paste ที่แช่เย็นไว้ มาละลายในหม้อสแตนเลสด้วยไฟอ่อน อุณหภูมิอยู่ในช่วง 55–60 องศาเซลเซียส ค่อยๆ ใส่ น้ำตาลป่นลงไป ในสัดส่วน โกโก้ปริมาณ 65 กรัม น้ำตาล 15 กรัม และนมสดพาสเจอร์ไรส์ไม่ปรุงแต่งกลิ่นรส จำนวน 20 มิลลิลิตร ค่อยๆ ใส่ตามลงไปเล็กน้อย แล้วบ่มทิ้งไว้เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เมื่อส่วนผสมเข้ากันเป็นเนื้อละเอียด ตรวจสอบด้วยการใช้นิ้วบีบจะเป็นเม็ดผงละเอียด จึงนำใส่พิมพ์

แล้วแช่เย็นที่ 4 องศาเซลเซียส ประมาณ 30 นาทีเพื่อให้ขึ้นรูปเป็นช็อกโกแลตแท่ง เพื่อนำไปตรวจวิเคราะห์ต่อไป

2) การผลิตคราฟต์โกโก้พร้อมชง

นำ Cocoa paste ที่ผ่านการแช่เย็นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง มาละลายที่อุณหภูมิช่วง 55–60 องศาเซลเซียส ใส่น้ำตาลไซรัปสำเร็จรูปจำนวน 30 มิลลิลิตร Cocoa paste จำนวน 70 มิลลิลิตร ในภาชนะผสม หลังจากในส่วนผสมละลาย ใช้ไม้พายกวนผสมเบาๆ ให้เข้ากันโดยไม่ให้เกิดฟองอากาศ เทลงใส่แม่พิมพ์คราฟต์โกโก้ที่มีรูปทรงเป็นก้อน รอจนโกโก้เย็นลงจนขึ้นรูปหรือแช่เย็นที่ 4 องศาเซลเซียส ประมาณ 30 นาที เพื่อให้ขึ้นรูปเป็นคราฟต์โกโก้พร้อมชง เพื่อนำไปตรวจวิเคราะห์ต่อไป ซึ่งผลิตภัณฑ์ในขั้นนี้คือคราฟต์โกโก้พร้อมชงที่สามารถนำไปละลายใส่น้ำร้อน นมหรือเครื่องดื่มอื่นๆ เพื่อให้มีรสโกโก้ตามต้องการได้

2. การศึกษาทางกายภาพ

ตรวจวิเคราะห์ขนาดอนุภาคและลักษณะพื้นผิวและความละเอียดของเนื้อโกโก้ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope) ยี่ห้อ COXEM รุ่น EM-30N โดยเตรียมตัวอย่าง ขนาด 2X2 เซนติเมตร วางลงบน Tray ของอุปกรณ์ถ่ายภาพของกล้อง ใช้แรงดันไฟฟ้า 15 กิโลวัตต์ ในตัวอย่างคราฟต์โกโก้พร้อมชงใช้กำลังขยาย 300 500 และ 1000 เท่า ส่วนในตัวอย่างช็อกโกแลตแท่งใช้กำลังขยาย 1000 และ 2000 เท่า บันทึกภาพเป็นไฟล์ดิจิทัลเพื่อวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพต่อไป

3. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี

3.1 ตรวจวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของผลิตภัณฑ์โกโก้ด้วยเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น Seven Compact S220 ทำการสกัดผลิตภัณฑ์ตัวอย่างทดสอบโดยใช้น้ำบริสุทธิ์ ใช้ส่วนแขวนลอยทดสอบหาปริมาณค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่อง pH meter และรายงานค่าความเป็นกรด-ด่างในหน่วย pH Unit ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

3.2 ตรวจวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น (Moisture content) ร้อยละโดยน้ำหนัก (AOAC, 2000)

1) อบถัวยอะลูมิเนียมเปล่าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำออกมาเก็บในโถดูดความชื้นทันที ทิ้งไว้ให้เย็น (ประมาณ 30 นาที) ชั่งน้ำหนัก (W_1)

2) ชั่งตัวอย่างประมาณ 3 กรัม (W_2) ใส่ลงในถัวยอะลูมิเนียมที่เตรียมไว้ นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง นำออกมาใส่ในโถดูดความชื้น ทิ้งไว้ให้เย็น (ประมาณ 30 นาที) ชั่งน้ำหนักหลังอบ แล้วนำไปอบซ้ำครั้งละ 30 นาที จนได้น้ำหนักคงที่ ชั่งและบันทึกน้ำหนัก (W_3) นำผลที่ได้มาคำนวณหาปริมาณความชื้น ดังสมการที่ 1

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละของน้ำหนัก)} = \left(\frac{W - W_3}{W_2} \right) \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ W = น้ำหนักถ้วยอะลูมิเนียมพร้อมตัวอย่างก่อนอบ (g) = $W_1 + W_2$

W_1 = น้ำหนักถ้วยอะลูมิเนียมเปล่า (g)

W_2 = น้ำหนักของตัวอย่าง (g)

W_3 = น้ำหนักถ้วยพร้อมตัวอย่างหลังอบ (g)

รายงานปริมาณความชื้นในหน่วย ร้อยละของน้ำหนักหรือกรัมต่อ 100 กรัม (g/100g) ทศนิยม 2 ตำแหน่ง

3.3 ตรวจวิเคราะห์ค่าของกรด (Acid Value) (AOAC, 2000)

ชั่งตัวอย่าง 5 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ เติมน้ำเอทานอลปริมาณ 100 มิลลิลิตร ทำให้อุ่นเพื่อให้กรดไขมันละลายโดยสมบูรณ์ เติมนินดิเคเตอร์ 1% (in 95% alcohol) สารละลายฟีนอล์ฟทาลีน 0.5 มิลลิลิตร และทำการไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (0.01 N NaOH) ที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอน (N) จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูคงที่ จดบันทึกปริมาตรสารละลาย NaOH ที่ใช้ไป เพื่อนำไปคำนวณหาค่าของกรด (Acid Value) ดังสมการที่ 2

$$\text{Acid Value} = \frac{\text{ml. of alkali} \times N \times 56.10}{\text{น้ำหนัkdตัวอย่าง (g)}}$$

(mg KOH per g of sample)

เมื่อ N = ความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (alkali) หน่วยนอร์มัล

น้ำหนักโมเลกุลของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium hydroxide) เท่ากับ 56.10 รายงานปริมาณค่าของกรดในรูป mg KOH per g of sample ทศนิยม 2 ตำแหน่ง

3.4 ตรวจวิเคราะห์กรดไขมันอิสระ (Free Fatty acid) (AOAC, 2000)

ชั่งตัวอย่าง 5 กรัม ในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร เติมน้ำเอทานอลที่เป็นกลางปริมาณ 50 มิลลิลิตร พร้อมทั้งเขย่าให้ตัวอย่างละลาย เติมนินดิเคเตอร์ 1% สารละลายฟีนอล์ฟทาลีน 2 มิลลิลิตร และทำการไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (0.01 N NaOH) ที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอน (N) จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูคงที่เป็นเวลา 30 วินาที จดบันทึกปริมาตรสารละลาย NaOH ที่ใช้ไป เพื่อนำไปคำนวณปริมาณกรดไขมันอิสระ (Free Fatty acid) ดังสมการที่ 3

$$\text{Free Fatty acid (as palmitic), \%} = \frac{\text{ml. of alkali} \times N \times 25.6}{\text{น้ำหนัkdตัวอย่าง (g)}}$$

เมื่อ N = ความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (นอร์มัล)

รายงานปริมาณกรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid) ในรูปของร้อยละกรดปาล์มมิก (% as Palmitic acid) ทศนิยม 2 ตำแหน่ง

4. การตรวจสอบทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์

4.1 การสุ่มตัวอย่าง (Sampling) และการเตรียมตัวอย่าง

ตัดตัวอย่างผลิตภัณฑ์โกโก้จากหลายๆ ตำแหน่ง ให้เป็นชิ้นเล็กๆ ผสมให้เข้ากัน สุ่มตัวอย่าง จำนวน 25 กรัมต่อ 1 ตัวอย่าง ใส่ในภาชนะปราศจากเชื้อเพื่อดำเนินการขั้นต่อไป การเตรียมตัวอย่าง (Preparation of test sample) เจือจางตัวอย่างตามลำดับๆ ละ 10 เท่า (Serial ten-fold dilutions) ด้วยสารละลายสำหรับเจือจาง เทสสารละลายสำหรับเจือจาง 255 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่องตีผสมอาหาร 1-2 นาที ปิเปตตัวอย่างที่เจือจาง 1 : 10 มา 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่มีสารละลายสำหรับเจือจางปริมาตร 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน จะได้ตัวอย่างเจือจาง 1 : 100 ทำเช่นนี้ต่อไปจนได้ตัวอย่างที่เจือจาง 1 : 1000

4.2 การตรวจปริมาณ (Enumeration) ตรวจวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์

1) แบคทีเรียทั้งหมดในอาหารโดยวิธี Pour plate

ปิเปตตัวอย่างเริ่มต้นหรือตัวอย่างที่ระดับความเจือจาง 1 : 10 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเชื้อระดับความเจือจางละ 2 จานเพาะเชื้อ (Duplicate) เทอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate count agar (PCA) ปริมาตร 12-15 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเชื้อ ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ให้ อาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง แล้วพลิกจานเพาะเชื้ออีกด้านหนึ่งขึ้น (Invert plates) บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ± 2 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีที่อยู่ในช่วง 25-250 โคโลนี ในจานเพาะเชื้อของ 2 ระดับ การเจือจางที่ติดกัน การคำนวณ นับจานเพาะเชื้อที่มี 25-250 โคโลนี โดยใช้เครื่องนับโคโลนี แล้วนำผลมาคำนวณ ดังสมการที่ 4 (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2557)

$$N = \sum C / [(1 \times n_1) + (0.1 \times n_2)] \times (d) \quad (4)$$

เมื่อ N = จำนวนโคโลนีต่อกรัม หรือต่อมิลลิลิตรของตัวอย่าง

$\sum C$ = ผลรวมของจำนวนโคโลนีทั้งหมดที่นับได้จากทุกจานเพาะเชื้อ

n_1 = จำนวนจานเพาะเชื้อที่นำมานับโคโลนีที่ระดับการเจือจางแรก

n_2 = จำนวนจานเพาะเชื้อที่นำมานับโคโลนีที่ระดับการเจือจางถัดไป

d = ระดับการเจือจางแรกของการนับจำนวนโคโลนี

รายงานผลในรูปแบบจำนวนจุลินทรีย์หรือแบคทีเรียทั้งหมด CFU/น้ำหนักตัวอย่าง

2) ตรวจวิเคราะห์จำนวนยีสต์และราในอาหารโดยวิธี Pour plate

ปิเปตตัวอย่างเริ่มต้นหรือตัวอย่างที่ระดับความเจือจาง 1 : 10 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเชื้อระดับความเจือจางละ 3 จานเพาะเชื้อ (Triplicate) เท PCA ผสม Chloramphenicol ปริมาตร 20-25 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเชื้อ ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง บ่มที่

25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน โดยไม่ต้องคว่ำจานเพาะเชื้อ และวางซ้อนกันไม่เกิน 3 จาน เมื่อครบ 5 วัน ถ้ายังไม่มี การเจริญเติบโตของเชื้อให้บ่มต่ออีก 48 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีที่อยู่ในช่วง 10–150 โคโลนีในจานเพาะเชื้อของ 2 ระดับการเจือจางที่ติดกัน การตรวจโดยใช้ตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร (วิธี Pour plate) ให้คำนวณโดยใช้จำนวนยีสต์หรือรา CFU/กรัม = ค่าเฉลี่ยโคโลนีที่นับได้ $\times$ ระดับความเจือจางต่ำสุด รายงานผลในรูปแบบ จำนวนยีสต์และรา CFU/น้ำหนักของตัวอย่าง

3) ตรวจวิเคราะห์ *Bacillus cereus* ในอาหาร

เชื้อโคโลนีที่มีลักษณะเฉพาะจาก MYP agar โดยเลือกโคโลนีสีชมพูมี Zone ชุ่ม อย่างน้อย 5 โคโลนี ลงบน NA slant ถ้าปฏิกิริยาหรือโคโลนีลักษณะเฉพาะไม่ชัดเจน บ่มเพิ่ม 24 ชั่วโมง บ่มที่ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำไปตรวจยืนยันทางสัณฐานด้วยการเชื้อจาก NA slant มาย่อมสีแกรม ตรวจสอบลักษณะพื้นฐานของกลุ่ม *Bacillus cereus* ที่ปรากฏ (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2557)

5. การทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่ได้ทั้ง 2 ผลิตภัณฑ์

ให้อาสาสมัครที่มีสุขภาพแข็งแรงและบริโภคโกโก้เป็นประจำ จำนวน 52 คน ชิมคราฟต์ โกโก้พร้อมชงและช็อกโกแลตแท่ง หลังจากนั้นประเมินโดยการวิเคราะห์แบบแผนการทดลองสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก (Randomized Completely Block Design; RCBD) โดยสถิติ Analysis of Variance; ANOVA ทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ด้วยวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณแบบ LSD หรือ Fisher's Least – Significant Different แบบประเมินที่ใช้ในการสอบถามผู้บริโภคเป็นแบบมาตราประมาณค่า ให้คะแนน 9 ระดับ โดยมีเกณฑ์การประเมินความชอบผลิตภัณฑ์ ระดับคะแนนดังนี้

คะแนน 7.44 – 9.04	หมายถึง ดีมาก
คะแนน 5.83 – 7.43	หมายถึง ดี
คะแนน 4.22 – 5.82	หมายถึง ปานกลาง
คะแนน 2.61 – 4.21	หมายถึง พอใช้
คะแนน 1.00 – 2.60	หมายถึง ควรปรับปรุง

ผลการวิจัย

1. ผลการเตรียมผลิตภัณฑ์

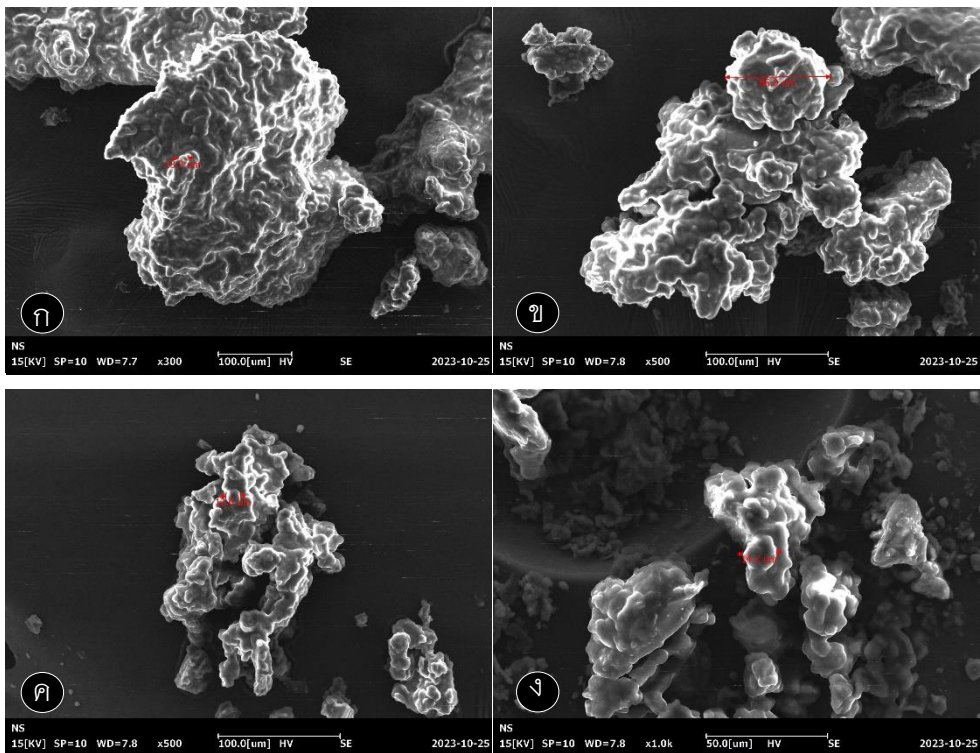
ผลโกโก้สุกหลังผ่านกระบวนการหมักและผ่านการตากในโดมพลังงานแสงอาทิตย์ ตามระยะเวลาข้างต้น พบว่าเมล็ดโกโก้มีความแห้ง เนื้อเมล็ดแข็ง มีสีน้ำตาลเข้ม

หลังผ่านกระบวนการแปรรูป พบว่า Cocoa paste ที่ได้มีความหนืด เนื้อค่อนข้างละเอียด หลังผ่านการแช่เย็นที่อุณหภูมิ -4 องศาเซลเซียส พบว่าเนื้อโกโก้แข็งเป็นก้อน สีดำเข้ม

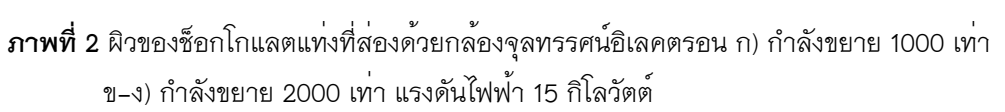
ในส่วนของช็อกโกแลตแท่งที่ได้จาก Cocoa paste ที่เตรียมข้างต้น พบว่าสามารถขึ้นรูปเป็นช็อกโกแลตแท่งที่มีความเปราะเมื่อหักออก และมีความเงาที่ผิว การผลิตคราฟต์โกโก้พร้อมชง มีรูปทรงเป็นก้อน แข็ง มีความแน่น สีเข้ม มีกลิ่นที่พึงประสงค์สำหรับโกโก้

2. ผลการศึกษาทางกายภาพของตัวอย่างคราฟต์โกโก้พร้อมชงและช็อกโกแลตแท่ง

ผลการศึกษาทางกายภาพของตัวอย่างคราฟต์โกโก้พร้อมชงและช็อกโกแลตแท่งจากการตรวจวิเคราะห์ขนาดอนุภาคและลักษณะพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด จากการศึกษา พบว่าลักษณะพื้นผิวภายนอกค่อนข้างเรียบ มีส่วนที่จับตัวเป็นก้อนขนาดเล็กมีความกว้างประมาณ 10-20 ไมโครเมตร ดังภาพที่ 1-2



ภาพที่ 1 ผิวของคราฟต์โกโก้พร้อมชงที่ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน ก) กำลังขยาย 300 เท่า ข-ค) กำลังขยาย 500 และ ง) กำลังขยาย 1000 เท่า ใช้แรงดันไฟฟ้า 15 กิโลวัตต์



ผลการศึกษางดประกอบทางเคมี พบว่าผลผลิตภัณฑ์กราฟต์โกโก้พร้อมชงและลดแท่ง มีค่าความชื้นเท่ากับ 2.82 และ 2.34 ตามลำดับ มีค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ที่เท่ากับ 5.95 และ 5.76 มีค่ากรดไขมันอิสระ (Free fatty acid) ที่ร้อยละ 1.54 และ 1.31 ของกรด (Acid value) ที่ 3.40 และ 2.86 ตามลำดับ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีบางประเภท ของผลิตภัณฑ์โกโก้ชนิดต่างๆ

พารามิเตอร์ทดสอบ	คราฟต์โกโก้ พร้อมชง	ช็อกโกแลตแท่ง
ความชื้น (Moisture content) ร้อยละโดยน้ำหนัก	2.82±0.004	2.34±0.016
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่ 25°C	5.95	5.76
กรดไขมันอิสระ (Free fatty acid)	1.54±0.024	1.31±0.002
ค่าของกรด (Acid value) mg KOH per g of sample	3.40±0.041	2.86±0.001

หมายเหตุ Mean ± standard deviation from duplication

3. ผลการตรวจสอบทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์

ผลการตรวจสอบทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด จำนวนยีสต์และเชื้อรา และจำนวนของ *B. cereus* ในผลิตภัณฑ์โกโก้ชนิดต่างๆ จากการศึกษพบว่า มีเพียงคราฟต์โกโก้พร้อมชงที่พบแบคทีเรียในผลิตภัณฑ์ที่มีความเข้มข้น 10^{-1} โดยมีจำนวนน้อยกว่า 250 CFU ต่อกรัม

จำนวนยีสต์และรา ในผลิตภัณฑ์โกโก้ชนิดต่างๆ ที่อุณหภูมิห้อง เวลา 5 วัน พบว่า ช็อกโกแลตแท่งและคราฟต์โกโก้พร้อมชง มีค่าเฉลี่ยของจำนวนยีสต์และราเท่ากับ 66 และ 200 CFU ต่อกรัม ตามลำดับ เมื่อทิ้งไว้เป็นเวลา 7 วัน พบว่า มีจำนวนเพิ่มขึ้นเป็น 200 และ 776 CFU ต่อกรัม ตามลำดับ

จำนวนของ *B. cereus* ในผลิตภัณฑ์โกโก้ชนิดต่างๆ ที่เก็บในอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 24 ชั่วโมง พบว่า มีเพียงช็อกโกแลตแท่งที่มีความเข้มข้น 10^{-1} ที่พบ *B. cereus* โดยมีจำนวนน้อยกว่า 100 CFU ต่อกรัม ดังตารางที่ 2-4

ตารางที่ 2 จำนวนแบคทีเรียทั้งหมดในผลิตภัณฑ์โกโก้ชนิดต่างๆ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เวลา 3 วัน

ความเข้มข้น	ช็อกโกแลตแท่ง (CFU/g.)	คราฟต์โกโก้พร้อมชง (CFU/g.)
10^{-1}	ไม่พบ	น้อยกว่า 250
10^{-2}	ไม่พบ	ไม่พบ
10^{-3}	ไม่พบ	ไม่พบ

ตารางที่ 3 จำนวนยีสต์และเชื้อรา ในผลิตภัณฑ์โกโก้ชนิดต่างๆ ที่อุณหภูมิห้อง เวลา 5 และ 7 วัน

ผลิตภัณฑ์	ค่าเฉลี่ยของจำนวนยีสต์และเชื้อรา (CFU/g.)	
	ผลิตภัณฑ์อายุ 5 วัน	ผลิตภัณฑ์อายุ 7 วัน
ช็อกโกแลตแท่ง	66	300
คราฟต์โกโก้พร้อมชง	200	776

ตารางที่ 4 จำนวนของ *B. cereus* ในผลิตภัณฑ์โกโก้ชนิดต่างๆ ที่เก็บในอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 24 ชั่วโมง

ความเข้มข้น	ช็อกโกแลตแท่ง (CFU/g.)	คราฟต์โกโก้พร้อมชง (CFU/g.)
10^{-1}	น้อยกว่า 100	ไม่พบ
10^{-2}	ไม่พบ	ไม่พบ
10^{-3}	ไม่พบ	ไม่พบ

4. การทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบช็อกโกแลตแท่งและคราฟต์โกโก้พร้อมชง จากการศึกษา พบว่าผลการประเมินความชอบในผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตแท่งโดยภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.60 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.09 โดยผลการประเมินคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏของช็อกโกแลตแท่งมีผลการประเมินในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 8.04 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.91 รองลงมา คือ คุณลักษณะด้านสี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.67 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.90 คุณลักษณะด้านกลิ่น มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.67 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.90 คุณลักษณะด้านรสชาติ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.56 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.06 ลักษณะเนื้อสัมผัส มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.40 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.99 ตามลำดับ และผลการประเมินคุณลักษณะด้านบรรจุภัณฑ์ มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด เท่ากับ 7.12 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.20

ผลการประเมินความชอบในผลิตภัณฑ์คราฟต์โกโก้พร้อมชง โดยภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.80 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.05 โดยผลการประเมินคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏของคราฟต์โกโก้พร้อมชงมีผลการประเมินในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 7.85 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.90 รองลงมาคือ คุณลักษณะด้านสี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.81 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.12 คุณลักษณะด้านกลิ่น มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.65 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.17 คุณลักษณะด้านบรรจุภัณฑ์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.43 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.28 ลักษณะเนื้อสัมผัส มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.24

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.41 ตามลำดับ และผลการประเมินคุณลักษณะด้านรสชาติมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 6.87 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.40

จากการวิเคราะห์ผลผลิตพันธุ์โกโก้ที่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคทั้ง 2 ชนิด มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคไม่แตกต่างกัน และรายการประเมินความชอบของผู้บริโภคมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยทำการทดสอบรายคู่ของการประเมินความชอบของผู้บริโภคด้วยวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณแบบ LSD พบว่าผู้บริโภคให้การประเมินลักษณะปรากฏและสีของผลผลิตพันธุ์โกโก้เปรียบเทียบกับการประเมินกลิ่นรสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และบรรจุภัณฑ์ ให้ผลการประเมินที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าลักษณะปรากฏและสีของช็อกโกแลตแท่งและคราฟต์โกโก้พร้อมชงมีการยอมรับของผู้บริโภคที่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 5-7

ตารางที่ 5 ผลการประเมินความชอบผลผลิตพันธุ์ช็อกโกแลตแท่ง

คุณลักษณะของช็อกโกแลตแท่ง	ความชอบผลผลิตพันธุ์		ผลการประเมิน
	$\bar{X}$	S	
ลักษณะปรากฏ	8.04	0.91	ดีมาก
กลิ่น	7.63	0.91	ดีมาก
สี	7.67	0.90	ดีมาก
รสชาติ	7.56	1.06	ดีมาก
ลักษณะเนื้อสัมผัส	7.40	0.99	ดี
บรรจุภัณฑ์	7.12	1.20	ดี
ความชอบโดยรวม	7.60	1.09	ดีมาก

ตารางที่ 6 ผลการประเมินความชอบผลผลิตพันธุ์คราฟต์โกโก้พร้อมชง

คุณลักษณะของคราฟต์โกโก้พร้อมชง	ความชอบผลผลิตพันธุ์		ผลการประเมิน
	$\bar{X}$	S	
ลักษณะปรากฏ	7.85	0.90	ดีมาก
กลิ่น	7.65	1.17	ดีมาก
สี	7.81	1.12	ดีมาก
รสชาติ	6.87	1.40	ดี
ลักษณะเนื้อสัมผัส	7.24	1.41	ดี
บรรจุภัณฑ์	7.43	1.28	ดี
ความชอบโดยรวม	7.80	1.05	ดีมาก

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ผลผลิตภัณฑ์โกโก้ที่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค

Source	SS	df	MS	F	p
Intercept	35250.160	1	35250.160	27506.939*	.000
ประเภทของโกโก้	1.853	1	1.853	1.446	.230
รายการประเมิน	49.301	5	9.860	7.694*	.000
Error	790.686	617	1.282		
Total	36092.000	624			
Corrected Total	841.840	623			

หมายเหตุ * $P < 0.05$

อภิปรายผล

จากผลการศึกษาทางกายภาพของตัวอย่างคราฟต์โกโก้พร้อมชงและช็อกโกแลตแท่งพบว่า ลักษณะพื้นผิวภายนอกค่อนข้างเรียบ มีส่วนที่จับตัวเป็นก้อนขนาดเล็กมีความกว้างประมาณ 10–20 ไมโครเมตร อย่างไรก็ตามจากการตรวจสอบจากพื้นผิวดังกล่าว พบว่าผลผลิตภัณฑ์โกโก้ทั้ง 2 ชนิด พบว่า มีลักษณะผิวชนิดหยาบ (Roughening surface) ซึ่งเป็นผลมาจากการบวนการให้ความร้อนและลดอุณหภูมิอย่างเหมาะสม (Well tempered) งานครั้งนี้ใช้อุณหภูมิสอดคล้องกับงานวิจัยของ (James & Smith, 2009) ที่ใช้กระบวนการลดอุณหภูมิจาก 35 องศาเซลเซียส ถึง 5 องศาเซลเซียส จากภาพผิวของเนื้อช็อกโกแลต พบว่า ตัวอย่างไม่เกิด Sugar bloom ซึ่งเป็นรูปร่างของผลึกน้ำตาลที่มีรูปร่างคล้ายใบมีด (Blade like crystals) ปรากฏ เนื่องจากน้ำตาลที่เติมไม่สามารถ Homogenize ไปกับเนื้อช็อกโกแลตขณะแปรรูป และไม่พบผลึกไขมัน (Fat crystals) กระจายตัวในผิวช็อกโกแลต ซึ่งเป็นผิวช็อกโกแลตคุณภาพต่ำที่เกิดจากขณะแปรรูปนั้นมีการควบคุมอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสม (Unwell tempered) (James & Smith, 2009) นอกจากนี้เนื้อผลผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตที่ไม่ได้มาตรฐานมักพบโครงสร้างรูปมงกุฎ (Corona structure) บนผิวช็อกโกแลตที่เกิดจากการรวมตัวกันของโมเลกุลน้ำตาลจากจุดศูนย์กลางขยายออกโดยรอบเป็นวงกลม ซึ่งไม่ปรากฏในตัวอย่างของงานในครั้งนี้ จากเหตุผลที่อธิบายข้างต้น ทำให้สามารถกล่าวได้ว่าช่วงอุณหภูมิที่ใช้ในงานครั้งนี้ (Tempering) มีความเหมาะสมกับวัตถุดิบโกโก้จากพื้นที่เป้าหมาย

จากการที่ผลผลิตภัณฑ์คราฟต์โกโก้พร้อมชงและช็อกโกแลตแท่ง มีค่าความชื้นเท่ากับ 2.82 และ 2.34 ตามลำดับ ถือว่ามีค่ามากกว่าค่าความชื้นโดยทั่วไปของผลผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลต โดยเฉพาะผลผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายในต่างประเทศมักพบว่ามีค่าความชื้นต่ำกว่า 2 เนื่องจากผลผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีปริมาณน้ำตาลสูงกว่างานวิจัยในครั้งนี้ที่มีแนวคิดในการสร้างต้นแบบผลผลิตภัณฑ์โกโก้เพื่อสุขภาพเป็นสำคัญ ทำให้ปริมาณน้ำตาลในผลผลิตภัณฑ์มีน้อยกว่าผลผลิตภัณฑ์

ในท้องตลาด ส่งผลให้ความชื้นที่อยู่ในเนื้อซ็อกโกแลตมีค่าต่ำ (Krapf & Gantenbein-Demarchi, 2010) การที่ค่าความชื้นสูงมากกว่า 2 ในทางทฤษฎีจะทำให้เนื้อซ็อกโกแลตเกิดความผิดปกติทางพฤติกรรมกรไหล (Flow) และการเสียรูป (Deformation) ของวัสดุ ซึ่งเนื้อซ็อกโกแลตอาจเกิดการจับตัวกันแน่น เหนียว หรือแม้กระทั่งมีความแข็งแต่ไม่เปราะ อย่างไรก็ตามงานวิจัยในครั้งนี้ไม่พบความผิดปกติดังกล่าวจนทำให้เกิดปัญหาในตัวผลิตภัณฑ์ (Afoakwa, Paterson & Fowler, 2007; Beckett, 2008) พบว่า คราฟต์โกโก้พร้อมชงและซ็อกโกแลตแท่งมีค่า pH เท่ากับ 5.95 และ 5.76 ตามลำดับ ซึ่งระหว่างกระบวนการหมักความเป็นกรดสามารถลดลงจนต่ำกว่า pH 4 โดยเฉพาะในช่วงแรกและช่วงกลางของการหมักตามธรรมชาติเนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ในกลุ่มที่สร้างกรดต่างๆ จากงานวิจัยของ Mulono et al., 2017 พบว่า ในช่วงเริ่มต้นหมักจะมีค่า pH ค่อนข้างต่ำ อยู่ในช่วง pH 3–4 ซึ่งเป็นผลมาจากกรดซิตริกที่สร้างขึ้น กรดดังกล่าวจะเป็นอาหารตั้งต้นของยีสต์ต่อไปซึ่งจะเปลี่ยนประชากรส่วนใหญ่จากกลุ่มประชากรที่เป็นแบคทีเรียผลิตกรดสู่ประชากรยีสต์ที่เพิ่มจำนวนมากขึ้นซึ่งยีสต์มีคุณสมบัติในการสร้างเอนไซม์ย่อยเพคตินได้ ทำให้เกิดการย่อยเยื่อหุ้มเมล็ดโกโก้และ Pulp ของโกโก้เป็นสับสเตรทและเกิดกรดอีกหลายชนิดเป็นผลิตภัณฑ์ตามมาโดยเฉพาะกรดซิตริก ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ค่าพีเอชกลับมามีค่าอีกครั้ง (Mulono, 2017) ส่วนกรดไขมันอิสระ (Free fatty acid) แสดงในรูปของร้อยละของกรดปาล์มมิติก (% as Palmitic acid) ในคราฟต์โกโก้พร้อมชงและซ็อกโกแลตแท่ง มีค่าเท่ากับร้อยละ 1.54 และ 1.31 ตามลำดับ จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าในผลิตภัณฑ์โกโก้มักมีกรดปาล์มมิติกในปริมาณน้อยกว่ากรดอื่นๆ เช่น ปริมาณกรดลิโนเลอิก (Linoleic acid) และอะราคิไดนิก (Arachidic acid) โดยปริมาณของกรดปาล์มมิติกไม่มีผลต่อความหนืด (Viscosity) ของผลิตภัณฑ์ (Luz Quispe et al, 2023) แต่กรดไขมันหลายชนิดรวมทั้งกรดปาล์มมิติกมีผลต่อผลิตภัณฑ์ในแง่ของการยับยั้งจุลินทรีย์ต่างๆ ขณะเก็บรักษาได้ (McGaw et al., 2002; Seidel & Taylor, 2004) การตรวจสอบทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ ในรายการที่สำคัญต่ออาหารประเภทซ็อกโกแลต พบว่าอยู่ในเกณฑ์ “มาตรฐานความปลอดภัยทางอาหารตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 416) พ.ศ. 2563 ออกตามความในพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 เรื่อง กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานหลักเกณฑ์เงื่อนไข และวิธีการในการตรวจวิเคราะห์ของอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค” กำหนดไว้ว่าข้อกำหนดปริมาณ *B. cereus* ในอาหารพร้อมบริโภคที่แช่เย็น ต้องตรวจพบไม่เกิน 500 CFU ต่อกรัม (กระทรวงสาธารณสุข, 2563) โดยการตรวจวัดจุลินทรีย์ทั้งหมดของทั้งสองผลิตภัณฑ์ พบว่า มีจำนวนน้อยกว่า 250 CFU ต่อกรัม ในส่วนของการตรวจวัดยีสต์และราพบค่าเฉลี่ยของจำนวนยีสต์และเชื้อรา ในผลิตภัณฑ์อายุ 5 วัน พบที่ 66 CFU ต่อกรัม ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานกระทรวงสาธารณสุขที่กำหนดเกณฑ์ควบคุมจำนวนยีสต์และราที่ต้องน้อยกว่า 100 CFU ต่อกรัมในการตรวจวัดจากผลิตภัณฑ์ซ็อกโกแลต (กระทรวงสาธารณสุข, 2566)

จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค พบว่า อยู่ในระดับดีมากทั้งซ็อกโกแลตแท่งและคราฟต์โกโก้พร้อมชง แสดงถึงศักยภาพทางการค้าของผลิตภัณฑ์ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าโปรแกรมการถ่ายทอดเทคโนโลยีสำหรับเพิ่มพูนทักษะการแปรรูปของเกษตรกรในพื้นที่ดังกล่าวสามารถสร้างผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่มีคุณภาพเพียงพอสำหรับใช้เป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบเพื่อนำไปสู่การแข่งขันทางการค้าของพื้นที่ได้ เกิดการใช้ทรัพยากรฐานชีวภาพในพื้นที่ให้เกิดประโยชน์และสร้างมูลค่าสูงสุด นอกจากนี้งานวิจัยครั้งนี้สามารถแสดงถึงศักยภาพของผลผลิตในพื้นที่และแนวทางการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรในพื้นที่เพื่อสร้างต้นแบบผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและความปลอดภัย เพื่อยกระดับการแปรรูปผลผลิตในพื้นที่เกษตรกรรมในท้องถิ่นผ่านการสนับสนุนองค์ความรู้จากงานวิจัยของสถาบันการศึกษาในพื้นที่ได้

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยในครั้งนี้ชี้ให้เห็นถึงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์โกโก้ต้นแบบที่ได้จากโครงการ ที่มีคุณภาพที่เหมาะสม ไม่พบผลึกน้ำตาลและไขมันกระจายตัวในผิวซ็อกโกแลต มีปริมาณน้ำตาลในผลิตภัณฑ์มีน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด แต่เนื้อซ็อกโกแลตยังคงขึ้นรูปได้ตามปกติ มีความเปราะ ไม่พบความผิดปกติและปัญหาในตัวผลิตภัณฑ์ ในผลิตภัณฑ์พบกรดปาล์มมีติก ซึ่งมีผลต่อการยืดอายุผลิตภัณฑ์ขณะเก็บรักษา พบว่าผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิดอยู่ในเกณฑ์ “มาตรฐานความปลอดภัยทางอาหารตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 416) พ.ศ. 2563 ทำให้ผ่านเกณฑ์ด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคในอาหาร และการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคซึ่งว่าอยู่ในระดับดีมากทั้งซ็อกโกแลตแท่งและคราฟต์โกโก้พร้อมชง จากที่กล่าวมาแสดงให้เห็นว่าต้นแบบ คราฟต์โกโก้พร้อมชงและซ็อกโกแลตแท่งจากโครงการยกระดับกระบวนการแปรรูปผลผลิตชุมชนดังกล่าว มีคุณภาพดี มีแนวโน้มนำไปสู่การยกระดับผลิตภัณฑ์ในท้องถิ่นสู่อาหารปลอดภัยและมีคุณภาพสูงจากผลที่ได้แสดงถึงศักยภาพสำหรับต่อยอดในเชิงพาณิชย์ของกลุ่มผู้ผลิตโกโก้ในพื้นที่ ผ่านการใช้ทรัพยากรฐานชีวภาพอย่างคุ้มค่าผ่านกระบวนการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ที่มีฐานจากปัญหาในชุมชน ในระยะต่อไปทางคณะผู้วิจัยจะยกระดับกระบวนการผลิตโกโก้คุณภาพสูง ด้วยเทคโนโลยีหั่วเชื้อและการหมัก เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีในกลุ่มเป้าหมายอื่นๆ ที่เหมาะสมต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สป.อว. ที่สนับสนุนงบประมาณในการดำเนินโครงการยุวชนอาสา ประจำปี 2566 “โครงการแก้ปัญหาผลผลิตเกินด้วยสะเต็มศึกษาที่เน้นโมเดลเศรษฐกิจบีอีซี” ซึ่งนำไปสู่การสร้างผลิตภัณฑ์ที่ใช้สำหรับศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ นอกจากนี้ยังได้รับการสนับสนุนการ

ตีพิมพ์ผลงานวิจัยจากโครงการทุนอุดหนุนการวิจัยสำหรับอาจารย์ระดับบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ประจำปีงบประมาณ 2567

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. (2566). **สถานการณ์การผลิตโกโก้**. สืบค้นเมื่อวันที่ 5 มกราคม 2566, จาก https://www.doa.go.th/hort/wp-content/uploads/2020/12/สถานการณ์การผลิตโกโก้_พฤศจิกายน_63.pdf
- กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. (2556). **วิธีมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์อาหาร เล่มที่ 1**. นนทบุรี: กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข.
- กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. (2557). **วิธีมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์อาหาร เล่มที่ 2**. นนทบุรี: กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข.
- กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. (2558). **วิธีมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์อาหาร เล่มที่ 3**. นนทบุรี: กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข.
- การเกษตรต่างประเทศ. (2566). **ข่าวสารเกษตรต่างประเทศ**. สืบค้นเมื่อวันที่ 10 เมษายน 2566, จาก <https://www.moac.go.th/foreignagri-news-preview-451091791211>
- ประกาศกระทรวงสาธารณสุข. (2566). **ราชกิจจานุเบกษา**, 140 (ตอนพิเศษ 153), 29 – 33.
- ประกาศกระทรวงสาธารณสุข. (2563). **ราชกิจจานุเบกษา**, 137 (ตอนพิเศษ 237 ง), 9.
- Afoakwa, E.O., Paterson, A., & Fowler, M. (2007). Factors influencing rheological and textural qualities in chocolate: a review. **Trends Food Sci Technol**, 18(6), 290–298.
- AOAC. (2000). **Official Methods of Analysis**. (17th ed.). Gaithersburg: Association of Official Analytical Chemists International.
- American Oil Chemists' Society. (2017) **Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society**. (7th ed.). USA: AOCS Press, Champaign, IL.
- American Oil Chemists' Society. (2009). **Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society**. (6th ed.). USA: AOCS Press, Champaign, IL.
- Beckett, C., Mansell, R. (2008). Crossing Boundaries: New Media and Networked Journalism. **Communication culture & critique**, 1(1), 92–104.
- Gutiérrez, T.J. (2017). State-of-the-Art Chocolate Manufacture: A Review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, 16(6), 1313–1344.
- James, B., & Smith, B. (2009). Surface structure and composition of fresh and bloomed chocolate analysed using X-ray photoelectron spectroscopy, cryo-scanning electron microscopy and environmental scanning electron microscopy. **LWT–Food Science and Technology**, 42(5), 929–937.
- Krapf, T., & Gantenbein–Demarchi, C. (2010). Thermal inactivation of Salmonella spp. During conching. **LWT–Food Science and Technology**, 43(4), 720–723.
- McGaw, L.J., Jäger, A.K., & Van Staden, J. (2002). Isolation of antibacterial fatty acids from *Schotia brachypetala*. **Fitoterapia**, 73(5), 431–433.

- Mulono, A. (2017). Analysis of Amino Acids in Cocoa Beans Produced during Fermentation by High Performance Liquid Chromatography (HPLC). **International Journal of Food and Fermentation Technology**, 7(1), 25.
- Quispe-Sanchez, L., Caetano, A.C., Baca, D., Oliva-Cruz, M., Díaz-Valderrama, J.R., & Chavez, S.G. (2023). Fatty acid profile and rheological properties of cocoa paste from north-eastern Peru. **Journal of Food Composition and Analysis**, 123, 1–8.
- Russell, D. (2015). **Manual of Methods of Analysis of Foods**. New Delhi: Food Safety and Standards Authority of India.
- Seidel, V., & Taylor, P.W. (2004). In vitro activity of extracts and constituents of *Pelagonium* against rapidly growing mycobacteria. **International Journal of Antimicrobial Agents**, 23(6), 613–619.
- Vásquez, Z.S., Carvalho Neto, D.P.d., Pereira, G.V.M., Vandenberghe, L.P.S., Oliveira, Priscilla, Z.d., Tiburcio, P.B., Rogez, H.L.G., Góes Neto, A., & Soccol, C.R. (2019). Biotechnological Approaches for Cocoa Waste Management: A Review. **Waste Management**, 90, 72–83.