การใช้วัสดุเหลือใช้จากกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์เป็นส่วนผสมในการผลิตสบู่

สุดารัตน์ ตรีเพชรกุล[1*] กนกวรรณ พันธุ์ดี[2] และ แสงชัย เอกประทุมชัย[3]
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน) แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

บทคัดย่อ

ในกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีครีมโปรตีนและน้ำทิ้งเป็นของเหลือใช้ที่เกิดขึ้นประมาณร้อยละ 80 ของปริมาณน้ำและน้ำกะทิทั้งหมดที่ใช้ในกระบวนการผลิต การศึกษานี้จึงสนใจพัฒนาผลิตภัณฑ์สบู่จากของเหลือใช้ในกระบวนการผลิตโดยใช้ครีมโปรตีนทดแทนการใช้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ในการผลิตสบู่และใช้น้ำทิ้งทดแทนการใช้น้ำในการละลายด่าง วัตถุประสงค์ของงานวิจัยคือการศึกษาผลของสัดส่วนของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ต่อครีมโปรตีนต่อคุณภาพของสบู่ทั้งทางกายภาพและเคมี โดยการแปรผันปริมาณน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ต่อครีมโปรตีน (โดยน้ำหนัก) เป็น 5 ระดับได้แก่ 100:0 (ชุดทดลองที่ 1 หรือชุดควบคุม, $S1_{(100:0)}$), 75:25 (ชุดทดลองที่ 2, $S2_{(75:25)}$), 50:50 (ชุดทดลองที่ 3, $S3_{(50:50)}$), 25:75 (ชุดทดลองที่ 4, $S4_{(25:75)}$) และ 0:100 (ชุดทดลองที่ 5, $S5_{(0:100)}$) ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของสบู่ชุดควบคุมกับชุดทดลองที่ 2 – 5 พบว่าการเพิ่มสัดส่วนของครีมโปรตีนส่งผลต่อลักษณะทางกายภาพของสบู่คือความแข็งตัวของสบู่ลดลง สบู่มีสีน้ำตาลและกลิ่นเหม็นหืนเพิ่มขึ้น รวมทั้งปริมาณฟองหลังเขย่าทันทีและความคงทนของฟองเพิ่มขึ้น แต่การเพิ่มสัดส่วนของครีมโปรตีนไม่มีผลต่อความสามารถในการละลายน้ำซึ่งวัดในรูปการกร่อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) สำหรับสมบัติทางเคมีของสบู่พบว่าชุดทดลอง $S4_{(25:75)}$ และ $S5_{(0:100)}$ มีค่าสารที่ไม่ละลายในเอทานอลประมาณร้อยละ 1.53 และ 1.95 ตามลำดับ และชุดทดลอง $S3_{(50:50)}$, $S4_{(25:75)}$ และ $S5_{(0:100)}$ มีปริมาณไขมันทั้งหมดประมาณร้อยละ 65.9, 59.8 และ 52.1 ตามลำดับซึ่งไม่อยู่ในช่วงที่มาตรฐานสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) (2543) และมาตรฐานมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์-ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (มก.-ธ.ก.ส.) (2550) กำหนด ส่วนค่า pH ของทั้ง 5 ชุดทดลองอยู่ในช่วง 9.4 - 9.8 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้ จากการพิจารณาสมบัติทางกายภาพและเคมีพบว่า สบู่ชุดทดลองที่ 2 $S2_{(75:25)}$ ที่ใช้ครีมโปรตีนร้อยละ 25 และน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ร้อยละ 75 มีลักษณะทางกายภาพและสมบัติทางเคมีใกล้เคียงกับสบู่ชุดควบคุม ($S1_{(100:0)}$) มากที่สุดและอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่สมอ.และมก.-ธ.ก.ส.กำหนด

คำสำคัญ : สบู่ / น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ / ครีมโปรตีน

* *Corresponding author : E-mail : sudarut.tri@kmutt.ac.th*

1 *อาจารย์ สายวิชาการจัดการทรัพยากรชีวภาพ คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี*

2 *ผู้ช่วยวิจัย สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ*

3 *อาจารย์ สายวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี*

Utilization of by-products Derived from the Virgin Coconut Oil Manufacturing Process for Soap Preparation

Sudarut Tripetchkul[1*], Kanokwan Pundee[2] and Saengchai Akeprathumchai[3]

King Mongkut's University of Technology Thonburi (Bang Khun Thian),

Tha Kham, Bang Khun thian, Bangkok 10150

Abstract

The virgin coconut oil manufacturing process produces two major wastes, coconut whey protein and wastewater, which are generally discarded, causing environmental problems. To add value to such wastes, the present study aimed to develop a soap product using coconut whey protein and wastewater instead of virgin coconut oil (VCO) and water, respectively. The objective of the study was to investigate the influence of the VCO to the coconut whey protein ratio on the quality of the soap. The ratio of virgin coconut oil to coconut whey protein (w/w) was varied at 5 levels: 100:0 (treatment 1 control, $S1_{(100:0)}$), 75:25 (treatment 2, $S2_{(75:25)}$), 50:50 (treatment 3, $S3_{(50:50)}$), 25:75 (treatment 4, $S4_{(25:75)}$) and 0:100 (treatment 5, $S5_{(0:100)}$). Results revealed that an increase in the proportion of coconut whey protein affected the physical properties of the soap, i.e., a decrease in the soap's hardness, an increase in rancidity, volume of flash foam and foam stability. However, increasing the proportion of coconut whey protein did not significantly affect the solubility, as expressed in terms of the erosion ($p \geq 0.05$). It was found that as the percentage of coconut whey protein increased, namely ≥50%, the quality of the soap produced declined: the ethanol-insoluble matters of $S4_{(25:75)}$ and $S5_{(0:100)}$ were 1.53 and 1.95%, respectively, while the total fatty matters of $S4_{(25:75)}$ and $S5_{(0:100)}$ were 59.8 and 52.1%, respectively, which do not conform with the soap standards specified by the Thai Industrial Standards Institute (2000) and Kasetsart University-Bank for Agriculture and Agricultural Cooperatives (2007). The pHs of all treatments were in the range of 9.4–9.8, which is considered suitable for use. Both the physical and chemical properties of soap prepared using the ratio of virgin coconut oil to coconut whey protein of 75:25 ($S2_{(75:25)}$) were comparable to those of virgin coconut oil soap (control) and conformed well with the soap standards.

Keywords : coconut whey protein / soap / virgin coconut oil

* *Corresponding author : E-mail : sudarut.tri@kmutt.ac.th*

1 *Lecturer, Division of Natural Resource Management, School of Bioresources and Technology.*

2 *Assistant researcher, Pilot Plant Development and Training Institute.*

3 *Lecturer, Division of Biotechnology, School of Bioresources and Technology.*

1. บทนำ

จังหวัดประจวบคีรีขันธ์เป็นจังหวัดที่มีผลผลิตมะพร้าวมากที่สุดในประเทศไทย ประมาณ 0.53 ล้านตัน ในปี พ.ศ.2551 [1] ผลผลิตมะพร้าวดังกล่าว ส่วนหนึ่งจะถูกส่งให้กับโรงงานโดยตรง ผลผลิตมะพร้าวบางส่วนเกษตรกรชาวสวนมะพร้าวได้มีการรวมกลุ่มนำมาแปรรูปเป็นน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (Virgin Coconut Oil) สำหรับกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ กลุ่มเกษตรกรใช้การสกัดแบบเปียก คือ นำเนื้อมะพร้าวสดมาคั้นน้ำกะทิ จากนั้นนำน้ำกะทิที่ได้ไปแยกเอาน้ำมันออก โดยวิธีการหมัก (Fermentation process) [2] ได้ส่วนที่เป็นน้ำมันประมาณร้อยละ 20 และส่วนที่เป็นของเหลือทิ้งคือครีมโปรตีนและน้ำที่มีปริมาณรวมมากถึงร้อยละ 80 ของปริมาณน้ำและน้ำกะทิทั้งหมดที่ใช้ในการผลิต จากการที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์มีกลุ่มผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ประมาณ 30 ราย รวมปริมาณน้ำทิ้งทั้งหมดในพื้นที่ประมาณ 840,000 ลิตรต่อปี (ไม่นับรวมกับน้ำทิ้งจากกระบวนการล้างทำความสะอาดภาชนะหมัก) [3] นับได้ว่าเป็นปริมาณน้ำเสียเกิดขึ้นที่ค่อนข้างสูง จากการที่สถานที่ผลิตของแต่ละรายอยู่ห่างกันจึงเป็นการยากที่จะรวบรวมน้ำทิ้งดังกล่าวมาบำบัดรวม ณ ที่ใดที่หนึ่งเนื่องจากการขนส่งที่ยุ่งยากและค่าใช้จ่ายสูง แนวทางการบำบัดน้ำเสียจึงเป็นไปได้ยาก ณ ปัจจุบันชาวบ้านทำการกำจัดน้ำทิ้งที่ยังไม่ผ่านการบำบัดเหล่านี้โดยการปล่อยทิ้งลงสู่พื้นดินและแหล่งน้ำ ก่อให้เกิดปัญหาทั้งในด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพอนามัยของชาวบ้านในพื้นที่ใกล้เคียง เช่น แหล่งน้ำธรรมชาติเน่าเสียทำให้สัตว์น้ำที่อาศัยอยู่ตาย เกิดกลิ่นเหม็นรบกวนผู้อาศัยในบริเวณใกล้เคียง ปัญหาดินเปรี้ยวทำให้ไม่สามารถใช้พื้นที่เพื่อการเพาะปลูกพืชผลได้ เป็นต้น แนวทางหนึ่งในการแก้ไขปัญหาคือการนำเอาของเหลือทิ้งได้แก่ ชั้นครีมโปรตีนและน้ำทิ้งมาใช้ประโยชน์แทนการปล่อยทิ้งลงสู่สิ่งแวดล้อม

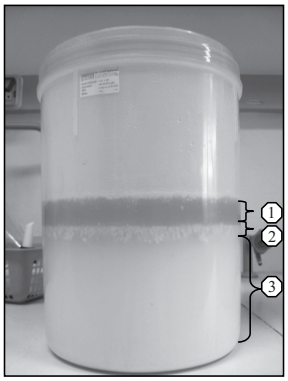
สบู่คือเกลือของกรดไขมันซึ่งผลิตโดยอาศัยหลักการเกิดปฏิกิริยาสปอนิฟิเคชั่น (Saponification reaction) คือ ปฏิกิริยาระหว่างด่างและไขมัน [4] ทำให้เกิดสบู่ซึ่งเป็นของแข็งที่มีลักษณะลื่นและให้ฟองเมื่อละลายน้ำ โดยทั่วไปเมื่อใช้น้ำมัน 1 ส่วนผสมกับสารละลายด่างจะได้สบู่ 1.5 ส่วนโดยประมาณ [5] โดยสมบัติของสบู่นั้นแตกต่างกันตามชนิดของไขมันที่ใช้ในการผลิต [6] น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์เป็นน้ำมันชนิดหนึ่งที่นิยมนำมาผลิตสบู่ เนื่องจากมีลักษณะขาวใส บริสุทธิ์ มีกลิ่นหอมของมะพร้าว มีความหนืดต่ำ และยังมีส่วนประกอบของวิตามินอีซึ่งมีสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ สบู่ที่ผลิตจากน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์จะมีสีขาวบริสุทธิ์ปราศจากสิ่งปลอมปน มีกลิ่นหอมอ่อนๆ ให้ฟองดี ละลายน้ำได้ดีแม้ในน้ำกระด้าง สามารถชำระล้างสิ่งสกปรกได้ดี [5, 6] อย่างไรก็ตามสบู่จากน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีลักษณะแข็งและอาจทำให้ผิวแห้ง นอกจากนี้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ยังมีราคาค่อนข้างสูงจึงนิยมใช้น้ำมันอื่นๆ ร่วมด้วยเพื่อเพิ่มความชุ่มชื้นและลดต้นทุนในการผลิต เช่น การใช้น้ำมันมะพร้าวร่วมกับน้ำมันปาล์มในอัตราส่วน 1:1 – 2:1 เป็นต้น เพื่อให้สบู่มีความนุ่มนวลและให้ความชุ่มชื้นต่อผิว [7]

จากการศึกษาคุณภาพของของเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ โดยสุดารัตน์ ตรีเพชรกุลและคณะ [8] พบว่า ในส่วนของชั้นน้ำพบไขมันและโปรตีนปนเปื้อนประมาณร้อยละ 4.0 (โดยปริมาตร) และร้อยละ 1.8 (โดยน้ำหนัก) ตามลำดับ และส่วนของชั้นครีมโปรตีนพบน้ำมันและไขมัน (Oil and Grease) ประมาณร้อยละ 56.6 จะเห็นได้ว่าในน้ำทิ้งยังมีน้ำมันเป็นองค์ประกอบปริมาณมากซึ่งน่าจะมีศักยภาพในการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิตสบู่ได้ สำหรับโปรตีนนั้นโดยทั่วไปนิยมเติมโปรตีนทั้งในรูปที่ไม่ละลายน้ำและโปรตีนไฮโดรไลเสตลงในเครื่องสำอางค์ เนื่องจากสมบัติที่สามารถรวมตัวกับน้ำช่วยเก็บกักความชุ่มชื่นให้กับผิวได้ [9, 10] ในการทำสบู่บางสูตรพบว่ามีการเติมส่วนผสมพวกโปรตีน เช่นนมแพะลงในสบู่ด้วยเพื่อช่วยให้ผิวพรรณชุ่มชื้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นพัฒนาผลิตภัณฑ์สบู่จากวัสดุเหลือทิ้งจากวิถีกระบวนผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ได้แก่ ครีมโปรตีน และน้ำทิ้ง โดยวัตถุประสงค์หลักของการศึกษาคือการศึกษาผลของสัดส่วนของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ต่อครีมโปรตีนในกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ต่อคุณภาพของสบู่ทั้งในด้านลักษณะทางกายภาพ สมบัติทางกายภาพและเคมี ผลที่ได้จากการศึกษานอกจากจะช่วยสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัสดุเหลือทิ้งแล้วยังช่วยแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมในชุมชน

2. วิธีการศึกษา

2.1 การเตรียมน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์แบบหมัก

นำหัวกะทิมาผสมกับน้ำอุ่นอุณหภูมิ 50°C ในอัตราส่วน 1:1 (โดยปริมาตร) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 24 ชั่วโมง จะเกิดการแยกเป็น 3 ชั้น (รูปที่ 1) ได้แก่ ชั้นบนสุด (1) คือน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ชั้นที่ (2) คือ ครีมโปรตีน และชั้นล่างสุด (3) คือชั้นน้ำทิ้ง เมื่อครบ 24 ชั่วโมงทำการแยกน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ออกจากส่วนของเหลือทิ้ง ได้แก่ ครีมโปรตีนและน้ำทิ้ง โดยการตักออกแล้วกรองด้วยผ้าขาวบาง ส่วนของเหลือทิ้ง (ครีมโปรตีนและน้ำทิ้ง) ถูกนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการทำสบู่



รูปที่ 1 หัวกะทิที่ผ่านการหมักนาน 24 ชั่วโมง เกิดการแยกชั้นออกเป็น 3 ชั้น ได้แก่
(1) น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์
(2) ชั้นครีมโปรตีน และ
(3) ชั้นน้ำทิ้ง

2.2 การศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของของเหลือทิ้ง

วิเคราะห์สมบัติของครีมโปรตีนและน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ โดยนำตัวอย่างที่เตรียมในข้อ 2.1 มาศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมี ได้แก่ ความชื้น (Moisture content), ค่าสปอนิฟิเคชัน (Saponification value) และปริมาณไขมันทั้งหมด (Total fatty matter) โดยวิธีของ American Oil Chemists' Society (AOCS) [11] และวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนและค่า pH โดยวิธีของ Association Office Analytical Chemists International (AOAC) [12]

2.3 การศึกษาการใช้ของเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ทดแทนการใช้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ในการทำสบู่

การศึกษาแบ่งเป็น 5 ชุดทดลอง ชุดทดลองที่ 1 ($S1_{(100:0)}$) เป็นชุดควบคุมใช้น้ำมันมะพร้าวเป็นวัตถุดิบหลัก ชุดทดลองที่ 2 ($S2_{(75:25)}$), 3 ($S3_{(50:50)}$), 4 ($S4_{(25:75)}$) และ 5 ($S5_{(0:100)}$) แปรผันปริมาณน้ำมันมะพร้าวต่อครีมโปรตีนในสัดส่วนแตกต่างกันดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สัดส่วนของวัตถุดิบหลักในการผลิตสบู่

ชุดทดลอง	น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ : ครีมโปรตีน (โดยน้ำหนัก)
$S1_{(100:0)}$ (ชุดควบคุม)	100:0
$S2_{(75:25)}$	75:25
$S3_{(50:50)}$	50:50
$S4_{(25:75)}$	25:75
$S5_{(0:100)}$	0:100

2.3.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการทำสบู่

1) น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ โดยแปรค่าสัดส่วนโดยน้ำหนักดังแสดงในตารางที่ 1

2) ครีมโปรตีน ที่เตรียมได้จากข้อ 2.1 โดยแปรค่าสัดส่วนโดยน้ำหนักตามตารางที่ 1

3) โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ปริมาณด่างที่ใช้คำนวณได้จากสมการที่ (1)

$$\text{ด่างที่ใช้} = \text{ปริมาณไขมัน} \times \text{SAP ของไขมัน} \quad \textbf{(1)}$$

โดยค่า SAP ของชั้นครีมโปรตีน = 0.120 g NaOH (ตารางที่ 2)
ค่า SAP ของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ = 0.1814 g NaOH [6]

4) น้ำ สำหรับละลายด่างโดยใช้น้ำธรรมดาสำหรับชุดควบคุม ($S1_{(100:0)}$) และน้ำทิ้งสำหรับชุดทดลองที่ 2 - 5 (ตารางที่ 1) ปริมาณน้ำที่ใช้คำนวณได้จากสมการที่ (2) [5]

$$\text{น้ำที่ใช้} = \text{ปริมาณด่างที่ใช้} \times 2.33 \quad \textbf{(2)}$$

ตารางที่ 2 สมบัติทางกายภาพและเคมีของชั้นครีมโปรตีนและน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์

พารามิเตอร์	ชั้นครีมโปรตีน	น้ำทิ้ง
ความชื้น (%)	22.51 ± 0.06[a]	88.90 ± 0.04[b]
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	3.58 ± 0.07[a]	4.57 ± 0.01[b]
ไขมัน (%)	56.11 ± 0.03[a]	0.21 ± 0.03[b]
โปรตีน (%)	5.63 ± 0.23[a]	2.14 ± 0.12[b]
กรดไขมันอิสระ (% lauric acid)	1.65 ± 0.06[a]	3.92 ± 0.02[b]
ค่าสปอนิฟิเคชัน (SAP, g NaOH)	0.12 ± 0.00[a]	0.03 ± 0.00[b]

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษแสดงการเปรียบเทียบค่าทางสถิติของตัวอย่าง 2 ชนิดของแต่ละแถวที่ค่าความเชื่อมั่น 95%

2.3.2 ขั้นตอนการทำสบู่

1) ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในน้ำ ใช้แท่งแก้วคนจนโซเดียมไฮดรอกไซด์ละลายหมดวางทิ้งไว้ให้อุณหภูมิลดลงเหลือ 40-45°C

2) นำส่วนของน้ำมันตามสัดส่วนในตารางที่ 1 ใส่ภาชนะแท่งแก้วคนให้ส่วนของครีมโปรตีนและน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์เข้ากันอุ่นให้ร้อนประมาณ 40-45°C

3) เทสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในข้อ 1) ลงในน้ำมันในข้อ 2) คนให้เข้ากัน อย่างน้อย 45 นาที จนส่วนผสมจับตัวเป็นเนื้อสบู่ลักษณะคล้ายนมข้น

4) ยกเทใส่พิมพ์ที่เตรียมไว้ ทิ้งไว้จนแข็ง

2.3.3 วิธีวิเคราะห์

นำตัวอย่างสบู่ในแต่ละชุดการทดลองมาตรวจวัดสมบัติทางกายภาพและเคมี ตามที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์สบู่ก้อนของมาตรฐาน สมอ. [13] และมาตรฐานผลิตภัณฑ์ มก.-ธ.ก.ส. [14] กำหนด

- *สมบัติทางกายภาพ*

1) ลักษณะทั่วไป ทั้งลักษณะเนื้อสบู่ สี และกลิ่น โดยการสังเกตด้วยตาเปล่า [13, 14]

2) ความชื้น โดยการอบที่อุณหภูมิ 105 ± 2°C เป็นเวลา 1 ชม. แล้วนำมาชั่งหาน้ำหนักที่หายไป [11]

3) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยเครื่อง pH meter รุ่น Consort C830 [12]

4) ปริมาตรฟองหลังเขย่าทันที (Flash foam) และปริมาตรฟองหลังตั้งทิ้งไว้ 5 นาที (Foam drainage) โดยนำสบู่ก้อนประมาณ 15 กรัมละลายในน้ำกระด้าง ($MgCl_2$ 0.0139% w/w และ $CaCl_2$ 0.0304% w/w) ปริมาตร 50 มล. เขย่าที่ความเร็วรอบ 150 rpm อุณหภูมิ 30°C นาน 5 นาที แล้วตวงน้ำสบู่ปริมาตร 30 มล. โดยใช้กระบอกตวงเขย่าขึ้นลง จำนวน 5 ครั้ง ทำการบันทึกค่า Flash foam ซึ่งคือค่าปริมาตรของฟองเหนือส่วนของสารละลายสบู่หลังจากนั้นทิ้งไว้ 5 นาที ทำการบันทึกค่า Foam drainage ซึ่งเป็นค่าปริมาตรฟองหลังตั้งทิ้งไว้ 5 นาที [15]

5) การกร่อน โดยละลายสบู่ก้อน 15 กรัมในน้ำกระด้างปริมาตร 50 มล. ไปเขย่าที่ความเร็วรอบและอุณหภูมิเดียวกับการวิเคราะห์ปริมาณฟองแต่ใช้ระยะเวลาในการเขย่า 5, 10 และ 15 นาทีตามลำดับ จากนั้นนำสบู่ไปอบที่อุณหภูมิ 45°C เป็นเวลา 1 ชม. และชั่งหาน้ำหนักที่หายไป [15]

- *สมบัติทางเคมี*

1) ปริมาณไขมันทั้งหมด (Total fatty matter) ละลายสบู่ 5 กรัมในน้ำร้อนปริมาตร 100 มล. นำไปไทเทรตด้วยกรด HCl 1 N จนมากเกินพอ แล้วสกัดไขมันออกด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ จากนั้นระเหยปิโตรเลียมอีเทอร์ออก แล้วชั่งน้ำหนักหาปริมาณไขมันที่เหลือ [11]

2) ด่างอิสระ (%Na_2O) ต้มสบู่ 5 กรัมในเอทานอล 200 มล. จนละลายหมด จากนั้นนำไปไทเทรตกับกรด HCl 0.1 N โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ [11]

3) สารที่ไม่ละลายในเอทานอล ต้มสบู่ 0.5 กรัม ในเอทานอล 100 มล. จนละลายนำไปกรองผ่านกระดาษกรอง หลังจากนั้นนำกระดาษกรองไปอบที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 3 ชม. แล้วนำมาชั่งหาน้ำหนักที่เหลืออยู่ [11]

2.3.4 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การวิเคราะห์ผลทางเคมีของแต่ละชุดทดลองประกอบด้วย 3 ซ้ำ วิเคราะห์ ANOVA และ least significant digit (LSD) เพื่อดูความแตกต่างของพารามิเตอร์ในแต่ละชุดทดลอง โดยโปรแกรม minitab version 14 (Minitab Inc., United States)

3. ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

3.1 สมบัติทางกายภาพและเคมีของของเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์

การศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของชั้นครีมโปรตีนและน้ำทิ้งเบื้องต้นทำให้สามารถประเมินความเป็นไปได้ในการนำวัตถุดิบทั้งสองชนิดมาใช้ในการทำสบู่ จากตารางที่ 2 พบว่าชั้นครีมโปรตีนมีค่า pH ค่อนข้างต่ำประมาณ 4.6 และมีกรดไขมันอิสระประมาณร้อยละ 1.65 ซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์แบบหมักที่มีการผลิตกรดอินทรีย์ [16] และกรดไขมันอิสระส่งผลให้ pH ในชั้นครีมโปรตีนเป็นกรด นอกจากนี้ในชั้นครีมโปรตีนยังมีไขมันอยู่ประมาณร้อยละ 56.1 จึงมีศักยภาพที่จะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตสบู่ได้ นอกจากไขมันแล้วในชั้นครีมนี้ยังพบว่ามีโปรตีนเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 5.63 สำหรับส่วนของน้ำทิ้งนอกจากจะมี pH ที่ต่ำแล้วยังพบมีไขมันและกรดไขมันอิสระปนเปื้อนอยู่ประมาณร้อยละ 0.21 และ 3.92 ตามลำดับ จึงสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตสบู่ได้

ค่าสปอนอฟิเคชัน (SAP) ซึ่งเป็นค่าที่บอกสมบัติของน้ำมันว่าต้องใช้ด่างในปริมาณเท่าไรในการทำปฏิกิริยาการเกิดสบู่กับน้ำมัน 1 กรัม [11] จากการศึกษาพบว่า ชั้นครีมโปรตีนมีค่า SAP เท่ากับ 0.12 g (NaOH) ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า SAP ของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่มีค่าประมาณ 0.17-0.18 g (NaOH) [5, 6] เนื่องจากในชั้นครีมโปรตีนมีองค์ประกอบอื่นๆ นอกจากไขมันเช่น โปรตีน เป็นต้น (ตารางที่ 2) ซึ่งไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาสปอนิฟิเคชันได้ดังนั้นจึงใช้ด่างในการทำปฏิกิริยากับไขมันเพื่อให้เกิดสบู่น้อยกว่าน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ โดยค่า SAP ที่วิเคราะห์ได้นี้นำไปคำนวณหาปริมาณด่างที่ใช้ในการทำปฏิกิริยากับไขมันดังแสดงในตารางที่ 1

3.2 ผลของการใช้ของเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ทดแทนการใช้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ในการทำสบู่

ผลการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ (1) สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ลักษณะเนื้อสบู่ สีและกลิ่น, pH, การเกิดฟองและการกร่อนและ (2) สมบัติทางเคมี ได้แก่ สารที่ไม่ละลายในเอทานอล, ไขมันทั้งหมด และด่างอิสระ

3.2.1 สมบัติทางกายภาพ

ลักษณะเนื้อสบู่ สีและกลิ่น

จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของสบู่ในทุกชุดทดลองได้แก่ ลักษณะเนื้อสบู่ สี และกลิ่น (ตารางที่ 3) พบว่าลักษณะทั่วไปของสบู่ที่ผลิตจากน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ($S1_{(100:0)}$) นั้นจะมีลักษณะแข็ง สีขาวขุ่น มีกลิ่นมะพร้าวอ่อนๆ ส่วนสบู่ที่ผลิตจากของเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ($S2_{(75:25)}$, $S3_{(50:50)}$, $S4_{(25:75)}$ และ $S5_{(100:0)}$) มีความแตกต่างจากสบู่ที่ผลิตจากน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ทั้งเนื้อสบู่ สี และกลิ่น กล่าวคือ เนื้อสบู่มีความแข็งตัวลดลง สีของเนื้อสบู่มีสีน้ำตาลเข้มขึ้น (รูปที่ 2) และสบู่มีกลิ่นเหม็นหืนเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของครีมโปรตีนที่เพิ่มขึ้น สาเหตุที่ทำให้สบู่ที่ผลิตจากครีมโปรตีนมีสีน้ำตาลเข้มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของสัดส่วนของครีมโปรตีน อาจเนื่องจากในชั้นครีมมีองค์ประกอบของโปรตีน (ตารางที่ 2) เมื่อนำมาผ่านความร้อนในขั้นตอนการทำสบู่ ทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) คือ น้ำตาลรีดิวซ์ทำปฏิกิริยากับหมู่อะมิโนโปรตีนได้สารประกอบที่ให้สีน้ำตาลได้แก่ เมลานอยดินส์ (Melanoidins) [17] ทั้งนี้สภาวะที่ใช้ในการผลิตสบู่เช่น อุณหภูมิและค่าความเป็นกรด-ด่างซึ่งในขั้นตอนการทำสบู่มีการให้ความร้อนประมาณ 40-45°C และค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 11-12 ซึ่งค่อนข้างสูง อาจมีผลเร่งการ

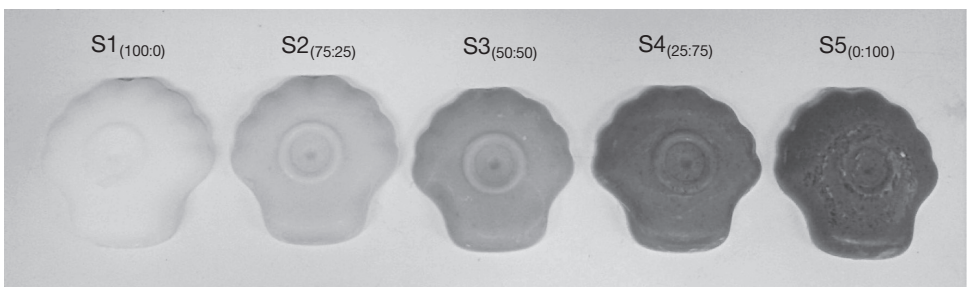
เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดได้ [17] สำหรับการเกิดกลิ่นเหม็นหืนในสบู่คาดว่าเกิดจากกรดไขมันอิสระที่เกิดจากปฏิกิริยาการย่อยสลายไตรกลีเซอไรด์ [18] ทั้งนี้ครีมโปรตีนที่ใช้ในการศึกษามีปริมาณกรดไขมันอิสระค่อนข้างสูง (ตารางที่ 2) การเพิ่มสัดส่วนครีมโปรตีนในการทำสบู่จึงทำให้กรดไขมันอิสระในสบู่เพิ่มขึ้นกลิ่นเหม็นหืนจึงเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 3 สมบัติทางกายภาพของสบู่จากของเหลือทิ้งในกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์

สมบัติทางกายภาพของสบู่	ชุดทดลอง				
	$S1_{(100:0)}$ (ชุดควบคุม)	$S2_{(75:25)}$	$S3_{(50:50)}$	$S4_{(25:75)}$	$S5_{(0:100)}$
ลักษณะของเนื้อสบู่	เนื้อสบู่มีความแข็งมาก, ไม่เปราะ	เนื้อสบู่ค่อนข้างนิ่มและเหนียว, ไม่แข็งมาก	เนื้อสบู่ค่อนข้างนิ่มและเหนียว, ไม่แข็งมาก	เนื้อสบู่มีลักษณะนิ่มและเหนียว, ไม่แข็งมาก	เนื้อสบู่มีลักษณะนิ่มมาก, ไม่แข็ง
สี	สีขาวขุ่น	สีครีมอมเหลือง	เนื้อสบู่ภายนอกมีสีน้ำตาลอ่อน ส่วนภายในมีสีม่วงเข้ม	เนื้อสบู่ภายนอกมีสีน้ำตาล ส่วนภายในมีสีม่วงเข้ม	น้ำตาลเข้ม
กลิ่น	มีกลิ่นมะพร้าว	มีกลิ่นมะพร้าวเล็กน้อย	มีกลิ่นเหม็นหืน	มีกลิ่นเหม็นหืน	มีกลิ่นเหม็นหืน
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	9.85 ± 0.04^{a}	9.76 ± 0.01^{b}	9.76 ± 0.02^{b}	9.51 ± 0.03^{c}	9.42 ± 0.01^{d}
Flash foam (ml.)	32.50 ± 3.54^{b}	45.00 ± 5.00^{a}	41.67 ± 2.89^{a}	45.00 ± 7.07^{a}	46.67 ± 5.77^{a}
Foam drainage (ml.)	5.33 ± 1.53^{c}	12.00 ± 2.83^{b}	10.00 ± 1.00^{b}	19.00 ± 5.30^{a}	27.50 ± 10.61^{a}
ความชื้น (%)	21.51 ± 0.60^{c}	22.97 ± 2.06^{bc}	27.53 ± 2.78^{a}	25.68 ± 0.96^{a}	23.22 ± 0.67^{b}

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษแสดงการเปรียบเทียบค่าทางสถิติของข้อมูลของแต่ละแถวในชุดทดลองที่ต่างกัน

จากการเปรียบเทียบสบู่ทั้ง 4 สูตรกับชุดควบคุม พบว่า สบู่ที่ใช้ครีมโปรตีนร้อยละ 25 และน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ร้อยละ 75 ($S2_{(75:25)}$) มีลักษณะทั่วไปที่ใกล้เคียงกับสบู่ที่ผลิตจากน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มากที่สุด โดยมีลักษณะเนื้อสบู่ที่ดีและให้สีสันที่ดูสวยงามเป็นธรรมชาติ (รูปที่ 2)



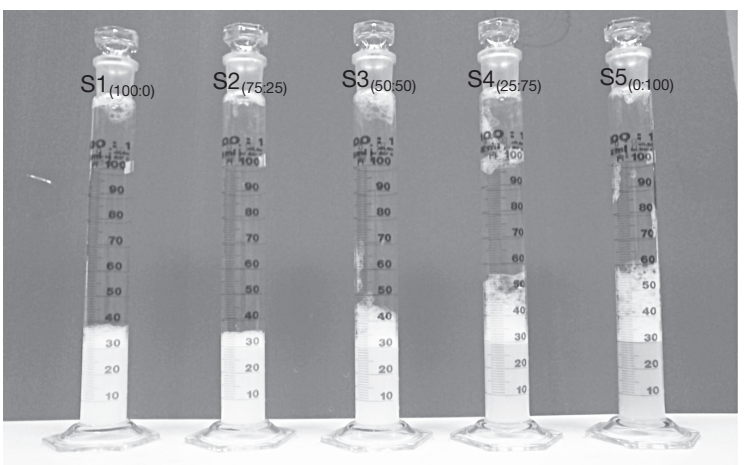
รูปที่ 2 ลักษณะของสีที่ปรากฏในสบู่ที่ใช้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ต่อครีมโปรตีนในสัดส่วนต่างๆ กัน

ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

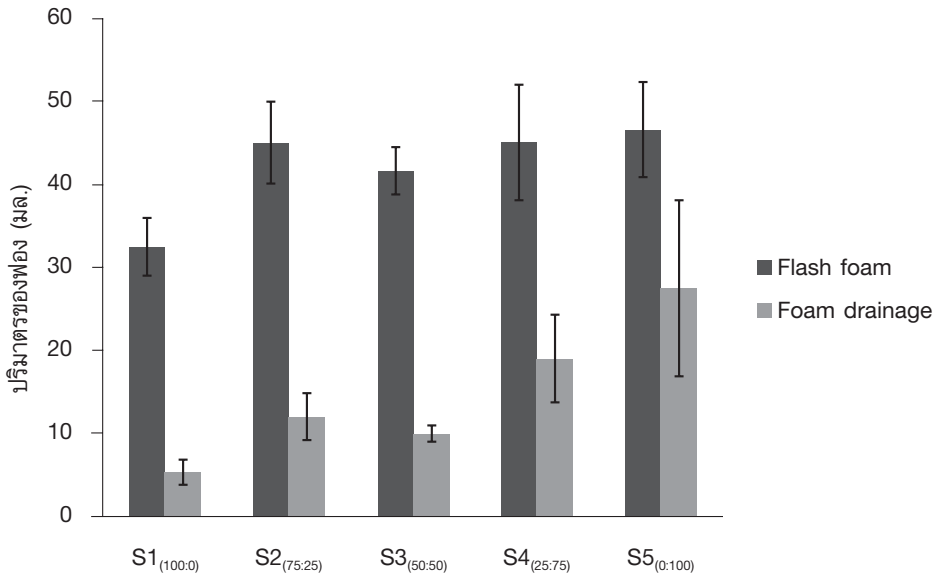
ค่า pH เป็นพารามิเตอร์หนึ่งที่สำคัญในการตรวจสอบคุณภาพของสบู่เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าเมื่อนำไปใช้แล้วจะไม่ก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวของผู้ใช้ Oluwatoyin [4] รายงานว่าค่า pH ของสบู่ธรรมชาติที่ผลิตจากน้ำมันชนิดต่างๆ กัน 12 ชนิดหลังจากผลิตนาน 2 สัปดาห์มีค่าประมาณ 9.6 – 10.5 ส่วนสบู่ทางการค้ายี่ห้อต่างๆ ในตลาด 6 ยี่ห้อมีค่า pH ประมาณ 7.8 – 10.6 โดยเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้คือ pH ประมาณ 8-10 [6] สำหรับค่า pH ของสบู่ในทุกชุดทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 9.4 – 9.8 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้ อย่างไรก็ตามสบู่ที่ผลิตจากของเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ($S2_{(75:25)}$, $S3_{(50:50)}$, $S4_{(25:75)}$ และ $S5_{(0:100)}$) มีค่า pH ต่ำกว่าสบู่ที่ผลิตจากน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ 100% ($S1_{(100:0)}$, ชุดควบคุม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อาจเนื่องจากค่า pH เริ่มต้นของครีมโปรตีนและน้ำทิ้งที่มีค่าค่อนข้างต่ำ (ตารางที่ 2) ดังนั้นค่า pH ของสบู่จากของเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ผลิตเสร็จแล้วจึงต่ำกว่าสบู่ที่ผลิตจากน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์

การเกิดฟองและการกร่อน

สบู่เป็นของแข็งที่มีลักษณะลื่นและให้ฟองเมื่อละลายน้ำ ปริมาณและลักษณะของฟองจะแตกต่างกันไปตามแต่ชนิดของน้ำมันที่นำมาผลิตสบู่ แม้ในการผลิตสบู่เพื่อจำหน่ายไม่ได้มีการกำหนดมาตรฐานของการเกิดฟองไว้แต่ลักษณะของการเกิดฟองสามารถบ่งบอกสมบัติของสบู่ได้ โดยทั่วไปสบู่จากน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์จะให้ปริมาณฟองมาก ลักษณะฟองโตอยู่ได้นานและทำความสะอาดได้ดีมาก [5] จากการตรวจวัดการเกิดฟองทั้งในรูปปริมาตรฟองหลังเขย่าทันที (flash foam) และปริมาตรฟองหลังตั้งทิ้งไว้ 5 นาที (foam drainage) (ตารางที่ 3, รูปที่ 3, 4) พบว่าการลดสัดส่วนน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ต่อครีมโปรตีนที่ใช้ในการทำสบู่ส่งผลให้ค่า flash foam และ foam drainage เพิ่มขึ้น ทั้งนี้ชุดทดลอง $S1_{(100:0)}$ ซึ่งเป็นสบู่จากน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ มีค่า flash foam และค่า foam drainage น้อยกว่าสบู่ที่ผลิตจากน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ร่วมกับน้ำทิ้งในกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ปัจจัยที่ทำให้ปริมาณฟองมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับจำนวนคาร์บอนอะตอมในน้ำมันที่นำมาผลิตสบู่โดยการเกิดฟองจะเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนคาร์บอนอะตอมลดลง [6] นอกจากนี้อาจเนื่องจากโปรตีนในชั้นครีมโปรตีนที่ใช้ทำสบู่ โปรตีนซึ่งมีสมบัติเป็นสารลดแรงตึงผิวจะเกิดการแทรกตัวไปยังระหว่างชั้นน้ำและอากาศทำให้แรงตึงผิวลดลง เกิดเป็นชั้นฟิล์มห่อหุ้มอากาศเอาไว้โดยโปรตีนจะหันส่วนที่ชอบน้ำไปยังเฟสของน้ำ และส่วนที่ไม่ชอบน้ำไปยังเฟสของอากาศ ดังนั้นการเพิ่มสัดส่วนของครีมโปรตีนในการทำสบู่จึงส่งผลให้การเกิดฟองง่ายขึ้นและฟองมีความคงตัวมากขึ้น [19]

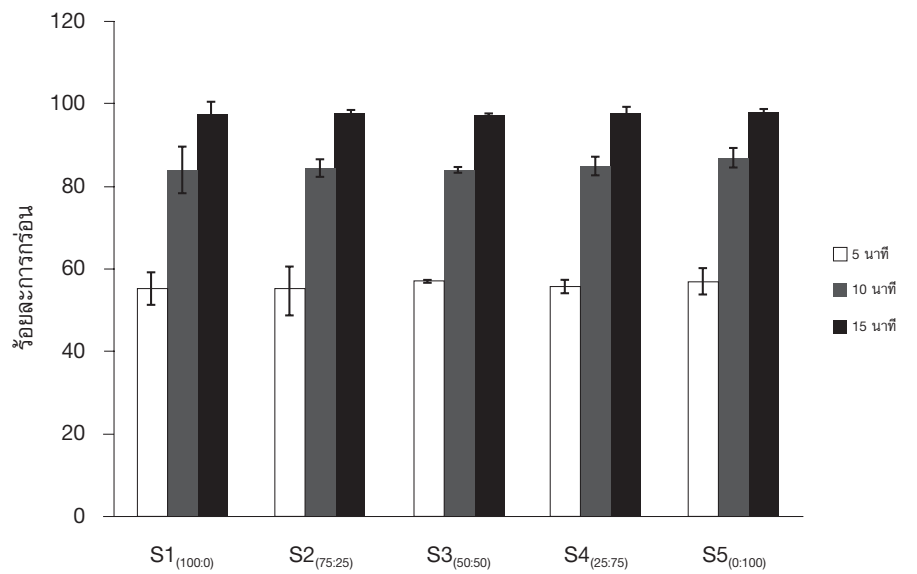


รูปที่ 3 ปริมาตรฟองที่คงอยู่หลังตั้งทิ้งไว้ 5 นาที (Foam drainage) ของสบู่ที่ผลิตจากน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์กับครีมโปรตีนในสัดส่วนต่างๆ กัน



รูปที่ 4 เปรียบเทียบปริมาตรของ Flash foam และ Foam drainage ของสบู่ที่ผลิตจากน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์กับครีมโปรตีนในสัดส่วนต่างๆ กัน

อย่างไรก็ตามสบู่ที่ผลิตจากน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ($S1_{(100:0)}$) และสบู่ที่ผลิตจากน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ร่วมกับของเหลือทิ้งในกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ มีการกร่อนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยมีร้อยละการกร่อนที่เวลา 15 นาทีอยู่ในช่วงร้อยละ 97.20 – 98.10 แสดงให้เห็นว่าสบู่ที่ผลิตได้ทั้ง 4 ชุดทดลอง ($S2_{(75:25)}$, $S3_{(50:50)}$, $S4_{(25:75)}$ และ $S5_{(0:100)}$) มีความสามารถในการละลายน้ำได้ดี (รูปที่ 5) เช่นเดียวกับสบู่ที่ผลิตจากน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ($S1_{(100:0)}$)



รูปที่ 5 การกร่อนของสบู่ที่ผลิตจากน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์กับครีมโปรตีนในสัดส่วนต่างๆ กันที่เวลาของการละลายในน้ำกระด้างต่างๆ กัน

3.2.2 สมบัติทางเคมี

ในการศึกษาลักษณะทางเคมีของสบู่ที่ผลิตจากของเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ได้ตรวจวัดพารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ สารที่ไม่ละลายในเอทานอล, ค่าไขมันทั้งหมด และด่างอิสระ (ตารางที่ 4) ตามข้อกำหนดของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม จากการวิเคราะห์ปริมาณสารที่ไม่ละลายในเอทานอล, ด่างอิสระ และปริมาณไขมันทั้งหมด พบว่าชุดทดลอง $S2_{(75:25)}$ ที่ใช้ครีมโปรตีนร้อยละ 25 นั้นไม่พบสารที่ไม่ละลายในเอทานอลและด่างอิสระเช่นเดียวกับชุดควบคุมซึ่งเป็นสบู่ที่ผลิตจากน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ($S1_{(100:0)}$) แต่มีปริมาณไขมันทั้งหมดน้อยกว่าคือประมาณ 76.17% ส่วนชุดทดลอง $S3_{(50:50)}$, $S4_{(25:75)}$และ $S5_{(0:100)}$ แม้ไม่พบด่างอิสระเช่นเดียวกับสบู่ที่ผลิตจากน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ และสบู่สูตร $S2_{(75:25)}$ แต่พบสารที่ไม่ละลายในเอทานอล 0.65, 1.53 และ 1.95% ตามลำดับ ปริมาณไขมันทั้งหมดประมาณ 65.91, 59.83 และ 52.07% ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มสัดส่วนของครีมโปรตีนในการทำสบู่ส่งผลให้ค่าสารที่ไม่ละลายในเอทานอลเพิ่มขึ้นและปริมาณไขมันทั้งหมดลดลง เนื่องจากในครีมโปรตีนมีองค์ประกอบอื่นๆ นอกจากไขมัน เช่น โปรตีน (ตารางที่ 2) ที่ไม่สามารถทำปฏิกิริยาสปอนิฟิเคชันได้จึงปนเปื้อนอยู่ในเนื้อสบู่ทำให้คุณภาพของสบู่ที่ผลิตได้ลดลง อย่างไรก็ตามมีข้อยกเว้นในกรณีที่มีการใส่สารเติมแต่งจากธรรมชาติ เช่น นมแพะ หรือผงสมุนไพรต่างๆ ผู้ผลิตต้องแจ้งชื่อสาร ปริมาณและวัตถุประสงค์ที่ใส่

เมื่อเปรียบเทียบสมบัติทางเคมีของสบู่ที่ผลิตได้ (ตารางที่ 4) กับมาตรฐานสบู่ก้อนของ สมอ. [13] และมาตรฐานผลิตภัณฑ์ มก.-ธ.ก.ส. [14] พบว่า สบู่จากน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ($S1_{(100:0)}$) และสบู่ที่ผลิตจากครีมโปรตีนร้อยละ 25 ($S2_{(75:25)}$) เท่านั้นที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งในด้านของปริมาณสารที่ไม่ละลายในเอทานอล และปริมาณด่างอิสระที่ตรวจพบ ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบสมบัติทั้งทางกายภาพและเคมีของสบู่ที่ผลิตจากน้ำทิ้งในกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ทั้ง 4 สูตรพบว่าสบู่ที่ผลิตจากครีมโปรตีนร้อยละ 25 และน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ร้อยละ 75 เป็นสูตรสบู่ที่เหมาะสมและมีสมบัติใกล้เคียงกับสบู่ที่ผลิตจากน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มากที่สุด

ตารางที่ 4 ปริมาณสารที่ไม่ละลายในเอทานอล, ไขมันทั้งหมดและด่างอิสระของสบู่ที่ใช้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ต่อครีมโปรตีนในสัดส่วนต่างๆ กัน

สมบัติทางเคมี	$S1_{(100:0)}$	$S2_{(75:25)}$	$S3_{(50:50)}$	$S4_{(25:75)}$	$S5_{(0:100)}$	มาตรฐาน	
						สมอ.	มก.-ธ.ก.ส.
สารที่ไม่ละลายในเอทานอล (%)	-	-	0.65 ± 0.33^{b}	1.53 ± 0.05^{a}	1.95 ± 0.65^{a}	≤ 1.25	-
ไขมันทั้งหมด (%)	87.86 ± 0.83^{a}	76.17 ± 0.86^{b}	65.91 ± 1.82^{c}	59.83 ± 0.54^{d}	52.07 ± 0.50^{e}	≥ 75	≥ 76.5
ด่างอิสระ (%)		-	-	-	-	≤ 0.1	≤ 0.05

หมายเหตุ : - = ตรวจไม่พบ
สมอ. = สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
มก.-ธ.ก.ส. = มาตรฐานมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์-ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร
ตัวอักษรภาษาอังกฤษแสดงการเปรียบเทียบค่าทางสถิติของข้อมูลของแต่ละแถวในชุดทดลองที่ต่างกัน

4. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ครีมโปรตีนและน้ำทิ้งซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งในกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ มีศักยภาพในการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ในกระบวนการผลิตสบู่ อย่างไรก็ตามคุณภาพของสบู่ที่ผลิตได้ขึ้นกับสัดส่วนของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ต่อครีมโปรตีน สบู่ที่ใช้ครีมโปรตีนร้อยละ 25 และน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ร้อยละ 75 ($S2_{(75:25)}$) มีลักษณะทางกายภาพได้แก่ สี และลักษณะเนื้อสบู่ใกล้เคียงกับสบู่ที่ผลิตจากน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์แต่มีเนื้อสบู่ที่นิ่มนวลกว่า นอกจากนี้ยังมีสมบัติทางเคมีได้แก่ ปริมาณสารที่ไม่ละลายในเอทานอลและปริมาณด่างอิสระอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรม (2543) และมาตรฐานมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์-ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (2550) กำหนด อย่างไรก็ตามในสูตรที่ผ่านมาตรฐานยังคงมีปัญหาในเรื่องของสีซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด การลดการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดอาจทำได้โดยการควบคุมอุณหภูมิและระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา รวมทั้งความเป็นกรด-ด่างในขั้นตอนการทำสบู่ นอกจากนี้อาจเติมเอนไซม์ที่สามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่งอยู่ในชั้นครีมโปรตีนเพื่อลดการเข้าทำปฏิกิริยากับอะมิโนโปรตีนในปฏิกิริยาเมลลาร์ด [20]

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาที่ได้จัดสรรทุนอุดหนุนการวิจัยภายใต้โครงการวิจัยและนวัตกรรมเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนฐานรากประจำปีงบประมาณ 2555

6. เอกสารอ้างอิง

1. Agriculture Office of Prachuap Khiri khan, 2008, *Coconut production statistics*, [cited 2012 May 23] http://www.Pra chuap.doae.go.th/data__areas/data__eco%20areas/coconut/coconut%2051.pdf (In Thai)

2. Jeyashoke, N., Koonsrisuk, S., Suchaitanawanich, S., 2007, "Quality improvement of virgin coconut oil produced by Reun Samunphai Auw Noi", *Pamphlet of the Lower Central Region Research Network*, Vol. 3, No. 1, pp. 9–12. (In Thai)

3. Fuangworawong, P., Tripetchkul, S., Koonsrisuk, S. and Akeprathumchai, S., 2008, "Study on Availability and Utilization of Wastes from Coconut Processing in Prachuapkirikarn Province", *Silapakorn university journal*, Vol. 28, No. 3, pp. 13-31. (In Thai)

4. Oluwatoyin S. M., 2011, "Quality of soups using different oil blends", *Journal of Microbiology and Biotechnology Research*, Vol. 1, No. 1, pp. 29-34.

5. Hutapat, K., 2006, *Natural Soap Making*, Offset Creation Company Limited, Bangkok, pp. 4–29. (In Thai)

6. Poonsiri, C., 2010, *Soap making from virgin coconut oil*, [cited 2012 Sep 12]. Online Available:http://opac.tistr.or.th/Multimedia/STJN/4802/4802-13.pdf (In Thai)

7. Kuprasit, A., 2009, *Aroma soap*, [cited 2012 Oct 4]. Online Available: http://www.tistr. or.th/tistrblog/?p=426 (In Thai)

8. Tripetchkul, S., Akeprathumchai, S., Koonsrisuk, S., Kusuwanwichid, S., Pundee, K. and Fuangworawong, P., 2008, "Technological development and transfer for entrepreneur: production of bioextract and compost from virgin coconut oil by product, Prachuapkhirikhan province", *Research Report of the Higher Education Research Network of the Lower Central*, pp. 48-51. (In Thai)

9. Secchi G., 2008, "Role of protein in cosmetics", Clinic in Dermatology, Vol. 26, pp. 321-325.

10. Somerset Cosmetic Company, 2012, *Proteins used in cosmetics*. [cited 2012 Dec 23]. Online Available: http://www.makingcos metics.com/articles/19-proteins-used-in-cosmetics.pdf

11. American Oil Chemists' Society, 1993,

Official and Tentative Methods for the American Oil Chemists' Society, Published by the American Oil Chemists' Society.

12. Association Office Analytical Chemists International, 1995, *Official Methods of Analysis*, The Association Office Agricultural Chemists, Virginia.

13. Thai Industrial Standards Institute, 2000, "Product criteria of green label for soap", *TISI Bulletin*, Vol. 297, pp. 10-12. (In Thai)

14. Kasetsart University - Bank for Agriculture and Agricultural Cooperatives, 2007, *Soap Standard*, [cited 2012 Sep 15]. Online Available:http://www.kuservice.ku.ac. th/cms__web /index. php?q=doc/d/167 (In Thai)

15. Anusornteerakul, D., 2008, *Development of transparent soap containing lemongrass oil and study of its safety on healthy volunteer*, M.Sc. Thesis, Khon Kaen University, Khon Kaen.

16. Tripetchkul, S., Kusuwanwichid, S., Koonsrisuk, S. and Akeprathumchai, S., 2010, "Utilization of wastewater originated from naturally fermented virgin coconut oil manufacturing process for bioextract production: Physico-chemical and microbial evolution", *Bioresource Technology*, Vol. 101, pp. 6345-6353.

17. Martins, S.I.F.S., Jongen, W.M.F., van Boekel M.A.J.S., 2000, "A review of Maillard reaction in food and implications to kinetic modeling", *Trends in Food Science & Technology*, Vol. 11, pp. 364-373.

18. Collins, Y.F., McSweeney, P.L.H. and Wilkinson M.G., 2003, "Lipolysis and free fatty acid catabolism in cheese: a review of current knowledge", *International Dairy Journal*, Vol. 13, pp. 841-866.

19. Wilde, P.J. and Clark, D.C., 1996, *Method of testing protein functionality*, G.M. Hall (ed.) Blackle Academic & Professional, London.

20. Søe, J.B. and Petersen, L.W., 2005, *Method of reducing or preventing Maillard reactions in potato with hexose oxidase*, [cited 2013 Apr 19]. Online Available: http://www. google.com/patents/US6872412