

สูตรไมโครอิมัลชันและประสิทธิภาพการขจัดคราบของน้ำยาเอนกประสงค์สูตรมะกรูด ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

Microemulsion Formulation and Detergency of Bergamot Multi-Purpose Cleaner Following Thai Community Product Standard

ปณณธร เพี้ยคำ¹ และ นวลกมล อารมณ์พงษ์^{1,2*}

Pannathorn Pleakam¹ and Noulkamol Arpornpong^{1,2*}

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาน้ำยาเอนกประสงค์สูตรไมโครอิมัลชันที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน โดยได้ทำการคัดเลือกสูตรสารละลายสารลดแรงตึงผิวที่สามารถเกิดไมโครอิมัลชันชนิด Winsor Type III มาใช้ในการศึกษาประสิทธิภาพการทำความสะอาดผ้าเนื้อผสมชนิดคอตตอนผสมโพลีเอสเตอร์ (95:5) ที่ปนเปื้อนน้ำมันรำข้าว ผลการศึกษาพบว่า สูตรสารละลายสารลดแรงตึงผิว Dehydrol® LS3TH ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยปริมาตร ความเข้มข้นเกลือร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก มีประสิทธิภาพการขจัดคราบน้ำมันสูงสุดร้อยละ 98.8 เมื่อใช้ปริมาณน้ำยาเอนกประสงค์ 200 มิลลิลิตรต่อระยะเวลาการซักผ้าที่ 40 นาที นอกจากนี้พบว่า คุณสมบัติของน้ำยาเอนกประสงค์ ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณสารลดแรงตึงผิว และจำนวนจุลินทรีย์ มีคุณภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ค่าคุณลักษณะน้ำเสีย ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าฟอสเฟต และค่าซีโอดี มีค่าที่อยู่ในเกณฑ์ปกติทั่วไปของคุณลักษณะน้ำเสียจากบ้านพักอาศัย จากผลการศึกษาครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่า น้ำยาเอนกประสงค์สูตรไมโครอิมัลชันที่ได้ทำการพัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าน้ำยาเอนกประสงค์ที่จำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด และน้ำยาเอนกประสงค์สูตรมะกรูดที่พัฒนาขึ้นได้มาตรฐานตามคุณภาพของผลิตภัณฑ์ชุมชน

คำสำคัญ: ไมโครอิมัลชัน, สารลดแรงตึงผิว, น้ำยาเอนกประสงค์

Abstract

The objective of this research is to formulate the environmentally friendly multi-purpose microemulsion-based cleaner following the Thai community product standard.

¹ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

¹Department of Natural Resources and Environment, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok 65000, Thailand

²โปรแกรมวิจัย การจัดการกากอุตสาหกรรม-นโยบายและแนวปฏิบัติ ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย กรุงเทพฯ 10330

²Research Program of Industrial Waste Management – Policies and Practices, Center of Excellence on Hazardous Substance Management (HSM), Bangkok 10330, Thailand

*Corresponding author : noulkamola@nu.ac.th

The optimum formulation was selected based on the microemulsion Winsor type III for the removal of rice bran oil from the white fabric (cotton/ polyester (95:5) blend). The results showed that the maximum rice bran oil detergency (98.8%) was achieved using 200 ml of washing solution containing the 10% vol. Dehydol® LS3TH and 10% wt. NaCl at the washing cycle of 40 min. Additionally, the test properties of the multi-purpose cleaner including pH, the quantity of surfactant and microorganisms were achieved the quality standard of the Thai Community Product. From the characteristic study of the rinse solution, it was found that the pH, phosphate and COD values were in the normal range of the household wastewater characteristics. Thus, this study could be concluded that the microemulsion-based multi-purpose cleaner has better detergency efficiency than the local products, reaches the Thai Community Product standard.

Keywords: Microemulsions, Surfactant, Multi-purpose cleaner

บทนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยกำลังเผชิญกับปัญหาสภาวะเศรษฐกิจที่ถดถอย ซึ่งส่งผลกระทบต่อราคาสินค้าอุปโภคและบริโภคที่มีการปรับตัวสูงขึ้นตามไปด้วย ทำให้ประชาชนมีรายจ่ายที่เพิ่มมากขึ้น ในขณะที่รายได้ในครัวเรือนยังคงเท่าเดิม โดยเฉพาะรายจ่ายสำหรับซื้อน้ำยาหรือสารทำความสะอาดต่างๆ ภายในครัวเรือน เช่น สบู่ น้ำยาล้างจาน น้ำยาซักผ้า เป็นต้น โดยในแต่ละครัวเรือนต้องมีการค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนไม่น้อย ดังนั้น การดำเนินชีวิตบนวิถีแห่งเศรษฐกิจพอเพียงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดภาระค่าใช้จ่ายภายในครอบครัวได้

การทำน้ำยาเอนกประสงค์สมุนไพรไว้ใช้เองในครัวเรือนกำลังเป็นที่นิยมในปัจจุบัน เนื่องจากมีวิธีการทำที่ง่าย หาซื้อวัตถุดิบได้เองตามท้องถิ่น และสามารถนำพืชสมุนไพรในท้องถิ่นมาใช้ให้เกิดประโยชน์ อนึ่งในชุดทำน้ำยาเอนกประสงค์หนึ่งชุดจะได้ปริมาณน้ำยาที่มากคุ้มกับค่าใช้จ่ายเมื่อเทียบกับการซื้อผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดที่จำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด การทำน้ำยาเอนกประสงค์ไว้ใช้เองในครัวเรือนโดยทั่วไป ส่วนใหญ่จะมีการใช้สารลดแรงตึงผิวชนิด Sodium Lauryl Ether Sulfate (SLES) หรือ (N70) และ Linear alkyl benzene sulfonate (LAS) เป็นส่วนผสมหลัก แต่ในสารชนิด LAS มีองค์ประกอบของสารเบนซีน ซึ่งสารเบนซีนจะย่อยสลายได้ยากในธรรมชาติจึงไม่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Rosen, 2004) นอกจากนั้น การทำน้ำยาเอนกประสงค์ที่ทำไว้ใช้เองในครัวเรือนหรือจัดจำหน่ายทั่วไป ยังขาดการคำนึงถึงคุณภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) เช่น มีการตกแต่งกลิ่น-เดิมสีจากสารเคมี การใช้พืชสมุนไพรหรือผลไม้มาเป็นส่วนผสมโดยที่ไม่ได้มีการควบคุมคุณภาพซึ่งอาจมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ก่อโรคได้ หรือส่งผลให้มีค่า pH ที่สูงหรือต่ำจนเกินไป จึงอาจก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนังและเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมได้ (TISI Standard, 2009, TISI Standard, 2010)

การพัฒนาทำน้ำยาเอนกประสงค์โดยใช้เทคนิคไมโครอิมัลชัน คือ การผสมสาร 2 วัฏภาคที่ต่างกันให้สามารถรวมเป็นเนื้อเดียวกันได้ ได้แก่ วัฏภาคน้ำกับวัฏภาคน้ำมัน โดยจะใช้สารลดแรงตึงผิวเป็นตัวประสาน ไมโครอิมัลชันชนิด Winsor Type III ที่ประกอบด้วยชั้นน้ำ (Aqueous phase) ชั้นไมโครอิมัลชัน (Microemulsion phase) และชั้นน้ำมัน (Oil phase) เป็นระบบที่สามารถลดค่าแรงตึงผิวระหว่างน้ำกับน้ำมันได้ต่ำสุด (Ultralow interfacial tension) ที่จะทำให้อาหารลดแรงตึงผิวสามารถดึงโมเลกุลน้ำมันออกจากพื้นผิวได้ดี (Rosen, 2004; Wade et al., 1978; Winsor, 1954)

Tongcumpou *et al.* (2003) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการซักล้างคราบน้ำมันเฮกซะเดเคน (Hexadecane) และน้ำมันเครื่องที่ปนเปื้อนบนเศษผ้า โดยใช้สารลดแรงตึงผิวผสมชนิด Sodium dioctyl sulfosuccinate (AOT) เข้มข้นร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก ร่วมกับสารลดแรงตึงผิวชนิด Alkyl diphenyl oxide disulfonate (ADPODS) เข้มข้นร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก และสารลดแรงตึงผิวชนิด Sorbitan monooleate (Span 80) เข้มข้นร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก โดยมีความเข้มข้นของสารละลาย NaCl ที่แตกต่างกัน ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของสารละลาย NaCl ร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก และสำหรับกำจัดน้ำมันเครื่องที่ความเข้มข้นของสารละลาย NaCl ร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก มีประสิทธิภาพในการซักล้างถึงร้อยละ 80 ซึ่งเป็นสูตรที่มีประสิทธิภาพดีกว่าผลิตภัณฑ์ซักผ้าที่จำหน่ายในท้องตลาดที่มีประสิทธิภาพในการซักล้างเพียงร้อยละ 65

เมื่อเร็วๆ นี้ Arpornpong *et al.* (2018) ได้มีการพัฒนาสูตรสารสกัดไมโครอิมัลชันที่มีองค์ประกอบของสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุกลุ่ม Alcohol ethoxylate เป็นองค์ประกอบหลักสำหรับใช้สกัดน้ำมันรำข้าวดิบออกจากกากดินพอกสี ผลการศึกษพบว่า สารลดแรงตึงผิวชนิด Fatty alcohol C12-14 (3) ethoxylate สามารถทำให้เกิดไมโครอิมัลชันชนิด Winsor Type I และ Type III ได้ที่อุณหภูมิ 25 °C

จากปัญหาการทำน้ายาเอนกประสงค์ในครัวเรือนที่ไม่ได้คุณภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาน้ายาเอนกประสงค์สูตรไมโครอิมัลชันที่มีการใช้สารลดแรงตึงผิวชนิด Alcohol ethoxylate ซึ่งเป็นสารลดแรงตึงผิวที่ย่อยสลายได้ง่ายตามธรรมชาติและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม มีการใช้น้ำมันมะกูดุ่นซึ่งเป็นพืชสมุนไพรเป็นส่วนผสมเพื่อลดการใช้สารเคมีและสารเติมแต่งอื่นๆ โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อทำการศึกษาอิทธิพลของชนิดและความเข้มข้นของสารละลายสารลดแรงตึงผิว และความเข้มข้นของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ต่อการเกิดวิกฤตระหว่างน้ายาเอนกประสงค์กับน้ำมันรำข้าว 2) เพื่อทำการศึกษาประสิทธิภาพในการขจัดคราบปนเปื้อนน้ำมันรำข้าวบนเศษผ้าจากสูตรน้ายาเอนกประสงค์ที่ได้พัฒนาขึ้น

วิธีการดำเนินงาน

วัสดุอุปกรณ์

ชนิดของสารลดแรงตึงผิวที่ใช้ในงานวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ สารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ คือ สารลดแรงตึงผิวชนิด Fatty alcohol C₁₂₋₁₄ (3) ethoxylate (Dehydol® LS3TH) ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท ไทยอีทอกซีเลท จำกัด และสารลดแรงตึงผิวชนิด Lauryl glucoside (Plantacare® 1200up) จากบริษัท ปิเอเอสเอฟ (ไทย) จำกัด และสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบ คือ สารลดแรงตึงผิวชนิด Linear alkylbenzene sulfonate (LAS 50) และสารลดแรงตึงผิวชนิด Sodium lauryl ether sulfate (Texapon N70) คุณสมบัติของสารลดแรงตึงผิวแสดงดัง Table 1

ผ้าที่ใช้ในการทดลอง คือ ผ้าคอตตอน (Cotton) ผสมใยโพลีเอสเตอร์ (Polyester) (95:5) สีย้อมน้ำมันหรือ Oil red O (Solvent Red 27, Cl. No. 26125) จากบริษัท Sigma-Aldrich และ Dichloromethane จากบริษัทอาร์ซีไอ แล็บ สแกน จำกัด

การเตรียมน้ำมันมะกูด จะทำการหั่นมะกูดเป็นชิ้นขนาดพอเหมาะ เติมน้ำพอท่วมแล้วปั่นให้ละเอียด จากนั้นกรองเอาเฉพาะน้ำมันมะกูดโดยใช้ผ้าขาวบางแล้วนำมาตั้งไฟให้พออุ่นเพื่อฆ่าเชื้อ

Table 1 Chemical properties of surfactants.

Materials	Product name	Active (%)	MW (g/mole)
<i>Nonionic surfactant</i>			
Fatty alcohol C ₁₂₋₁₄ (3) ethoxylate	Dehydol® LS3TH	99	318
Lauryl Glucoside	Plantacare® 1200up	50	349
<i>Anionic surfactant</i>			
Linear Alkylbenzene Sulfonate	LAS 50	50	321
Sodium Lauryl Ether Sulfate	Texapon N70	70	378

การศึกษาวัฏภาคระหว่างน้ำยาเอนกประสงศ์สูตรไมโครอิมัลชันกับน้ำมันรำข้าว

การศึกษาวัฏภาคได้ดัดแปลงการทดลองของ Arpornpong *et al.* (2018) ทำได้โดยการผสมน้ำยาเอนกประสงศ์สูตรไมโครอิมัลชันที่มีสารลดแรงตึงผิวเข้มข้นร้อยละ 1-15 โดยปริมาตร โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เข้มข้นร้อยละ 0-20 โดยน้ำหนัก กับน้ำมันรำข้าวในอัตราส่วนระหว่างน้ำยาเอนกประสงศ์ต่อน้ำมันรำข้าว คือ 1 ต่อ 1 โดยปริมาตร ลงในหลอดทดลองขนาด 15 มิลลิลิตร จากนั้นนำตัวอย่างไปเขย่าโดยใช้เครื่อง vortex mixer เพื่อให้สารละลายผสมเข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 2 สัปดาห์ และสังเกตการเกิดวัฏภาคด้วยตาเปล่าและใช้ไมโครสโคปวัดชั้นน้ำมันแต่ละชั้น จากนั้นจึงนำไปพล็อตกราฟเพื่อดูลักษณะของการเปลี่ยนวัฏภาค

การเตรียมผ้าและทำรอยเปื้อนบนผ้า

การเตรียมผ้า (Fabric Pretreatment) และทำรอยเปื้อนบนผ้า (Soiling Procedure) ได้ดำเนินการตามวิธี ASTM standard guide D4265-98 (ASTM D 4265-98, 2000) โดยทำการตัดผ้าให้มีขนาด 3x4 นิ้ว แล้วนำไปซักเพื่อกำจัดสารเคลือบผิวและสารตกค้างที่อาจจะมีผลต่อการกำจัดน้ำมัน จากนั้นทำการย้อมสีน้ำมัน โดยซิง Oil Red-O ปริมาณ 0.1 กรัม ผสมกับน้ำมันรำข้าวปริมาตร 100 มิลลิลิตร ใส่ลงในปิกเกอร์และคนให้ละลายเข้ากัน ทำการเจือจางน้ำมันรำข้าวที่ย้อมสีแล้วด้วยการปิเปตน้ำมันรำข้าวมา 10 มิลลิลิตร ลงในปิกเกอร์ที่มีสารละลายไดคลอโรมีเทน (Dichloromethane) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร นำผ้าที่ซักแห้งและซังน้ำหนักแล้วมาแช่ในสารละลายทิ้งไว้ 1 นาที แล้วผึ่งผ้าบนกระดานฟากา ตั้งทิ้งไว้ 1 คืน เพื่อให้ผ้าแห้งและให้สารละลายไดคลอโรมีเทนระเหยออกจากผ้า นำผ้าที่ผึ่งแล้วไปอบด้วยตู้อบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส และนำเข้าโถดูดความชื้นจนอุณหภูมิเท่าอุณหภูมิห้อง แล้วนำผ้าไปซังน้ำหนักเพื่อให้ทราบน้ำหนักของน้ำมันที่ติดอยู่บนผ้า

กระบวนการซักผ้าและประสิทธิภาพการขจัดคราบ

กระบวนการซักผ้าได้ปรับปรุงวิธีการจากงานวิจัยของ Chanwattanakit *et al.* (2017) ร่วมกับการจำลองการซักผ้าเสมือนเครื่องซักผ้าตามครัวเรือนโดยการทดสอบด้วยเครื่องจาร์เทส (Jar test) ที่ความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที และทำการล้างด้วยน้ำกลั่นจำนวน 2 รอบ รอบละ 5 นาที เพื่อล้างน้ำยาเอนกประสงศ์และคราบน้ำมันออกจากผ้า การทดลองจะใช้อัตราส่วนน้ำยาเอนกประสงศ์ 200 มิลลิลิตร ต่อน้ำที่ย้อมสีแล้ว 1 ลิตร เมื่อซักผ้าเรียบร้อยแล้วนำผ้าไปผึ่งบนกระดานฟากาให้แห้ง โดยตั้งทิ้งไว้ 1 คืน แล้วนำผ้าที่ผึ่งแล้วไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

ซึ่งน้ำหนักผ้าเพื่อคำนวณประสิทธิภาพการซักคราบของน้ำยาเอนกประสงค์โดยเทียบกับน้ำหนักผ้าก่อนการซักล้าง

$$\text{ประสิทธิภาพการซักคราบ (ร้อยละ)} = \frac{(\text{น้ำหนักน้ำมันติดผ้า} - \text{น้ำหนักน้ำมันคงเหลือบนผ้าหลังซัก}) \times 100}{\text{น้ำหนักน้ำมันติดผ้า}}$$

เมื่อ

น้ำหนักน้ำมันติดผ้า = น้ำหนักผ้าย้อมน้ำมัน - น้ำหนักผ้าเปล่า (กรัม)

น้ำหนักน้ำมันคงเหลือบนผ้าหลังซัก = น้ำหนักผ้าหลังซัก - น้ำหนักผ้าเปล่า (กรัม)

น้ำยาเอนกประสงค์สูตรไมโครอิมัลชันที่ได้พัฒนาขึ้นจะทำการวิเคราะห์คุณภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) กระทรวงอุตสาหกรรม ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง จำนวนจุลินทรีย์ และปริมาณสารลดแรงตึงผิว และน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการซักล้างจะทำการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตามค่าคุณลักษณะของน้ำเสีย ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าฟอสฟอรัส และค่าซีโอดี

ผลการทดลองและอภิปรายผล

การศึกษาวัฏภาคระหว่างน้ำยาเอนกประสงค์สูตรไมโครอิมัลชันกับน้ำมันรำข้าว

ปัจจัยชนิดและความเข้มข้นของสารละลายสารลดแรงตึงผิว

จากการศึกษาวัฏภาคของสารละลายสารลดแรงตึงผิวชนิด Dehydol® LS3TH ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1-15 โดยปริมาตร กับน้ำมันรำข้าวดิบที่ประกอบด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก ผลการศึกษาพบว่า เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ Dehydol® LS3TH มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนวัฏภาคของระบบ โดยระดับความเข้มข้นของ Dehydol® LS3TH ร้อยละ 10-15 โดยปริมาตร ลักษณะไมโครอิมัลชันจะเปลี่ยนจาก Winsor Type I เป็น Type III (Figure 1) คือ เกิดการแยกเป็น 3 ชั้น ได้แก่ ชั้นน้ำมันอิสระ ชั้นไมโครอิมัลชัน และชั้นน้ำ ตามลำดับ

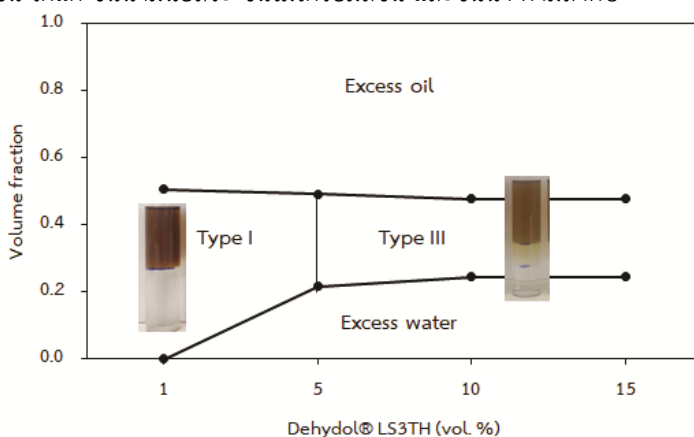


Figure 1 Microemulsion phase behavior of the system of Dehydol® LS3TH at various concentrations with 10 wt.% NaCl at 25 °C.

Figure 2 (a) แสดงผลการศึกษาวัฏภาคของสารละลายสารลดแรงตึงผิวชนิด Plantacare® 1200up (b) สารละลายสารลดแรงตึงผิวชนิด Texapon N70 และ (c) สารละลายสารลดแรงตึงผิวชนิด LAS 50 ที่ประกอบด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก พบว่า สารลดแรงตึงผิวทั้งสามชนิดไม่สามารถเกิดไมโครอิมัลชันชนิด Winsor Type III ได้ ซึ่งผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kittithammavong et al. (2016) ที่ทำการศึกษากิจกรรมของสารลดแรงตึงผิวชนิด Dehydol® LS3TH, Dehydol® LS9TH, Tween20, SDS และ Texapon N70 ต่อการเปลี่ยนแปลงวัฏภาคระหว่างน้ำกับน้ำมันปาล์มดิบ ผลการศึกษพบว่า มีเพียงสารลดแรงตึงผิวชนิด Dehydol® LS3TH และ Dehydol® LS9TH เท่านั้นที่สามารถเกิดไมโครอิมัลชันชนิด Winsor Type III ได้

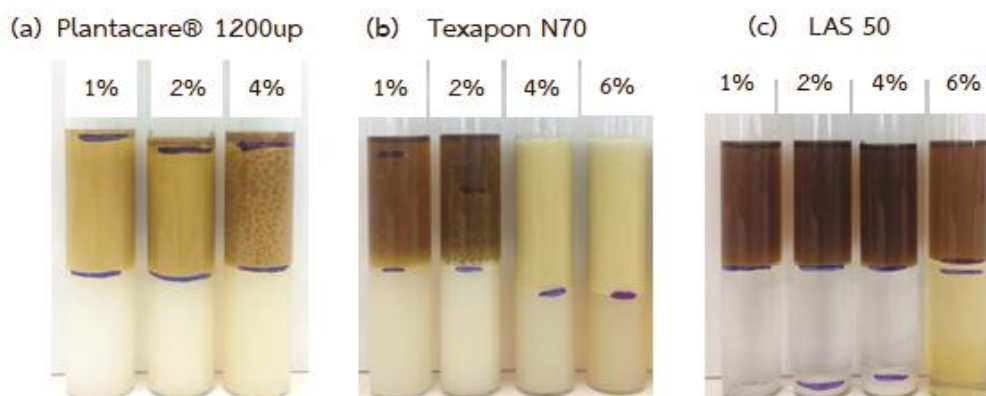


Figure 2 Microemulsion phase behavior of the system of Plantacare®1200up (a) Texapon N70 (b) and LAS 50 (c) with 5 wt.% NaCl and 25 °C.

ปัจจัยความเข้มข้นของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ (NaCl)

Figure 3 แสดงผลการศึกษปัจจัยความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ต่อการเกิดวัฏภาคระหว่างน้ำยาเอนกประสงค์ทั้ง 2 สูตร คือ สูตรสารละลายสารลดแรงตึงผิวชนิด Dehydol® LS3TH ร้อยละ 15 โดยปริมาตร (a) และสูตรสารละลายสารลดแรงตึงผิวผสมชนิด Dehydol® LS3TH ร้อยละ 15 ร่วมกับ Plantacare® 1200up ร้อยละ 4.5 โดยปริมาตร (b) พบว่า ระบบไมโครอิมัลชันจะเปลี่ยนจาก Winsor Type I เป็น Type III เมื่อมีการเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ในขณะที่สูตรสารละลายสารลดแรงตึงผิวชนิดอื่นหรือสารผสมระหว่างสารลดแรงตึงผิวชนิด Dehydol® LS3TH ร่วมกับ Texapon N70 หรือ LAS 50 ไม่สามารถเปลี่ยนเป็น Type III ได้ เมื่อมีการเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ซึ่งแนวโน้มนี้สอดคล้องกับงานวิจัยอื่นๆ (Arpompong et al., 2018; Naksuk et al., 2009) นอกจากนั้นพบว่า สูตรน้ำยาเอนกประสงค์ทั้ง 2 สูตร สามารถเกิดไมโครอิมัลชันชนิด Winsor Type III ได้ ที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 10–20 โดยน้ำหนัก

จากผลการศึกษากการเกิดวัฏภาคระหว่างน้ำยาเอนกประสงค์กับน้ำมันรำข้าวทำให้สามารถคัดเลือกสูตรที่สามารถเกิดไมโครอิมัลชันชนิด Winsor Type III ได้ (แสดงดัง Table 2 Formula 1-5) โดยสูตรน้ำยาเอนกประสงค์ทั้งหมด 5 สูตร จะนำไปศึกษาประสิทธิภาพการขจัดคราบปนเปื้อนน้ำมันรำข้าวบนเศษผ้าเพื่อคัดเลือกสูตรน้ำยาเอนกประสงค์สูตรมะกรูดที่มีประสิทธิภาพสูงสุด และเปรียบเทียบ

ประสิทธิภาพกับสูตรที่จำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด (Formula 6) โดยการเตรียมน้ำยาเอนกประสงค์สูตรมะกรูด จะทำการผสมน้ำมะกรูดเข้มข้นในอัตราส่วนน้ำมะกรูด 1 มิลลิลิตร ต่อน้ำยาเอนกประสงค์ 30 มิลลิลิตร

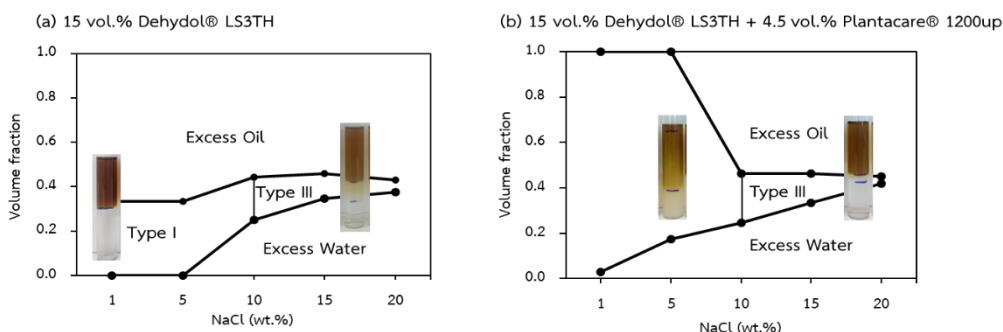


Figure 3 Phase volumes versus NaCl concentration for the system of 15 vol.% Dehydol® LS3TH (a) and 15 vol.% Dehydol® LS3TH + 4.5 vol.% Plantacare® 1200up (b) at 25 °C.

Table 2 The selected formulation of multi-purpose cleaner without bergamot solution.

Formula	Composition
1	10 vol.% Dehydol® LS3TH + 10 wt.% NaCl
2	15 vol.% Dehydol® LS3TH + 10 wt.% NaCl
3	4.5 vol.% Plantacare® 1200up + 10 wt.% NaCl
4	4.5 vol.% Plantacare® 1200up + 15 vol.% Dehydol® LS3TH + 10 wt.% NaCl
5	0.3 vol.% Texapon N70 + 0.3 vol.% LAS 50 + 0.3 wt.% NaCl
6	5 vol.% Texapon N70 + 5 vol.% LAS 50 + 5 wt.% NaCl

ประสิทธิภาพการขจัดคราบปนเปื้อนด้วยน้ำยาเอนกประสงค์สูตรมะกรูด

การศึกษาประสิทธิภาพการซักล้างของน้ำยาเอนกประสงค์สูตรมะกรูดทั้ง 6 สูตร โดยใช้ระยะเวลาในการซัก 30 นาทีต่อปริมาตรน้ำยาเอนกประสงค์สูตรมะกรูด 200 มิลลิลิตร ทำการซักด้วยเครื่องจาร์เทสที่ความเร็ว 120 รอบต่อนาที และทำการล้างด้วยน้ำกลั่น 2 ครั้ง จะได้ผ้าและน้ำยาเอนกประสงค์สูตรมะกรูดที่ผ่านการซักล้าง แสดงดัง Figure 4 โดยผลการเปรียบเทียบสีของผ้าที่ผ่านการซักล้างแล้วทั้ง 6 สูตร กับสีของผ้าที่ยังไม่ได้ทำการซักล้างแสดงให้เห็นว่า ผ้าที่ผ่านการซักล้างจากน้ำยาเอนกประสงค์ Formula 1 และ 2 มีการเปลี่ยนจากผ้าที่เป็นสีแดงเป็นผ้าสีขาวที่เด่นชัด ซึ่งแตกต่างจากผ้าที่ซักด้วยน้ำยาเอนกประสงค์ Formula 3-6 ซึ่งมีสีของผ้าเป็นสีชมพูอ่อน ดังนั้นแสดงให้เห็นอย่างเด่นชัดว่า น้ำยาเอนกประสงค์ Formula 1 และ 2 มีประสิทธิภาพการกำจัดคราบปนเปื้อนนํ้ามันออกจากผ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพและดีกว่าสูตรอื่นๆ



Figure 4 Picture of washed fabrics at different bergamot multi-purpose formula

นอกจากนี้ เมื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการขจัดคราบของน้ำยาเอนกประสงค์สูตรต่างๆ พบว่า น้ำยาเอนกประสงค์ Formula 1 มีประสิทธิภาพการขจัดคราบสูงสุดถึงร้อยละ 87.83 (Figure 5) ซึ่งมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับการศึกษาในงานวิจัยที่คล้ายคลึงกัน (Chanwattanakit et al., 2017; Phan et al., 2010) นอกจากนั้นพบว่า น้ำยาเอนกประสงค์ Formula 1 มีประสิทธิภาพการขจัดคราบดีกว่าน้ำยาเอนกประสงค์สูตรที่จำหน่ายในท้องตลาด (Formula 5 และ 6) ในขณะที่ Formula 4 มีประสิทธิภาพการซักล้างต่ำที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากน้ำยาเอนกประสงค์ Formula 2 และ 4 เป็นสูตรผสมของสารลดแรงตึงผิวที่มีความเข้มข้นมาก ตัวน้ำยามีค่าความหนืดสูง เมื่อนำไปทำการซักผ้าทำให้มีสารลดแรงตึงผิวตกค้างที่เศษผ้าและล้างตัวน้ำยาออกไม่หมด ส่งผลให้ผ้ามีน้ำหนักรที่เพิ่มขึ้นและทำให้มีประสิทธิภาพการซักล้างที่ต่ำ จากการศึกษาข้างต้นจึงสามารถคัดเลือกสูตรน้ำยาเอนกประสงค์ Formula 1 ซึ่งมีประสิทธิภาพการขจัดคราบน้ำมันราข้าวสูงสุดเพื่อนำไปศึกษาระยะเวลาในการซักผ้าที่เหมาะสม

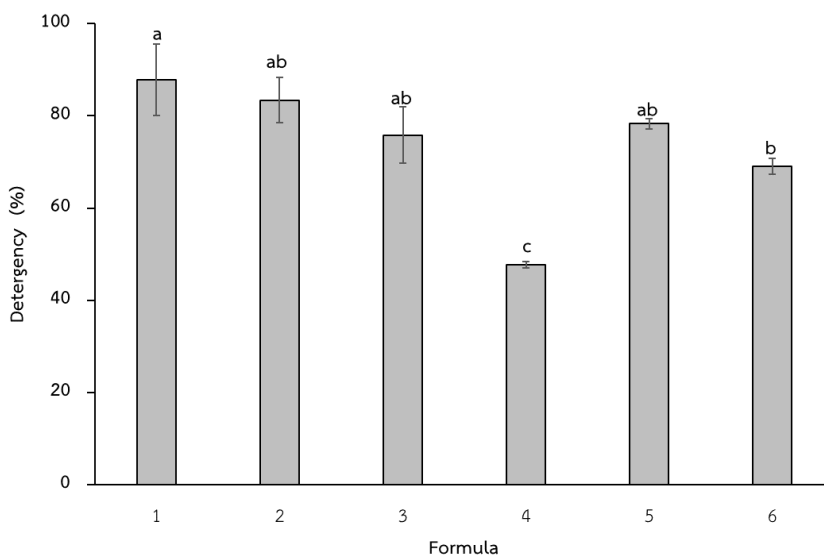


Figure 5 Detergency efficiencies of a full procedure test (30-min wash cycle, 3-min rinse cycle -rise 2 times) for 6 formulas (One-way ANOVA post hoc analysis Duncan method; different lowercase letters indicate a significantly different ($p < 0.05$))

Figure 6 แสดงผลการศึกษาระยะเวลาในการซักผ้าเพื่อการขจัดคราบปนเปื้อนนํ้ามันบนเศษผ้าโดยใช้เวลาในการซัก 20 30 และ 40 นาที ต่ออัตราส่วนนํ้ายาเอนกประสงค์ 200 มิลลิลิตร ทำการซักด้วยเครื่องจาร์เทสที่ความเร็ว 120 รอบต่อนาที พบว่าระยะเวลาการซักผ้าที่ 40 นาที มีประสิทธิภาพการซักล้างสูงสุดถึงร้อยละ 98.8 และที่เวลาในการซัก 20 และ 30 นาที มีประสิทธิภาพซักล้างร้อยละ 93.0 และ 87.8 ตามลำดับ ทั้งนี้ ระยะเวลาในการซักที่ 30 นาที มีประสิทธิภาพการซักล้างที่ต่ำอาจเนื่องมาจากความคาดเคลื่อนในการทดลอง

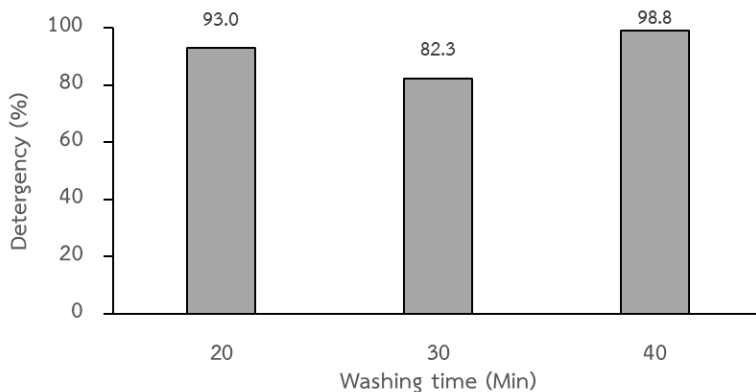


Figure 6 Effect of washing time on detergency efficiencies

การวิเคราะห์คุณสมบัติของนํ้ายาเอนกประสงค์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

Table 3 แสดงผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของนํ้ายาเอนกประสงค์ พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง จำนวนจุลินทรีย์ และปริมาณสารลดแรงตึงผิวของ Formula 1 ที่ได้ทำการพัฒนาขึ้นอยู่เกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน แต่ปริมาณสารลดแรงตึงผิวของ Formula 6 ซึ่งเป็นสูตร (Formula) ที่จำหน่ายทั่วไปในท้องตลาดมีปริมาณที่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน เนื่องจากมีปริมาณสารลดแรงตึงผิวที่เป็นองค์ประกอบของนํ้ายาเอนกประสงค์ในปริมาณที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน

จากการวิเคราะห์คุณลักษณะนํ้าเสียจากการซักล้างของนํ้ายาเอนกประสงค์เพื่อขจัดคราบเปื้อนนํ้ามันรำข้าว (Table 3) พบว่า นํ้าเสียจากสูตรที่ 1 มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 6.62 ค่าฟอสฟอรัส และค่าซีโอดี เท่ากับ 4.3 และ 2,304 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่านํ้าเสียจาก Formula 6 เนื่องจากนํ้ายาเอนกประสงค์ Formula 1 มีการขจัดคราบน้ำมันออกจากผ้าได้ดี ทั้งนี้ นํ้ามันเป็นสารอินทรีย์ที่ทำให้นํ้ามันออกจากผ้าได้มากก็ทำให้มีนํ้ามันอยู่ในนํ้าปริมาณมาก ทำให้ในนํ้าเสียมีสารอินทรีย์ที่สูงจึงส่งผลให้มีค่าซีโอดีที่สูง อย่างไรก็ตาม คุณลักษณะนํ้าเสียของนํ้ายาเอนกประสงค์ทั้ง 2 สูตร มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าฟอสเฟต และค่าซีโอดี ที่อยู่ในเกณฑ์ปกติทั่วไปของคุณลักษณะนํ้าเสียจากบ้านพักอาศัย (Pansawad, 1987)

สรุป

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า นํ้ายาเอนกประสงค์สูตรมะกรูดที่พัฒนาขึ้นด้วยเทคนิคไมโครอิมัลชันโดยมีสารละลายสารลดแรงตึงผิวชนิด Dehydol® LS3TH ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยปริมาตร ความเข้มข้น NaCl ร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก เป็นองค์ประกอบหลัก มีประสิทธิภาพการขจัดคราบน้ำมันรำข้าวบนผ้าเนื้อผสมชนิดคอตตอนผสมโพลีเอสเตอร์ที่ดีกว่านํ้ายาเอนกประสงค์ที่จำหน่ายทั่วไปตาม

ท้องตลาด ดังนั้น น้ำยาเอนกประสงค์สูตรมะกรูดที่ได้พัฒนาขึ้นจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจเนื่องจากเป็นสูตรที่ได้คุณภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากสารลดแรงตึงผิวที่เลือกใช้สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ ประชาชนทั่วไปสามารถนำสมุนไพรในท้องถิ่นมาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยนำสูตรไปปรับปรุงเพื่อใช้ในครัวเรือน จำหน่ายเพื่อเพิ่มรายได้ทำให้มีคุณภาพชีวิตที่ดีให้กับครอบครัว และสังคม ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และขอขอบคุณบริษัท ไทยอีทอกซีเลท จำกัด สำหรับความอนุเคราะห์สารลดแรงตึงผิวสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้

Table 3 Parameters for product and wastewater test.

Parameter	Unit	Formula 1	Formula 6	Standard	Method
Product test					
pH	-	5.95	6.29	5.5 - 10.5	pH meter (TISI Standard 178/2553)
Microbial contamination	CFU/mL	ND	ND	< 1,000	Total plate count Spread plate (TISI Standard 95/2552)
Surfactant concentration	wt. %	30	10	>15	TISI Standard 177/2553
Wastewater test¹					
pH	-	6.62	7.38	-	pH meter
COD	mg/L	2304	480	-	Closed reflux method
Phosphate	mg/L	4.3	6.1	-	Vanadomolybdo phosphoric acid colorimetric method

¹ Wastewater sample was collected from washing process without dilution.

ND is non-detachable.

เอกสารอ้างอิง

- Arpornpong, N, A. Charoensaeng, S. Khaodhiar, and D. A. Sabatini. (2018). Formulation of microemulsion-based washing agent for oil recovery from spent bleaching earth-hydrophilic lipophilic deviation concept. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 541, 87-96.
- ASTM D 4265-98. (2000). Standard guide for evaluating stain removal performance in home laundering. Annual book of ASTM standards, vol. 15.04. *American Society for Test and Materials ASTM D 4265-98*. West Conshohocken.
- Chanwattanakit, J., J. F. Scamehorn, D. A. Sabatini, and S. Chavadej. (2017). Laundry detergency of solid non-particulate soil or waxy solids: Part I. Relation to oily soil removal above the melting point. *Journal of Surfactants and Detergents*, 20(4), 815-830.
- Kittithammavong, V., A. Charoensaeng, S. Khaodhiar, R. Netvichien, and N. Arpornpong. (2016). Extraction of residual palm oil from spent bleaching earth (SBE) using surfactant. *Paper presented at the The 12th Naresuan Research Conference, Naresuan University, Phitsanulok, Thailand*.
- Naksuk, A., D. A. Sabatini, and C. Tongcumpou. (2009). Microemulsion-based palm kernel oil extraction using mixed surfactant solutions. *Industrial Crops and Products*, 30(2), 194-198.
- Pansawad, T. (1987). Domestic wastewater and water pollutant in Bangkok Metropolitan Region: National Environmental Board (In Thai).
- Phan, T., A. Witthayapanyanon, J. Harwell, and D. A. Sabatini. (2010). Microemulsion-based vegetable oil detergency using an extended surfactant. *Journal of Surfactants and Detergents*, 13(3), 313-319.
- Rosen, M. (2004). *Surfactant and interfacial phenomena* (3rd ed.). New Jersey: John Wiley & Sons.
- TISI Standard. (2009). TISI Standard No. 95/2552 for liquid soap. Bangkok: Thai Industrial Standards Institute (TISI).
- TISI Standard. (2010). TISI Standard No. 178/2553 for liquid laundry detergency product. Bangkok: Thai Industrial Standards Institute (TISI).
- Tongcumpou, C., E. J. Acosta, L. B. Quencer, A. F. Joseph, J. F. Scamehorn, D. A. Sabatini, and N. Yanumet. (2003). Microemulsion formation and detergency with oily soils: II. Detergency formulation and performance. *Journal of Surfactants and Detergents*, 6(3), 205-214.
- Wade, W. H., J. C. Morgan, R. S. Schechter, J. K. Jacobson, and J. L. Salager. (1978). Interfacial tension and phase behavior of surfactant systems. *Society of Petroleum Engineers Journal*, 18, 242-252.

Winsor, P. A. (1954). *Solvent properties of amphiphilic compounds*. London: Butterworths Scientific Publications.