การสกัดน้ำมันตะไคร้ไล่ยุงและการพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์

EXTRACTION OF CYMBOPOGON NADUS (*LINN.*) RENDLE OIL AND DEVELOPMENT OF PRODUCT QUALITY

นางสาวพีรนุช ตรงต่อกิจ รหัส 58366115

นางสาวภัทราพร เตียงกูล รหัส 58366146

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2561

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การสกัดน้ำมันละไคร่ใส่ยุงและการพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวพีรนุช ตรงต่อกิจ รหัส 58366115
	นางสาวภัทราพร เตียงกูล รหัส 58366146
ที่ปรึกษาโครงงาน	ดร.ปณัฐพงศ์ บุญนวล
สาขาวิชา	วิศวกรรมเคมี
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2561

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(ดร.ปณัฐพงศ์ บุญนวล)

.....กรรมการ
(ดร.ภมรรัตน์ จันธรรม)

.....กรรมการ
(ดร.นพวรรณ โม้ทอง)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การสกัดน้ำมันตะไคร้ไล่ยุงและการพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวพีรนุช ตรงต่อกิจ รหัส 58366115
	นางสาวภัทราพร เตียงกูล รหัส 58366146
ที่ปรึกษาโครงงาน	ดร.ปณัฐพงศ์ บุญนวล
สาขาวิชา	วิศวกรรมเคมี
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2561

.....

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้มุ่งเน้นศึกษากระบวนการสกัดน้ำมันตะไคร้หอมและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไล่ยุงจากน้ำมันตะไคร้หอมโดยส่วนแรกเป็นการศึกษาหาตัวทำละลายและสภาวะที่เหมาะสมใช้ในกระบวนการสกัดน้ำมันตะไคร้หอม โดย น้ำ เอทานอล และ ไดเมทิลอีเทอร์เหลว ถูกนำมาใช้เป็นตัวทำละลายในการสกัดจากผลการทดลองพบว่า กระบวนการสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำอัตราส่วน 7 ต่อ 1 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด 100 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ในการสกัด 60 นาที ได้ปริมาณน้ำมันมากที่สุดเท่ากับ 0.375 มิลลิลิตรต่อตะไคร้แห้ง 20 กรัม กระบวนการสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล อัตราส่วน 7 ต่อ 1 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด 80 องศาเซลเซียส เวลาในการสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล 40 นาที ได้ปริมาณน้ำมันเท่ากับ 1.6 มิลลิลิตรต่อตะไคร้แห้ง 20 กรัม จะเห็นได้ว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำใช้อุณหภูมิและระยะเวลาที่มากกว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล อย่างไรก็ตาม กระบวนการสกัดด้วยตัวทำละลายไดเมทิลอีเทอร์ ได้สารสกัดในรูปของแข็งไม่ใช่น้ำมัน กระบวนการนี้จึงไม่เหมาะกับการสกัดน้ำมันหอมระเหยดังนั้นเอทานอลจึงเป็นตัวทำละลายที่ดีที่สุดที่ใช้ในการสกัดน้ำมันตะไคร้หอม ในส่วนของการพัฒนาและปรับปรุงผลิตภัณฑ์น้ำมันตะไคร้ไล่ยุงให้มีประสิทธิภาพดีขึ้นให้เป็นที่ต้องการ ได้ทำการปรับปรุงในเรื่องความหนืดของผลิตภัณฑ์ และระดับความเข้มของสี จากผลการทดลองพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่มีสีระดับที่ 2 (รหัสสี 7.5GY8/14) มีความพึงพอใจมากที่สุดเนื่องจากเป็นสีที่ดูสะอาด โปร่ง ไม่มีตะกอน และดูน่าใช้ นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2 ซึ่งมีการเติมสารตัวเชื่อม (ทวีน 80) ปริมาณร้อยละ 10 มีค่าความหนืดที่วัดได้มีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 10.94 เซนติพอยส์

Title	Extraction Of Cymbopogon Nadus (*Linn.*) Rendle Oil And Development Of Product Quality
Author	Peeranut Trongtorkit 58366115
	Phattaraporn Tiangkool 58366146
Advisor	Dr. Panatpong Boonnoun
Academic Paper	Undergraduate Thesis B.Eng. (Chemical Engineering Faculty of Engineering, Naresuan University)

Abstract

This project aims to study the extraction process of Citronella oil and to develop Mosquito repellent product from Citronella oil. The first section is to determine the suitable extraction solvent and process conditions in the extraction of Citronella oil by using water, ethanol and liquefied dimethyl ether. From the results, water with the solvent to sample ratio at 7: 1, temperature at 100 ° C and 60 minutes extraction time gave the highest amount of the extracted oil which was 0.375 ml per 20 grams of dry sample. In case of Ethanol, the solvent to sample ratio at 7: 1, temperature at 80 ° C and 40 minutes extraction time was the suitable conditions to give 1.6 ml of oil 20 grams of dry sample. It can be seen that the extraction by water solvent requires higher temperature and longer time than ethanol. However, dimethyl ether as solvent gave the solidified extract product which was not suitable for this purpose. Ethanol is therefore considered as the most suitable extraction solvent. The development and improvement of the Mosquito repellent oil-based products for better efficiency is desirable. The viscosity and intensity of product color preference has been studied. The results showed that the product with color code 7.5GY8 / 14 is the most satisfied because of its clear and transparent characteristic, having no sediments which are pleasant to use. Besides, the second product formula, adding 10% of Tween 80 as emulsifier showed the lowest viscosity (10.94 centipoise).

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือของหลายๆฝ่าย โดยเฉพาะ ดร.ปณัฐพงศ์ บุญนวล อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน รวมถึงอาจารย์ ดร.ภมรรัตน์ จันธรรม และ ดร.นพวรรณ โม้ทอง อาจารย์กรรมการโครงงาน ที่ได้ให้คำแนะนำ คำปรึกษา แนะนำวิธีแก้ปัญหา รวมถึงข้อคิดเห็นต่างๆ ตลอดจนความดูและเอาใจใส่ ติดตามการดำเนินโครงงานมาโดยตลอด และขอขอบคุณอาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยนเรศวรทุกท่าน ที่ได้ให้วิชาความรู้ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

นอกจากนี้ขอขอบคุณ นางสาววรัญญา แก้วแจ้ง เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป ที่ได้ให้ข้อมูลการทำจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ และ ผู้ประกอบการจากโครงการพัฒนาอุตสาหกรรมภาค 5 ตำบลหัวดง อำเภอเมือง จังหวัดพิจิตร ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการเข้าไปเก็บข้อมูล เพื่อใช้ในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นอย่างดีมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ผู้ดำเนินโครงงานใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ได้ให้การดูแล อบรมสั่งสอนและให้กำลังใจด้วยดีเสมอมา ตลอดการดำเนินโครงงานจนสำเร็จการศึกษา

ผู้ดำเนินโครงงาน

พีรนุช ตรงต่อกิจ

ภัทราพร เตียงกูล

เมษายน 2562

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก
บทคัดย่อ ..... ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ (Abstract) ..... ง
กิตติกรรมประกาศ ..... จ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ซ
สารบัญรูปภาพ ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 3
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 3
1.4 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน 4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 5
2.2 สารเคมี 9
2.3 กระบวนการสกัด 12
2.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ 14
2.5 การวิเคราะห์สี 17
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 21
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 23
3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์ 23
3.2 แผนผังการดำเนินงาน 24
3.3 วิธีการทดลอง 26
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง 33
4.1 กระบวนการสกัดน้ำมันตะไคร้หอม 33

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2 การพัฒนา และปรับปรุงผลิตภัณฑ์น้ำมันตะไคร้ไล่ยุง 40

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 48

เอกสารอ้างอิง 49

ภาคผนวก 54

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 สารสำคัญและปริมาณในน้ำมันตะไคร้หอม 6
ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติทางกายภาพของเอทานอล 10
ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติทางกายภาพของไดเมทิลอีเทอร์ 10
ตารางที่ 2.4 คุณสมบัติทางกายภาพของทวีน 80 12
ตารางที่ 2.5 ขนาดของกลุ่มตัวอย่างของเครจซี่ และมอร์แกน 15
ตารางที่ 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 21
ตารางที่ 3.1 กระบวนการสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำ 26
ตารางที่ 3.2 กระบวนการสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล 27
ตารางที่ 3.3 กระบวนการสกัดด้วยตัวทำละลายไดเมทิลอีเทอร์ 28
ตารางที่ 3.4 สัดส่วนผสมระหว่างสีเข้มกับสีใสของผลิตภัณฑ์ 29
ตารางที่ 3.5 ส่วนประกอบของสารในผลิตภัณฑ์ 30
ตารางที่ 4.1 ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ด้วยตัวทำละลายน้ำ ที่อุณหภูมิต่างๆ 33
ตารางที่ 4.2 ปริมาณน้ำมันที่สกัดด้วยทำละลายเอทานอล ที่อุณหภูมิต่างๆ 36
ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบชนิดของตัวทำละลายน้ำ เอทานอล และไดเมทิลอีเทอร์ 39
ตารางที่ 4.4 ส่วนประกอบของสารในผลิตภัณฑ์ 40
ตารางที่ 4.5 ส่วนประกอบของสารในผลิตภัณฑ์ที่มีการปรับปรุงเพิ่มเติม 43
ตารางที่ 4.6 ค่าความหนืด (เซนติพอยส์) 45
ตารางที่ 4.7 ความพึงพอใจ และรหัสระดับความเข้มของสี 47

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 ตะไคร้หอม 5

รูปที่ 2.2 สูตรโครงสร้างทางเคมี Eugenol 8

รูปที่ 2.3 สูตรโครงสร้างทางเคมี Linalool 8

รูปที่ 2.4 สูตรโครงสร้างทางเคมี Citronellal 8

รูปที่ 2.5 สูตรโครงสร้างทางเคมี Citral 9

รูปที่ 2.6 เครื่องสกัดเคิลเวนเจอร์ (Clevenger appparatur) 12

รูปที่ 2.7 เครื่องสกัดความดัน 13

รูปที่ 2.8 ทฤษฎีระบบสีของมันเซลล์ 19

รูปที่ 2.9 แผนผังสีเขียวของทฤษฎีมันเซลล์ 19

รูปที่ 2.10 แผนผังสีเขียวของทฤษฎีมันเซลล์ 20

รูปที่ 2.11 แผนผังสีเขียวของทฤษฎีมันเซลล์ 20

รูปที่ 3.1 แผนผังการดำเนินการสกัดด้วยตัวทำละลายไดเมทิลอีเทอร์ น้ำ และเอทานอล ... 24

รูปที่ 3.2 แผนผังการดำเนินการปรับปรุง และพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำมันตะไคร้ไล่ยุง 25

รูปที่ 4.1 ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัด (มิลลิลิตร) กับ อัตราส่วนโดยปริมาตร 32

รูปที่ 4.2 ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัด (มิลลิลิตร) กับ เวลาที่ใช้ในการสกัด 34

รูปที่ 4.3 ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัด (มิลลิลิตร) กับ อัตราส่วนโดยปริมาตร 35

รูปที่ 4.4 ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัด (มิลลิลิตร) กับ เวลาที่ใช้ในการสกัด 37

รูปที่ 4.5 ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัด (กรัม) กับ อัตราส่วนโดยปริมาตร 38

รูปที่ 4.6 ผลิตภัณฑ์สูตรดั้งเดิม 41

รูปที่ 4.7 ผลิตภัณฑ์สูตรที่ 1 41

รูปที่ 4.8 ผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2 42

รูปที่ 4.9 ผลิตภัณฑ์สูตรที่ 3 42

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.10 ผลิตภัณฑ์ที่มีการปรับปรุงสูตรที่ 1 44

รูปที่ 4.11 ผลิตภัณฑ์ที่มีการปรับปรุงสูตรที่ 2 44

รูปที่ 4.12 ผลิตภัณฑ์ที่มีการปรับปรุงสูตรที่ 3 45

รูปที่ 4.13 ความหนืดที่วัดได้แต่ละผลิตภัณฑ์..... 46

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

ในปัจจุบันคนไทยจะมีการป่วยและเสียชีวิตจากโรคไข้เลือดออกในทุกปี โดยมียุงลายเป็นพาหะ นอกจากนี้ยุงยังเป็นพาหะของโรคอันตรายหลายชนิด เช่น โรคไข้มาลาเรีย โรคเท้าช้าง โรคไข้เลือดออก โรคไข้สมองอักเสบ โรคไข้ชิคุณกุนยา เป็นต้น ทุกวันนี้ยังไม่มียาชนิดใดที่สามารถรักษาโรคที่เกิดจากยุงที่เป็นพาหะได้ ดังนั้นวิธีการที่ดีที่สุดในการหลีกเลี่ยงโรคดังกล่าว คือ การป้องกันไม่ให้ถูกยุงกัด ซึ่งการป้องกันยุงกัดที่นิยมใช้มากที่สุดคือ การใช้สารเคมี ได้แก่ DEET (N,N-Diethyl-meta-toluamide หรือ Diethyltoluamide) อย่างไรก็ตาม การใช้สารเคมีชนิดนี้หากใช้ไม่ถูกต้องก็อาจจะทำให้เกิดการระคายเคือง ผื่นแดง คลื่นไส้ ชัก หรืออาจทำให้เกิดการเสียชีวิตได้ โดยสารเคมีชนิดนี้มีอันตรายสำหรับเด็ก ดังนั้นการป้องกันโรคที่มียุงเป็นพาหะ ที่มีความปลอดภัย ไม่มีสารเคมีตกค้างในสิ่งแวดล้อม และมีประสิทธิภาพ จึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ (มนัสวี พัฒนกุล และคณะ, 2551) โดยการใช้พืชสมุนไพรไล่ยุง เช่น ตะไคร้หอมจึงเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายเพื่อวัตถุประสงค์ดังกล่าว

ตะไคร้หอม มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ Cymbopogon nardus (*Linn.*) Rendle, จัดอยู่ในวงศ์ POACEAE (GRAMINEAE) เป็นพืชตระกูลเดียวกับตะไคร้บ้าน จัดเป็นพืชล้มลุกตระกูลหญ้า มีเหง้าและมีกลิ่นหอม ตะไคร้หอมเป็นพืชสมุนไพรชนิดหนึ่งที่อยู่กับคนไทยมานาน ปลูกได้ตามครัวเรือน ตะไคร้หอมที่พบมากในประเทศไทยมี 2 ชนิด คือ ตะไคร้หอมชวา และตะไคร้หอมซีลอน (สมยศ จารุวิจิตรวัฒนา และคณะ, 2536) ตะไคร้หอมเป็นพืชสมุนไพรที่มีน้ำมันหอมระเหย สามารถสกัดน้ำมันหอมระเหยออกมาได้ น้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากตะไคร้หอมมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยอยู่ร้อยละ 0.9 ถึง 1.7 (Kakaraparthi, P. S., Srinivas, K. V. N. S. และคณะ, 2014) มีลักษณะเป็นของเหลวใส สีเหลืองอ่อน หรือสีเหลืองปนน้ำตาลอ่อน ปราศจากตะกอนและสารแขวนลอย ไม่มีการแยกชั้นของน้ำ มีสารสำคัญชื่อว่า citronella มีคุณสมบัติสามารถนำมาไล่ยุงและแมลงได้หลายชนิด และมีสาร geraniol ช่วยฆ่าเชื้อ และแก้เท้าเหม็นได้ (ธวัชชัย ศรีภักดี) ซึ่งน้ำมันตะไคร้หอมสามารถป้องกันยุงลาย (Aedes aegypti L.) ยุงรำคาญ(Cx. quinquefasciatus) (Dua, V. K., Pandey, A. C. และคณะ, 2009) ยุงก้นปล่อง (Anopheles spp.) (Aliero, B. L, 2003) (Okumu, F. O., Knols, B. G., & Fillinger, U., 2007) ที่เป็นพาหะของโรคมาลาเรีย โรคไข้เลือดออก และโรคเท้าช้างได้ เป็นต้น

โดยปรกติ น้ำมันตะไคร้สามารถถูกสกัดได้โดยการกลั่นด้วยไอน้ำ จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า ปริมาณน้ำมันตะไคร้ที่ได้จากการกลั่นด้วยเครื่องกลั่นมาตรฐานโดยใช้ปริมาณตะไคร้ 20 กิโลกรัมได้ปริมาณน้ำหอมระเหยประมาณ 216 มิลลิลิตรหรือได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยร้อยละ 0.97 และปริมาณน้ำมันตะไคร้ที่ได้จากการกลั่นด้วยเครื่องระดับชุมชนโดยใช้ปริมาณตะไคร้ 20 กิโลกรัมได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหย 132.86 มิลลิลิตรหรือได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยร้อยละ 0.6 (พงษ์ศักดิ์ พลเสนา ยุทธนา บรรจง และลักขณา ต่างใจ) อย่างไรก็ตาม จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการ สกัดด้วยไอน้ำได้น้ำมันหอมระเหยปริมาณน้อย เนื่องจาก ไอน้ำเป็นตัวทำละลายที่มีขั้วค่อนข้างสูง ซึ่งอาจไม่เหมาะกับการสกัดน้ำมันที่มีขั้วต่ำ ซึ่งการเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัด สามารถทำได้โดยการใช้ตัวทำละลายที่มีขั้วเหมาะสม เช่น การใช้เฮกเซนซึ่งเป็นตัวทำละลายที่ไม่มีขั้วเพื่อใช้ในการสกัดน้ำมัน แต่เนื่องจากเฮกเซนเป็นอันตรายต่อระบบหายใจ การใช้เอทานอลที่มีความปลอดภัยและราคาถูก จึงเป็นที่นิยมมากกว่าที่จะนำมาใช้สกัดวัตถุดิบจากธรรมชาติ อย่างไรก็ตาม เอทานอลจัดเป็นตัวทำละลายที่ค่อนข้างมีขั้วมาก (แต่น้อยกว่าน้ำ) ก็อาจมีประสิทธิภาพในการสกัดน้อยกว่าเฮกเซน นอกจากตัวทำละลายที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะใช้ไดเมทิลอีเทอร์เป็นตัวทำละลายในการสกัด ซึ่งมีสถานะเป็นก๊าซที่อุณหภูมิห้องและความดันบรรยากาศ ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ผลิตได้จากสารชีวมวล ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติที่หาได้ภายในประเทศ มีจุดเดือด ณ ความดันบรรยากาศ ที่ -25 องศาเซลเซียส สามารถกลายเป็นสถานะของเหลวได้เมื่ออัดความดันมากกว่า 6 บาร์ (Takashi Ogawa และคณะ, 2003) และไดเมทิลอีเทอร์ยังเป็นเชื้อเพลิงที่เผาไหม้สะอาด จึงช่วยลดมลพิษที่ปล่อยออกสู่ชั้นบรรยากาศได้ (กลุ่มพัฒนามาตรฐานน้ำมันเชื้อเพลิง, 2554) โดยมีการรายงานจากนักวิจัยที่ผ่านมาว่าไดเมทิลอีเทอร์ที่สภาวะของเหลวสามารถสกัดน้ำมันจากวัตถุดิบทางธรรมชาติได้ดี เช่น การหาศักยภาพในการใช้ก๊าซเหลวชนิดอื่นแทนการใช้เฮกเซนในการสกัดผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติพบว่าตัวทำละลายไดเมทิลอีเทอร์ให้อัตราการสกัดที่ได้จากดอกลาเวนเดอร์มีผลผลิตสูงสุดร้อยละ 2.8 (Rapinel, V., Santerre, C. และคณะ, 2018)

ในปัจจุบันมีการนำน้ำมันตะไคร้หอมที่ถูกสกัดมาได้ มาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ไล่ยุง โดยสามารถแบ่งตามรูปแบบการใช้ของผลิตภัณฑ์ได้หลายรูปแบบ เช่น โลชั่น ธูป แผ่นแปะ และสเปรย์ โดยลักษณะการใช้งานแตกต่างกันออกไป เช่น การฉีดพ่น/ทาผิวหนัง ฉีดพ่นในอากาศ จุดกันยุง หรือใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้า เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ผลิตภัณฑ์ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน อยู่ในรูปของเหลวบรรจุในขวดสเปรย์ เนื่องจาก มีขนาดกะทัดรัด พกพาได้สะดวก มีฝาปิดมิดชิด ฉีดพ่นได้ทั่วไปในอากาศ อย่างไรก็ตาม ปัญหาของผลิตภัณฑ์ในรูปของเหลวบรรจุในขวดสเปรย์ (สำรวจจากผู้ใช้จริง) คือ สี กลิ่นและ

ความหนืด ไม่เป็นที่พอใจแก่ผู้บริโภค เช่น มีสีเขียวเข้มเกินไป กลิ่นฉุน มีความหนืด เหนอะหนะเกินไป ผู้วิจัยเห็นควรว่า การพัฒนาปรับปรุงผลิตภัณฑ์เพื่อให้เป็นที่พอใจแก่ผู้บริโภคจึงเป็นสิ่งจำเป็น

ดังนั้นในโครงงานนี้ จึงได้มีการนำน้ำมันตะไคร้หอมที่ได้จากการสกัดมาทำเป็นผลิตภัณฑ์โดยเริ่มจากการศึกษากระบวนการสกัดด้วยตัวทำละลายไดเมทิลอีเทอร์ น้ำ และตัวทำละลายเอทานอล เพื่อหาวิธีการสกัดที่มีประสิทธิภาพสูงสุด นอกจากนี้ ผู้วิจัยต้องการที่จะพัฒนาในเรื่องสี กลิ่น และความหนืดของผลิตภัณฑ์โดยผู้วิจัยได้มีการนำสเปรย์น้ำมันตะไคร้ไล่ยุงที่มีส่วนประกอบของน้ำมันตะไคร้หอมผสมอยู่ให้มีความแตกต่างในด้านองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ เพื่อตอบสนองความต้องการและความชอบที่แตกต่างกันของผู้บริโภค การเลือกซื้อผลิตภัณฑ์จึงขึ้นอยู่กับผู้บริโภคเป็นหลักจึงได้มีการพัฒนาองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์เพื่อให้เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคมากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษากระบวนการสกัดน้ำมันตะไคร้หอมด้วยวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายไดเมทิลอีเทอร์ และเปรียบเทียบวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำ และเอทานอล

1.2.2 เพื่อปรับปรุงสี ความหนืด และพัฒนาผลิตภัณฑ์ของน้ำมันตะไคร้ไล่ยุงให้มีประสิทธิภาพดีขึ้นให้เป็นที่ต้องการ

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 กระบวนการสกัด

1.3.1.1 การหาปริมาณน้ำมันตะไคร้หอมที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำ

- ศึกษาอัตราส่วนตัวทำละลายน้ำต่อใบตะไคร้หอม ที่อัตราส่วน 6 ต่อ 1 7 ต่อ 1 และ 8 ต่อ 1 เป็นเวลา 60 นาที อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส
- ศึกษาอุณหภูมิในการสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำ ที่อุณหภูมิ 80 90 และ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ที่อัตราส่วนตัวทำละลายน้ำต่อใบตะไคร้หอม ที่เหมาะสม
- ศึกษาเวลาที่ใช้ในการสกัดในการสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำ ที่เวลา 60 90 และ 120 นาที ที่อุณหภูมิ และ อัตราส่วนตัวทำละลายน้ำต่อใบตะไคร้หอม ที่เหมาะสม

1.3.1.2 การหาปริมาณน้ำมันตะไคร้หอมที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล

- ศึกษาอัตราส่วนตัวทำละลายน้ำต่อใบตะไคร้หอม ที่อัตราส่วน 6 ต่อ 1 7 ต่อ 1 และ 8 ต่อ 1 เป็นเวลา 40 นาที อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

- ศึกษาอุณหภูมิในการสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำ ที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที ที่อัตราส่วนตัวทำละลายน้ำต่อใบตะไคร้หอม ที่เหมาะสม

- ศึกษาเวลาที่ใช้ในการสกัดในการสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำ ที่เวลา 20 30 และ 40 นาที ที่อัตราส่วนตัวทำละลายน้ำต่อใบตะไคร้หอมและอุณหภูมิที่เหมาะสม

1.3.1.3 การหาปริมาณน้ำมันตะไคร้หอมที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายไดเมทิลอีเทอร์

- ศึกษาอัตราส่วนตัวทำละลายต่อตัวอย่าง ที่อัตราส่วน 2 ต่อ 1 3 ต่อ 1 4 ต่อ 1 5 ต่อ 1 และ 6 ต่อ 1

1.3.2 การพัฒนา และปรับปรุงผลิตภัณฑ์น้ำมันตะไคร้ไล่ยุง

1.3.2.1 การปรับปรุงผลิตภัณฑ์โดยมีการปรับระดับความเข้มของสี

ปรับระดับความเข้มของสีเป็น 7 ระดับ คัดเลือกระดับความเข้มของสีที่มีความพึงพอใจมากที่สุด โดยผ่านการสำรวจความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่าง A จำนวน 30 คน

1.3.2.2 ปรับปรุงองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ด้านความหนืด ดังนี้

1. A = 7 กรัม B = 12 กรัม C = 3.5 กรัม D = 2 กรัม ทวีน 80 ร้อยละ 10-20
2. A = 7 กรัม B = 10 กรัม C = 5.5 กรัม D = 2 กรัม ทวีน 80 ร้อยละ 10-20
3. A = 7 กรัม B = 8 กรัม C = 7.5 กรัม D = 2 กรัม ทวีน 80 ร้อยละ 10-20

โดยกำหนดให้

สารละลาย A คือ น้ำหมักเอทิลแอลกอฮอล์ที่ได้มาจากการหมักใบตะไคร้หอม

สารละลาย B คือ สารสกัดจากการสกัดด้วยเครื่องเคิลเวนเจอร์ด้วยตัวทำละลายน้ำ

สารละลาย C คือ สารละลายที่เป็นสูตรเฉพาะจึงขอเป็นความลับระหว่างผู้วิจัยกับผู้ประกอบการ

สารละลาย D คือ น้ำมันตะไคร้หอมที่ซื้อมาจากร้านขายสารเคมี

ความหนืดที่ได้จากการปรับปรุงสามารถวัดได้จากเครื่องมือวัดความหนืด และเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีความหนืดน้อยที่สุด

1.4 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน

อาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ความรู้เกี่ยวกับตะไคร้หอม

ตะไคร้หอมเป็นพืชล้มลุกประเภทหญ้า มีอายุหลายปี เจริญเติบโตด้วยการแตกหน่อจากเหง้าใต้ดิน ลำต้นเป็นกอ มีสีแดง สูงประมาณ 1-2 เมตร ใบเป็นใบเดี่ยว มีลักษณะเรียวแคบคล้ายกับตะไคร้บ้านแต่ใบยาวกว่า มีขนเล็กน้อย สีของใบม่วงปนแดง ออกดอกในฤดูหนาวเป็นช่อแต่ละช่อมีดอกย่อยจำนวนมาก มีสีน้ำตาลแดงคล้ำ ผลเป็นผลแห้งเมล็ดเดียว ไม่แตก (ฐานข้อมูลสมุนไพรไทย เขตอีสานใต้, 2553) มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว ต้นกำเนิดมาจากป่าเขตร้อนของเอเชีย ไม่นิยมนำมาประกอบอาหารรับประทานเหมือนตะไคร้บ้าน

รูปที่ 2.1 ตะไคร้หอม

ที่มา : http://www.pmc04.doae.go.th/Myweb-2011-data1/19%20citronella%20grass/19citronella.html., ศูนย์ส่งเสริมเทคโนโลยีการเกษตรด้านอารักขาพืช จังหวัดขอนแก่น.

2.1.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ชื่อวงศ์ : Poaceae (Graminae)

ชื่อวิทยาศาสตร์ : Cymbopogon nardus (*Linn*) Rendle

ชื่อสามัญ : Citronella grass

ชื่อพื้นเมืองอื่น : จะไคมะขูด ตะไครมะขูด (ภาคเหนือ), ตะไคร้แดง (นครศรีธรรมราช), ตะไคร้หอม (ภาคกลาง) (พิมพ์พธู วลัยพัชรา, 2559)

2.1.3 องค์ประกอบทางเคมี

น้ำมันตะไคร้หอม (Citronella Oil) มีสีใสถึงเหลืองอ่อน มีกลิ่นหอมสดชื่น ช่วยดับกลิ่น ปรับให้อากาศบริสุทธิ์และฆ่าเชื้อโรค มีฤทธิ์ช่วยไล่แมลง โดยเฉพาะยุง ทั้งยังมีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์และแบคทีเรีย อีกทั้งยังนิยมนำมาใส่ในโคมไฟอโรม่า เพื่อปรับอากาศให้สดชื่น ช่วยกระตุ้นการทำงานของระบบต่างๆในร่างกาย บรรเทาอาการปวดศีรษะ และยังมีการนำไปใช้เป็นยาแผนโบราณ (วิลัยลักษณ์ โพนสนิท, 2552)

2.1.3.1 สารในน้ำมันตะไคร้หอม

น้ำมันตะไคร้หอมมีส่วนประกอบที่สำคัญในการออกฤทธิ์ คือ monoterpenes ที่มีคาร์บอน 10 อะตอม ซึ่ง Terpenes ในพืชจะช่วยดึงดูดแมลงเพื่อผสมเกสร ยับยั้งสัตว์กินพืชหรือแมลงที่มาทำลายต้นตะไคร้หอม ป้องกันแบคทีเรีย และเชื้อราที่เป็นอันตราย ประกอบด้วยสารสำคัญหลัก 3 ชนิด คือ Citronellal, Geraniol และ Citronellol เป็นสารที่เกิดจากกระบวนการเทอพีนอยเดอไรท์วีทีฟ (Terpenoid derivertive) โดยมีไอโซพรีนไพโรฟอสเฟต และไดเมทธิลอาลลิลไพโรฟอสเฟต เป็นสารตั้งต้นของการสังเคราะห์ เมื่อพิจารณาองค์ประกอบโครงสร้างของ Citronellal มีแอลดีไฮด์เป็นองค์ประกอบหลัก ส่วน Geraniol และ Citronellol มีแอลกอฮอล์เป็นองค์ประกอบหลัก จากงานวิจัยพบน้ำมันหอมระเหยประมาณร้อยละ 0.9 ถึง 1.7 ประกอบด้วยสารสำคัญ ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 สารสำคัญและปริมาณในน้ำมันตะไคร้หอม

สารสำคัญ	ปริมาณ (ร้อยละ น้ำหนักโดยน้ำหนัก)
Limonene	2.2-3.1
Linalool	0.8
Citronellal	30.6-33.0
Isopulegol	0.3-0.4
Cirtronelol	5.4-6.9
Geranylacetate	9.0-14.8
β -elemene	0.7-1.0
Germacrene-D	0.4-0.7

ตารางที่ 2.1 สารสำคัญและปริมาณในน้ำมันตะไคร้หอม (ต่อ)

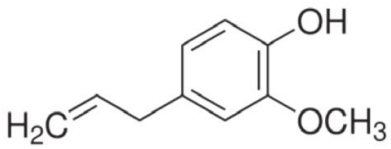
สารสำคัญ	ปริมาณ (ร้อยละ น้ำหนักโดยน้ำหนัก)
Neral	0.6-0.8
T-muurolol	0.6-0.9
Geranial	0.9-1.0
Eugenol	0.9-1.2
Geraniol	19.2-26.7
β - germacrenol	1.1-1.9
Elemol	6.8-8.2
α -cadinol	1.0-1.6
Trans-farnesol	0.2-0.3
Murrolene	0.2
δ -cadinene	0.8-1.0

ที่มา : Variation in the essential oil content and composition of Citronella (Cymbopogon winterianus Jowitt.) in relation to time of harvest and weather conditions, Kakaraparthi, P. S., Srinivas, K. V. และคณะ

2.1.3.2 สารที่มีฤทธิ์ในการไล่ยุง

สารที่มีความสามารถป้องกันยุงที่พบมากที่สุดในกลุ่มนี้คือ Eugenol, Linalool Citronellal และ Citral (วิลัยลักษณ์ โพนสนิท, 2552)

- Eugenol เป็นสารประกอบในน้ำมันหอมระเหยที่สำคัญในพืชสมุนไพรและเครื่องเทศหลายชนิด เช่น ตะไคร้ กานพลู ข่า โหระพา เป็นของเหลวไม่มีสีจนถึงสีเหลือง มีฤทธิ์ในการทำลายเชื้อรา แบคทีเรีย และจุลินทรีย์หลายชนิด มีความสามารถในการรักษาแผลและผื่นคัน เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ละลายในไขมันสูงจะช่วยป้องกันการสะสมของเปอร์ออกไซด์ในเม็ดเลือดแดง และช่วยให้เอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระในร่างกายทำงานได้ดีในระดับที่เหมาะสม และถูกนำไปใช้เป็นสารแต่งกลิ่นในเครื่องสำอาง อาหาร และเครื่องดื่ม (พัชรพรรณ ดิษยมนตรี และพรพิมล ม่วงไทย, 2560)



รูปที่ 2.2 สูตรโครงสร้างทางเคมี Eugenol

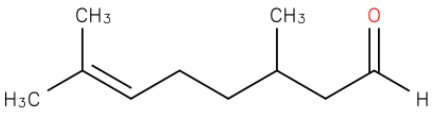
ที่มา : www. tock.com, Merck KGaA

- Linalool เป็นสารประกอบในน้ำมันหอมระเหยหลายชนิด พบมากที่สุดในดอกลาเวนเดอร์ เป็นของเหลวที่ไม่มีสี มีกลิ่นอ่อนๆ มีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ ยับยั้งเซลล์มะเร็งต่อมน้ำเหลืองชนิด Histamine สูงที่สุด เป็นตัวกลางสำคัญในการสร้างวิตามินอี และป้องกันการเกิดออกซิเดชัน

รูปที่ 2.3 สูตรโครงสร้างทางเคมี Linalool

ที่มา : http://www.chm.bris.ac.uk/motm/linalool/linaloolh.htm, Simon Cotton

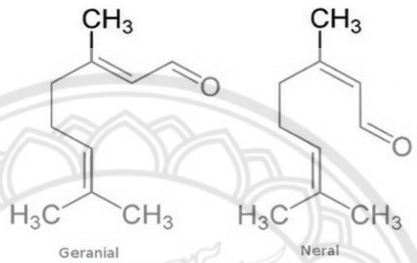
- Citronellal เป็นหนึ่งในสารสำคัญธรรมชาติมีคุณสมบัติในการไล่แมลง มีสีใสจนถึงสีเหลือง มีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อ ต้านการอักเสบ บรรเทาอาการปวด และบวม มีสรรพคุณช่วยดับกลิ่น ปรับให้อากาศมีความบริสุทธิ์ ไม่สามารถละลายได้ในกลีเซอรอล และโพรพิลีนไกลคอลแต่สามารถละลายได้ในน้ำมัน และเอทานอล



รูปที่ 2.4 สูตรโครงสร้างทางเคมี Citronellal

ที่มา : www.ebi.ac.uk, EMBL-EBI.29

- Citral เป็นสารประกอบที่พบได้มากที่สุดในน้ำมันตะไคร้หอม มีสูตรโครงสร้าง คือ Geranial และ Neral Citral ดังรูปที่ 2.5 มีสีเหลืองอ่อน มีฤทธิ์ไล่แมลงธรรมชาติ ลดการระคายเคือง ใช้ในการสังเคราะห์วิตามินเอ และต้านเชื้อแบคทีเรีย ไม่สามารถละลายในน้ำได้ แต่สามารถละลายได้ใน ethyl alcohol, diethyl ether และ olis ด้วยกลิ่นที่คล้ายมะนาว ทำให้เป็นส่วนประกอบที่สำคัญในผลิตภัณฑ์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม มีการใช้กันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมสบู่ น้ำหอมรวมถึงการผลิตสารเคมีชนิดอื่นๆ ซึ่งในน้ำมันตะไคร้ มีส่วนประกอบของ citral ร้อยละ 70-80 (ฐานข้อมูลสมุนไพรไทยเขตอีสานใต้, 2553)



รูปที่ 2.5 สูตรโครงสร้างทางเคมี Citral

ที่มา : THE EFFECTS OF CITRAL ON CASPASE-3 ACTIVATION IN M624 AND HaCaT CELLS, Blake E. Szkoda ’16

2.2 สารเคมี

2.2.1 เอทานอล

เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า เอทิลแอลกอฮอล์ สูตรโมเลกุลคือ C_2H_5OH เป็นของเหลวไม่มีสี ระเหยได้ ไวไฟสูง ผลิตได้จากการหมักพืชผลทางการเกษตร เช่น อ้อย มันสำปะหลัง โดยกระบวนการหมักน้ำตาลโดยยีสต์หรือโดยกระบวนการปิโตรเคมี ใช้เป็นแหล่งเชื้อเพลิงที่สะอาด นิยมนำมาใช้ทำเป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ได้แก่ เหล้า ไวน์ เบียร์ ยาสำหรับเช็ดทำความสะอาดแผล ใช้ในการผลิตเครื่องสำอาง ใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิง เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการประยุกต์ใช้ทางการแพทย์ใช้เป็นสารฆ่าเชื้อ อีกทั้งนำมาเป็นเป็นตัวทำละลายเคมีทั้งสำหรับการทดสอบสารเคมีทางวิทยาศาสตร์หรือในการสังเคราะห์สารประกอบอินทรีย์อื่นๆ และเป็นสารสำคัญที่ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตหลายประเภท

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติทางกายภาพของเอทานอล

ลักษณะเฉพาะ	คุณสมบัติ
น้ำหนักโมเลกุล	46.0 g/mol
จุดเดือด	78.5 ℃
จุดหลอมเหลว	-114.14 ℃
จุดวาบไฟ	17 ℃
ความหนาแน่น	0.791 g/cm^3 ที่ 20 ℃
ความสามารถในการละลายในน้ำ	1000000 mg/L ที่ 25 ℃
จุดติดไฟได้เอง	400℃
ความดันไอ	1.6 (อากาศ=1)

ที่มา : https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/ethanol, Pubchem

2.2.2 ไดเมทิลอีเทอร์

เป็นสารประกอบอีเทอร์ มีสูตรโมเลกุล คือ C_2H_6O สูตรโครงสร้าง CH_3-O-CH_3 มีสถานะเป็นก๊าซที่ความดันบรรยากาศ ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น มีจุดเดือด -25 องศาเซลเซียส และมีความดัน 6 บาร์ สามารถทำให้เป็นของเหลวได้เมื่ออัดด้วยความดันสูง เป็นพลังงานที่ผลิตได้จากวัตถุดิบหลากหลายชนิด เช่น ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ และสารชีวภาพต่างๆ [9] พบว่าไดเมทิลอีเทอร์ เป็นสารประกอบอินทรีย์กลุ่มระเหยง่าย (Volatile Organic Compound) แต่ไม่เป็นพิษ ไม่มีผลต่อการก่อมะเร็ง และก่อให้เกิดการกลายพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติทางกายภาพของไดเมทิลอีเทอร์

ลักษณะเฉพาะ	คุณสมบัติ
น้ำหนักโมเลกุล	46.069 g/mol
จุดเดือด	-24.82 ℃
จุดหลอมเหลว	-141.5 ℃
จุดวาบไฟ	-41 ℃
ความหนาแน่นสถานะแก๊ส	1.91855 g/L ที่ 1 ความดันบรรยากาศและ 25 ℃
ความหนาแน่นสถานะของเหลว	0.665 g/cm^3 ที่ 25 ℃
ความสามารถในการละลายในน้ำ	71 g/L ที่ 20 ℃
จุดติดไฟได้เอง	350 ℃
ความดันไอ	4450 mmHg ที่ 25 ℃

ที่มา : https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/dimethyl_ether, Pubchem

ไดเมทิลอีเทอร์ พบอยู่ในอุตสาหกรรมกลุ่มการทำกระป๋องฉีดพ่นหรือกระป๋องสเปรย์ (Aerosols) ซึ่งถูกนำมาแทนที่การใช้สารกลุ่มซีเอฟซี (CFC; Chlorofluorocarbons) เพื่อให้ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและชั้นบรรยากาศของโลก ลักษณะเฉพาะของไดเมทิลอีเทอร์เหลวที่สามารถผสมได้กับน้ำและน้ำมัน นอกจากนี้ยังไม่มีตัวทำละลายอินทรีย์ที่จำเป็นสำหรับการสกัดกระบวนการนี้ มีศักยภาพในการเป็นวิธีการสกัดต้นทุนต่ำ และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม CRIEPI ประสบความสำเร็จในการสกัดน้ำมันสาหร่ายสีเขียวกว่า 60 เท่าของน้ำมันสาหร่ายสีเขียว (สาหร่ายสีเขียว) ในการทดลองมากกว่าวิธีดั้งเดิม ประโยชน์ของไดเมทิลอีเทอร์อื่นๆ ก็คือว่ามันสามารถทนต่อการเกิดปฏิกิริยาออกโทซิเดชัน (autoxidation) ได้ เป็นกระบวนการทางธรรมชาติที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างโมเลกุลออกซิเจนกับไขมันไม่อิ่มตัว

2.2.3 ทวีน 80

หรือเรียกอีกอย่างว่า พอลิซอเบส 80 มีสูตรโมเลกุล คือ $C_{64}H_{124}O_{26}$ เป็นกลุ่มที่ไม่มีประจุ จัดอยู่ในประเภทน้ำมันในน้ำ มีสีเหลืองใส เป็นของเหลวข้นหนืด สามารถละลายน้ำได้ ใช้เป็นตัวทำละลายในการลดแรงตึงผิว ปลอดสารพิษโดย ทั่วไปโครงสร้างของอิมัลชัน (Emulsion) ประกอบด้วยวัฏภาคที่สามารถละลายได้ในน้ำ และวัฏภาคที่ไม่สามารถละลายได้น้ำหรือน้ำมัน อิมัลชันจะแบ่งออก 2 ประเภทคือ น้ำมันในน้ำ (Oil in Water) หรือน้ำในน้ำมัน (Water in oil) เป็นตัวผสานของเหลวทั้งสองเข้าด้วยกัน ซึ่งอิมัลชันเป็นสารลดแรงตึงผิวขึ้นอยู่กับโครงสร้าง และการเข้ากันของทั้งสองวัฏภาค สามารถแบ่งกลุ่มเคมีของสารที่ชอบน้ำ (hydrophilic) เป็นตัวที่มีประจุ ตัวที่ไม่มีประจุ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อาหาร ยา และเครื่องสำอาง เป็นต้น อุตสาหกรรมผลิตอาหารนิยมนำไปทำเป็นอิมัลชันในไอศกรีมหรือพุดดิ้ง และนิยมใช้เป็นสารช่วยชะลอการหมักของไวน์บางชนิด อุตสาหกรรมผลิตยาพบได้ในอาหารเสริม และวิตามินบางชนิด อุตสาหกรรมผลิตเครื่องสำอางใช้เพื่อช่วยให้มีประสิทธิภาพในการละลายส่วนประกอบ

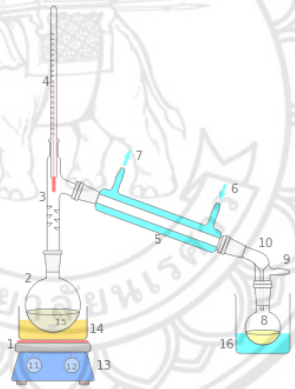
ตารางที่ 2.4 คุณสมบัติทางกายภาพของทวีน 80

ลักษณะเฉพาะ	คุณสมบัติ
น้ำหนักโมเลกุล	1,310 g/mol
จุดเดือด	>100 °C
จุดวาบไฟ	>110 °C
ความหนาแน่น	1.08 g/mL ที่ 20 °C
ความสามารถในการละลายในน้ำ	5-10 g / 100 mL ที่ 23 °C
ความดันไอ	< 1 mmHg

ที่มา : https://www.fengchengroup.com/chemicals/organic-chemicals/tween-20-polysorbate-20-tween-80-polysorbate.html, Fengchen Group

2.3 กระบวนการสกัด

2.3.1 การสกัดด้วยตัวทำละลาย



รูปที่ 2.6 เครื่องสกัดเคิลเวนเจอร์ (Clevenger appparatur)

ที่มา : www.wikipedia.org, Quantockgoblin

การกลั่นด้วยไอน้ำเป็นเทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลาย โดยใช้ไอน้ำเป็นตัวทำละลาย สารที่ต้องการออกจากของผสมได้ ส่วนใหญ่การกลั่นด้วยไอน้ำมักจะใช้สกัดสารออกจากส่วนต่างๆ ของพืช เช่น การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้ การสกัดน้ำมันจากใบมะกรูด น้ำมันยูคาลิปตัส เป็นต้น

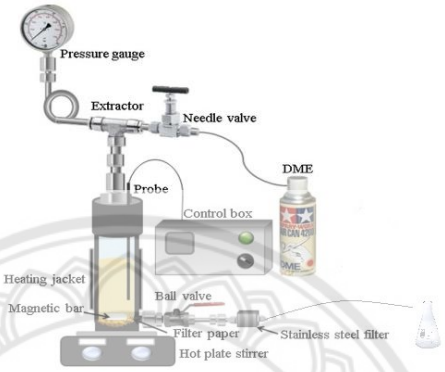
หลักการที่สำคัญของการสกัดด้วยตัวทำละลาย

- อาศัยสมบัติการละลายของสารแต่ละชนิด โดยสารที่ต้องการสกัดต้องละลายอยู่ในตัวทำละลาย

- ใช้สกัดสารที่มีจุดเดือดต่ำ ระเหยง่าย

- ใช้ไอน้ำเป็นตัวพาสารระเหยที่ต้องการออกมาในรูปของไอพร้อมกับไอน้ำ แล้วผ่านเข้าเครื่องควบแน่น เป็นของเหลว โดยน้ำมันหอมระเหยจะแยกชั้นกับน้ำ

2.3.2 การสกัดด้วยตัวทำละลายไดเมทิลอีเทอร์



รูปที่ 2.7 เครื่องสกัดความดัน

วิธีนี้จะได้น้ำมันหอมระเหยที่มีความเข้มข้นสูง ซึ่งตัวทำละลายจะต้องระเหยได้ง่าย วิธีนี้ใช้กับพืชทนความร้อนสูงไม่ได้ เช่น มะลิ ซึ่งตัวทำละลายไดเมทิลอีเทอร์มีสภาพความเป็นขั้วต่ำ สามารถผสมกับน้ำได้บางส่วนจะช่วยให้สามารถสกัดสารที่ไม่มีขั้วและการกำจัดน้ำออกได้ นอกจากนี้ ไดเมทิลอีเทอร์เหลว (อุณหภูมิการเกิดผลึก Crystallization temperature 127 องศาเซลเซียส) และ (ความดันการเกิดผลึก Crystallization Pressure 53.7 บาร์) จะถูกระเหยภายใต้สภาวะความดันต่ำและถูกนำออกมาเป็นแก๊สเนื่องจากจุดเดือดปกติอยู่ที่ -24.8 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ความดันไออิ่มตัวจะอยู่ที่ 5.1 บาร์ การสกัดด้วยไดเมทิลอีเทอร์ โดยทั่วไปจะทำงานที่อุณหภูมิห้องที่ความดันประมาณ 5.1-5.9 บาร์ (Pemika Tunyasitikunb, Weerawat Clowutimonb and Artiwan Shotiprukb)

2.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

สูตรการหาค่าเฉลี่ย

$$\overline{X} = \frac{\sum x}{n} \quad (2.1)$$

เมื่อ $\overline{X}$ คือ ค่าเฉลี่ย

$\sum x$ คือ ผลรวมทั้งหมด

η คือ จำนวนคนทั้งหมด

2.4.1 การกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง (Sample size) คือ การสุ่มตัวแทนของประชากรที่จะทำการศึกษา เพื่อให้ผลการวิจัยมีความน่าเชื่อถือ โดยมีวิธีการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง 3 วิธี ได้แก่ การกำหนดเกณฑ์ การใช้ตารางสำเร็จรูป และ การใช้สูตรคำนวณ

2.4.1.1 ตารางสำเร็จรูปเครจซี่ และมอร์แกน (Krejcie & Morgan)

ตารางของเครจซี่ และมอร์แกน (มารยาท โยทองยศ และผศ.ปราณีสวัสดิสรรพ) ใช้การประมาณค่าสัดส่วนของประชากร โดยกำหนดให้สัดส่วนของลักษณะที่สนใจประชากรเท่ากับ 0.5 ระดับความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ร้อยละ 5 และระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สามารถหาขนาดของกลุ่มตัวอย่างกับขนาดประชากรตั้งแต่ 10 ขึ้นไป โดยต้องทราบขนาดของประชากร

ตารางที่ 2.5 ขนาดของกลุ่มตัวอย่างของเครจซี่ และมอร์แกน

ขนาดประชากร	ขนาดตัวอย่าง	ขนาดประชากร	ขนาดตัวอย่าง	ขนาดประชากร	ขนาดตัวอย่าง	ขนาดประชากร	ขนาดตัวอย่าง	ขนาดประชากร	ขนาดตัวอย่าง
10	10	100	80	280	162	800	260	2,800	338
15	14	110	86	290	165	850	265	3,000	341
20	19	120	92	300	169	900	269	3,500	346
25	24	130	97	320	175	950	274	4,000	351
30	28	140	103	340	181	1,000	278	4,500	354
35	32	150	108	360	186	1,100	285	5,000	357
40	36	160	113	380	191	1,200	291	6,000	361
45	40	170	118	400	196	1,300	297	7,000	364
50	44	180	123	420	201	1,400	302	8,000	367
55	48	190	127	440	205	1,500	306	9,000	368
60	52	200	132	460	210	1,600	310	10,000	370
65	56	210	136	480	214	1,700	313	15,000	375
70	59	220	140	500	217	1,800	317	20,000	377

ตารางที่ 2.5 ขนาดของกลุ่มตัวอย่างของเครจซี่ และมอร์แกน (ต่อ)

ขนาดประชากร	ขนาดตัวอย่าง	ขนาดประชากร	ขนาดตัวอย่าง	ขนาดประชากร	ขนาดตัวอย่าง	ขนาดประชากร	ขนาดตัวอย่าง	ขนาดประชากร	ขนาดตัวอย่าง
75	63	230	144	550	226	1,900	320	30,000	379
80	66	240	148	600	234	2,000	322	40,000	380
85	70	250	152	650	242	2,200	327	50,000	381
90	73	260	155	700	248	2,400	331	75,000	382
95	75	270	159	750	254	2,600	335	100,000	384

ที่มา : การกำหนดขนาดของกลุมตัวอย่างเพื่อการวิจัย, Robert V. Krejcie and Earyle W. Morgan. อ้างอิงใน มารยาท และ ผศ.ปราณ

2.4.1.2 สูตรของเครจซี่และมอรแกน

สูตรของเครจซี่และมอรแกน (Krejcie and Morgan, 1970 อางอิงใน มารยาท และ ผศ. ปราณี) ดังนี้

$$\eta = \frac{\chi^2 Np(1-p)}{e^2(N-1) + \chi^2 p(1-p)} \qquad (2.2)$$

η = ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

N = ขนาดของประชากร

e = ระดับความคลาดเคลื่อนของการสุ่มตัวอย่างที่ยอมรับได้

χ^2 = ค่าไคสแควร์ที่ df เท่ากับ 1 และระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (χ^2 = 3.841)

p = สัดส่วนของลักษณะที่สนใจในประชากร (ถ้าไม่ทราบให้กำหนด p = 0.5)

2.5 การวิเคราะห์สี

ทฤษฎีระบบสีมันเซลล์ (Munsell Colors system) ผู้คิดค้นคือ อัลเบิร์ต เฮนรี่ มันเซลล์ (Albert Henry Munsell) เป็นจิตรกรชาวอเมริกัน เริ่มจากการออกแบบผังของสีเป็นรูปทรงกลม มีการกระจายสีออกจากศูนย์กลางคล้ายต้นไม้ โดยกำหนดชื่อ และตำแหน่งของสีที่ผสมกันออกเป็นตัวเลข และตัวอักษร ได้ตีพิมพ์ผลงานออกมาในชื่อว่า “Color Notation” ทฤษฎีของมันเซลล์ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลาย และถูกนำมาใช้ในวงการสีเป็นจำนวนมาก

มาตรฐานระดับสีของมันเซลล์ (Munsell Colors system) นิยมใช้ในงานเทียบสีที่เน้นมาตรฐานระดับสากล กลุ่มงานราชการในประเทศต่างๆ เช่น กำหนดค่าสีในเครื่องหมายต่างๆ การกำหนดค่าสีในมาตรฐาน USDA, การจำแนกเฉดสีของดินในมาตรฐานของนักธรณีวิทยา นอกจากนี้ยังใช้ในการเทียบสีของสิ่งต่างๆ ตามธรรมชาติ เช่น หิน ดิน พืช สัตว์ หรืออาหาร

2.5.1 ลักษณะการกระจายสีของทฤษฎีมันเซล

เป็นลักษณะการกระจายออกจากแกนกลาง ซึ่งแกนกลางเป็นค่าหนักของสี ด้านบนเป็นสีขาว และด้านล่างเป็นสีดำ ระหว่างสีขาวกับสีดำจะเป็นน้ำหนักของสีเทาที่ไล่จากสีเทาอ่อนไปสีเท่าแก่ จากแกนกลางจะกระจายออกเป็นรัศมีวงกลมเริ่มจากสีมืดทึบพุ่งออกไปสีสว่างสดใส

2.5.2 มิติของสีตามทฤษฎีมันเซลล์

ส่วนประกอบของระบบมิติสีจะแบ่งออกเป็น 3 มิติดังนี้

2.5.2.1 ฮิว (Hue)

เป็นตัวระบุสีหรือเนื้อสีที่มีความแตกต่างกัน โดยมันเซลกำหนดค่าสีไว้ 5 สีคือ สีแดง สีเหลือง สีเขียว สีฟ้า และสีม่วง

2.5.2.2 แวลูล (Value)

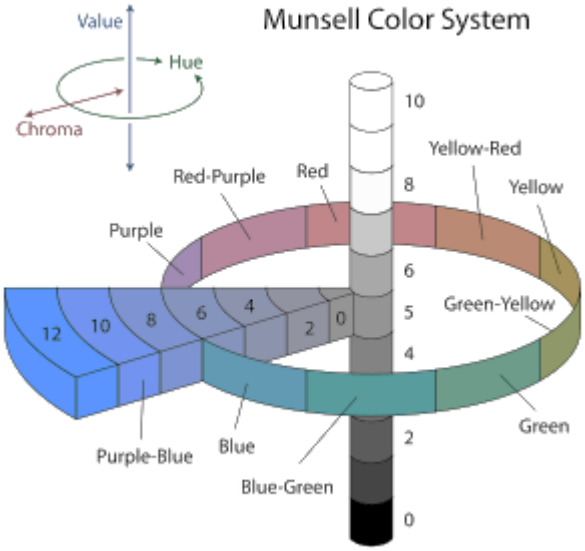
เป็นค่าน้ำหนักของสีหรือความอ่อน แก่ของสี ค่าน้ำหนักจะเริ่มจากระดับ 1-9 ซึ่ง 1 จะเป็นค่าน้ำหนักของสีดำ และ 9 เป็นค่าน้ำหนักของสีขาว ส่วนตรงกลางจะเรียกว่า สีเทา ซึ่งเป็นสีที่ไม่มีคุณสมบัติของสีฮิว (Hue) อยู่เลย

2.5.2.3 โครม่า (Chroma)

เป็นสมบัติของสีถูกผสมระหว่างสีฮิว (Hue) และสีเทากลาง เพื่อให้มีค่าสีอ่อนลง จะไล่น้ำหนักสีอ่อนจนกระทั่งได้สีที่มีความจัดของสีสูงหรือเรียกอีกอย่างว่า “ความอิ่มตัวของสี (Saturation)”

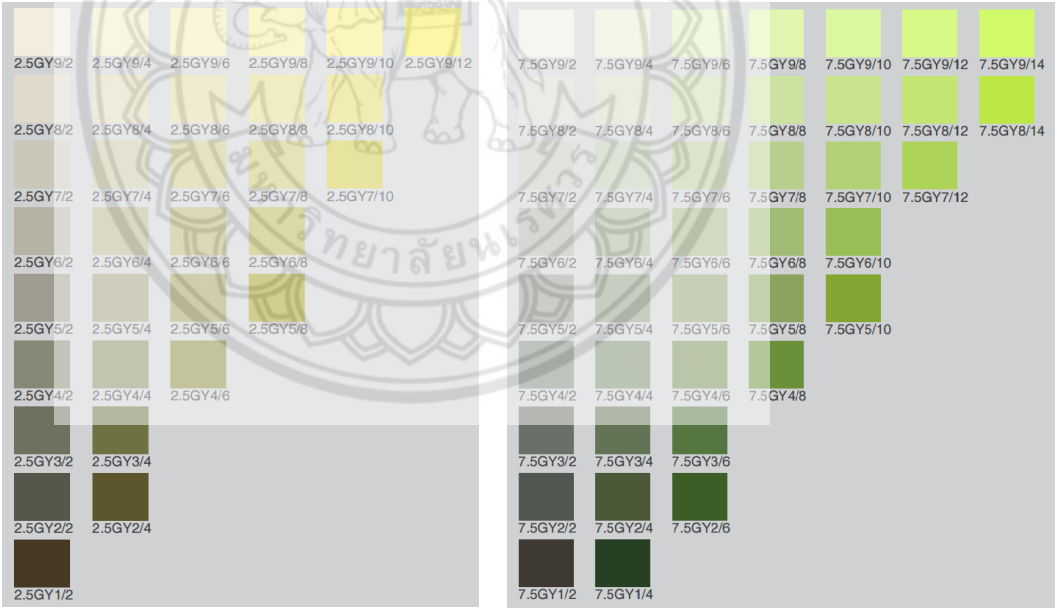
2.5.3 ลักษณะของสีของทฤษฎีมันเซลล์

โดยแต่ละสีได้มีการกำหนดอักษร และตัวเลขกำกับไว้ดังนี้ เฮช วี/ซี (H V/C) หรือ เฮช วี : ซี (H V : C) โดยให้ เฮช = ฮิว, วี = แวลูล และซี = โครม่า



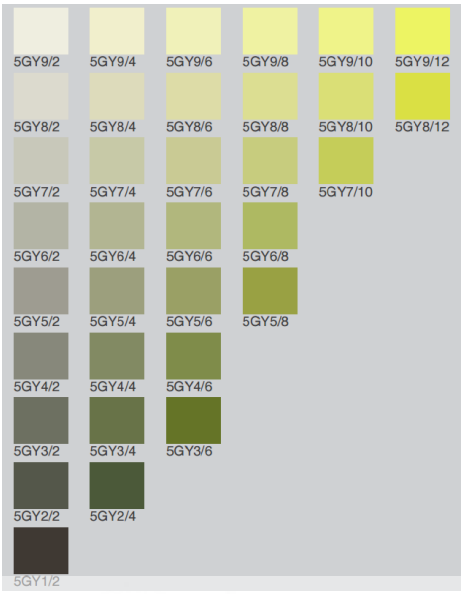
รูปที่ 2.8 ทฤษฎีระบบสีของมันเซลล์

ที่มา : www.algorithmtut.com, puntharee



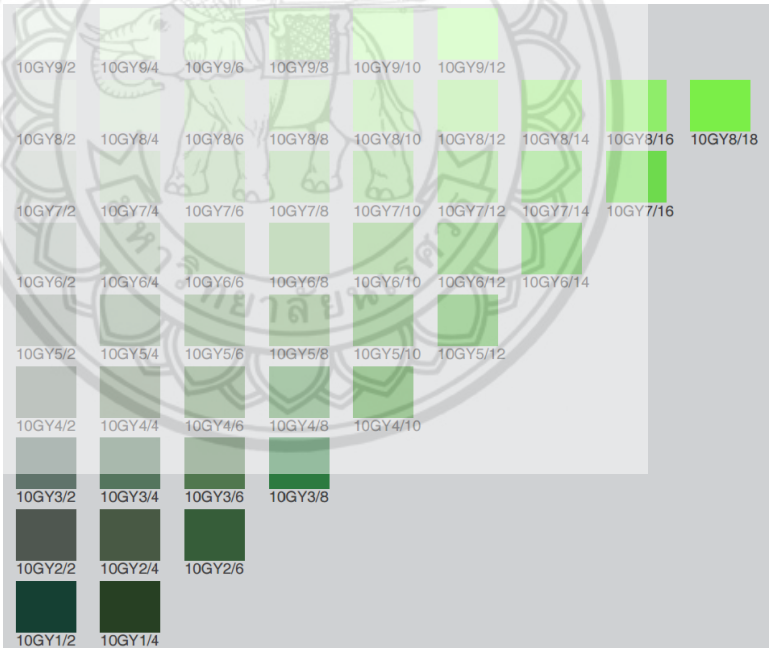
รูปที่ 2.9 แผนผังสีเขียวของทฤษฎีมันเซลล์

ที่มา: https://pss-colorguide.com/munsell-color-chart, โปรดักส์เซิซแอนด์ซัพพลาย



รูปที่ 2.10 แผนผังสีเขียวของทฤษฎีมันเซลล์

ที่มา: https://pss-colorguide.com/munsell-color-chart, โปรดักส์เซิซแอนด์ซัพพลาย



รูปที่ 2.11 แผนผังสีเขียวของทฤษฎีมันเซลล์

ที่มา: https://pss-colorguide.com/munsell-color-chart, โปรดักส์เซิซแอนด์ซัพพลาย

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตารางที่ 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้แต่ง	หัวข้อ	สารที่ใช้	ผลที่ได้
Muhammad Arifuddin Fitriady , Anny Sulaswatty, Egi Agustian, Salahuddin, Deska Prayoga Fauzi Aditama, 2017	Steam Distillation Extraction of Ginger Essential Oil: Study of The Effect of Steam Flow rate and Time Process	น้ำ	ปริมาณน้ำมันสูงสุดที่ได้จากการสกัดเหง้าขิงด้วยกระบวนการกลั่นไอน้ำด้วยเครื่องสกัดมาตรฐานชนิดเคิลเวนเจอร์ (clevenger) โดยใช้เหง้าขิงต่อตัวทำละลาย 1 ต่อ 6 ใช้เวลา 24 ชั่วโมง ได้ผลการสกัดเท่ากับ ร้อยละ 2.65
Vincent Rapinel, Cyrille Santerre, Farnaz Hanaei , Justine Belay, Nadine Vallet, Njara Rakotomanomana, Alain Vallageas, Farid Chemat, 2018	Potentialities of using liquefied gases as alternative solvents to substitute hexane for the extraction of aromas from fresh and dry natural products	น้ำ เฮกเซน โพรเพน ไดเมทิลอีเทอร์ และสารทำความเย็น (HFO-1234ze)	ผลที่ได้จากการสกัดดอกลาเวนเดอร์ที่สภาวะ 25 องศาเซลเซียส เวลา 4 ชั่วโมง ด้วยวิธีการหมัก (maceration) ตัวทำละลายไดเมทิลอีเทอร์ให้ผลการสกัด ร้อยละ 2.8 ซึ่งให้ปริมาณสูงที่สุด ระหว่างตัวทำละลายโพรเพนกับเฮกเซนนั้นให้ผลการสกัดที่ใกล้เคียงกันซึ่งให้ผล ร้อยละ 1.9 และ ร้อยละ 1.3

ตารางที่ 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ผู้แต่ง	หัวข้อ	สารที่ใช้	ผลที่ได้
Nitthiyah Jeyaratnam, Abdurahman H. Nour and John O. Akindoyo, 2016	The Potential of Microwave Assisted Hydrodistillation in Extraction of Essential Oil from Cinnamomum Cassia (Cinnamon)	น้ำ	มีการใช้น้ำเป็นตัวทำละลายต่ออบเชยโดยใช้คลื่นไมโครเวฟที่อัตราส่วน 6 ต่อ 1 8 ต่อ 1 และ 10 ต่อ 1 พบว่าเมื่อทำการสกัดเป็นเวลา 150 นาที ผลการสกัดที่ได้ที่อัตราส่วน 6 ต่อ 1 และ 8 ต่อ 1 ให้ผลการสกัด ร้อยละ 2.55 โดยเวลาที่ให้ผลการสกัดที่ดีที่สุดอยู่ที่ 90 นาที เมื่อเวลาผ่านไปถึง 150 นาที ผลการสกัดที่อัตราส่วนต่างๆเริ่มลดลง
Rintaro HOSHINO, Wahyu Diono Hideki Kanda, Motonobu Goto, Siti Machmudah, 2014	Simultaneous Extraction of Water and Essential Oils from Citrus Leaves and Peels Using Liquefied Dimethyl Ether	น้ำและไดเมทิลอีเทอร์	น้ำมันหอมระเหย และ flavonoids ส้มสกัดจากใบส้มและเปลือกโดยใช้ไดเมทิลอีเทอร์เหลวมากกว่า ร้อยละ 70 ถูกสกัดออกจากตัวอย่าง นอกจากนี้ยังพบว่า flavonoids ของส้มเช่น hesperidin, neohesperidin, nobiletin, tangeretin และ phloretin ถูกสกัดจากตัวอย่างทั้งหมด flavonoids เหล่านี้ไม่สามารถสกัดได้ด้วยวิธีสกัดด้วยไอน้ำ ดังนั้นการสกัดโดยใช้ไดเมทิลอีดเทอร์จึงมีประสิทธิภาพในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากใบส้มและเปลือก ดังนั้นสามารถใช้วิธีการสกัดด้วยไดเมทิลอีเทอร์แบบเหลวลดปริมาตรของส้มซึ่งส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการกำจัดลดลง

ตารางที่ 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ผู้แต่ง	หัวข้อ	สารที่ใช้	ผลที่ได้
Mpho Sandra Malaka, Kersch Naidoo & John Kabuba, 2017	Extraction of Siphonochilus aethiopicus Essential Oil by Steam Distillation	เฮกเซน	การเพิ่มประสิทธิภาพของการกลั่นด้วยไอน้ำโดยใช้ตัวอย่างคือ ขิง โดยใช้อัตราส่วน 20 ต่อ 1 กำหนดให้น้ำหนักตัวอย่าง 200 กรัม ที่อุณหภูมิ 80 90 และ 100 องศาเซลเซียส ซึ่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสให้ผลการสกัด ร้อยละ 0.56 ผลการสกัดเพิ่มขึ้นไม่มากเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบและสารเคมี

1) ตะไคร้หอม จากผู้ประกอบการ ตำบลหัวดง อำเภอเมือง จังหวัดพิจิตร
2) เอทานอล ความเข้มข้น ร้อยละ 95 บริษัทอาร์ซีไอ (RCI Labscan) จำกัด จังหวัดสมุทรสาคร
3) ไดเมทิลอีเทอร์ จากบริษัททามิย่า (Tamiya) ประเทศญี่ปุ่น
4) ทวีน 80 จากบริษัท Hefei tnj Chemical Industry Co.,LTD ประเทศญี่ปุ่น
5) น้ำมันตะไคร้ จากบริษัท Shanhai RenYoung Pharmaceutical Co.,LTD ประเทศจีน

3.1.2 อุปกรณ์

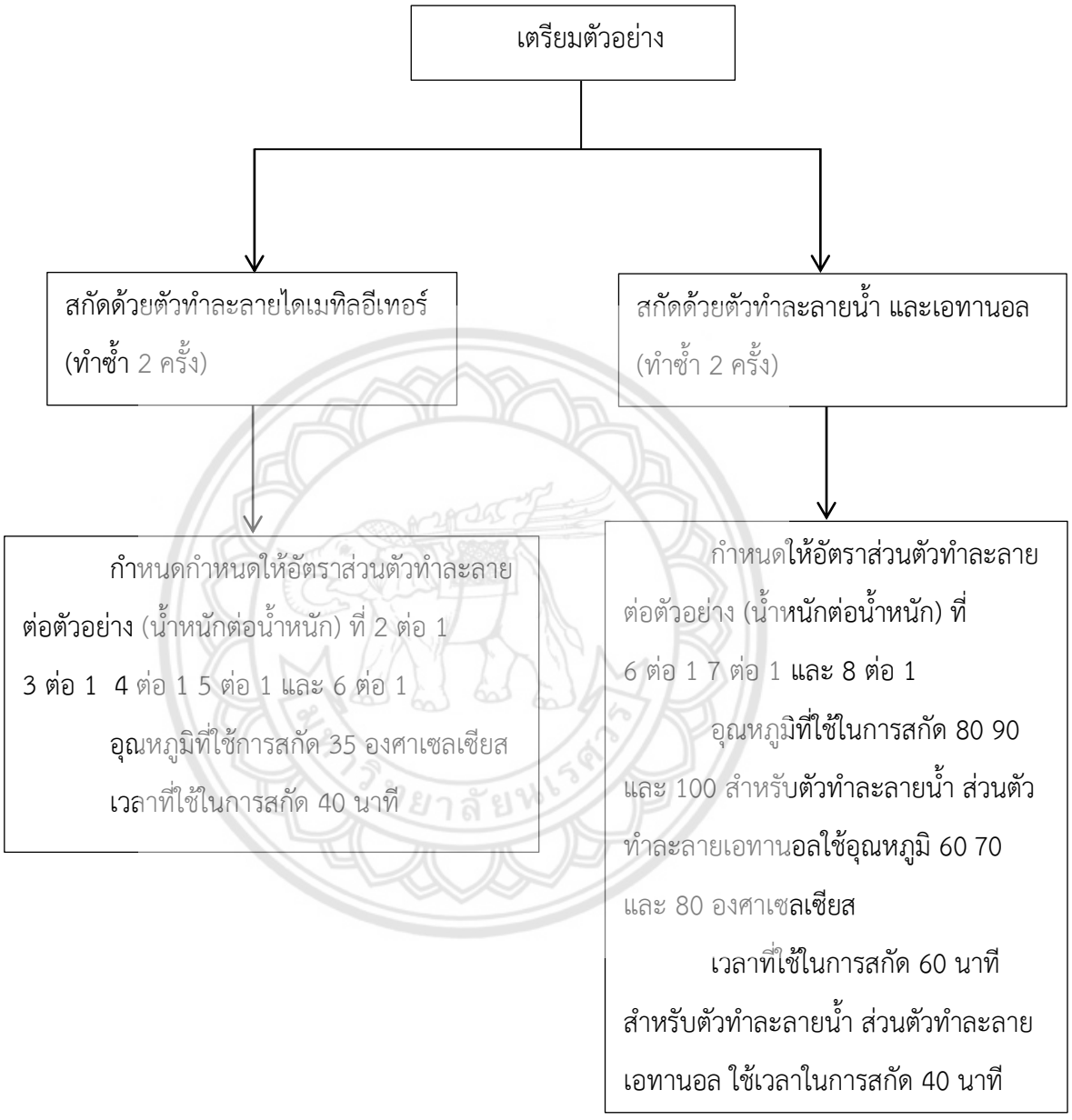
1) ขวดก้นกลมขนาด 1,000 มิลลิลิตร
2) ไมโครปิเปต
3) ช้อนตักสาร
4) พาราฟิล์ม
5) เตาให้ความร้อนแบบหลุม
6) ขวดสีชา
7) บีกเกอร์ ขนาด 50 มิลลิลิตร 100 มิลลิลิตร และ 600 มิลลิลิตร
8) ขาตั้งและตัวจับ
9) เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง
10) ขวดรูปชมพู่ ขนาด 125 มิลลิลิตร

3.1.3 เครื่องสกัด

1) เครื่องสกัดความดัน
2) เครื่องสกัดเคิลเวนเจอร์ (Clevenger-type apparatus)

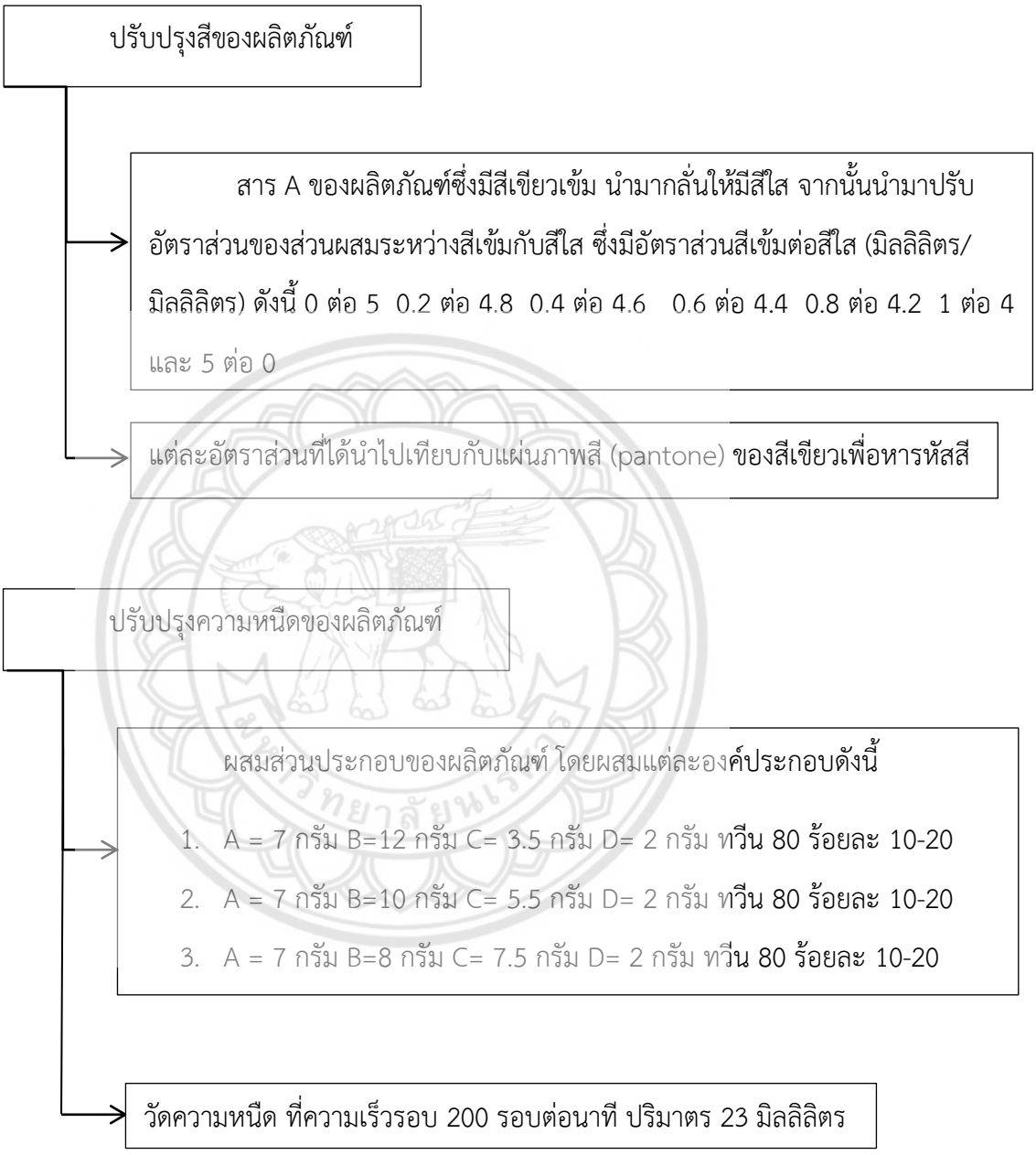
3.2 แผนผังการดำเนินงาน

3.2.1 ศึกษากระบวนการสกัดน้ำมันตะไคร้หอมด้วยวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายไดเมทิลอีเทอร์ และเปรียบเทียบวิธีการสกัดตัวทำละลายน้ำ และเอทานอล



รูปที่ 3.1 แผนผังการดำเนินการสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำ เอทานอล และไดเมทิลอีเทอร์

3.2.2 เพื่อปรับปรุง และพัฒนาผลิตภัณฑ์ของน้ำมันตะไคร้ไล่ยุง



รูปที่ 3.2 แผนผังการดำเนินการพัฒนา และปรับปรุงผลิตภัณฑ์น้ำมันตะไคร้ไล่ยุง

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 การเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่างที่นำมาสกัดจะใช้ส่วนใบของต้นตะไคร้หอมมาทำการทดลอง นำไปล้างให้สะอาด ตากผึ่งลมเป็นเวลา 1 วัน สับเป็นชิ้นเล็กๆ และปั่นละเอียดให้ตัวอย่างมีขนาด 0.5-3 มิลลิเมตรด้วยเครื่องปั่น นำตัวอย่างที่ได้ไปเก็บไว้ในตู้ดูดความชื้น

3.3.2 กระบวนการสกัดน้ำมันตะไคร้หอม

3.3.2.1 กระบวนการสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำ

1. นำตัวอย่างที่ทำการปั่นละเอียดไปบรรจุในขวดก้นกลม ปริมาณ 20 กรัม

2. เติมน้ำลงในขวดก้นกลมปริมาตร 120 140 และ 160 มิลลิลิตร ทำการกลั่นด้วยน้ำ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 80 90 และ 100 องศาเซลเซียส โดยทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง ต่อ 1 การทดลอง ด้วยเครื่องสกัดเคิลเวนเจอร์ ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 กระบวนการสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำ

เวลา (นาที)	**ปริมาณสารตัวอย่าง (กรัม)**	**ตัวทำละลายต่อตัวอย่าง (น้ำหนัก/น้ำหนัก)**	**อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)**
60	20	6 ต่อ 1	80
			90
			100
		7 ต่อ 1	80
			90
			100
		8 ต่อ 1	100

3. ศึกษาอุณหภูมิในการสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำ โดยทำการสกัดที่อุณหภูมิ 80 90 และ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ที่อัตราส่วนตัวทำละลายน้ำต่อใบตะไคร้หอม ที่เหมาะสมจากตารางที่ 3.1

4. ศึกษาเวลาที่ใช้ในการสกัดในการสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำ โดยทำการสกัดที่เวลา 60 90 และ 120 นาที ที่อุณหภูมิ และ อัตราส่วนตัวทำละลายน้ำต่อใบตะไคร้หอม ที่เหมาะสมจากตารางที่ 3.1

5. ผลที่สกัดได้ไปวัดปริมาณน้ำมันตะไคร้หอมโดยใช้กระบอกตวง

6. ผลการสกัดที่ได้สามารถหาปริมาณสารโดยคำนวณได้จากสมการ

$$\text{Yield (ร้อยละ)} = \frac{\text{ปริมาณสารสกัด}}{\text{ปริมาณสารตัวอย่าง}} \times 100 \qquad \textbf{(3.1)}$$

5. ผลการสกัดที่ได้สามารถหาปริมาณสารโดยคำนวณได้จากสมการที่ 3.1

3.3.2.2 **กระบวนการสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล**

1. นำตัวอย่างที่ทำการปั่นละเอียดไปบรรจุในขวดก้นกลม ปริมาณ 20 กรัม

2. เติมตัวทำละลายเอทานอลลงในขวดก้นกลมปริมาตร 120 140 และ 160 มิลลิลิตร ทำการกลั่นเป็นเวลา 40 นาที ที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส โดยทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้งต่อ 1 การทดลอง ด้วยเครื่องสกัดเคิลเวนเจอร์ ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 กระบวนการสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล

เวลา (นาที)	**ปริมาณสารตัวอย่าง (กรัม)**	**อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)**	**ตัวทำละลาย ต่อตัวอย่าง (น้ำหนัก/น้ำหนัก)**
40	20	80	6 ต่อ 1 7 ต่อ 1 8 ต่อ 1

3. ศึกษาอุณหภูมิในการสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำ โดยทำการสกัดที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที ที่อัตราส่วนตัวทำละลายน้ำต่อใบตะไคร้หอม ที่เหมาะสมดังตารางที่ 3.2

4. ศึกษาเวลาที่ใช้ในการสกัดในการสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำ โดยทำการสกัดที่เวลา 20 30 และ 40 นาที ที่อัตราส่วนตัวทำละลายน้ำต่อใบตะไคร้หอมและอุณหภูมิที่เหมาะสมดังตารางที่ 3.2

5. ผลที่สกัดได้นำไประเหยด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ

6. ปริมาณน้ำตะไคร้หอมที่ได้หลังจากการระเหยนำไปวัดปริมาณน้ำมันด้วยกระบอกตวง

7. ผลการสกัดที่ได้สามารถหาปริมาณสารโดยคำนวณได้จากสมการที่ 3.1

3.3.2.3 กระบวนการสกัดด้วยตัวทำละลายไดเมทิลอีเทอร์

1. ใส่แมกเนติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร และนำตัวอย่างที่ทำการปั่นละเอียดประมาณ 10 กรัมบรรจุในหลอดกระดาษกรองสำหรับการสกัด (Extraction Thimble) จากนั้นนำหลอดกระดาษกรองสำหรับการสกัดไปใส่ลงเครื่องสกัดความดัน

2. ใส่ตัวทำละลายไดเมทิลอีเทอร์เข้าสู่เครื่องสกัดความดันตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 กระบวนการสกัดด้วยตัวทำละลายไดเมทิลอีเทอร์

ครั้งที่	ตัวทำละลายต่อตัวอย่าง (น้ำหนักต่อน้ำหนัก)
1	2 ต่อ 1
2	3 ต่อ 1
3	4 ต่อ 1
4	5 ต่อ 1
5	6 ต่อ 1

3. ปรับอุณหภูมิที่เครื่องควบคุมอุณหภูมิ โดยใช้อุณหภูมิในการสกัด 35 องศาเซลเซียส และเครื่องสกัดถูกวางบนเครื่องกวนปรับความเร็วรอบให้มีการกวนคงที่ 500 รอบต่อนาที

4. ทำการสกัดเป็นเวลา 40 นาที เมื่อทำการสกัดครบเวลา เปิดวาล์วที่ตัวเครื่องให้สารที่ถูกสกัดผ่านตัวกรองสแตนเลส

5. นำตัวอย่างที่สกัดได้ไปชั่งเพื่อหาปริมาณสารที่ถูกสกัด

3.2.3 การพัฒนา และปรับปรุงผลิตภัณฑ์น้ำมันตะไคร้ไล่ยุง

3.2.3.1 การเตรียมสาร

1. นำใบตะไคร้หอมไปสับหยาบ ชั่งน้ำหนัก 150 กรัม บรรจุใส่ภาชนะโหลแก้ว

2. เติมสารละลายเอทิลแอลกอฮอล์ ร้อยละ 95 ปริมาตร 500 มิลลิลิตร

3. ทำการหมักโดยตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 1 สัปดาห์

4. แบ่งน้ำหมักไว้ส่วนหนึ่งและนำน้ำหมักเอทิลแอลกอฮอล์ส่วนที่เหลือไปกลั่นเพื่อจะได้น้ำหมักที่มีสีใส

3.2.3.2 ปรับปรุงในเรื่องของระดับความเข้มของสี

1. นำสาร A ที่เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ ที่มีลักษณะเป็นของเหลวสีเขียวเข้ม และนำสาร A อีกส่วนหนึ่งไปกลั่นเพื่อให้ได้สีใส ผสมสัดส่วนของสีเข้มต่อสีใส ให้มีระดับความเข้มของสีที่แตกต่างกัน 7 ระดับ ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 สัดส่วนผสมระหว่างสีเข้มกับสีใสของผลิตภัณฑ์

ครั้งที่	สีเข้ม (มิลลิลิตร)	สีใส (มิลลิลิตร)
1	0	5
2	1	4
3	0.2	4.8
4	0.4	4.6
5	0.6	4.4
6	0.8	4.2
7	5	0

2. ได้จำนวนตัวอย่างความเข้มสี 7 ระดับตามที่กำหนดแล้ว จากนั้นเทียบความเข้มสีทั้ง 7 ระดับ กับแผ่นภาพสีเขียวของทฤษฎีมันเซลล์เพื่อหารหัสของสี

3. คัดเลือกสีที่มีความพึงพอใจมากที่สุดจากกลุ่มตัวอย่าง A จำนวน 30 คน เพื่อหาสีที่ตรงตามความต้องการของผู้บริโภคมากที่สุด

3.2.3.3 ปรับปรุงในเรื่องความหนืดของผลิตภัณฑ์

ในผลิตภัณฑ์มีการผสมกันระหว่างน้ำกับน้ำมันซึ่งน้ำเป็นสภาพความมีขั้วค่อนข้างสูงต่างจากน้ำมันสภาพความมีขั้วต่ำในการผสมกันจะทำให้เกิดการแยกชั้นของน้ำกับน้ำมัน จึงมีการนำทวีน 80 มาผสมในส่วนประกอบน้ำมันตะไคร้ไล่ยุงเพื่อช่วยในการผสมกันระหว่างน้ำกับน้ำมันได้ดีขึ้นแต่การใช้ทวีน 80 ทำให้เนื้อของผลิตภัณฑ์มีความหนืดมากขึ้น จึงต้องมีการปรับปรุงองค์ประกอบดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ส่วนประกอบของสารในผลิตภัณฑ์

สูตร	องค์ประกอบ				
	น้ำหมักเอทิลแอลกอฮอล์ (A)	สารละลาย (B)	สารละลาย C (C)	น้ำมันตะไคร้ (D)	ทวีน 80
สูตรดั้งเดิม	7	14	1.5	2	ร้อยละ 20
1	7	12	3.5	2	ร้อยละ 10-20
2	7	10	5.5	2	ร้อยละ 10-20
3	7	8	7.5	2	ร้อยละ 10-20

3.2.4 ทดสอบความหนืดของผลิตภัณฑ์

ใช้วิธีการทดสอบโดยใช้เครื่องมือวัดความหนืด (Viscometer) รุ่น DV2 T ยี่ห้อ Brookfield ช่วงการวัดอุณหภูมิของเครื่องที่ใช้คือ 30 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที ความถูกต้องของผลที่วัดจะอยู่ที่ร้อยละ ±0.1 ของช่วงแสดงข้อมูลการทดสอบ ค่าความหนืดที่แสดง

ออกมามีหน่วยเป็นเซนติพอยส์ ซึ่งในการทดสอบจะใช้ตัวอย่าง 23 มิลลิลิตร สำหรับการวัดค่าความหนืด

3.2.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์จากกลุ่มตัวอย่าง A จำนวน 30 คนโดยใช้การกำหนดตัวอย่างขนาดประชากรจากการคำนวณของเครจซี่ และมอร์แกนที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 เพื่อให้ข้อมูลมีความแปรปรวนน้อยที่สุดและหาค่าเฉลี่ยจากสูตรการหาค่าเฉลี่ย

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

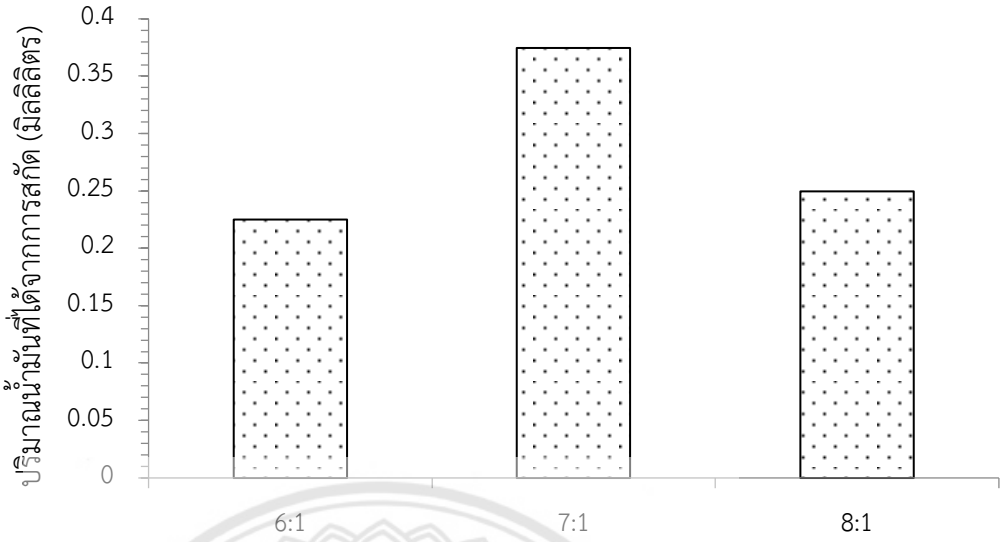
4.1 กระบวนการสกัดน้ำมันตะไคร้หอม

ในบทนี้ได้มีการนำเสนอผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองกระบวนการสกัดน้ำมันตะไคร้หอมด้วยตัวทำละลายน้ำ เอทานอล และไดเมทิลอีเทอร์ โดยได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสกัด ได้แก่ ผลของอัตราส่วนของตัวทำละลายต่อใบตะไคร้หอม อุณหภูมิในการสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำ เวลาในการสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล และเปรียบเทียบชนิดของตัวทำละลายน้ำ เอทานอล และไดเมทิลอีเทอร์

4.1.1 กระบวนการสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำ

4.1.1.1 ผลของอัตราส่วนของตัวทำละลายน้ำต่อใบตะไคร้หอม

ในหัวข้อนี้เป็นการศึกษาผลของอัตราส่วนของตัวทำละลายน้ำต่อใบตะไคร้หอม เนื่องจากน้ำ เป็นตัวทำละลายที่ดี ที่มีขั้วค่อนข้างสูง ดังนั้นจึงทำการศึกษาการปรับอัตราส่วนปริมาตรของน้ำ ที่ส่งผลต่อการสกัดเพื่อหาปริมาณน้ำมัน โดยควบคุมอุณหภูมิในการสกัดที่ 100 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที อัตราส่วนโดยปริมาตรของน้ำต่อน้ำหนักใบตะไคร้หอมที่ 6 ต่อ 1 7 ต่อ 1 และ 8 ต่อ 1 แสดงผลการทดลองดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัด (มิลลิลิตร) กับ อัตราส่วนโดยปริมาตรของน้ำต่อน้ำหนักใบตะไคร้หอม ในเวลา 60 นาที ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

จากผลการทดลองในรูปที่ 4.1 พบว่าที่อัตราส่วนโดยปริมาตรของน้ำต่อน้ำหนักใบตะไคร้หอมเพิ่มขึ้นจาก 6 ต่อ 1 เป็น 7 ต่อ 1 สกัดน้ำมันหอมระเหยได้มากขึ้น แต่เมื่อเพิ่มปริมาตรของน้ำต่อน้ำหนักใบตะไคร้จาก 7 ต่อ 1 เป็น 8 ต่อ 1 กลับสกัดน้ำมันหอมระเหยได้น้อยลง โดยปริมาณน้ำมันหอมระเหยมากที่สุดที่สกัดได้เท่ากับ 0.375 มิลลิลิตรต่อตะไคร้แห้ง 20 กรัม หรือเท่ากับ ร้อยละ 1.68 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) ที่อัตราส่วน 7 ต่อ 1 จากผลการทดลองสามารถอธิบายผลได้ดังนี้ เมื่อเติมตัวทำละลายที่มากขึ้นผลการสกัดที่ได้จะออกมากขึ้นเนื่องจากสามารถละลายน้ำมันหอมระเหยออกมาได้มากขึ้น อย่างไรก็ตาม เมื่อปริมาณตัวทำละลายมากพอจนสมดุล ผลการสกัดจะไม่เพิ่มมากขึ้นแม้ว่าจะเติมตัวทำตัวทำละลายมากขึ้นก็ตาม ส่วนที่มีแนวโน้มลดลง เนื่องจากเมื่อเพิ่มตัวทำละลายมากกว่าอัตราส่วนที่สมดุล พลังงานที่ใช้ในการให้ความร้อนมากขึ้นจึงทำให้ตัวทำละลายใช้เวลาในการระเหยนานกว่าปริมาณน้ำมันที่ได้จึงน้อยกว่าซึ่งเป็นไปตามแนวโน้มของงานวิจัยของ Nitthiyah Jeyaratnam, Abdurahman H. Nour and John O. Akindoyo ดังนั้นอัตราส่วน 7 ต่อ 1 จึงเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด

4.1.1.2 ศึกษาผลของอุณหภูมิในการสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำ

ในหัวข้อนี้เป็นการศึกษาผลของอุณหภูมิในการสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำ โดยควบคุมเวลาที่ 60 นาที ที่อัตราส่วนตัวทำละลายต่อตัวอย่าง 7 ต่อ 1 อุณหภูมิที่ 80 90 และ 100 องศาเซลเซียส แสดงผลได้ดังตารางที่ 4.1

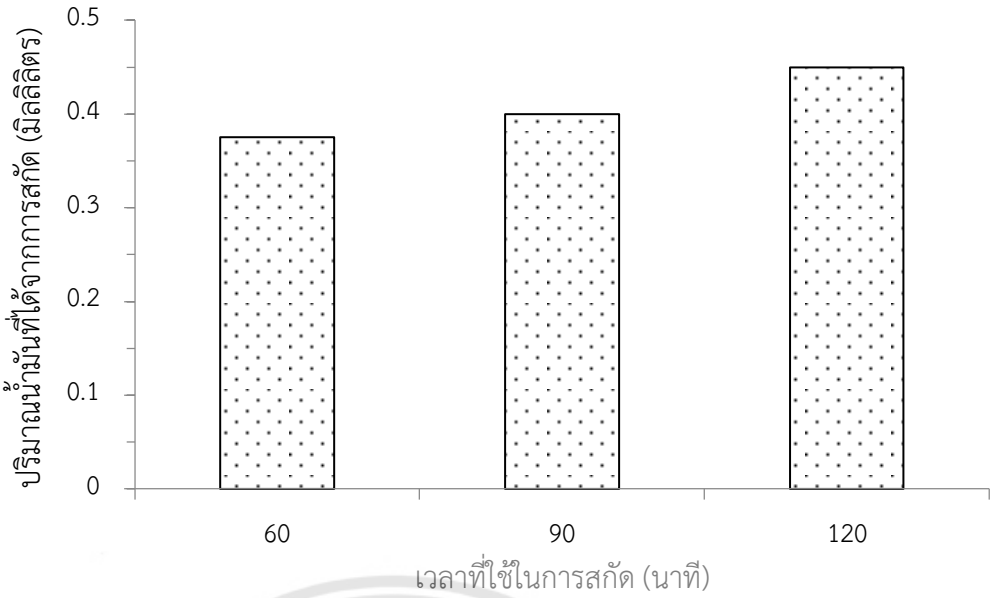
ตารางที่ 4.1 ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ด้วยตัวทำละลายน้ำ ที่อุณหภูมิต่างๆ

ปริมาณตัวอย่าง (กรัม)	เวลา (นาที)	ตัวทำละลายต่อตัวอย่าง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ (มิลลิลิตร)
20	60	7 ต่อ 1	80	-
			90	-
			100	0.375

จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.1 พบว่าที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสและ 90 องศาเซลเซียส ไม่มีปริมาณน้ำมันออกมา เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ต่ำกว่าจุดเดือดของตัวทำละลายน้ำ อย่างไรก็ตามตัวทำละลายน้ำมีการระเหยออก แต่ไม่สามารถระเหยผ่านคอนเดนเซอร์ หรือผลการสกัดที่ได้ออกมาน้อยจนไม่สามารถวัดปริมาณน้ำมันได้ และพบว่าที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ผลการสกัดที่ได้มีปริมาณน้ำมัน 0.375 มิลลิลิตร เนื่องจากเป็นอุณหภูมิที่เท่ากับจุดเดือดของตัวทำละลายน้ำทำให้ตัวทำละลายเมื่อเกิดการระเหยมากกว่าจึงทำให้ได้ปริมาณน้ำมันที่ออกมามากกว่าที่อุณหภูมิ 80 และ 90 องศาเซลเซียสในระยะเวลาที่เท่ากัน จึงสรุปได้ว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำเมื่ออุณหภูมิสูงถึงจุดเดือดทำให้ได้ปริมาณน้ำมันออกมามากขึ้น

4.1.1.3 ศึกษาผลของเวลาในการสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำ

ในหัวข้อนี้เป็นการศึกษาผลของเวลาในการสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำ โดยควบคุมอัตราส่วนโดยปริมาตรของน้ำต่อน้ำหนักใบตะไคร้หอมที่ 7 ต่อ 1 อุณหภูมิในการสกัด ที่ 100 องศาเซลเซียส โดยแสดงเวลาที่ใช้ในการสกัดกับปริมาณน้ำมันที่ได้ที่เวลา 60 90 และ 120 นาที แสดงผลการทดลองดังรูปที่ 4.2



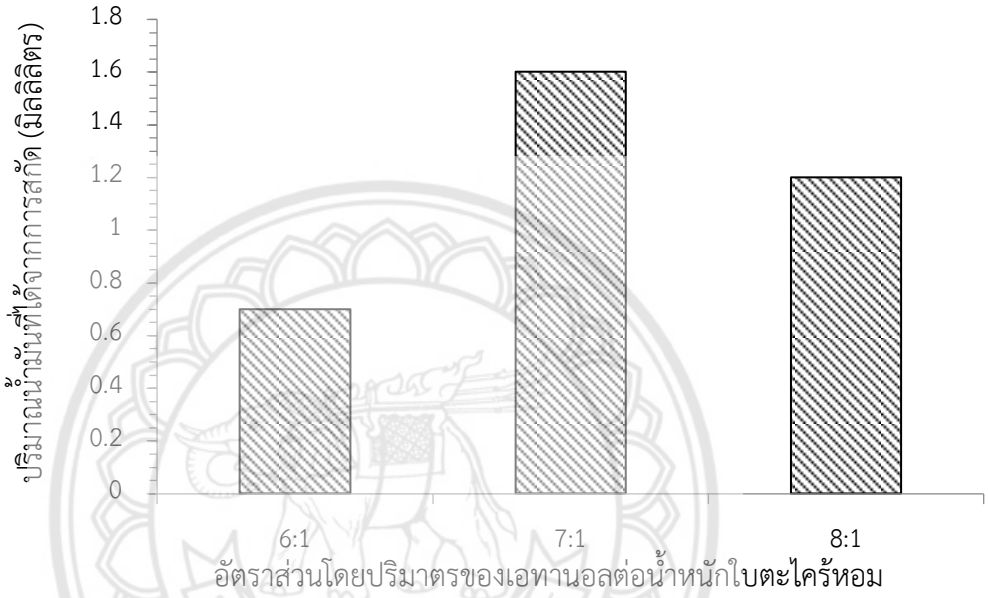
รูปที่ 4.2 ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัด (มิลลิลิตร) กับ เวลาที่ใช้ในการสกัดของตัวทำละลายน้ำ (นาที) อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ที่อัตราส่วน 7 ต่อ 1

จากผลการทดลองดังรูปที่ 4.2 พบว่า ในเวลา 60 นาที ได้ปริมาณน้ำมัน 0.375 มิลลิลิตรต่อตะไคร้แห้ง 20 กรัม 90 นาที ได้ปริมาณน้ำมัน 0.4 มิลลิลิตรต่อตะไคร้แห้ง 20 กรัม และ 120 นาที ได้ปริมาณน้ำมัน 0.45 มิลลิลิตรต่อตะไคร้แห้ง 20 กรัม จึงสรุปได้ว่าเวลามีผลต่อการการสกัดน้ำมันตะไคร้หอมทำให้ได้ปริมาณน้ำมันที่มากขึ้น จะเห็นได้ว่าเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นปริมาณน้ำมันที่ได้มากขึ้น แต่เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยจาก 60 นาทีจนถึง 120 นาที เนื่องจากในประสิทธิภาพในการสกัดช่วงระยะเวลา 20 ถึง 40 นาทีแรกจะได้ปริมาณผลการสกัดออกมาค่อนข้างสูง อย่างไรก็ตามหลังจาก 60 นาทีเป็นต้นไปจนถึง 120 นาที จนเข้าใกล้สู่สมดุลทำให้ผลการสกัดออกมาเพิ่มขึ้นไม่มากนักอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเป็นไปตามแนวโน้มของงานวิจัยของ Ranitha M., Abdurahman H. Nour และคณะ จากโครงงานนี้ เนื่องจากที่อัตราส่วน 7: 1 ถ้าใช้เวลาที่นานกว่า 120 นาทีจะทำให้ตัวทำละลายแห้ง อย่างไรก็ตาม หากใช้เวลาที่นานกว่า 120 นาที จะทำให้ตัวทำละลายแห้งและไม่สามารถสกัดน้ำมันหอมระเหยได้อีก

4.1.2 กระบวนการสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล

4.1.2.1 ผลของอัตราส่วนของตัวทำละลายเอทานอลต่อใบตะไคร้หอม

ในหัวข้อนี้เป็นการศึกษาผลของอัตราส่วนของตัวทำละลายเอทานอลต่อใบตะไคร้หอม เนื่องจากเอทานอลที่มีขั้วสูงแต่น้อยกว่าน้ำ อาจทำให้ประสิทธิภาพในการสกัดดีกว่าตัวทำละลายน้ำ ดังนั้นจึงทำการศึกษาการปรับอัตราส่วนปริมาตรของเอทานอล ที่ส่งผลต่อการสกัดเพื่อหาปริมาณน้ำมัน โดยควบคุมอุณหภูมิในการสกัด ที่ 80 องศาเซลเซียส เวลา 40 นาที อัตราส่วนโดยปริมาตรของเอทานอลต่อน้ำหนักใบตะไคร้หอมที่ 6 ต่อ 1 7 ต่อ 1 และ 8 ต่อ 1 แสดงผลการทดลองดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัด (มิลลิลิตร) กับ อัตราส่วนโดยปริมาตรของเอทานอลต่อน้ำหนักใบตะไคร้หอม ในเวลา 40 นาที ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

จากผลการทดลองดังรูปที่ 4.3 พบว่าที่อัตราส่วนที่ 7 ต่อ 1 มีปริมาณน้ำมัน 1.6 มิลลิลิตรต่อตะไคร้แห้ง 20 กรัม ซึ่งได้ปริมาณน้ำมันมากกว่าที่อัตราส่วน 6 ต่อ 1 และ 8 ต่อ 1 เป็นแนวโน้มเช่นเดียวกันกับการสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำ เมื่อตัวทำละลายมากขึ้นปริมาณน้ำมันก็มากขึ้นจนตัวทำละลายเข้าสู่สมดุลผลสกัดที่ได้ไม่มากขึ้นแม้ว่าจะเพิ่มตัวทำละลายก็ตาม แต่เมื่อเติมตัวทำละลายมากเกินไปต้องเวลาที่ใช้สำหรับการให้ความร้อนเพื่อที่จะทำให้ตัวทำละลายระเหยขึ้นไปผ่านคอนเดนเซอร์นานกว่า จึงทำให้ปริมาณน้ำมันที่ได้น้อยกว่า แต่อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลมากกว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำ เนื่องจากคุณสมบัติสภาพความเป็นขั้วของตัวทำละลายของเอทานอลน้อยกว่าน้ำ จึงทำให้ตัวทำละลายเอทานอลเข้าไปดึงน้ำมันหอมระเหยได้ดีกว่าตัวทำละลายน้ำ

4.1.2.2 ศึกษาผลของอุณหภูมิการสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล

ในหัวข้อนี้เป็นการศึกษาผลของอุณหภูมิในการสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล โดยควบคุมเวลาที่ 40 นาที ที่อัตราส่วนตัวทำละลายต่อตัวอย่าง 7 ต่อ 1 อุณหภูมิที่ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส แสดงผลดังตารางที่ 4.2

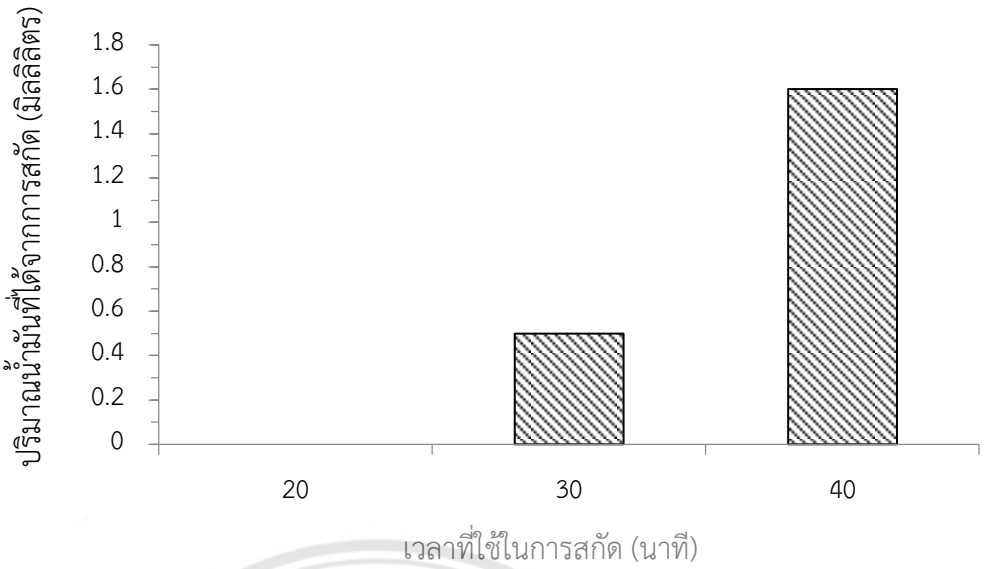
ตารางที่ 4.2 ปริมาณน้ำมันที่สกัดด้วยทำละลายเอทานอล ที่อุณหภูมิต่างๆ

ปริมาณตัวอย่าง (กรัม)	เวลา (นาที)	ตัวทำละลายต่อตัวอย่าง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ (มิลลิลิตร)
20	40	7 ต่อ 1	60	-
			70	-
			80	1.6

จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.2 พบว่าที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสและ 70 องศาเซลเซียส ไม่มีปริมาณน้ำมันออกมา เพราะที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียสต่ำกว่าจุดเดือดของเอทานอล จึงไม่สามารถวัดผลการสกัดได้ ซึ่งมีแนวโน้มเช่นเดียวกับการสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำ เนื่องจากเอทานอลมีจุดเดือดเท่ากับ 78 องศาเซลเซียส ผู้วิจัยจึงได้ทำการทดลองที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ทำให้ตัวทำละลายเอทานอลเกิดการระเหยพาสารผ่านคอนเดนเซอร์ออกมา จึงทำให้สามารถวัดผลการสกัดออกมาได้ และมีปริมาณน้ำมันเท่ากับ 1.6 มิลลิลิตรต่อตะไคร้แห้ง 20 กรัม แต่อย่างไรก็ตามอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลน้อยกว่าตัวทำละลายน้ำ เนื่องจากน้ำมีค่าความจุความร้อนมากกว่าน้ำจึงทำให้ต้องใช้อุณหภูมิมิที่สูงกว่าเอทานอล

4.1.2.3 ศึกษาผลของเวลาในการสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล

ในหัวข้อนี้เป็นการศึกษาผลของเวลาในการสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล โดยควบคุมอัตราส่วนโดยปริมาตรของน้ำต่อน้ำหนักใบตะไคร้หอมที่ 7 ต่อ 1 อุณหภูมิในการสกัด ที่ 80 องศาเซลเซียส โดยแสดงเวลาที่ใช้ในการสกัดกับปริมาณน้ำมันที่ได้ที่เวลา 20 30 และ 40 นาที แสดงผลการทดลองดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัด (มิลลิลิตร) กับ เวลาที่ใช้ในการสกัดของตัวทำละลายเอทานอล (นาที) อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส ที่อัตราส่วน 7 ต่อ 1

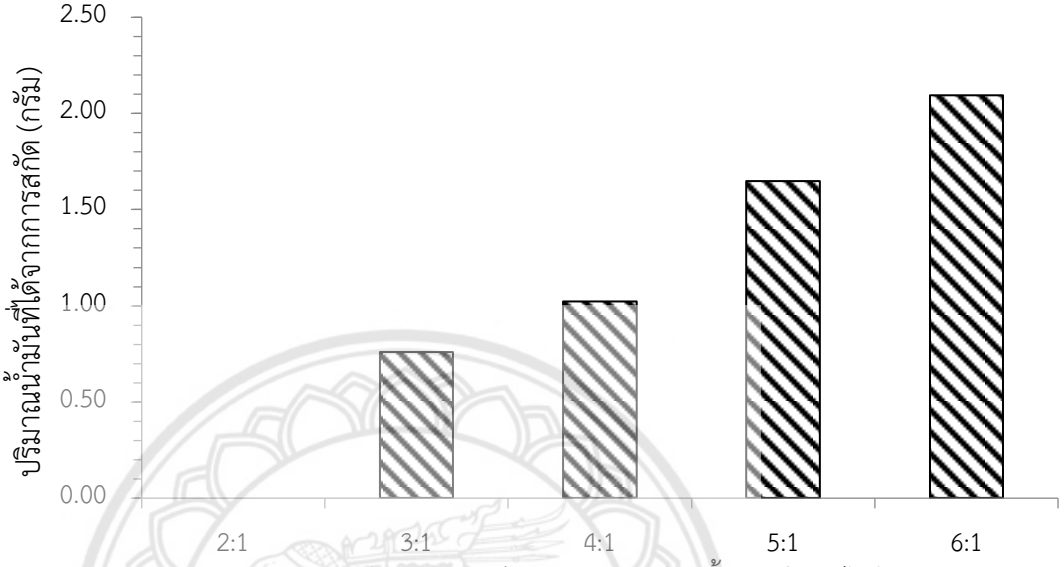
จากผลการทดลองดังรูปที่ 4.4 พบว่าในเวลา 20 นาที มีปริมาณผลการสกัดออกมา แต่ไม่มีปริมาณน้ำมันออกมาหลังจากทำการระเหยเอทานอล เพราะว่าเวลาที่ใช้ยังไม่เพียงพอที่จะสามารถสกัดน้ำมันตะไคร้หอมออกมาได้ (Ratnaningrum, D. และคณะ, 2017) ที่เวลา 30 นาทีหลังจากทำการระเหยเอทานอลได้ปริมาณน้ำมันออกมา 0.5 มิลลิลิตร และที่ 40 นาทีหลังจากทำการระเหยเอทานอลได้ปริมาณน้ำมัน 1.6 มิลลิลิตร ดังนั้นที่เวลา 40 นาทีจึงได้ปริมาณน้ำมันออกมามากที่สุด จะเห็นได้ว่าเมื่อเวลามากขึ้นจะได้ปริมาณน้ำมันมากขึ้น ซึ่งแนวโน้มเป็นเป็นไปตามการสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำ แต่สำหรับอัตราส่วน 7 ต่อ 1 ถ้าทำการทดลองเกิน 40 นาทีจะทำให้ตัวทำละลายแห้งไม่สามารถสกัดต่อได้

4.1.3 กระบวนการสกัดด้วยตัวทำละลายไดเมทิลอีเทอร์

4.1.3.1 ผลของอัตราส่วนของตัวทำละลายไดเมทิลอีเทอร์ต่อใบตะไคร้หอม

ในหัวข้อนี้เป็นการศึกษาผลของการสกัดในใบตะไคร้หอมด้วยตัวทำละลายไดเมทิลอีเทอร์ในการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนในการสกัด ในการสกัดด้วยตัวทำละลายไดเมทิลอีเทอร์ โดย

ใช้เครื่องสกัดความดัน ควบคุมเวลาที่ 40 นาที อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด 35 องศาเซลเซียส โดยใช้อัตราส่วนโดยมวลของไดเมทิลอีเทอร์ต่อน้ำหนักใบตะไคร้หอมที่ 2 ต่อ 1 ถึง 6 ต่อ 1



รูปที่ 4.5 ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัด (กรัม) กับ อัตราส่วนโดยปริมาตร ในเวลา 40 นาที ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

จากผลการทดลองดังรูปที่ 4.5 พบว่าเมื่ออัตราส่วนเพิ่มขึ้นทำให้ได้ผลการสกัดมากขึ้น เนื่องจากตัวทำละลายไดเมทิลอีเทอร์เป็นตัวทำละลายที่มีขั้วน้อย ทำให้ได้ผลการสกัดออกมามากกว่าตัวทำละลายน้ำ และเอทานอล ซึ่งสภาวะที่เหมาะสมสำหรับตัวทำละลายไดเมทิลอีเทอร์ คือ อัตราส่วน 6 ต่อ 1 อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด 35 องศาเซลเซียส เวลาในการสกัด 40 นาที ปริมาณสารสกัดที่ได้จากการสกัด 1.9 กรัม หรือร้อยละ 19 ส่วนที่อัตราส่วน 2 ต่อ 1 ไม่สามารถสกัดสารออกมาได้ เนื่องจากปริมาณตัวทำละลายไม่มากพอที่จะละลายสารสกัดออกมาจากตะไคร้ จึงไม่สามารถเกิดการถ่ายโอนมวล ที่ทำให้ได้ปริมาณสารสกัดออกมา แต่อย่างไรก็ตามสิ่งที่ได้ออกมาจากการสกัดด้วยทำละลายไดเมทิลอีเทอร์ ออกมาในรูปของแข็งในลักษณะของแว็กซ์ และมีสิ่งเจอปนอื่นๆ จึงทำให้ปริมาณผลการสกัดออกมาเยอะ แต่ผลการสกัดที่ได้มีความบริสุทธิ์ต่ำ จึงทำให้ต้องมีกระบวนการในการทำให้บริสุทธิ์ต่อไป ดังนั้นวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายไดเมทิลอีเทอร์อาจไม่เหมาะสำหรับการ

สกัดน้ำมันหอมระเหยในสถานะของเหลว เมื่อเปรียบเทียบกับการสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำ และเอทานอล แสดงผลดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบชนิดของตัวทำละลายน้ำ เอทานอล และไดเมทิลอีเทอร์

ชนิดตัวทำละลาย	ตัวทำละลายต่อตัวอย่าง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ปริมาณสารกกัด	สถานะ
น้ำ	7:1	100	60	0.375 (มิลลิลิตร)	ของเหลว
เอทานอล	7:1	80	40	1.6 (มิลลิลิตร)	ของเหลว
ไดเมทิลอีเทอร์	6:1	35	40	1.9 (กรัม)	ของแข็ง

จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.3 การสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล อัตราส่วน 7 ต่อ 1 ใช้อุณหภูมิในการสกัด 80 องศาเซลเซียส เวลาในการสกัด 40 นาที ได้ปริมาณน้ำมัน 1.6 มิลลิลิตรต่อตะไคร้แห้ง 20 กรัม หรือร้อยละ 7.17 ซึ่งได้ปริมาณน้ำมันมากกว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำ อัตราส่วน 7 ต่อ 1 อุณหภูมิในการสกัด 100 องศาเซลเซียส เวลาในการสกัด 60 นาที ได้ปริมาณน้ำมัน 0.375 มิลลิลิตรต่อตะไคร้แห้ง 20 กรัม หรือร้อยละ 1.68 แต่การสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ พงษ์ศักดิ์ พลเสนา ยุทธนา บรรจง และ ลักขณา ต่างใจ ที่สกัดได้ปริมาณน้ำมันตะไคร้หอมเท่ากับร้อยละ 1.08 พบว่ามีปริมาณน้ำมันที่มากกว่า แต่อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลใช้อุณหภูมิ และเวลาน้อยกว่า แสดงว่าความร้อนที่ให้ใช้ระยะเวลาสั้นกว่าทำให้ประหยัดเวลา และการใช้อุณหภูมิที่ต่ำกว่า ซึ่งในทางเศรษฐศาสตร์ถือว่าคุ้มค่าในแง่ของการใช้พลังงาน นอกจากนี้ สามารถสกัดได้ปริมาณน้ำมันมากกว่าถึง 4 เท่าทำให้การสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลเหมาะสำหรับการสกัดน้ำมันหอมระเหยมากกว่า แต่การสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลจะต้องมีการระเหยเพื่อแยกตัวทำละลายออก ซึ่งการสกัดด้วยตัวทำละลายไดเมทิลอีเทอร์อาจไม่เหมาะกับการสกัดน้ำมันหอมระเหย แต่กระบวนการนี้อาจเหมาะกับการสกัดพวกคลอโรฟิลด์ สารสำคัญที่มีประโยชน์ หรือสกัดสารที่ออกมาในรูปแบบอื่นๆ ดังนั้นกระบวนการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้หอมที่ดีที่สุดในการศึกษาโครงงานนี้คือการสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล

4.2 การพัฒนา และปรับปรุงผลิตภัณฑ์น้ำมันตะไคร้ไล่ยุง

4.2.1 ทดสอบความหนืดของผลิตภัณฑ์

จากการสมมุติฐานส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ในตอนแรกได้มีการปรับในส่วนน้ำกลั่น กับสารละลาย C เนื่องจากคาดว่าน้ำกลั่นเป็นตัวที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นที่ฉุน และเป็นส่วนที่ทำให้น้ำมันกับน้ำเข้ากันมากขึ้น และมีความหนืดน้อยลงจึงเพิ่มสัดส่วนของสารละลาย C และลดปริมาณน้ำกลั่นลงตามที่กำหนดไว้ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ส่วนประกอบของสารในผลิตภัณฑ์

สูตร	องค์ประกอบ				
	น้ำหมักเอทิลแอลกอฮอล์ (A)	สารละลาย B (B)	สารละลาย C (C)	น้ำมันตะไคร้ (D)	ทวีน 80
สูตรดั้งเดิม	7	14	1.5	2	ร้อยละ 20
1	7	12	3.5	2	ร้อยละ 10-20
2	7	10	5.5	2	ร้อยละ 10-20
3	7	8	7.5	2	ร้อยละ 10-20

จากส่วนประกอบของสารในผลิตภัณฑ์ดังตารางที่ 4.4 พบว่าในแต่ละสูตรที่ได้กำหนดไว้เมื่อได้มีการปรับส่วนน้ำกลั่นลดลง และเพิ่มสารละลาย C ทำให้เกิดการแยกชั้น ส่วนประกอบไม่ละลายเข้ากันในทุกสูตร ดังรูปที่ 4.7 4.8 และ 4.9 จะเห็นว่าเมื่อมีการเพิ่มสารละลาย C ทำให้ส่วนประกอบมีการแยกชั้นในส่วนที่เป็นน้ำมันมากขึ้น จึงไม่สามารถวัดค่าหนืด และค่า pH ได้ ส่วนของกลิ่นทั้งสามสูตรเป็นไปในทิศทางเดียวกันคือมีกลิ่นที่ฉุนมากขึ้น ตัวที่เป็นน้ำกลั่นไม่ค่อยมีผลกับผลิตภัณฑ์ ดังนั้นจึงได้มีการแก้ปัญหาสารละลาย C ไว้คงเดิมดังสูตรดั้งเดิมแล้วมาปรับในส่วนน้ำหมักเอทิลแอลกอฮอล์ กับน้ำกลั่น โดยมีการปรับให้ปริมาณของน้ำหมักเอทิลแอลกอฮอล์มากขึ้น และปริมาณน้ำกลั่นลดลง ดังตารางที่ 4.5

รูปที่ 4.6 ผลิตภัณฑ์สูตรดั้งเดิม

รูปที่ 4.7 ผลิตภัณฑ์สูตรที่ 1

รูปที่ 4.8 ผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2

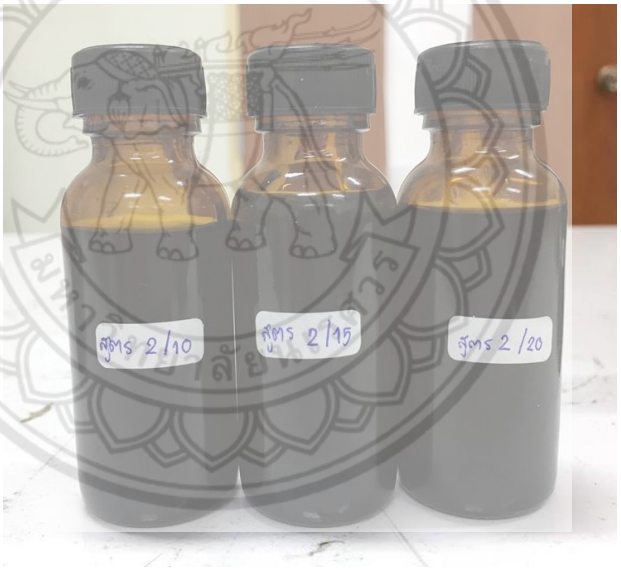
รูปที่ 4.9 ผลิตภัณฑ์สูตรที่ 3

ตารางที่ 4.5 ส่วนประกอบของสารในผลิตภัณฑ์ที่มีการปรับปรุงเพิ่มเติม

สูตร	องค์ประกอบ				
	น้ำหมักเอทิลแอลกอฮอล์ (A)	สารละลาย B (B)	สารละลาย C (C)	น้ำมันตะไคร้ (D)	ทวีน 80
สูตรดั้งเดิม	7	10	1.5	2	ร้อยละ 20
1	11	9	1.5	2	ร้อยละ 10 15 และ 20
2	12	8	1.5	2	ร้อยละ 10 15 และ 20
3	13	7	1.5	2	ร้อยละ 10 15 และ 20

จากส่วนประกอบของสารในผลิตภัณฑ์ดังตารางที่ 4.5 ได้มีการปรับปรุงเพิ่มเติม พบว่าเมื่อเติมน้ำหมักเอทิลแอลกอฮอล์มากขึ้น ส่วนประกอบทั้งหมดละลายเข้ากันจากการเติมทวีน 80 ปริมาณร้อยละ 20 เพื่อเข้าไปเป็นตัวอิมัลชั่นในทุกสูตรที่กำหนดไว้ทั้ง 3 สูตร จึงได้มีการลดทวีน 80 ลงเป็น ร้อยละ 10 และ ร้อยละ 15 เพื่อให้ความหนืดของผลิตภัณฑ์ลดลง และเพื่อไม่ให้เกิดการใช้ทวีน 80 อย่างสิ้นเปลือง เมื่อทำการทดลองผสมส่วนประกอบทั้งหมดแล้ว จะเห็นได้ว่าในสูตรที่ 1 จากการเติมทวีน 80 ปริมาณ ร้อยละ 10 ยังเกิดการแยกชั้นในส่วนของน้ำกับน้ำมันอยู่ แต่ที่ ร้อยละ 15 กับ 20 ส่วนประกอบละลายเข้ากันหมด เช่นเดียวกับสูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 ที่มีการละลายเข้ากันทั้งหมดจากการเติมทวีน 80 ปริมาณ ร้อยละ 10 15 และ 20 ดังรูปที่ 4.10 4.11 และ 4.12 ส่วนประกอบที่ละลายเข้ากันหมดนำไปวัดค่าความหนืด และค่า pH แสดงค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ดังตารางที่ 4.6

รูปที่ 4.10 ผลิตภัณฑ์ที่มีการปรับปรุงสูตรที่ 1

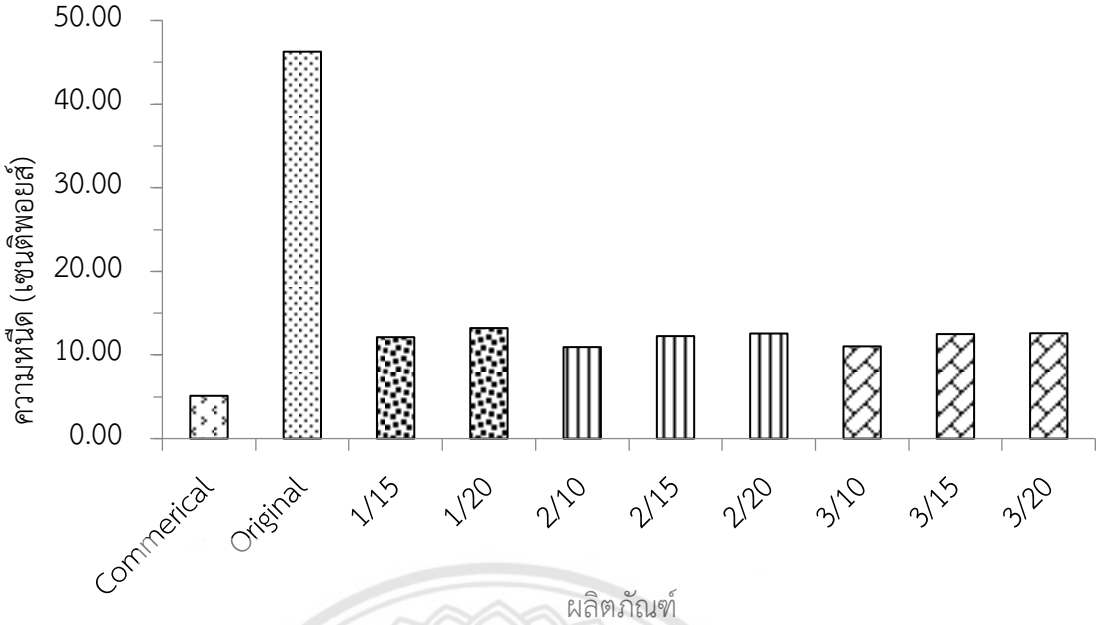


รูปที่ 4.11 ผลิตภัณฑ์ที่มีการปรับปรุงสูตรที่ 2

รูปที่ 4.12 ผลิตภัณฑ์ที่มีการปรับปรุงสูตรที่ 3

ตารางที่ 4.6 ค่าความหนืด (เซนติพอยส์)

สูตร	ทวีน 80 (ร้อยละ)	ลักษณะของผลิตภัณฑ์	ค่าความหนืด (เซนติพอยส์)
Commerical	-	เป็นเนื้อเดียวกัน	5.12
Original	20	เป็นเนื้อเดียวกัน	46.28
1	10	แยกชั้น	-
	15	เป็นเนื้อเดียวกัน	12.13
	20	เป็นเนื้อเดียวกัน	13.22
2	10	เป็นเนื้อเดียวกัน	10.94
	15	เป็นเนื้อเดียวกัน	12.26
	20	เป็นเนื้อเดียวกัน	12.57
3	10	เป็นเนื้อเดียวกัน	11.03
	15	เป็นเนื้อเดียวกัน	12.5
	20	เป็นเนื้อเดียวกัน	12.6



รูปที่ 4.13 ความหนืดที่วัดได้แต่ละผลิตภัณฑ์

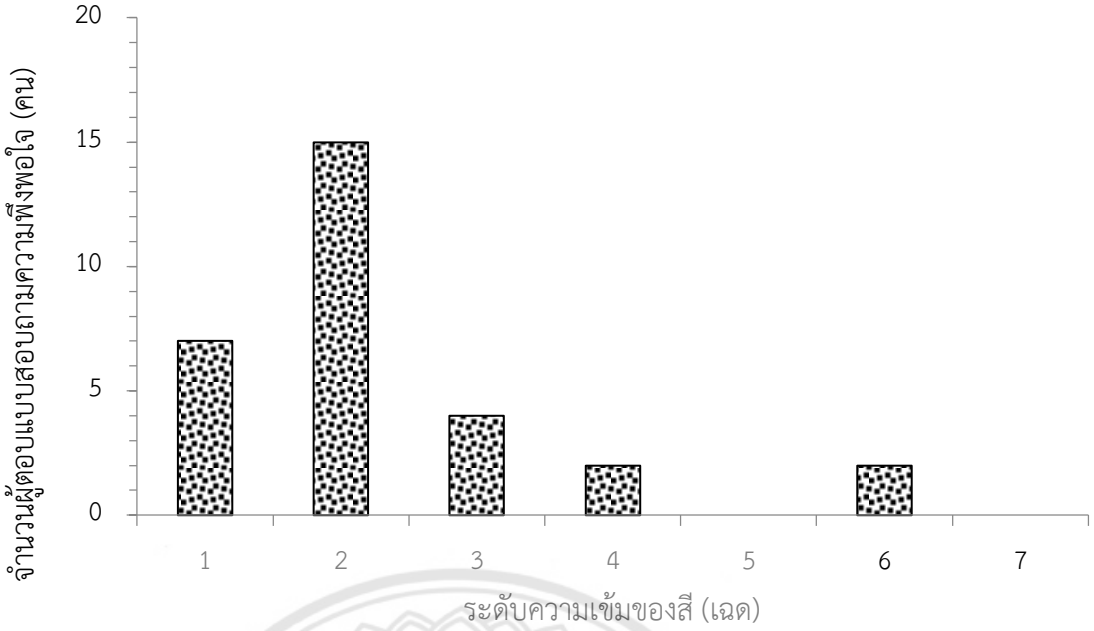
จากการวัดค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ ดังตารางที่ 4.6 พบว่าน้ำหมักเอทิลแอลกอฮอล์มีผลต่อผลิตภัณฑ์ ในเรื่องของการผสานส่วนที่เป็นน้ำมันกับน้ำ และยังทำให้มีการใช้ทวีน 80 ในปริมาณที่น้อยลง (Xu, Q., Nakajima, M. และคณะ, 2001) ซึ่งในการเติมทวีน 80 ถ้าเติมเข้ามากขึ้นจะทำให้ตัวผลิตภัณฑ์มีความหนืดมากขึ้นอีกด้วย (ไพลิน สุขวงษ์ พาสวดี ประทีปะเสน และสุเมธ ตันตระเธียร, 2013) จึงสรุปได้ว่าน้ำหมักเอทิลแอลกอฮอล์มีผลในเรื่องการละลายเข้ากันของส่วนประกอบ และทวีน 80 มีผลในเรื่องความหนืดของผลิตภัณฑ์ แต่อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ไม่ควรมีส่วนผสมของน้ำหมักเอทิลแอลกอฮอล์ที่มากเกินไป เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผู้ประกอบการต้องการให้มีส่วนผสมที่เป็นธรรมชาติมากที่สุด และใช้สารเคมีน้อยสุด ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนประกอบใกล้เคียงกับความต้องการของผู้ประกอบ คือสูตรที่ 2 โดยการเติมทวีน 80 ปริมาณร้อยละ 10 เพราะมีการใช้สารเคมีน้อย และค่าความหนืดที่วัดได้มีค่าน้อยที่สุด 10.94 เซนติพอยส์ เมื่อนำไปทดสอบพบว่าค่าความหนืดน้อยกว่าสูตรดั้งเดิมอย่างเห็นได้ชัด ได้ค่าความหนืดใกล้เคียงกับสูตรตามท้องตลาด และผลิตภัณฑ์ในทุกสูตร pH ที่วัดได้เป็นกลางทั้งหมด

4.2.2 ระดับความเข้มของสี

จากการตอบแบบสอบถามจำนวน 30 คนแบ่งออกเป็นนิสิตชั้นปีที่ 3 จำนวน 15 คน และนิสิตขั้นปีที่ 4 จำนวน 15 คน มีผู้ตอบแบบสอบถามให้ความพึงพอใจความเข้มของสีดังรูปที่ 4.7 และนำระดับความเข้มของสีไปเทียบกับรหัสสีได้ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ความพึงพอใจ และรหัสระดับความเข้มของสี

ระดับความเข้มของสี	จำนวนผู้ตอบแบบสอบถามให้ความพึงพอใจ (คน)	รหัสสี	รูป
1	7	-	
2	15	7.5GY8/14	
3	4	5GY6/8	
4	2	5GY4/4	
5	-	5GY3/4	
6	2	7.5GY2/4	
7	-	10GY1/2	



รูปที่ 4.14 จำนวนผู้ตอบแบบสอบถามความพึงพอใจ (คน) กับ ระดับความเข้มของสี (เฉด)

จากผลการตอบแบบสอบถามความพึงพอใจสีของผลิตภัณฑ์ดังตารางที่ 4.7 พบว่าระดับที่ 2 มีความพึงพอใจมากที่สุดจำนวน 15 คน เพราะเป็นสีที่ดูสะอาด โปร่ง ไม่มีตะกอน และดูน่าใช้ส่วนระดับที่ 4 และ 6 มีความพึงพอใจน้อยที่สุดจำนวน 2 คน ระดับที่ 5 และ 7 ไม่มีผู้ตอบแบบสอบถามเลือก

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

กระบวนการสกัดน้ำมันตะไคร้หอม พบว่าเอทานอลเป็นตัวทำละลายที่เหมาะสมที่สุดในการสกัดน้ำมันหอมระเหย ซึ่งได้ปริมาณที่มากกว่าน้ำ 4 เท่า ซึ่งสภาวะที่เหมาะสมสำหรับตัวทำละลายเอทานอล คือ อัตราส่วน 7 ต่อ 1 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด 80 องศาเซลเซียส เวลาในการสกัด 40 นาที ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัด 1.6 มิลลิลิตรต่อตะไคร้แห้ง 20 กรัม อย่างไรก็ตามการสกัดด้วยตัวทำละลายไดเมทิลอีเทอร์ได้สารสกัดออกมาในรูปของแข็งลักษณะเป็นแว็กซ์จึงไม่เหมาะกับการสกัดน้ำมันหอมระเหย ดังนั้นเอทานอลจึงเป็นตัวทำละลายที่ดีที่สุดที่ใช้ในกระบวนการสกัดน้ำมันตะไคร้หอม

ปรับปรุงผลิตภัณฑ์น้ำมันตะไคร้ไล่ยุง ในเรื่องความหนืดของผลิตภัณฑ์ พบว่า น้ำหมักเอทิลแอลกอฮอล์ (สารละลาย A) มีผลในเรื่องการละลายเข้ากันของส่วนประกอบ ทำให้ผลิตภัณฑ์ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน โดยทวีน 80 มีผลในเรื่องความหนืดของผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์หลังการปรับปรุงสูตรที่มีส่วนประกอบใกล้เคียงกับความต้องการของผู้ประกอบการ คือสูตรที่ 2 โดยการเติมทวีน 80 ปริมาณ ร้อยละ 10 เป็นสูตรที่เหมาะสมเนื่องจากละลายเป็นเนื้อเดียวกัน สูตรนี้ค้นพบแล้วนำไปทดสอบค่าความหนืดที่วัดได้มีค่าน้อยที่สุด 10.94 เซนติพอยส์ เมื่อนำไปทดสอบแล้วค่าความหนืดน้อยกว่าสูตรดั้งเดิมถึง 4 เท่า และได้ค่าใกล้เคียงกับสูตรตามท้องตลาด และการปรับปรุงระดับความเข้มของสี จากผู้ตอบแบบสอบถามความพึงพอใจจำนวน 30 คน สีที่ได้รับการนิยมจากการตอบแบบสำรวจ คือ ระดับสีที่ 2 มีความพึงพอใจมากที่สุดจำนวน 15 คน เพราะเป็นสีที่ดูสะอาด โปร่ง ไม่มีตะกอน และดูน่าใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

เพื่อเป็นการนำงานวิจัยนี้ไปต่อยอดในด้านประกอบการผลิตภัณฑ์ตะไคร้ไล่ยุง ควรมีการวิเคราะห์ปริมาณการสกัดที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายไดเมทิลอีเทอร์เพิ่มเติม เนื่องจากปริมาณสารสกัดที่ได้ค่อนข้างเยอะ อาจทำให้มีสารสำคัญที่มีฤทธิ์ในการป้องกันยุง และแมลง ซึ่งอาจจะทำให้สามารถทำผลิตภัณฑ์ตะไคร้ไล่ยุงออกได้ในรูปแบบอื่นๆมากกว่ารูปแบบสเปรย์

เอกสารอ้างอิง

มนัสวี พัฒนกุล และคณะ. (2551).**ประสิทธิภาพของสารสกัดจากเมล็ดสะเดาช้าง (*Azadirachta excelsa (Jack) Jacobs.*) ในการป้องกันการดูดเลือดของยุงลาย.** คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สมยศ จารุวิจิตรวัฒนา และคณะ. (*2536*). **ผลของการใช้ครีมตะไคร้หอมในการป้องกันยุงเปรียบเทียบกับครีมที่ไม่มีตัวยา**.หนังสือรวบรวมผลงานวิจัยโครงการพัฒนาการใช้สมุนไพรและยาไทยทางคลินิก. มหาวิทยาลัยมหิดล.

Kakaraparthi, P. S., Srinivas, K. V. N. S., Kumar, J. K., Kumar, A. N., Rajput, D. K., & Sarma, V. U. M. *(2014).* **Variation in the essential oil content and composition of Citronella *(*Cymbopogon winterianus Jowitt*.)* in relation to time of harvest and weather conditions.** Industrial Crops and Products, *61*, 240-248.

ธวัชชัย ศรีภักดี, **เพื่อพืชเกษตรไทย**. สืบค้นเมื่อ 2 ตุลาคม2561, จาก www.puechkaset.com

Dua, V. K., Pandey, A. C., Raghavendra, K., Gupta, A., Sharma, T., & Dash, A. P. *(*2009*).* **Larvicidal activity of neem oil *(*Azadirachta indica*)* formulation against mosquitoes**. Malaria journal, 8*(1)*, 124..

Aliero, B. L. *(*2003*).* **Larvaecidal effects of aqueous extracts of Azadirachta indica *(*neem*)* on the larvae of Anopheles mosquito**. African Journal of biotechnology, *2(9)*, 325-327.

Okumu, F. O., Knols, B. G., & Fillinger, U. *(*2007*).* **Larvicidal effects of a neem *(*Azadirachta indica*)* oil formulation on the malaria vector Anopheles gambiae**. Malaria journal, *6(1)*, 63.

พงษ์ศักดิ์ พลเสนา ยุทธนา บรรจง และลักขณา ต่างใจ. **การทดลองกลั่นน้ำมันหอมระเหยพืชสมุนไพร 10 ชนิด ด้วยเครื่องกลั่นแก้วมาตรฐานและเครื่องกลั่นระดับชุมชน Distillation from 10 Medicinal Plants by 3 liters Distiller and 60 liters Distiller**. ศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ

Takashi Ogawa, Norio Inoue, Tutomu Shikada etc. (2003).Direct **Dimethyl Ether Synthesis[J]** Journal of Natural Gas ,V12 (4): 219-227

กลุ่มพัฒนามาตรฐานน้ำมันเชื้อเพลิง *(สำนักคุณภาพน้ำมันเชื้อเพลิง). (20* พฤศจิกายน *2554).* **ความรู้เกี่ยวกับไดเมทิลอีเทอร์ (*Dimethyl Ether)*** .กรุงเทพฯ: กรมธุรกิจพลังงาน.

Rapinel, V., Santerre, C., Hanaei, F., Belay, J., Vallet, N., Rakotomanomana, N., ... & Chemat, F. (2018). **Potentialities of using liquefied gases as alternative solvents to substitute hexane for the extraction of aromas from fresh and dry natural products**. *Comptes Rendus Chimie*, *21*(6), 590-605.

ฐานข้อมูลสมุนไพรไทยเขตอีสานใต้. (2553). **ฐานข้อมูลสมุนไพรตะไคร้หอม**. สืบค้นเมื่อ 17 ตุลาคม 2561, จาก http://www.phargarden.com/main.php?action=viewpage&pid=47

ศูนย์ส่งเสริมเทคโนโลยีการเกษตรด้านอารักขา จังหวัดขอนแก่น. **ตะไคร้หอม**. สืบค้นเมื่อ 9 กันยายน 2562, จาก http://www.pmc04.doae.go.th/Myweb-2011-data1/19%20citronella%20grass/19citronella.html

พิมพ์พธู วลัยพัชรา. (25 มีนาคม 2559). **น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม**. สืบค้นเมื่อ 14 ตุลาคม 2561, จาก http://www.aromahub.com/th/hikashop-menu-for-categories-listing/essential-oil-products/product/Citronella%20Essential%20Oil.

วิลัยลักษณ์ โพนสนิท. (19 พ.ย. 2552). **ตะไคร้หอม.** สืบค้นเมื่อ 14 ตุลาคม 2561, จาก https://sites.google.com/site/wilailuk5511/bthkhwam-1/bthkhwamwichakar-2.

MGR Online. (11 พ.ย. 2552) . **"เอทิล-เมทิลแอลกอฮอล์" เรียกชื่อผิด พิษถึงตาย.** สืบค้นเมื่อ 7 พฤศจิกายน 2561, จาก https://mgronline.com/science/detail/9520000135585

พัชรพรรณ ดิษยมนตรี และพรพิมล ม่วงไทย. (17 มกราคม 2560). **การวิเคราะห์ปริมาณยูจีนอลและไอโซยูจีนอลพร้อมกันในยาไทยพื้นบ้านบางชนิด SIMULTANEOUS DETERMINATION OF EUGENOL AND ISOEUGENOL IN SOME THAI**. วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

Merck KGaA. (2018). **Eugenol.** สืบค้นเมื่อ 3 ตุลาคม 2561, จาก https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/w246700?lang=en&region=TH

Simon Cotton. (October 2013). **Linalool.** สืบค้นเมื่อ 3 ตุลาคม 2561, จาก http://www.chm.bris.ac.uk/motm/linalool/linaloolh.htm

EMBL-EBI.29. (January 2015). **Citronellal.** สืบค้นเมื่อ 3 ตุลาคม 2561, จาก https://www.ebi.ac.uk/chebi/searchId.do?chebiId=CHEBI:368

รศ.ดร.นิจศิริ เรืองรังษ. (31 ธันวาคม 2015). **ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับน้ำมันหอมระเหย.** กองการแพทย์ทางเลือก กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก.

Blake E. Szkoda '16. (2016). ***THE EFFECTS OF CITRAL ON CASPASE-3 ACTIVATION IN M624 AND HaCaT CELLS.*** (Doctoral dissertation, Marietta College).

PubChem. (2015). **Property of ethanol**. สืบค้นเมื่อ 5 ตุลาคม 2561, จาก https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/ethanol

PubChem. (2015). **Property of Dimethyl ether**. สืบค้นเมื่อ 5 ตุลาคม 2561, จาก https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/dimethyl_ether

Fengchen Group. 2009. **Property of tween 80**. สืบค้นเมื่อ 5 ตุลาคม 2561, จาก https://www.fengchengroup.com/chemicals/organic-chemicals/tween-20-polysorbate-20-tween-80-polysorbate.html

Quantockgoblin. **Distillation.** สืบค้นเมื่อ 12 ตุลาคม 2561, จาก https://en.wikipedia.org/wiki/Distillation

Panatpong Boonnouna, Pemika Tunyasitikunb, Weerawat Clowutimonb and Artiwan Shotiprukb. (2017). **Production of free lutein by simultaneousextraction and de-esterification of marigoldflowers in liquefied dimethyl ether(DME)–KOH–EtOH mixture**. Faculty of Engineering, Naresuan University, Food and Bioproducts Processing, 193–200.

มารยาท โยทองยศ และผศ.ปราณีสวัสดิสรรพ. **การกำหนดขนาดของกลุมตัวอย่างเพื่อการวิจัย.** ศูนยบริการวิชาการ สถาบันสงเสริมการวิจัยและพัฒนานวัตกรรม

puntharee . (2561). **ระบบสี Munsell.** สืบค้นเมื่อ 25 ธันวาคม 2561, จาก https://goterrestrial.com/2018/03/08/%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%9A%E0%B8%9A%E0%B8%AA%E0%B8%B5-munsell-ostwald-cie-kupper-gerritsen-ncs/

โปรดักส์เซิซแอนด์ซัพพลาย. **เฉดสีมัน Munsell Chart Color เซล –.** สืบค้นเมื่อ 25 ธันวาคม 2561, จาก https://pss-colorguide.com/munsell-color-chart/

Fitriady, M. A., Sulaswatty, A., Agustian, E., Salahuddin, & Aditama, D. P. F. (2017, January). **Steam distillation extraction of ginger essential oil: Study of the effect of steam flow rate and time process**. In AIP Conference Proceedings (Vol. 1803, No. 1, p. 020032). AIP Publishing.

Rapinel, V., Santerre, C., Hanaei, F., Belay, J., Vallet, N., Rakotomanomana, N., ... & Chemat, F. (2018). **Potentialities of using liquefied gases as alternative solvents to substitute hexane for the extraction of aromas from fresh and dry natural products**. Comptes Rendus Chimie, 21(6), 590-605.

Jeyaratnam, N., Nour, A. H., & Akindoyo, J. O. (2016). **The potential of microwave assisted hydrodistillation in extraction of essential oil from Cinnamomum Cassia (cinnamon).** ARPN J Eng Appl Sci, 11(4), 2179-2183.

Hoshino, R., Machmudah, S., Kanda, H., & Goto, M. (2014). **Simultaneous Extraction of Water and Essential Oils from Citrus Leaves and Peels Using Liquefied Dimethyl Ether**. Nutrition & Food Sciences.

Malaka, M. S., Naidoo, K., & Kabuba, J. (2017). **Extraction of Siphonochilus aethiopicus essential oil by steam distillation.** Chemical Engineering Communications, 204(7), 813-819.

Eliza Richardson, Associate Professor. **Specific Heat capacity of water** .สืบค้นเมื่อ 25 ธันวาคม 2562, จาก https://www.e-education.psu.edu/earth501/content/p5_p9.html

Engineering ToolBox, (2018). **Ethanol - Specific Heat (Heat Capacity), Cp and Cv**. สืบค้นเมื่อ 25 ธันวาคม 2562, จากhttps://www.engineeringtoolbox.com/specific-heat-capacity-ethanol-Cp-Cv-isobaric-isochoric-ethyl-alcohol-d_2030.html

หนึ่งฤทัย อุดมลาภไพศาล. (2552). **การศึกษาการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยเทคนิคไมโครเวฟ**. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Ranitha, M., Nour, A. H., Sulaiman, Z. A., & Nour, A. H. (2014). **A Comparative study of Lemongrass (Cymbopogon citratus) essential oil extracted by microwave-assisted hydrodistillation (MAHD) and conventional hydrodistillation (HD) method**. International Journal of Chemical Engineering and Applications, 5(2), 104.

นายเจษฎา ปิติพรรณพงศ์. (2547). **การสกัดสารชาแลนทินจากผลของมะระขี้นกด้วยตัวทำละลายที่ความดันสูง.** ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Xu, Q., Nakajima, M., Nabetani, H., Iwamoto, S., & Liu, X. (2001). **The effects of ethanol content and emulsifying agent concentration on the stability of vegetable oil-ethanol emulsions**. Journal of the American Oil Chemists' Society, 78(12), 1185-1190.

ไพลิน สุขวงษ์ พาสวดี ประทีปะเสน และสุเมธ ตันตระเธียร. (2013). **Effect of polyoxyethylene (20) sorbitan monolaurate on antibacterial of clove oil emulsion.** ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Nicoletti, M., Serafini, M., Aliboni, A., D'Andrea, A., & Mariani, S. (2010). **Toxic effects of neem cake extracts on Aedes albopictus (Skuse) larvae**. Parasitology research, 107(1), 89-94.

Ratnaningrum, D., Endah, E. S., & Pudjiraharti, S. (2017, January). The effect of temperature and extraction period of time on the chemicals content of emprit ginger ethanol extract (Zingiber officinale var. Rubrum). In AIP Conference Proceedings (Vol. 1803, No. 1, p. 020038). AIP Publishing.

ExtraMile Communications. (2019). การวัดค่า PH. สืบค้นเมื่อ 22 เมษายน 2562, จาก http://www.nchasia.com/th-th/resources/ph-sc

ภาคผนวก

1. การศึกษากระบวนการสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำ เอทานอล และไดเทมิลอีเทอร์

1.1 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง

เตรียมตัวอย่าง : นำใบตะไคร้หอมล้างด้วยน้ำ ผึ่งลมเป็นเวลา 1 วัน จากนั้นนำมาหั่นให้มีขนาดเล็กๆ นำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นน้ำผลไม้ บรรจุใส่ถุงซีลพลาสติกเก็บไว้ในตู้ดูดความชื้น นำใบตะไคร้หอมที่ได้จากการปั่นมาชั่งให้มีน้ำหนัก 20 กรัมสำหรับตัวทำละลายน้ำ และเอทานอล ส่วนตัวทำละลายไดเมทิลอีเทอร์ชั่งที่น้ำหนัก 10 กรัม

รูปที่ 1 หั่นใบตะไคร้หอมให้มีขนาดเล็ก

รูปที่ 2 ปั่นใบตะไคร้หอมให้มีขนาดเล็กลง

1.2 ขั้นตอนการทดลอง

1.2.1 นำใบตะไคร้หอมใส่ในเครื่องแก้วก้นกลม 3 ทาง จากนั้นให้ความร้อนผ่านเครื่องให้ความร้อน ควบคุมความร้อนด้วยกล่องควบคุม (control box) ผลสกัดที่ออกมาได้จะบรรจุลงในขวดรูปชมพู่

1.2.2 ผลสกัดที่ได้ตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง

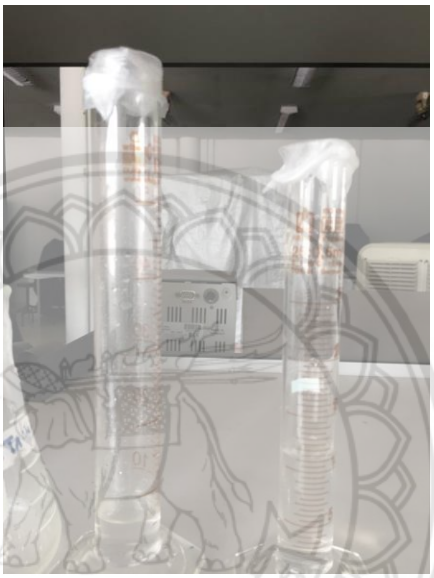
รูปที่ 3 การกลั่นด้วยเครื่องเคิลเวนเจอร์ (Clevenger)

1.3 ขั้นตอนการวัดปริมาณน้ำมันตะไคร้หอมที่ได้จากการสกัด

1.3.1 ตัวทำละลายน้ำ : นำผลการสกัดที่ได้ไปวัดปริมาณน้ำมันด้วยกระบอกตวง

1.3.2 ตัวทำละลายเอทานอล : นำผลการสกัดที่ได้ไปทำการระเหยเอทานอลด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ จากนั้นทำการวัดปริมาณด้วยกระบอกตวง

1.3.3 ตัวทำละลายไดเมทิลอีเทอร์ : ผลการสกัดที่ได้ออกมาในรูปของแข็ง นำผลการสกัดไปชั่งด้วยเครื่องชั่ง



รูปที่ 4 การวัดปริมาณน้ำมันตะไคร้หอมที่ได้จากการสกัดจาก**ตัวทำละลายน้ำ**

รูปที่ 5 ระเหยเอทานอลด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ

รูปที่ 6 วัดผลการสกัดที่ได้จากการสกัดด้วยไดเมทิลอีเทอร์

ตารางที่ 1 ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำ

าร รัม)	เวลา (นาที)	ตัวทำละลาย ต่อตัวอย่าง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ปริมาณที่สกัดได้ (กรัม)			ปริมาตรที่สกัดได้ (มิลลิลิตร)			ปริมาต
				ครั้ง 1	ครั้ง 2	เฉลี่ย	ครั้ง 1	ครั้ง 2	เฉลี่ย	ครั้ง 1
	60	6:1	80	9.69	4.31	7.00	9	3.6	6.3	-
			90	8.34	5.11	6.73	7.8	4.6	6.2	-
			100	12.18	6.74	9.46	12	6.8	9.4	0.25
		7:1	80	1.31	5.23	3.27	1.8	4.55	3.175	-
			90	7.31	7.94	7.63	6.7	7.4	7.05	-
			100	42.1	17.09	29.60	42	17.5	29.75	0.25
		8:1		6.01	6.85	6.43	6.1	6.4	6.25	0.2
	90	7:1	100	17.46	7.05	12.26	18	7	12.5	0.4
	120	7:1		10.87	14.73	12.80	10	15	12.5	0.4

ตารางที่ 2 ปริมาณผลการสกัดที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล

เวลา (นาที)	ปริมาณสาร ตัวอย่าง (กรัม)	ตัวทำละลาย ต่อตัวอย่าง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ปริมาณที่สกัดได้ (กรัม)			ปริม
				ครั้ง 1	ครั้ง 2	เฉลี่ย	ครั้
40	20	6:1	80	75.91	92.23	84.07	9
		7:1		101.82	92.55	97.19	11
		8:1		107.74	99.75	103.75	12
60	20	6:1	60	-	-	-	-
			70	-	-	-	-
			80	75.91	92.23	84.07	9

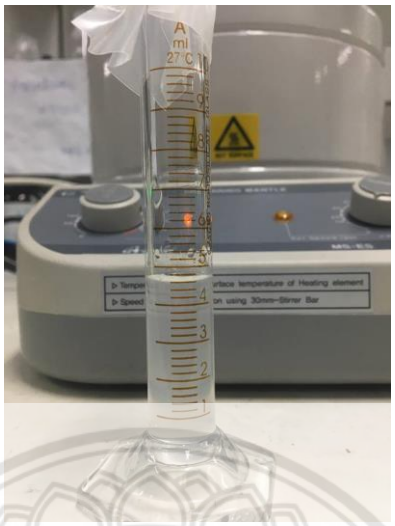
ตารางที่ 3 ปริมาณผลการสกัดที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายไดเมทิลอีเทอร์

เวลา (นาที)	ปริมาณสารตัวอย่าง (กรัม)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ตัวทำละลายต่อตัวอย่าง	ปริมาณที่สกั	
				ครั้ง 1	
40	10	35	2:1	-	
			3:1	0.3346	0
			4:1	0.3014	0
			5:1	0.9233	0
			6:1	1.4838	0

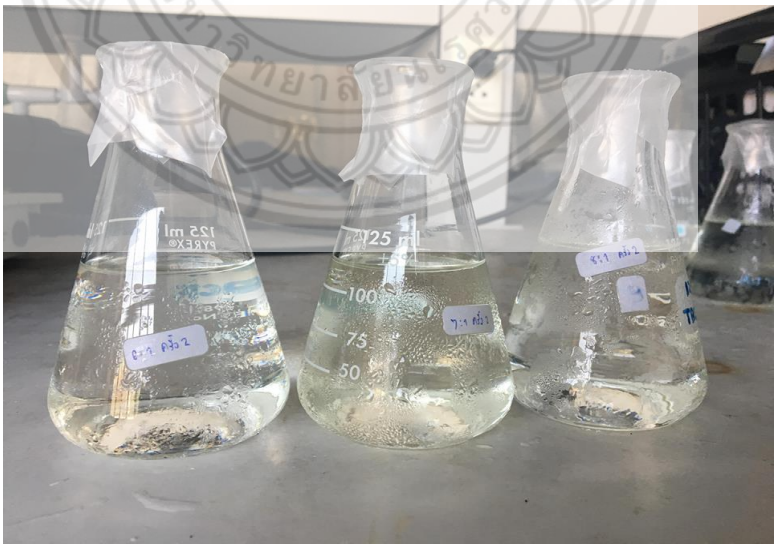
ตารางที่ 4 ปริมาณผลการสกัดที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายไดเมทิลอีเทอร์ทั้งหมด

เวลา (นาที)	ปริมาณสารตัวอย่าง (กรัม)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ตัวทำละลายต่อตัวอย่าง
40	10	35	2:1
			3:1
			4:1

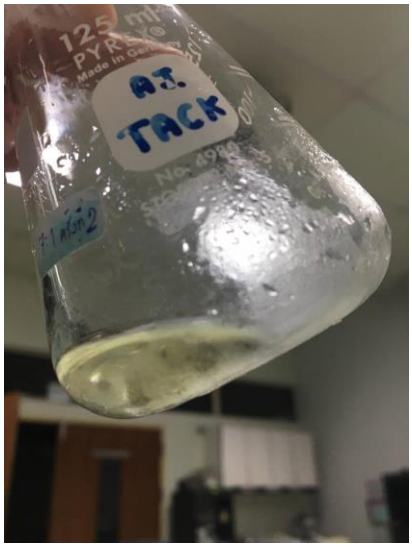
	5:1
	6:1



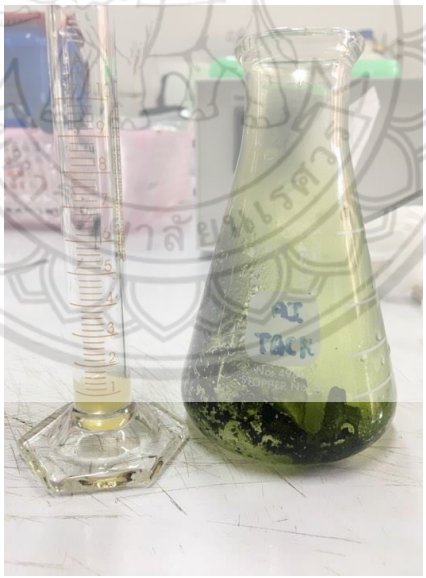
รูปที่ 7 ผลการสกัดที่ได้การสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำ



รูปที่ 8 ผลการสกัดที่ได้การสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล



รูปที่ 9 ผลการสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลที่ได้หลังจากการนำไประเหยสุญญากาศ



รูปที่ 10 ผลการสกัดที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายไดเมทิลอีเทอร์

1. การพัฒนา และปรับปรุงผลิตภัณฑ์น้ำมันตะไคร้ไล่ยุง

1.1 สำรวจความพึงพอใจความเข้มของสีน้ำมันตะไคร้ไล่ยุง

1.1.1 เตรียมน้ำหมักเอทิลแอลกอฮอล์ : ใช้ใบตะใคร้หอมชั่งหนัก 150 กรัมต่อเอทิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 95 500 มิลลิลิตร หมักไว้เป็นเวลา 1 สัปดาห์

1.1.2 นำน้ำหมักเอทิลแอลกอฮอล์มากลั่นจะได้น้ำหมักเอทิลแอลกอฮอล์ที่มีสีใส

1.1.3 เตรียมระดับความเข้มของสี 7 ระดับตามสัดส่วนสีเข้มต่อสีใส

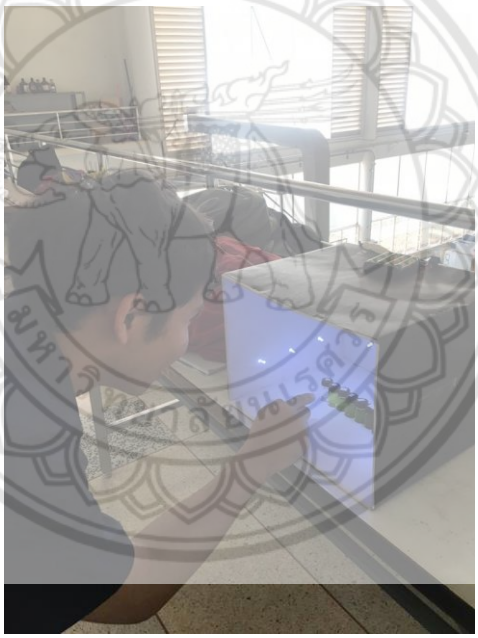
1.1.4 เทียบรหัสสีของระดับความเข้มของสีที่ได้จากการปรับตามสัดส่วน

1.1.5 ทดสอบความพึงพอใจจากแบบสอบถามโดยมีผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 30 คน

ตารางที่ 5 ความพึงพอใจ และรหัสระดับความเข้มของสี

ระดับความเข้มของสี	จำนวนผู้ตอบแบบสอบถามให้ความพึงพอใจ (คน)	รหัสสี	รูป
1	7	-	
2	15	7.5GY8/14	
3	4	5GY6/8	
4	2	5GY4/4	
5	-	5GY3/4	
6	2	7.5GY2/4	
7	-	10GY1/2	

รูปที่ 11 ระดับความเข้มของสีทั้ง 7 ระดับ



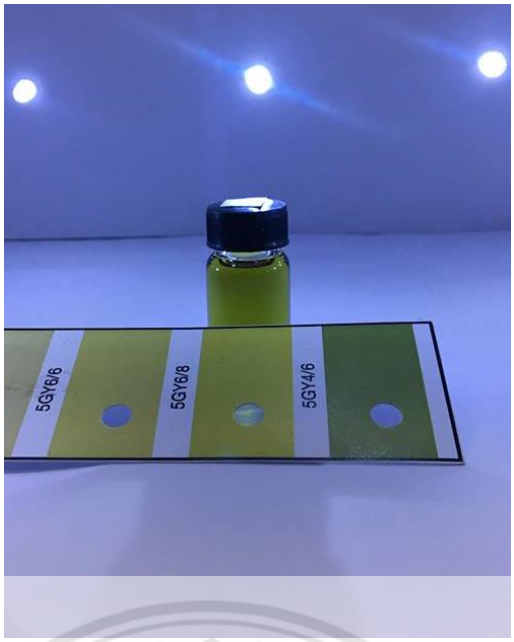
รูปที่ 12 ทดสอบความพึงพอใจระดับความเข้มของสีทั้ง 7 ระดับ จากนิสิตชั้นปีที่ 3 คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเคมี

รูปที่ 13 ทดสอบความพึงพอใจระดับความเข้มของสีทั้ง 7 ระดับจาก**นิสิตชั้นปีที่** 4 คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเคมี

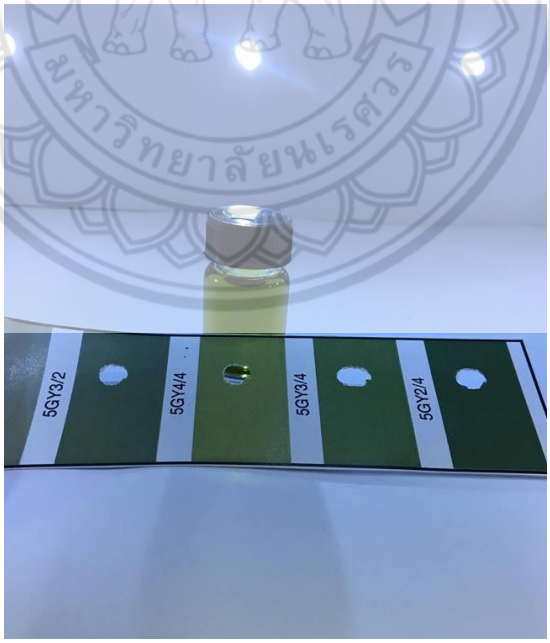
รูปที่ 14 น้ำหมักเอทิลแอลกอฮอล์

รูปที่ 15 เทียบรหัสความเข้มของสีที่ 1 ไม่มีรหัสสี

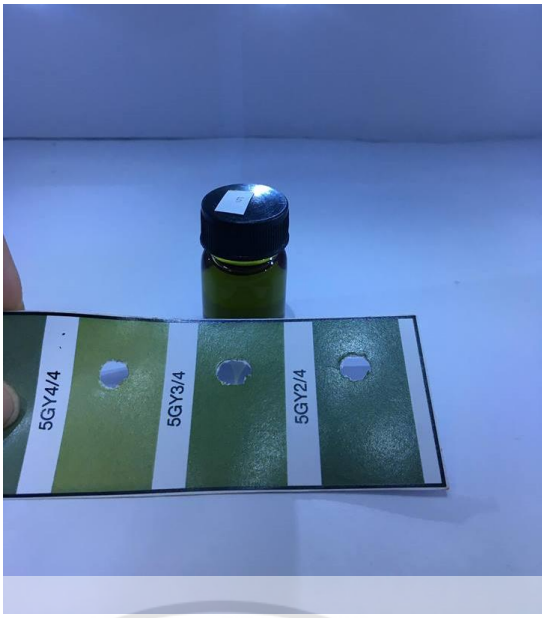
รูปที่ 16 เทียบรหัสความเข้มของสีที่ 2 ตรงกับรหัส 7.5GY8/14



รูปที่ 17 เทียบรหัสความเข้มของสีที่ 3 ตรงกับรหัส 5GY6/8

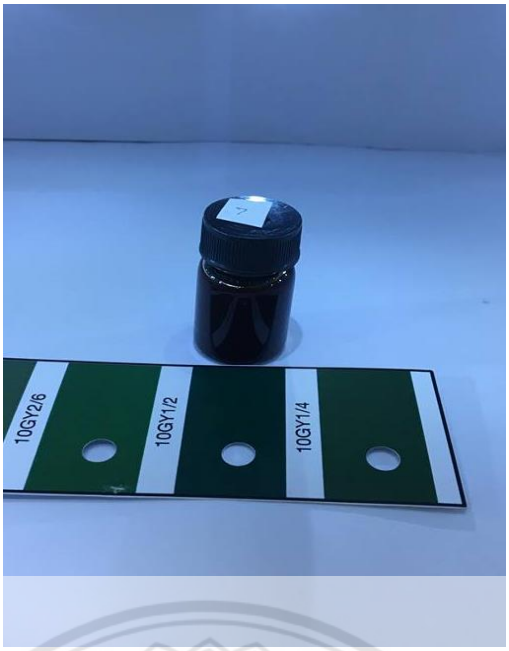


รูปที่ 18 เทียบรหัสความเขมของสีที่ 4 ตรงกับรหัส 5GY4/4



รูปที่ 19 เทียบรหัสความเข้มของสีที่ 5 ตรงกับรหัส 5GY3/4

รูปที่ 20 เทียบรหัสความเข้มของสีที่ 6 ตรงกับรหัส 7.5GY2/4



รูปที่ 21 เทียบรหัสความเข้มของสีที่ 7 ตรงกับรหัส 10GY1/2

1.2 ปรับปรุงผลิตภัณฑ์น้ำมันตะไคร้ไล่ยุง

1.2.1 ผสมสาร A, สาร B, สาร C, สาร D และเติมทวีน 80 เข้าไปร้อยละ 10 – 20

1.2.2 ผสมส่วนประกอบทั้งหมดตามสูตรที่กำหนดไว้ 3 สูตร ดัง**ตารางที่ 6**

ตารางที่ 6 ส่วนประกอบสารในผลิตภัณฑ์

สูตร	องค์ประกอบ				
	น้ำหมักเอทิลแอลกอฮอล์ (A)	น้ำกลั่น (B)	สารละลาย C (C)	น้ำมันตะไคร้ (D)	ทวีน 80
สูตรดั้งเดิม	7	14	1.5	2	ร้อยละ 20
1	7	12	3.5	2	ร้อยละ 10-20
2	7	10	5.5	2	ร้อยละ 10-20
3	7	8	7.5	2	ร้อยละ 10-20

1.2.3 เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 1 คืน

1.2.4 สูตรที่ส่วนประกอบทั้งหมดเข้ากันจะนำมาวัดค่าความหนืดด้วยเครื่องเครื่องวัดความหนืด และวัดค่า pH ด้วยกระดาษลิตมัส

รูปที่ 22 ส่วนประกอบที่ใช้ในการผสมผลิตภัณฑ์

รูปที่ 23 ผสมส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ดังสูตรที่ 1

รูปที่ 24 ผสมส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ดังสูตรที่ 2

รูปที่ 25 ผสมส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ดังสูตรที่ 3

1.3 ปรับปรุงส่วนผสมของผลิตภัณฑ์เพิ่มเติม

1.3.1 ผสมส่วนประกอบทั้งหมดตามสูตรที่กำหนดใหม่ 4 สูตรเพื่อให้สารทั้งเข้ากันได้ดี โดยเติมสาร ทวีนร้อยละ 10 15 และ 20 ตามลำดับ ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ส่วนประกอบของสารในผลิตภัณฑ์ที่มีการปรับปรุงเพิ่มเติม

สูตร	องค์ประกอบ				
	น้ำหมักเอทิลแอลกอฮอล์ (A)	สารละลาย (B)	สารละลาย C (C)	น้ำมันตะไคร้ (D)	ทวีน 80
สูตรดั้งเดิม	7	10	1.5	2	ร้อยละ 20
1	11	9	1.5	2	ร้อยละ 10 15 และ 20
2	12	8	1.5	2	ร้อยละ 10 15 และ 20
3	13	7	1.5	2	ร้อยละ 10 15 และ 20

1.3.2 เขย่าสารทั้งให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 1 คืน

1.3.3 สูตรที่ส่วนประกอบทั้งหมดเข้ากันจะนำมาวัดค่าความหนืดด้วยเครื่องเครื่องวัดความหนืด และวัดค่า pH ด้วยกระดาษลิตมัส

ตารางที่ 8 วัดค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ที่มีการปรับปรุงเพิ่มเติม

สูตร	ทวีน 80 (ร้อยละ)	ค่าความหนืด (เซนติพอยส์)				สารละลาย A (กรัม)	สารละลาย A (ร้อยละ)
		ครั้ง 1	ครั้ง 2	ครั้ง 3	เฉลี่ย		
Commercial	-	5.1	5.13	5.13	5.12	-	90.00
Original	20	46.32	46.2	46.32	46.28	7	23.81
1	15	12.15	12.12	12.12	12.13	11	39.04
	20	13.2	13.23	13.23	13.22	11	37.41
2	10	10.98	10.92	10.92	10.94	12	44.53
	15	12.27	12.27	12.24	12.26	12	42.59
	20	12.57	12.57	12.57	12.57	12	40.82
3	10	11.04	11.04	11.01	11.03	13	48.24
	15	12.48	12.48	12.54	12.50	13	46.14
	20	12.6	12.6	12.6	12.60	13	44.22

4	10	10.77	10.77	10.77	10.77	14	51.95

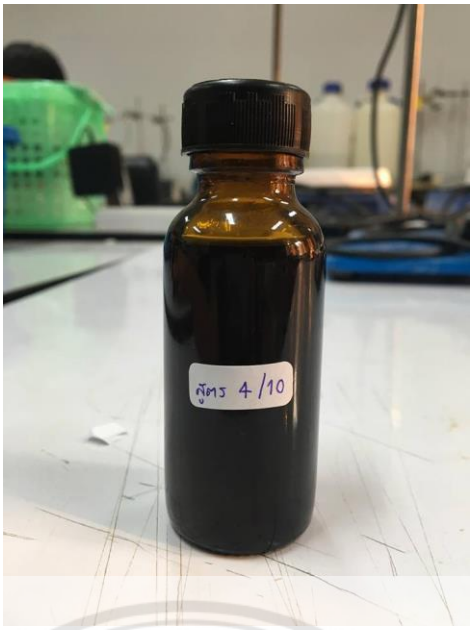
ตารางที่ 9 ค่าทอร์กที่ได้จากการวัดค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์

สูตร	ทวีน 80 (ร้อยละ)	ค่าทอร์ค (ร้อยละ)			
		ครั้ง 1	ครั้ง 2	ครั้ง 3	เฉลี่ย
Commerical	-	17	17.1	17.1	17.07
Original	20	38.6	38.5	38.6	38.57
1	15	40.5	40.4	40.4	40.43
	20	44	44.1	44.1	44.07
2	10	36.6	36.4	36.4	36.47
	15	40.9	40.9	40.8	40.87
	20	41.9	41.9	41.9	41.90
3	10	36.8	36.8	36.7	36.77
	15	41.6	41.6	41.8	41.67
	20	42	42	42	42.00
4	10	35.9	35.9	35.9	35.90

รูปที่ 26 ผสมส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ตามสูตรใหม่ดังสูตรที่ 1

รูปที่ 27 ผสมส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ตามสูตรใหม่ดังสูตรที่ 2

รูปที่ 28 ผสมส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ตามสูตรใหม่ดังสูตรที่ 3



รูปที่ 29 ผสมส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ตามสูตรใหม่ดัง**สูตรที่** 4

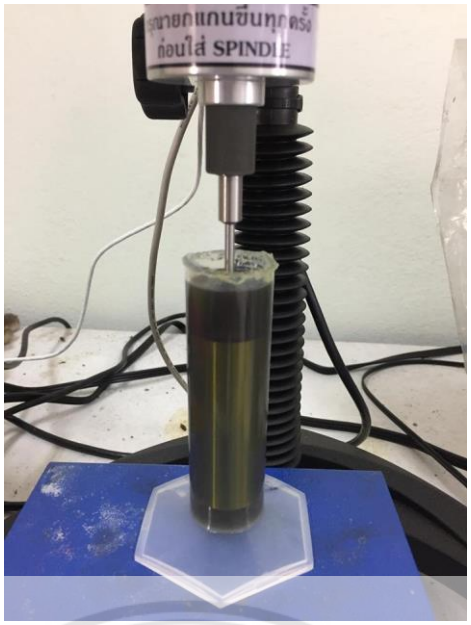
รูปที่ 30 ส่วนประกอบของลิตภัณฑ์ตามสูตรใหม่ทั้งหมด

รูปที่ 31 สูตรที่ส่วนประกอบผสมเข้ากันจะนำไปวัดค่า pH

รูปที่ 32 วัดค่า pH ของผลิตภัณฑ์ตะไคร้ไล่ยุงที่ขายตามท้องตลาดของยี่ห้อเพรียวกรีน

รูปที่ 33 สูตรที่ส่วนประกอบผสมเข้ากันได้ทำมาวัดค่าค**วามหนืด**

รูปที่ 34 ขนาดของหัวเข็มที่ใช้ในการทดสอบค่าความหนืด



รูปที่ 35 ปริมาตรที่ใช้ในการทดสอบความหนืด 23 มิล**ลิลิตร**

COE No. 010/2019
IRB No. 0071/62

คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
NARESUAN UNIVERSITY INSTITUTIONAL REVIEW BOARD
99 หมู่ 9 ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000 เบอร์โทรศัพท์ 05596 8642

เอกสารรับรองการยกเว้นพิจารณาจริยธรรมโครงการวิจัย

คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ดำเนินการให้การรับรองการยกเว้นพิจารณาจริยธรรมโครงการวิจัย ตามแนวทางหลักจริยธรรมการวิจัยในคนที่เป็นมาตรฐานสากล ได้แก่ Declaration of Helsinki, The Belmont Report, CIOMS Guideline International Conference on Harmonization in Good Clinical Practice หรือ ICH-GCP) และ 45CFR 46.101(b)

ชื่อโครงการ : การสกัดน้ำมันตะไคร้ใล่ยุงและการพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์
Study Title : Extraction of Cymbopogon nadus (linn.) rendle Oil and Development of Product quality.
ผู้วิจัยหลัก : นางสาวพีรนุช ตรงต่อกิจ
สังกัดหน่วยงาน : คณะวิศวกรรมศาสตร์
ผู้ร่วมวิจัย : นางสาวภัทราพร เตียงกูล
เอกสารรับรอง

1. AF 01-10 เวอร์ชั่น 1.0 วันที่ 21 มกราคม 2562
2. AF 02-10 เวอร์ชั่น 1.0 วันที่ 21 มกราคม 2562
3. AF 03-10 เวอร์ชั่น 1.0 วันที่ 21 มกราคม 2562
4. สรุปโครงการเพื่อการพิจารณาทางจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ **เวอร์ชั่น 1.0** วันที่ 21 มกราคม 2562
5. โครงการวิจัยฉบับเต็ม เวอร์ชั่น 1.0 วันที่ 21 มกราคม 2562
6. ประวัติผู้วิจัย เวอร์ชั่น 1.0 วันที่ 21 มกราคม 2562
7. แบบสอบถามความพึงพอใจผลิตภัณฑ์น้ำมันตะไคร้ใล่ยุง เวอร์ชั่น 1.0 วันที่ 21 มกราคม 2562
8. ค่าใช้จ่ายในการวิจัยโดยประมาณ เวอร์ชั่น 1.0 วันที่ 21 มกราคม 2562

ลงนาม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วนาวัลย์ ตาดี)
ประธานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
มหาวิทยาลัยนเรศวร

วันที่รับรองการยกเว้นพิจารณาจริยธรรม : 11 กุมภาพันธ์ 2562
Date of Exemption : February 11, 2019

หมายเหตุ 1. ไม่ต้องส่งส่วนแก้ไขเพิ่มเติมโครงการวิจัย (Amendment) รายงานความก้าวหน้า (Progress Report) และรายงานสรุปผลการวิจัย (Final Report)
2. หากมีการแก้ไขโครงการวิจัยภายหลังการรับรอง ให้ผู้วิจัยดำเนินการจัดทำเป็นโครงการวิจัยใหม่

รูปที่ 36 เอกสารรับรองจริยธรรมวิจัยในมนุษย์

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ สำนักงานอธิการบดี กองการวิจัยและนวัตกรรม งานจัดการมาตรฐานและเครือข่าย โทร.8642

ที่ ศธ 0527.01.33(1)/NU-IRB 0525 **วันที่** 11 กุมภาพันธ์ 2562

เรื่อง ผลการประเมินด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

เรียน นางสาวพีรนุช ตรงต่อกิจ : นิสิตระดับปริญญาตรี (ดร. ปณัฐพงศ์ บุญนวล : อาจารย์ที่ปรึกษา)

ตามที่ ท่านได้เสนอโครงการวิจัย เรื่อง การสกัดน้ำมันตะไคร้ไล่ยุงและการพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์ (หมายเลขโครงการ : 0071/62) มายังคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร เพื่อขอรับพิจารณารับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ นั้น

ในการนี้ คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ กลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและมนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ ได้พิจารณาโครงการวิจัยดังกล่าวแล้ว และมีมติ รับรองการยกเว้นพิจารณาจริยธรรมโครงการวิจัย ซึ่งมีเอกสารที่รับรองดังนี้

1. AF 01-10 เวอร์ชั่น 1.0 วันที่ 21 มกราคม 2562
2. AF 02-10 เวอร์ชั่น 1.0 วันที่ 21 มกราคม 2562
3. AF 03-10 เวอร์ชั่น 1.0 วันที่ 21 มกราคม 2562
4. สรุปโครงการเพื่อการพิจารณาทางจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ เวอร์ชั่น 1.0 วันที่ 21 มกราคม 2562
5. โครงการวิจัยฉบับเต็ม เวอร์ชั่น 1.0 วันที่ 21 มกราคม 2562
6. ประวัติผู้วิจัย เวอร์ชั่น 1.0 วันที่ 21 มกราคม 2562
7. แบบสอบถามความพึงพอใจผลิตภัณฑ์น้ำมันตะไคร้ไล่ยุง เวอร์ชั่น 1.0 วันที่ 21 มกราคม 2562
8. ค่าใช้จ่ายในการวิจัยโดยประมาณ เวอร์ชั่น 1.0 วันที่ 21 มกราคม 2562

จึงเรียนมาเพื่อทราบ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วนาวัลย์ ดาตี้)
ประธานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
กลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และมนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร

รูปที่ 37 เอกสารรับรองจริยธรรมวิจัยในมนุษย์

1/10/2019 สำนักงานมาตรฐานการวิจัยในคน

วช. NRCT NECAST

Certificate of Completion

National Research Council of Thailand (NRCT) and Forum for Ethical Review Committee in Thailand (FERCIT)

Certify that

Peeranut Trongtorkit

Has completed the ON-LINE RESEARCH ETHICS TRAINING

Course หลักสูตรหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สำหรับนักศึกษา/นักวิจัย

Date approved (10/01/2562) Date expired (10/01/2565)

S. Songsivilai

(Professor Dr.Sirirurg Songsivilai)
Secretary-General
National Research Council of Thailand

รูปที่ 38 ใบผ่านการอบรมจริยธรรมวิจัยในมนุษย์ของนางสาวพีรนุช ตรงต่อกิจ

1/17/2019 สำนักงานมาตรฐานการวิจัยในคน

วช. NRCT NECAST

Certificate of Completion

National Research Council of Thailand (NRCT) and Forum for Ethical Review Committee in Thailand (FERCIT)

Certify that

Phattaraporn Tiangkool

Has completed the ON-LINE RESEARCH ETHICS TRAINING

Course หลักสูตรหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สำหรับนักศึกษา/นักวิจัย

Date approved (08/01/2562) Date expired (08/01/2565)

S. Songsivilai

(Professor Dr.Sirirurg Songsivilai)
Secretary-General
National Research Council of Thailand

รูปที่ 39 ใบผ่านการอบรมจริยธรรมวิจัยในมนุษย์ของนางสาวภัทราพร เตียงกูล