



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การพัฒนาเจลไธยงที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร
(Development of Mosquito Repellant Gels containing Volatile Oils from Herbs)

โดย พรศักดิ์ ศรีอมรศักดิ์

ธันวาคม 2550

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาเจลไล่ยุงที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร
(Development of Mosquito Repellent Gels containing Volatile Oils from Herbs)

ผู้วิจัย / สังกัด

รองศาสตราจารย์ ดร. พรศักดิ์ ศรีอมรศักดิ์
ภาควิชาเทคโนโลยีเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทคัดย่อ

สัญญาเลขที่ : RDG4920059
ชื่อโครงการ : การพัฒนาเจลไฝงที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร
ชื่อนักวิจัย : พรศักดิ์ ศรีอมรศักดิ์
ระยะเวลาดำเนินงาน : 1 ปี 3 เดือน (15 กันยายน 2549 ถึง 14 ธันวาคม 2550)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาตำรับเจลไฝงเพื่อหลีกเลี่ยงการสัมผัสกับสารที่มีฤทธิ์ไฝงซึ่งอาจก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนังของผู้ใช้ได้ โดยในสูตรตำรับเจลไฝงประกอบด้วยส่วนผสมระหว่าง N,N-diethyl-3-methylbenzamide (DEET) และน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรที่มีฤทธิ์ไฝงบางชนิด ได้แก่ ตะไคร้หอม สะระแหน่ กระเพรา โหระพา และมะกรูด และใช้คาร์ราจีแนนซึ่งเป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติเพื่อเป็นสารกักเจล ในงานวิจัยนี้ได้ทดสอบและควบคุมคุณภาพของเจลที่ได้โดยการประเมินคุณสมบัติทางกายภาพของเจลที่ได้โดยการศึกษาสังเกตลักษณะภายนอก ความแรงของกลิ่น การวัดความแข็ง และความเป็นกรดต่างของเจล รวมทั้งการศึกษาความคงตัวของผลิตภัณฑ์ และควบคุมคุณภาพของเจลที่ได้โดยการวิเคราะห์สารสำคัญทั้งสองชนิดในเชิงปริมาณ การกำหนดระยะเวลาที่สามารถใช้เจลไฝงได้อย่างมีประสิทธิภาพจากการวิเคราะห์สารสำคัญและการทดสอบประสิทธิภาพการไฝง โดยพบว่าสูตรตำรับที่ใช้สารกักอิมัลชันในสัดส่วนที่ต่างกันมีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของเจลที่เตรียมได้ ผลการศึกษาความคงตัวของเจลพื้นและเจลไฝงที่เตรียมได้ที่สภาวะเร่ง (อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 75) และในสภาวะปกติ ที่เวลา 2 เดือน และ/หรือ 4 เดือน พบว่าเมื่อเก็บไว้นานขึ้นเจลที่เก็บไว้มีความแข็งลดลง ในบางสูตรตำรับมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ การศึกษาปริมาณการปลดปล่อยน้ำมันหอมระเหยจากเจลไฝง พบว่าเจลไฝงหลังจากศึกษาความคงตัวในสภาวะปกติที่เวลา 4 เดือน มีอัตราการปลดปล่อยน้ำมันหอมระเหยได้มากกว่าเจลไฝงที่เตรียมเสร็จใหม่ ซึ่งอาจเนื่องมาจากน้ำมันหอมระเหยเกิดการอิมัลชันในเจลพื้นหรือเจลพื้นมีคุณสมบัติเปลี่ยนแปลงไป โดยที่อัตราการปลดปล่อยน้ำมันหอมระเหยลดลงเมื่อทำการทดสอบต่อเนื่องเป็นเวลา 7 วัน ผลการทดสอบประสิทธิภาพการไฝงพบว่าเจลไฝงที่มีส่วนผสมของ DEET และน้ำมันหอมระเหยส่วนใหญ่มีร้อยละการไฝงสูง โดยสามารถไฝงได้ลดลงในช่วงวันที่สามและเพิ่มขึ้นในวันที่เจ็ด ซึ่งน่าจะเกิดจากผลเด่นของน้ำมันหอมระเหย เนื่องจาก DEET สามารถไฝงได้ลดลงเมื่อเปิดทิ้งไว้หลายวัน โดยเจลไฝงที่ประกอบด้วยน้ำมันตะไคร้หอม น้ำมันสะระแหน่ และน้ำมันมะกรูดสามารถไฝงได้ดีแม้จะเปิดทิ้งไว้ให้ระเหยนานถึงเจ็ดวัน

คำสำคัญ: เจลไฝง น้ำมันหอมระเหย DEET คุณสมบัติทางกายภาพ ความคงตัวของผลิตภัณฑ์ การทดสอบประสิทธิภาพการไฝง

Abstract

Contract No. : RDG4920059
 Project Title : Development of mosquito repellent gels containing volatile oils from herbs
 Researchers : Pornsak Sriamornsak
 Research Duration : 1 year and 3 months (15 September 2005 – 14 December 2006)

The research was aimed to develop the mosquito repellent gels in order to avoid the skin irritancy after contact with repellent products. The developed products contained the combination of N,N-diethyl-3-methylbenzamide (DEET) and volatile oils having the mosquito repellent action. The volatile oils studied were citronella oil, peppermint oil, holy basil oil, sweet basil oil, and kaffir lime oil. Carrageenan, a natural polymer, was used as gel-forming agent. The physical properties, e.g. product appearance, odor (or aroma), gel hardness, and pH of the gel, were tested and qualitatively controlled. The product stability was performed by determining the active ingredients in the products. The product shelf-life was observed from the content of DEET and oils in the products as well as the mosquito repellent efficacy. The results showed that the different ratios of emulsifiers influenced the physical properties of the obtained gels. Stability (after 2 and/or 4 months) of the gel bases and products, at the accelerated conditions (40 °C and 75%RH) and ambient conditions, revealed that the gel hardness decreased and the physical appearance of some formulations was changed. The release rates of volatile oil from the products after stability test at 4 months in ambient conditions were higher than those from freshly prepared products. It is probable that the volatile oils were saturated or the physical properties of gel bases were changed after long-time storage. Release rates decreased with the increased time observed, continuing for 7 days. The mosquito repellent efficacy test demonstrated that most of the gel products that contained both DEET and volatile oils had a high percent repellency. The percent repellency decreased at the third day and increased at the seventh day of the test. Efficacy of volatile oils dominated over the DEET as the percent repellency of DEET decreased when the time proceeded. The repellent gels containing citronella oil, peppermint oil, and kaffir lime oil showed a good mosquito repellent effect even the gels were allowed to evaporate for 7 days.

Key words: mosquito repellent gel, volatile oil, DEET, physical properties, product stability, mosquito repellent efficacy test

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ที่สนับสนุนเงินทุนวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณ ภาควิชาเทคโนโลยี คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่อำนวยความสะดวกในการใช้สถานที่เพื่อทำการวิจัย และบริษัทบุรพาชีพจำกัด ที่เอื้อเฟื้อตัวอย่างคาร์ราจีแนที่ผลิตโดย MCPI Corporation (ประเทศฟิลิปปินส์) ที่ใช้ในการทำวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณ ญ.กนกพร บุรพาพัช ที่ได้ช่วยเหลือในการประสานงานเพื่อดำเนินการวิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญพรรณ เวชวิทยาขลัง (ภาควิชาเภสัชเวท คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร) ซึ่งได้ให้ความช่วยเหลือในการวิเคราะห์ผลด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี และรองศาสตราจารย์ ดร.นฤมล โกมลมิตร (ภาควิชาการแพทย์ คณะเวชศาสตร์เขตร้อน มหาวิทยาลัยมหิดล) ซึ่งได้ช่วยออกแบบการทดสอบประสิทธิภาพการล้าง รวมทั้งครอบครัว เพื่อนร่วมงาน และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องที่ไม่ได้เอ่ยนามทุกท่าน ที่ให้การสนับสนุนและกำลังใจจนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

สารบัญ

บทคัดย่อ	1
Abstract	2
กิตติกรรมประกาศ	3
สารบัญ	4
ความเป็นมาและความสำคัญของเรื่อง	5
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	7
ขั้นตอนการดำเนินงาน	7
ผลการดำเนินงาน	10
1. การตั้งตำรับเจลไฝ่ยงที่มีส่วนผสมของ N,N-diethyl-3-methylbenzamide (DEET) และน้ำมันหอมระเหย	10
2. การศึกษาความคงตัวของเจล	63
3. การทดสอบการปลดปล่อยน้ำมันหอมระเหยของเจลไฝ่ยงที่ประกอบด้วยน้ำมัน หรือ DEET เพียงชนิดเดียว	87
4. การทดสอบประสิทธิภาพการไฝ่ยงของตำรับที่เตรียมได้แบบ <i>in vivo</i>	93
สรุปผลการวิจัย	97
เอกสารอ้างอิง	98
Output ที่ได้จากโครงการ	99
ภาคผนวก	100

การพัฒนาเจลไฝ่ยุงที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร

ความเป็นมาและความสำคัญของเรื่อง

ยุงและโรคติดต่อที่มียุงเป็นพาหะ

ยุงเป็นพาหะนำโรคหลายชนิดสู่มนุษย์ในทั่วทุกมุมโลก และเป็นสาเหตุของการเสียชีวิตของมนุษย์ราวสามล้านคนต่อปี โดยชนิดของยุงที่กัดมนุษย์มากที่สุดสามชนิดคือยุงเพชเมียในตระกูล *Anopheles*, *Aedes* และ *Culex* [1] โดยโรคติดต่อที่มียุงเป็นพาหะที่สำคัญซึ่งก่อปัญหาทางสาธารณสุขในประเทศไทย และสามารถก่อให้เกิดอันตรายถึงชีวิตได้ในผู้ป่วย ได้แก่

1. โรคไข้มาลาเรีย (Malaria) ในประเทศไทยพบว่ามักเกิดจาก *Plasmodium falciparum* และ *Plasmodium vivax* ซึ่งมีพาหะคือยุงก้นปล่องตัวเมีย (*Anopheles Dirus* เป็นชนิดซึ่งพบได้ในป่าทึบ และ *Anopheles Minimus* เป็นชนิดซึ่งพบตามชายป่า) [2] หลังจากถูกกัด 10-14 วันจะมีไข้หนาวสั่น ปวดศีรษะ ปวดกล้ามเนื้อ ผู้ที่ป่วยด้วยโรคนี้ครั้งแรกจะมีอาการรุนแรง หากติดเชื้อครั้งต่อไปอาการจะรุนแรงน้อยลง การรักษาจะต้องให้การรักษาย่างเร่งด่วน หากรักษาช้าอาจเกิดโรคแทรกซ้อนและทำให้ผู้ป่วยเสียชีวิต [3]

2. โรคไข้เลือดออก (Dengue hemorrhagic fever) เกิดจากเชื้อ Dengue virus โดยมียุงลายชนิด *Aedes aegypti* ตัวเมียซึ่งกัดในเวลากลางวันเป็นพาหะนำโรค โดยยุงที่กัดผู้ป่วยในระยะไข้สูงจะได้รับเชื้อ Dengue virus จากในกระแสเลือดของผู้ป่วย ผู้ที่ได้รับเชื้อจะมีอาการไข้สูงลอย ประมาณ 2-7 วัน เบื่ออาหาร หน้าแดง ปวดศีรษะ ร่วมกับอาการคลื่นไส้ อาเจียน และอาจมีอาการปวดท้องร่วมด้วย บางรายอาจมีจุดเลือดสีแดงขึ้นตามลำตัว แขนขา อาจมีกำเือดออก หรือเลือดออกตามไรฟัน และถ่ายอุจจาระดำเนื่องจากเลือดออก และอาจทำให้เกิดอาการช็อคได้ ในรายที่ช็อคจะสังเกตได้จากการที่ไข้ลดแต่ผู้ป่วยซึมลง ตัวเย็น หหมดสติและเสียชีวิตได้ ไม่มีการรักษาเฉพาะสำหรับโรคไข้เลือดออก การรักษาเพียงประคับประคองอย่างใกล้ชิดโดยการเฝ้าระวังภาวะช็อคและเลือดออก และการให้สารน้ำอย่างเหมาะสม [4]

3. โรคไขสมองอักเสบ (Japanese encephalitis) เกิดจากเชื้อไวรัส *Japanese encephalitis* ซึ่งมีพาหะคือยุงรำคาญ *Culex tritaeniorhynchus* อัตราการตายของโรคนี้ประมาณร้อยละ 20-30 โดยในเด็กเล็กมีอัตราการตายสูงกว่าในเด็กโต ผู้ป่วยที่ไม่เสียชีวิตมากกว่าครึ่งหนึ่งจะมีอาการแทรกซ้อน เช่น อัมพาต สติปัญญาเสื่อม อารมณ์แปรปรวน ก้าวร้าว เมื่อได้รับเชื้อผู้ป่วยจะมีอาการไข้สูงเฉียบพลัน ปวดหัว คลื่นไส้ อาเจียน ปวดต้นคอ คอแข็ง ซึม อาจหมดสติ และชักได้ โรคนี้ยังไม่มี การรักษาที่จำเพาะ มีเพียงการรักษาประคับประคองตามอาการ [5]

โรคเหล่านี้ทำให้รัฐบาลต้องเสียค่าใช้จ่ายไปในการรักษาและดูแลผู้ป่วยที่ติดเชื้อเป็นจำนวนมาก ดังนั้นวิธีที่ดีที่สุดก็คือการป้องกันไม่ให้เกิดโรคเหล่านี้ขึ้นซึ่งวิธีที่ง่ายและได้ผลที่สุดคือการหลีกเลี่ยงไม่ให้ถูกยุงกัด ซึ่งอาจทำได้โดย การทำลายแหล่งเพาะพันธุ์ยุง การสวมใส่เสื้อผ้าที่มิดชิด และการใช้สารเคมีหรือสารสกัดจากธรรมชาติที่มีฤทธิ์ในการไล่ยุงและแมลงต่างๆ ซึ่งคุณสมบัติของสารไล่ยุงที่เป็นที่ปรารถนาได้แก่ สามารถป้องกันยุงและแมลงได้หลายชนิด มีฤทธิ์อยู่ได้นานกว่า 8 ชั่วโมง ไม่ก่อให้เกิดการระคายเคือง ไม่เกิด systemic toxicity ไม่ถูกเสื้อผ้าเช็ดออกโดยง่าย ไม่เหนียวเหนอะหนะ และไม่มีการปนเปื้อนรุนแรง นอกจากนี้การที่สารไล่ยุงจะออกฤทธิ์ได้ดีจำเป็นต้องมีความสามารถในการระเหยที่เหมาะสม โดยไอที่ระเหยออกมาจะต้องสามารถเคลือบคลุมผิวหนังได้ดี และไม่ระเหยออกจากผิวหนังจนหมดเร็วเกินไป [1]

สารที่มีฤทธิ์ไสยง

สารเคมีสำหรับไสยงที่นิยมใช้ในมนุษย์ได้แก่ N,N-diethyl-m-toluamide ในปัจจุบันเรียก N,N-diethyl-3-methylbenzamide (DEET) ซึ่งได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นสารไสยงสำหรับใช้กับผิวหนังของมนุษย์โดยตรง รวมทั้งเสื้อผ้า สัตว์เลี้ยงและอุปกรณ์ที่ใช้ในครัวเรือน [6] DEET มีสีขาวถึงเหลืองอ่อน มีค่าความถ่วงจำเพาะ 0.996 ที่ 25 องศาเซลเซียส ไม่ละลายในน้ำ แต่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น เอทานอล อีเธอร์ คลอโรฟอร์ม เป็นต้น และละลายได้บ้างในกลีเซอริน จุดเดือดของ DEET อยู่ที่ 111 องศาเซลเซียสที่ความดัน 1 ทอร์ มีความดันไอ 0.0019 มิลลิเมตรปรอทที่ 160 องศาเซลเซียส [7] DEET มีความสามารถในการทำลายพลาสติก เส้นใยสังเคราะห์ หนัง และพื้นผิวที่ทาสีหรือถูกขัดเงาไว้ แต่จะไม่ทำลายเส้นใยธรรมชาติและไนลอน นอกจากนี้ยังสามารถลดประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ป้องกันแสงแดดได้อีกด้วย [1]

หลังจากสังเคราะห์ DEET ขึ้นสำเร็จก็ได้มีการใช้ DEET เป็นสารไสยงอย่างแพร่หลายเป็นเวลากว่าห้าสิบปีจึงสามารถยืนยันในความปลอดภัยของ DEET ได้ แต่ในขณะเดียวกัน DEET ก็สามารถก่อให้เกิดผลข้างเคียงต่อผิวหนังและระบบประสาทของมนุษย์ได้ โดยมีรายงานความเป็นพิษเฉียบพลันคือสามารถทำให้เกิด Encephalopathy ได้ในเด็ก รู้สึกแสบร้อนริมฝีปาก และทำให้เกิดการระคายเคือง ผื่นแพ้ และแผลบลิสเตอร์ (blister) บริเวณผิวหนัง ส่วนความเป็นพิษเรื้อรังอาจทำให้เกิดอาการสั่น (tremor and hyperactivity) และอาเจียน [7]

ในประเทศสหรัฐอเมริกามีการใช้ DEET ในผลิตภัณฑ์ไสยงด้วยความเข้มข้นตั้งแต่ 5-100% ในสูตรตำรับหลายชนิด เช่น สารละลาย โลชั่น ครีม เจล แอโรซอล สเปรย์ และผ้าชุบสารละลายของ DEET โดยการใช้ DEET ที่ความเข้มข้นสูงขึ้นจะเพิ่มระยะเวลาของการป้องกันยุง แต่การใช้ DEET มากกว่า 50% จะมีผลเพิ่มระยะเวลาของการป้องกันยุงน้อยมาก ในขณะที่การเตรียม DEET ในรูปควบคุมการปลดปล่อยจะมีระยะเวลาของการป้องกันยุงยาวนานกว่า การใช้ในภาวะปกติความเข้มข้นของ DEET ที่พอเหมาะคือ 10-35% การใช้ในสภาพแวดล้อมที่ทำให้ DEET หมดไปจากผิวหนังเร็ว เช่น อากาศร้อนหรือมีความชื้นสูง ควรใช้ DEET ในความเข้มข้น 50% ส่วนในเด็กไม่ควรใช้ DEET เกิน 10% [8]

สมุนไพรไทยที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันยุง ได้แก่ กระเทียม (*Allium sativum*) ตะไคร้หอม (*Cymbopogon nardus* ซึ่งมีสารออกฤทธิ์ คือ Citronella) มะกรูด (*Citrus hystri*) ว่านน้ำ (*Acorus calamus*) สะระแหน่ (*Mentha arvensis*) พืชเลื้อย (*Zingiber cassumunar*) กระเพรา (*Ocimum sanctum*) แมงลัก (*Ocimum basilim*) ยูคาลิปตัส (*Malaleuca leucadndron*) [9] ซึ่งส่วนใหญ่สมุนไพรจะมีประสิทธิภาพและระยะเวลาที่สามารถป้องกันยุงได้ต่ำกว่าสารสังเคราะห์ [1] ซึ่งในการศึกษานี้จะเลือกใช้น้ำมันหอมระเหยบางชนิด เช่น ตะไคร้หอม กระเพรา สะระแหน่ และมะกรูด เป็นตัวแทนของสารสกัดจากธรรมชาติที่มีฤทธิ์ป้องกันยุงเป็นอันดับแรก เนื่องจากสามารถสกัดได้จากพืชสมุนไพรที่พบมากในประเทศไทย โดยน้ำมันหอมระเหยที่นิยมใช้ไสยงมากที่สุดได้แก่ Citronella ซึ่งสกัดได้จากตะไคร้หอม (*Cymbopogon nardus* Rendle. วงศ์, POACEAE (GRAMINEAE)) ได้ขึ้นทะเบียนเป็นสารป้องกันแมลงกับ U.S. Environmental protection agency (EPA) และเป็นสมุนไพรที่มีการนำมาใช้ป้องกันแมลงมากที่สุด น้ำมันหอมระเหยนี้จะมีกลิ่นเฉพาะตัวแรง และมีข้อเสียคือจะต้องทาซ้ำบ่อยๆเนื่องจากมีระยะเวลาที่สามารถมีประสิทธิภาพกันยุงราว 2 ชั่วโมงซึ่งไม่นานนักเมื่อเทียบกับการใช้ DEET [1]

ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่จะพัฒนาขึ้น

เนื่องจากการใช้ DEET ในการป้องกันยุงสามารถก่อให้เกิดอาการข้างเคียงทางผิวหนัง และมีรายงานการเกิดผลข้างเคียงที่ร้ายแรงในเด็กเนื่องจาก DEET มีลักษณะเป็น lipophilic compound ซึ่งสามารถดูดซึมเข้าสู่ผิวหนังได้ดี ในขณะที่การใช้ผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติเพียงอย่างเดียวในตำรับจะมีประสิทธิภาพในการป้องกันยุงต่ำ ดังนั้นการใช้ DEET ร่วมกับน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรในตำรับจะสามารถช่วยเสริมประสิทธิภาพในการป้องกันยุงได้ นอกจากนี้ น้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรบางชนิด เช่น Citronella ยังมีกลิ่นฉุนรุนแรงและไม่

สามารถออกฤทธิ์ได้นานเมื่อทาบบนผิวหนัง ดังนั้นการพัฒนาสูตรตำรับสำหรับป้องกันยุงซึ่งสามารถออกฤทธิ์ได้ดีโดยไม่ต้องสัมผัสกับผิวหนังโดยตรงจึงสามารถลดผลไม่พึงประสงค์ของสารทั้งสองชนิดได้ และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ได้ให้มีความสามารถในการควบคุมอัตราการปลดปล่อยสารสำคัญทั้งสองชนิดให้พอเหมาะ จะทำให้สามารถยืดระยะเวลาการออกฤทธิ์ของผลิตภัณฑ์ได้อีกด้วย

ผลิตภัณฑ์ที่จะพัฒนาขึ้นจะอยู่ในรูปเจลหอมระเหยบรรจุในตลับ ซึ่งมี DEET และ น้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรเป็นสารสำคัญกระจายตัวในเจลที่ก่อกำเนิดจากพอลิเมอร์จากธรรมชาติ เช่น คาร์ราจีแนน ซึ่งสามารถกักเจลไสยุงได้เมื่อกระจายตัวในน้ำร้อนโดยใช้ความเข้มข้นของพอลิเมอร์ต่ำเพียง 1.5 - 2% โดยสามารถเพิ่มความหนืดของเจลที่ได้โดยการเติมออลอนของแคลเซียม โปแทสเซียม โซเดียม และแอมโมเนียม [10] ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้สามารถออกฤทธิ์ในการไล่ยุงได้โดยการระเหยจากผิวเจลสู่บรรยากาศในบริเวณที่เปิดใช้โดยไม่ต้องทาบบนผิวหนังโดยตรง และผู้ใช้ผลิตภัณฑ์สามารถเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ใช้ได้หลายครั้งโดยยังมีความคงตัวที่ดี และผู้ใช้สามารถทราบได้ว่าสารสำคัญในผลิตภัณฑ์ถูกปลดปล่อยออกมาทั้งหมดแล้ว โดยสังเกตจากกลิ่นของน้ำมันหอมระเหยที่หายไป

ขอบเขตของการวิจัยคือการตั้งตำรับเจลไสยุงที่ออกฤทธิ์โดยการระเหยจากภาชนะบรรจุ โดยมีสารออกฤทธิ์ในผลิตภัณฑ์ประกอบด้วยส่วนผสมระหว่าง DEET และน้ำมันหอมระเหยของสมุนไพรบางชนิด เช่น ตะไคร้หอม กระเพรา สะระแหน่ มะกรูด และโหระพา ในสารกักเก็บคาร์ราจีแนน ศึกษาอัตราการปลดปล่อย DEET และน้ำมันหอมระเหยต่างๆ จากเจลที่เตรียมได้ ควบคุมคุณภาพของเจลที่ได้โดยการวิเคราะห์สารสำคัญทั้งสองชนิดในเชิงปริมาณ ทดสอบความคงตัวที่สภาวะและเวลาต่างๆ เพื่อกำหนดอายุของผลิตภัณฑ์ กำหนดระยะเวลาที่สามารถใช้เจลไสยุงได้อย่างมีประสิทธิภาพ และทดสอบประสิทธิภาพการไล่ยุง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อตั้งตำรับเจลไสยุงซึ่งประกอบด้วย DEET และน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรที่หาได้ง่าย (เช่น ตะไคร้หอม กระเพรา สะระแหน่ และมะกรูด) ในสารกักเก็บคาร์ราจีแนน ซึ่งออกฤทธิ์โดยการระเหยจากภาชนะบรรจุ
2. เพื่อศึกษาอัตราการปลดปล่อย DEET และน้ำมันหอมระเหยต่างๆ ออกจากเจล และหาจำนวนชั่วโมงสูงสุดที่เจลไสยุงสามารถใช้งานได้

ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงานในแผนการวิจัยประกอบด้วย การตั้งตำรับเจลไสยุงซึ่งประกอบด้วยส่วนผสมระหว่าง DEET และน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรที่มีฤทธิ์ไล่ยุง ได้แก่ น้ำมันตะไคร้หอม น้ำมันสะระแหน่ น้ำมันมะกรูด น้ำมันกระเพรา และน้ำมันโหระพา โดยใช้คาร์ราจีแนน (carrageenan) เป็นสารกักเก็บ ประเมินคุณสมบัติทางกายภาพของเจลที่ได้โดยการสังเกตลักษณะภายนอก ความแรงของกลิ่น การวัดความแข็ง และความเป็นกรดต่างของเจล รวมทั้งการศึกษาความคงตัวของผลิตภัณฑ์ และควบคุมคุณภาพของเจลที่ได้โดยการวิเคราะห์สารสำคัญทั้งสองชนิดในเชิงปริมาณ กำหนดระยะเวลาที่สามารถใช้เจลไสยุงได้อย่างมีประสิทธิภาพ และทดสอบประสิทธิภาพการไล่ยุง โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ตั้งตำรับเจลไสยุงที่เหมาะสมต่อการใช้งานและมีลักษณะภายนอกน่าใช้ โดยประเมินจากคุณสมบัติทางกายภาพเบื้องต้น

- 1.1 หาสภาวะที่เหมาะสมในการตั้งตำรับเจลจากคาร์ราจีแนน และทดลองเตรียมเจลจากคาร์ราจีแนนที่มีลักษณะน่าใช้
- 1.2 ตั้งตำรับเจลไสยงซึ่งประกอบด้วย DEET หรือ น้ำมันหอมระเหยบางชนิด (เช่น ตะไคร้หอม กระเพรา สะระแหน่ และมะกรูด) หรือทั้ง DEET และน้ำมันหอมระเหย โดยใช้สารช่วยอื่นๆ ร่วมด้วย เช่น สารแต่งสี สารแต่งกลิ่น สารช่วยเปียก (wetting agent) สารเพิ่มความแข็งตัว เป็นต้น
- 1.3 ประเมินคุณสมบัติเบื้องต้นของเจลที่เตรียมได้โดยการสังเกตลักษณะภายนอกของเจลและความน่าใช้ของผลิตภัณฑ์เจลที่เตรียมได้
- 1.4 ประเมินความแข็งของเจล (gel strength) ที่เตรียมได้ โดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ (Texture Analyzer) เพื่อวัดแรงที่ใช้เพื่อให้เจลแตกหรือเสียรูปทรง
- 1.5 ประเมินความคงตัวของเจลที่เตรียมได้ที่สภาวะเร่ง คือ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 เดือน และทำการประเมินคุณสมบัติภายนอก ความแข็งของเจล และปริมาณ DEET และน้ำมันหอมระเหยที่เหลือในเจล โดยสุ่มตรวจทุก 4 สัปดาห์ในและหลังจากผ่านการทดสอบความคงตัว
2. ศึกษาอัตราการปลดปล่อย DEET และน้ำมันหอมระเหยออกจากเจล และหาจำนวนชั่วโมงสูงสุดที่เจลไสยงสามารถใช้งานได้
 - 2.1 ศึกษาหาวิธีวิเคราะห์อัตราการปลดปล่อย DEET และน้ำมันหอมระเหยออกจากเจลที่เหมาะสม
 - 2.2 วัดอัตราการปลดปล่อย DEET และน้ำมันหอมระเหยที่เวลาต่างๆ โดยใช้ Gas chromatography, headspace technique (Model 6890N/5973N, Agilent, China) โดยมีขั้นตอนและสภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่เจลไสยงปลดปล่อยออกมาที่เวลาต่างๆ ดังนี้
 - 2.2.1 เตรียมเจลไสยงบรรจุลงในหลอดแก้วสำหรับวิเคราะห์ด้วย Headspace-gas chromatography โดยเทเจลไสยงขณะร้อนลงในหลอดแก้วดังกล่าว ให้น้ำหนักเจลไสยงเท่ากับ 2.5000 กรัม และจดบันทึกน้ำหนักเจลไสยงที่แน่นอนในแต่ละขวด โคนเตรียมเจลไสยงเพื่อวิเคราะห์ชนิดละ 3 ตัวอย่าง
 - 2.2.2 ปิดฝาเจลไสยงให้สนิทด้วยจุกยางและฝาคอลูมิเนียม
 - 2.2.3 เปิดฝาคอลูมิเนียมและจุกยางออกและปล่อยให้เจลไสยงระเหยออกมาที่อุณหภูมิห้องตามเวลาที่ต้องการทดสอบ คือ 0 ชั่วโมง (ไม่ต้องเปิดฝาก่อนนำไปทดสอบ) 6 ชั่วโมง 1 วัน 3 วัน 7 วัน และ 14 วัน
 - 2.2.4 นำตัวอย่างเข้าวิเคราะห์โดย Gas chromatography ซึ่งสุ่มตัวอย่างไธระเหยของสารสำคัญที่มีฤทธิ์ไสยงโดยอุปกรณ์ Headspace โดยมีการให้ความร้อนแก่เจลไสยงที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 นาทีก่อนการสุ่มตัวอย่าง เพื่อให้สารสำคัญระเหยออกมาจนอิ่มตัว ตัวอย่างจะถูกวิเคราะห์ด้วยสภาวะการใช้งานดังนี้

Injector	Injection volume	1.0 μ L
Inlets	Heater	250 $^{\circ}$ C
	Pressure	9.38 psi

Total flow	53.9 mL/min			
Split ratio	50.0 : 1			
Split flow	50.0 mL/min			
Gas saver	20.0 mL/min, 2 min			
Column DB-5 column, 0.25 mm x 30 m. x 0.25 μm				
Flow	1.0 mL/min			
Oven :	Ramp:	Rate (°C/min)	Final temp (°C)	Hold (min)
	Initial	-	80	3
	Ramp1	10.00	120	
	Ramp2	5.00	130	
	Ramp3	20.00	250	
Run time :	15 min			

2.3 นำข้อมูลที่ได้มากำหนดระยะเวลาที่เจลไล่ยุงสามารถปลดปล่อย DEET และน้ำมันหอมระเหยชนิดต่างๆ ออกมาได้เพียงพอต่อการไล่ยุง

3. ทดสอบประสิทธิภาพการไล่ยุงของตำรับที่เตรียมได้แบบ *in vivo*

3.1 ตรวจสอบประสิทธิภาพการไล่ยุง *Aedes aegypti* ของเจลที่ประกอบด้วย DEET และน้ำมันหอมระเหยชนิดต่างๆ กันโดยการออกแบบการทดสอบการไล่ยุงร่วมกับผู้เชี่ยวชาญจากภาควิชากีฏวิทยาการแพทย์ คณะเวชศาสตร์เขตร้อน มหาวิทยาลัยมหิดล โดยการวางผลิตภัณฑ์หรือตัวอย่างที่ต้องการทดสอบการไล่ยุงไว้ในกรงเลี้ยงยุง (เลือกใช้ยุงตัวเมียอายุ 5-7 วันที่ไม่ได้รับอาหาร) จำนวน 150 ตัว (แบ่งทดสอบกรงละ 50 ตัว) และทดสอบการที่มียุงเข้าไปในกรงที่มีผลิตภัณฑ์ โดยเทียบกับกรงที่ไม่มีผลิตภัณฑ์ (ชุดควบคุม) แล้วคำนวณร้อยละการไล่ยุง (percent repellency)

ผลการดำเนินงาน

1. การตั้งตำรับเจลไสยุงที่มีส่วนผสมของ N,N-diethyl-3-methylbenzamide (DEET) และน้ำมันหอมระเหย

1.1 การตั้งสูตรตำรับเจลไสยุงเบื้องต้น (preliminary study)

1.1.1 เลือกสารช่วยที่ใช้ในตำรับและศึกษาขั้นตอนการเตรียมเจลไสยุงที่เหมาะสม โดยมีสารที่เลือกใช้ในสูตรตำรับ ดังต่อไปนี้

ชื่อสารเคมี	หน้าที่ในสูตรตำรับ
น้ำมันหอมระเหย	Active ingredient
DEET	Active ingredient
Carrageenan	Gelling agent
Stearic acid	Stiffening agent
Sodium hydroxide	pH adjustment
Tween 80 หรือ triethanolamine	Wetting agent/emulsifier
Isopropyl alcohol	Preservative
Distilled water	Vehicle

หมายเหตุ : น้ำมันหอมระเหยที่ใช้ในขั้นตอนการตั้งสูตรตำรับเจลไสยุงเบื้องต้นคือ น้ำมันสะระแหน่

การศึกษาคูณสมบัติเบื้องต้นของเจลไสยุงประกอบด้วย

- 1) การประเมินลักษณะภายนอก
- 2) ความแรงของกลิ่น โดยให้อาสาสมัครประเมินระยะทางที่ยังสามารถได้กลิ่นน้ำมันหอมระเหยจากเจลไสยุง และให้คะแนน ดังนี้

+++++	หมายถึง สามารถได้กลิ่นน้ำมันหอมระเหยเมื่อเจลไสยุงอยู่ห่างจากอาสาสมัครมากกว่าหรือเท่ากับ 20 เซนติเมตร
++++	หมายถึง สามารถได้กลิ่นน้ำมันหอมระเหยเมื่อเจลไสยุงอยู่ห่างจากอาสาสมัครมากกว่าหรือเท่ากับ 15 เซนติเมตร แต่ไม่ถึง 20 เซนติเมตร
+++	หมายถึง สามารถได้กลิ่นน้ำมันหอมระเหยเมื่อเจลไสยุงอยู่ห่างจากอาสาสมัครมากกว่าหรือเท่ากับ 10 เซนติเมตร แต่ไม่ถึง 15 เซนติเมตร
++	หมายถึง สามารถได้กลิ่นน้ำมันหอมระเหยเมื่อเจลไสยุงอยู่ห่างจากอาสาสมัครมากกว่าหรือเท่ากับ 5 เซนติเมตร แต่ไม่ถึง 10 เซนติเมตร
+	หมายถึง สามารถได้กลิ่นน้ำมันหอมระเหยเมื่อเจลไสยุงอยู่ห่างจากอาสาสมัครน้อยกว่า 5 เซนติเมตร
-	หมายถึง ไม่สามารถได้กลิ่นน้ำมันหอมระเหยจากเจลไสยุงเลย

- 3) ความแข็ง โดยใช้เครื่องมือ Texture Analyzer รุ่น TA.XT plus (Stable Micro Systems, UK)

- 4) ความเป็นกรดต่างของตำรับ ประเมินโดยใช้ universal indicator (Spezialindikator, Merck, Germany)

สูตรตำรับที่ใช้ทดลองเบื้องต้นในการตั้งตำรับเจลลี่มี 27 สูตร ส่วนประกอบในตำรับแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงสูตรตำรับเบื้องต้นในการตั้งตำรับเจลลี่

สูตรที่	ร้อยละของปริมาณสารต่างๆ ในตำรับ								
	Carrageenan	Stearic acid	NaOH	Tween 80	TEA	Isopropyl alcohol	Volatile oil	DEET	Distilled water
1	2.00	5.00	0.50	7.00	-	7.00	10.00	5.00	qs 100
2	2.00	5.00	0.50	7.00	-	7.00	10.00	5.00	qs 100
3	2.00	5.00	0.50	7.00	-	7.00	-	5.00	qs 100
4	2.00	5.00	0.50	7.00	-	7.00	-	10.00	qs 100
5	2.00	5.00	0.50	7.00	-	7.00	5.00	-	qs 100
6	2.00	5.00	0.50	7.00	-	7.00	10.00	-	qs 100
7	2.00	5.00	0.50	7.00	-	7.00	15.00	-	qs 100
8	2.00	0.00	0.50	7.00	-	7.00	5.00	5.00	qs 100
9	2.00	1.50	0.50	7.00	-	7.00	5.00	5.00	qs 100
10	2.00	3.00	0.50	7.00	-	7.00	5.00	5.00	qs 100
11	2.00	5.00	0.50	7.00	-	7.00	5.00	5.00	qs 100
12	2.00	3.00	0.50	7.00	-	7.00	9.00	1.00	qs 100
13	2.00	3.00	0.50	7.00	-	7.00	8.00	2.00	qs 100
14	2.00	3.00	0.50	7.00	-	7.00	7.00	3.00	qs 100
15	2.00	3.00	0.50	7.00	-	7.00	6.00	4.00	qs 100
16	2.00	3.00	0.50	7.00	-	7.00	5.00	5.00	qs 100
17	2.00	3.00	0.50	7.00	-	7.00	9.00	1.00	qs 100
18	2.00	3.00	0.50	7.00	-	7.00	9.00	1.00	qs 100
19	2.00	3.00	0.50	7.00	-	7.00	9.00	1.00	qs 100
20	2.00	3.00	0.50	-	1.00	7.00	9.00	1.00	qs 100
21	2.00	3.00	0.50	-	1.00	7.00	9.00	1.00	qs 100
22	2.00	3.00	0.50	-	1.00	7.00	9.00	1.00	qs 100
23A	2.00	1.50	0.50	-	1.00	7.00	9.00	1.00	qs 100
23B	2.00	3.00	0.50	-	1.00	7.00	9.00	1.00	qs 100
24A	2.00	1.50	0.50	-	2.00	7.00	9.00	1.00	qs 100
24B	2.00	3.00	0.50	-	2.00	7.00	9.00	1.00	qs 100
25A	2.00	1.50	0.50	-	3.00	7.00	9.00	1.00	qs 100
25B	2.00	3.00	0.50	-	3.00	7.00	9.00	1.00	qs 100
26A	2.00	1.50	0.50	-	4.00	7.00	9.00	1.00	qs 100
26B	2.00	3.00	0.50	-	4.00	7.00	9.00	1.00	qs 100
27A	2.00	1.50	0.50	-	5.00	7.00	9.00	1.00	qs 100
27B	2.00	3.00	0.50	-	5.00	7.00	9.00	1.00	qs 100

ขั้นตอนที่ใช้ในการเตรียมเจลแข็งโดยประยุกต์จากวิธี beaker method ในการเตรียมอิมัลชัน โดยศึกษาผลของวิธีการทำให้เจลแข็งตัวต่อลักษณะภายนอกของตำรับ พบว่าการทำให้เจลแข็งและคงรูปโดยการเทเจลใส่ภาชนะในขณะที่เจลมีอุณหภูมิสูงและค่อยๆ ลดอุณหภูมิโดยตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง จะทำให้ได้เจลที่มีลักษณะภายนอกดีกว่าการลดอุณหภูมิของเจลอย่างรวดเร็วโดยการแช่ภาชนะในอ่างน้ำแข็ง (รูปที่ 1) เจลไสยงที่เตรียมได้จากวิธีดังกล่าวจะมีลักษณะเป็นเจลสีขาวขุ่น เนื้อเจล ค่อนข้างนิ่ม ผิวหน้าเจลมีรูพรุนเล็กๆ และยังมีน้ำมันส่วนเกินไหลเอิ้มออกมาจากผิวเจล ซึ่งคาดว่าเกิดจากปริมาณของ DEET และน้ำมันหอมระเหยในตำรับมีมากเกินไป ดังผลการประเมินคุณสมบัติเบื้องต้นของเจลไสยงในตารางที่ 2

(a)



(b)



รูปที่ 1 เจลไสยงที่ได้จากการทำให้เจลแข็งและคงรูปโดยการค่อยๆลดอุณหภูมิโดยตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (สูตรที่ 1) รูปที่ 1a และการลดอุณหภูมิของเจลอย่างรวดเร็วโดยการแช่ภาชนะในอ่างน้ำแข็ง (สูตรที่ 2) รูปที่ 1b

ตารางที่ 2 ผลการประเมินคุณสมบัติเบื้องต้นของเจลไฝ่ยุงเปรียบเทียบระหว่างการทำให้เจลแข็งและคงรูปโดยการค่อยๆ ลดอุณหภูมิโดยตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (สูตรที่ 1) และการลดอุณหภูมิของเจลอย่างรวดเร็วโดยการแช่ภาชนะในอ่างน้ำแข็ง (สูตรที่ 2)

สูตรที่	ลักษณะภายนอก	ความแรงของกลิ่น	ความแข็งของเจล (mN/mm ²)	pH
1	เจลสีขาวขุ่น เนื้อแข็ง เกาะตัวกันดี ผิวหน้าหยาบ มีช่องเหลวไหลเยิ้ม ออกมาจากเจลเล็กน้อย	+++	3.482	7.0
2	เจลแข็งตัวขณะอยู่ใน ice bath แต่เหลว เมื่อนำออกมาไว้ที่อุณหภูมิห้อง	+++	ไม่สามารถวัดความแข็งได้	7.0

1.1.2 การหาปริมาณสูงสุดของ DEET และน้ำมันหอมระเหยที่เจลสามารถเก็บกักได้ และเจลไฝ่ยุงยังคงมีลักษณะภายนอกที่ดี กล่าวคือมีความแข็งของเจลพอเหมาะ และมีเนื้อเจลเรียบเนียน โดยเตรียมเจลไฝ่ยุงตามสูตรตำรับและวิธีการในข้อ 1.1.1 พบว่าเจลที่เตรียมขึ้นสามารถเก็บกัก DEET ได้สูงสุดเท่ากับร้อยละ 5 และกักเก็บน้ำมันหอมระเหยได้สูงสุดเท่ากับร้อยละ 10 ดังผลการประเมินคุณสมบัติเบื้องต้นของเจลไฝ่ยุงในตารางที่ 3 และตารางที่ 4

ตารางที่ 3 ผลการประเมินคุณสมบัติเบื้องต้นของเจลไฝ่ยุงที่มี DEET เท่ากับร้อยละ 5 (สูตรที่ 3) และร้อยละ 10 (สูตรที่ 4)

สูตรที่	ลักษณะภายนอก	ความแรงของกลิ่น	ความแข็งของเจล (mN/mm ²)	pH
3	เจลสีขาวขุ่น เนื้อเรียบเนียนแข็ง	-	44.557	6.5
4	เจลสีขาวขุ่น เนื้อแข็งปานกลาง ผิวหน้าหยาบ มีช่องเหลวไหลเยิ้มออกมาจากเจลเล็กน้อย	-	10.335	6.5

ตารางที่ 4 ผลการประเมินคุณสมบัติเบื้องต้นของเจลไฝ่ยุงที่มีน้ำมันสะระแหน่ร้อยละ 5 (สูตรที่ 5) ร้อยละ 10 (สูตรที่ 6) และร้อยละ 15 (สูตรที่ 7)

สูตรที่	ลักษณะภายนอก	ความแรงของกลิ่น	ความแข็งของเจล (mN/mm ²)	pH
5	เจลสีขาวขุ่น เนื้อนุ่ม ผิวเจลเรียบเนียน	++++	1.532	6.5
6	เจลสีขาวขุ่น เนื้อแข็ง ผิวเจลเรียบเนียน	++++	76.778	7.0
7	เจลสีขาวขุ่น เนื้อแข็ง มีน้ำมันเยิ้มออกมาที่ผิวหน้าเจลเล็กน้อย	++++	145.104	7.0

1.1.3 การปรับความแข็งของตำรับ โดยการปรับปริมาณ stearic acid ที่ใช้ในตำรับในช่วงร้อยละ 0 จนถึงร้อยละ 5 พบว่าปริมาณ stearic acid ที่เหมาะสมอยู่ในช่วงร้อยละ 1.5 จนถึงร้อยละ 3.0 ซึ่งจะทำให้ได้เจลที่มีความแข็งอยู่ในช่วง 13.816 ถึง 24.943 มิลลินิวตันต่อตารางมิลลิเมตร(mN/mm²) มีเนื้อเจลเรียบเนียน และไม่มีน้ำมันเยิ้มออกมาที่ผิวเจล ดังผลการประเมินคุณสมบัติเบื้องต้นของเจลไฝ่ยุงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการประเมินคุณสมบัติเบื้องต้นของเจลไฝงที่มี stearic acid ในตำรับเท่ากับร้อยละ 0 (สูตรที่ 8) ร้อยละ 1.5 (สูตรที่ 9) ร้อยละ 3.0 (สูตรที่ 10) และร้อยละ 5 (สูตรที่ 11)

สูตรที่	ลักษณะภายนอก	ความแรงของกลิ่น	ความแข็งของเจล (mN/mm ²)	pH
8	เจลสีขาวขุ่น เนื้อแข็งแน่น ผิวเจลไม่เรียบ	-	27.029	9.0
9	เจลสีขาวขุ่น เนื้อแข็งปานกลาง ผิวเจลเรียบเนียน	+++	24.943	7.5
10	เจลสีขาวขุ่น เนื้อนุ่ม ผิวเจลเรียบเนียน	+++	13.816	7.0
11	เจลสีขาวขุ่น เนื้อไม่เนียน	++	40.845	6.0

1.1.4 การหาสัดส่วนของ DEET ต่อ น้ำมันหอมระเหย ที่เหมาะสมในสูตรตำรับ โดยเตรียมเจลไฝงที่มีปริมาณ DEET และ น้ำมันหอมระเหย รวมกันเท่ากับร้อยละ 10 และปรับสัดส่วนของ DEET ต่อน้ำมันหอมระเหย เป็น 1:9, 2:8, 3:7, 4:6 และ 5:5 พบว่าสัดส่วนที่เหมาะสมของ DEET ต่อน้ำมันหอมระเหยคือ DEET 1 ส่วนต่อน้ำมันหอมระเหย 9 ส่วน และ DEET 2 ส่วนต่อน้ำมันหอมระเหย 8 ส่วน โดยประเมินจากลักษณะทางกายภาพของเจลไฝง ดังผลการประเมินคุณสมบัติเบื้องต้นของเจลไฝงในตารางที่ 6 จึงเลือกใช้อัตราส่วน DEET ต่อน้ำมันหอมระเหยเท่ากับ 1 ต่อ 9 เพื่อเป็นการจำกัดปริมาณการใช้สารสังเคราะห์ให้น้อยที่สุด และใช้สารออกฤทธิ์ในตำรับส่วนใหญ่เป็นสารจากธรรมชาติ

ตารางที่ 6 ผลการประเมินคุณสมบัติเบื้องต้นของเจลไฝงที่มี DEET ต่อน้ำมันหอมระเหยในสัดส่วน 1:9 (สูตรที่ 12), 2:8 (สูตรที่ 13), 3:7 (สูตรที่ 14), 4:6 (สูตรที่ 15) และ 5:5 (สูตรที่ 16)

สูตรที่	ลักษณะภายนอก	ความแรงของกลิ่น	ความแข็งของเจล (mN/mm ²)	pH
12	เจลสีขาวขุ่น เนื้อแข็งปานกลาง ผิวเจลเรียบเนียน	+++	14.063	7.0
13	เจลสีขาวขุ่น เนื้อนุ่ม ผิวเจลเรียบเนียน	++	15.638	8.0
14	เจลสีขาวขุ่น เนื้อนุ่ม ผิวเจลเรียบเนียน	++	10.888	8.0
15	เจลสีขาวขุ่น เนื้อนุ่ม ผิวเจลเรียบเนียน	+	12.344	7.0
16	เจลสีขาวขุ่น เนื้อนุ่ม ผิวเจลเรียบเนียน	++	17.707	7.5

1.1.5 ศึกษาผลของชนิดสารก่ออิมัลชันที่ใช้ในตำรับต่อลักษณะภายนอกของเจลไฝง โดยใช้ triethanolamine เป็นสารก่ออิมัลชันในตำรับแทน tween 80 เนื่องจาก triethanolamine สามารถก่ออิมัลชันร่วมกับ stearic acid ได้โดยใช้ในปริมาณที่น้อยกว่าการใช้ tween 80 โดยการศึกษาในขั้นตอนนี้ได้เตรียมเจลไฝงโดยใช้ น้ำมันหอมระเหย 3 ชนิด ได้แก่ น้ำมันสะระแหน่ น้ำมันตะไคร้หอม และน้ำมันมะกรูด พบว่าการใช้ triethanolamine ทำให้ได้เจลไฝงที่มีลักษณะผิวเรียบเนียนและมีความแข็งมากกว่าการใช้ tween 80 ในทั้ง 3 ตำรับ ดังผลการประเมินคุณสมบัติเบื้องต้นของเจลไฝงในตารางที่ 7 และตารางที่ 8

ตารางที่ 7 ผลการประเมินคุณสมบัติเบื้องต้นของเจลไฝงที่เตรียมขึ้นโดยใช้ tween 80 เป็นสารก่ออิมัลชัน ในเจลกันยุงที่มีน้ำมันตะไคร้หอม (สูตรที่ 17) น้ำมันมะกรูด (สูตรที่ 18) และน้ำมันสะระแหน่ (สูตรที่ 19)

สูตรที่	ลักษณะภายนอก	ความแรงของกลิ่น	ความแข็งของเจล(mN/mm ²)	pH
17	เจลสีขาวขุ่น ผิวเจลเรียบเนียน ยังมีน้ำมันเยิ้มออกมาบ้าง	+++	12.247	7.0
18	เจลสีขาวขุ่น เนื้อนุ่ม ผิวเจลเรียบเนียน	++++	6.100	7.5
19	เจลสีขาวขุ่น เนื้อนุ่ม ผิวเจลเรียบเนียน	+++	10.430	7.0

ตารางที่ 8 ผลการประเมินคุณสมบัติเบื้องต้นของเจลไฝงที่ใช้ triethanolamine เป็นสารก่ออิมัลชัน ในเจลกันยุงที่มีน้ำมันตะไคร้หอม (สูตรที่ 20) น้ำมันมะกรูด (สูตรที่ 21) และน้ำมันสะระแหน่ (สูตรที่ 22)

สูตรที่	ลักษณะภายนอก	ความแรงของกลิ่น	ความแข็งของเจล(N/mm ²)	pH
20	เจลสีขาวขุ่น เนื้อแข็ง ผิวเจลเรียบเนียน	+++	18.189	8.0
21	เจลสีขาวขุ่น เนื้อแข็ง ผิวเจลเรียบเนียน	+++	10.533	9.0
22	เจลสีขาวขุ่น เนื้อแข็ง ผิวเจลเรียบเนียน	+++	20.432	8.0

1.1.6 ศึกษาหาปริมาณ triethanolamine และ stearic acid ที่เหมาะสมในการตั้งตำรับ โดยใช้ปริมาณ triethanolamine เป็นร้อยละ 1, 2, 3, 4 และ 5 ของตำรับ และใช้ปริมาณ stearic acid เป็นร้อยละ 1.5 และร้อยละ 3 ของตำรับ พบว่าตำรับเจลไฝงที่ประกอบด้วย triethanolamine เท่ากับร้อยละ 1 ถึงร้อยละ 4 และ stearic acid เท่ากับร้อยละ 3 มีลักษณะภายนอกที่ดี มีความแข็งและความแรงของกลิ่นน้ำมันหอมระเหยมากกว่าตำรับที่ประกอบด้วย stearic acid เท่ากับร้อยละ 1.5 ดังตารางที่ 9

ดังนั้นจึงตั้งตำรับเจลไฝงโดยใช้สูตรตำรับดังต่อไปนี้

<u>ชื่อสารเคมี</u>	<u>หน้าที่ในตำรับ</u>	<u>ปริมาณที่ใช้ (%)</u>
Carrageenan	Gelling agent	2.0
Stearic acid	Stiffening agent	3.0
Distilled water	Vehicle	vary
Sodium hydroxide	pH adjustment	0.5
Triethanolamine	Wetting agent/emulsifier	vary
Isopropyl alcohol	Preservative	7.0
DEET	Active ingredient	1.0
น้ำมันหอมระเหย	Active ingredient	9.0

โดยน้ำมันหอมระเหยที่ใช้ ได้แก่ น้ำมันสะระแหน่ น้ำมันตะไคร้หอม น้ำมันมะกรูด น้ำมันกระเพรา และน้ำมันโหระพา

ตารางที่ 9 ผลการประเมินคุณสมบัติเบื้องต้นของเจลไฝ่ยงเมื่อใช้ triethanolamine ร้อยละ 1 (สูตรที่ 23) ร้อยละ 2 (สูตรที่ 24) ร้อยละ 3 (สูตรที่ 25) ร้อยละ 4 (สูตรที่ 26) และร้อยละ 5 (สูตรที่ 27) และ stearic acid ในปริมาณร้อยละ 1.5 (สูตร A) และร้อยละ 3.0 (สูตร B)

สูตรที่	ลักษณะภายนอก		ความแรงของกลิ่น		ความแข็งของเจล(N/mm ²)		pH	
	A (1.5% stearic acid)	B (3% stearic acid)	A	B	A	B	A	B
23	เจลสีขาวขุ่น แข็ง เนื้อเนียน หน้าเรียบ ผิวหน้ามันแต่ไม่มี น้ำมันเยิ้มออกมา	เจลสีขาวขุ่น แข็ง เนื้อเนียน หน้าเรียบ ผิวหน้าไม่มัน	++	++++	33.83	20.48	8.0	8.0
24	เจลสีขาวขุ่น แข็ง เนื้อเนียน หน้าเรียบ ผิวหน้ามันแต่ไม่มี น้ำมันเยิ้มออกมา	เจลสีขาวขุ่น แข็ง เนื้อเนียน หน้าเรียบ ผิวหน้าไม่มัน	++	++++	16.74	28.26	11.0	7.0
25	เจลสีขาวขุ่น แข็ง เนื้อเนียน หน้าเรียบ ผิวหน้าไม่มัน	เจลสีขาวขุ่น แข็ง เนื้อเนียน หน้าเรียบ ผิวหน้าไม่มัน	++	++++	11.75	25.64	11.0	9.0
26	เจลสีขาวขุ่น แข็ง เนื้อเนียน หน้าเรียบ ผิวหน้ามันมีน้ำมัน เยิ้มเล็กน้อย	เจลสีขาวขุ่น แข็ง เนื้อเนียน หน้าเรียบ ผิวหน้ามัน	+++	++++	11.59	29.13	11.0	8.0
27	เจลสีขาวขุ่น แข็ง เนื้อเนียน หน้าไม่ เรียบ	เจลสีขาวขุ่น แข็งแต่ ผิวหน้ามัน เสีย รูปทรงเมื่อให้แรงกด เบาๆ ผิวหน้ามัน	++	+++	19.03	41.64	12.0	8.0

1.2 ศึกษาผลของปริมาณ triethanolamine ต่อลักษณะภายนอก ความแข็ง อัตราการปลดปล่อยน้ำมันหอมระเหย และความคงตัวของเจลลี่ที่ประกอบด้วยน้ำมันหอมระเหยทั้ง 5 ชนิด โดยใช้ triethanolamine ความเข้มข้นร้อยละ 0.5, 2 และ 4 ของตัวรับ

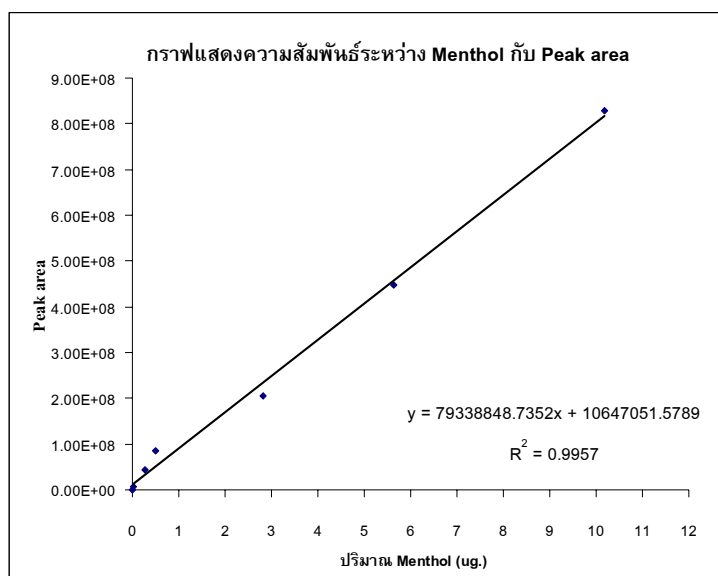
สภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่เจลลี่ปลดปล่อยออกมาที่เวลาต่างๆ ด้วย Gas chromatography ดังรายละเอียดในขั้นตอนการดำเนินงาน

1.2.1 กราฟมาตรฐาน (standard curve)

1) กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ Menthol จากน้ำมันสะระแหน่ กับพื้นที่ใต้กราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย Gas chromatography

ตารางที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของ Menthol (จากน้ำมันสะระแหน่) กับพื้นที่ใต้กราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย Gas chromatography

ความเข้มข้นของ Menthol (µg)	peak area
0.0000	0.00
0.0282	6666480.00
0.2815	43425711.67
0.5880	84676867.67
2.8150	205286843.70
5.6300	447190889.00
10.1760	829590119.00



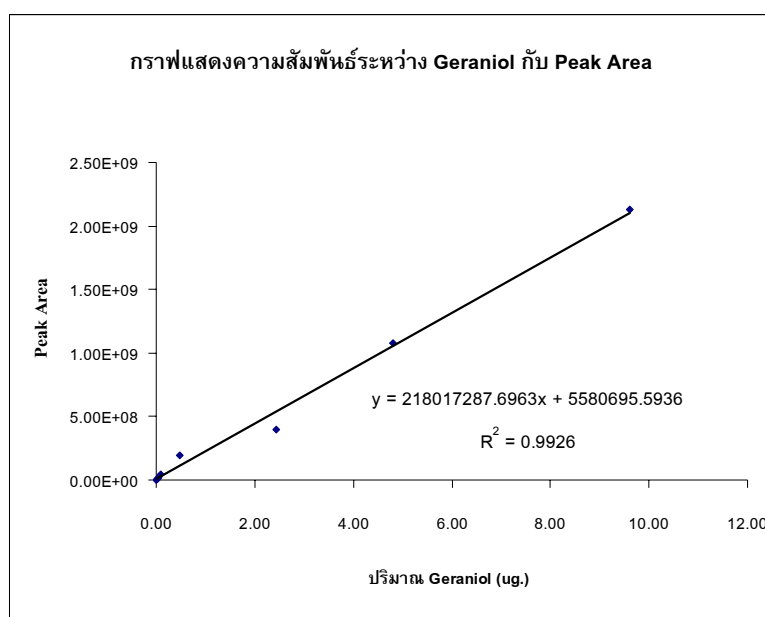
สมการเส้นตรงที่ได้คือ $y = 79338848.7352x + 10647051.5789$
 $R^2 = 0.9957$

รูปที่ 2 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ Menthol จากน้ำมันสะระแหน่กับพื้นที่ใต้กราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย Gas chromatography

2) กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ Geraniol จากน้ำมันตะไคร้หอม กับพื้นที่ใต้กราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย Gas chromatography

ตารางที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของ Geraniol (จากน้ำมันตะไคร้หอม) กับพื้นที่ใต้กราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย Gas chromatography

ความเข้มข้นของ Geraniol (µg)	peak area
0.0000	0.00
0.0245	6535099.67
0.0486	21732716.00
0.0972	48429244.33
0.4810	195517505.00
2.4471	395003063.00
4.8096	1073365303
9.6202	2125509768



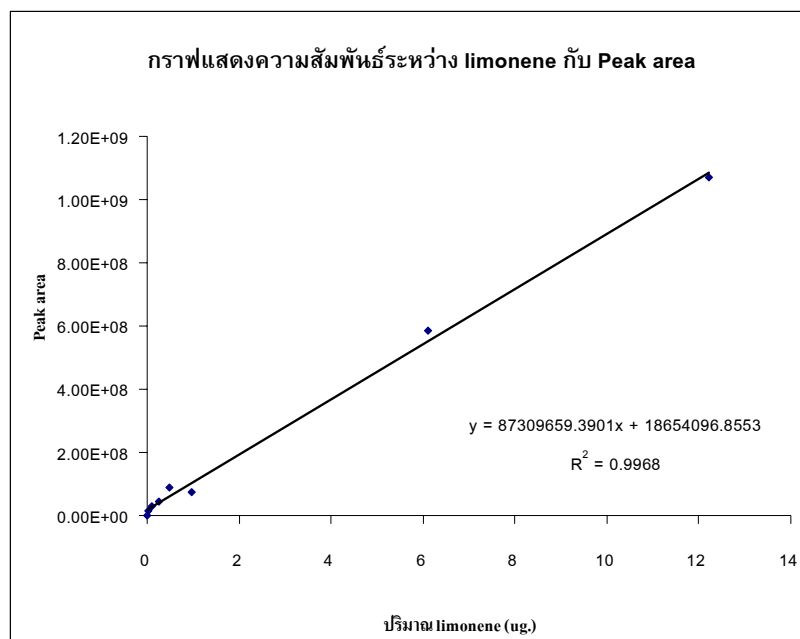
สมการเส้นตรงที่ได้คือ $y = 218017287.6963x + 5580695.5936$
 $R^2 = 0.9926$

รูปที่ 3 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ Geraniol จากน้ำมันตะไคร้หอมกับพื้นที่ใต้กราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย Gas chromatography

3) กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ Limonene จากน้ำมันมะกรูด กับพื้นที่ใต้กราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย Gas chromatography

ตารางที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของ Limonene (จากน้ำมันมะกรูด) กับพื้นที่ใต้กราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย Gas chromatography

ความเข้มข้นของ Limonene (µg)	peak area
0.0000	0.00
0.0196	14464604.00
0.0978	29699262.00
0.2444	44321885.00
0.4889	90616576.00
6.11	584460726.33
12.22	1070653444.67



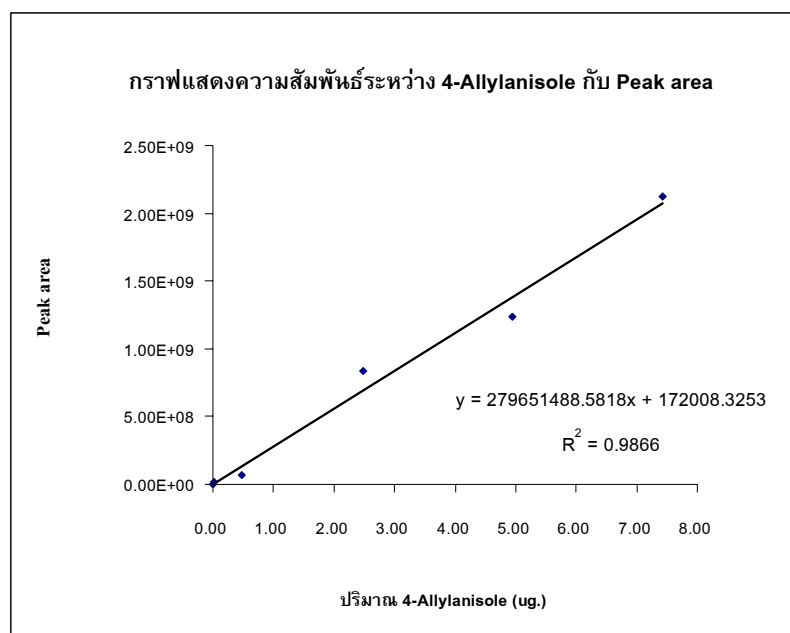
สมการเส้นตรงที่ได้คือ $y = 87309659.3901x + 18654096.8553$
 $R^2 = 0.9968$

รูปที่ 4 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ Limonene จากน้ำมันมะกรูดกับพื้นที่ใต้กราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย Gas chromatography

4) กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ 4-Allylanisole จากน้ำมันโหระพา กับพื้นที่ใต้กราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย Gas chromatography

ตารางที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของ 4-Allylanisole (จากน้ำมันโหระพา) กับพื้นที่ใต้กราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย Gas chromatography

ความเข้มข้นของ 4-Allylanisole (µg)	peak area
0.0000	0.00
0.0248	20779022.00
0.4767	65984778.33
2.4752	839011858.67
4.9505	1240420009
7.4257	2128297721.00



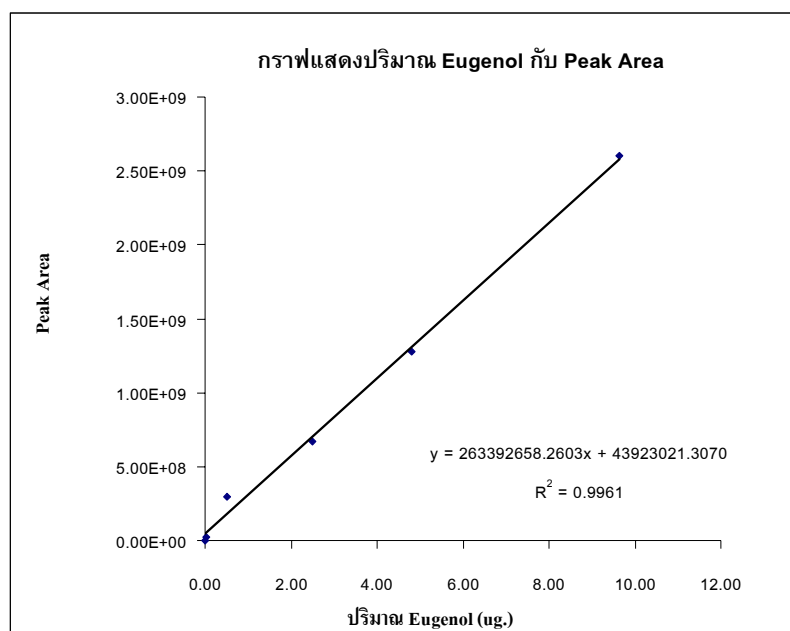
สมการเส้นตรงที่ได้คือ $y = 279651488.5818x + 172008.3253$
 $R^2 = 0.9866$

รูปที่ 5 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ 4-Allylanisole จากน้ำมันโหระพา กับพื้นที่ใต้กราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย Gas chromatography

5) กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ Eugenol จากน้ำมันกระเพรา กับพื้นที่ใต้กราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย Gas chromatography

ตารางที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของ Eugenol (จากน้ำมันกระเพรา) กับพื้นที่ใต้กราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย Gas chromatography

ความเข้มข้นของ Eugenol (µg)	peak area
0.0000	0.00
0.02	20847485.00
0.50	293209247.67
2.49	671104303.67
4.81	1275416188.33
9.63	2598857254.33



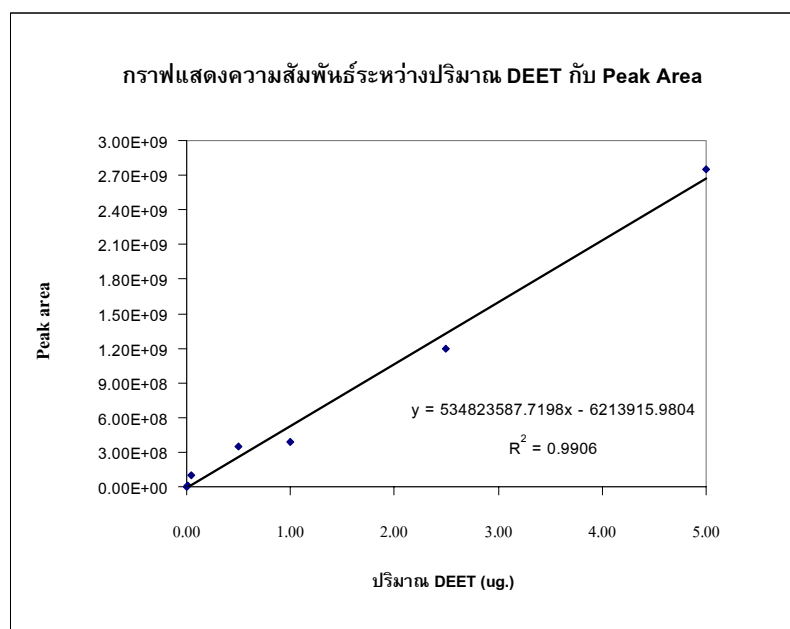
สมการเส้นตรงที่ได้คือ $y = 263392658.2603x + 43923021.3070$
 $R^2 = 0.9961$

รูปที่ 6 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ Eugenol จากน้ำมันกระเพรากับพื้นที่ใต้กราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย Gas chromatography

6) กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ DEET กับพื้นที่ใต้กราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย Gas chromatography

ตารางที่ 15 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของ DEET กับพื้นที่ใต้กราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย Gas chromatography

ความเข้มข้นของ DEET (ug)	peak area
0.00	0.00
0.01	12784890.33
0.05	94753976.67
0.50	351180477.33
1.00	391938033.67
2.49	1195817557.67
5.00	2750052763.67



สมการเส้นตรงที่ได้คือ $y = 534823587.7198x - 6213915.9804$
 $R^2 = 0.9906$

รูปที่ 7 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ DEET กับพื้นที่ใต้กราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย Gas chromatography

1.2.2 การใช้ Gas chromatography หาปริมาณสารสำคัญที่มีฤทธิ์ไล่ยุงจากเจลลี่ต่าง ๆ

1) เจลลี่สะระแหน่ (peppermint oil)

1.1) Menthol ในเจลลี่สะระแหน่

ตารางที่ 16 แสดงปริมาณ Menthol ที่ปลดปล่อยจากเจลลี่เตรียมเสร็จใหม่ ๆ ที่เวลาต่าง ๆ เมื่อใช้ Triethanolamine 0.5%

ตารางผลการหาปริมาณสาร Menthol ที่ปลดปล่อยจากเจลลี่ Peppermint oil							
Triethanolamine 0.5%							
เวลา	ครั้งที่	น้ำหนักเจล (g)	Peak area	Peak area ของเจล 2.5 g	ปริมาณ Menthol ในเจล 2.5 g (µg)	SD	ปริมาณ Menthol เฉลี่ย (µg)
0 h	1	2.5033	86698059	86583768.4	0.9571	0.046	0.9511
	2	2.5236	83015337	82239000.8	0.9024		
	3	2.5189	90173657	89497059.2	0.9938		
6 h	1	2.5167	93229418	92610778.0	1.0331	0.904	1.5151
	2	2.5145	86811588	86310984.3	0.9537		
	3	2.5271	215943524	213627798.7	2.5584		
1 day	1	2.5182	304563479	302362281.6	3.6768	1.350	2.6656
	2	2.5104	100908583	100490542.3	1.1324		
	3	2.5155	265170447	263536520.6	3.1875		
3 day	1	2.535	134011946	132161682.4	1.5316	0.093	1.5350
	2	2.5259	141353466	139904059.9	1.6292		
	3	2.5186	126161645	125229934.3	1.4442		
7 day	1	2.5107	36294008	36139331.7	0.3213	0.041	0.2920
	2	2.5105	30247991	30121480.8	0.2455		
	3	2.5096	35326393	35191258.6	0.3094		
14 day	1	2.5023	30674482	30646287.4	0.2521	0.058	0.2177
	2	2.5058	22689592	22637074.0	0.1511		
	3	2.5046	30519010	30462958.2	0.2498		

ตารางที่ 17 แสดงปริมาณ Menthol ที่ปลดปล่อยจากเจลไต้ยงเตรียมเสร็จใหม่ทีเวลาต่างๆ เมื่อใช้ Triethanolamine 2.0%

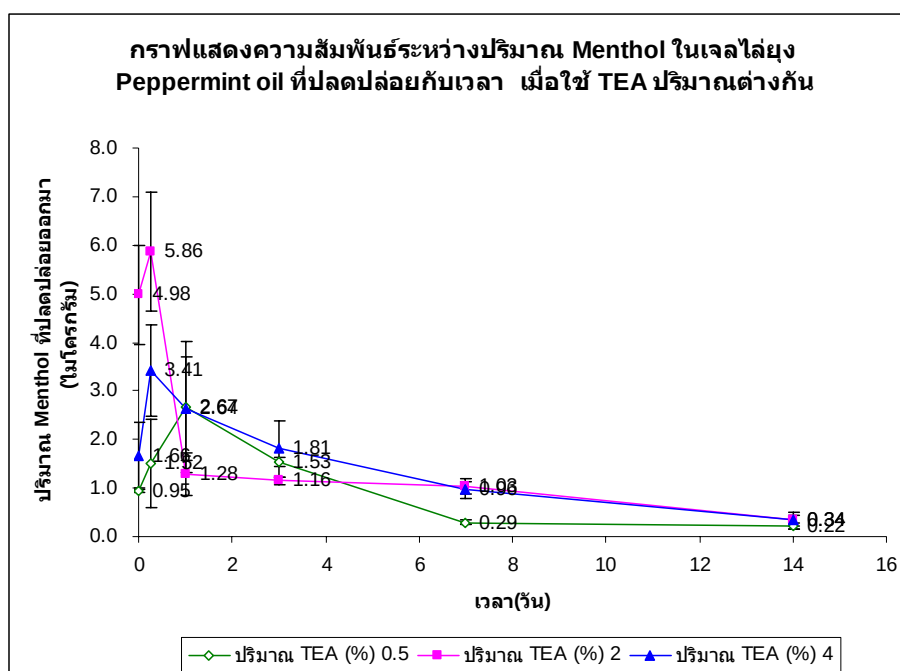
ตารางผลการหาปริมาณสาร Menthol ที่ปลดปล่อยจากเจลไต้ยง Peppermint oil							
Triethanolamine 2%							
เวลา	ครั้ง ที่	น้ำหนักเจล (g)	Peak area	Peak area ของ เจล 2.5 g	ปริมาณ Menthol ในเจล 2.5 g (µg)	SD	ปริมาณ Menthol เฉลี่ย (µg)
0 h	1	2.5456	368274205	361677212.6	4.4244	1.014	4.9800
	2	2.5460	363580569	357011556.4	4.3656		
	3	2.5001	498587066	498567123.3	6.1498		
6 h	1	2.5007	525360744	525213684.2	6.4857	1.230	5.8634
	2	2.5142	541918439	538857727.1	6.6577		
	3	2.5149	365631009	363464759.0	4.4470		
1 day	1	2.5602	78757822	76905927.3	0.8351	0.448	1.2826
	2	2.5208	149197978	147966893.4	1.7308		
	3	2.5382	114074236	112357414.7	1.2820		
3 day	1	2.5019	109884358	109800909.3	1.2498	0.082	1.1558
	2	2.5196	99789282	99013019.9	1.1138		
	3	2.5118	98692925	98229282.8	1.1039		
7 day	1	2.5156	101027985	100401479.8	1.1313	0.153	1.0292
	2	2.5225	79085307	78379888.0	0.8537		
	3	2.5295	99296328	98138296.1	1.1028		
14 day	1	2.5127	37646191	37455915.0	0.3379	0.178	0.3357
	2	2.504	51423057	51340911.5	0.5129		
	3	2.5082	23113840	23038274.5	0.1562		

ตารางที่ 18 แสดงปริมาณ Menthol ที่ปลดปล่อยจากเจลไฝ่ยงเตรียมเสร็จใหม่ทีเวลาต่างๆ เมื่อใช้ Triethanolamine 4.0%

ตารางผลการหาปริมาณสาร Menthol ที่ปลดปล่อยจากเจลไฝ่ยง Peppermint oil							
Triethanolamine 4%							
เวลา	ครั้ง ที่	น้ำหนักเจล (g)	Peak area	Peak area ของ เจล 2.5 g	ปริมาณ Menthol ในเจล 2.5 g (μg)	SD	ปริมาณ Menthol เฉลี่ย (μg)
0 h	1	2.5180	186206137	184875036.7	2.1960	0.693	1.6585
	2	2.5325	163727273	161626133.3	1.9030		
	3	2.5322	81214555	80181813.2	0.8764		
6 h	1	2.5220	360946740	357798116.6	4.3755	0.942	3.4113
	2	2.5470	282765657	277547759.1	3.3641		
	3	2.5168	209944689	208543278.2	2.4943		
1 day	1	2.5045	192231519	191886124.0	2.2844	1.075	2.6393
	2	2.5052	152696880	152379929.7	1.7864		
	3	2.5099	317127286	315876415.4	3.8472		
3 day	1	2.5052	207148578	206718603.3	2.4713	0.577	1.8076
	2	2.5305	133430737	131822502.5	1.5273		
	3	2.5201	124625402	123631405.5	1.4241		
7 day	1	2.5048	98527599	98338788.5	1.1053	0.181	0.9603
	2	2.5071	91698672	91438985.3	1.0183		
	3	2.5204	71317766	70740523.3	0.7574		
14 day	1	2.5126	28135895	27994801.2	0.2187	0.112	0.3386
	2	2.5120	45913708	45694375.0	0.4417		
	3	2.5009	38848925	38834944.4	0.3553		

ตารางที่ 19 ปริมาณเฉลี่ยของ Menthol (μg) ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยงสละระแหน่ที่เวลาต่าง ๆ

จำนวนวัน	ปริมาณ Menthol (μg)		
	0.5% TEA	2% TEA	4% TEA
0	0.9511	4.9800	1.6585
0.25	1.5151	5.8634	3.4113
1	2.6656	1.2826	2.6393
3	1.5350	1.1558	1.8076
7	0.2920	1.0292	0.9603
14	0.2176	0.3357	0.3386



รูปที่ 8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของ Menthol จากน้ำมันสละระแหน่ที่ปลดปล่อยกับเวลา เมื่อใช้ Triethanolamine ปริมาณต่างกัน

จากผลการศึกษาพบว่าเจลไส่ยงสละระแหน่ที่เตรียมจาก triethanolamine ปริมาณร้อยละ 2 ของตำรับให้ลักษณะเจลที่ดี และมีการปลดปล่อยสารสำคัญที่มีฤทธิ์ไส่ยง คือ Menthol สูงที่สุดใน 6 ชั่วโมงแรก และลดลงและคงที่เมื่อทิ้งไว้ให้ระเหยไป 1 วัน ปริมาณสารที่ปลดปล่อยค่อย ๆ ลดลงจนหมดไปในเวลา 14 วัน

1.2) DEET ในเจลไส่ยงสระแหน่

ตารางที่ 20 แสดงปริมาณ DEET ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยงเตรียมเสร็จใหม่ทีเวลาต่างๆ เมื่อใช้ Triethanolamine 0.5%

ตารางผลการหาปริมาณ DEET ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยง Peppermint oil							
Triethanolamine 0.5%							
เวลา	ครั้ง ที่	น้ำหนักเจล (g)	Peak area	Peak area ของ เจล 2.5 g	ปริมาณ DEET ใน เจล 2.5 g (μg)	SD	ปริมาณ DEET เฉลี่ยในเจล (μg)
0 h	1	2.5033	56338355	56264086.4	0.1168	0.032	0.1270
	2	2.5236	81471616	80709716.3	0.1625		
	3	2.5189	48493766	48129903.9	0.1016		
6 h	1	2.5167	89281681	88689236.9	0.1774	0.041	0.1388
	2	2.5145	45355640	45094094.3	0.0959		
	3	2.5271	71066929	70304824.7	0.1431		
1 day	1	2.5182	99632610	98912526.8	0.1966	0.115	0.2915
	2	2.5104	132818219	132267984.2	0.2589		
	3	2.5155	219161661	217811231.4	0.4189		
3 day	1	2.535	69654017	68692324.5	0.1401	0.056	0.1669
	2	2.5259	63707541	63054298.5	0.1295		
	3	2.5186	118280957	117407445.6	0.2311		
7 day	1	2.5107	2077297	2068444.1	0.0155	0.006	0.0187
	2	2.5105	1502712	1496427.0	0.0144		
	3	2.5096	7803868	7774015.8	0.0262		
14 day	1	2.5023	3183251	3180325.1	0.0176	0.000	0.0172
	2	2.5058	2997275	2990337.4	0.0172		
	3	2.5046	2811529	2806365.3	0.0169		

ตารางที่ 21 แสดงปริมาณ DEET ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยงเตรียมเสร็จใหม่ทีเวลาต่างๆ เมื่อใช้ Triethanolamine 2.0%

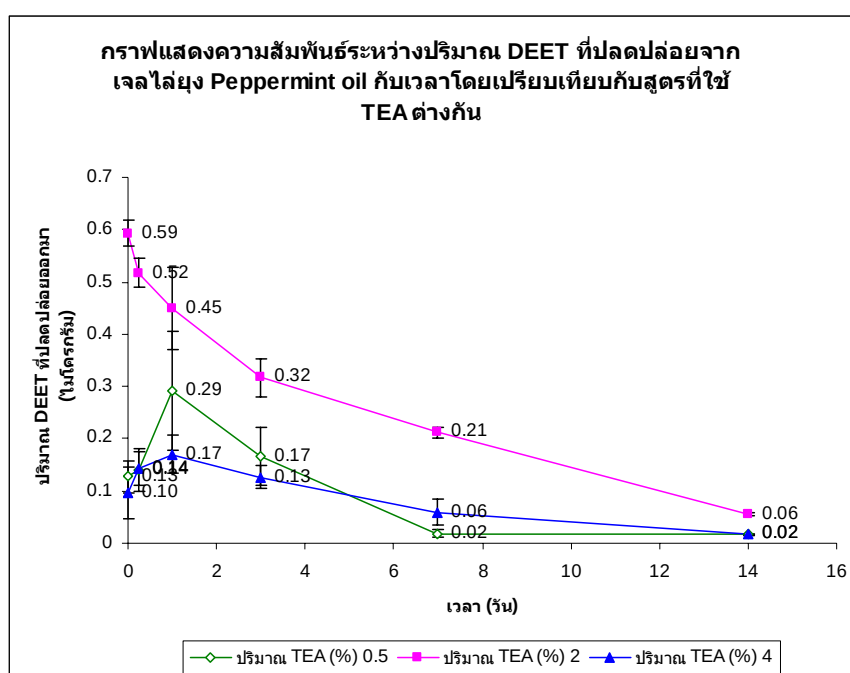
ตารางผลการหาปริมาณ DEET ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยง Peppermint oil							
Triethanolamine 2%							
เวลา	ครั้ง ที่	น้ำหนักเจล (g)	Peak area	Peak area ของ เจล 2.5 g	ปริมาณ DEET ใน เจล 2.5 g (μg)	SD	ปริมาณ DEET เฉลี่ยในเจล (μg)
0 h	1	2.5456	109989369	108019100.6	0.2136	0.025	0.5925
	2	2.5460	85842834	84291863.7	0.1692		
	3	2.5001	105940261	105936023.6	0.2097		
6 h	1	2.5007	70670046	70650263.9	0.1437	0.029	0.5172
	2	2.5142	86563023	86074122.0	0.1726		
	3	2.5149	101866544	101263016.4	0.2010		
1 day	1	2.5602	100009096	97657503.3	0.1942	0.079	0.4505
	2	2.5208	100036833	99211394.2	0.1971		
	3	2.5382	25808281	25419865.5	0.0591		
3 day	1	2.5019	50375216	50336959.9	0.1057	0.037	0.3170
	2	2.5196	70437884	69889946.8	0.1423		
	3	2.5118	30815445	30670679.4	0.0690		
7 day	1	2.5156	38159767	37923126.7	0.0825	0.010	0.2126
	2	2.5225	29631135	29366833.5	0.0665		
	3	2.5295	28095190	27767533.1	0.0635		
14 day	1	2.5127	3494523	3476860.5	0.0181	0.004	0.0552
	2	2.504	5733256	5724097.4	0.0223		
	3	2.5082	1697459	1691909.5	0.0148		

ตารางที่ 22 แสดงปริมาณ DEET ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยงเตรียมเสร็จใหม่ทีเวลาต่างๆ เมื่อใช้ Triethanolamine 4.0%

ตารางผลการหาปริมาณ DEET ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยง Peppermint oil							
Triethanolamine 4%							
เวลา	ครั้ง ที่	น้ำหนักเจล (g)	Peak area	Peak area ของ เจล 2.5 g	ปริมาณ DEET ใน เจล 2.5 g (μg)	SD	ปริมาณ DEET เฉลี่ยในเจล (μg)
0 h	1	2.5180	73157154	72634187.8	0.1474	0.049	0.0961
	2	2.5325	43128375	42574901.3	0.0912		
	3	2.5322	20523001	20262026.1	0.0495		
6 h	1	2.5220	86213028	85460971.5	0.1714	0.032	0.1427
	2	2.5470	74093796	72726537.1	0.1476		
	3	2.5168	52426574	52076619.1	0.1090		
1 day	1	2.5045	69679411	69554213.4	0.1417	0.036	0.1697
	2	2.5052	106586764	106365523.7	0.2105		
	3	2.5099	78027310	77719540.6	0.1569		
3 day	1	2.5052	75396397	75239898.0	0.1523	0.023	0.1267
	2	2.5305	57551796	56858126.9	0.1179		
	3	2.5201	52965010	52542567.8	0.1099		
7 day	1	2.5048	38267221	38193888.7	0.0830	0.024	0.0598
	2	2.5071	26104565	26030638.0	0.0603		
	3	2.5204	13135923	13029601.5	0.0360		
14 day	1	2.5126	3852177	3832859.4	0.0188	0.001	0.0171
	2	2.5120	2627951	2615397.1	0.0165		
	3	2.5009	2427228	2426354.5	0.0162		

ตารางที่ 23 ปริมาณเฉลี่ยของ DEET (μg) ที่ปลดปล่อยจากเจลไฝ่ยงสละระแหนที่เวลาต่าง ๆ

จำนวนวัน	ปริมาณ DEET (μg)		
	0.5% TEA	2% TEA	4% TEA
0	0.1269	0.5925	0.0960
0.25	0.1388	0.5172	0.1427
1	0.2914	0.4505	0.1697
3	0.1669	0.3170	0.1267
7	0.0187	0.2126	0.0597
14	0.0172	0.0552	0.0171



รูปที่ 9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของ DEET ที่ปลดปล่อยกับเวลา เมื่อใช้ Triethanolamine ปริมาณต่างกัน

จากผลการศึกษาพบว่าเจลไฝ่ยงสละระแหนที่เตรียมจาก triethanolamine ปริมาณร้อยละ 2 ของตำรับให้ลักษณะเจลที่ดี และมีการปลดปล่อยสารสำคัญที่มีฤทธิ์ไฝ่ยง คือ DEET สูงที่สุดตั้งแต่ 6 ชั่วโมงแรก ปริมาณสารที่ปลดปล่อยค่อย ๆ ลดลงแต่ยังคงให้ปริมาณการปลดปล่อยมากที่สุดเมื่อเวลาผ่านไป 14 วัน

2) เจลไฝ่ยงตะไคร้หอม (citronella oil)

2.1) Geraniol ในเจลไฝ่ยงตะไคร้หอม

ตารางที่ 24 แสดงปริมาณ Geraniol ที่ปลดปล่อยจากเจลไฝ่ยงเตรียมเสร็จใหม่ทีเวลาต่างๆ เมื่อใช้ Triethanolamine 0.5%

ตารางผลการหาปริมาณสาร Geraniol ที่ปลดปล่อยจากเจลไฝ่ยง Citronella oil							
Triethanolamine 0.5%							
เวลา	ครั้ง ที่	น้ำหนักเจล (g)	Peak area	Peak area ของ เจล 2.5 g	ปริมาณ Geraniol ในเจล 2.5 g (μg)	SD	ปริมาณ Geraniol เฉลี่ย (μg)
0 h	1	2.5046	78186931	78043331.3	0.3324	0.225	0.3315
	2	2.5163	127604602	126778009.4	0.5559		
	3	2.5006	28738325	28731429.5	0.1062		
6 h	1	2.5140	132146922	131411020.3	0.5772	0.111	0.6575
	2	2.5068	139124611	138747218.6	0.6108		
	3	2.5146	177672564	176640980.7	0.7846		
1 day	1	2.5144	61288288	60937289.2	0.2539	0.066	0.1791
	2	2.5100	33848395	33713540.8	0.1290		
	3	2.5185	39510150	39219922.6	0.1543		
3 day	1	2.5086	11823172	11782639.7	0.0284	0.040	0.0575
	2	2.5286	14722474	14555953.9	0.0412		
	3	2.5111	28103472	27979244.2	0.1027		
7 day	1	2.5099	12255857	12207515.2	0.0304	0.008	0.0274
	2	2.5254	13086881	12955255.6	0.0338		
	3	2.5143	9544089	9489807.3	0.0179		
14 day	1	2.5074	11712895	11678327.2	0.0280	0.061	0.0668
	2	2.5111	13295631	13236859.3	0.0351		
	3	2.5083	35605688	35487868.3	0.1372		

ตารางที่ 25 แสดงปริมาณ Geraniol ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยงเตรียมเสร็จใหม่ทีเวลาต่าง ๆ เมื่อใช้ Triethanolamine 2.0%

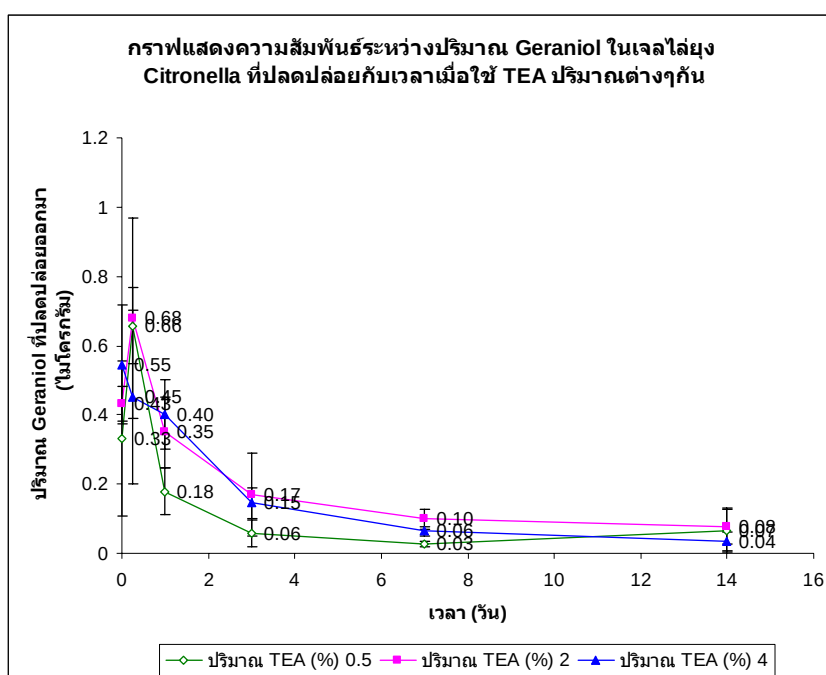
ตารางผลการหาปริมาณสาร Geraniol ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยง Citronella oil							
Triethanolamine 2%							
เวลา	ครั้ง ที่	น้ำหนักเจล (g)	Peak area	Peak area ของ เจล 2.5 g	ปริมาณ Geraniol ในเจล 2.5 g (µg)	SD	ปริมาณ Geraniol เฉลี่ย (µg)
0 h	1	2.5117	110218215	109704796.6	0.4776	0.050	0.4336
	2	2.5151	102858651	102241114.7	0.4434		
	3	2.5052	88596145	88412247.5	0.3799		
6 h	1	2.5192	218283283	216619644.1	0.9680	0.289	0.6777
	2	2.5015	152740357	152648767.7	0.6746		
	3	2.5170	91310561	90693842.9	0.3904		
1 day	1	2.5141	85396776	84917839.4	0.3639	0.101	0.3498
	2	2.5149	102742896	102134176.3	0.4429		
	3	2.5070	58642236	58478496.2	0.2426		
3 day	1	2.5109	25328308	25218356.0	0.0901	0.119	0.1688
	2	2.5113	29932518	29797831.8	0.1111		
	3	2.5101	72426623	72135196.8	0.3053		
7 day	1	2.503	29344111	29308940.3	0.1088	0.029	0.0989
	2	2.5113	32247424	32102321.5	0.1216		
	3	2.5072	20097002	20039288.8	0.0663		
14 day	1	2.5181	22777218	22613496.3	0.0781	0.053	0.0781
	2	2.5068	34359742	34266537.0	0.1316		
	3	2.5049	10966987	10945533.8	0.0246		

ตารางที่ 26 แสดงปริมาณ Geraniol ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยงเตรียมเสร็จใหม่ทีเวลาต่าง ๆ เมื่อใช้ Triethanolamine 4.0%

ตารางผลการหาปริมาณสาร Geraniol ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยง Citronella oil							
Triethanolamine 4%							
เวลา	ครั้ง ที่	น้ำหนักเจล (g)	Peak area	Peak area ของ เจล 2.5 g	ปริมาณ Geraniol ในเจล 2.5 g (µg)	SD	ปริมาณ Geraniol เฉลี่ย (µg)
0 h	1	2.5155	146669002	145765257.4	0.6430	0.171	0.5458
	2	2.5058	81737188	81547996.6	0.3484		
	3	2.5215	147678103	146418900.5	0.6460		
6 h	1	2.5048	164556575	164241231.8	0.7277	0.250	0.4505
	2	2.5157	59064651	58696039.9	0.2436		
	3	2.5143	88972996	88466965.0	0.3802		
1 day	1	2.5119	67916785	67595032.6	0.2844	0.101	0.4014
	2	2.5020	106968564	106883057.6	0.4647		
	3	2.5038	104985951	104826614.5	0.4552		
3 day	1	2.5186	29204920	28989240.1	0.1074	0.045	0.1453
	2	2.5137	35016885	34826038.3	0.1341		
	3	2.5119	48203967	47975603.1	0.1945		
7 day	1	2.5174	16205297	16093287.7	0.0482	0.014	0.0644
	2	2.5102	22096942	22007152.8	0.0753		
	3	2.5063	20803370	20751077.3	0.0696		
14 day	1	2.5023	7530540	7523618.3	0.0089	0.026	0.0353
	2	2.5139	13285797	13212336.4	0.0350		
	3	2.5084	19128452	19064395.6	0.0618		

ตารางที่ 27 ปริมาณเฉลี่ยของ Geraniol (μg) ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยงสละระแหนที่เวลาต่างๆ

จำนวนวัน	ปริมาณ Geraniol (μg)		
	0.5% TEA	2% TEA	4% TEA
0	0.3315	0.4336	0.5458
0.25	0.6575	0.6777	0.4505
1	0.1791	0.3498	0.4014
3	0.0575	0.1688	0.1453
7	0.0274	0.0989	0.0643
14	0.0668	0.0781	0.0352



รูปที่ 10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของ Geraniol จากน้ำมันตะไคร้หอมที่ปลดปล่อยกับเวลา เมื่อใช้ Triethanolamine ปริมาณต่างๆกัน

จากผลการศึกษาพบว่าเจลไส่ยงตะไคร้หอมที่เตรียมจาก triethanolamine ปริมาณร้อยละ 2 ของตำรับให้ลักษณะเจลที่ดี และมีการปลดปล่อยสารสำคัญที่มีฤทธิ์ไส่ยง คือ Geraniol สูงที่สุดตั้งแต่นใน 6 ชั่วโมงแรก และปริมาณสารที่ปลดปล่อยค่อยๆลดลงจนหมดไปในเวลา 14 วัน

2.2) DEET ในเจลไล่ยุงตะไคร้หอม

ตารางที่ 28 แสดงปริมาณ DEET ที่ปลดปล่อยจากเจลไล่ยุงเตรียมเสร็จใหม่ที่เวลาต่างๆ เมื่อใช้ Triethanolamine 0.5%

ตารางผลการหาปริมาณ DEET ที่ปลดปล่อยจากเจลไล่ยุง Citronella oil							
Triethanolamine 0.5%							
เวลา	ครั้งที่	น้ำหนักเจล (g)	Peak area	Peak area ของเจล 2.5 g	ปริมาณ DEET ในเจล 2.5 (µg)	SD	ปริมาณ DEET เฉลี่ยในเจล (µg)
0 h	1	2.5046	29244944	29191232.1	0.0662	0.020	0.0649
	2	2.5163	39141162	38887614.8	0.0843		
	3	2.5006	17350741	17346577.8	0.0441		
6 h	1	2.5140	114583242	113945149.2	0.2247	0.032	0.1894
	2	2.5068	81462062	81241086.2	0.1635		
	3	2.5146	90625214	90099035.6	0.1801		
1 day	1	2.5144	103251134	102659813.5	0.2036	0.018	0.1868
	2	2.5100	94880801	94502789.8	0.1883		
	3	2.5185	84465348	83844895.8	0.1684		
3 day	1	2.5086	43636473	43486878.1	0.0929	0.042	0.1055
	2	2.5286	32426770	32060003.6	0.0716		
	3	2.5111	75398173	75064884.9	0.1520		
7 day	1	2.5099	1653593	1647070.6	0.0147	0.001	0.0163
	2	2.5254	3203568	3171347.1	0.0175		
	3	2.5143	2700161	2684803.9	0.0166		
14 day	1	2.5074	4328635	4315860.1	0.0197	0.032	0.0383
	2	2.5111	6381758	4309500.8	0.0197		
	3	2.5083	34259429	34146064.1	0.0755		

ตารางที่ 29 แสดงปริมาณ DEET ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยงเตรียมเสร็จใหม่ที่เวลาต่างๆ เมื่อใช้ Triethanolamine 2.0%

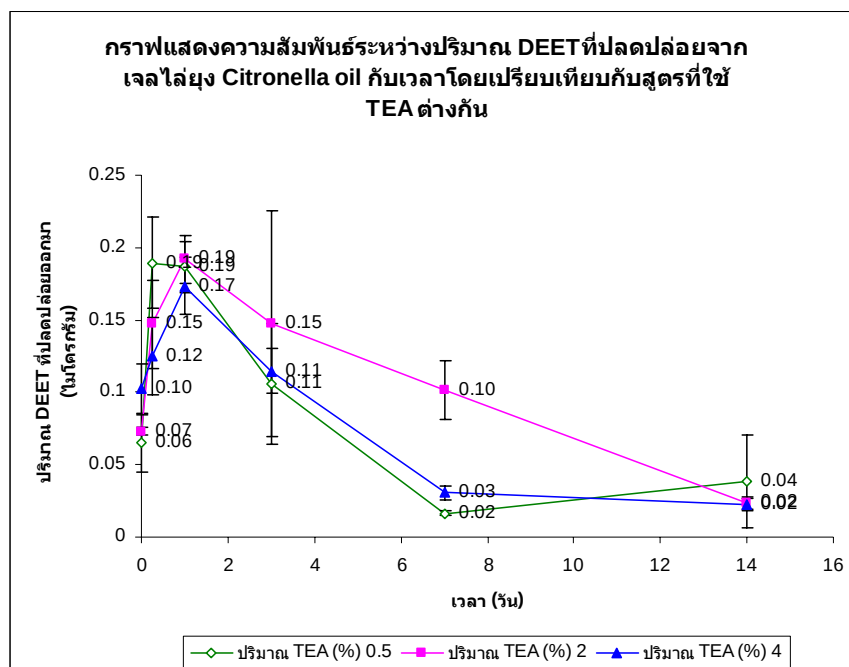
ตารางผลการหาปริมาณ DEET ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยง Citronella oil							
Triethanolamine 2%							
เวลา	ครั้งที่	น้ำหนักเจล (g)	Peak area	Peak area ของเจล 2.5 g	ปริมาณ DEET ในเจล 2.5 (μg)	SD	ปริมาณ DEET เฉลี่ยในเจล (μg)
0 h	1	2.5117	31902347	31753739.5	0.0710	0.003	0.0731
	2	2.5151	32593683	32397999.1	0.0722		
	3	2.5052	34549567	34477853.1	0.0761		
6 h	1	2.5192	74555446	73987224.1	0.1500	0.030	0.1469
	2	2.5015	55523979	55490684.6	0.1154		
	3	2.5170	88237137	87641177.0	0.1755		
1 day	1	2.5141	87078429	86590061.1	0.1735	0.017	0.1921
	2	2.5149	104350977	103732729.9	0.2056		
	3	2.5070	99515846	99237979.7	0.1972		
3 day	1	2.5109	35222720	35069815.6	0.0772	0.078	0.1472
	2	2.5113	65319156	65025241.9	0.1332		
	3	2.5101	117864394	117390137.8	0.2311		
7 day	1	2.503	47387004	47330207.8	0.1001	0.020	0.1018
	2	2.5113	59781640	59512642.9	0.1229		
	3	2.5072	37985889	37876803.8	0.0824		
14 day	1	2.5181	4490765	4458485.6	0.0200	0.004	0.0236
	2	2.5068	9048767	9024221.1	0.0285		
	3	2.5049	5729930	5718721.3	0.0223		

ตารางที่ 30 แสดงปริมาณ DEET ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยงเตรียมเสร็จใหม่ทีเวลาต่าง ๆ เมื่อใช้ Triethanolamine 4.0%

ตารางผลการหาปริมาณ DEET ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยง Citronella oil							
Triethanolamine 4%							
เวลา	ครั้ง ที่	น้ำหนักเจล (g)	Peak area	Peak area ของ เจล 2.5 g	ปริมาณ DEET ใน เจล 2.5 (µg)	SD	ปริมาณ DEET เฉลี่ยในเจล (µg)
0 h	1	2.5155	53289007	52960651.0	0.1106	0.018	0.1022
	2	2.5058	37682013	37594793.1	0.0819		
	3	2.5215	55330817	54859029.3	0.1142		
6 h	1	2.5048	76720589	76573567.7	0.1548	0.027	0.1249
	2	2.5157	49546990	49237776.8	0.1037		
	3	2.5143	56194643	55875037.8	0.1161		
1 day	1	2.5119	97637941	97175386.2	0.1933	0.020	0.1736
	2	2.5020	75986997	75926256.0	0.1536		
	3	2.5038	86915488	86783577.0	0.1739		
3 day	1	2.5186	46216512	45875200.5	0.0974	0.016	0.1148
	2	2.5137	62860711	62518111.7	0.1285		
	3	2.5119	57457591	57185388.6	0.1185		
7 day	1	2.5174	10852285	10777275.2	0.0318	0.005	0.0306
	2	2.5102	12543717	12492746.6	0.0350		
	3	2.5063	7193078	7174997.0	0.0250		
14 day	1	2.5023	3107568	3104711.7	0.0174	0.004	0.0224
	2	2.5139	6861619	6823679.3	0.0244		
	3	2.5084	7441836	7416915.2	0.0255		

ตารางที่ 31 ปริมาณเฉลี่ยของ DEET (μg) ที่ปลดปล่อยจากเจลไธม์ตะไคร้หอมที่เวลาต่างๆ

จำนวนวัน	ปริมาณ DEET (μg)		
	0.5% TEA	2% TEA	4% TEA
0	0.0649	0.0731	0.1022
0.25	0.1894	0.1469	0.1248
1	0.1868	0.1921	0.1735
3	0.1055	0.1472	0.1148
7	0.0163	0.1018	0.0305
14	0.0383	0.0236	0.0224



รูปที่ 11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของ DEET จากน้ำมันตะไคร้หอมที่ปลดปล่อยกับเวลา เมื่อใช้ Triethanolamine ปริมาณต่างกัน

จากผลการศึกษาพบว่าเจลไธม์ตะไคร้หอมที่เตรียมจาก triethanolamine ปริมาณร้อยละ 0.5 ของตำรับให้ลักษณะเจลที่ดี และมีการปลดปล่อยสารสำคัญที่มีฤทธิ์ไธม์ คือ DEET สูงที่สุดตั้งแต่ 6 ชั่วโมงแรก แต่เมื่อทดสอบปริมาณสารที่ 1 วันพบว่าเจลไธม์ที่ประกอบด้วย triethanolamine ร้อยละ 2 มีปริมาณสารที่ปลดปล่อยออกมามากกว่า และปริมาณสารที่ปลดปล่อยค่อยๆลดลงเมื่อเวลาผ่านไป 14 วัน

3) เจลไส่ยงมะกรูด (kaffer lime oil)

3.1) Limonene ในเจลไส่ยงมะกรูด

ตารางที่ 32 แสดงปริมาณ Limonene ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยงเตรียมเสร็จใหม่ทีเวลาต่างๆ เมื่อใช้ Triethanolamine 0.5%

ตารางผลการหาปริมาณสาร Limonene ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยง Kaffer lime oil							
Triethanolamine 0.5%							
เวลา	ครั้ง ที่	น้ำหนักเจล (g)	Peak area	Peak area ของ เจล 2.5 g	ปริมาณ limonene ในเจล 2.5 g (µg)	SD	ปริมาณ limonene เฉลี่ย (µg)
0 h	1	2.5200	351932523	349139407.7	3.7852	1.264	3.3215
	2	2.5392	186646903	183765460.6	1.8911		
	3	2.5492	400792809	393057438.6	4.2882		
6 h	1	2.5246	190995499	189134416.3	1.9526	1.298	3.4499
	2	2.5334	395932674	390712751.6	4.2614		
	3	2.5393	385702743	379733335.0	4.1356		
1 day	1	2.5580	159033914	155427984.8	1.5665	0.263	1.7178
	2	2.5479	158321269	155344861.5	1.5656		
	3	2.5090	195837519	195135032.9	2.0213		
3 day	1	2.5296	61804926	61081718.5	0.4859	0.275	0.7620
	2	2.5473	111135486	109071846.7	1.0356		
	3	2.5828	88235214	85406549.1	0.7645		
7 day	1	2.5325	46800703	46200101.7	0.3155	0.114	0.2223
	2	2.5413	27354086	26909540.4	0.0946		
	3	2.5299	41562829	41071612.5	0.2568		
14 day	1	2.5306	14904125	14723904.4	-0.0450	0.187	0.0829
	2	2.5304	18577960	18354766.0	-0.0034		
	3	2.5218	44998777	44609779.7	0.2973		

ตารางที่ 33 แสดงปริมาณ Limonene ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยงเตรียมเสร็จใหม่ทีเวลาต่างๆ เมื่อใช้ Triethanolamine 2.0%

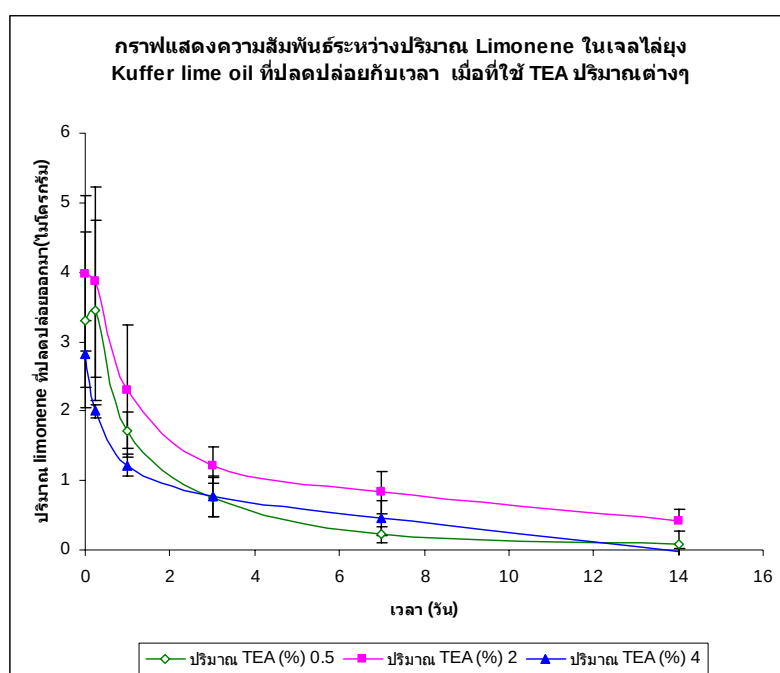
ตารางผลการหาปริมาณสาร Limonene ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยง Kaffer lime oil							
Triethanolamine 2%							
เวลา	ครั้ง ที่	น้ำหนักเจล (g)	Peak area	Peak area ของ เจล 2.5 g	ปริมาณ limonene ในเจล 2.5 g (μg)	SD	ปริมาณ limonene เฉลี่ย (μg)
0 h	1	2.5277	386166886	381935045.7	4.1608	1.125	3.9817
	2	2.5206	459541229	455785556.0	5.0067		
	3	2.5202	263286751	261176445.3	2.7777		
6 h	1	2.5479	443073840	434744142.2	4.7657	1.371	3.8597
	2	2.5520	222508687	217974810.9	2.2829		
	3	2.5542	423192335	414212214.2	4.5305		
1 day	1	2.5321	150222124	148317724.4	1.4851	0.947	2.2944
	2	2.5177	200115894	198709034.0	2.0623		
	3	2.5167	311971688	309901545.7	3.3358		
3 day	1	2.5295	143691606	142015819.3	1.4129	0.261	1.2223
	2	2.5170	135609614	134693696.9	1.3291		
	3	2.5140	99956538	99399898.6	0.9248		
7 day	1	2.5270	106590551	105451672.9	0.9941	0.302	0.8310
	2	2.5620	62251092	60744625.3	0.4821		
	3	2.5422	109249774	107436250.1	1.0169		
14 day	1	2.5517	63319787	62036864.6	0.4969	0.165	0.4132
	2	2.5484	38881943	38143485.1	0.2232		
	3	2.5150	64387327	64003307.2	0.5194		

ตารางที่ 34 แสดงปริมาณ Limonene ที่ปลดปล่อยจากเจลลี่เตรียมเสร็จใหม่ในเวลาต่างๆ เมื่อใช้ Triethanolamine 4.0%

ตารางผลการหาปริมาณสาร Limonene ที่ปลดปล่อยจากเจลลี่ Kaffer lime oil							
Triethanolamine 4%							
เวลา	ครั้งที่	น้ำหนักเจล (g)	Peak area	Peak area ของเจล 2.5 g	ปริมาณ limonene ในเจล 2.5 g (µg)	SD	ปริมาณ limonene เฉลี่ย (µg)
0 h	1	2.5315	308246761	304411180.1	3.2729	0.472	2.8218
	2	2.5385	225651369	222229041.8	2.3316		
	3	2.5079	269294540	268446249.9	2.8610		
6 h	1	2.5243	186916797	185117455.3	1.9066	0.096	2.0009
	2	2.5081	202448029	201794215.7	2.0976		
	3	2.5149	194284610	193133534.1	1.9984		
1 day	1	2.5264	139661467	138202053.3	1.3692	0.154	1.2187
	2	2.5088	111681975	111290233.4	1.0610		
	3	2.5295	127174999	125691835.3	1.2260		
3 day	1	2.5462	61804926	60683495.0	0.4814	0.286	0.7756
	2	2.5138	111135486	110525385.9	1.0522		
	3	2.5095	88235214	87901189.5	0.7931		
7 day	1	2.5275	35274727	34890926.8	0.1860	0.252	0.4566
	2	2.5142	78967155	78521154.8	0.6857		
	3	2.5282	62853169	62152093.4	0.4982		
14 day	1	2.5537	12815951	12546453.2	-0.0700	0.048	-0.0280
	2	2.5316	21052556	20789773.3	0.0245		
	3	2.5161	15403451	15304887.5	-0.0384		

ตารางที่ 35 ปริมาณเฉลี่ยของ Limonene (μg) ที่ปลดปล่อยจากเจลไฝ่ยงมะกรูดที่เวลาต่างๆ

จำนวนวัน	ปริมาณ Limonene (μg)		
	0.5% TEA	2% TEA	4% TEA
0	3.3135	3.9817	2.8218
0.25	3.4599	3.8597	2.0009
1	1.7178	2.2944	1.2187
3	0.7620	1.2222	0.7756
7	0.2223	0.8310	0.4566
14	0.0829	0.4132	-0.0280



รูปที่ 12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของ Limonene จากน้ำมันมะกรูดที่ปลดปล่อยกับเวลา เมื่อใช้ Triethanolamine ปริมาณต่างกัน

จากผลการศึกษาพบว่าเจลไฝ่ยงมะกรูดที่เตรียมจาก triethanolamine ปริมาณร้อยละ 2 ของตำรับให้ลักษณะเจลที่ดี และมีการปลดปล่อยสารสำคัญที่มีฤทธิ์ไฝ่ยง คือ Limonene สูงที่สุดตั้งแต่ 6 ชั่วโมงแรก ปริมาณสารที่ปลดปล่อยค่อยๆลดลงแต่ยังคงให้ปริมาณการปลดปล่อยมากที่สุดเมื่อเวลาผ่านไป 14 วัน

3.2) DEET ในเจลไล่ยุงมะกรูด

ตารางที่ 36 แสดงปริมาณ DEET ที่ปลดปล่อยจากเจลไล่ยุงเตรียมเสร็จใหม่ ๆ ที่เวลาต่างๆ เมื่อใช้ Triethanolamine 0.5%

ตารางผลการหาปริมาณ DEET ที่ปลดปล่อยจากเจลไล่ยุง Kaffer lime oil							
Triethanolamine 0.5%							
เวลา	ครั้งที่	น้ำหนักเจล (g)	Peak area	Peak area ของเจล 2.5 g	ปริมาณ DEET ในเจล 2.5 g (µg)	SD	ปริมาณ DEET เฉลี่ยในเจล (µg)
0 h	1	2.5200	29870591	29633522.8	0.0670	0.097	0.0950
	2	2.5392	1997804	1966962.0	0.0153		
	3	2.5492	104135356	102125525.7	0.2026		
6 h	1	2.5246	34265179	33931295.1	0.0751	0.102	0.1706
	2	2.5334	144811029	142901860.1	0.2788		
	3	2.5393	79421394	78192212.4	0.1578		
1 day	1	2.5580	211620192	206821923.4	0.3983	0.113	0.3123
	2	2.5479	93841547	92077345.1	0.1838		
	3	2.5090	184250685	183589761.9	0.3549		
3 day	1	2.5296	88581560	87545026.9	0.1753	0.021	0.1611
	2	2.5473	68033609	66770314.6	0.1365		
	3	2.5828	88387832	85554274.4	0.1716		
7 day	1	2.5325	59999796	59229808.5	0.1224	0.066	0.1125
	2	2.5413	87843255	86415668.2	0.1732		
	3	2.5299	16368550	16175095.9	0.0419		
14 day	1	2.5306	41485438	40983796.3	0.0882	0.029	0.0545
	2	2.5304	15447236	15261654.3	0.0402		
	3	2.5218	12662498	12553035.5	0.0351		

ตารางที่ 37 แสดงปริมาณ DEET ที่ปลดปล่อยจากเจลไต้ยุงเตรียมเสร็จใหม่ที่เวลาต่างๆ เมื่อใช้ Triethanolamine 2.0%

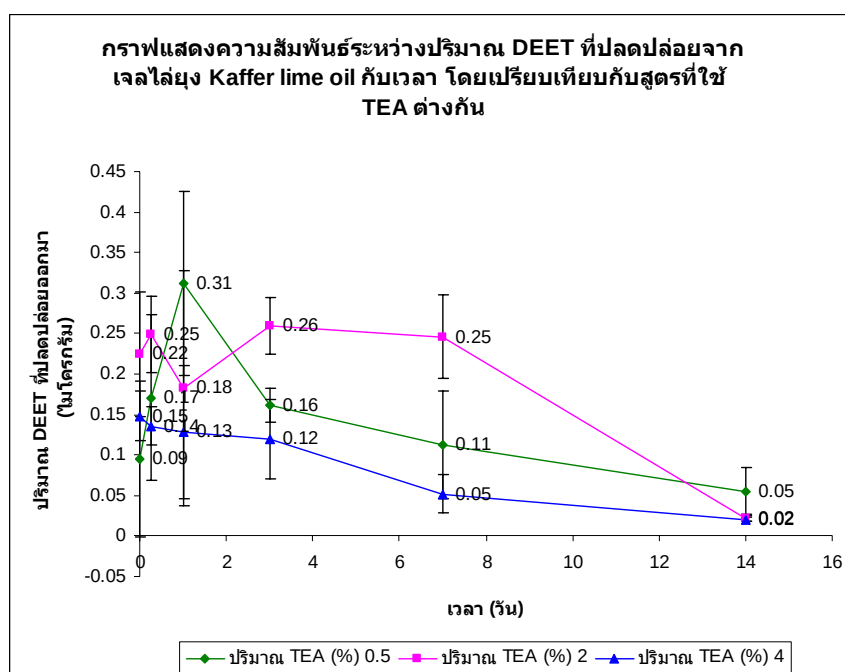
ตารางผลการหาปริมาณ DEET ที่ปลดปล่อยจากเจลไต้ยุง Kaffer lime oil							
Triethanolamine 2%							
เวลา	ครั้งที่	น้ำหนักเจล (g)	Peak area	Peak area ของเจล 2.5 g	ปริมาณ DEET ในเจล 2.5 g (μg)	SD	ปริมาณ DEET เฉลี่ยในเจล (μg)
0 h	1	2.5277	144129736	142550278.9	0.2782	0.077	0.2249
	2	2.5206	133535107	132443770.3	0.2593		
	3	2.5202	67678636	67136175.7	0.1371		
6 h	1	2.5479	118643571	116413096.1	0.2293	0.047	0.2490
	2	2.5520	159154151	155911198.1	0.3031		
	3	2.5542	110948488	108594166.5	0.2147		
1 day	1	2.5321	4775051	4714516.6	0.0204	0.145	0.1822
	2	2.5177	156201081	155102952.1	0.3016		
	3	2.5167	114691638	113930581.7	0.2246		
3 day	1	2.5295	150781552	149023079.7	0.2903	0.035	0.2592
	2	2.5170	136651958	135729000.8	0.2654		
	3	2.5140	113080177	112450454.5	0.2219		
7 day	1	2.5270	156430691	154759290.7	0.3010	0.051	0.2462
	2	2.5620	103121133	100625617.7	0.1998		
	3	2.5422	123054265	121011589.4	0.2379		
14 day	1	2.5517	5789448	5672148.0	0.0222	0.004	0.0224
	2	2.5484	7945627	7794721.2	0.0262		
	3	2.5150	3831888	3809033.8	0.0187		

ตารางที่ 38 แสดงปริมาณ DEET ที่ปลดปล่อยจากเจลไต้ยงเตรียมเสร็จใหม่ทีเวลาต่างๆ เมื่อใช้ Triethanolamine 4.0%

ตารางผลการหาปริมาณ DEET ที่ปลดปล่อยจากเจลไต้ยง Kaffer lime oil							
Triethanolamine 4%							
เวลา	ครั้งที่	น้ำหนักเจล (g)	Peak area	Peak area ของเจล 2.5 g	ปริมาณ DEET ในเจล 2.5 g (μg)	SD	ปริมาณ DEET เฉลี่ยในเจล (μg)
0 h	1	2.5315	92622925	91470398.0	0.1826	0.031	0.1482
	2	2.5385	60914026	59990177.3	0.1238		
	3	2.5079	67875408	67661597.4	0.1381		
6 h	1	2.5243	77763032	77014451.5	0.1556	0.024	0.1361
	2	2.5081	70859300	70630457.3	0.1437		
	3	2.5149	52428478	52117855.6	0.1091		
1 day	1	2.5264	12152963	12025968.8	0.0341	0.083	0.1279
	2	2.5088	95485443	95150513.2	0.1895		
	3	2.5295	80276903	79340682.9	0.1600		
3 day	1	2.5462	52713868	51757391.4	0.1084	0.048	0.1195
	2	2.5138	86474200	85999482.9	0.1724		
	3	2.5095	35412954	35278894.2	0.0776		
7 day	1	2.5275	10726152	10609448.1	0.0315	0.024	0.0516
	2	2.5142	35530848	35330172.6	0.0777		
	3	2.5282	18334384	18129879.0	0.0455		
14 day	1	2.5537	5613969	5495916.7	0.0219	0.002	0.0205
	2	2.5316	5599124	5529234.5	0.0220		
	3	2.5161	3219062	3198463.9	0.0176		

ตารางที่ 39 ปริมาณเฉลี่ยของ DEET (μg) ที่ปลดปล่อยจากเจลใล่ยุงมะกรูดที่เวลาต่างๆ

จำนวนวัน	ปริมาณ DEET (%)		
	0.5% TEA	2% TEA	4% TEA
0	0.0950	0.2249	0.1482
0.25	0.1706	0.2490	0.1361
1	0.3123	0.1822	0.1279
3	0.1611	0.2592	0.1195
7	0.1125	0.2462	0.0516
14	0.0545	0.0224	0.0205



รูปที่ 13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของ DEET จากน้ำมันสะระแหน่ที่ปลดปล่อยกับเวลา เมื่อใช้ Triethanolamine ปริมาณต่างกัน

จากผลการศึกษาพบว่าเจลใล่ยุงมะกรูดที่เตรียมจาก triethanolamine ปริมาณร้อยละ 0.5 ของตำรับให้ลักษณะเจลที่ดี และมีการปลดปล่อยสารสำคัญที่มีฤทธิ์ใล่ยุง คือ DEET สูงที่สุดตั้งแต่ 6 ชั่วโมงแรก แต่เมื่อทดสอบปริมาณสารที่ 3 วันพบว่าเจลใล่ยุงที่ประกอบด้วย triethanolamine ร้อยละ 2 มีปริมาณสารที่ปลดปล่อยออกมา มากกว่า และปริมาณสารที่ปลดปล่อยค่อยๆลดลงเมื่อเวลาผ่านไป 14 วัน

4) เจลไฝงโหระพา (sweet basil oil)

4.1) 4-Allylanisole ในเจลไฝงโหระพา

ตารางที่ 40 แสดงปริมาณ 4-Allylanisole ที่ปลดปล่อยจากเจลไฝงเตรียมเสร็จใหม่ทีเวลาต่างๆ เมื่อใช้ Triethanolamine 0.5%

ตารางผลการหาปริมาณสาร 4-Allylanisole ที่ปลดปล่อยจากเจลไฝง Sweet basil oil							
Triethanolamine 0.5%							
เวลา	ครั้งที่	น้ำหนักเจล (g)	Peak area	Peak area ของเจล 2.5 g	ปริมาณ 4-Allylanisole ในเจล 2.5 g (µg)	SD	ปริมาณ 4-Allylanisole เฉลี่ย (µg)
0 h	1	2.5055	750102003	748455401.1	2.6758	0.483	2.5676
	2	2.5203	842338136	835553442.1	2.9872		
	3	2.5021	571113905	570634572.0	2.0399		
6 h	1	2.5306	775181531	765808040.6	2.7378	0.525	2.4015
	2	2.5036	748125655	747049903.1	2.6707		
	3	2.5325	508959367	502427805.5	1.7960		
1 day	1	2.5390	1764075773	1736978902.1	6.2106	3.115	2.6223
	2	2.5185	293684857	291527553.1	1.0419		
	3	2.5371	174578778	172025913.4	0.6145		
3 day	1	2.6031	290869022	279348682.3	0.9983	0.046	0.9930
	2	2.5275	293087587	289898701.3	1.0360		
	3	2.5050	264860573	264331909.2	0.9446		
7 day	1	2.5178	101121867	100406969.4	0.3584	0.235	0.5089
	2	2.5340	110480994	108998612.9	0.3892		
	3	2.5147	219371432	218089068.3	0.7792		
14 day	1	2.5203	52075194	51655749.3	0.1841	0.037	0.2086
	2	2.5070	53498892	53349513.4	0.1902		
	3	2.5131	70889977	70520449.8	0.2516		

ตารางที่ 41 แสดงปริมาณ 4-Allylanisole ที่ปลดปล่อยจากเจลลี่เตรียมเสร็จใหม่ในเวลาต่างๆ เมื่อใช้ Triethanolamine 2.0%

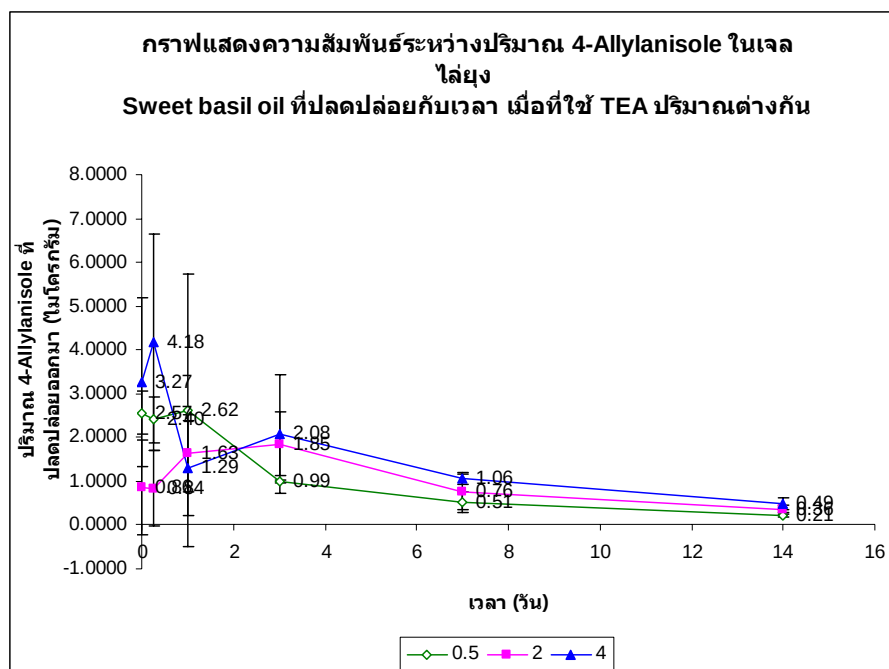
ตารางผลการหาปริมาณสาร 4-Allylanisole ที่ปลดปล่อยจากเจลลี่ Sweet basil oil							
Triethanolamine 2%							
เวลา	ครั้งที่	น้ำหนักเจล (g)	Peak area	Peak area ของเจล 2.5 g	ปริมาณ 4-Allylanisole ในเจล 2.5 g (µg)	SD	ปริมาณ 4-Allylanisole เจลลี่ (µg)
0 h	1	2.5069	589241866	587620034.7	2.1006	1.073	0.8613
	2	2.4506	68853037	70240999.1	0.2506		
	3	2.5295	66041974	65271767.1	0.2328		
6 h	1	2.5549	90345475	88404120.5	0.3155	0.855	0.8384
	2	2.4470	499800991	510626267.9	1.8253		
	3	2.6556	111427047	104898184.0	0.3745		
1 day	1	2.4886	422889079	424826286.9	1.5185	0.870	1.6324
	2	2.4954	230372584	230797250.9	0.8247		
	3	2.4604	703061282	714377013.9	2.5539		
3 day	1	2.4810	730500529	736094849.9	2.6316	0.730	1.8548
	2	2.4440	478603907	489570281.3	1.7500		
	3	2.4353	322369352	330933921.9	1.1828		
7 day	1	2.4888	329832610	331316909.8	1.1841	0.407	0.7612
	2	2.5465	106086129	104148958.4	0.3718		
	3	2.5003	203701274	203676832.8	0.7277		
14 day	1	2.504	130941266	130732094.6	0.4669	0.095	0.3643
	2	2.5195	97850400	97093074.0	0.3466		
	3	2.5181	78869302	78302392.7	0.2794		

ตารางที่ 42 แสดงปริมาณ 4-Allylanisole ที่ปลดปล่อยจากเจลลี่เตรียมเสร็จใหม่ในเวลาต่างๆ เมื่อใช้ Triethanolamine 4.0%

ตารางผลการหาปริมาณสาร 4-Allylanisole ที่ปลดปล่อยจากเจลลี่ Sweet basil oil							
Triethanolamine 4%							
เวลา	ครั้งที่	น้ำหนักเจล (g)	Peak area	Peak area ของเจล 2.5 g	ปริมาณ 4-Allylanisole ในเจล 2.5 g (µg)	SD	ปริมาณ 4-Allylanisole เจลลี่ (µg)
0 h	1	2.5537	307340095	300877251.6	1.0753	1.927	3.2704
	2	2.5028	1310558670	1309092486.4	4.6805		
	3	2.5769	1169152233	1134262323.9	4.0554		
6 h	1	2.5467	414805350	407198875.0	1.4555	2.471	4.1791
	2	2.4896	1748599534	1755904095.0	6.2783		
	3	2.6567	1427666731	1343458737.3	4.8034		
1 day	1	2.4703	698825455	707227315.5	2.5283	1.087	1.2950
	2	2.5441	135711485	133359031.7	0.4763		
	3	2.4843	244802068	246349140.6	0.8803		
3 day	1	2.5150	642357091	638525935.4	2.2827	1.358	2.0835
	2	2.5672	956595844	931555628.7	3.3305		
	3	2.4827	177156453	178390918.2	0.6373		
7 day	1	2.4522	278223205	283646526.6	1.0137	0.125	1.0583
	2	2.4905	334326271	335601556.9	1.1995		
	3	2.6055	280486076	269128839.0	0.9618		
14 day	1	2.5079	104337199	104008532.0	0.3713	0.133	0.4869
	2	2.5073	128227629	127854294.5	0.4566		
	3	2.5038	177448269	177178957.0	0.6330		

ตารางที่ 43 ปริมาณเฉลี่ยของ 4-Allylanisole (μg) ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยงโหระพาที่เวลาต่างๆ

จำนวนวัน	ปริมาณ 4-Allylanisole (μg)		
	0.5% TEA	2% TEA	4% TEA
0	2.5676	0.8613	3.2704
0.25	2.4015	0.8384	4.1791
1	2.6223	1.6324	1.2950
3	0.9930	1.8548	2.0835
7	0.5089	0.7612	1.0583
14	0.2086	0.3643	0.4869



ภาพที่ 14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของ 4-Allylanisole จากน้ำมันโหระพาที่ปลดปล่อยกับเวลา เมื่อใช้ Triethanolamine ปริมาณต่างกัน

จากผลการศึกษาพบว่าเจลไส่ยงโหระพาที่เตรียมจาก triethanolamine ปริมาณร้อยละ 4 ของตำรับมีการปลดปล่อยสารสำคัญที่มีฤทธิ์ไส่ยง คือ 4-Allylanisole สูงที่สุดใน 6 ชั่วโมงแรก และปริมาณสารที่ปลดปล่อยค่อยๆ ลดลงจนหมดไปในเวลา 14 วัน

4.2) DEET ในเจลไธม์โหระพา

ตารางที่ 44 แสดงปริมาณ Deet ที่ปลดปล่อยจากเจลไธม์เตรียมเสร็จใหม่เป็นเวลาต่างๆ เมื่อใช้ Triethanolamine 0.5%

ตารางผลการหาปริมาณ DEET ที่ปลดปล่อยจากเจลไธม์ Sweet basil oil							
Triethanolamine 0.5%							
เวลา	ครั้งที่	น้ำหนักเจล (g)	Peak area	Peak area ของเจล 2.5 g	ปริมาณ DEET ในเจล 2.5 g (µg)	SD	ปริมาณ DEET เฉลี่ยในเจล (µg)
0 h	1	2.5055	55463892	55342139.3	0.1151	0.020	0.1244
	2	2.5203	73467126	72875377.9	0.1479		
	3	2.5021	52814769	52770441.8	0.1103		
6 h	1	2.5306	62764097	62005153.9	0.1276	0.019	0.1472
	2	2.5036	82720747	82601800.4	0.1661		
	3	2.5325	73927710	72978983.2	0.1481		
1 day	1	2.5390	49188825	48433266.0	0.1022	0.042	0.1095
	2	2.5185	77033502	76467641.5	0.1546		
	3	2.5371	32662303	32184682.3	0.0718		
3 day	1	2.6031	70661004	67862360.3	0.1385	0.032	0.1448
	2	2.5275	56759342	56141782.4	0.1166		
	3	2.5050	89842981	89663653.7	0.1793		
7 day	1	2.5178	47447264	47111827.8	0.0997	0.040	0.0545
	2	2.5340	14484955	14290602.8	0.0383		
	3	2.5147	7469056	7425394.7	0.0255		
14 day	1	2.5203	4457512	4421608.5	0.0199	0.003	0.0168
	2	2.5070	1892696	1887411.2	0.0151		
	3	2.5131	1996094	1985689.0	0.0153		

ตารางที่ 45 แสดงปริมาณ DEET ที่ปลดปล่อยจากเจลไธม์เตรียมเสร็จใหม่เป็นเวลาต่างๆ เมื่อใช้ Triethanolamine 2.0%

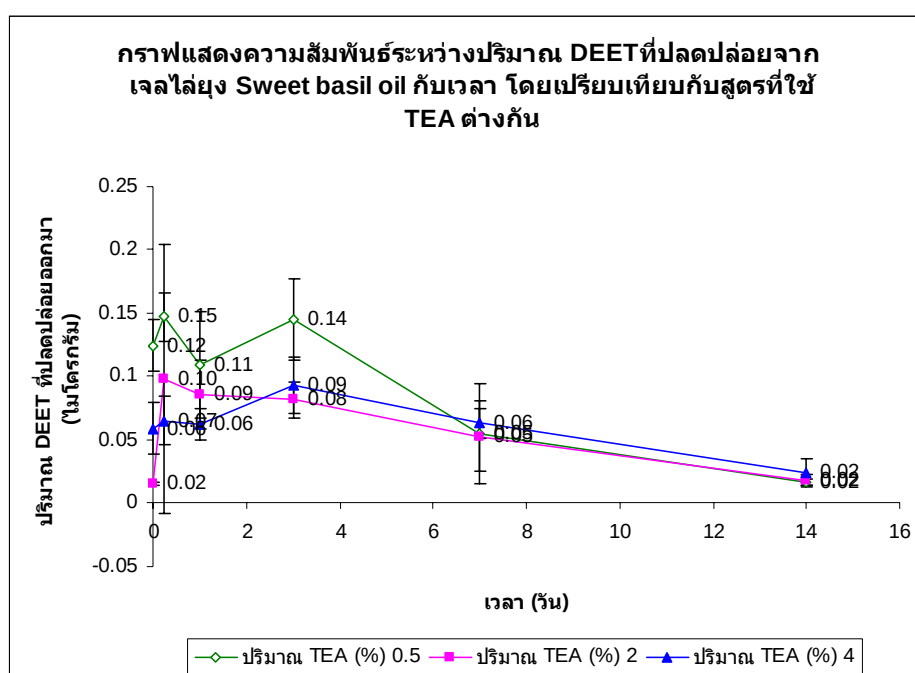
ตารางผลการหาปริมาณ DEET ที่ปลดปล่อยจากเจลไธม์ Sweet basil oil							
Triethanolamine 2%							
เวลา	ครั้งที่	น้ำหนักเจล (g)	Peak area	Peak area ของเจล 2.5 g	ปริมาณ DEET ในเจล 2.5 g (µg)	SD	ปริมาณ DEET เฉลี่ยในเจล (µg)
0 h	1	2.5069	1767160	1762296.1	0.0149	0.001	0.0152
	2	2.4506	2567761	2619522.8	0.0165		
	3	2.5295	1441094	1424287.4	0.0143		
6 h	1	2.5549	15966132	15623049.8	0.0408	0.106	0.0985
	2	2.4470	109672003	112047408.1	0.2211		
	3	2.6556	12524118	11790290.3	0.0337		
1 day	1	2.4886	30051493	30189155.5	0.0681	0.027	0.0857
	2	2.4954	32478631	32538501.8	0.0725		
	3	2.4604	55294865	56184832.8	0.1167		
3 day	1	2.4810	38688869	38985156.2	0.0845	0.014	0.0815
	2	2.4440	43044102	44030382.6	0.0939		
	3	2.4353	28374150	29127982.2	0.0661		
7 day	1	2.4888	39335908	39512925.9	0.0855	0.028	0.0531
	2	2.5465	12720756	12488470.4	0.0350		
	3	2.5003	14484955	14483217.0	0.0387		
14 day	1	2.504	6313834	6303748.0	0.0234	0.005	0.0181
	2	2.5195	2176502	2159656.7	0.0157		
	3	2.5181	1943345	1929376.3	0.0152		

ตารางที่ 46 แสดงปริมาณ DEET ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยงเตรียมเสร็จใหม่ที่เวลาต่างๆ เมื่อใช้ Triethanolamine 4.0%

ตารางผลการหาปริมาณ DEET ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยง Sweet basil oil							
Triethanolamine 4%							
เวลา	ครั้งที่	น้ำหนักเจล (g)	Peak area	Peak area ของเจล 2.5 g	ปริมาณ DEET ในเจล 2.5 g (µg)	SD	ปริมาณ DEET เฉลี่ยในเจล (µg)
0 h	1	2.5537	13305410	13025619.7	0.0360	0.020	0.0590
	2	2.5028	33911550	33873611.6	0.0750		
	3	2.5769	30084589	29186802.9	0.0662		
6 h	1	2.5467	17419697	17100264.1	0.0436	0.020	0.0652
	2	2.4896	31350371	31481333.3	0.0705		
	3	2.6567	39718999	37376255.3	0.0815		
1 day	1	2.4703	19874370	20113316.2	0.0492	0.012	0.0628
	2	2.5441	33827641	33241265.1	0.0738		
	3	2.4843	28580601	28761221.5	0.0654		
3 day	1	2.5150	56982132	56642278.3	0.1175	0.022	0.0932
	2	2.5672	34302440	33404526.3	0.0741		
	3	2.4827	40550523	40833088.0	0.0880		
7 day	1	2.4522	22381391	22817664.8	0.0543	0.012	0.0632
	2	2.4905	34552986	34684788.2	0.0765		
	3	2.6055	26367270	25299625.8	0.0589		
14 day	1	2.5079	1727058	1721617.7	0.0148	0.010	0.0244
	2	2.5073	6073479	6055796.1	0.0229		
	3	2.5038	12754264	12734906.9	0.0354		

ตารางที่ 47 ปริมาณเฉลี่ยของ DEET (μg) ที่ปลดปล่อยจากเจลไฝ่ยงโหระพาที่เวลาต่างๆ

จำนวนวัน	ปริมาณ DEET (μg)		
	0.5% TEA	2% TEA	4% TEA
0	0.1244	0.0152	0.0590
0.25	0.1472	0.0985	0.0652
1	0.1095	0.0857	0.0628
3	0.1448	0.0815	0.0932
7	0.0545	0.0531	0.0632
14	0.0168	0.0181	0.0244



ภาพที่ 15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของ DEET จากน้ำมันโหระพาที่ปลดปล่อยกับเวลา เมื่อใช้ Triethanolamine ปริมาณต่างกัน

จากผลการศึกษาพบว่าเจลไฝ่ยงโหระพาที่เตรียมจาก triethanolamine ปริมาณร้อยละ 0.5 ของตำรับมีการปลดปล่อยสารสำคัญที่มีฤทธิ์ไฝ่ยง คือ DEET สูงที่สุดตั้งแต่ 6 ชั่วโมงแรก ปริมาณสารที่ปลดปล่อยค่อยๆลดลงจนถึงที่เวลา 7 วันจึงมีการปลดปล่อยสารสำคัญในปริมาณเท่ากับตำรับที่ใช้ triethanolamine ร้อยละ 2 ของตำรับ

5) เจลไฝ่ยงกระเพรา (holy basil oil)

5.1) Eugenol ในเจลไฝ่ยงกระเพรา

ตารางที่ 48 แสดงปริมาณ Eugenol ที่ปลดปล่อยจากเจลไฝ่ยงเตรียมเสร็จใหม่ทีเวลาต่างๆ เมื่อใช้ Triethanolamine 0.5%

ตารางผลการหาปริมาณสาร Eugenol ที่ปลดปล่อยจากเจลไฝ่ยง Holy basil oil							
Triethanolamine 0.5%							
เวลา	ครั้งที่	น้ำหนักเจล (g)	Peak area	Peak area ของเจล 2.5 g	ปริมาณ Eugenol ในเจล 2.5 g (µg)	SD	ปริมาณ Eugenol เฉลี่ย (µg)
0 h	1	2.5379	87860627	86548551.0	0.1618	0.379	0.2577
	2	2.5039	26970586	26928577.4	-0.0645		
	3	2.5110	222903072	221926595.0	0.6758		
6 h	1	2.5012	10565933	10560863.8	-0.1267	0.066	-0.0790
	2	2.5001	42847093	42845379.2	-0.0041		
	3	2.5316	16117290	15916110.4	-0.1063		
1 day	1	2.5243	50885549	50395702.8	0.0246	0.090	0.0981
	2	2.5324	63683623	62868842.8	0.0719		
	3	2.5515	97997669	96019663.9	0.1978		
3 day	1	2.5018	73632568	73579590.7	0.1126	0.161	0.1996
	2	2.5604	72235433	70531394.5	0.1010		
	3	2.5618	148938855	145345904.2	0.3851		
7 day	1	2.6019	82189647	78970797.3	0.1331	0.091	0.0323
	2	2.522	46622393	46215694.9	0.0087		
	3	2.5793	33132057	32113419.3	-0.0448		
14 day	1	2.5052	12454323	12428471.8	-0.1196	0.017	-0.1102
	2	2.5142	20237121	20122823.4	-0.0904		
	3	2.5119	12231652	12173705.2	-0.1205		

ตารางที่ 49 แสดงปริมาณ Eugenol ที่ปลดปล่อยจากเจลไต้ยงเตรียมเสร็จใหม่ทีเวลาต่างๆ เมื่อใช้ Triethanolamine 2.0%

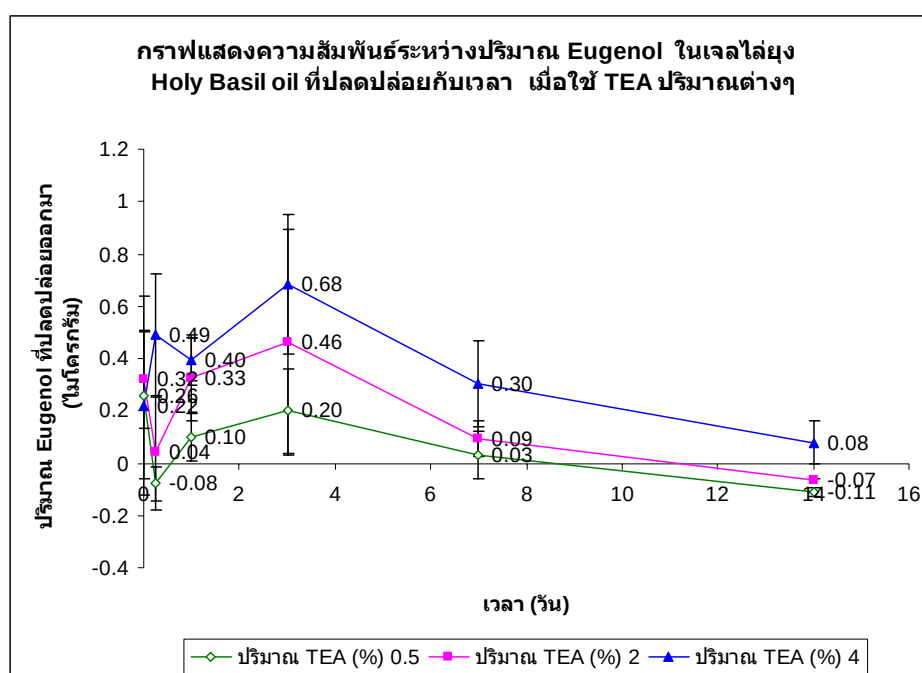
ตารางผลการหาปริมาณสาร Eugenol ที่ปลดปล่อยจากเจลไต้ยง Holy basil oil							
Triethanolamine 2%							
เวลา	ครั้งที่	น้ำหนักเจล (g)	Peak area	Peak area ของเจล 2.5 g	ปริมาณ Eugenol ในเจล 2.5 g (µg)	SD	ปริมาณ Eugenol เฉลี่ย (µg)
0 h	1	2.5247	79975623	79193194.2	0.1339	0.186	0.3197
	2	2.5463	180627571	177343175.4	0.5065		
	3	2.5541	130594527	127828322.1	0.3186		
6 h	1	2.5236	12601736	12483888.1	-0.1194	0.219	0.0399
	2	2.5612	31508353	30755459.4	-0.0500		
	3	2.5278	121399454	120064338.6	0.2891		
1 day	1	2.5354	180675450	178152806.3	0.5096	0.166	0.3263
	2	2.5308	94241308	93094385.2	0.1867		
	3	2.5274	119657082	118359858.0	0.2826		
3 day	1	2.5647	286290710	279068419.3	0.8928	0.430	0.4630
	2	2.5212	167405102	165997443.7	0.4635		
	3	2.5315	53221964	52559711.6	0.0328		
7 day	1	2.5216	113084940	79080823.7	0.1335	0.068	0.0948
	2	2.5150	48411397	48122661.0	0.0159		
	3	2.5094	79764082	79465292.5	0.1349		
14 day	1	2.5034	27821060	27783274.7	-0.0613	0.005	-0.0654
	2	2.5047	25180818	25133566.9	-0.0713		
	3	2.5153	27331990	27165735.7	-0.0636		

ตารางที่ 50 แสดงปริมาณ Eugenol ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยงเตรียมเสร็จใหม่ทีละเวลาต่างๆ เมื่อใช้ Triethanolamine 4.0%

ตารางผลการหาปริมาณสาร Eugenol ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยง Holy basil oil							
Triethanolamine 4%							
เวลา	ครั้งที่	น้ำหนักเจล (g)	Peak area	Peak area ของเจล 2.5 g	ปริมาณ Eugenol ในเจล 2.5 g (µg)	SD	ปริมาณ Eugenol เฉลี่ย (µg)
0 h	1	2.5068	20125714	20071120.6	-0.0906	0.282	0.2206
	2	2.5600	169097297	165134079.1	0.4602		
	3	2.5393	122811945	120911220.6	0.2923		
6 h	1	2.5036	143963231	143756222.0	0.3790	0.236	0.4880
	2	2.5552	132913016	129797867.2	0.3260		
	3	2.5037	244199211	243838330.3	0.7590		
1 day	1	2.5797	127788095	123840073.5	0.3034	0.081	0.3961
	2	2.5452	161866683	158369876.1	0.4345		
	3	2.5474	165600521	162519157.8	0.4503		
3 day	1	2.5767	314236403	304882604.7	0.9908	0.267	0.6847
	2	2.5672	179396081	176210200.6	0.5022		
	3	2.51	192484896	191718023.9	0.5611		
7 day	1	2.5169	174692751	173519757.4	0.4920	0.164	0.3031
	2	2.5458	99745395	97134421.7	0.2020		
	3	2.5243	101564714	100587008.3	0.2151		
14 day	1	2.5106	86158644	85794873.7	0.1590	0.083	0.0791
	2	2.5109	42526721	42342109.4	-0.0060		
	3	2.5042	66278415	66167254.0	0.0845		

ตารางที่ 51 ปริมาณเฉลี่ยของ Eugenol (μg) ที่ปลดปล่อยจากเจลใล่ยุงกระเพราที่เวลาต่างๆ

จำนวนวัน	ปริมาณ Eugenol (μg)		
	0.5% TEA	2% TEA	4% TEA
0	0.2577	0.3197	0.2206
0.25	-0.0790	0.0399	0.4880
1	0.0981	0.3263	0.3961
3	0.1996	0.4631	0.6847
7	0.0323	0.0948	0.3031
14	-0.11022	-0.0654	0.0791



ภาพที่ 16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของ Eugenol จากน้ำมันกระเพราที่ปลดปล่อยกับเวลา เมื่อใช้ Triethanolamine ปริมาณต่างกัน

จากผลการศึกษาพบว่าเจลใล่ยุงกระเพราที่เตรียมจาก triethanolamine ปริมาณร้อยละ 4 ของตำรับมีการปลดปล่อยสารสำคัญที่มีฤทธิ์ใล่ยุง คือ Eugenol สูงที่สุดตั้งแต่ 6 ชั่วโมงแรก ปริมาณสารที่ปลดปล่อยค่อยๆ ลดลงแต่ยังคงให้ปริมาณการปลดปล่อยมากที่สุดเมื่อเวลาผ่านไป 14 วัน

5.2) DEET ในเจลไส่ยงกระเพรา

ตารางที่ 52 แสดงปริมาณ DEET ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยงเตรียมเสร็จใหม่ทีเวลาต่างๆ เมื่อใช้ Triethanolamine 0.5%

ตารางผลการหาปริมาณ DEET ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยง Holy basil oil							
Triethanolamine 0.5%							
เวลา	ครั้งที่	น้ำหนักเจล (g)	Peak area	Peak area ของเจล 2.5 g	ปริมาณ DEET ในเจล 2.5 g (μg)	SD	ปริมาณ DEET เฉลี่ยในเจล (μg)
0 h	1	2.5379	8853560	8721344.4	0.0279	0.038	0.0549
	2	2.5039	46252693	46180651.2	0.0980		
	3	2.5110	14570926	14507094.8	0.0387		
6 h	1	2.5552	2372394	2321143.2	0.0160	0.009	0.0243
	2	2.5001	12238381	12237891.5	0.0345		
	3	2.5446	5880184	5777120.2	0.0224		
1 day	1	2.5243	6757315	6692266.2	0.0241	0.010	0.0337
	2	2.5324	17928239	17698861.8	0.0447		
	3	2.5515	11226137	10999546.3	0.0322		
3 day	1	2.5018	15196203	15185269.6	0.0400	0.016	0.0508
	2	2.5604	17505286	17092335.2	0.0436		
	3	2.5618	31326330	30570624.2	0.0688		
7 day	1	2.6019	51575891	49555988.9	0.1043	0.039	0.0610
	2	2.522	9607105	9523300.0	0.0294		
	3	2.5793	20713993	20077145.9	0.0492		
14 day	1	2.5052	1789874	1786158.8	0.0150	0.006	0.0189
	2	2.5142	7703526	7660017.1	0.0259		
	3	2.5119	2171077	2160791.6	0.0157		

ตารางที่ 53 แสดงปริมาณ DEET ที่ปลดปล่อยจากเจลไต้ยงเตรียมเสร็จใหม่ทีเวลาต่างๆ เมื่อใช้ Triethanolamine 2.0%

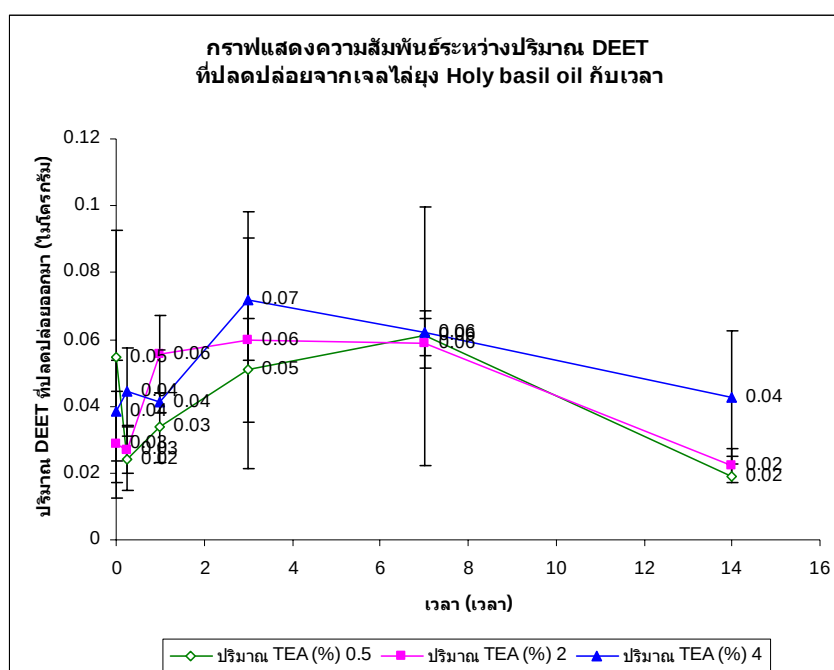
ตารางผลการหาปริมาณ DEET ที่ปลดปล่อยจากเจลไต้ยง Holy basil oil							
Triethanolamine 2%							
เวลา	ครั้ง ที่	น้ำหนักเจล (g)	Peak area	Peak area ของ เจล 2.5 g	ปริมาณ DEET ใน เจล 2.5 g (μg)	SD	ปริมาณ DEET เฉลี่ยในเจล (μg)
0 h	1	2.5247	5894017	5836353.8	0.0225	0.016	0.0286
	2	2.5463	2584416	2537422.9	0.0164		
	3	2.5541	19238754	18831245.8	0.0468		
6 h	1	2.5236	5024512	4977524.2	0.0209	0.007	0.0271
	2	2.5612	7404226	7227301.7	0.0251		
	3	2.5278	12734229	12594181.7	0.0352		
1 day	1	2.5354	21928420	21622249.0	0.0520	0.012	0.0556
	2	2.5308	18707996	18480318.5	0.0462		
	3	2.5274	30823246	30489085.6	0.0686		
3 day	1	2.5647	46854301	45672301.8	0.0970	0.039	0.0597
	2	2.5212	27302570	27072991.0	0.0622		
	3	2.5315	4505924	4449855.8	0.0199		
7 day	1	2.5216	29612455	29358795.0	0.0665	0.007	0.0588
	2	2.5150	21500394	21372161.0	0.0516		
	3	2.5094	25141004	25046827.9	0.0585		
14 day	1	2.5034	8644769	8633028.1	0.0278	0.005	0.0222
	2	2.5047	4725231	4716364.2	0.0204		
	3	2.5153	3609689	3587732.1	0.0183		

ตารางที่ 54 แสดงปริมาณ DEET ที่ปลดปล่อยจากเจลไต้ยงเตรียมเสร็จใหม่ทีเวลาต่าง ๆ เมื่อใช้ Triethanolamine 4.0%

ตารางผลการหาปริมาณ DEET ที่ปลดปล่อยจากเจลไต้ยง Holy basil oil							
Triethanolamine 4%							
เวลา	ครั้ง ที่	น้ำหนักเจล (g)	Peak area	Peak area ของ เจล 2.5 g	ปริมาณ DEET ในเจล 2.5 g (µg)	SD	ปริมาณ DEET เฉลี่ยในเจล (µg)
0 h	1	2.5068	6568160	6550343.1	0.0239	0.015	0.0385
	2	2.5600	23174023	22630881.8	0.0539		
	3	2.5393	14109901	13891526.2	0.0376		
6 h	1	2.5036	14677804	14656698.4	0.0390	0.013	0.0443
	2	2.5552	12654945	12358344.7	0.0347		
	3	2.5037	25441234	25403636.6	0.0591		
1 day	1	2.5797	18086301	17527523.5	0.0444	0.003	0.0412
	2	2.5452	15912045	15568297.0	0.0407		
	3	2.5474	14609388	14337548.1	0.0384		
3 day	1	2.5767	41873772	40627325.6	0.0876	0.018	0.0720
	2	2.5672	35467320	34837458.7	0.0768		
	3	2.51	21469987	21384449.2	0.0516		
7 day	1	2.5169	29674194	29474943.4	0.0667	0.007	0.0619
	2	2.5458	29311100	28543841.5	0.0650		
	3	2.5243	22930408	22709670.0	0.0541		
14 day	1	2.5106	17556842	17482715.3	0.0443	0.020	0.0426
	2	2.5109	5572454	5548263.6	0.0220		
	3	2.5042	26711831	26667030.4	0.0615		

ตารางที่ 55 ปริมาณเฉลี่ยของ DEET (μg) ที่ปลดปล่อยจากเจลไคยงกระเพราที่เวลาต่างๆ

จำนวนวัน	ปริมาณ DEET (μg)		
	0.5% TEA	2% TEA	4% TEA
0	0.0549	0.0286	0.0385
0.25	0.0243	0.0271	0.0443
1	0.0337	0.0556	0.0412
3	0.0508	0.0597	0.0720
7	0.0610	0.0588	0.0619
14	0.0189	0.0222	0.0426



รูปที่ 17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของ DEET จากน้ำมันกระเพราที่ปลดปล่อยกับเวลา เมื่อใช้ Triethanolamine ปริมาณต่างกัน

จากผลการศึกษาพบว่าเจลไคยงกระเพราที่เตรียมจาก triethanolamine ปริมาณร้อยละ 4 ของตำรับมีการปลดปล่อยสารสำคัญที่มีฤทธิ์ไคยง คือ Deet สูงที่สุดเมื่อเวลาผ่านไป 14 วัน

2. การศึกษาความคงตัวของเจล

การศึกษาความคงตัวโดยการประเมินความคงตัวของเจลที่เตรียมได้ที่สภาวะเร่ง โดยเตรียมเจลพื้นซึ่งไม่มีน้ำมันหอมระเหยและ DEET เป็นส่วนผสม และศึกษาลักษณะทางกายภาพของเจลหลังจากผ่านการเก็บที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 75 เป็นเวลา 2 เดือนและ 4 เดือน เพื่อประเมินความคงสภาพของเจลพื้นที่เป็นส่วนกักเก็บน้ำมันหอมระเหย

การศึกษาความคงตัวประเมินโดยการความคงตัวของเจลไฝ่ยงที่ประกอบด้วยน้ำมันหอมระเหยชนิดต่างๆ และ DEET ที่มีปริมาณ triethanolamine ในตำรับแตกต่างกัน โดยทดสอบที่สภาวะห้องปกติ โดยเตรียมเจลและศึกษาลักษณะทางกายภาพเป็นเวลา 2 เดือนและ 4 เดือน รวมทั้งศึกษาอัตราการปลดปล่อยน้ำมันหอมระเหยและ DEET ของเจลหลังจากผ่านการเก็บในสภาวะห้องปกติ (25 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 4 เดือน เพื่อประเมินความคงสภาพของเจลไฝ่ยง

2.1 การศึกษาความแข็งของเจลพื้นและเจลไฝ่ยง

2.1.1 ความแข็งของเจลพื้นและเจลไฝ่ยงเมื่อเตรียมเสร็จใหม่ พบว่าความแข็งของเจลพื้นและเจลไฝ่ยงมีแนวโน้มลดลง เมื่อเพิ่มปริมาณของ triethanolamine ในตำรับ ยกเว้นเจลไฝ่ยงกระเพราะที่มีความแข็งเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 56)

2.1.2 ความแข็งของเจลพื้นและเจลไฝ่ยงหลังจากทดสอบความคงตัวเป็นเวลา 2 เดือน พบว่าความแข็งของเจลไฝ่ยงที่ประกอบด้วย triethanolamine ในตำรับปริมาณร้อยละ 0.5 ลดลงเป็นอย่างมาก และเจลไฝ่ยงเกิดการเยิ้มเหลวเสียสภาพไป ส่วนเจลไฝ่ยงที่ประกอบด้วย triethanolamine ในตำรับปริมาณร้อยละ 2 และร้อยละ 4 มีความคงตัวที่ดี ยกเว้นเจลไฝ่ยงกระเพราะที่มีการเปลี่ยนสีและเสียสภาพในทุกตำรับ (ตารางที่ 57)

2.1.3 ความแข็งของเจลพื้นและเจลไฝ่ยงหลังจากทดสอบความคงตัวเป็นเวลา 4 เดือน พบว่าความแข็งของเจลไฝ่ยงที่ประกอบด้วย triethanolamine ในตำรับปริมาณร้อยละ 0.5 ลดลงเป็นอย่างมาก และเจลไฝ่ยงเกิดการเยิ้มเหลวเสียสภาพไป ส่วนเจลไฝ่ยงที่ประกอบด้วย triethanolamine ในตำรับปริมาณร้อยละ 2 และร้อยละ 4 มีความคงตัวที่ดี ยกเว้นเจลไฝ่ยงกระเพราะที่มีการเปลี่ยนสีและเสียสภาพในทุกตำรับ (ตารางที่ 58)

ตารางที่ 59 เปรียบเทียบความแข็งของเจลพื้นและเจลไฝ่ยงเมื่อทดสอบความคงตัวเป็นเวลา 2 เดือน และ 4 เดือน และในรูปที่ 18 แสดงกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ triethanolamine (TEA) ที่ใช้ในตำรับกับความแข็งของเจลพื้น เมื่อทำการทดสอบความคงตัวที่เวลา 2 เดือนและ 4 เดือน ในส่วนของเจลไฝ่ยงที่มีน้ำมันชนิดต่างๆ แสดงในรูปที่ 19-23

ตารางที่ 56 ความแข็งของเจลพื้นและเจลไฝ่ยงที่เตรียมเสร็จใหม่

	Sample No.	ความแข็งของเจลไฝ่ยง (mN/mm ²)		
		0.5% TEA	2% TEA	4% TEA
Gel Base	1	145.245	59.659	60.722
	2	92.641	75.769	49.189
	3	115.438	67.547	57.875
	Average	117.775	67.658	55.929
	SD	26.37974	8.055922	6.007826
Peppermint	1	26.169	27.633	8.811
	2	34.869	16.737	18.133
	3	50.269	33.899	17.852
	Average	37.102	26.089	14.932
	SD	12.20434	8.684597	5.302658
Citronella	1	44.123	38.674	70.258
	2	63.158	31.566	34.392
	3	65.584	32.366	25.156
	Average	57.622	34.202	43.269
	SD	11.75303	3.89361	23.82504
Kaffir Lime	1	102.420	32.094	42.684
	2	94.145	41.177	33.626
	3	106.106	23.079	70.402
	Average	100.890	32.117	48.904
	SD	6.125303	9.049319	19.16084
Sweet Basil	1	30.281	47.026	13.629
	2	21.938	28.791	46.234
	3	43.025	43.918	17.639
	Average	31.748	39.912	25.834
	SD	10.6196	9.755394	17.78025
Holy Basil	1	21.895	60.357	63.566
	2	19.912	50.380	37.627
	3	42.582	23.274	73.441
	Average	28.130	44.670	58.212
	SD	12.55521	19.18923	18.49775

ตารางที่ 57 ความแข็งแรงของเจลพื้นและเจลไฝ่ยงเมื่อทดสอบความคงตัวเป็นเวลา 2 เดือน

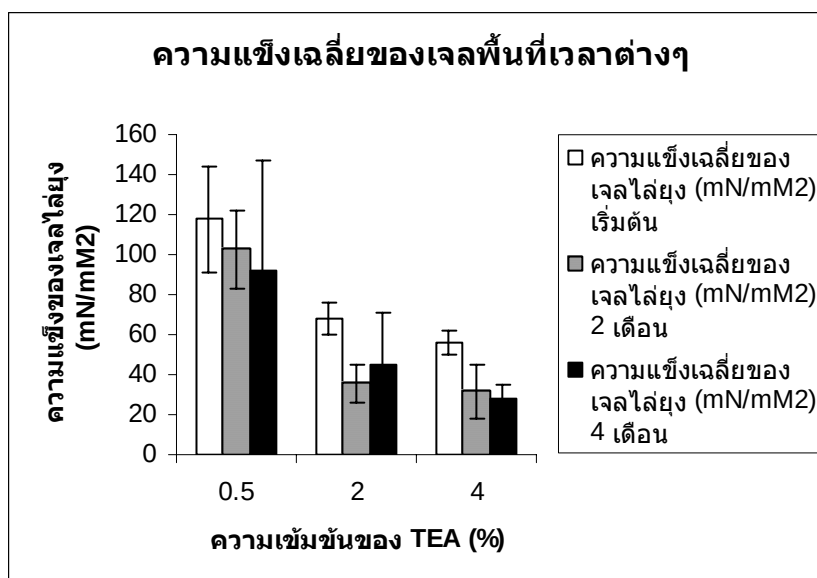
	Sample No.	ความแข็งแรงของเจลไฝ่ยง (mN/mm ²)		
		0.5% TEA	2% TEA	4% TEA
Gel Base	1	124.740	32.049	31.205
	2	87.678	46.085	18.093
	3	95.564	28.757	45.287
	Average	102.660	35.630	31.528
	SD	19.524	9.202	13.600
Peppermint	1	7.337	20.783	43.111
	2	8.663	27.961	16.776
	3	4.080	16.274	12.928
	Average	6.693	21.673	24.272
	SD	2.359	5.894	16.428
Citronella	1	4.050	10.556	7.586
	2	10.941	11.768	12.599
	3	10.878	8.596	6.031
	Average	8.623	10.307	8.739
	SD	3.961	1.600	3.432
Kaffir Lime	1	7.632	7.637	24.345
	2	9.503	12.985	15.883
	3	9.599	6.077	19.782
	Average	8.912	8.900	20.003
	SD	1.109	3.623	4.235
Sweet Basil	1	38.450	32.618	23.484
	2	13.622	25.182	34.165
	3	42.619	38.364	43.645
	Average	31.564	32.055	33.765
	SD	15.677	6.609	10.086
Holy Basil	1	15.337	11.847	15.478
	2	15.748	10.152	18.209
	3	8.635	12.065	10.260
	Average	13.240	11.354	14.649
	SD	3.994	1.047	4.039

ตารางที่ 58 ความแข็งแรงของเจลพื้นและเจลใล่ยุงเมื่อทดสอบความคงตัวเป็นเวลา 4 เดือน

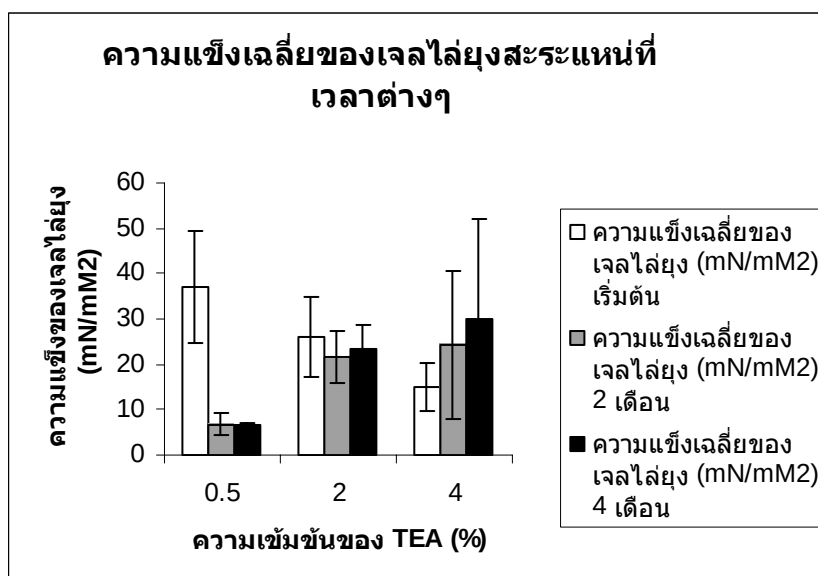
	Sample No.	ความแข็งแรงของเจลใล่ยุง (mN/mm ²)		
		0.5% TEA	2% TEA	4% TEA
Gel Base	1	120.274	30.026	23.319
	2	29.144	75.471	23.981
	3	126.649	29.937	36.273
	Average	92.023	45.144	27.858
	SD	54.548	26.263	7.295
Peppermint	1	6.605	23.060	55.235
	2	6.859	29.057	18.734
	3	6.671	18.545	15.550
	Average	6.712	23.554	29.840
	SD	0.132	5.273	22.051
Citronella	1	3.947	10.972	7.807
	2	4.287	9.082	13.517
	3	10.877	9.215	8.589
	Average	6.370	9.757	9.971
	SD	3.906	1.055	3.096
Kaffir Lime	1	14.756	9.408	23.661
	2	14.826	13.048	21.176
	3	12.115	8.663	19.775
	Average	13.899	10.373	21.537
	SD	1.545	2.346	1.968
Sweet Basil	1	57.874	24.144	23.634
	2	17.326	22.162	33.149
	3	43.581	37.206	52.682
	Average	39.593	27.837	36.488
	SD	20.566	8.174	14.809
Holy Basil	1	13.382	15.129	17.607
	2	7.825	27.339	27.520
	3	8.931	13.705	20.873
	Average	10.046	18.724	22.000
	SD	2.942	7.494	5.051

ตารางที่ 59 ความแข็งแรงของเจลพื้นและเจลใล่ยุงเมื่อทดสอบความคงตัวเป็นเวลา 2 เดือน และ 4 เดือน

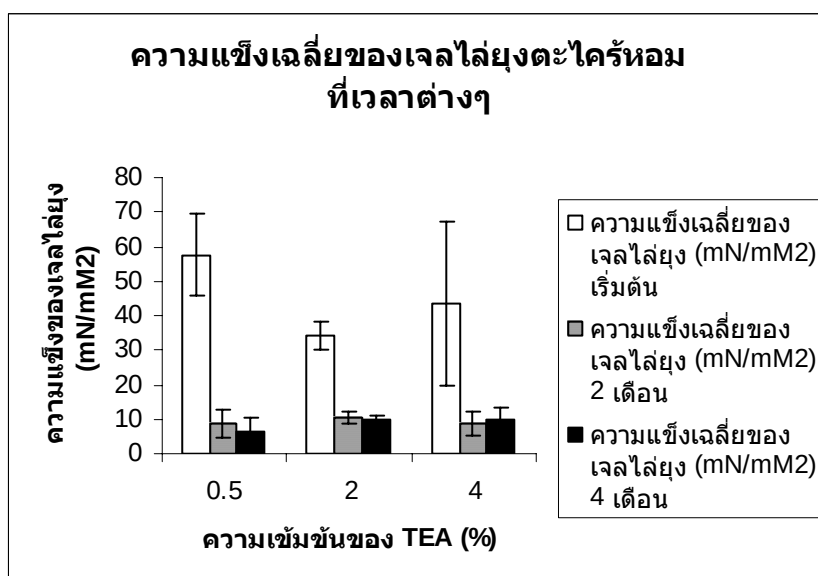
	Concentration of TEA (%)	ความแข็งแรงของเจลใล่ยุง (mN/mM ²)		
		เริ่มต้น	2 เดือน	4 เดือน
Gel base	0.50	117.775	102.660	92.023
	2.00	67.658	35.630	45.144
	4.00	55.929	31.528	27.858
Peppermint	0.50	37.102	6.693	6.712
	2.00	26.089	21.673	23.554
	4.00	14.932	24.272	29.840
Citronella	0.50	57.622	8.623	6.370
	2.00	34.202	10.307	9.757
	4.00	43.269	8.739	9.971
Kaffir lime	0.50	100.890	8.912	13.899
	2.00	32.117	8.900	10.373
	4.00	48.904	20.003	21.537
Sweet basil	0.50	31.748	31.564	39.593
	2.00	39.912	32.055	27.837
	4.00	25.834	33.765	36.488
Holy basil	0.50	28.130	13.240	10.046
	2.00	44.670	11.354	18.724
	4.00	58.212	14.649	22.000



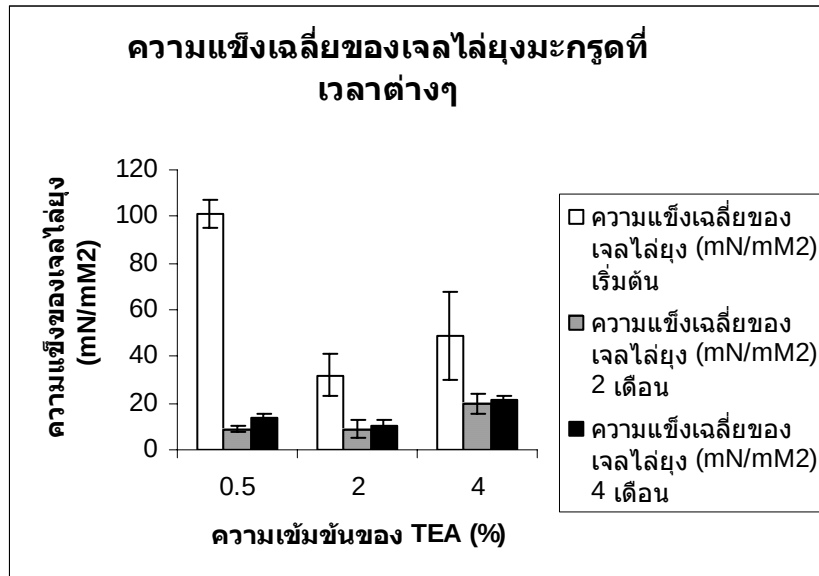
รูปที่ 18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ triethanolamine (TEA) ที่ใช้ในตำรับกับความแข็งแรงของเจลพื้นเมื่อทำการทดสอบความคงตัวเป็นเวลา 2 เดือนและ 4 เดือน



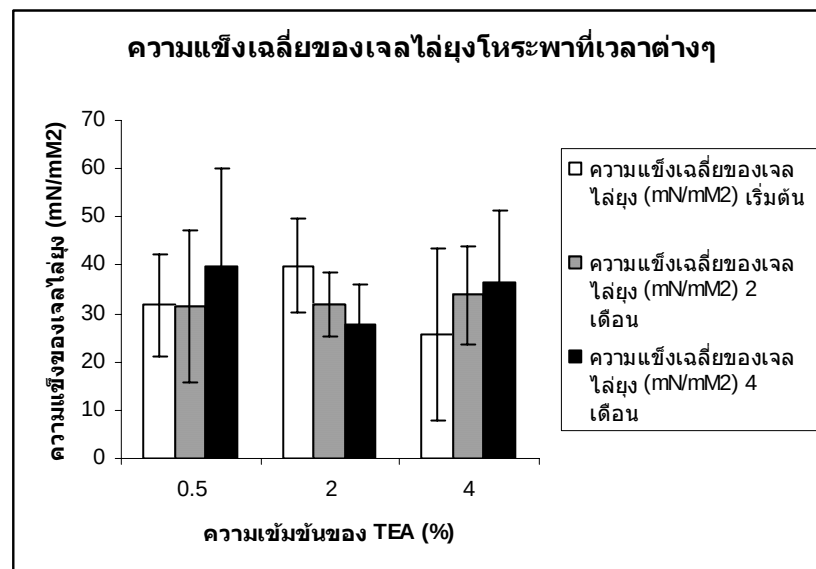
รูปที่ 19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ triethanolamine (TEA) ที่ใช้ในตำรับกับความแข็งแรงของเจลไฝ่ยงสระระแน เมื่อทำการทดสอบความคงตัวที่เวลา 2 เดือนและ 4 เดือน



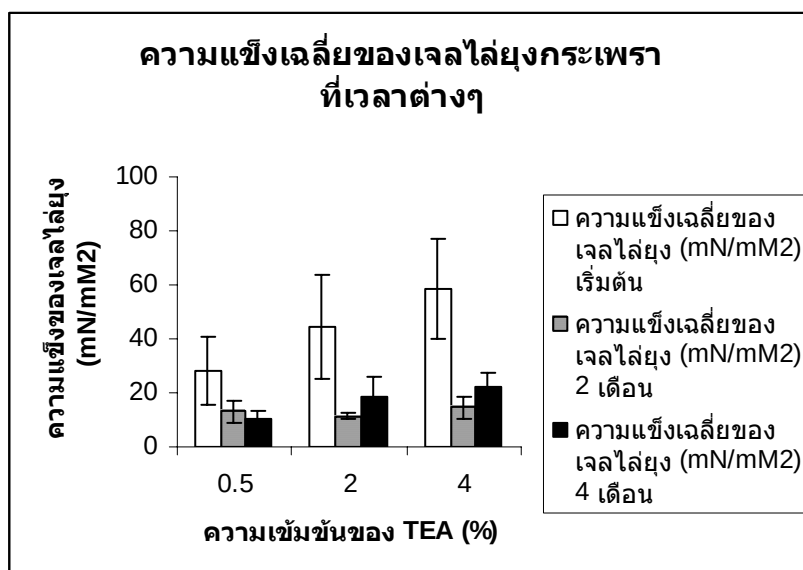
รูปที่ 20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ triethanolamine (TEA) ที่ใช้ในตำรับกับความแข็งแรงของเจลไฝ่ยงตะไคร้หอม เมื่อทำการทดสอบความคงตัวที่เวลา 2 เดือนและ 4 เดือน



รูปที่ 21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ triethanolamine (TEA) ที่ใช้ในตำรับกับความแข็งแรงของเจลไฝ่ยงมะกรูด เมื่อทำการทดสอบความคงตัวที่เวลา 2 เดือนและ 4 เดือน



รูปที่ 22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ triethanolamine (TEA) ที่ใช้ในตำรับกับความแข็งแรงของเจลไฝ่ยงโหระพา เมื่อทำการทดสอบความคงตัวที่เวลา 2 เดือนและ 4 เดือน



รูปที่ 23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ triethanolamine (TEA) ที่ใช้ในตำรับกับความแข็งแรงของเจลไฝ่ยงกระเพรา เมื่อทำการทดสอบความคงตัวที่เวลา 2 เดือนและ 4 เดือน

2.2 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเจลพื้นและเจลไฝ่ยง

2.2.1 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเจลพื้นและเจลไฝ่ยงก่อนผ่านการทดสอบความคงตัว (ตารางที่ 60) พบว่าเจลพื้นและเจลไฝ่ยงทุกชนิดมีลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ดีคือ เนื้อเจลเรียบเนียน ไม่มีการเยิ้มเหลวของน้ำมันหอมระเหย และมีกลิ่นน้ำมันหอมระเหยค่อนข้างแรง

2.2.2 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเจลพื้นและเจลไฝ่ยงหลังผ่านการทดสอบความคงตัวเป็นเวลา 2 เดือน (ตารางที่ 61) พบว่าเจลพื้นที่ประกอบด้วย triethanolamine ในตำรับปริมาณร้อยละ 0.5 มีผิวเจลโค้งลงตรงส่วนกลาง ซึ่งอาจเกิดจากการระเหยไปของน้ำในตำรับ ส่วนในเจลไฝ่ยงสระแทน มะกรูด และตะไคร้หอม การใช้ triethanolamine ในตำรับปริมาณร้อยละ 0.5 ทำให้เจลไฝ่ยงเสียสภาพไปโดยมีลักษณะเยิ้มเหลว และเนื้อเจลไม่เกาะตัวกัน เจลไฝ่ยงกระเพรา มีการเสียสภาพในทุกตำรับ โดยพบการเปลี่ยนสีของเจลและพบส่วนประกอบที่เป็นไขมันบางส่วนแยกตัวออกจากตำรับ ส่วนในเจลไฝ่ยงโหระพาทุกตำรับมีความคงตัวที่ดี

2.2.3 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเจลพื้นและเจลไฝ่ยงหลังผ่านการทดสอบความคงตัวเป็นเวลา 4 เดือน (ตารางที่ 62) พบว่าเจลพื้นที่ประกอบด้วย triethanolamine ในตำรับปริมาณร้อยละ 0.5 มีผิวเจลโค้งลงตรงส่วนกลางและล่อนออกจากขวด ซึ่งอาจเกิดจากการระเหยไปของน้ำในตำรับ ส่วนในเจลไฝ่ยงสระแทน มะกรูด และตะไคร้หอม การใช้ triethanolamine ในตำรับปริมาณร้อยละ 0.5 ทำให้เจลไฝ่ยงเสียสภาพไปโดยมีลักษณะเยิ้มเหลว และเนื้อเจลไม่เกาะตัวกัน ส่วนการใช้ triethanolamine ในตำรับปริมาณร้อยละ 4 ทำให้เจลไฝ่ยงตะไคร้หอมเยิ้มเหลว ส่วนเจลไฝ่ยงมะกรูดมีกลิ่นเปลี่ยนแปลงไป เจลไฝ่ยงกระเพรา มีการเสียสภาพในทุกตำรับ โดยพบการเปลี่ยนสีของเจลและพบส่วนประกอบที่เป็นไขมันบางส่วนแยกตัวออกจากตำรับ ส่วนในเจลไฝ่ยงโหระพาทุกตำรับมีความคงตัวที่ดีแต่มีความแรงของกลิ่นลดลง

ตารางที่ 60 คุณสมบัติทางกายภาพของเจลพื้นและเจลไฝ่ยงก่อนผ่านการทดสอบความคงตัว

ชนิดน้ำมัน	ปริมาณ TEA ใน ตำรับ%	ลักษณะภายนอก	ความแรงของ กลิ่น
Gel base	0.5	เจลแข็ง ผิวหน้าเรียบเนียนดี	-
	2	เจลแข็ง ผิวหน้าเรียบเนียนดี	-
	4	เจลแข็ง ผิวหน้าเรียบเนียนดี	-
Peppermint oil	0.5	เจลแข็ง ผิวหน้าเรียบ	++++
	2	เจลแข็ง ผิวหน้าเรียบ	++++
	4	เจลแข็ง ผิวหน้าเรียบ	++++
Citronella oil	0.5	เจลค่อนข้างนิ่ม ผิวหน้าเรียบ	++++
	2	เจลค่อนข้างนิ่ม ผิวหน้าเรียบ	++++
	4	เจลค่อนข้างนิ่ม ผิวหน้าเรียบ	+++
Kaffir lime oil	0.5	เจลแข็งหน้าเรียบดี	+++
	2	เจลแข็งหน้าเรียบดี	+++
	4	เจลแข็งเกาะตัวกันดี หน้าเรียบ	+++
Sweet basil oil	0.5	เจลมีผิวหน้าเรียบเนียน แข็งดี	+++
	2	เจลมีผิวหน้าเรียบเนียน แข็งดี	+++
	4	เจลมีผิวหน้าเรียบเนียน แข็งดี	+++
Holy basil oil	0.5	เจลแข็งหน้าเรียบดี	++++
	2	เจลแข็งหน้าเรียบดี	++++
	4	เจลแข็งหน้าเรียบดี	++++

ตารางที่ 61 คุณสมบัติทางกายภาพของเจลพื้นและเจลไฝ่ยงเมื่อทดสอบความคงตัวเป็นเวลา 2 เดือน

ชนิดน้ำมัน	ปริมาณ TEA ใน ตำรับ%	ลักษณะภายนอก	ความแรงของ กลิ่น
Gel base	0.5	ผิวหน้าเรียบเนียน ผิวเจลโค้งลงตรงส่วนกลาง	-
	2	เจลแข็ง ผิวหน้าเรียบเนียนดี	-
	4	เจลแข็ง ผิวหน้าเรียบเนียนดี	-
Peppermint oil	0.5	เจลไม่เกาะตัวกันเป็นก้อน ผิวหน้าเรียบ นุ่ม	++++
	2	เจลแข็ง ผิวหน้าเรียบ	++++
	4	เจลแข็ง ผิวหน้าเรียบ	++++
Citronella oil	0.5	เจลไม่เกาะตัวกันเป็นก้อน ผิวหน้าเรียบ นุ่ม	++++
	2	เจลค่อนข้างนุ่ม ผิวหน้าเรียบ	+++
	4	เจลค่อนข้างนุ่ม ผิวหน้าเรียบ	+++
Kaffir lime oil	0.5	เจลไม่แข็ง เนื้อนุ่ม หน้าเรียบ	+++
	2	เจลแข็งหน้าเรียบดี	+++
	4	เจลแข็งเกาะตัวกันดี หน้าเรียบ	+++
Sweet basil oil	0.5	เจลมีผิวหน้าเรียบเนียน แข็งดี	+++
	2	เจลมีผิวหน้าเรียบเนียน แข็งดี	+++
	4	เจลมีผิวหน้าเรียบเนียน แข็งดี	+++
Holy basil oil	0.5	เจลไม่เกาะตัว ไม่แข็งตัว เปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาลเข้มขึ้น	++++
	2	เจลแข็งดี แต่มี wax จับตัวเป็นก้อนและเปลี่ยนสี	++++
	4	เจลแข็ง หน้าไม่เรียบ มี wax จับตัวกันเป็นก้อนและเปลี่ยนสี	++++

ตารางที่ 62 คุณสมบัติทางกายภาพของเจลพื้นและเจลไฝ่ยงเมื่อทดสอบความคงตัวเป็นเวลา 4 เดือน

ชนิดน้ำมัน	ปริมาณ TEA ใน ตำรับ%	ลักษณะภายนอก	ความแรงของ กลิ่น
Gel base	0.5	ผิวหน้าเรียบเนียน ผิวเจลโค้งลงตรงส่วนกลาง เจลแห้ง ลงและล่อนออกจากขวด	-
	2	เจลแข็ง ผิวหน้าเรียบเนียนดี	-
	4	เจลแข็ง ผิวหน้าเรียบเนียนดี	-
Peppermint oil	0.5	เจลไม่เกาะตัวกันเป็นก้อน ผิวหน้าเรียบ นุ่ม	++++
	2	เจลแข็ง ผิวหน้าเรียบ	++++
	4	เจลแข็ง ผิวหน้าเรียบ	+++
Citronella oil	0.5	เจลไม่เกาะตัวกันเป็นก้อน ผิวหน้าเรียบ นุ่ม	++++
	2	เจลค่อนข้างนุ่ม ผิวหน้าเรียบ	+++
	4	เจลค่อนข้างนุ่ม ผิวหน้าเรียบ มีน้ำมันหอมระเหย แยกตัวออกมาเล็กน้อย	+++
Kaffir lime oil	0.5	เจลไม่แข็ง เนื้อนุ่ม หน้าเรียบ เจลแห้งลง	+++
	2	เจลแข็งหน้าเรียบดี	+++
	4	เจลแข็งเกาะตัวกันดี หน้าเรียบ กลิ่นเปลี่ยนไปเล็กน้อย	+++
Sweet basil oil	0.5	เจลมีผิวหน้าเรียบเนียน แข็งดี ความแรงของกลิ่นลดลง	++
	2	เจลมีผิวหน้าเรียบเนียน แข็งดี ความแรงของกลิ่นลดลง	++
	4	เจลมีผิวหน้าเรียบเนียน แข็งดี ความแรงของกลิ่นลดลง	++
Holy basil oil	0.5	เจลไม่เกาะตัว ไม่แข็งตัว เปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาลเข้มขึ้น	++++
	2	เจลแข็งดี แต่มี wax จับตัวเป็นก้อนและเปลี่ยนสี	+++
	4	เจลแข็ง หน้าไม่เรียบ มี wax จับตัวกันเป็นก้อนและ เปลี่ยนสี	+++

จากการศึกษาปริมาณการปลดปล่อยสารสำคัญที่มีฤทธิ์ในการไฝ่ยุ้งของเจลไฝ่ยุ้งที่ประกอบด้วยสารก่ออิมัลชัน ได้แก่ triethanolamine ในปริมาณต่างๆกัน รวมทั้งผลการทดสอบความคงตัวของเจลไฝ่ยุ้งโดยประเมินจากความแข็งและลักษณะทางกายภาพของเจลไฝ่ยุ้งแล้ว พบว่าสูตรตำรับของเจลไฝ่ยุ้งที่มีการปลดปล่อยน้ำมันหอมระเหยและ DEET ได้ในปริมาณสูง มีความคงตัวดี และมีลักษณะทางกายภาพน่าใช้ จะประกอบด้วยสารต่างๆในตำรับในปริมาณดังตารางที่ 63

ตารางที่ 63 แสดงสูตรตำรับของเจลไฝ่ยุ้งที่เหมาะสม

ชื่อสารเคมี	หน้าที่ในตำรับ	ปริมาณที่ใช้ (%)
Carrageenan	Gelling agent	2.00
Stearic acid	Stiffening agent	3.00
Sodium hydroxide	pH adjustment	0.50
Triethanolamine	Wetting agent/Emulsifier	2.00
Isopropyl alcohol	Preservative	7.00
DEET	Active ingredient	1.00
Volatile oil	Active ingredient	9.00
Distilled water	Vehicle	qs 100

การศึกษาในส่วนต่อไปจึงนำเจลไฝ่ยุ้งที่เตรียมได้จากสูตรตำรับในตารางที่ 63 มาใช้ในการศึกษา โดยใช้ น้ำมันหอมระเหย 4 ชนิด ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ น้ำมันหอมระเหยจากมะกรูด น้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้หอม และน้ำมันหอมระเหยจากโหระพา และตัดการใช้ น้ำมันหอมระเหยจากกระเพราออกจากการทดลอง เนื่องจากเจลไฝ่ยุ้งที่เตรียมจากน้ำมันหอมระเหยจากกระเพรามีลักษณะภายนอกที่ไม่คงตัว โดยมีการเปลี่ยนแปลงสีและกลิ่น เมื่อเก็บไว้เป็นเวลานาน

2.3 การศึกษาปริมาณการปลดปล่อยน้ำมันหอมระเหยจากเจลไฝ่ยุง

การศึกษาปริมาณการปลดปล่อยน้ำมันหอมระเหยจากเจลไฝ่ยุงที่ประกอบด้วยน้ำมันหอมระเหยเพียง 4 ชนิด ได้แก่ น้ำมันสะระแหน่ น้ำมันตะไคร้หอม น้ำมันมะกรูด และน้ำมันโหระพา โดยใช้ triethanolamine ความเข้มข้นร้อยละ 2 ของตำรับ หลังจากศึกษาความคงตัวเป็นเวลา 4 เดือน เนื่องจากพบความไม่คงตัวทางกายภาพของเจลไฝ่ยุงที่เตรียมจากน้ำมันกระเพรา และการใช้ triethanolamine ในตำรับปริมาณร้อยละ 2 ให้ผลการศึกษาที่ดีในการศึกษาความคงตัวทางกายภาพและการปลดปล่อยน้ำมันหอมระเหยที่เวลาเริ่มต้น

2.3.1 เจลไฝ่ยุงสะระแหน่

1) Menthol ในเจลไฝ่ยุงสะระแหน่

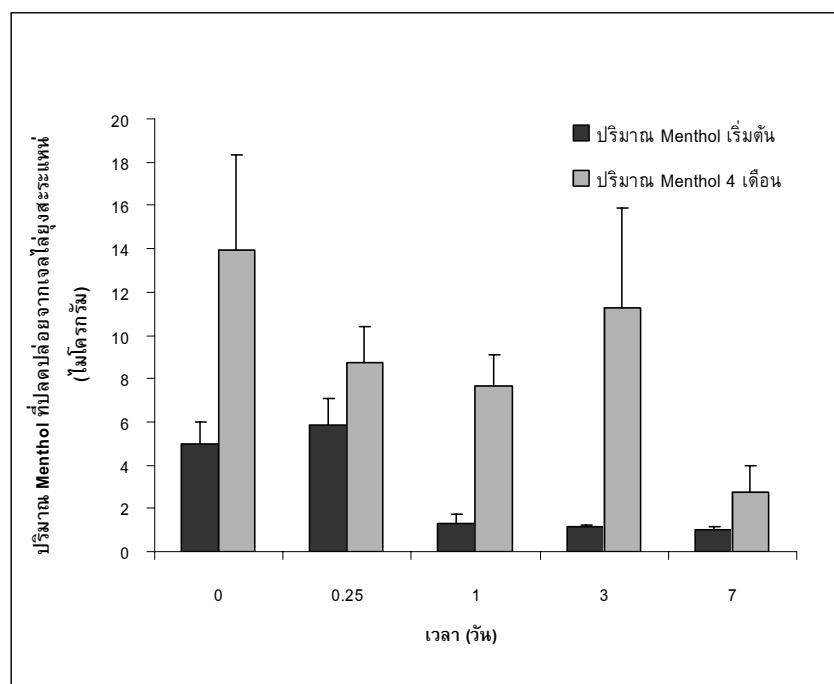
ตารางที่ 64 แสดงปริมาณ Menthol ที่ปลดปล่อยจากเจลไฝ่ยุงสะระแหน่หลังการทดสอบความคงตัวเป็นเวลา 4 เดือน ที่เวลาต่างๆ เมื่อใช้ Triethanolamine 2.0%

ตารางผลการหาปริมาณสาร Menthol ที่ปลดปล่อยจากเจลไฝ่ยุง Peppermint oil เมื่อเวลา 4 เดือน							
Triethanolamine 2%							
เวลา	ครั้งที่	น้ำหนักเจล (g)	Peak area	Peak area ของเจล 2.5 g	ปริมาณ Menthol ในเจล 2.5 g (μg)	SD	ปริมาณ Menthol เฉลี่ย (μg)
0 h	1	2.5000	1.517E+09	1516793459.0	18.9837	4.423	13.9505
	2	2.5000	977401099	977401099.0	12.1851		
	3	2.5000	858198373	858198373.0	10.6827		
6 h	1	2.5000	635466083	635466083.0	7.8753	1.680	8.7480
	2	2.5000	858373535	858373535.0	10.6849		
	3	2.5000	620272887	620272887.0	7.6838		
1 day	1	2.5000	506045987	506045987.0	6.2441	1.477	7.6523
	2	2.5000	607589988	607589988.0	7.5240		
	3	2.5000	739673707	739673707.0	9.1888		
3 day	1	2.5000	622341466	622341466.0	7.7099	4.604	11.2745
	2	2.5000	1.318E+09	1317544064.0	16.4723		
	3	2.5000	775585067	775585067.0	9.6414		
7 day	1	2.5000	198620712	198620712.0	2.3693	1.183	2.7614
	2	2.5000	155360284	155360284.0	1.8240		
	3	2.5000	335225818	335225818.0	4.0910		

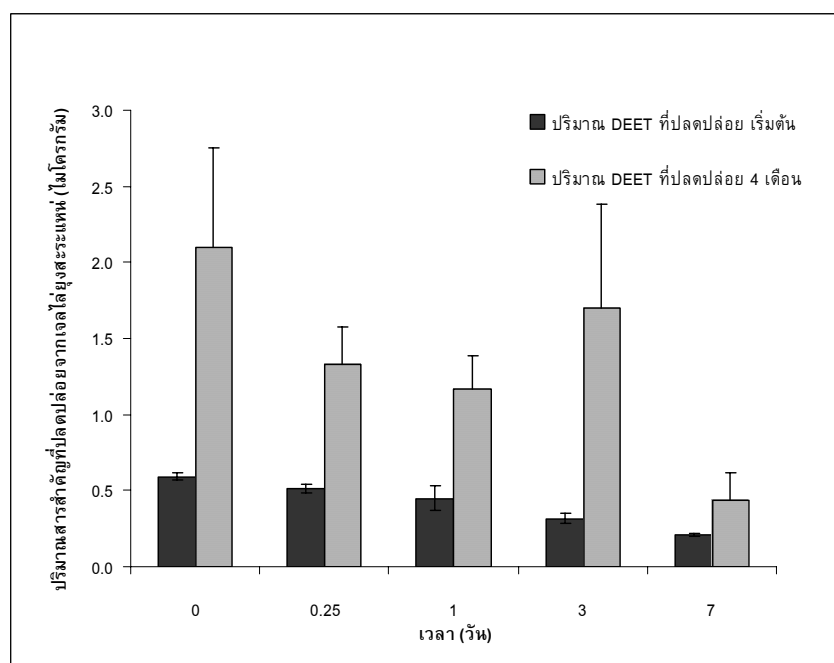
2) DEET ในเจลไส่ยงสระแหน่

ตารางที่ 65 แสดงปริมาณ DEET ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยงสระแหน่หลังการทดสอบความคงตัวเป็นเวลา 4 เดือน ที่เวลาต่างๆ เมื่อใช้ Triethanolamine 2.0%

ตารางผลการหาปริมาณ DEET ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยง Peppermint oil เมื่อเวลา 4 เดือน							
Triethanolamine 2.0%							
เวลา	ครั้งที่	น้ำหนักเจล (g)	Peak area	Peak area ของเจล 2.5 g	ปริมาณ DEET ในเจล 2.5 g (μg)	SD	ปริมาณ DEET เฉลี่ย (μg)
0 h	1	2.5000	1.52E+09	1516793459.0	2.8477	0.656	2.1010
	2	2.5000	9.77E+08	977401099.0	1.8391		
	3	2.5000	8.58E+08	858198373.0	1.6163		
6 h	1	2.5000	6.35E+08	635466083.0	1.1998	0.249	1.3293
	2	2.5000	8.58E+08	858373535.0	1.6166		
	3	2.5000	6.2E+08	620272887.0	1.1714		
1 day	1	2.5000	5.06E+08	506045987.0	0.9578	0.219	1.1667
	2	2.5000	6.08E+08	607589988.0	1.1477		
	3	2.5000	7.4E+08	739673707.0	1.3946		
3 day	1	2.5000	6.22E+08	622341466.0	1.1753	0.683	1.7041
	2	2.5000	1.32E+09	1317544064.0	2.4751		
	3	2.5000	7.76E+08	775585067.0	1.4618		
7 day	1	2.5000	1.99E+08	198620712.0	0.3830	0.176	0.4412
	2	2.5000	1.55E+08	155360284.0	0.3021		
	3	2.5000	3.35E+08	335225818.0	0.6384		



รูปที่ 24 ปริมาณเฉลี่ยของ Menthol ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยงสระแหน่เมื่อใช้ Triethanolamine 2.0% กับเวลา เมื่อเตรียมเสร็จใหม่และหลังการทดสอบความคงตัวเป็นเวลา 4 เดือน



รูปที่ 25 ปริมาณเฉลี่ยของ DEET ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยงสระแหน่เมื่อใช้ Triethanolamine 2.0% กับเวลา เมื่อเตรียมเสร็จใหม่และหลังการทดสอบความคงตัวเป็นเวลา 4 เดือน

2.3.2 เจลไส่ยงตะไคร้หอม

1) Geraniol ในเจลไส่ยงตะไคร้หอม

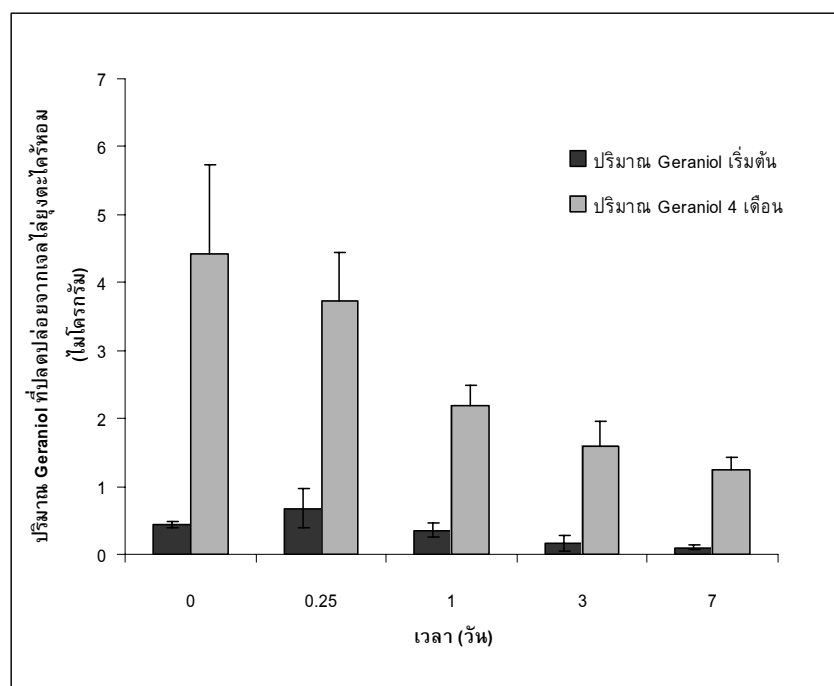
ตารางที่ 66 แสดงปริมาณ Geraniol ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยงตะไคร้หอมหลังการทดสอบความคงตัวเป็นเวลา 4 เดือน ที่เวลาต่างๆ เมื่อใช้ Triethanolamine 2.0%

ตารางผลการหาปริมาณสาร Geraniol ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยง Citronella oil เมื่อเวลา 4 เดือน							
Triethanolamine 2%							
เวลา	ครั้งที่	น้ำหนักเจล (g)	Peak area	Peak area ของเจล 2.5 g	ปริมาณ Geraniol ในเจล 2.5 g (μg)	SD	ปริมาณ Geraniol เฉลี่ย (μg)
0 h	1	2.5191	676311418	671183575.5	2.940905389	1.310	4.4129
	2	2.5069	1.222E+09	1218152094	5.452192881		
	3	2.5001	1.086E+09	1086031081	4.845587862		
6 h	1	2.5191	968756834	961411649	4.273424731	0.710	3.7255
	2	2.5069	899913979	897437052.7	3.979699228		
	3	2.5001	667417347	667390651.4	2.923490999		
1 day	1	2.5191	470752684	467183402.8	2.004282778	0.302	2.1906
	2	2.5069	473647569	472343899.8	2.027976083		
	3	2.5001	583793592	583770241.2	2.539565996		
3 day	1	2.5191	474954606	471353465.5	2.023428718	0.368	1.5992
	2	2.5069	329606176	328698966.9	1.368461483		
	3	2.5001	336815439	336801966.9	1.405664653		
7 day	1	2.5191	265279023	263267658.1	1.0680478	0.178	1.2472
	2	2.5069	341715916	340775376	1.4239077		
	3	2.5001	302861514	302849400	1.249778796		

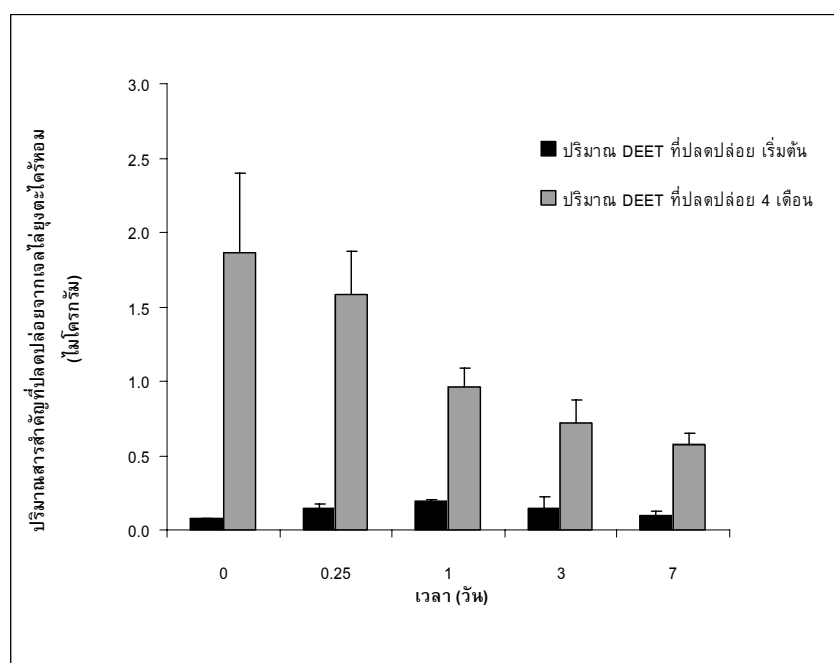
2) DEET ในเจลไส่ยุงตะไคร้หอม

ตารางที่ 67 แสดงปริมาณ DEET ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยุงตะไคร้หอมหลังการทดสอบความคงตัวเป็นเวลา 4 เดือน ที่เวลาต่างๆ เมื่อใช้ Triethanolamine 2.0%

ตารางผลการหาปริมาณ DEET ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยุง Citronella oil เมื่อเวลา 4 เดือน							
Triethanolamine 2.0%							
เวลา	ครั้งที่	น้ำหนักเจล (g)	Peak area	Peak area ของเจล 2.5 g	ปริมาณ DEET ในเจล 2.5 g (μg)	SD	ปริมาณ DEET เฉลี่ย (μg)
0 h	1	2.5191	6.76E+08	671183575.5	1.2666	0.534	1.8660
	2	2.5069	1.22E+09	1218152094.2	2.2893		
	3	2.5001	1.09E+09	1086031080.8	2.0423		
6 h	1	2.5191	9.69E+08	961411649.0	1.8092	0.289	1.5861
	2	2.5069	9E+08	897437052.7	1.6896		
	3	2.5001	6.67E+08	667390651.4	1.2595		
1 day	1	2.5191	4.71E+08	467183402.8	0.8851	0.123	0.9610
	2	2.5069	4.74E+08	472343899.8	0.8948		
	3	2.5001	5.84E+08	583770241.2	1.1031		
3 day	1	2.5191	4.75E+08	471353465.5	0.8929	0.150	0.7202
	2	2.5069	3.3E+08	328698966.9	0.6262		
	3	2.5001	3.37E+08	336801966.9	0.6414		
7 day	1	2.5191	2.65E+08	263267658.1	0.5039	0.072	0.5768
	2	2.5069	3.42E+08	340775376.0	0.6488		
	3	2.5001	3.03E+08	302849400.0	0.5779		



รูปที่ 26 ปริมาณเฉลี่ยของ Geraniol ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยงตะไคร้หอมเมื่อใช้ Triethanolamine 2.0% กับเวลา เมื่อเตรียมเสร็จใหม่และหลังการทดสอบความคงตัวเป็นเวลา 4 เดือน



รูปที่ 27 ปริมาณเฉลี่ยของ DEET ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยงตะไคร้หอมเมื่อใช้ Triethanolamine 2.0% กับเวลา เมื่อเตรียมเสร็จใหม่และหลังการทดสอบความคงตัวเป็นเวลา 4 เดือน

2.3.3 เจลไคย่งมะกรูด

1) Limonene ในเจลไคย่งมะกรูด

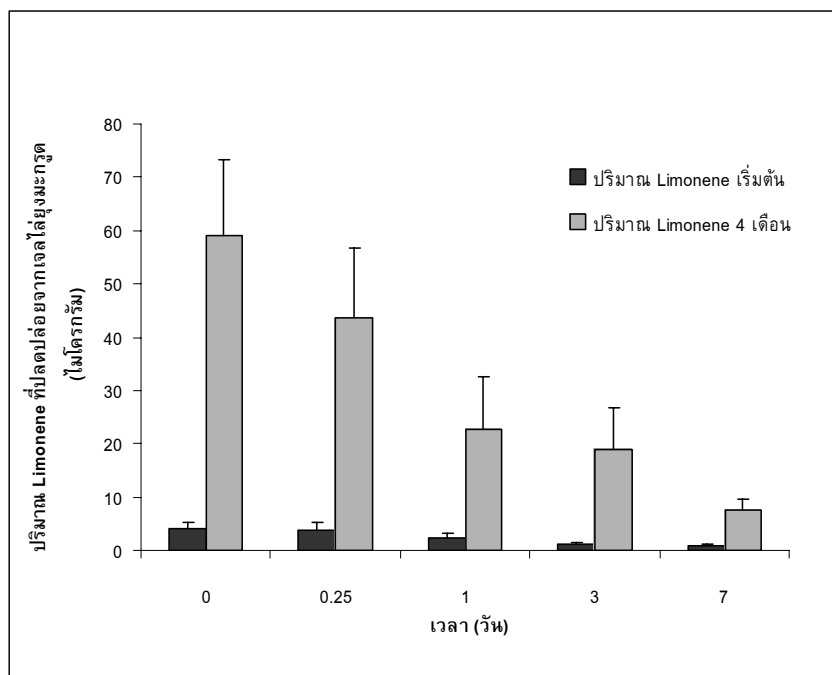
ตารางที่ 68 แสดงปริมาณ Limonene ที่ปลดปล่อยจากเจลไคย่งมะกรูดหลังการทดสอบความคงตัวเป็นเวลา 4 เดือน ที่เวลาต่างๆ เมื่อใช้ Triethanolamine 2.0%

ตารางผลการหาปริมาณสาร Limonene ที่ปลดปล่อยจากเจลไคย่ง Kaffer lime oil เมื่อเวลา 4 เดือน							
Triethanolamine 2.0%							
เวลา	ครั้งที่	น้ำหนักเจล (g)	Peak area	Peak area ของเจล 2.5 g	ปริมาณ Limonene ในเจล 2.5 g (μg)	SD	ปริมาณ Limonene เฉลี่ย (μg)
0 h	1	2.5506	3.431E+09	3363200996.82	98.49243501	34.265	58.9303
	2	2.5369	1.398E+09	1377300497.65	39.59773995		
	3	2.5338	1.365E+09	1347051875.64	38.70067418		
6 h	1	2.5506	2.047E+09	2006316745.08	58.25210863	12.867	43.7659
	2	2.5369	1.39E+09	1369973223.23	39.38043924		
	3	2.5338	1.193E+09	1177254356.11	33.66508798		
1 day	1	2.5506	1.168E+09	1144918181.02	32.70611286	9.955	22.7419
	2	2.5369	480573953	473583855.30	12.79674157		
	3	2.5338	819216158	808288102.85	22.7228706		
3 day	1	2.5506	998319823	978514685.76	27.77118127	8.045	18.8422
	2	2.5369	458710518	452038430.76	12.15778146		
	3	2.5338	609879001	601743429.83	16.59749546		
7 day	1	2.5506	368418900	361110032.93	9.461170893	2.080	7.5336
	2	2.5369	225025557	221752490.24	5.328325373		
	3	2.5338	309602248	305472263.00	7.811153938		

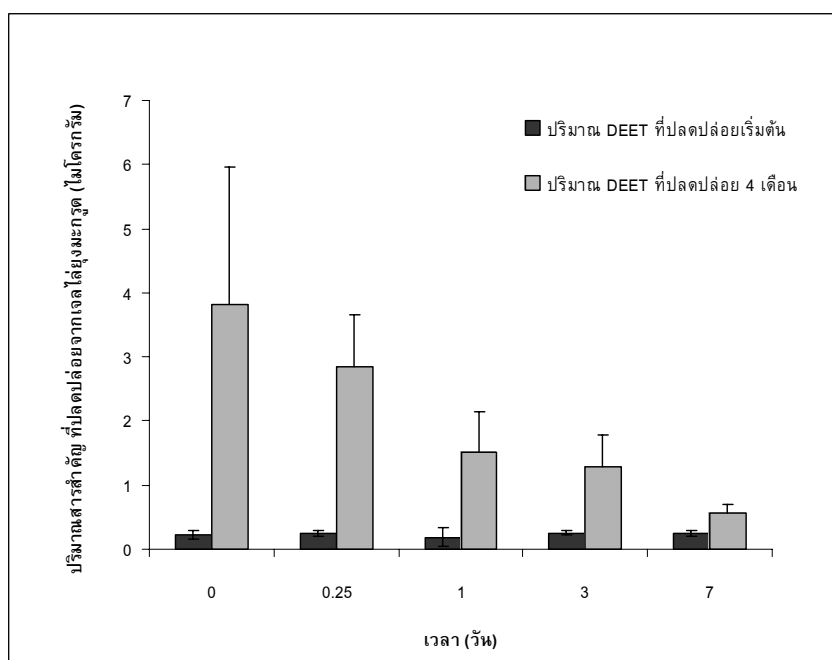
2) DEET ในเจลไส่ยงมะกรูด

ตารางที่ 69 แสดงปริมาณ DEET ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยงมะกรูดหลังการทดสอบความคงตัวเป็นเวลา 4 เดือน ที่เวลาต่างๆ เมื่อใช้ Triethanolamine 2.0%

ตารางผลการหาปริมาณ DEET ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยง Kaffer lime oil เมื่อเวลา 4 เดือน							
Triethanolamine 2.0%							
เวลา	ครั้งที่	น้ำหนักเจล (g)	Peak area	Peak area ของเจล 2.5 g	ปริมาณ DEET ในเจล 2.5 g (μg)	SD	ปริมาณ DEET เฉลี่ย (μg)
0 h	1	2.5506	3431272185	3363200997	6.300049194	2.160	3.8057
	2	2.5369	1397629453	1377300498	2.586861248		
	3	2.5338	1365264017	1347051876	2.530303118		
6 h	1	2.5506	2046924596	2006316745	3.762980368	0.811	2.8497
	2	2.5369	1390194028	1369973223	2.57316089		
	3	2.5338	1193170835	1177254356	2.212819889		
1 day	1	2.5506	1168091325	1144918181	2.152358504	0.628	1.5241
	2	2.5369	480573953	473583855.3	0.897114081		
	3	2.5338	819216158	808288102.8	1.522935857		
3 day	1	2.5506	998319823	978514685.8	1.841221338	0.507	1.2783
	2	2.5369	458710518	452038430.8	0.856828976		
	3	2.5338	609879001	601743429.8	1.136743703		
7 day	1	2.5506	368418900	361110032.9	0.686813292	0.131	0.5653
	2	2.5369	225025557	221752490.2	0.426245984		
	3	2.5338	309602248	305472263	0.582783157		



รูปที่ 28 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเฉลี่ยของ Limonene ที่ปลดปล่อยจากเจลไฝ่ยงมะกรูดเมื่อใช้ Triethanolamine 2.0% กับเวลา เมื่อเตรียมเสร็จใหม่และหลังการทดสอบความคงตัวเป็นเวลา 4 เดือน



รูปที่ 29 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเฉลี่ยของ DEET ที่ปลดปล่อยจากเจลไฝ่ยงมะกรูดเมื่อใช้ Triethanolamine 2.0% กับเวลา เมื่อเตรียมเสร็จใหม่และหลังการทดสอบความคงตัวเป็นเวลา 4 เดือน

2.3.4 เจลไส่ยงโหระพา

1) 4-Allylanisole ในเจลไส่ยงโหระพา

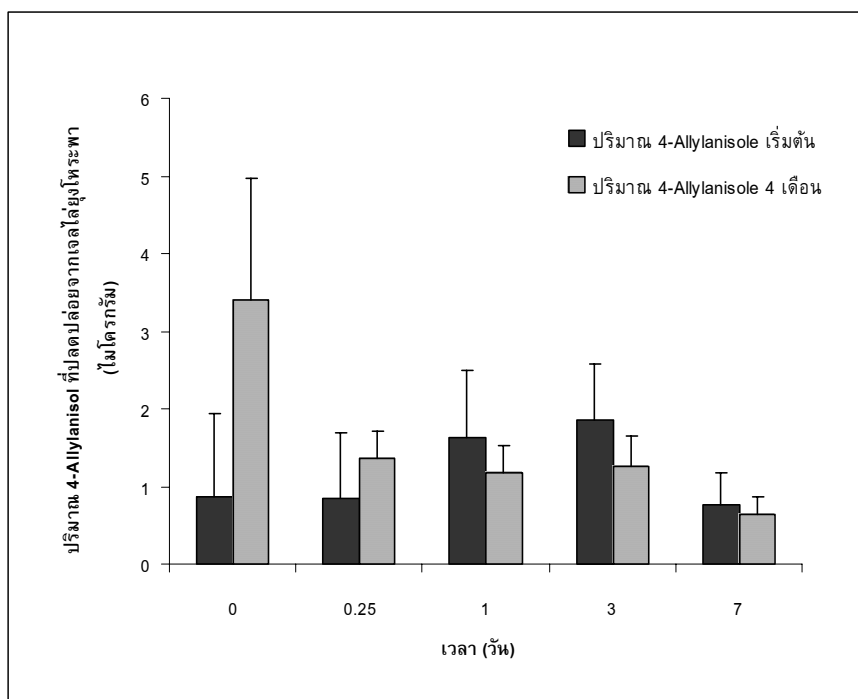
ตารางที่ 70 แสดงปริมาณ 4-Allylanisole ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยงโหระพาหลังการทดสอบความคงตัวเป็นเวลา 4 เดือน ที่เวลาต่างๆ เมื่อใช้ Triethanolamine 2.0%

ตารางผลการหาปริมาณสาร 4-Allylanisole ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยง Sweet basil oil เมื่อเวลา 4 เดือน							
Triethanolamine 2%							
เวลา	ครั้งที่	น้ำหนักเจล (g)	Peak area	Peak area ของเจล 2.5 g	ปริมาณ 4-Allylanisole ในเจล 2.5 g (μg)	SD	ปริมาณ 4-Allylanisole เฉลี่ย (μg)
0 h	1	2.5025	1.446E+09	1444068421.6	5.1632	1.569	3.3981
	2	2.5131	608184490	605014215.5	2.1628		
	3	2.5201	808711335	802261155.3	2.8682		
6 h	1	2.5025	330594205	330263941.1	1.1804	0.353	1.3516
	2	2.5131	494316687	491739969.6	1.7578		
	3	2.5201	314995900	312483532.4	1.1168		
1 day	1	2.5025	288888666	288600065.9	1.0314	0.354	1.1814
	2	2.5131	445945791	443621215.8	1.5857		
	3	2.5201	261494047	259408403.4	0.9270		
3 day	1	2.5025	351252863	350901961.0	1.2542	0.388	1.2535
	2	2.5131	461430037	459024747.3	1.6408		
	3	2.5201	244130132	242182980.8	0.8654		
7 day	1	2.5025	146079483	145933549.5	0.5212	0.217	0.6484
	2	2.5131	147800295	147029858.5	0.5251		
	3	2.5201	253555890	251533560.2	0.8988		

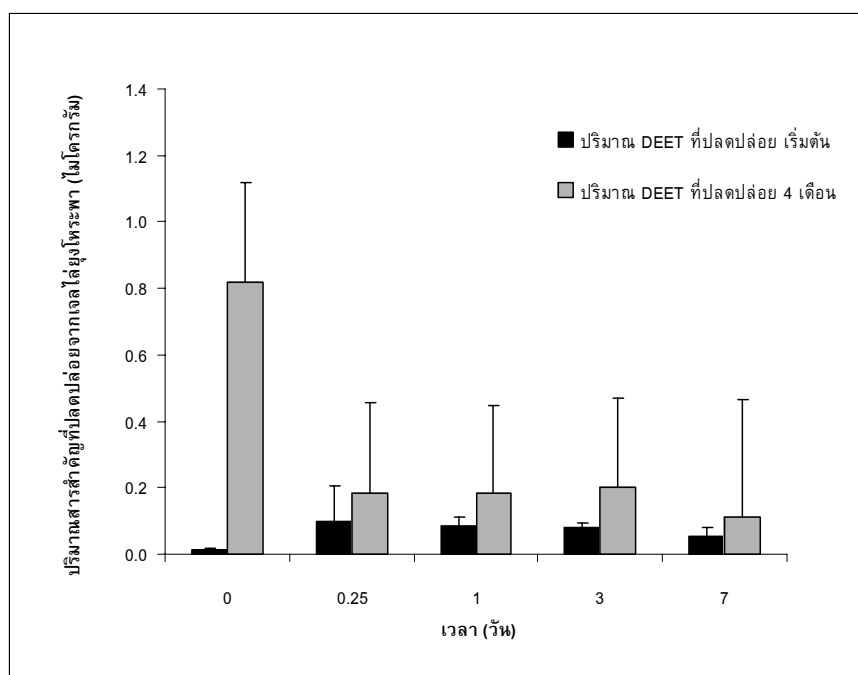
2) DEET ในเจลไส่ยงโหระพา

ตารางที่ 71 แสดงปริมาณ DEET ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยงโหระพาหลังการทดสอบความคงตัวเป็นเวลา 4 เดือน ที่เวลาต่างๆ เมื่อใช้ Triethanolamine 2.0%

ตารางผลการหาปริมาณ DEET ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยง Sweet basil oil							
Triethanolamine 2%							
เวลา	ครั้งที่	น้ำหนักเจล (g)	Peak area	Peak area ของเจล 2.5 g	ปริมาณ DEET ในเจล 2.5 g (μg)	SD	ปริมาณ DEET เฉลี่ย (μg)
0 h	1	2.5025	1.45E+09	1444068421.6	2.7117	0.820	1.7887
	2	2.5131	6.08E+08	605014215.5	1.1429		
	3	2.5201	8.09E+08	802261155.3	1.5117		
6 h	1	2.5025	3.31E+08	330263941.1	0.6291	0.185	0.7187
	2	2.5131	4.94E+08	491739969.6	0.9311		
	3	2.5201	3.15E+08	312483532.4	0.5959		
1 day	1	2.5025	2.89E+08	288600065.9	0.5512	0.185	0.6297
	2	2.5131	4.46E+08	443621215.8	0.8411		
	3	2.5201	2.61E+08	259408403.4	0.4967		
3 day	1	2.5025	3.51E+08	350901961.0	0.6677	0.203	0.6674
	2	2.5131	4.61E+08	459024747.3	0.8699		
	3	2.5201	2.44E+08	242182980.8	0.4644		
7 day	1	2.5025	1.46E+08	145933549.5	0.2845	0.113	0.3510
	2	2.5131	1.48E+08	147029858.5	0.2865		
	3	2.5201	2.54E+08	251533560.2	0.4819		



รูปที่ 30 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเฉลี่ยของ 4-Allylanisole ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยงโหระพาเมื่อใช้ Triethanolamine 2.0% กับเวลา เมื่อเตรียมเสร็จใหม่และหลังการทดสอบความคงตัวเป็นเวลา 4 เดือน



รูปที่ 31 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเฉลี่ยของ DEET ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยงโหระพาเมื่อใช้ Triethanolamine 2.0% กับเวลา เมื่อเตรียมเสร็จใหม่และหลังการทดสอบความคงตัวเป็นเวลา 4 เดือน

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างปริมาณสารสำคัญที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากเจลไส่ยงที่เตรียมเสร็จใหม่กับเจลไส่ยงที่ทดสอบความคงตัวเป็นเวลา 4 เดือน พบว่าหลังจากทดสอบความคงตัวเป็นเวลา 4 เดือนแล้วเจลไส่ยงส่วนใหญ่ยกเว้นเจลไส่ยงโหระพาสามารถปลดปล่อยสารสำคัญได้ดีขึ้น ซึ่งอาจเกิดจากเจลไส่ยงมีโครงสร้างที่หลวมขึ้นทำให้สารสำคัญสามารถระเหยออกมาได้มากขึ้น

3. การทดสอบการปลดปล่อยน้ำมันหอมระเหยของเจลไส่ยงที่ประกอบด้วยน้ำมัน หรือ DEET เพียงชนิดเดียว

3.1 เจลไส่ยงที่มีเฉพาะน้ำมันสะระแหน่

ตารางที่ 72 ปริมาณ Menthol ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยงที่มีเฉพาะน้ำมันสะระแหน่ที่เวลาต่างๆ เมื่อใช้ Triethanolamine 2.0% ในตำรับ

ตารางผลการหาปริมาณสาร Menthol ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยงที่มีเฉพาะ Peppermint oil							
Triethanolamine 2%							
เวลา	ครั้ง ที่	น้ำหนักเจล (g)	Peak area	Peak area ของ เจล 2.5 g	ปริมาณ Menthol ในเจล 2.5 g (μg)	SD	ปริมาณ Menthol เฉลี่ย (μg)
0 h	1	2.5436	1408478674	1384335856.7	17.3142	3.787	12.9414
	2	2.5049	865216958	863524450.1	10.7498		
	3	2.5126	868714686	864358320.1	10.7603		
6 h	1	2.5039	465908550	465182864.7	5.7290	0.736	6.5792
	2	2.5136	568478529	565402738.1	6.9922		
	3	2.5167	571102544	567312893.9	7.0163		
1 day	1	2.5047	441022982	440195414.6	5.4141	0.183	5.2063
	2	2.5114	414647772	412765561.0	5.0684		
	3	2.5020	418508225	418173686.1	5.1365		
3 day	1	2.5185	257228469	255338960.7	3.0841	0.242	3.2041
	2	2.5417	256461667	252254069.1	3.0453		
	3	2.5014	287138767	286978059.3	3.4829		
7 day	1	2.5057	295391568	294719607.3	3.5805	0.346	3.2131
	2	2.5223	242319486	240177106.2	2.8930		
	3	2.5014	261961496	261814879.7	3.1658		

3.2 เจลไส่ยงที่มีเฉพาะน้ำมันตะไคร้หอม

ตารางที่ 73 ปริมาณ Geraniol ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยงที่มีเฉพาะน้ำมันตะไคร้หอมที่เวลาต่างๆ เมื่อใช้ Triethanolamine 2.0% ในตำรับ

ตารางผลการหาปริมาณสาร Geraniol ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยงที่มีเฉพาะ Citronella oil							
Triethanolamine 2%							
เวลา	ครั้งที่	น้ำหนักเจล (g)	Peak area	Peak area ของเจล 2.5 g	ปริมาณ Geraniol ในเจล 2.5 g (µg)	SD	ปริมาณ Geraniol เฉลี่ย (µg)
0 h	1	2.5262	644042017	637362458.4	2.785623055	0.085	2.8802
	2	2.5268	680129470	672915812.5	2.94885858		
	3	2.5124	666910642	663619091.3	2.906174698		
6 h	1	2.5289	859731410	849906491	3.761472948	0.716	4.4111
	2	2.5276	976271572	965611224.1	4.292706171		
	3	2.5086	1162693139	1158707186	5.179264461		
1 day	1	2.5042	389725596	389071955.1	1.645650983	0.878	2.5626
	2	2.5132	774572961	770504696.2	3.396916804		
	3	2.5417	616915088	606793768	2.645273533		
3 day	1	2.5177	260968494	259133826.5	1.049068208	0.310	0.9521
	2	2.5394	297012390	292404101.4	1.201821469		
	3	2.5006	162514917	162475922.8	0.605284377		
7 day	1	2.5269	332205531	328669052	1.368324136	0.051	1.3408
	2	2.5106	311187771	309873905.6	1.282030292		
	3	2.5240	332637907	329474947.5	1.37202423		

3.3 เจลไส่ยงที่มีเฉพาะน้ำมันมะกรูด

ตารางที่ 74 ปริมาณ Limonene ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยงที่มีเฉพาะน้ำมันมะกรูดที่เวลาต่างๆ เมื่อใช้ Triethanolamine 2.0% ในตำรับ

ตารางผลการหาปริมาณสาร Limonene ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยงที่มีเฉพาะ Kaffer lime oil							
Triethanolamine 2.0%							
เวลา	ครั้งที่	น้ำหนักเจล (g)	Peak area	Peak area ของเจล 2.5 g	ปริมาณ Limonene ในเจล 2.5 g (μg)	SD	ปริมาณ Limonene เฉลี่ย (μg)
0 h	1	2.5102	1174498132	1169725651.34	33.44181357	4.350	34.0138
	2	2.5249	1063398279	1052911282.63	29.97751784		
	3	2.5128	1351279678	1344396368.59	38.62192135		
6 h	1	2.5218	893114132	885393500.67	25.0095405	6.697	30.4315
	2	2.5180	1330167192	1320658451.15	37.91793975		
	3	2.2282	890034140	998602167.67	28.36690403		
1 day	1	2.5349	682422487	673027029.67	18.71151169	7.482	22.7419
	2	2.5141	689263310	685397667.16	19.07838048		
	3	2.5352	1131772016	1116057920.48	31.85022092		
3 day	1	2.5179	150864934	149792420.27	3.194247468	0.885	18.8422
	2	2.5093	136698036	136191403.98	2.790890045		
	3	2.5298	195601819	193297710.29	4.484458528		
7 day	1	2.5194	528955172	524882087.00	14.31806336	6.526	7.5336
	2	2.5326	474553904	468445376.29	12.64435269		
	3	2.5204	881824598	874687150.85	24.69202851		

3.4 เจลไส่ยุงที่มีเฉพาะน้ำมันโหระพา

ตารางที่ 75 ปริมาณ 4-Allylanisole ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยุงที่มีเฉพาะน้ำมันโหระพาที่เวลาต่างๆ เมื่อใช้ Triethanolamine 2.0% ในตำรับ

ตารางผลการหาปริมาณสาร 4-Allylanisole ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยุงที่มีเฉพาะ Sweet basil oil							
Triethanolamine 2%							
เวลา	ครั้งที่	น้ำหนักเจล (g)	Peak area	Peak area ของเจล 2.5 g	ปริมาณ 4-Allylanisole ในเจล 2.5 g (μg)	SD	ปริมาณ 4-Allylanisole เฉลี่ย (μg)
0 h	1	2.5214	595093070	590042307.8	2.1093	1.142	2.6158
	2	2.53	513608224	507518007.9	1.8142		
	3	2.5155	1104269470	1097465185.8	3.9238		
6 h	1	2.5263	609380080	603036139.8	2.1558	0.844	1.2193
	2	2.5247	146425834	144993300.2	0.5179		
	3	2.5252	278232205	275455612.4	0.9844		
1 day	1	2.5643	406535774	396341861.3	1.4167	0.407	0.9477
	2	2.5163	191734813	190492799.9	0.6806		
	3	2.5197	210373213	208728432.9	0.7458		
3 day	1	2.5593	565069556	551976669.4	1.9732	0.252	2.1048
	2	2.5193	675110597	669938670.5	2.3950		
	3	2.5282	550572288	544431105.1	1.9462		
7 day	1	2.5084	268667453	267767753.3	0.9569	0.224	0.7710
	2	2.5198	147471053	146312259.9	0.5226		
	3	2.5151	234641819	233233091.1	0.8334		

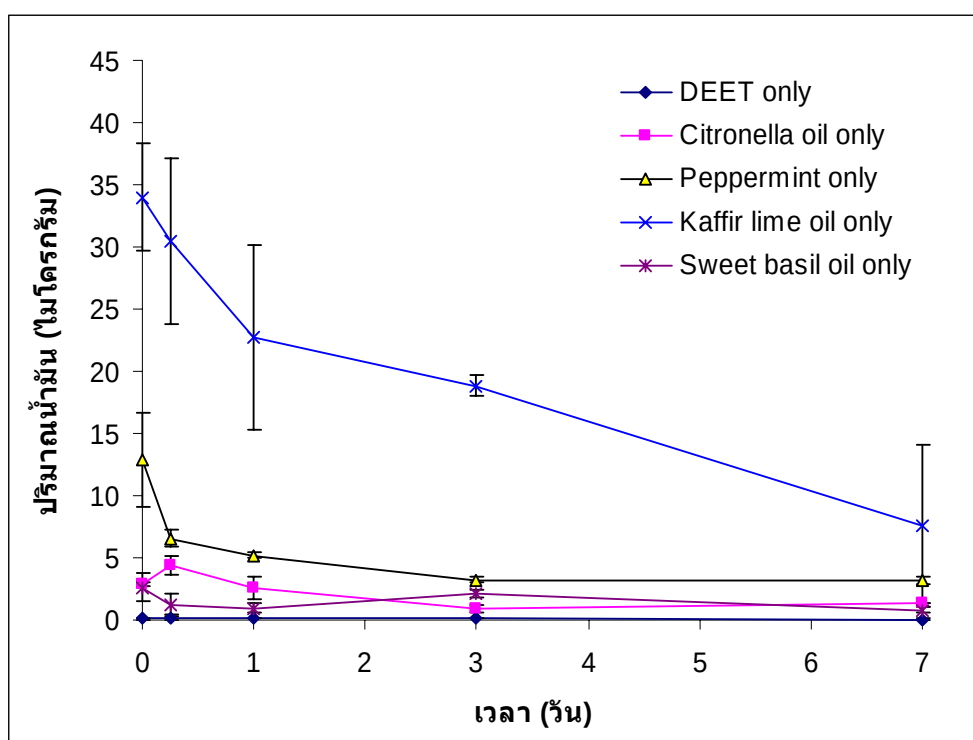
3.5 เจลไส่ยงที่มีเฉพาะ DEET

ตารางที่ 76 ปริมาณ DEET ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยงที่มีเฉพาะ DEET ที่เวลาต่างๆ เมื่อใช้ Triethanolamine 2.0% ในตำรับ

ตารางผลการหาปริมาณ DEET ที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยงที่มีเฉพาะ DEET							
สูตร Triethanolamine 2.0%							
เวลา	ครั้งที่	น้ำหนักเจล (g)	Peak area	Peak area ของเจล 2.5 g	ปริมาณ DEET ใน เจล 2.5 g (μg)	SD	ปริมาณ DEET เฉลี่ย (μg)
0 h	1	2.5168		0	0.011618627	0.111	0.1002
	2	2.5169	114820161	114049188.5	0.224864997		
	3	2.5220	28311290	28064323.95	0.064092611		
6 h	1	2.5558	59702125	58398666.76	0.120811019	0.195	0.2067
	2	2.5162	225259815	223809529.3	0.430092185		
	3	2.5199	31039761	30794635.7	0.06919768		
1 day	1	2.5114	46990686	46777381.14	0.099081825	0.027	0.1122
	2	2.5467	71782362	70466056.07	0.143374327		
	3	2.5150	44354073	44089535.79	0.094056158		
3 day	1	2.5069	101018263	100740220	0.199980215	0.003	0.2019
	2	2.5114	101662092	101200617.2	0.200841054		
	3	2.5059	103672551	103428459.8	0.20500662		
7 day	1	2.5690	25526905	24841285.52	0.058066253	0.009	0.0666
	2	2.5570	29405062	28749571.76	0.06537387		
	3	2.5194	34904028	34635258.39	0.076378782		

ตารางที่ 77 สรุปปริมาณ (μg) สารสำคัญที่ออกฤทธิ์ไส่ยงที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยงที่ประกอบด้วยน้ำมันหอมระเหยหรือ DEET เพียงชนิดเดียวเท่านั้นที่เวลาต่างๆ

จำนวน (วัน)	DEET only (μg)	Citronella oil only (μg)	Peppermint only (μg)	Kaffir lime oil only (μg)	Sweet basil oil only (μg)
0	0.1002	2.8802	12.9414	34.0138	2.6158
0.25	0.2067	4.4111	6.5792	30.4315	1.2193
1	0.1122	2.5626	5.2063	22.7419	0.9477
3	0.2019	0.9521	3.2041	18.8422	2.1048
7	0.0666	1.3408	3.2131	7.5336	0.7710



รูปที่ 32 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารสำคัญที่ออกฤทธิ์ไส่ยงที่ปลดปล่อยจากเจลไส่ยงที่ประกอบด้วยน้ำมันหอมระเหยหรือ DEET เพียงชนิดเดียวเท่านั้นที่เวลาต่างๆ

4. การทดสอบประสิทธิภาพการไล่ยุงของตำรับที่เตรียมได้แบบ *in vivo*

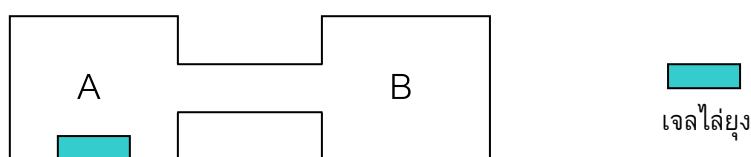
การศึกษาประสิทธิภาพการไล่ยุงของตำรับที่เตรียมได้แบบ *in vivo* โดยการทดลองในยุง (*Aedes aegypti*) เพื่อยืนยันประสิทธิภาพการไล่ยุงของเจลไล่ยุงสูตรที่ประกอบด้วย Triethanolamine ร้อยละ 2 ของตำรับ ดังตารางที่ 63 เนื่องจากมีความคงตัวดีและมีการปลดปล่อยน้ำมันหอมระเหยได้ค่อนข้างสูง โดยทดสอบสูตรตำรับที่มี DEET และ/หรือน้ำมันหอมระเหย ดังนี้

- 1) เจลไล่ยุงที่ประกอบด้วย DEET ร้อยละ 1
- 2) เจลไล่ยุงที่ประกอบด้วยน้ำมันหอมระเหยร้อยละ 9 (น้ำมันสะระแหน่ น้ำมันตะไคร้หอม น้ำมันมะกรูด และน้ำมันโหระพา)
- 3) เจลไล่ยุงที่ประกอบด้วยน้ำมันหอมระเหยร้อยละ 9 ร่วมกับ DEET ร้อยละ 1 (น้ำมันสะระแหน่ น้ำมันตะไคร้หอม น้ำมันมะกรูด และน้ำมันโหระพา)

วิธีการทดสอบ

การทดสอบทุกชุดทำในกลุ่มควบคุมเปรียบเทียบกับกลุ่มทดลอง โดยกลุ่มควบคุมเป็นการทดสอบโดยไม่มียุงในหลอด (กลุ่ม control) ส่วนกลุ่มทดลองเป็นการทดสอบเมื่อมียุงในหลอด (กลุ่ม test) โดยมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. ออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา เป็นกล่องมุ้งลวดสองกล่องที่เชื่อมกันด้วยท่อพลาสติกตรงกลางกล่อง ดังนี้



2. ในกลุ่มทดลองใส่เจลไล่ยุงไว้ด้านหนึ่ง (A) และใส่ยุงที่อดอาหาร 50 ตัวไว้อีกด้านหนึ่ง (B) ส่วนในกลุ่มควบคุมไม่ต้องใส่เจลไล่ยุงในส่วน A
3. ตั้งเจลไล่ยุงทิ้งไว้ในกล่อง A เป็นเวลา 30 นาที เพื่อให้สารสำคัญในเจลไล่ยุงระเหยออกมาจนอิ่มตัวในกล่อง
4. ปลอยยุงจากกล่อง B นับจำนวนยุงที่บินเข้าสู่กล่อง A ภายในเวลา 30 นาที
5. ทำการทดลองซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง (ใช้ยุงรวม 150 ตัวต่อ 1 สูตรตำรับ)
6. เมื่อเสร็จการทดลองในวันแรก เปิดฝาขวดเจลไล่ยุงทิ้งไว้ที่สภาวะห้อง และทำการทดลองซ้ำในวันที่ 3 และ 7 หลังจากเปิดภาชนะครั้งแรก

วิธีการคำนวณร้อยละการไล่ยุง (% repellency) ดังตัวอย่างต่อไปนี้

	จำนวนยุง (ตัว)		
Control*	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3
1st day	46	47	46
3rd day	46	27	32
7th day	45	42	49

	จำนวนยุง (ตัว)		
Test**	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3
1st day	4	11	4
3rd day	19	2	4
7th day	5	8	11

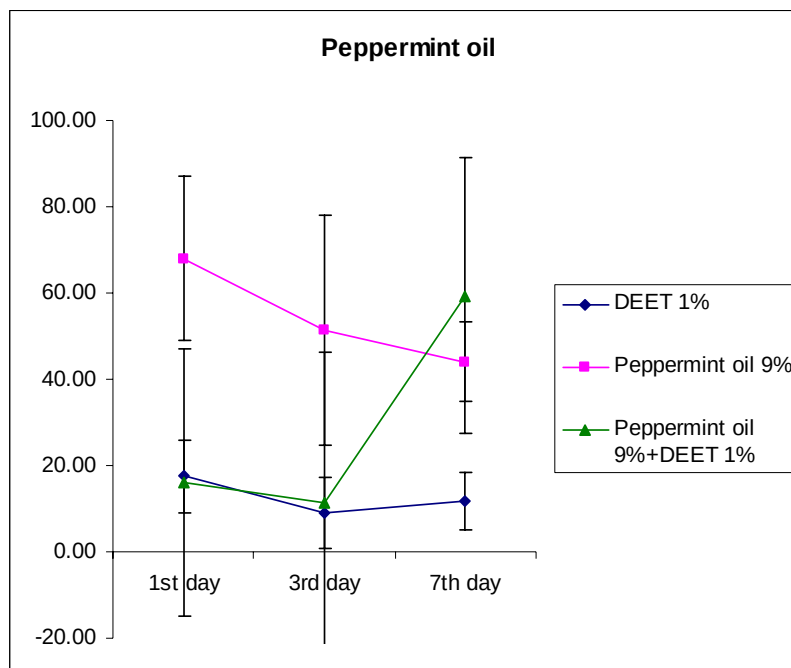
$$\text{ร้อยละการไล่ยุง (\% repellency)} = \frac{(\text{Control} - \text{Test}) \times 100}{\text{Total}}$$

หมายเหตุ * Control = จำนวนยุงที่บินเข้าสู่กล่อง A ในกลุ่มควบคุม
 ** Test = จำนวนยุงที่บินเข้าสู่กล่อง A ในกลุ่มทดสอบ
 Total = จำนวนยุงทั้งหมดที่ใช้ในการทดลอง

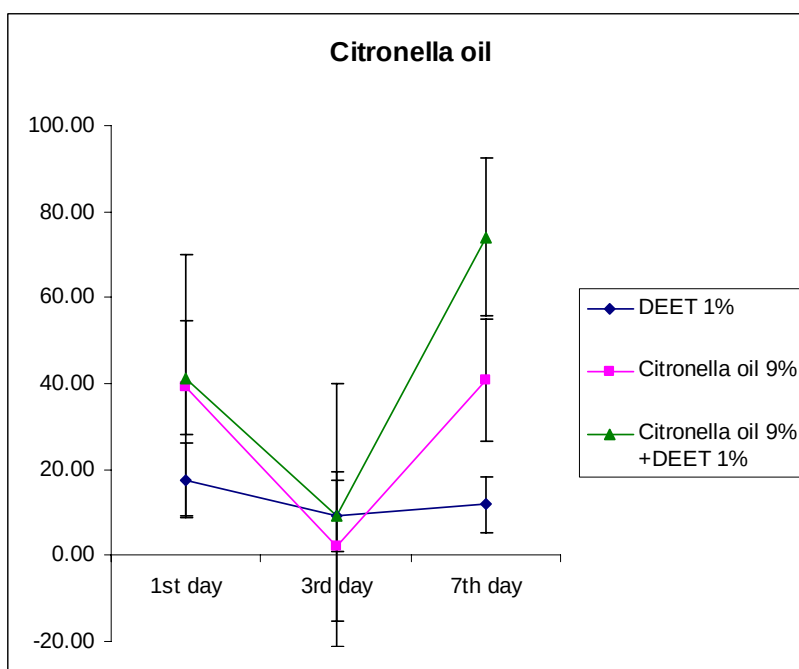
	% Repellency				
	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3	Average	SD
1st day	84	72	84	80.00	6.9282
3rd day	54	50	56	53.33	3.0551
7th day	80	68	76	74.67	6.1101

ตารางที่ 78 ร้อยละการไล่ยุงระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ในเจลไล่ยุงที่ใช้ส่วนผสมต่าง ๆ เมื่อใช้เจลไล่ยุงเป็นวันแรก วันที่สาม และวันที่เจ็ด

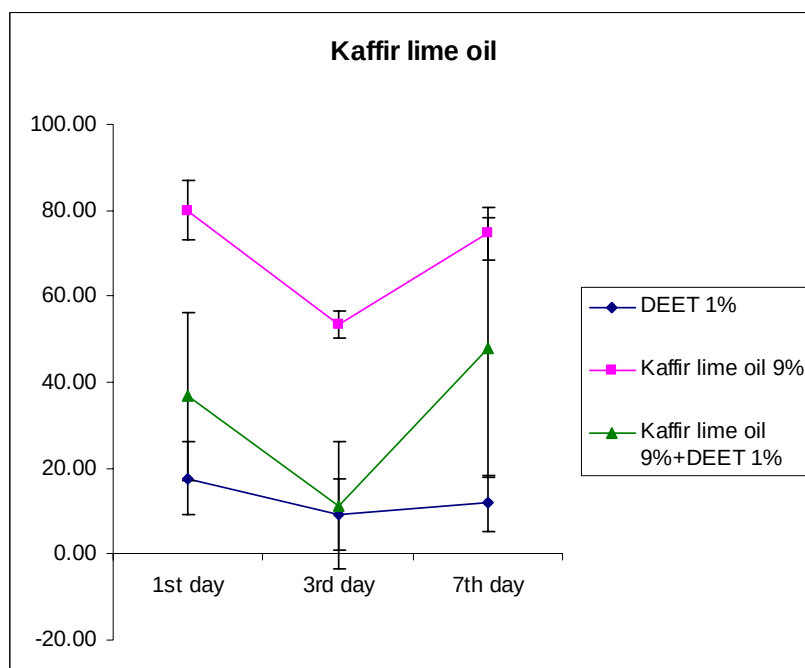
	ร้อยละการไล่ยุง (% repellency)		
	1st day	3rd day	7th day
DEET 1%	17.56	9.11	11.78
Citronella oil 9%	39.33	2.00	40.67
Kaffir lime oil 9%	80.00	53.33	74.67
Peppermint oil 9%	68.00	51.33	44.00
Sweet basil oil 9%	26.00	30.67	38.67
Citronella oil 9% +DEET 1%	41.33	9.33	74.00
Kaffir lime oil 9%+DEET 1%	36.67	11.33	48.00
Peppermint oil 9%+DEET 1%	16.00	11.33	59.33
Sweet basil oil 9%+DEET 1%	22.00	26.67	48.67



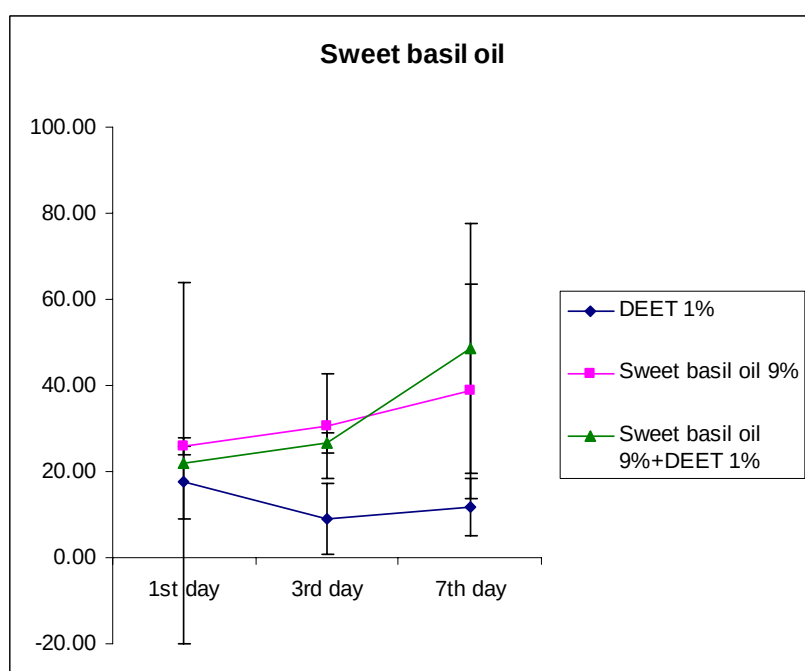
รูปที่ 33 ร้อยละการไล่ยุงระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ในเจลไล่ยุงสะระแหน่; เจลไล่ยุงที่ประกอบด้วย DEET ร้อยละ 1, เจลไล่ยุงที่ประกอบด้วยน้ำมันสะระแหน่ร้อยละ 9, เจลไล่ยุงที่ประกอบด้วยน้ำมันสะระแหน่ร้อยละ 9 ร่วมกับ DEET ร้อยละ 1 เมื่อใช้เจลไล่ยุงเป็นวันแรก วันที่สาม และวันที่เจ็ด



รูปที่ 34 ร้อยละการไล่ยุงระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ในเจลไล่ยุงตะไคร้หอม; เจลไล่ยุงที่ประกอบด้วย DEET ร้อยละ 1, เจลไล่ยุงที่ประกอบด้วยน้ำมันตะไคร้หอมร้อยละ 9, เจลไล่ยุงที่ประกอบด้วยน้ำมันตะไคร้หอมร้อยละ 9 ร่วมกับ DEET ร้อยละ 1 เมื่อใช้เจลไล่ยุงเป็นวันแรก วันที่สาม และวันที่เจ็ด



รูปที่ 35 ร้อยละการไธม์ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ในเจลไธม์มะกรูด; เจลไธม์ที่ประกอบด้วย DEET ร้อยละ 1, เจลไธม์ที่ประกอบด้วยน้ำมันมะกรูดร้อยละ 9, เจลไธม์ที่ประกอบด้วยน้ำมันมะกรูดร้อยละ 9 ร่วมกับ DEET ร้อยละ 1 เมื่อใช้เจลไธม์เป็นวันแรก วันที่สาม และวันที่เจ็ด



รูปที่ 36 ร้อยละการไธม์ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ในเจลไธม์โหระพา; เจลไธม์ที่ประกอบด้วย DEET ร้อยละ 1, เจลไธม์ที่ประกอบด้วยน้ำมันโหระพาร้อยละ 9, เจลไธม์ที่ประกอบด้วยน้ำมันโหระพาร้อยละ 9 ร่วมกับ DEET ร้อยละ 1 เมื่อใช้เจลไธม์เป็นวันแรก วันที่สาม และวันที่เจ็ด

จากผลการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพของเจลไฝงส่วนใหญ่ลดลงในช่วงวันที่สามและเพิ่มขึ้นในวันที่เจ็ด ซึ่งอาจเกิดจากการปลดปล่อยสารสำคัญที่มีฤทธิ์ไฝงถูกปลดปล่อยออกมาอย่างรวดเร็วในครั้งแรกที่มีการเปิดฝา และหลังจากนั้นจึงค่อยๆถูกปลดปล่อยออกมาอย่างช้าๆ แต่ทั้งนี้ อาจมีอิทธิพลจากปัจจัยภายนอก เช่น สภาพอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิที่เก็บตัวอย่างและขณะทดลอง แต่อย่างไรก็ตามจากการศึกษาพบว่าเจลไฝงที่ประกอบด้วยน้ำมันสะระแหน่ น้ำมันตะไคร้หอม และน้ำมันมะกรูดยังคงสามารถไฝงได้ดีแม้จะเปิดทิ้งไว้ให้ระเหยนานถึงเจ็ดวัน ส่วนเจลไฝงจากน้ำมันโหระพามีแนวโน้มที่จะมีการปลดปล่อยสารสำคัญที่มีฤทธิ์ไฝงเพิ่มขึ้นช้าๆ เมื่อเวลาผ่านไปมากกว่าเจ็ดวัน

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาตำรับเจลไฝงซึ่งประกอบด้วยส่วนผสมระหว่าง N,N-diethyl-3-methylbenzamide (DEET) และน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรที่มีฤทธิ์ไฝงบางชนิด ได้แก่ ตะไคร้หอม สะระแหน่ กระเพรา โหระพา และมะกรูด และใช้คาร์ราจีแนซึ่งเป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติเพื่อเป็นสารกักเจล ในงานวิจัยนี้ได้ทดสอบและควบคุมคุณภาพของเจลที่ได้โดยการประเมินคุณสมบัติทางกายภาพของเจลที่ได้โดยการสังเกตลักษณะภายนอก ความแรงของกลิ่น การวัดความแข็ง และความเปราะต่างของเจล รวมทั้งการศึกษาความคงตัวของผลิตภัณฑ์ และควบคุมคุณภาพของเจลที่ได้โดยการวิเคราะห์สารสำคัญทั้งสองชนิดในเชิงปริมาณ การกำหนดระยะเวลาที่สามารถใช้เจลไฝงได้อย่างมีประสิทธิภาพจากการวิเคราะห์สารสำคัญและการทดสอบประสิทธิภาพการไฝง โดยพบว่าสูตรตำรับที่ใช้สารกักอิมัลชันในสัดส่วนที่ต่างกันมีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของเจลที่เตรียมได้ ผลการศึกษาความคงตัวของเจลพื้นและเจลไฝงที่เตรียมได้ที่สภาวะเร่ง (อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 75) และในสภาวะปกติ ที่เวลา 2 เดือน และ/หรือ 4 เดือน พบว่าเมื่อเก็บไว้นานขึ้นเจลที่เก็บไว้มีความแข็งแรงลดลง ในบางสูตรตำรับมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ การศึกษาปริมาณการปลดปล่อยน้ำมันหอมระเหยจากเจลไฝง พบว่าเจลไฝงหลังจากศึกษาความคงตัวในสภาวะปกติที่เวลา 4 เดือน มีอัตราการปลดปล่อยน้ำมันหอมระเหยได้มากกว่าเจลไฝงที่เตรียมเสร็จใหม่ ซึ่งอาจเนื่องมาจากน้ำมันหอมระเหยเกิดการอิมัลชันในเจลพื้นหรือเจลพื้นมีคุณสมบัติเปลี่ยนแปลงไป โดยที่อัตราการปลดปล่อยน้ำมันหอมระเหยลดลงเมื่อทำการทดสอบต่อเนื่องเป็นเวลา 7 วัน ผลการทดสอบประสิทธิภาพการไฝงพบว่าเจลไฝงที่มีส่วนผสมของ DEET และน้ำมันหอมระเหยส่วนใหญ่มีร้อยละการไฝงสูง โดยสามารถไฝงได้ลดลงในช่วงวันที่สามและเพิ่มขึ้นในวันที่เจ็ด ซึ่งน่าจะเกิดจากผลเด่นของน้ำมันหอมระเหย เนื่องจาก DEET สามารถไฝงได้ลดลงเมื่อเปิดทิ้งไว้หลายวัน โดยเจลไฝงที่ประกอบด้วยน้ำมันตะไคร้หอม น้ำมันสะระแหน่ และน้ำมันมะกรูดสามารถไฝงได้ดีแม้จะเปิดทิ้งไว้ให้ระเหยนานถึงเจ็ดวัน

ตำรับเจลไฝงที่พัฒนาขึ้นมีข้อดีกว่าผลิตภัณฑ์ไฝงที่มีอยู่เดิมที่เป็นครีมหรือโลชั่น คือสามารถหลีกเลี่ยงการสัมผัสกับสารที่มีฤทธิ์ไฝง โดยเฉพาะ DEET ซึ่งอาจก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนังของผู้ใช้ได้ นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้น้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรร่วมกับ DEET ในรูปของเจลระเหยสามารถช่วยเสริมประสิทธิภาพในการป้องกันยุงได้

เอกสารอ้างอิง (References)

1. Fradin, M.S., 1998. Mosquitoes and mosquito repellents: A clinician's guide. *Annals of Internal Medicine*. 128(11), 931-940.
2. สุทัศน์ นุตสาปนา, 2543. ยุงพาหะมาลาเรียและการควบคุม. ใน: *มาลาเรียวิทยา*. นนทบุรี: กองมาลาเรีย กรมควบคุมโรคติดต่อ กระทรวงสาธารณสุข, หน้า 50-52.
3. ศูนย์ควบคุมโรคติดต่อฯ โดยแมลงที่ 12.3 จังหวัดตรัง, 2549. มาลาเรีย. Available at <http://members.thai.net/vbdctrang/malaria.htm> (4 July 2006)
4. สจิตรา นิมนานิตย์, 2542. โรคไข้เลือดออก. ใน: *โรคไข้เลือดออก คู่มือสำหรับเจ้าหน้าที่สาธารณสุข*. นนทบุรี: สำนักงานควบคุมโรคไข้เลือดออก กรมควบคุมโรคติดต่อ กระทรวงสาธารณสุข, หน้า 4-18.
5. กรมควบคุมโรค, 2549. ไข้มองอีกเสบญี่ปุ่น. Available at <http://www-ddc.moph.go.th/module/html/protect3.doc> (4 July 2006)
6. US EPA. Prevention, Pesticides and Toxic Substances, 1998. Re-registration eligibility decision: DEET. Available at <http://cfpub.epa.gov/oppref/rereg/status.cfm?show=rereg> (4 July 2006)
7. Extension Toxicology Network (EXTOXNET), 2006. Pesticide information profile: DEET. Available at <http://pmep.cce.cornell.edu/profiles/extoxnet/carbaryl-dicrotophos/deet-ext.html> (4 July 2006)
8. Garrettson, L.K., 1997. DEET: Caution for children still needed. *Journal of Toxicology and Clinical Toxicology*. 35, 443-445.
9. นิโบล ธีรศิลป์, 2543. สารป้องกันยุงหรือสารไล่ยุง. ใน *มาลาเรียวิทยา*. นนทบุรี: กองมาลาเรีย กรมควบคุมโรคติดต่อ กระทรวงสาธารณสุข, หน้า 157-159.
10. Lund, W., 1994. *The Pharmaceutical Codex: Principle and Practice of Pharmaceutics*, 12th edition, London.

Output จากงานวิจัย

ผลงานวิจัยที่ได้จากการดำเนินโครงการวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยได้เผยแพร่ผลงานวิจัยสู่สาธารณชน ในรูปแบบต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. นิทรรศการ “สมุนไพร สุขภาพสัตว์ คุณภาพชีวิต” วันที่ 22-23 กุมภาพันธ์ 2550 ณ สโมสรกองทัพบก ถนนวิภาวดีรังสิต กรุงเทพฯ
2. นิทรรศการเฉลิมพระเกียรติ “เกษตรเพื่อคุณภาพชีวิต : สายธารแห่งคุณค่า จากภูมิปัญญาเกษตรไทย” วันที่ 16-18 พฤศจิกายน 2550 ณ Lifestyle Hall ชั้น 2 ศูนย์การค้าสยามพารากอน กรุงเทพฯ

ผลงานวิจัยที่ได้ยังมีประโยชน์ต่อการเรียนการสอนด้านเทคโนโลยีเกษตรกรรม การผลิตยาและการออกแบบระบบนำส่งยา รวมถึงการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติเพื่อประยุกต์ใช้ในทางอุตสาหกรรมยา ทั้งในระดับปริญญาบัณฑิตและบัณฑิตศึกษา

ภาคผนวก

ตารางเปรียบเทียบ กิจกรรมที่วางแผนไว้ และผลที่ได้รับตลอดโครงการ

ลำดับ	กิจกรรม	ผลที่ได้รับ
1	การตั้งตำรับเจลไส่ยง	ได้สูตรตำรับเบื้องต้นของเจลไส่ยง
2	ประเมินคุณสมบัติเบื้องต้นของเจลที่เตรียมได้ในแต่ละตำรับ	ได้เจลไส่ยงเบื้องต้นที่มีลักษณะเหมาะสมและนำใช้งาน
3	สังเกตความคงสภาพของตำรับที่เตรียมได้	ได้เจลไส่ยงที่เหมาะสมและมีความคงตัวดี
4	วัดอัตราการปลดปล่อย DEET และน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรชนิดต่างๆ	ได้ทราบอัตราการปลดปล่อย DEET และน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรชนิดที่นำมาเตรียมในตำรับที่เวลาต่างๆ
5	หาจำนวนชั่วโมงสูงสุดที่เจลไส่ยงสามารถใช้งานได้	สามารถระบุระยะเวลาที่ผลิตภัณฑ์ยังคงสามารถไส่ยงได้
6	ทดสอบประสิทธิภาพการไส่ยงของตำรับที่เตรียมได้แบบ <i>in vivo</i>	ทราบถึงประสิทธิภาพการไส่ยงของตำรับที่เตรียมได้

