



รายงานการวิจัย

เรื่อง

การกักเก็บและควบคุมการปลดปล่อยสมุนไพรกัณยูงในอนุภาคไมโคร/นาโน
พอลิเมอร์และการพัฒนาผลิตภัณฑ์กัณยูงสำหรับเด็กปฐมวัย
Encapsulation and Controlled Release of Mosquito Repellent
Herbal in Polymeric Micro/Nanoparticles and Development of
Mosquito Repellent Product for Early Childhood

ผศ.ดร.ณัฐกฤตา สุวรรณทีป

ผศ.ดร.ศรีสุดา วงศ์วิเศษกุล

ผศ.ดร.จิราภรณ์ พงษ์โสภา

ผศ.ดร.สิรวัดก์ เรืองช่วย ตู้อู่ประกาย

ดร.พรทิพย์ เดชพิชัย

มหาวิทยาลัยสวन्दุสิต

2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสวन्दุสิต



รายงานการวิจัย

เรื่อง

การกักเก็บและควบคุมการปลดปล่อยสมุนไพรกัณยูงในอนุภาคไมโคร/นาโน
พอลิเมอร์และการพัฒนาผลิตภัณฑ์กัณยูงสำหรับเด็กปฐมวัย
Encapsulation and Controlled Release of Mosquito Repellent
Herbal in Polymeric Micro/Nanoparticles and Development of
Mosquito Repellent Product for Early Childhood

ผศ.ดร.ณัฐกฤตา สุวรรณทีป

(คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)

ผศ.ดร.ศรีสุดา วงศ์วิเศษกุล

(คณะพยาบาลศาสตร์)

ผศ.ดร.จิราภรณ์ พงษ์โสภา

(คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)

ผศ.ดร.สิริวัลภ์ เรืองช่วย ตู้ประกาย

(คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)

ดร.พรทิพย์ เดชพิชัย

(คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)

มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต

(งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณแผ่นดินด้านการวิจัย ปีงบประมาณ พ.ศ. 2559)

หัวข้อวิจัย	การกักเก็บและควบคุมการปลดปล่อยสมุนไพรกันยุงในอนุภาคไมโคร/นาโนพอลิเมอร์และการพัฒนาผลิตภัณฑ์กันยุงสำหรับเด็กปฐมวัย
ผู้ดำเนินการวิจัย	ผศ.ดร.ณัฐกฤตา สุวรรณทีป ผศ.ดร.ศรีสุดา วงศ์วิเศษกุล ผศ.ดร.จิราภรณ์ พงษ์โสภา ผศ.ดร.สิริวัลภ์ เรืองช่วย ตู๊ประกาย ดร.พรทิพย์ เดชพิชัย
หน่วยงาน	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
ปี พ.ศ.	2560

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเตรียมอนุภาคระดับไมโคร/นาโนจากพอลิเมอร์เอทิลเซลลูโลสเพื่อกักเก็บและควบคุมการปลดปล่อยสมุนไพรกันยุง คือ น้ำมันตะไคร้หอม อนุภาคที่เตรียมได้มีรูปทรงค่อนข้างกลม เส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคเฉลี่ยประมาณ 492 นาโนเมตร ถึงประมาณ 1 ไมครอน สามารถควบคุมการปลดปล่อยน้ำมันตะไคร้หอมที่ถูกกักเก็บไว้ให้มีความคงตัวรักษากลิ่นไว้ได้นาน ทำให้สามารถคงความหอมและประสิทธิภาพกันยุงของน้ำมันตะไคร้หอม นอกจากนี้อนุภาคที่เตรียมได้สามารถทำให้แห้งและกระจายตัวกลับเป็นสารแขวนลอยในน้ำได้ จากนั้นนำอนุภาคที่กักเก็บน้ำมันตะไคร้หอมมาผสมกับเจลพื้นเพื่อเตรียมผลิตภัณฑ์เจลที่สามารถกันยุงได้นานขึ้น ทำการทดสอบประสิทธิภาพออกฤทธิ์ไต่ยุงกับอาสาสมัครโดยวิธีมาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม พบว่าผลิตภัณฑ์เจลไมโคร/นาโนตะไคร้หอมที่มีน้ำมันตะไคร้หอมความเข้มข้น 1%w/w มีประสิทธิภาพในการไล่และป้องกันยุงกัดได้นานที่สุดเป็นเวลา 4.0 ชั่วโมง เมื่อเทียบกับการใช้เจลผสมน้ำมันตะไคร้หอม 1%w/w และ 1%w/v ในสารละลายเอทานอล 50%v/v ซึ่งพบว่าสามารถไต่ยุงได้นาน 2 ชั่วโมง และ 30 นาที ตามลำดับ และการใช้สารละลายน้ำมันตะไคร้หอม พบว่าทำให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนังโดยทำให้ผิวหนังแสบร้อน ในขณะที่การใช้ผลิตภัณฑ์เจลไมโคร/นาโนตะไคร้หอมไม่พบการระคายเคือง นอกจากนี้ยังให้กลิ่นหอมบางเบากว่าเป็นที่พึงพอใจ การประเมินความคงตัวทางกายภาพไม่พบการแยกของน้ำมันตะไคร้หอมออกจากผลิตภัณฑ์หลังจากการเก็บไว้ในอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ผลการเปรียบเทียบสรุปได้ว่าการใช้ความเข้มข้นของน้ำมันตะไคร้หอมที่เท่ากัน ผลิตภัณฑ์เจลไมโคร/นาโนตะไคร้หอมมีประสิทธิภาพในการไล่ยุงได้นานกว่าเจลผสมน้ำมันตะไคร้หอมและสารละลายน้ำมันตะไคร้หอม ($p=0.05$)

Research Title	Encapsulation and Controlled Release of Mosquito Repellent Herbal in Polymeric Micro/Nanoparticles and Development of Mosquito Repellent Product for Early Childhood
Researchers	Assist. Prof. Natthakitta Suwannateep, Ph.D. Assist. Prof. Sresuda Wongwiseskul, Ph.D. Assist. Prof. Jiraporn Pongsopa, Ph.D. Assist. Prof. Sirawan Ruangchuay Tuprakay, Ph.D. Porntip Dechpichai, Ph.D.
Organization	Faculty of Science and Technology, Suan Dusit University
Year	2017

This research aims to study the preparation of micro/nanoparticles from polymer - ethyl cellulose – in order to encapsulate and control the release of herbal mosquito repellent - citronella oil. The polymeric particles containing the citronella oils were formed in a spherical shape with micro/nm particle size. The average particle diameter is about 492 nm to 1 micron. Citronella oil encapsulated by this research technique is stable. Therefore, it can maintain the aroma and efficiency of mosquito repellent. In addition, the prepared particles can be dried and dispersed into a water suspension. Then, the encapsulated citronella oil micro/nanoparticles were mixed with gel base to produce a long lasting mosquito repellent gel product. The efficiency and the duration of effectiveness were tested using the standard method of the Thai Industrial Standards Institute, Ministry of Industry, by applying it onto the skin of healthy volunteers. It was found that a 1% w/w micro/nano encapsulated citronella oil particle gel product was the most effective formulation regarding chasing away and preventing mosquitoes from biting for 4.0 hours compared to 1% w/w free citronella oil gel and 1% w/v in 50% v/v ethanol solution, which could only keep mosquitoes away for 2 hours and 30 minutes, respectively, also citronella ethanolic solution partly causes skin irritation, while using micro/nano-citronella gel, no irritation was found. At the latter there is a light scent, which volunteers found acceptable in contrast to some odor issues caused by the 50% v/v ethanol solution. The physical stability assessment showed no oil cracking after a 4 weeks storage at 30 °C. In conclusion, compared the three formulations using the same concentration of citronella oil, micro/nano-citronella gel was more effective than citronella solution ($p = 0.05$) in terms of the duration it keeps mosquitoes away.

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากการได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และมหาวิทยาลัยสวนดุสิต รวมถึงได้รับความช่วยเหลือ คำปรึกษา การสนับสนุนและกำลังใจ อย่างดียิ่งจากกัลยาณมิตร อาจารย์ฮิวเบิร์ต ครอบครั้ว ผู้ทรงคุณวุฒิ อาสาสมัคร และทุกท่านที่เกี่ยวข้อง คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

คณะผู้วิจัย

2560

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ขอบเขตการวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
อนุภาคนาโนและระบบนำส่ง	3
พอลิเมอร์กับระบบนำส่งยาด้วยอนุภาคนาโน	9
สารเคมีกำจัดแมลงในบ้านเรือน	11
ผลิตภัณฑ์กันยุง (Mosquito repellent)	15
สมุนไพรป้องกันยุง	18
น้ำมันตะไคร้หอม (Citronella oil)	20
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	22
กรอบแนวคิดในการวิจัย	25
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	26
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	26
สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย	26
วิธีดำเนินการวิจัย	27
บทที่ 4 ผลการวิจัย	31
ผลการเตรียมอนุภาคไมโคร/นาโนจากพอลิเมอร์	31
ผลการกักเก็บน้ำมันตะไคร้หอมในอนุภาคไมโคร/นาโนพอลิเมอร์	33
ลักษณะโครงสร้าง รูปร่าง และขนาดของอนุภาคไมโคร/นาโนพอลิเมอร์	34
ความคงตัวของอนุภาคไมโคร/นาโนพอลิเมอร์	37

	หน้า
ความสามารถในการกระจายตัวกลับของอนุภาคไมโคร/นาโนพอลิเมอร์	37
ผลการเตรียมผลิตภัณฑ์เจลกันยุง	38
ผลการประเมินคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์เจลกันยุง	39
ผลการทดสอบประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์กันยุงในอาสาสมัคร	40
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	41
สรุปผลการวิจัย	41
อภิปรายผล	41
ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้	43
ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป	43
บรรณานุกรม	44
บรรณานุกรมภาษาไทย	44
บรรณานุกรมภาษาต่างประเทศ	45
ประวัติผู้วิจัย	49

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์สารเคมีกำจัดแมลงในบ้านเรือนที่มีจำหน่ายในท้องตลาด ประเภทออกาโนฟอสเฟตชนิดไดคลอวอส เป็นตัวยาสำคัญชนิดเดียว	12
2.2	ผลิตภัณฑ์ที่มีสารเคมีกำจัดแมลงไดคลอวอสเป็นสารสำคัญร่วมกับสารเคมีกำจัดแมลงชนิดอื่น	13
2.3	ผลิตภัณฑ์ที่มีสารเคมีกำจัดแมลงประเภทไพเรทริน และไพเรทรอยด์ เป็นสารสำคัญประเภทเดียว	14
2.4	ผลิตภัณฑ์สารเคมีกำจัดแมลงชนิดผงและแท่งจุดกันยุง	14
4.1	ขนาดอนุภาคไมโคร/นาโนพอลิเมอร์ที่เตรียมได้ด้วยวิธีต่าง ๆ	35
4.2	ลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์เจล เมื่อเตรียมเสร็จใหม่ ๆ	39
4.3	ลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์เจลหลังการทดสอบความคงตัว	39
4.4	ผลการทดสอบประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์กันยุงและความพึงพอใจของอาสาสมัคร	40

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
4.1	สารละลายและสารแขวนลอยเอทิลเซลลูโลส 1 % w/v ที่เตรียมด้วยวิธีต่าง ๆ	32
4.2	สารแขวนลอยน้ำมันตะไคร้หอมในอนุภาคไมโคร/นาโนพอลิเมอร์เตรียมด้วยวิธีไดอะไลซิส	33
4.3	สารแขวนลอยน้ำมันตะไคร้หอมในอนุภาคไมโคร/นาโนพอลิเมอร์เตรียมด้วยอัตราส่วนต่าง ๆ	34
4.4	ลักษณะรูปร่างอนุภาคจากภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด	36
4.5	การกระจายตัวกลับในน้ำเป็นสารแขวนลอยของอนุภาคไมโคร/นาโนพอลิเมอร์ที่กักเก็บน้ำมันตะไคร้หอม	37
4.6	ลักษณะผลิตภัณฑ์เจลผสมน้ำมันตะไคร้หอม	38
4.7	ลักษณะสารละลายน้ำมันตะไคร้หอม	38
4.8	เปรียบเทียบการทาที่ผิวด้วย เจลตะไคร้หอม (แฉวบน) เจลตะไคร้หอมนาโน (แฉวล่าง)	40

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญ

ผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงในบ้านเรือน เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยม และรู้จักกันแพร่หลายในการนำมาใช้เพื่อป้องกันตัวเองจากการรบกวนโดยแมลงในบ้านเรือน โดยเฉพาะจากยุง ผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงในบ้านเรือน ที่ใช้กันอยู่ทั่วไป มีอยู่หลายชนิด ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ชนิดฉีดพ่นอัดแก๊ส ผลิตภัณฑ์ชนิดแผ่นหรือของเหลวที่ใช้กับเครื่องไฟฟ้า และผลิตภัณฑ์ยาจุดกันยุงซึ่งใช้กันมากที่สุดในบรรดาผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงในบ้านเรือนทั้งหมด เพราะเป็นสินค้าที่หาซื้อง่าย ราคาไม่แพง และมีประสิทธิภาพดีพอสมควร ผลิตภัณฑ์ป้องกันและกำจัดแมลงในบ้านเรือน เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีองค์ประกอบของสารเคมีที่จัดเป็นวัตถุอันตรายตามบัญชีรายชื่อวัตถุอันตราย พ.ศ. 2538 ของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา โดยชนิดของสารเคมีที่ใช้ในผลิตภัณฑ์แต่ละประเภท และค่าความเป็นพิษของสารเคมีแต่ละตัวแบ่งตามระดับความเป็นพิษที่ได้รับเข้าสู่ร่างกายทางปาก (oral) หรือทางผิวหนัง (dermal) ในหนูขาว (วัดด้วยค่า LD₅₀ มีหน่วยเป็นมิลลิกรัม/น้ำหนักร่างกาย 1 กิโลกรัม) ตามองค์การอนามัยโลก พบว่าสารเคมีที่ใช้ในผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงในบ้านเรือน ประกอบด้วยสารในกลุ่มไพรีทรอยด์เกือบทั้งหมด ยกเว้นผลิตภัณฑ์ชนิดฉีดพ่นอัดแก๊ส ซึ่งมักมี DDVP (dichlorvos หรือ 2,2-dichlorovinyl dimethyl phosphate) และ propoxur เป็นสารออกฤทธิ์ โดยจัดอยู่ในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมทตามลำดับ ถึงแม้ว่าสารประกอบไพรีทรอยด์จะมีความเป็นพิษน้อย แต่ผู้ใช้ก็ควรจะมีคามระมัดระวังในการใช้ ระวังอย่าหายใจเอาละอองของผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงเข้าไปในร่างกายขณะฉีดพ่น และใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีสารเคมีเมื่อจำเป็นเท่านั้น เพราะสารเคมีทุกชนิดล้วนมีพิษทั้งสิ้น (พรรณเกษม แผ่พร. และคณะ, 2560)

ผลิตภัณฑ์ป้องกันยุงที่ใช้กับร่างกายที่มีขายอยู่ตามท้องตลาดในปัจจุบันมีหลายรูปแบบ ทั้งแบบสเปรย์ ลูกกลิ้ง (roll on) โลชั่นทากันยุง และแป้งทาตัว ซึ่งในผลิตภัณฑ์โดยส่วนใหญ่แล้วมีส่วนประกอบสำคัญที่คล้ายกันคือ สารเคมีที่ผสมในเปอร์เซ็นต์สูง ได้แก่ ไดเอทิลเมตาโทลูเอไมด์ (diethyl-meta-toluamide) ไดเมทิลทาเลต (dimethyl phthalate) และ เอทิลบิวทิลอะซีลอะมิโนโพรพิโอเนต (ethyl butylacetyl amino propionate) เพียงแต่ผลิตภัณฑ์แต่ละตัวจะมีการเติมแต่งกลิ่นที่แตกต่างกัน เพื่อตอบสนองความชอบที่ต่างกันของผู้บริโภค การที่ผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีส่วนประกอบสำคัญในการออกฤทธิ์คือสารเคมีสังเคราะห์ทำให้มีข้อเสียคือ ผู้ใช้บางคนอาจเกิดอาการแพ้และอาจมีการตกค้างของสารเคมีในร่างกายของผู้ใช้ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ได้ การนำสมุนไพรมาใช้ทดแทนการใช้สารเคมีจึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ สมุนไพรที่มักใช้กัน คือ ตะไคร้หอม สะระแหน่ มะกรูด โดยทำการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรและผสมลงในผลิตภัณฑ์กันยุง แต่พบว่าผลิตภัณฑ์กันยุงที่ผสมน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรเหล่านี้ถึงแม้จะสามารถไล่ยุงได้แต่ประสิทธิภาพการใช้นั้นมักมีระยะเวลาสั้น ใช้กันยุงได้ประมาณ 2-3 ชั่วโมง ทำให้ไม่สะดวกที่ผู้ใช้จะต้องทาบ่อย ๆ หรือหากจะเตรียมผลิตภัณฑ์ที่ป้องกันยุงได้นานขึ้นก็สามารถทำได้ แต่มีข้อเสียคือ

ผลิตภัณฑ์มักมีอายุการเก็บรักษาสั้นที่อุณหภูมิห้อง หรือมีกลิ่นน้ำมันหอมระเหยฉุนเกินไปทำให้ไม่เป็นที่พึงพอใจของผู้ใช้ และเสี่ยงในการเกิดอาการแพ้ต่อผู้ใช้ได้

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำน้ำมันตะไคร้หอมที่กักเก็บไว้ในอนุภาคระดับไมโคร/นาโนพอลิเมอร์ มาศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาตัวรับผลิตภัณฑ์กันยุง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ตัวรับผลิตภัณฑ์ที่ยังคงประสิทธิภาพป้องกันยุงได้ ลดความเสี่ยงเรื่องการระคายเคืองผิวที่เกิดจากการใช้ผลิตภัณฑ์กันยุงที่ผสมสารสกัดสมุนไพรในปริมาณสูง ๆ ลดปัญหาเรื่องกลิ่นของตะไคร้หอมที่ผู้ใช้บางคนอาจไม่ชอบใจ รวมถึงนำไปสู่การลดเลิกการใช้สารเคมีกันยุงได้ ผู้วิจัยคาดหวังว่าผลงานวิจัยนี้จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่สอดคล้องกับความต้องการป้องกันปัญหาด้านสุขภาพ ได้แก่ ใช้ป้องกันยุงกัดในเด็กปฐมวัยอันจะเป็นการป้องกันปัญหาโรคไข้เลือดออกทางอ้อมได้ และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับน้ำมันตะไคร้หอมและผลิตภัณฑ์จากตะไคร้หอม ซึ่งจะสามารถส่งเสริมให้ชุมชนหรือผู้สนใจพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชนเพื่อประโยชน์ทางสุขภาพและธุรกิจของชุมชนได้อีกด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเตรียมผลิตภัณฑ์กันยุงที่ผสมน้ำมันตะไคร้หอมที่กักเก็บในอนุภาคระดับไมโคร/นาโนพอลิเมอร์
2. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพป้องกันยุงของผลิตภัณฑ์กันยุงผสมน้ำมันตะไคร้หอมที่กักเก็บในอนุภาคระดับไมโคร/นาโนพอลิเมอร์

ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยนี้ทำการเตรียมอนุภาคระดับไมโคร/นาโนพอลิเมอร์จากกลุ่มอนุพันธ์เซลลูโลสเพื่อกักเก็บน้ำมันตะไคร้หอมที่อัตราส่วนปริมาณเริ่มต้นระหว่างพอลิเมอร์ต่อน้ำมันตะไคร้หอมเป็น 1:1 โดยใช้เทคนิควิธีไดอะไลซิส ผลิตภัณฑ์กันยุงที่ผสมอนุภาคระดับไมโคร/นาโนพอลิเมอร์ที่กักเก็บน้ำมันตะไคร้หอมที่เตรียมเพื่อทดสอบประสิทธิภาพกันยุงของน้ำมันตะไคร้หอมที่ถูกกักเก็บอยู่ในอนุภาคคือผลิตภัณฑ์ชนิดเจลทา อาสาสมัครที่ทำการทดสอบผลิตภัณฑ์เจลกันยุงคือ ครูผู้ดูแลเด็ก สังกัดศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก จำนวน 15 คน ระยะเวลาการทดสอบ 1 สัปดาห์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ตัวรับเบื้องต้นของผลิตภัณฑ์กันยุงที่ผสมน้ำมันตะไคร้หอมที่กักเก็บในอนุภาคไมโคร/นาโนพอลิเมอร์ของกลุ่มอนุพันธ์เซลลูโลส
2. ทราบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์กันยุงที่ผสมน้ำมันตะไคร้หอมที่กักเก็บในอนุภาคระดับไมโคร/นาโนพอลิเมอร์
3. สามารถนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่สอดคล้องกับความต้องการด้านสุขภาพได้

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อนุภาคนาโนและระบบนำส่ง (Nanoparticles and Delivery Systems)

ระบบนำส่งเป็นศาสตร์ที่บูรณาการความรู้จากสาขาวิชา มีการศึกษาวิจัยเทคโนโลยีระบบนำส่งยามากมาย แต่การพัฒนาที่ได้รับความนิยมมากคือ ระบบนำส่งยาในระดับนาโนเมตร หรือเรียกว่าอนุภาคนาโน โดยมีการนำอนุภาคนาโนไปใช้นำส่งยาในรูปแบบเดิม และพัฒนาเพื่อนำส่งยาโปรตีน วัคซีน และนิวคลีโอไทด์ เป็นต้น โดยที่ระบบนำส่งในระดับอนุภาคนาโนหรือระบบคอลลอยด์อื่น ๆ ที่พัฒนาขึ้นและนำไปใช้นั้นจะมีผลต่อค่าเภสัชจลนศาสตร์ การกระจาย และการปลดปล่อยสารสำคัญที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพในร่างกาย นอกจากนี้ยังมีการนำอนุภาคนาโนใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง เช่น ผลิตภัณฑ์กันแดด ผลิตภัณฑ์บำรุงผิว เป็นต้น ในที่นี้จะกล่าวถึงระบบนำส่งรูปแบบต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ (อำพล ไมตรีเวช และคณะ, 2555)

ลิโปโซม (Liposomes)

ลิโปโซม คือ อนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่าระดับไมครอน (submicron) มีลักษณะเป็นถุงกลม ๆ ของสารไขมัน โดยสารไขมันเหล่านี้เป็นสารชนิดแอมฟิพาติก (amphipathic) กล่าวคือมีทั้งกลุ่มมีขั้ว (polar) ชอบน้ำ (hydrophilic) และกลุ่มที่ไม่ชอบน้ำในโมเลกุล (hydrophobic) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นไขมันประเภทฟอสโฟลิพิด (phospholipids) ทั้งที่ได้จากธรรมชาติและได้จากการสังเคราะห์ขึ้น ตัวยาหรือสารสำคัญที่มีคุณสมบัติชอบน้ำจะกักเก็บอยู่ในส่วนของชั้นที่มีขั้ว ส่วนตัวยาหรือสารสำคัญที่มีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำจะแทรกอยู่ใน lipid bilayer โดยทั่วไปตัวยาหรือสารสำคัญที่มีคุณสมบัติชอบน้ำจะถูกกักเก็บในลิโปโซมได้มากกว่าพวกที่มีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ ลิโปโซมส่วนใหญ่จะมีขนาดอยู่ในช่วง 50 นาโนเมตรจนถึงหลายร้อยนาโนเมตร มีวิธีการเตรียมได้หลายวิธี เช่น วิธีอัลตราซาวนด์ (ultrasound) วิธีปั่นผสมเป็นเนื้อเดียวกันด้วยความดันสูง (high-pressure homogenization) วิธีการอัดรีดผ่านแผ่นกรอง (extrusion) วิธีฉีดด้วยตัวทำละลาย (solvent injection method) วิธีทินฟิล์มไฮเดรชัน (thin-film hydration method) และ วิธีระเหยกลับวัฏภาค (reverse phase evaporation) ปัจจุบันมีการศึกษาวิจัยในการนำส่งตัวยาหรือสารสำคัญด้วยลิโปโซมมากมาย หลายการศึกษาพบว่าการนำส่งด้วยลิโปโซมสามารถนำส่งตัวยาหรือสารสำคัญสู่ตำแหน่งของผิวหนังบริเวณที่ต้องการได้มากกว่านำส่งในรูปแบบอื่น ๆ เช่น รูปแบบยาน้ำใส่ทั่วไป ยาน้ำแขวนตะกอน หรือรูปแบบเจล นอกจากนี้ยังสามารถนำส่งตัวยาหรือสารสำคัญสู่บริเวณผิวหนังที่มีปัญหา เช่น โรคสะเก็ดเงิน (psoriasis) โรคติดเชื้อรา (mycosis) บริเวณที่มีขนดก (idiopathic hirsutism) และบริเวณผิวหนังที่มีการติดเชื้ออื่น ๆ ได้ เนื่องจากลิโปโซมสามารถกักเก็บตัวยาไว้ในถุงได้ในปริมาณสูงจึงมีประโยชน์ในการนำส่งตัวยาหรือสารสำคัญเฉพาะที่บนผิวหนัง ทำให้สามารถลดขนาดยาและลดการเกิดอาการระคายเคืองบริเวณผิวหนัง (อำพล ไมตรีเวช และคณะ, 2555)

อนุภาคนาโนไขมัน (Lipid nanoparticles)

อนุภาคนาโนไขมันประกอบด้วยไขมันแข็ง (solid lipid) หรือส่วนผสมระหว่างไขมันแข็งและไขมันเหลว (liquid lipid) เป็นส่วนประกอบหลักซึ่งมีชื่อเรียกว่า solid lipid nanoparticles (SLNs) และ nanostructured lipid carriers (NLCs) ตามลำดับ อนุภาคนาโนไขมันทั้งสองชนิดเตรียมจากไขมันที่มีความปลอดภัยต่อร่างกาย โดยไม่หลอมละลายที่อุณหภูมิห้องหรือร่างกาย การที่ส่วนประกอบของไขมันเหลวตำรับ NLCs ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการกักเก็บตัวยาหรือสารสำคัญ และมีการควบคุมการปลดปล่อยตัวยาหรือสารสำคัญออกมาจากตำรับที่ดีขึ้นกว่า SLNs เนื่องจากตัวยาหรือสารสำคัญที่ใส่เข้าไปในตำรับสำหรับ SLNs สารจะแทรกตัวอยู่ระหว่างโครงร่างผลึก (crystal lattice) ที่เป็นระเบียบแต่ใน NLCs สารจะแทรกตัวอยู่ระหว่างโครงร่างที่ไม่เป็นระเบียบทำให้ปริมาณของตัวยาหรือ สารสำคัญถูกกักเก็บได้มากขึ้น โดยการกักเก็บตัวยาหรือสารสำคัญที่มีคุณสมบัติชอบไขมันอาจถูกกักเก็บอยู่ในอนุภาคได้ถึง 90-98 % ในขณะที่ตัวยาหรือสารสำคัญที่มีคุณสมบัติชอบน้ำอาจถูกกักเก็บได้ประมาณ 20-30 % สารกลุ่ม tristearin นิยมนำมาเตรียม SLNs ส่วนผสมระหว่าง mono-, di- และ triacylglycerols รวมถึง monoacids และ poly(acid acyl) glycerols นิยมนำมาเตรียม NLCs การเตรียมอนุภาคนาโนไขมันมีหลายวิธี เช่น วิธีปั่นผสมเป็นเนื้อเดียวกันด้วยความดันสูงแบบเตรียมที่อุณหภูมิสูงหรือต่ำ (hot or cold high-pressure homogenization), วิธีทำให้เกิดอิมัลชันด้วยตัวทำละลายและการระเหย (solvent emulsification and evaporation), วิธีทำให้เกิดอิมัลชันและการแพร่ผ่าน (emulsification-diffusion technique) และ การกลับวัฏภาค (phase inversion) เป็นต้น อนุภาคนาโนไขมันมีข้อดีในการนำส่งตัวยาหรือสารสำคัญ คือ ไขมันซึ่งเป็นส่วนประกอบในตำรับทำให้พื้นที่ผิวของอนุภาคสูงขึ้น ทำให้การยึดเกาะกับผิวหนังสูงขึ้นและสามารถทำให้เกิดการปกคลุมผิวเมื่อทาลงบนผิวหนัง โดยผิวหนังจะมีความชุ่มชื้นสูงขึ้นและยังมีคุณสมบัติในการเพิ่มการแทรกผ่านผิวหนัง (penetration enhancer) ทำให้การซึมผ่านของตัวยาหรือสารสำคัญที่ปล่อยออกจากอนุภาคเพิ่มสูงขึ้น อนุภาคนาโนไขมันจะช่วยลดการสลายตัวของสารสำคัญที่ไวต่อแสง ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) และปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (hydrolysis) การเตรียมอนุภาคนาโนไขมันให้อยู่ในรูปแบบที่ใช้ง่ายทางเวชสำอาง เช่น ครีม โลชั่นหรือเจล อาจทำได้โดยการเติมอนุภาคนาโนไขมันลงในครีมหรือเจลที่เตรียมไว้ การใส่สารที่เหนียวทำให้เกิดความหนืด (viscosity enhancers) ลงในส่วนน้ำของอนุภาคนาโนไขมันเพื่อให้เกิดเป็นเจล หรือเตรียมอนุภาคนาโนไขมันโดยใช้ไขมันในความเข้มข้นสูงจนทำให้ผลึกไขมันที่เตรียมออกมามีลักษณะใกล้เคียงกับครีม (อำพล ไม้ตรีเวช และคณะ, 2555)

นาโนอิมัลชัน (Nanoemulsion)

นาโนอิมัลชัน เป็นระบบที่ประกอบด้วยน้ำมัน น้ำ และสารลดแรงตึงผิวในปริมาณสูง มีลักษณะเป็นของเหลวใสที่มีความคงตัวทางเทอร์โมไดนามิกส์สูง ขนาดของหยดอนุภาคในตำรับมักมีขนาดเล็กกว่า 100 นาโนเมตร สามารถคงรูปอยู่ได้จากผิวฟิล์มของสารลดแรงตึงผิว สารลดแรงตึงผิวที่นิยมใช้คือกลุ่มสารลดแรงตึงผิวที่ไม่มีประจุ (nonionic surfactants) และกลุ่มสารลดแรงตึงผิวที่มี

ทั้งประจุบวกและลบ (zwitterionic surfactants) ตัวยาหรือสารสำคัญที่มีคุณสมบัติชอบน้ำหรือไม่ชอบน้ำสามารถนำส่งด้วยระบบนี้ได้ สารลดแรงตึงผิวในตำรับสามารถทำปฏิกิริยากับไขมันที่อยู่ระหว่างเซลล์ของผิวหนัง ทำให้สามารถเพิ่มการซึมผ่านของตัวยาหรือสารสำคัญผ่านผิวหนัง และในส่วนของวิทยาศาสตร์ไขมันสามารถทำให้เกิดการปกคลุมผิวเมื่อทาทางบนผิวหนัง โดยทำให้ผิวหนังมีความชุ่มชื้นสูงขึ้น ส่วนหยดอนุภาคอิมัลชันจะยุบตัวหรือหลอมไปกับส่วนประกอบของผิวหนัง หยดของเหลวที่มีขนาดเล็กของนาโนอิมัลชันทำให้มีพื้นที่ผิวที่มากและเกิดการ สะสมบนผิวอย่างสม่ำเสมอ จึงทำให้กระบวนการแทรกซึมของสารสำคัญเข้าสู่ผิวหนังเกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ การสร้างฟิล์มปกคลุมบนผิวหนังของนาโนอิมัลชัน ช่วยลดการสูญเสียยาจากผิวหนังชั้นนอก ทำให้ผิวมีความชุ่มชื้นเพิ่มการเกิดไฮเดรชัน (hydration) จึงเพิ่มการแทรกซึมของสารสำคัญเข้าสู่ผิวหนัง นอกจากนี้จากคุณสมบัติของนาโนอิมัลชันที่ไม่เป็นอันตราย ไม่ก่อให้เกิดการระคายเคือง ไม่อุดตันรูขุมขน ยอมให้อากาศและน้ำไหลผ่านได้ ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของนาโนอิมัลชันน่าใช้และให้ความรู้สึกที่ดีหลังการใช้ แม้ว่าจะมีงานวิจัยมากมายกล่าวถึงศักยภาพในการนำนาโนอิมัลชันมาประยุกต์ใช้ แต่รายงานการประยุกต์ใช้นาโนอิมัลชันยังมีอยู่อย่างจำกัด ทั้งนี้เนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องความคงตัว ทำให้นาโนอิมัลชันไม่สามารถเก็บไว้ได้นาน จึงต้องใช้ทันทีหลังจากเตรียมเสร็จซึ่งไม่เหมาะกับการนำไปใช้จริง (อำพล ไมตรีเวช และคณะ, 2555)

ระบบตัวพาประเภทสารพอลิเมอร์ (Polymer-based nanosystems)

อนุภาคนาโนแคปซูลจากพอลิเมอร์ /อนุภาคนาโนจากพอลิเมอร์ (Polymeric Nanocapsules /Nanoparticles)

อนุภาคนาโนหรืออนุภาคนาโนแคปซูลสามารถเตรียมได้จากพอลิเมอร์หลาย ๆ ชนิด ตัวยาหรือสารสำคัญสามารถถูกกักเก็บได้หลายรูปแบบ เช่น ถูกกักเก็บอยู่ในแกนกลางของอนุภาคกระจายอยู่ในพอลิเมอร์แมทริกซ์ (polymer matrix) ถูกดูดซับหรือเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับพอลิเมอร์ อนุภาคที่ได้จะมีความคงรูป (rigid) มากกว่าระบบอื่น ๆ พอลิเมอร์ที่นำมาใช้เตรียมนั้นมีทั้งแบบที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (biodegradable polymers) และแบบที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ (nondegradable polymers) เช่น poly(lactide-co-glycolide) (PLGA), poly(butyl cyanoacrylate), polymethacrylate, chitosan, poly(ϵ -caprolactone) (PCL) และ poly(vinyl alcohol)-fatty acid copolymers อนุภาคนาโนแคปซูลจากพอลิเมอร์ส่วนใหญ่จะซึมผ่านผิวหนังลงไปสู่บริเวณชั้นสตราตัมคอร์เนียม ในขณะที่อนุภาคนาโนจากพอลิเมอร์จะแทรกผ่านลึกลงไปชั้นผิวหนังได้จะใช้ช่องทางผ่านทางรูขุมขน

เดนไดรเมอร์ (Dendrimers)

เป็นระบบนำส่งอนุภาคนาโนแบบใหม่ โดยเดนไดรเมอร์มีลักษณะเป็นกิ่งก้านของสายพอลิเมอร์ล้อมรอบแกนกลางด้านใน รูปร่างโดยรวมมีลักษณะกลม ขนาดอนุภาคประมาณ 1-10 นาโนเมตร ข้อดีของเดนไดรเมอร์ คือ มีจำนวนหมู่ฟังก์ชันที่บริเวณผิวของอนุภาคจำนวนมาก ทำให้สามารถนำส่งตัวยาหรือสารสำคัญปริมาณสูงได้และสามารถเกิดอันตรกิริยา (multivalent interaction) กับเยื่อหุ้มเซลล์ในร่างกาย (biological membranes) โดยตัวยาหรือสารสำคัญที่จะ

นำส่งสามารถถูกกักเก็บอยู่บริเวณแกนกลาง (nanocantainers) เกิดสารประกอบเชิงซ้อนหรือเชื่อมต่อ (conjugate) กับหมู่ฟังก์ชันที่บริเวณผิวอนุภาค (nanoshells) เดนไดรเมอร์สามารถสังเคราะห์ขึ้นได้ 2 วิธี คือ 1) การสร้างแบบไดเวอร์เจนท์ (divergent synthesis) เป็นการสังเคราะห์โดยเริ่มจากแกนกลาง 2) การสร้างแบบคอนเวอร์เจนท์ (convergent synthesis) เป็นการสังเคราะห์โดยเริ่มจากภายนอกสู่ภายใน หมู่ฟังก์ชันบริเวณพื้นผิวของอนุภาคสามารถปรับแต่งเพื่อให้เหมาะกับการนำส่งตัวยาหรือสารสำคัญได้หลากหลาย เดนไดรเมอร์ที่มีใช้ในท้องตลาด ได้แก่ poly(amidoamine) (PAMAM) และ poly(propyleneimine) (อำพล ไมตรีเวช และคณะ, 2555)

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเครื่องสำอางให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยมีการใส่สารสำคัญลงไปในผลิตภัณฑ์เพื่อให้มีการออกฤทธิ์เชิงรักษาเรียกว่า เวชสำอาง อีกทั้งยังมีแนวทางการพัฒนาตำรับเวชสำอางให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้นด้วยการใช้ระบบนำส่ง โดยเฉพาะการใช้อนุภาคนาโนในผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้ผิวหนังเป็นเครื่องกีดขวางที่สำคัญในการซึมผ่านของสารสำคัญ ข้อมูลของสารสำคัญ เช่น คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ รวมทั้งกลไกการออกฤทธิ์และชั้นผิวหนังที่เป็นเป้าหมายในการออกฤทธิ์ เป็นข้อมูลสำคัญในการเลือกวิธีนำส่งสารสำคัญเข้าสู่ชั้นของผิวหนัง การเลือกใช้วิธีนำส่งสารสำคัญที่เหมาะสมจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการซึมผ่านของสารสำคัญ ประหยัดและปลอดภัยแก่ผู้ใช้ ข้อได้เปรียบในการนำส่งสารสำคัญเหล่านี้โดยการกักเก็บไว้ในระบบนำส่งอนุภาคนาโนคือความสามารถในการเพิ่มการดูดซึม เพิ่มการละลาย สามารถป้องกันการเสื่อมสลาย ควบคุมการปลดปล่อยสารสำคัญ หรือทำให้เกิดความรู้สึกสัมผัสที่ตึงบนผิวหนังหลังจากใช้ผลิตภัณฑ์ ฯลฯ อนุภาคนาโนที่สามารถนำมาใช้มีอยู่ในหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของอนุภาค วิธีที่ใช้ผลิตสารสำคัญที่ต้องการกักเก็บ กลไกการนำส่งอนุภาคที่ต้องการ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้อาจกำหนดสมบัติทางเคมีกายภาพของอนุภาคนาโน เช่น ขนาดอนุภาค พื้นผิวอนุภาค และความคงตัวของอนุภาค เป็นต้น ในท้องตลาดได้มีผลิตภัณฑ์ที่มีอนุภาคนาโนเป็นระบบนำส่ง ซึ่งสามารถนำส่งสารสำคัญได้อย่างมีประสิทธิภาพดีกว่าตำรับเครื่องสำอางแบบเก่า เช่น ครีม หรือ อิมัลชัน นอกจากนี้ยังทำให้ผลิตภัณฑ์มีความน่าสนใจและเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์อีกด้วย อย่างไรก็ตามการพัฒนาาระบบนำส่งอนุภาคนาโน นอกเหนือจากการทดสอบถึงลักษณะทางเคมีกายภาพและความคงสภาพของอนุภาคนาโน ผู้พัฒนาต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ก่อนที่จะนำไปใช้ต่อไป

ระบบนำส่งยาแบบประยุกต์ (Advanced Drug Delivery Systems)

ในขณะที่นักวิจัยพยายามคิดค้นหาตัวยาใหม่ ๆ ที่มีประสิทธิภาพในการรักษาและมีความปลอดภัย เพื่อใช้ทดแทนตัวยาหลาย ๆ ชนิดที่มีใช้อยู่เดิมนั้น ก็มีกลุ่มนักวิจัยที่พยายามนำตัวยาที่มีอยู่มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดและเพิ่มความสะดวกสบายในการใช้ยา โดยการออกแบบพัฒนาอุปกรณ์นำส่งยา (delivery device) เช่น Osmotic pump, Programmable infusion pump, Inhaler เป็นต้น รวมถึงการออกแบบระบบนำส่งยาแบบประยุกต์ อันประกอบด้วยตัวนำพา (drug carrier) ซึ่งสามารถพาตัวยาสำคัญที่บรรจุไว้ภายในไปปลดปล่อยสู่เนื้อเยื่อหรืออวัยวะเป้าหมาย (target organ) ณ เวลาที่ต้องการ รวมถึงการช่วยเพิ่มการดูดซึมของตัวยา เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพใน

การรักษา ปรับปรุงเภสัชจลนศาสตร์ (pharmacokinetics) และลดความเป็นพิษของตัวยา (ปริญญา อรุโณทยานันท์, ม.ป.ป.)

โดยปกติในการพัฒนารูปแบบยาเตรียมพื้นฐาน เช่น ครีม โลชั่น เจล ยาผง ยาเม็ด ยาน้ำแขวนตะกอน ยาน้ำใสสำหรับรับประทานหรือสำหรับฉีด นักวิจัยสูตรตำรับ (formulation scientists) จะต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติพื้นฐานทางกายภาพและทางเคมีของตัวยาสำคัญ รวมทั้งวิธีและทางในการให้ยา การออกแบบระบบนำส่งยาแบบประยุกต์ก็ต้องพิจารณาคุณสมบัติเหล่านี้เช่นกัน รวมทั้งยาที่จะนำมาศึกษาใช้ร่วมกับ drug carrier มักจะเป็นยาที่ใช้ปริมาณน้อยในการให้ฤทธิ์ในการรักษา ถูกทำลายในร่างกายได้ง่าย มีค่าการละลายที่ไม่เหมาะสม ถูกดูดซึมได้ยากหรือมีความเป็นพิษมาก อีกทั้งต้องคำนึงถึงคุณสมบัติของ drug carrier ซึ่งเป็นปัจจัยหลักในการกำหนดลักษณะทางเภสัชจลนศาสตร์ของตัวยาสำคัญเมื่อเข้าสู่ร่างกาย

Drug carrier ที่ได้รับความสนใจและพัฒนาอย่างมากคือ Particulate drug carrier ซึ่งประกอบด้วยอนุภาคขนาดเล็กทำหน้าที่ห่อหุ้มตัวยาสำคัญไว้ภายใน (microencapsulation) แขวนลอยอยู่ในตัวกลางที่เป็นน้ำ เมื่อให้เข้าสู่ร่างกายในทางต่าง ๆ อนุภาคดังกล่าวจะช่วยปกป้องตัวยาที่ถูกทำลายได้ง่ายจากสารเคมี หรือระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย และปลดปล่อยตัวยาออกมาตามที่ได้กำหนดไว้ นอกจากนี้ยังพบว่าอนุภาคที่มีขนาดเหมาะสมยังสามารถถูกดูดซึมผ่านผนังทางเดินอาหารได้ด้วย โดยเฉพาะทาง Peyer's patches ตัวอย่างของ particulate drug carrier ที่มีการศึกษามาก ได้แก่

- Micellar systems: จะประกอบด้วย micelles ของ lipids และ/หรือ surfactants ที่กระจายตัวอยู่ในสารละลายที่เป็นน้ำ และโมเลกุลจัดเรียงตัวรวมเป็นกลุ่ม โดยหันเอาส่วนที่มีขั้วออกด้านนอก และส่วนที่ไม่มีขั้วซึ่งละลายตัวไว้อยู่ภายใน มักใช้ในการช่วยละลายตัวยาที่มีค่าการละลายในน้ำต่ำ และช่วยเพิ่มการดูดซึมของตัวยาเมื่อให้ยาทางปาก

- Emulsion: ประกอบด้วยของเหลว 2 ชนิดที่ไม่เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน เช่น น้ำกับน้ำมัน โดยมีสารช่วยให้เกิดอิมัลชันเป็นตัวช่วยให้ของเหลวชนิดหนึ่งกระจายตัวเป็นหยดเล็กในของเหลวอีกชนิดหนึ่ง มีการใช้อิมัลชันทั้งที่เป็นชนิด oil in water, water in oil และ multiple emulsion เช่น water in oil in water ทั้งในด้านที่ช่วยเพิ่มการดูดซึมของตัวยาเมื่อให้ยาทางปาก และชะลอการปลดปล่อยตัวยาซึ่งละลายอยู่ในวัฏภาคภายในด้วย

- Microemulsions: มีส่วนประกอบคือ lipids เช่น fatty acid esters, surfactants และ alcohol โมลโมเลกุลต่ำ ซึ่งเป็น co-surfactant ช่วยให้อนุภาคมีขนาดเล็กมาก จึงทำให้มีลักษณะใส ขนาดของวัฏภาคภายในเล็กกว่าและคงตัวกว่าอิมัลชัน มักใช้ในด้านการช่วยเพิ่มการละลายและเพิ่มการดูดซึมตัวยา

- Solid particulate systems: ได้แก่ microspheres และ nanospheres ซึ่งเป็นอนุภาคของแข็งสร้างขึ้นจากสารพวก biodegradable polymer เช่น gelatin, poly (lactide/glycolide) copolymer เป็นต้น ผสมรวมอยู่กับตัวยาสำคัญ เมื่อนำเข้าสู่ร่างกายแล้ว polymer matrix จะค่อย ๆ ปลดปล่อยตัวยาออกมาอย่างช้า ๆ โดยมักมีการสลายตัวของพอลิเมอร์ร่วมด้วย

- Vesicular systems: ตัวยาสำคัญจะถูกบรรจุอยู่ในถุง vesicles ขนาดเล็กซึ่งสร้างขึ้นจาก bilayer membranes อันเกิดจาก amphiphilic molecules ซึ่งจัดเรียงตัวโดยนำส่วนที่ไม่

ชอบน้ำชนกันเกิดเป็นผนังที่มีความหนาเท่ากับชั้นของโมเลกุล 2 ชั้น ผนังดังกล่าวห่อหุ้มสารละลายของตัวยาไว้ภายใน และจะค่อย ๆ ปลดปล่อยตัวยาผ่าน membrane ออกมาภายนอก vesicles ถูกเรียกชื่อต่าง ๆ กันไปขึ้นกับสารที่ใช้สร้าง เช่น liposomes (vesicles ซึ่งสร้างขึ้นจาก phospholipids) niosomes (vesicles สร้างจาก nonionic surfactants) รวมไปถึง resealed erythrocytes ซึ่งได้จากการนำเซลล์เม็ดเลือดแดงที่แยกออกมาทำให้ผนังเซลล์แตก และปิดผนังกลับอีกครั้งโดยมียาถูกบรรจุอยู่ภายใน ก่อนฉีดกลับเข้าสู่ร่างกายอีกครั้ง

นอกจากนี้ยังมี drug carrier ที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของตัวยาในระดับโมเลกุลได้แก่

- Molecular complexation: ได้แก่ การทำให้ตัวยาเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับ carrier เช่น กรณีของ cyclodextrin ซึ่งเป็นโมเลกุลของน้ำตาลที่เชื่อมต่อกันเป็นวงแหวน และเปิดช่องว่างให้ตัวยาเข้าไปสร้างพันธะไฮโดรเจนอยู่ภายในทำให้การละลายตัวของยาดีขึ้น และมีผลเปลี่ยนแปลงลักษณะทางเภสัชจลนศาสตร์ของตัวยา

- Drug-carrier conjugation: ได้แก่ การทำปฏิกิริยาต่อเชื่อมโมเลกุล (conjugation) ของตัวยาเข้ากับโมเลกุลที่เป็น carrier ชนิดต่าง ๆ เช่น antibodies, proteins, enzymes, polymers, vitamins เป็นต้น ทำให้โมเลกุลและคุณสมบัติของยาเปลี่ยนแปลงไป เช่น ค่าการละลายเพิ่มขึ้นหรือลดลง มีการนำส่งสู่อวัยวะเป้าหมายได้มากขึ้นหรือถูกทำลายได้ยากขึ้น เป็นต้น

ในปัจจุบันการออกแบบระบบนำส่งยาได้มีการพัฒนาไปอีกขั้น โดยการผสมผสานแนวความคิดของแต่ละระบบเข้าด้วยกัน อาทิเช่น การเชื่อม antibodies เข้าที่ผิวของอนุภาค vesicles หรือ microspheres เพื่อเพิ่มความเฉพาะเจาะจงในการนำยาสู่อวัยวะเป้าหมาย การต่อเชื่อม hydrophilic polymer เข้ากับตัวยา เพื่อเพิ่มการละลายของตัวยา หรือเชื่อมด้วย hydrophobic polymer เพื่อลดการละลายของตัวยา ทำให้สร้างเป็น microspheres ได้ช่วยให้ยาอยู่ในร่างกายได้นานขึ้น หรือการตั้งตัวรับ vesicles in water in oil เพื่อชะลอการปลดปล่อยตัวยามากยิ่งขึ้น เป็นต้น

ข้อควรพิจารณาเบื้องต้นถึงคุณสมบัติของ carriers ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดเภสัชจลนศาสตร์ของยาที่ให้เข้าสู่ร่างกาย ได้แก่ (ปริญา อรุณทยานันท์, ม.ป.ป.)

- ขนาดอนุภาค พบว่าอนุภาคที่มีขนาดต่างกันจะมีการกระจายในร่างกายต่างกัน ซึ่งอนุภาคที่เล็กเกินไป เมื่อฉีดเข้าเส้นเลือดจะถูกกำจัดออกจากร่างกายได้ง่าย แต่หากใหญ่เกินไปก็จะถูกทำลายโดย reticulo-endothelial systems

- ลักษณะของพื้นผิว อันได้แก่ ประจุ ความชอบน้ำ (hydrophilicity) รวมถึงการมี antigen หรือ antibody อยู่บนผิวหน้า

- ความสามารถในการเก็บรักษาและปลดปล่อยตัวยา เช่น vesicles ที่ผนังมี cholesterol เป็นส่วนประกอบสามารถชะลอการปลดปล่อยตัวยาได้นานกว่า

- ความคงตัวของระบบนำส่งยา ตัวอย่างเช่น ในการตั้งสูตรตัวรับที่ไม่ดี อาจทำให้มีการรวมตัวของอนุภาคเล็ก ๆ เช่น emulsion เกิดเป็น droplet ขนาดใหญ่ขึ้น ส่งผลให้คุณสมบัติเปลี่ยนไปและไม่คงตัว

- ความเป็นพิษและความปลอดภัยในการใช้ เช่น พบว่าโดยทั่วไปอนุภาคที่มีประจุบวกจะมีความเป็นพิษมากกว่าอนุภาคที่ไม่มีประจุ

พอลิเมอร์กับระบบนำส่งยาด้วยอนุภาคขนาดนาโน

ระบบนำส่งยา (drug delivery system) คือ การเตรียมยาในรูปแบบต่าง ๆ ที่สามารถควบคุมให้ปลดปล่อยยาในอัตราและปริมาณที่กำหนด และสามารถนำยาไปยังอวัยวะ หรือบริเวณเป้าหมายในร่างกายได้ตามต้องการ เพื่อทำให้เกิดผลสูงสุดในการรักษาและลดผลข้างเคียง พอลิเมอร์นับเป็นองค์ประกอบสำคัญอันหนึ่งในระบบนำส่งยา ที่ช่วยควบคุมให้การปลดปล่อยยาเป็นไปตามต้องการ โดยทำหน้าที่ใน 3 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ เป็นสารช่วยควบคุมการปลดปล่อยให้เกิดซ้ำ ๆ และคงที่ในปริมาณที่ต้องการ เป็นตัวช่วยป้องกันและนำส่งยาไปยังบริเวณเป้าหมายในร่างกาย โดยไม่ทำให้เกิดการปลดปล่อยหรือตัวยากลายไปก่อน ทั้งนี้พอลิเมอร์ที่เลือกใช้ต้องมีสมบัติทางชีวภาพสำคัญ คือ มีความเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อในร่างกาย (biocompatible) สามารถย่อยสลายได้ในร่างกาย (biodegradable) และสามารถย่อยสลายในร่างกายได้เมตาบอไลต์ (metabolite) จากการย่อยสลายที่ไปเป็นองค์ประกอบของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน จึงทำให้ไม่เป็นพิษ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วในระบบปลดปล่อย (controlled release system) ที่ใช้พอลิเมอร์เป็นตัวควบคุม จะต้องคำนึงถึงชนิดและสมบัติพื้นฐานของพอลิเมอร์ ชนิดของยาและระบบที่ใช้ควบคุมการปลดปล่อยยา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรูปแบบของยาเตรียม (dosage form) ที่เป็นยากินซึ่งนิยมใช้กันมากที่สุดแบบหนึ่ง มักจะใช้หลักการแพร่ของยาผ่านเมทริกซ์พอลิเมอร์ โดยการเตรียมยากับพอลิเมอร์ในรูปแบบเมทริกซ์บีด (matrix bead) ที่มียาถูกกักเก็บอยู่ในโครงสร้างบีด การปลดปล่อยยาจะอาศัยหลักการแพร่ของยาที่ละลายผ่านเมทริกซ์บีดออกมา ในระบบนำส่งยา การควบคุมการปลดปล่อยให้อยู่ในอัตราและปริมาณที่ต้องการนั้น มีความสำคัญไม่น้อยไปกว่าตัวยาที่ใช้ในการรักษาเลยทีเดียว เนื่องจากการเตรียมยาเพื่อใช้ในการรักษาแบบเดิม ๆ นั้น ยาจะถูกปลดปล่อยออกมาจนถึงระดับที่ให้ผลในการรักษาโดยทันที และค่อย ๆ ลดระดับลงจนหมดฤทธิ์ จากนั้นผู้ป่วยต้องรับประทานยาใหม่ ทำให้ต้องเพิ่มความถี่ในการใช้ยา ในขณะที่การเตรียมยาในรูปแบบควบคุมการปลดปล่อย จะทำให้ระดับของยาในพลาสมาคงที่เป็นเวลานานตลอดช่วงการใช้ จึงไม่จำเป็นต้องใช้ยามากครั้ง (ฤกษ์ณา ศิริเลิศมกุล, ม.ป.ป.)

นาโนเทคโนโลยีที่นำมาประยุกต์ใช้ในการส่งผ่านยา (drug delivery systems) คือ การประยุกต์ใช้อนุภาคขนาดนาโน (nanoparticles) ในการส่งผ่านยา วัตถุประสงค์สำคัญของระบบการส่งผ่านยามี 2 ประการ คือ การนำส่งยาสู่อวัยวะหรือเนื้อเยื่อเป้าหมาย และ การควบคุมอัตราการปลดปล่อย ณ ตำแหน่งเป้าหมาย แบบควบคุมได้ โดยที่ประเภทของระบบนำส่งยาอนุภาคขนาดนาโน ได้แก่ Nanotube Nanosuspensions และ Solid Nanoparticles ซึ่งอนุภาคขนาดนาโนที่นำมาประยุกต์ใช้ในระบบนำส่งยา ได้แก่ Polymer-based nanoparticles, Lipid-based nanoparticles, Albumin nanoparticles, Dendrimer, Liposome และ Nanogel (วารสารณ์ จรรยาประเสริฐ, 2552)

พอลิเมอร์ไมเซลล์ (polymeric micelle) คือ ระบบนำส่งยารูปแบบหนึ่งซึ่งได้รับความสนใจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำส่งยาที่ละลายน้ำน้อย โดยทั่วไปเมื่อพอลิเมอร์ไมเซลล์กระจายตัวอยู่ในสารละลายมีหัวจะมีขนาดของอนุภาคน้อยกว่า 100 นาโนเมตร พอลิเมอร์ที่ใช้เตรียมพอลิเมอร์ไมเซลล์ต้องมีโครงสร้างเป็นแอมฟิฟิลิกพอลิเมอร์ สามารถก่อตัวเป็นไมเซลล์ได้ด้วยตนเอง เช่นเดียวกับไมเซลล์ที่เกิดจากสารลดแรงตึงผิว พอลิเมอร์ไมเซลล์คล้ายกับไมเซลล์ที่เกิดจากสารลดแรงตึงผิวจึงสามารถเพิ่มการละลายของตัวยาที่ละลายน้ำได้น้อย ทำให้สามารถลดความเป็นพิษของยาและเพิ่ม

ชีวประสิทธิผลในการรักษาโรคได้ โดยสามารถกักเก็บสารหรือตัวยาที่ละลายน้ำได้น้อยไว้ในส่วนแกนกลางภายในอนุภาค เทคนิคการบรรจุยาภายในพอลิเมอร์ไมเซลล์มีหลากหลายวิธี เทคนิคการบรรจุยาทางกายภาพซึ่งเป็นวิธีที่นิยมมากที่สุดและมีวิธีเตรียมที่ง่าย โดยสามารถแบ่งได้ 3 วิธีดังนี้ วิธีแยกสารผ่านเยื่อ วิธีอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ และวิธีการระเหยแห้ง ซึ่งแต่ละวิธีต้องเลือกสารละลายอินทรีย์ที่มีคุณสมบัติเหมาะสม สามารถละลายและเข้ากับทั้งยาและพอลิเมอร์ที่ใช้เพื่อเตรียมเป็นไมเซลล์ได้ แต่อย่างไรก็ตาม วิธีการบรรจุยาทางกายภาพที่แตกต่างกันนั้น เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพการบรรจุยา พบว่า วิธีการระเหยแห้งและวิธีอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำมีประสิทธิภาพในการบรรจุยาดีกว่าวิธีแยกสารผ่านเยื่อ แต่วิธีแยกสารผ่านเยื่อสามารถกำจัดสารละลายอินทรีย์ที่ใช้เตรียมได้ดีกว่า นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการบรรจุยา ได้แก่ สารละลายอินทรีย์ที่ใช้ในกระบวนการบรรจุยา สัดส่วนของยาต่อบล็อกโคพอลิเมอร์ ผลของพอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลแตกต่างกัน หรือความยาวของสายพอลิเมอร์ต่างกัน การใช้สัดส่วนของตัวทำละลายอินทรีย์ต่อน้ำที่ต่างกัน ดังนั้น การเตรียมพอลิเมอร์ไมเซลล์สำหรับนำส่งยาต่าง ๆ ให้มีประสิทธิภาพที่ดีนั้น จำเป็นต้องคำนึงถึงวิธีการบรรจุยาและปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเตรียมด้วย (ฐิติรักษ์ วรพัฒน์ ผดุง และ ปราณีต โอภณะโสภิต, 2557)

พอลิเมอร์กลุ่มอนุพันธ์เซลลูโลส (cellulose derivatives polymer)

พอลิเมอร์กลุ่มอนุพันธ์เซลลูโลส เป็นกลุ่มสารที่ใช้ในทางเภสัชและการแพทย์ ใช้เคลือบเม็ดยาเพื่อกลบรสชาติที่ไม่พึงประสงค์ของยา ช่วยกันความชื้นและใช้เพื่อเพิ่มการเกาะตัวของยาเม็ด (tablet binder) ซึ่งเป็นกลุ่มหลักที่ใช้เคลือบยาเม็ดส่วนใหญ่ในตลาดเภสัชกรรม ซึ่งสารในกลุ่มนี้ได้แก่ (วารภรณ์ จรรยาประเสริฐ, 2552)

- ไฮดร็อกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส (HydroxyPropylMethyl Cellulose - HPMC) ใช้สำหรับเคลือบเม็ดยาหรือแกรนูลส์ และช่วยสำหรับการควบคุมการปล่อยของตัวยาออกจากเม็ดยา และยังใช้ในส่วนผสมของน้ำตาเทียมเพื่อเพิ่มความชุ่มชื้นให้แก่ contact lens

- เมทิลเซลลูโลส (Methyl Cellulose - MC) ใช้สำหรับเป็นตัวเพิ่มความหนืด (thickening agent) ตัวช่วยกระจาย (dispersing agent) เป็นกาว (adhesive agent) และยังใช้เป็นตัวสร้างฟิล์มเคลือบเม็ดยาเพื่อป้องกันความชื้น

- High-Substituted Hydroxypropyl Cellulose (H-HPC) มีคุณสมบัติในการพอร์มตัวเป็นฟิล์มเคลือบตัวยาได้อย่างดีเยี่ยม ฟิล์มที่ได้มีขนาดหนาและทน สารตัวนี้เป็นสารเฉื่อย ไม่มีฤทธิ์ทางยาต่อผู้บริโภค ไม่มีพิษ ไม่มีปฏิกิริยากับสารชนิดอื่น ๆ ด้วย

- เอทิลเซลลูโลส (Ethyl Cellulose, EC) มีข้อพิเศษคือ มีความทนทานต่อกรดและด่าง ไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อเจอแสงแดด มีความทนต่อเกลือและอากาศเย็น มีความคงทนสูงและไม่เสื่อมสภาพแม้เวลาจะผ่านไปนาน

- ไฮดร็อกซีเอทิลเซลลูโลส (Hydroxyethyl Cellulose, HEC)

- เอทิลเซลลูโลส เอควีคัส ดิสเพอร์ชัน (Ethylcellulose Aqueous Dispersion, EAD)

- ไฮดร็อกซีโพรพิลเมธิลเซลลูโลส พทาเลต (Hydroxypropyl Methylcellulose Phthalate HPMCP) มีคุณสมบัติพิเศษคือ สามารถทนการย่อยของกรดในกระเพาะอาหารได้ และจะไปถูกย่อยและดูดซึมในลำไส้เท่านั้น (Enterosoluble film coating)

สารเคมีกำจัดแมลงในบ้านเรือน

ปัจจุบันมีการใช้สารเคมีกำจัดแมลงในบ้านเรือนกันอย่างแพร่หลาย ประชาชนมักเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้จากการโฆษณาทางวิทยุ โทรทัศน์ หรือจากคำบอกเล่าซึ่งอาจทำให้เลือกและใช้สารดังกล่าวไม่ถูกต้อง ทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ ดังนั้นจึงควรศึกษาผลิตภัณฑ์และวิธีใช้สารเคมีกำจัดแมลงในบ้านเรือน ซึ่งโดยทั่วไปประกอบด้วยสารที่สำคัญ 4 ประเภท สารเคมีกำจัดแมลงทั้ง 4 ประเภทนี้เป็นอันตรายต่อชีวิตมนุษย์และสัตว์ จึงควรศึกษาพิษของสารเคมีดังกล่าว ซึ่งมีอาการต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ (ลักษณะ ลือประเสริฐ, 2560)

ประเภทออร์กาโนฟอสเฟต (organophosphate insecticides) เช่น ไดคลอวออส (dichlorvos or DDVP) เมื่อได้รับเข้าสู่ร่างกายโดยการรับประทาน สูดดม หรือทางผิวหนัง ทำให้เกิดอาการพิษต่าง ๆ คือ

- กระตุ่นประสาท ซึ่งมักจะเกิดขึ้นในระยะแรก คือมีอาการคลื่นไส้ อาเจียน เหงื่อออกแน่นบริเวณลิ้นปี่และยอดอก ถ้าอาการรุนแรงมากขึ้น ซึ่งเกิดจากรับประทาน จะทำให้ปวดท้อง ท้องเดิน น้ำลายฟูมปาก น้ำตาไหล น้ำมูกไหล ถ่ายอุจจาระและปัสสาวะ โดยกลิ่นไม่อยู่ตลอดลมมีเสมหะมาก หายใจหอบ หลอดลมตีบ หน้าเขียวคล้ำ ถ้าพิษรุนแรงมากอาจหยุดหายใจและถึงตายได้

- กล้ามเนื้อกระตุก จะเห็นได้ชัดที่ลิ้น ตามหน้าและบริเวณคอ

- มึนงง ปวดศีรษะ และกระสับกระส่าย ตื่นตกใจง่าย ถ้าอาการรุนแรงอาจชักและหมดสติ

ประเภทคลอรีเนเตด ไฮโดรคาร์บอน (chlorinated hydrocarbon insecticides) เช่น ลินเดน (lindane) ประเภทนี้มีข้อเสียหลายประการคือ สลายตัวยาก สะสมได้ดีในไขมัน และแมลงส่วนใหญ่มีความต้านทานต่อสารประเภทนี้ เมื่อได้รับเข้าสู่ร่างกายจะมีอาการพิษคล้ายคลึงกับประเภทออร์กาโนฟอสเฟต ดังนี้

- คลื่นไส้ อาเจียน บางรายอาจมีอุจจาระร่วง

- มีอาการชา แสบที่ริมฝีปาก ลิ้น และบางส่วนของใบหน้า

- มึนงง ปวดศีรษะ อ่อนเพลีย และเมื่อยตามตัว

- มีอาการสั่น และกล้ามเนื้อกระตุกเป็นแห่ง ๆ โดยเริ่มต้นที่คอ ศีรษะ และเปลือกตา

ประเภทคาร์บาเมต (carbamate insecticides) เช่น โพรพอกเซอร์ (propoxur) ประเภทนี้ทำให้เกิดอาการพิษเช่นเดียวกับประเภทออร์กาโนฟอสเฟต แต่อันตรายน้อยกว่าเนื่องจากสลายตัวเร็ว ฉะนั้นผู้ที่ได้รับพิษจะมีอาการดีขึ้นอย่างรวดเร็ว

ประเภทไพเรทรูม และไพเรทรอยด์ (pyrethrum and pyrethroids) เช่น ไบโอะอัลเลทริน (bioallethrin) ประเภทนี้ เข้าสู่ร่างกายโดยการรับประทานหรือหายใจ ส่วนทางผิวหนังเข้าได้น้อยมาก แต่อาจเกิดปฏิกิริยาที่ผิวหนังได้อย่างรุนแรง ในรายที่แพ้ การหายใจเข้าไปก็ทำให้เกิดอาการแพ้

ได้เช่นเดียวกัน จะรู้สึกแน่น อึดอัด หายใจไม่ออก ถ้ากล่าวถึงพิษโดยทั่วไปแล้ว ประเภทนี้มีพิษน้อยที่สุด อาการที่เกิดขึ้นมีดังนี้ ผิวหนังบวมแดง เป็นตุ่มใส คันและมีน้ำเหลือง อาการเหมือนแพ้เกสรดอกไม้ มีอาการจาม ไอ น้ำมูกไหลมาก หายใจอึดอัด ถ้าแพ้มาก ผู้ป่วยจะมีอาการชาที่ปาก ลิ้นกล้ำเนื้อ กระตุก ชัก ในรายที่รุนแรงอาจหยุดหายใจและถึงตายได้

ข้อแนะนำวิธีใช้สารเคมีกำจัดแมลงในบ้านเรือน

1. ระหว่างฉีด หรือพ่น ควรหลีกเลี่ยงและป้องกันการสูดหายใจเอาละอองของสารเคมีกำจัดแมลงเข้าไป ถ้าฉีดหรือพ่นขณะมีลม ควรอยู่นอกลม
2. หลังจากฉีดหรือพ่น ควรปิดห้องไว้ชั่วระยะหนึ่งเพื่อให้ละอองของสารเคมีกำจัดแมลงที่กระจายอยู่ในบรรยากาศบริเวณนั้นเจือจาง แล้วทำความสะอาดพื้นห้อง เพื่อกำจัดสารที่ตกค้างอยู่ตามพื้น
3. ควรล้างมือ หน้า หรืออาบน้ำ และเปลี่ยนเสื้อผ้าทุกครั้ง หลังจากฉีดหรือพ่นสารเคมีกำจัดแมลง
4. ระมัดระวังการรินหรือเทสารเคมีกำจัดแมลง เพื่อหลีกเลี่ยงการสัมผัสทางผิวหนัง ภาชนะบรรจุที่ใช้หมดแล้วควรฝังดิน
5. อย่าฉีดหรือพ่นในห้องที่มีเด็กอ่อน ผู้ป่วย ในบริเวณที่มีอาหารหรือกำลังประกอบอาหาร และบริเวณที่มีเปลวไฟ
6. เก็บให้พ้นจากเด็ก สัตว์เลี้ยง อาหาร และห่างจากไฟหรือความร้อน

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์สารเคมีกำจัดแมลงในบ้านเรือนที่มีจำหน่ายในห้องตลาด ประเภทออกาโนฟอสเฟตชนิดไดคลอวอส เป็นตัวยาสำคัญชนิดเดียว

ชื่อทางการค้าของผลิตภัณฑ์	ร้อยละของไดคลอวอส	ปริมาณ (มิลลิลิตร) ของผลิตภัณฑ์ที่สัตว์ทดลองกินตายต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม	ปริมาณ (มิลลิลิตร) ที่อาจทำให้เด็กกินตาย (คิดจากน้ำหนักเฉลี่ยของเด็ก 25 กิโลกรัม)
เซล์ทอกซ์ (กระป๋องเหลือง ฝาแดง)	0.5	5.6	140

ตารางที่ 2.2 ผลិតภัณฑ์ที่มีสารเคมีกำจัดแมลงไคคลอวอสเป็นสารสำคัญร่วมกับสารเคมีกำจัดแมลงชนิดอื่น

ชื่อทางการค้า ของผลิตภัณฑ์	ร้อยละ ของ ไคคลอ วอส	ชื่อสารสำคัญ อื่นและ ประมาณเป็น ร้อยละ	ความเป็นพิษ ของสารสำคัญ อื่นขนาดที่ สัตว์ทดลองกิน ตาย (มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัม)	ปริมาณ (มิลลิกรัม) ของผลิตภัณฑ์ ที่สัตว์ทดลอง กินตายต่อ น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม	ปริมาณ (มิลลิลิตร) ที่อาจทำให้เด็ก กินตาย (คิดต่อ น้ำหนักเฉลี่ย ของเด็ก ประมาณ 25 กิโลกรัม)
ไบคอนเหลือง	0.5	Tetramethrin 0.3%	-	5.6	140
ไบคอนเขียว	0.5	Propoxur 1%	95	2.8	70
เซลล์ทอกซ์ (กระป๋องสีเขียว)	0.5	Propoxur 1%	11.2	280	
เซลล์ทอกซ์ เอส พลัส	0.5	Bioallethrin 0.1%		6.75	169
อาท (กระป๋องสีเขียว)	0.5	Permethrin 0.2%	4,000	11.2	280
		Tetramethrin 0.1%	สูงกว่า 20,000		
		(Neo Pynamin)			
อาท (กระป๋องสีทอง)	0.5	Neo Pynamin 0.07%		8	200
น้ำยากำจัด แมลงตราหัวไก่ (กระป๋องสีแดง)	0.5	Phthalthrin 0.05%	สูงกว่า 20,000	5.6	140
น้ำยากำจัดแมลง ตราหัวไก่	0.5	Fenitrothion 0.2%	500		

หมายเหตุ ผลิตภัณฑ์ฆ่าแมลงที่มีไคคลอวอส เป็นสารสำคัญประเภทเดียว หรือมีสารสำคัญอื่นผสม
อยู่ด้วย ตามตารางที่ 2.1 และที่ 2.2 มีจำนวน 17 ชนิด จากผลิตภัณฑ์ที่สำรวจทั้งหมด
จำนวน 34 ชนิด หรือคิดเป็นร้อยละ 50 ของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด

ตารางที่ 2.3 ผลิตรภัณฑ์ที่มีสารเคมีกำจัดแมลงประเภทไพเรทริน และไพริธรอยด์เป็นสารสำคัญประเภทเดียว

ชื่อทางการค้า	ชื่อสารสำคัญและปริมาณร้อยละ	ความเป็นพิษขนาดที่สัตว์ทดลองกินตาย (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	ปริมาณ (มิลลิลิตร) ของผลิตรภัณฑ์ที่สัตว์ทดลองกินตายต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม	ปริมาณ (มิลลิลิตร) ที่อาจทำให้เด็กกินตาย (คิดจากน้ำหนักเฉลี่ยของเด็ก 25 กิโลกรัม)
คินโซตราหัวไก่	Phthalthrin 0.07%	สูงกว่า 20,000	28,750	สูงกว่า 7 แส่น
ไบโออัลเลทริน	Bioallethrin -	2,000	-	-
เอส-ไบโออัลเลทริน				
เลสลิน				
ไบโอเรสมเมทริน	Bioresmethrin -	2,000	-	-
เอส-ไบโอเอส				
มอร์ทีน				
นิวเพิร์ท 2	Pyrethrins -	500 - 1,000	-	-
ไพราฟ็อก 200				

ตารางที่ 2.4 ผลิตรภัณฑ์สารเคมีกำจัดแมลงชนิดผงและแท่งจูดกันยุง

ชื่อทางการค้า	ชื่อสารสำคัญและปริมาณร้อยละ	ความเป็นพิษขนาดที่สัตว์ทดลองกินตาย (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	ปริมาณ (มิลลิลิตร) ของผลิตรภัณฑ์ที่สัตว์ทดลองกินตายต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม	ปริมาณ (มิลลิลิตร) ที่อาจทำให้เด็กกินตาย (คิดจากน้ำหนักเฉลี่ยของเด็ก 25 กิโลกรัม)
ไบแทกซ์ (ชนิดผง)	Fenthion 3	313	10.4	260
ไบโรออน (ชนิดผง)	Phoxin 3	2,000	66.6	1,667
ยาจูดกันยุงไปกอน	Pynamin 0.2	920	383	9,583
ยาจูดกันยุงตรา นกอินทรี	Pynamin 0.1			

หมายเหตุ ปริมาณที่อาจทำให้เด็กกินตายคิดเฉลี่ยเทียบน้ำหนักจากสัตว์ทดลอง ทั้งนี้ไม่ได้คิดถึง
ความแตกต่างของสปีชีส์

สารเคมีกำจัดแมลงทั้งสี่ประเภทที่ได้กล่าวข้างต้นนั้น จะเห็นว่าประเภทคลอรีเนเตด ไฮโดรคาร์บอน มีพิษตกค้างนานที่สุด เนื่องจากสลายตัวยากและสะสมได้ดีในส่วนของไขมัน ทั้งแมลงส่วนใหญ่สร้างความต้านทานและดื้อต่อสารนี้ สำหรับสารเคมีกำจัดแมลงประเภทออกาโนฟอสเฟตนั้น แม้อายุสั้นกว่า แต่ก็อันตราย และผลิตภัณฑ์หลายชนิดที่มีขายทั่วไปมีสารเคมีกำจัดแมลงประเภทออกาโนฟอสเฟต ชนิดไดคลอวอส (dichlorvos or DDVP) เป็นสารสำคัญ เพราะสารนี้มีประสิทธิภาพสูงในการฆ่าแมลง ออกฤทธิ์ได้ดีและรวดเร็ว ถ้าถูกผิวหนังก็จะกระจายตัวได้ดีไปตามผนังตัวแมลง สารนี้จะระเหยได้ดีเข้าไปทางรูหายใจและผิวหนังของลำตัวแมลง ส่วนสารเคมีกำจัดแมลงประเภท คาร์บาเมตนั้น มีอันตรายต่อผู้ใช้น้อยกว่า เนื่องจากการออกฤทธิ์รวมตัวกับเอนไซม์ในร่างกายไม่คงทนถาวรแล้ว ตัวมันเองยังสลายตัวได้ง่ายกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับสารเคมีกำจัดแมลงทุกประเภทแล้วจะเห็นว่าประเภทไพเรทรูม และไพเรทรอยด์ มีอันตรายต่อผู้ใช้น้อยที่สุดเป็นสารเคมีกำจัดแมลงที่สลายตัวได้ง่ายที่สุด และเป็นสารที่จัดเข้าประเภทวัตถุมีพิษน้อยหรือปานกลางต่อชีวิตมนุษย์และสัตว์ตามมาตรฐานองค์การอนามัยโลก เมื่อผู้อ่านได้ทราบถึงประสิทธิภาพ อันตรายของสารเคมีกำจัดแมลงประกอบการพิจารณาจากรายงานการสำรวจนี้ การตัดสินใจเลือกใช้ผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงจึงขึ้นกับจุดประสงค์ตามดุลยพินิจของผู้ใช้ถ้าเลือกใช้ตัวยาที่มีพิษ แต่ประสิทธิภาพสูงในการฆ่าแมลงให้ทันใจนั้น ผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ฆ่าแมลงควรระมัดระวังอันตรายที่อาจเกิดขึ้น แม้ว่าขนาดของสารเคมีกำจัดแมลงที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เมื่อฉีดหรือพ่นในบ้านเรือน จะไม่ทำให้เกิดพิษต่อผู้ใช้ แต่ก็ควรปฏิบัติตามข้อแนะนำวิธีการใช้สารเคมีกำจัดแมลงอย่างเคร่งครัด และควรเก็บผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงในที่สูงและปลอดภัย ไกลมือเด็ก เพื่อป้องกันอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นได้ (ลักษณะ ลือประเสริฐ, 2560)

ผลิตภัณฑ์กันยุง (Mosquito repellent)

ในปัจจุบันในแต่ละครัวเรือน มักจะมีการนำผลิตภัณฑ์ที่มีสารเคมีเป็นส่วนประกอบมาใช้ เพื่อทำความสะอาดข้าวของเครื่องใช้ภายในบ้าน เพื่อกำจัดยุง แมลง หรือสัตว์เลื้อยต่างๆ ที่มักชอบบุกรุกเข้ามาภายในบ้าน เช่น ปลวก มด หรือแมลงสาบ เป็นต้น การเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เหล่านี้ ตลอดจนการใช้ด้วยวิธีที่ถูกต้องเหมาะสมจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ควรทราบ (วรวิมล เจริญศิริ, 2557) ผลิตภัณฑ์กันยุงเป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งที่มีความนิยมมาก โดยมีหลายรูปแบบ ได้แก่ ยาจุดกันยุง ยาฉีดพ่นสเปรย์กันยุง ปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์กันยุงที่ใช้กับร่างกายมากมาย ทั้งแบบสเปรย์ ลูกกลิ้ง (roll on) โลชั่นทากันยุง และแป้งทาตัว แต่ผลิตภัณฑ์กันยุงที่มีขายอยู่ตามท้องตลาดโดยส่วนใหญ่แล้วจะมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ สารเคมีที่มีเปอร์เซ็นต์สูง โดยผลิตภัณฑ์กันยุงที่ใช้กันมีสารเคมีที่เป็นสารออกฤทธิ์สำคัญคือ ไดเอทิล-เมตา-โทลูเอไมด์ (Diethyl-meta-toluamide), ไดเมทิล ทาลาเตต (dimethyl phthalate) และ เอทิล บิวทิลอะเซทิลอะมิโน โพรพิโอเนต (ethyl butylacetyl amino propionate) (โชติมา วิไลวัลย์, 2549)

ยาจุดกันยุง

ขั้นตอนการผลิตยาจุดกันยุง

ยาจุดกันยุงเป็นผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงในบ้านเรือนที่ใช้กันมากที่สุด เนื่องจากหาซื้อได้ง่าย ราคาไม่สูงมาก และมีประสิทธิภาพดีพอสมควร แต่ก่อนที่ผลิตภัณฑ์ยาจุดกันยุง จะออกมาวางขายในท้องตลาดได้ จะต้องผ่านขั้นตอนต่างๆ คือ ในกรณีที่เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ ผู้ประกอบการต้องเตรียมเอกสารต่างๆ ที่จำเป็นต่อการขออนุญาตเป็นผู้ผลิต ตามกฎเกณฑ์ของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) กระทรวงอุตสาหกรรม นอกจากนี้ต้องเชิญเจ้าหน้าที่ สมอ. ไปตรวจสอบสถานที่ผลิต พร้อมเก็บตัวอย่างยาจุดกันยุง เพื่อส่งทดสอบประสิทธิภาพ และมาตรฐานตามเกณฑ์ที่กำหนด เช่น น้ำหนักสุทธิ รอยแตกหักหรือร้าวเป็นวงแหวนเมื่อทดสอบความแข็ง อัตราการเผาไหม้ และความชื้น เป็นต้น เมื่อผลทดสอบผ่านเกณฑ์แล้ว สมอ. จะออกใบอนุญาตในการเป็นผู้ผลิตผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม โดยมีข้อกำหนดให้ต้องใส่เครื่องหมายมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) ลงบนกล่อง สำหรับผลิตภัณฑ์ยาจุดกันยุง ใช้ มอก. 309-2525 เนื่องจากผลิตภัณฑ์ป้องกันและกำจัดแมลงในบ้านเรือน เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีองค์ประกอบของสารเคมีกำจัดแมลง ที่จัดเป็นวัตถุอันตรายชนิดที่ 2 หรือ 3 ตามบัญชีรายชื่อวัตถุอันตราย พ.ศ. 2538 ของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา ดังนั้นผู้ซึ่งประสงค์จะผลิตหรือนำเข้า จะต้องยื่นคำขอขึ้นทะเบียนวัตถุอันตรายที่ใช้ในทางสาธารณสุข ต่อกองควบคุมวัตถุมีพิษ สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาก่อน ในการขอขึ้นทะเบียนผลิตภัณฑ์ที่กองควบคุมวัตถุมีพิษ ผู้ประกอบการต้องส่งตัวอย่างผลิตภัณฑ์ยาจุดกันยุง มาทดสอบประสิทธิภาพทางชีววิเคราะห์ ที่ฝ่ายศึกษาควบคุมแมลงโดยใช้สารเคมี สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข หากผลทดสอบประสิทธิภาพผ่านเกณฑ์ที่กำหนดแล้ว ผู้ประกอบการจะสามารถดำเนินการขอขึ้นทะเบียน กับกองควบคุมวัตถุมีพิษต่อไป เมื่อได้ใบสำคัญการขึ้นทะเบียนแล้ว ผู้ประกอบการจึงจะสามารถดำเนินการขออนุญาตผลิตได้ สำหรับผลิตภัณฑ์ที่จะออกวางจำหน่ายในท้องตลาด ทางกองควบคุมวัตถุมีพิษได้กำหนดให้ใส่หมายเลขทะเบียนวัตถุอันตรายที่ได้ขึ้นทะเบียนไว้แล้ว ลงบนกล่องผลิตภัณฑ์ยาจุดกันยุง เพื่อให้ทราบว่าผลิตภัณฑ์นี้ได้รับการควบคุมจากกระทรวงสาธารณสุขปลอดภัยสำหรับผู้บริโภค (อย. วอส. + หมายเลขทะเบียน) (วรวิฑูรี เจริญศิริ, 2557)

การตรวจวิเคราะห์คุณภาพยาจุดกันยุง

นอกจากฝ่ายศึกษาควบคุมแมลงโดยใช้สารเคมี จะมีบริการตรวจวิเคราะห์คุณภาพยาจุดกันยุงที่ส่งตรวจโดยผู้ประกอบการ เพื่อการขอขึ้นทะเบียนผลิตภัณฑ์แล้ว ทางฝ่ายฯ ยังได้ตรวจวิเคราะห์ประสิทธิภาพยาจุดกันยุง ซึ่งส่งมาจากทางสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์หลังจำหน่าย เพื่อการคุ้มครองผู้บริโภค ด้วยวิธีการที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพยาจุดกันยุง เป็นวิธีมาตรฐานที่ได้รับการรับรองจาก สมอ. ซึ่งกำหนดให้ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านเกณฑ์การทดสอบ ต้องสามารถทำให้ยุงลายหงายท้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 90 ในเวลา 20 นาที

ผลจากการทดสอบประสิทธิภาพทางชีววิเคราะห์ของผลิตภัณฑ์ยาจุดกันยุง ที่ส่งตรวจทั้งหมด 6 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2541-2546 จำนวนตัวอย่างรวมทั้งสิ้น 318 ตัวอย่าง พบว่าตัวอย่างที่ผ่านเกณฑ์ทดสอบมี 299 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 94 ตัวอย่างที่ไม่ผ่านเกณฑ์การทดสอบ คือทำให้

ยุงลาย knock down ร้อยละ 90 (KT90) ใช้เวลามากกว่า 20 นาที มี 19 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 5.97 (จากจำนวนทั้งสิ้น 309 ตัวอย่าง ซึ่งเมื่อนำค่าเฉลี่ยของค่า KT90 มาเรียงจากน้อยไปมากพร้อมจัดกลุ่มทุกช่วง 2 นาที พบตัวอย่างส่วนใหญ่ ร้อยละ 37.9 มีค่า KT90 อยู่ระหว่าง 6-8 นาที)

สารเคมีที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ยาจุกกันยุง

1. สารเคมีที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ยาจุกกันยุงได้แก่ Allethrin และไอโซเมอร์ทั้ง 5 (Allethrin, d-Allethrin, Bioallethrin, Esbiothrin, S-Bioallethrin โดย สารเคมี ที่ ใช้ เป็น องค์ ประกอบ ใน ยา จุก กัน ยุง มาก ที่ สุด คือ d-Allethrin), Metofluthrin, Prallethrin และ Transfluthrin

2. ยาจุกกันยุงที่เป็นสูตรผสมระหว่าง d-Allethrin และสมุนไพรมะนาว

3. ยาจุกกันยุงที่ทำจากสมุนไพรมะนาวๆ ได้แก่ ตะไคร้หอม ตะไคร้หอมผสมผงมะนาว และใบเสมีดขาว

ความเป็นพิษของยากันยุง

แม้ว่าสารที่นิยมใช้เป็นส่วนผสมสำหรับไล่ หรือฆ่ายุงในยาจุกกันยุงจะเป็นสารเคมีกำจัดแมลงประเภทไพรีทรอยด์ เนื่องจากมีคุณสมบัติที่ทำให้ยุง knock down และสลายนัตถ์ได้ง่าย รวมทั้งมีความเป็นพิษน้อยกว่าประเภทอื่น อย่างไรก็ตาม สารประเภทไพรีทรอยด์ก็สามารถทำให้เกิดพิษได้ โดยเฉพาะในรายที่เกิดอาการแพ้จะทำให้ผิวหนังอักเสบ บวม แดง เยื่อจมูกอักเสบ และมีอาการเหมือนแพ้เกสรดอกไม้ คือ จาม ไอ น้ำมูกไหล หายใจขัด เป็นต้น แม้จะไม่ค่อยพบอันตรายรุนแรงที่เกิดจากยาจุกกันยุง แต่ผู้ใช้ก็ควรระมัดระวังในการใช้ เพราะอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพและทรัพย์สินได้ (วรจุณี เจริญศิริ, 2557)

คำเตือนสำหรับการใช้และการเก็บรักษายากันยุง

1. อย่าจุกยากันยุงในห้องที่มีเด็กอ่อนหรือผู้ป่วย หรือในที่อับไม่มีอากาศถ่ายเท ควรใช้ยาจุกกันยุงในห้องที่มีอากาศถ่ายเทดี

2. อย่าให้ยากันยุงสัมผัสหรือรมถูกอาหาร

3. อย่าจุกยากันยุงใกล้วัสดุที่ติดไฟง่าย ขาตั้งและสิ่งรองยาจุกกันยุง ต้องทำด้วยวัสดุโลหะหรือวัสดุอื่นที่ไม่ติดไฟ ขณะใช้ วางให้ห่างจากของไวไฟหรือของที่เป็นเชื้อไฟได้ และเมื่อเลิกใช้แล้วควรตรวจดูให้แน่ใจว่าไฟดับเรียบร้อยแล้ว เพื่อป้องกันอุบัติเหตุไฟไหม้ ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้หากประมาท

4. ล้างมือทุกครั้งหลังการหยิบใช้หรือสัมผัส

5. ควรเก็บยาจุกกันยุงไว้ในที่แห้ง อย่าให้ถูกแสงแดด และให้ห่างจากเด็ก อาหาร และสัตว์เลี้ยง

6. หากเกิดพิษจากการสูดดมให้รีบนำผู้ป่วยออกจากบริเวณที่จุกยากันยุง ไปยังบริเวณที่มีอากาศถ่ายเทสะดวก

7. หากกลืนกินยาจุกกันยุงเข้าไปต้องรีบทำให้อาเจียน โดยการดื่มน้ำสะอาด 2 แก้ว แล้วทำการล้างคอให้อาเจียน หากมีอาการรุนแรง ให้รีบนำส่งแพทย์พร้อมภาชนะบรรจุ รวมทั้งฉลากหรือใบแทรกของผลิตภัณฑ์ยาจุกกันยุงนั้นๆ ด้วย

สมุนไพรป้องกันยุง

ปัจจุบันมีการศึกษาและใช้สารจากธรรมชาติในการป้องกันยุงกัดมากขึ้น ได้แก่ สารสกัดจากสมุนไพรที่มีกลิ่นจากน้ำมันหอมระเหย (essential หรือ volatile oils) สารป้องกันยุงที่ได้จากธรรมชาติมีข้อดีกว่าสารเคมีสังเคราะห์ที่ไม่เหมาะสมเป็นอันตรายต่อสุขภาพ โดยเฉพาะเมื่อใช้เป็นเวลานาน และไม่ทำลายสิ่งแวดล้อมและกระทบต่อระบบนิเวศวิทยาของพืชและสัตว์ สารจากธรรมชาติจึงปลอดภัยต่อผู้ใช้ นอกจากนี้ก็มีความจำเพาะกับชนิดของยุงด้วย พืชสมุนไพรที่พบว่ามี การนำมาใช้ป้องกันยุง (สุวรรณ ธีระวรพันธ์, 2558) มีดังต่อไปนี้

พืชกลุ่มสกุล (genus) *Cymbopogon*

น้ำมันหอมระเหยจากพืชในสกุล *Cymbopogon* ได้แก่ ตะไคร้ชนิดต่าง ๆ มีฤทธิ์ป้องกันยุง ได้หลายชนิด เช่น ยุงก้นปล่อง ยุงลาย และยุงรำคาญ

ตะไคร้หอม (*Cymbopogon nardus* (L.) Rendle)

มีการศึกษาฤทธิ์ไล่ยุงของตำรับน้ำมันตะไคร้หอม (citronella oil) ที่มีส่วนประกอบ ที่สำคัญคือ citronella, geraniol และ citronellol ในรูปแบบของครีม พบว่าตำรับที่มีน้ำมันตะไคร้หอม 17% ป้องกันยุงลายได้นานประมาณ 3 ชั่วโมง ครีมที่มีน้ำมันตะไคร้หอม 14% ลดจำนวนยุงรำคาญที่มากเกาะภายใน 1 ชั่วโมงหลังทาครีม นอกจากนี้สารสกัดเอทานอลของตะไคร้หอมผสมกับ น้ำมันมะกอกสามารถไล่ยุงลายและยุงรำคาญได้นาน 2 ชั่วโมง ครีมที่มีน้ำมันหอมระเหยจากใบตะไคร้หอมที่ความเข้มข้น 1.25, 2.5 และ 5.0% ป้องกันยุงก้นปล่องได้ประมาณ 2 ชั่วโมง ขณะที่ความเข้มข้น 10% ให้ผลได้นานกว่า 4 ชั่วโมง

ตะไคร้ (*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf)

น้ำมันตะไคร้ (lemongrass oil) ใน liquid paraffin ความเข้มข้น 20 และ 25% มีผลป้องกันยุงลายได้ 100% ใน 1 ชั่วโมงแรก และลดลงเหลือประมาณ 95% ภายใน 3 ชั่วโมง การเตรียมผลิตภัณฑ์น้ำมันตะไคร้ 15% ในรูปของครีมและชี้แจงพบว่าให้ผลป้องกันยุงกัดได้ โดยคุณสมบัติของส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์มีผลต่อการปลดปล่อยน้ำมันหอมระเหย และมีผลต่อประสิทธิภาพในการป้องกันยุงด้วย น้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้ที่มี geraniol ปริมาณ 0.2 มก./ซม² สามารถลดอัตราการกัดจากยุงรำคาญ เป็น 10, 15 และ 18% ที่เวลา 1, 2 และ 3 ชั่วโมงตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีไม่ได้ทาน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้ สบู่อาบน้ำที่มีส่วนประกอบของน้ำมันตะไคร้หอม 0.1% น้ำมันตะไคร้ 0.5% และน้ำมันสะเดา 1% สามารถไล่ยุงได้ในช่วง 8 ชั่วโมง

พืชกลุ่มสกุล (genus) *Ocimum*

การศึกษาเปรียบเทียบฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหยจากพืชกลุ่มนี้ 5 ชนิด ได้แก่ แมงกะแซง (*O. americanum* L.) โหระพา (*O. basilicum* L.) แมงลัก (*O. africanum* Lour. ExH) ยี่ห่วยหรือ โหระพาช้าง (*O. gratissimum* L.) และกะเพรา (*O. tenuiflorum* L.) พบว่ามีฤทธิ์ทั้งฆ่าลูกน้ำและ

ไล่ยุ่งลายได้ ฤทธิ์ฆ่าลูกน้ำยุ่งลายของน้ำมันหอมระเหย เรียงลำดับดังนี้ โหระพา > ยี่ห่วย > กะเพรา > แมงลัก = แมงกะแซง โดยมีค่าความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยที่ให้ผลป้องกันยุ่งได้ 90% (EC90) เท่ากับ 113, 184, 240, 279 และ 283 ppm ตามลำดับ สำหรับฤทธิ์ไล่ยุ่งของน้ำมันหอมระเหยที่มีความเข้มข้น 10% พบว่า โหระพาข้างมีฤทธิ์แรงที่สุด ป้องกันยุ่งกัดได้นาน 135 นาที รองลงมาคือ กะเพรา และแมงลัก ที่ป้องกันยุ่งกัดได้นาน 105 และ 75 นาที ตามลำดับ ขณะที่แมงกะแซง และ โหระพาให้ผลน้อยที่สุดเพียง 15 นาที นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ในรูปแบบของแท่งทา ครีม และสเปรย์ ที่มีส่วนผสมของน้ำมันแมงลักและแมงกะแซง มีผลในการไล่ยุ่งลายและป้องกันยุ่งได้

พืชกลุ่มสกุล (genus) *Citrus*

มะกรูด (*Citrus hystrix* DC.)

น้ำมันหอมระเหยจากมะกรูดมีฤทธิ์ป้องกันยุ่งได้นาน 95 นาที และตำรับยาทาป้องกันยุ่งที่มีน้ำมันมะกรูดความเข้มข้น 25 และ 50% สามารถไล่ยุ่งได้นาน 30 และ 60 นาที ตามลำดับ น้ำมันหอมระเหยผสมจากมะกรูด 5% และจากดอกชิงเฮา (*Artemisia annua* L.) 1% ป้องกันยุ่งลายยุ่งกันปล่อง และยุ่งรำคาญได้นาน 180 นาที ในห้องปฏิบัติการ ในความเข้มข้นเดียวกันสามารถป้องกันยุ่งลาย และยุ่งเสื่อ ได้ 180 นาที และยุ่งรำคาญได้นานถึง 240 นาทีในภาคสนาม

มะนาวฝรั่ง (*Citrus limon* (L.) Burm.f.)

น้ำมันหอมระเหยจากมะนาวฝรั่งมีฤทธิ์ไล่ยุ่งกันปล่องได้ 0.88 เท่าของสารเคมีสังเคราะห์ N,N-diethyl-3-methylbenzamide

นอกจากสมุนไพรที่กล่าวมาแล้ว ยังมีสมุนไพรอื่นๆ ที่มีการศึกษาฤทธิ์ในการป้องกันยุ่ง ได้แก่ ข่า ไพล ขันฉ่าย ว่านน้ำ กานพลู หนอนตายหยาก ดอกกระดังงาไทย สารไพรีทรัม (pyrethrum) และไพรีทริน (pyrethrins) ที่พบได้ในพืชตระกูลดอกเบญจมาศ (*chrysanthemum* flowers) เป็นต้น จะเห็นว่าสมุนไพรที่มีศักยภาพในการไล่ยุ่งเป็นพืชที่พบและปลูกได้ทั่วไป สามารถเตรียมไว้ใช้เองในครัวเรือนหรือผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ป้องกันยุ่งในรูปแบบต่างๆ เช่น น้ำมันหอมระเหยสมุนไพรนำมาผลิตเป็นครีมหรือโลชั่นป้องกันยุ่ง สเปรย์ไล่ยุ่ง หรือยาจุดกันยุ่งจากผงสมุนไพร ดังนั้นจึงควรมีการสนับสนุนและส่งเสริมในระดับอุตสาหกรรม เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าของสมุนไพร ปลอดภัยต่อร่างกาย ลดอันตรายจากการใช้สารเคมี และเป็นการช่วยลดการแพร่กระจายของโรคต่างๆ ที่มียุ่งเป็นพาหะนำโรค (สุวรรณ ชีระวรพันธ์, 2558)

น้ำมันตะไคร้หอม (Citronella oil)

น้ำมันตะไคร้หอมสามารถทำการสกัดได้จากใบตะไคร้หอมสดที่ทำให้แห้งหมาด โดยการกลั่นด้วยไอน้ำ มีลักษณะเป็นของเหลวใส สีเหลืองอ่อน หรือสีเหลืองปนน้ำตาลอ่อน ปราศจากตะกอนและสารแขวนลอย ไม่มีการแยกชั้นของน้ำ มีกลิ่นเฉพาะตัว น้ำมันตะไคร้หอมแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ น้ำมันตะไคร้หอมชวา และน้ำมันตะไคร้หอมซีลอน องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญคือ geraniol และ citronella มีคุณสมบัติสำคัญ ช่วยในการแต่งกลิ่นรสอาหาร เป็นส่วนประกอบเครื่องสำอาง ใช้ไล่แมลง ตะไคร้หอมที่นำมาสกัดน้ำมันหอมระเหยมี 2 ชนิดคือ *Lenabuta* เป็นพันธุ์ที่ได้มาจากประเทศศรีลังกา และอีกชนิดคือ *Mahapengiri* เป็นพันธุ์ที่ได้จากประเทศอินโดนีเซีย บริเวณเกาะชวา ปัจจุบันมีการปลูกแพร่หลายเข้าไปในหลายประเทศ เช่น ประเทศจีน ประเทศในอเมริกาใต้ เป็นต้น ตะไคร้หอมที่ได้จากชวาจะมีสาร geraniol, citronellal มี aldehyde และ total alcohol ไม่น้อยกว่า 35 % เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี acetylation เป็นผลให้น้ำมันที่ได้จากตะไคร้หอมชนิดชวามีคุณภาพดีกว่าชนิดที่ได้จากศรีลังกา ส่วนที่ใช้เป็นยาคือ ใบและกาบใบ สรรพคุณยาไทย ต้นแก้ริดสีดวงในปาก (คือ ปากแตกกระแหว เป็นแผลในปาก) สตรีมีครรภ์รับประทาน ทำให้แท้ง บีบรัดมดลูก ขับลมในลำไส้ แก้แน่นท้อง โดยมีข้อมูลทางเภสัชวิทยา ได้แก่ การทดสอบความเป็นพิษ (Toxicity assessment) พบว่าสารสกัดตะไคร้หอมชนิดเดียวกับข้างต้นที่ทำให้หนูตายครึ่งหนึ่งของจำนวนที่ทดลองคือ 1 กรัม/กิโลกรัม ความเป็นพิษต่อเซลล์ (Cytotoxic activity) พบว่าสารสกัดด้วยแอลกอฮอล์ และน้ำ (1:1) ไม่มีผลต่อ CA-9KB แม้จะให้ถึง 20 ไมโครกรัม/ซีซี ก็จะทำให้เซลล์ตายเพียงครึ่งเดียว ส่วนข้อมูลทางคลินิกพบว่าน้ำมันหอมระเหยซึ่งมีฤทธิ์ไล่แมลง (Insect repellent) ได้นำมาใช้รักษาโรคหมัดสุนัข (สำนักงานโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี, ม.ป.ป.)

ตะไคร้หอมได้ถูกนำมาใช้ไล่แมลงอย่างแพร่หลายมานานมาแล้ว วิธีการได้แก่ โดยการละลายน้ำมันตะไคร้หอม 7 ส่วน ผสมในแอลกอฮอล์ (70%) 93 ส่วน ใช้ฉีดพ่น หรือตำใบสดหมักในแอลกอฮอล์ในอัตราส่วน 1:1 ทาตรงขอบประตูที่ปิดเปิดเสมอ หรือชุบสำลีแขวนเอาไว้หน้าประตูเข้าออก หรือใช้ใบตะไคร้หอมมัดแล้วทุบให้เข้าวางไว้ตามมุมห้องหรือใต้เตียง นอกจากนี้จากผลงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์พบว่า น้ำมันตะไคร้หอมซึ่งเป็นน้ำมันหอมระเหยสกัดจากต้นตะไคร้หอมสามารถใช้ไล่แมลงได้ โดยสารสำคัญในการออกฤทธิ์ไล่ยุงของน้ำมันตะไคร้หอมมีส่วนประกอบที่สำคัญในการออกฤทธิ์ คือ camphor, cineol, eugenol, linalool, citronellal, citral ผลการทดลองทางคลินิกใช้ในการไล่ยุง คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ได้ใช้ครีมที่มีส่วนผสมน้ำมันหอมระเหย 17% พบว่ามีฤทธิ์ไล่ยุงได้ 3 ชั่วโมง สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ได้ทดลองประสิทธิภาพป้องกันยุงกัดของครีมที่มีส่วนผสมของน้ำมันตะไคร้หอม 20% พบว่ามีฤทธิ์ไล่ยุงได้นานประมาณ 2 ชั่วโมงขึ้นไป การทดสอบความเป็นพิษของสารสกัดด้วยแอลกอฮอล์และน้ำ (1:1) จากต้นทำให้หนูตายครึ่งหนึ่งของจำนวนที่ทดลอง คือ 1 กรัม/กิโลกรัม องค์การเภสัชกรรมวิจัยและพัฒนาตำรับยาทาป้องกันยุงน้ำมันตะไคร้หอม โดยใช้ความเข้มข้น 6% สามารถป้องกันยุงกัด ได้นาน 4-5 ชั่วโมง แต่มีข้อควรระวัง ไม่ควรใช้กับทารกหรือเด็กอายุต่ำกว่า 6 ปี และไม่ควรทาบริเวณใบหน้าหรือผิวหนัง

ที่อ่อนนุ่ม ทำให้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวไม่สามารถใช้ได้กับเด็กปฐมวัย เพราะอาจก่อให้เกิดอาการแพ้ได้ (หน่วยบริการฐานข้อมูลสมุนไพร, ม.ป.ป.)

น้ำมันหอมระเหยที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์โล่งในประเทศไทย คือน้ำมันตะไคร้หอม (citronella oil) ได้จากการกลั่นใบตะไคร้หอม (*Cymbopogon nardus* (Linn.) Rendle) ซึ่งมีข้อมูลการศึกษาประสิทธิภาพ พบว่าสามารถโล่งได้นาน 2-4 ชั่วโมง แต่น้ำมันตะไคร้หอมมีกลิ่นฉุน ทำให้ผลิตภัณฑ์โล่งจากน้ำมันตะไคร้หอมไม่เป็นที่ยอมรับในผู้บริโภคบางกลุ่ม โดยเฉพาะเด็ก ๆ

นอกจากน้ำมันตะไคร้หอมแล้ว พืชสมุนไพรไทยที่มีข้อมูลในการโล่งได้ดีอีกชนิดหนึ่ง คือน้ำมันตะไคร้ (lemon grass oil) ซึ่งพบว่าในการทดสอบกับยุงลายบ้าน (*Aedes aegypti* L.) ผลิตภัณฑ์ในรูปแบบสารละลาย 1 % และรูปแบบครีมและซีฟิ่ง 15 % v/w มีประสิทธิภาพในการโล่งยุง 2-3 ชั่วโมง แม้น้ำมันตะไคร้ให้กลิ่นที่เป็นที่ยอมรับแต่ปริมาณผลผลิต (% yield) ที่ได้มีปริมาณที่ต่ำ โดยอยู่ในช่วง 0.25-0.50 %

นอกจากนี้ยังมีสิทธิบัตรหลายฉบับที่ได้กล่าวถึงการนำสมุนไพรมาเป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ เช่น สิทธิบัตรไทย เลขที่คำขอ 00700569 ของบริษัทวิกรมเภสัช ได้จดสิทธิบัตรผลิตภัณฑ์กันยุงแบบลูกกลิ้งโดยมีส่วนประกอบหลักคือ น้ำมันตะไคร้และน้ำมันมะกรูด แต่ประสิทธิภาพการใช้งานมีระยะเวลาสั้น จะใช้ได้ประมาณ 2-3 ชั่วโมง ซึ่งก็ไม่สะดวกที่ผู้ใช้จะต้องทาบ่อย ๆ

สิทธิบัตรอเมริกา เลขที่ 20000563 ของ John Linberge ได้จดสิทธิบัตรการใช้สารไกลซีมิน (Glycemine) ที่เป็นสารสกัดที่ได้มาจากการสกัดน้ำมันหอมของตะไคร้ม่วง โดยได้ทำผลิตภัณฑ์ออกมาทั้งในรูปแบบเจล และลูกกลิ้ง ซึ่งจะสามารถระงับป้องกันยุงได้นานถึง 6 ชั่วโมง แต่มีข้อเสียคืออายุการเก็บรักษาสั้น หากเก็บที่อุณหภูมิห้อง จะมีอายุการใช้งาน 10 วัน หากต้องการยืดอายุการใช้งานจะต้องเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ซึ่งจะสามารถเก็บได้นาน 1 เดือน แต่จะไม่สะดวกในกรณีที่ไม่มียุเย็นหรือลิ้มเก็บเข้าตู้เย็น

สิทธิบัตรญี่ปุ่น เลขที่ 30005067 ของ Yamamute Kuwa ได้จดสิทธิบัตรการใช้สารเจอร์คาโลมาย (Jericalomine) ที่สกัดจากดอกลาเวนดอร์ (Lavendori) มาเป็นส่วนผสมในโลชั่นกันยุง ซึ่งจะสามารถกันยุงได้นานถึง 8 ชั่วโมง โดยไม่ทิ้งคราบติดเสื้อผ้าและมีกลิ่นหอม ซึ่งได้มีหลายบริษัทได้ซื้อสิทธิบัตรนี้ไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ออกมาวางขายในท้องตลาด ทั้งในรูปแบบสบู์ เจล ลูกกลิ้ง แต่มีข้อเสียคือราคาแพง เนื่องจากดอกลาเวนดอร์จะปลูกได้เฉพาะหน้าหนาวและปลูกบนเทือกเขาคุริ (Kuri) เท่านั้น ได้มีผู้พยายามนำดอกลาเวนดอร์ไปปลูกยังเทือกเขาต่าง ๆ แต่ไม่ประสบความสำเร็จ เหตุผลที่สำคัญคือ แร่ธาตุที่เทือกเขาคุริซึ่งแตกต่างจากที่อื่น

นอกจากนี้ยังมีข้อมูลการนำสารสกัดจากต้นยูคาลิปตัสมาผสมเป็นครีมกันยุง สามารถกันยุงได้นานถึง 6 ชั่วโมง แต่ต้องใช้สารสกัดในอัตราที่สูงมากถึง 80-90 เปอร์เซ็นต์ จึงจะมีประสิทธิภาพในการป้องกันยุงได้ นอกจากนี้ยังมีข้อเสีย คือ ครีมจะเหนียวและติดคราบบนเสื้อผ้า

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นจึงได้ทำให้มีการวิจัยและประดิษฐ์คิดค้นสารประกอบสำหรับป้องกันยุงเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องที่กล่าวมาข้างต้นต่อไป (สำนักงานบริหารจัดการทรัพย์สินทางปัญญามหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2560)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Solomon และคณะ (2012) ได้ศึกษาเพื่อลดอัตราการระเหยของน้ำมันหอมระเหยโดยไมโครแคปซูล ที่เตรียมโดยใช้วิธีการ coacervation โดยใช้เจลาตินที่ง่ายและโซเดียมซัลเฟต (20%) เป็น coacervating agent และศึกษาผลกระทบของตัวแปร ได้แก่ อัตราการกวน โหลดน้ำมันและปริมาณของการครอสลิงค์ต่อประสิทธิภาพการกักเก็บ (EE%) พบว่าการเตรียมไมโครแคปซูลภายใต้เงื่อนไขที่ดีที่สุดให้ EE 60% ไมโครแคปซูลที่ดีที่สุดถูกสังเกตการปลดปล่อย (70% ของสารที่ถูกกักเก็บได้รับการปลดปล่อยในเวลา 10 ชั่วโมงของการศึกษา) และมีผลการปลดปล่อยอย่างรวดเร็วช่วงเริ่มต้นต่ำสุด สูตรของน้ำมันที่กักเก็บในไมโครแคปซูลและไม่ได้กักเก็บในไมโครแคปซูลเตรียมโดยใช้เบสที่แตกต่างกัน ในการศึกษาการซึมแพร่กระจายผ่านเยื่อหุ้มได้รับการประเมินในฟรานซ์เซลล์โดยใช้เมมเบรนเซลลูโลสอะซิเตทที่ 32 องศาเซลเซียส วิเคราะห์ด้วย GC / MS โดยใช้ citronellal เป็นมาตรฐานอ้างอิง ผลการศึกษาพบว่าไมโครแคปซูลลดการซึมผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ของน้ำมันหอมระเหยอย่างน้อย 50% ปริมาณ citronellal ที่แพร่ผ่านขึ้นอยู่กับชนิดของเบสครีมที่ใช้ โดย PEG แสดงระดับสูงสุดของการปลดปล่อย ดังนั้นไมโครแคปซูลช่วยลดการซึมผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ของน้ำมันหอมระเหย ในขณะที่รักษาปริมาณการใช้ที่คงที่ของน้ำมันหอมระเหย

Mirra และคณะ (2013) ได้ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการกักเก็บน้ำมันหอมระเหยในอนุภาคต่าง ๆ ได้แก่ ไมโครแคปซูล ไมโครสเฟียร์ นาโนอิมัลชัน และ ลิโปโซม โดยมุ่งเน้นเฉพาะการกักเก็บของน้ำมันหอมระเหยลงในลิโปโซม อันดับแรกนำเสนอเทคนิคที่ใช้ในการเตรียมลิโปโซมในการกักเก็บน้ำมันหอมระเหย ผลกระทบของน้ำมันหอมระเหยและปัจจัยอื่น ๆ ต่อลักษณะลิโปโซม เช่น ขนาด ประสิทธิภาพการกักเก็บ และพฤติกรรมทางความร้อนของชั้นลิพิด องค์ประกอบของเยื่อหุ้มลิพิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเภทของฟอสโฟลิพิด ปริมาณคอเลสเตอรอล อัตราส่วนของน้ำมันหอมระเหยต่อลิพิด วิธีการเตรียมและชนิดของน้ำมันหอมระเหยที่อาจมีผลต่อขนาดลิโปโซมและประสิทธิภาพการกักเก็บ น้ำมันหอมระเหยจำนวนมากสามารถลดขนาดของลิโปโซม มีความเป็นเนื้อเดียวกันและกระจายสม่ำเสมอ เพิ่มการไหลและลดการเกิดออกซิเดชันของชั้นลิพิด นอกจากนี้ลิโปโซมสามารถป้องกันการไหลของน้ำมันหอมระเหยและมีความเสถียรที่ 4-5 องศาเซลเซียสเป็นเวลาอย่างน้อย 6 เดือน การกักเก็บน้ำมันหอมระเหยในลิโปโซมมีแนวโน้มที่สามารถใช้ในการเพิ่มกิจกรรมการต้านจุลินทรีย์ของน้ำมันหอมระเหย ใช้ศึกษาผลกระทบของน้ำมันหอมระเหยต่อเยื่อหุ้มเซลล์และเพื่อใช้ในการรักษาทางเลือกในการรักษาโรคต่าง ๆ

Jaya และคณะ (2013) ได้ศึกษาหาค่าของ required hydrophilic-lipophilic balance (rHLB) ของน้ำมันตะไคร้หอมและการพัฒนาสูตรครีมที่มีความเสถียร โดยเตรียมอิมัลชันของน้ำมันตะไคร้หอมด้วยเทคนิค phase inversion temperature โดยใช้ น้ำ Tween 80 และ Span 80 อิมัลชัน 11 ชุดแรก ที่มีค่า HLB ตั้งแต่ 5.0-15.0 และชุดที่สองของ 8 อิมัลชันที่มีขนาดเล็กในช่วงค่า HLB 11.0-13.8 ถูกเตรียม อิมัลชันได้รับการประเมินสำหรับดัชนีการเกิดครีม ขนาดหยดและความชุ่มเพื่อตรวจสอบ rHLB จากนั้นใช้ค่า rHLB เพื่อเตรียมสูตรครีมน้ำมันตะไคร้หอม และประเมินผลเนื้อสัมผัสด้วยพารามิเตอร์ต่างๆ rHLB ของพาราฟินเหลวใช้สำหรับการตรวจสอบความเที่ยง พบว่า rHLB ของน้ำมันตะไคร้หอมและของพาราฟินเหลว มีค่าเป็น 11.80 และ 12.60 ตามลำดับ ครีมน้ำมัน

ตะไคร้หอมที่มีความเสถียรได้รับการพัฒนาด้วยการผสม 10% อิมัลซิฟายเออร์ ดัชนีการเกิดครีม เส้นผ่าศูนย์กลางหยด การเพิ่มขึ้นของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหยด และความชุ่ม เป็นพารามิเตอร์ ที่จัดตั้งขึ้นเพื่อตรวจสอบ rHLB และการพัฒนาอิมัลชันที่มีเสถียรภาพ อิมัลชันที่มีความเข้มข้นอิมัลชัน ที่เหมาะสมส่งผลให้ดัชนีการเกิดครีม มีร้อยละที่น้อยลง หยดเล็กที่สุด ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางหยดที่ เพิ่มขึ้นมีร้อยละน้อยลง และความชุ่มสูงที่สุด การประเมินผลคุณสมบัติเนื้อสัมผัสส่งผลให้มั่นใจ ในเสถียรภาพของครีมที่พัฒนาขึ้น

Wu (2013) ได้ศึกษาการขับไล่ของน้ำมันหอมระเหย 11 ชนิดที่ได้รับการทดสอบกับยุง *Aedes albopictus* Skuse โดย Y-tube olfactometer ใช้น้ำมันหอมระเหยที่มีฤทธิ์ขับไล่สูงเป็น วัสดุหลักและเจลาตินและกัมอาราบิกเป็นวัสดุผนัง เตรียมไมโครแคปซูลของน้ำมันหอมระเหยและเพิ่ม ประสิทธิภาพขั้นตอนการเตรียม จากนั้นจึงนำสูตรไมโครแคปซูลไปทดสอบฤทธิ์ชีวภาพขับไล่บนผิวมือ พบว่า เมื่อปริมาณของน้ำมันหอมระเหยที่ 5 ไมโครลิตร อัตราการขับไล่ของน้ำมันอบเชยเป็น 87.5% ภายใน 10 นาที และน้ำมัน *Herba Schizonepetae* (HSO) อัตราการขับไล่เป็น 98.0% ภายใน 3 นาที อัตราส่วน 1: 1 จากวัสดุหลักกับผนังวัสดุ ถูกนำมาใช้ในการเตรียมไมโครแคปซูลคือ 1.5% (w/v) เจลาติน และ 1.5% (w/v) กัมอาราบิก (เป็นวัสดุผนัง) และ HSO (เป็นวัสดุหลัก) สรุปได้ว่า ครีมบำรุงที่เตรียมสามารถป้องกันผิวมือได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อการสัมผัสกับ *A. albopictus* Skuse ปริมาณมาก ได้นาน 4-5 ชั่วโมง สารขับไล่ HSO ที่อยู่ในไมโครแคปซูลมีการนำไปใช้ในวงกว้าง และมีแนวโน้มสู่การพัฒนาต่อไป

Lachance และ Grange (2014) ได้ศึกษาการนำน้ำมันหอมระเหยจากพืชที่สำคัญ (โหระพา *Geranium* ยางสน ลาเวนเดอร์ ตะไคร้ สะระแหน่ สน และต้นชา) ผสมกับน้ำมันดอกทานตะวันหรือ เอทิลแอลกอฮอล์ ที่ความเข้มข้น 5% นำมาทาตามข้างลำตัวให้กับวัว Holstein พบว่าการทาวัวที่ทา ความสะอาดแล้วด้วยน้ำมันหอมระเหยที่เจือจางในน้ำมันดอกทานตะวันมีแมลงวันมาตอมน้อยกว่าวัว ที่ไม่ได้รับการทาที่เป็นตัวแปรควบคุม ได้นานเป็นเวลา 24 ชั่วโมง อย่างไรก็ตามการทาน้ำมันหอม ระเหยไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับการทาน้ำมันที่เป็นตัวพาเพียงอย่างเดียว Barn-held heifers ที่ ถูกทาด้วยน้ำมันหอมระเหยหรือน้ำมันดอกทานตะวันเพียงอย่างเดียว พบว่ามีแมลงวันน้อยกว่าตัว ควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ เป็นเวลานานถึง 8 ชั่วโมง หลังการทาไปโหระพา *Geranium* ลาเวนเดอร์ ตะไคร้ และสะระแหน่ ไล่แมลงวันได้มากกว่าการทาน้ำมันดอกทานตะวันเพียงอย่างเดียว เป็น ระยะเวลาดังแต่ 1.5-4 ชั่วโมงหลังจากการทาให้กับวัว น้ำมันหอมระเหยทุกชนิดไล่แมลงวันได้ มากกว่า 75% เป็นเวลา 6 และ 8 ชั่วโมง ในบริเวณที่ได้รับการทาของวัวที่ทำความสะอาดแล้วและวัว ที่อยู่ในร่ม ตามลำดับ และ *Geranium* ตะไคร้ และสะระแหน่ มีประสิทธิภาพเป็นระยะเวลานานกว่า น้ำมันหอมระเหยผสมกับแอลกอฮอล์แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการไล่แมลงที่น้อยกว่าเมื่อเทียบ กับการผสมกับน้ำมัน สบู่ที่ปลอดภัย สารไพริธินธรรมชาติ ที่ไม่มี butoxide piperonyl และ แอลกอฮอล์เพียงอย่างเดียว ไม่ได้มีประสิทธิภาพในการต้านทานแมลงวัน น้ำมันหอมระเหยสามารถ พัฒนาดาร์บขึ้นเพื่อใช้เป็นสารไล่แมลงในการผลิตปศุสัตว์ได้

Narayan และคณะ (2014) ได้ศึกษาเพื่อพัฒนาครีมบำรุงผิวน้ำมันตะไคร้หอมที่ไม่ระคาย เคืองมีความเสถียรและคงระยะเวลาในผิวได้ยาวนาน โดยใช้เทคนิคการผกผันอุณหภูมิแบบเฟสเพื่อ เตรียมครีม ทำการปรับปรุงและวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะตามการประเมินผลทางประสาทสัมผัส การ

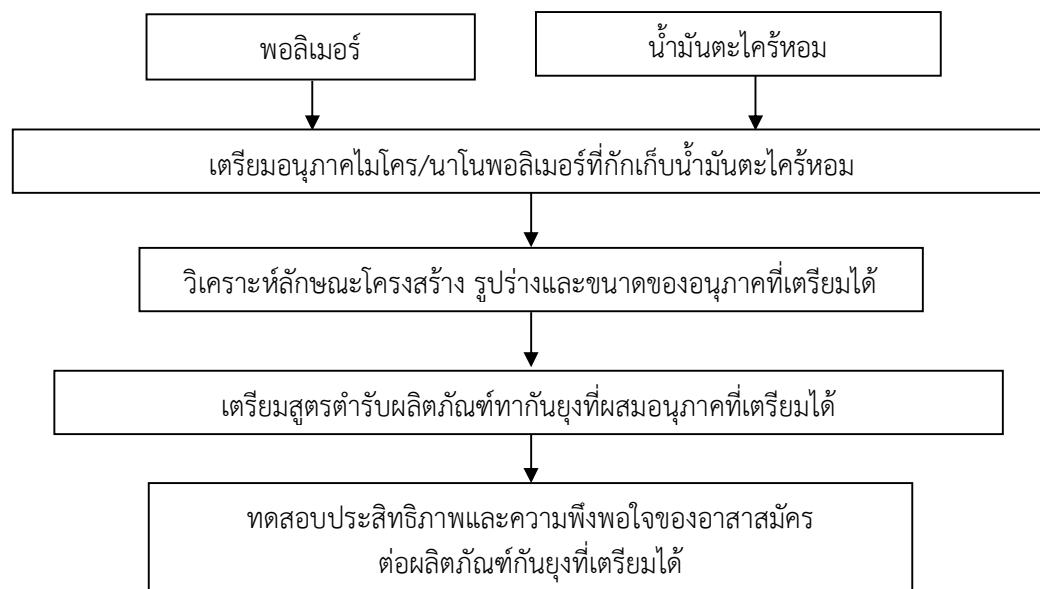
ทำให้เป็นอิมัลชัน และความสม่ำเสมอในแง่ของความนุ่มนวล ความหนืด และความเป็นกรด - ต่างเปรียบเทียบกับสูตรที่เหมาะสม (B5) กับสองผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่นิยมมากที่สุดในตลาดที่เลือกเป็นมาตรฐานอ้างอิง พบว่าสูตร B5 ที่เตรียมมีความเสถียรมากกว่า 90 วัน และมีระยะเวลาในการยับยั้งการแพร่กระจายของยุงสูงขึ้นเมื่อเทียบกับน้ำมันตะไคร้หอมบริสุทธิ์ ดัชนีการระคายเคืองเบื้องต้น (PII 0.45) ได้รับการจัดตำแหน่ง พบว่าสูตรครีม B5 เป็นหมวดหมู่ของการระคายเคืองที่แทบจะไม่สามารถมองเห็นได้ ลักษณะเนื้อสัมผัสและความเสถียรของ B5 ที่เด่นชัด มีระยะเวลาการคงอยู่ที่ผิวที่ยาวนาน และข้อมูล PII ที่มีค่าต่ำ แสดงให้เห็นถึงการประยุกต์ใช้ครีม B5 ที่มีศักยภาพในอุตสาหกรรมและเป็นทางเลือกที่น่าสนใจสำหรับแข่งกับผลิตภัณฑ์จากสารเคมีสังเคราะห์ที่มีการจำหน่ายในตลาด

Lalthazuali และ Mathew (2017) ได้ทดสอบฤทธิ์ไล่ยุง (repellent activity) ของน้ำมันหอมระเหยจากใบสดของสมุนไพรรวม 4 ชนิด ได้แก่ กะเพรา (*Ocimum sanctum*) สะระแหน่ฝรั่ง (*Mentha piperita*) ยูคาลิปตัส (*Eucalyptus globulus*) และเนียมหูเสือ (*Plectranthus amboinicus*) ที่สกัดด้วยวิธีการกลั่นด้วยน้ำ (hydrodistillation) และเตรียมเป็นสารละลายน้ำมันหอมระเหยของสมุนไพรรวมแต่ละชนิดความเข้มข้นร้อยละ 20 ในเอทานอล และสารละลายน้ำมันหอมระเหยผสมของสมุนไพรรวมสี่ชนิดในอัตราส่วนเท่ากัน ความเข้มข้นร้อยละ 5 ทดสอบฤทธิ์ไล่ยุงกับยุงลายบ้าน (*Aedes aegypti*) เพศเมียอายุ 3-5 วัน โดยเติมสารละลาย 100 ไมโครลิตรในงานเพาะเชื้อที่วางไว้ในกล่องทดสอบ และประเมินการเกาะของยุง (mosquito landing) เป็นเวลาทุก 30 นาที จนครบ 6 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมบวกซึ่งใช้สารไล่แมลงมาตรฐาน DEET (N, N-diethyl-m-toluamide) ความเข้มข้นร้อยละ 20 ในเอทานอล และกลุ่มควบคุมลบซึ่งใช้แอลกอฮอล์อย่างเดียว ผลการทดสอบพบว่าน้ำมันหอมระเหยของกะเพรา สะระแหน่ฝรั่ง เนียมหูเสือ และน้ำมันหอมระเหยผสมสามารถป้องกันการเกาะของยุงได้นานถึง 6 ชั่วโมง เช่นเดียวกับกลุ่มที่ใช้ DEET ส่วนน้ำมันยูคาลิปตัสมีผลป้องกันการเกาะได้ 1 ชั่วโมง 30 นาที ในขณะที่กลุ่มควบคุมลบพบการเกาะและกินอาหาร (feeding) ของยุง สรุปลงได้ว่าน้ำมันหอมระเหยของสมุนไพรรวมทั้ง 4 ชนิด ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 5 มีฤทธิ์ในการไล่ยุงและป้องกันการยุงลายบ้าน อย่างไรก็ตามควรมีข้อมูลการศึกษาทางคลินิกเกี่ยวกับความเป็นพิษหรืออาการข้างเคียงของการใช้สมุนไพรรวมทั้ง 4 ชนิด ในการไล่ยุงต่อไป

Agarwal และคณะ (2017) ได้ศึกษาการเตรียมนาโนอิมัลชันของน้ำมันตะไคร้หอมด้วยเทคนิค cavitation พบว่าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการขนส่งสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ไม่ละลายน้ำคือ น้ำมันซิโตรเนลลา (สารสกัดจากตะไคร้หอม) ซึ่งเป็นสารสกัดจากพืชธรรมชาติสามารถใช้เป็นกันยุงและมีผลเสียน้อยกว่าเมื่อเทียบกับ DEET (N, Diethyl-meta-toluamide) ตรวจสอบผลกระทบของค่าพารามิเตอร์ของระบบเช่น HLB (Hydrophilic Lipophilic Balance) และโหมดการป้อนพลังงานต่อคุณภาพอิมัลชัน ผลของการทำให้เป็นอิมัลชันต่ออัตราการปลดปล่อยเพื่อให้เข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของหยดกับอัตราการปลดปล่อย สามารถเตรียมขนาดหยดของนาโนอิมัลชันได้ต่ำสุดที่ 60 นาโนเมตร การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการทำอิมัลชันแบบ hydropynamic cavitation-assisted ทำให้การใช้พลังงานมีประสิทธิภาพมากขึ้นเมื่อเทียบกับการทำอิมัลชันด้วยอัลตราซาวด์เพียงอย่างเดียว ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของหยดกับอัตราการปลดปล่อย พบว่าอัตราการปลดปล่อยมีการเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดของนาโนอิมัลชันลดลง

จากผลงานวิจัยที่กล่าวมาผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการกักเก็บน้ำมันตะไคร้หอมที่มีสารออกฤทธิ์สำหรับกันยุงในอนุภาคไมโคร/นาโนพอลิเมอร์ เลือกใช้เทคนิคทางเคมีที่ง่ายและปลอดภัย เพื่อแก้ไขข้อบกพร่องของการใช้น้ำมันตะไคร้หอม ซึ่งมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อให้ได้อนุภาคไมโคร/นาโนพอลิเมอร์ที่สามารถกักเก็บน้ำมันตะไคร้หอมได้ในปริมาณสูงโดยที่ยังคงรักษาความคงตัวของน้ำมันตะไคร้หอมไว้ได้ ทำให้ลดปริมาณการใช้โดยที่ยังคงสามารถกันยุงได้ดี สามารถลดหรือกลบกลิ่นฉุนของน้ำมันตะไคร้หอมได้ สามารถนำไปผสมกับผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางอื่นๆ ได้ อีกทั้งยังลดหรือป้องกันภาวะการระคายเคืองหรือการแพ้ด้วย ทำให้สามารถใช้เป็นผลิตภัณฑ์กันยุงกับเด็กปฐมวัยได้

กรอบแนวคิดในการวิจัย



บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

- UV-Vis Spectrometer รุ่น HP 89500 UV/Vis (Hewlett Packard Company, California, USA)
- NMR Spectrometer 400 MHz (Varian Company, Palo Alto, CA, USA)
- Rotary evaporator (BUCHI Heating Bath B-490, Switzerland)
- Centrifuge (Allegra 64R centrifuge, Beckman Coulter, Inc., Fullerton, CA, USA)
- Zetasizer nano series instrument (Zs, Malvern Instruments, Worcestershire, UK)
- Scanning electron microscope JSM-6400 (JEOL, Tokyo, Japan)
- Glass wares

สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

- น้ำมันตะไคร้หอม (Citronella essential oil, HONG HUAT, Bangkok, Thailand)
- ซิโตรเนลลัล (Citronellal, ACROS, New Jersey, USA)
- เอทิลเซลลูโลส (Ethyl cellulose; EC, SIGMA-Aldrich, Steinheim, Germany)
- เอทานอล 95% (Ethanol, AR grade, Lab scan, Bangkok, Thailand)
- อะซิโตน (Acetone, AR grade, Labscan, Bangkok, Thailand)
- Potassium dihydrogen phosphate (CARLO ERBA REAGENTI, Milano, Italy)
- Potassium hydrogen phosphate (MERCK, Darmstadt, Germany)
- Dialysis tubing cellulose membranes with molecular weight cut off (MWCO) 12,400 Daltons (size 76 mm × 49 mm) (SIGMA-Aldrich, Steinheim, Germany)
- กลีเซอริน (Glycerin, HONG HUAT, Bangkok, Thailand)
- คาร์โบพอล 940 (Carbopol 940, HONG HUAT, Bangkok, Thailand)
- ไตรเอทานอลามีน (Triethanolamine, Labscan, Bangkok, Thailand)
- เจอร์มาเบน (Germaben, Namsiang Group, Bangkok, Thailand)
- โพรไพลีน ไกลคอล (Propylene glycol, Labscan, Bangkok, Thailand)
- น้ำกลั่น (DI water)

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การกักเก็บน้ำมันตะไคร้หอมลงในอนุภาคนาโนพอลิเมอร์

1.1 การกักเก็บน้ำมันตะไคร้หอมในอนุภาคไมโคร/นาโนจากพอลิเมอร์ EC

- 1) ละลายพอลิเมอร์ EC 1 กรัม ในเอทานอล 100 มิลลิลิตร
- 2) ใส่น้ำมันตะไคร้หอม 2 กรัม ลงในสารละลายข้อ 1) พร้อมทั้งทำการคนให้กระจายทั่วกัน
- 3) นำสารละลายที่เตรียมได้บรรจุใส่ถุงไดอะไลซิส (dialysis) ทำการไดอะไลซิสกับน้ำปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร โดยเปลี่ยนน้ำทุก ๆ 3 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้น 6 ครั้ง
- 4) นำน้ำที่ได้จากการทำไดอะไลซิส ครั้งแรกไปทำการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำมันตะไคร้หอมด้วยวิธี UV-Vis spectrometry และคำนวณประสิทธิภาพการกักเก็บ
- 5) แบ่งสารแขวนลอยที่ได้ไปทำการตรวจวิเคราะห์ด้วยเทคนิค SEM
- 7) นำสารแขวนลอยที่เป็นอนุภาคที่มีน้ำมันตะไคร้หอมกักเก็บอยู่ไปทำการเตรียมผลิตภัณฑ์เจลทากันยุง
- 8) ทำการวิจัยตามข้อ 1) – 6) รวมสารแขวนลอยที่เตรียมได้ทั้งหมดให้ได้ตามปริมาณที่ต้องการใช้ในการเตรียมผลิตภัณฑ์เจลทากันยุง

2. การเตรียมผลิตภัณฑ์เจลกันยุง

2.1 วิธีการเตรียมผลิตภัณฑ์เจลพื้น (base gel) มีดังนี้

- 1) ตวงเอทิลแอลกอฮอล์ 95% ปริมาตร 370 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำกลั่น ปริมาตร 128 มิลลิลิตร (ทำในภาชนะแก้ว หรือสแตนเลส หรือกระเบื้องเคลือบ)
- 2) เติมนิโพรไพลีน โกลคอลล (สารให้ความชุ่มชื้นแก่ผิว) ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร กลีเซอริน ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร และเจอร์มาเบน (สารป้องกันการเกิดเชื้อรา) ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ตามลงไป แล้วใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากัน หรือใช้เครื่อง magnetic stirrer ในการกวน
- 3) ค่อย ๆ ropy คาร์โบพอล 940 (สารประกอบให้เกิดเจล) ปริมาณ 1.5 กรัม ลงไปในสารแขวนลอยที่กำลังกวนอยู่ และกวนให้คาร์โบพอลกระจายตัวในส่วนผสม จากนั้นพักทิ้งไว้ 1 คืน เพื่อให้คาร์โบพอลเกิดการพองตัว
- 4) นำส่วนผสมที่พักทิ้งไว้ 1 คืน มากวนให้เป็นเนื้อเดียวกัน
- 6) ใส่นิโพรไพลีน โกลคอลล (สารประกอบให้เกิดเจล) ปริมาณ 1.5 กรัม ลงไป และกวนให้เข้ากัน จะได้ผลิตภัณฑ์เจลพื้นที่สามารถนำไปใช้ได้ทันที
- 7) บรรจุในภาชนะปิดสนิทเพื่อป้องกันการระเหยของแอลกอฮอล์ (เช่น หลอดพลาสติก ขวดปั๊ม)

2.2 วิธีการเตรียมผลิตภัณฑ์เจลทากันยุง ปริมาตร 500 มิลลิลิตร มีดังนี้

- 1) ตวงสารแขวนลอยอนุภาคที่กักเก็บน้ำมันตะไคร้หอมที่เตรียมได้จากข้อ 1. ปริมาตร 500 มิลลิลิตร ใสในภาชนะแก้ว หรือสแตนเลส หรือกระเบื้องเคลือบ

2) เติมโพรไฟลีน ไกลคอล (สารให้ความชุ่มชื้นแก่ผิว) ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร กลีเซอริน ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร และเจอร์มาเบน (สารป้องกันการเกิดเชื้อรา) ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ตามลงไป แล้วใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากัน หรือใช้เครื่อง magnetic stirrer ในการกวน

3) ค่อย ๆ โพรยคาร์โบพอล 940 (สารประกอบให้เกิดเจล) ปริมาณ 1.5 กรัม ลงไปในสารแขวนลอยที่กำลังกวนอยู่ และกวนให้คาร์โบพอลกระจายตัวในส่วนผสม จากนั้นพักทิ้งไว้ 1 คืน เพื่อให้คาร์โบพอลเกิดการพองตัว

4) นำส่วนผสมที่พักทิ้งไว้ 1 คืน มากวนให้เป็นเนื้อเดียวกัน

6) ใส่ไตรเอทาโนลามีน (สารประกอบให้เกิดเจล) ปริมาณ 1.5 กรัม ลงไป และกวนให้เข้ากัน จะได้ผลิตภัณฑ์เจลทากันยุงที่สามารถนำไปใช้ได้ทันที

7) บรรจุในภาชนะปิดสนิทเพื่อป้องกันการระเหยของแอลกอฮอล์ (เช่น หลอดพลาสติก ขวดปั๊ม)

3. การประเมินคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์เจลกันยุง

3.1 การประเมินคุณสมบัติทางกายภาพ ประเมินลักษณะภายนอกของเจล โดยพิจารณาลักษณะต่าง ๆ แล้วบันทึกผลที่สังเกตได้ ดังนี้ (อ้างอิงตามวิธีการประเมินของ เสาวนีย์ กระสานตีสุข และ หทัยชนก รุณรงค์, 2549)

1) ลักษณะเนื้อเจล ประเมินโดยสังเกตลักษณะปรากฏของเนื้อเจลที่มองเห็นด้วยตาเปล่า ว่ามีลักษณะใด เนื้อข้น เนื้อเหลว มีตะกอน มีหยดน้ำมัน

2) สี ประเมินโดยสังเกตสีของเจลที่มองเห็นด้วยตาเปล่าว่าเป็นสีขาว สีเหลืองของน้ำมันตะไคร้หอม หรือสีอื่นใด

3) กลิ่น ประเมินโดยการดมกลิ่นของเจล ว่ามีกลิ่นของน้ำมันตะไคร้หอมมาก ปานกลาง น้อย ไม่มีกลิ่น หรือมีกลิ่นอื่นใดเจือปน

4) การไหลของเจล ประเมินโดยนำขวดของเจลมาเอียงทำมุม 45 องศา กับแนวระดับ จับเวลาตั้งแต่เริ่มเอียงจนเจลไหลมาถึงปากภาชนะ บันทึกผลโดยใช้สัญลักษณ์ โดยแบ่งระดับการไหลของเจล ดังนี้

++++ ใช้เวลา ≤ 3 วินาที หมายถึง ไหลได้ดีมาก

+++ ใช้เวลา 4-10 วินาที หมายถึง ไหลได้ดี

++ ใช้เวลา ≥ 10 วินาที หมายถึง ไหลได้ช้า

+ ไม่ไหลเลย

5) การเจริญของจุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรียและเชื้อรา ประเมินโดยสังเกตว่าเจลมีจุดสีขาวหรือดำหรือพบว่ามีเส้นใยขึ้นหรือไม่ บันทึกผลโดยใช้สัญลักษณ์

+ หมายถึง พบการเจริญของจุลินทรีย์

- หมายถึง ไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์

6) การเกิด Creaming หมายถึง ลักษณะที่ส่วนผสมในวัตถุดิบแยกชั้นออกไปรวมตัวกันลอยอยู่ที่ผิวหน้า หรือตกตะกอนนอนก้นภาชนะ ทำให้วัตถุดิบเกิดการแยกเป็นชั้น

แต่จะเกิดขึ้นไม่ถาวร เมื่อเขย่าขึ้นที่เกิดการแยกจะกลับมาผสมเป็นเนื้อเดียวกันเช่นเดิม บันทึกผลโดยใช้สัญลักษณ์

- + หมายถึง พบการเกิด Creaming
- หมายถึง ไม่พบการเกิด Creaming

7) การเกิด Cracking หมายถึง ลักษณะที่อนุภาคหรือหยดขนาดเล็กที่อยู่ภายในวัสดุเกิดการหลอมรวมกันเป็นหยดที่โตขึ้น จนเกิดการแยกชั้นออกเป็นชั้นน้ำและชั้นน้ำมันอย่างชัดเจน ซึ่งเป็นความคงตัวที่เกิดขึ้นถาวร บันทึกผลโดยใช้สัญลักษณ์

- + หมายถึง พบการเกิด Cracking
- หมายถึง ไม่พบการเกิด Cracking

3.2 การประเมินคุณสมบัติทางทางเคมี ประเมินโดยทดสอบค่าความเป็นกรด – ต่างของผลิตภัณฑ์โดยใช้ Universal Indicator pH 1-11 บันทึกผลที่วัดได้

4. การประเมินความคงตัวของผลิตภัณฑ์เจล

การประเมินความคงตัวของผลิตภัณฑ์เจลทำกันยุ่งด้วยวิธี Freeze and Thaw cycle ประเมินโดย

- 1) นำผลิตภัณฑ์เจลทำกันยุ่งที่เตรียมได้ใส่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิประมาณ 4 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง
- 2) จากนั้นนำผลิตภัณฑ์เจลมาใส่ในตู้อบที่อุณหภูมิ 45 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นับเป็น 1 cycle
- 3) นำผลิตภัณฑ์เจลกลับไปใส่ตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วสลับนำผลิตภัณฑ์เจลกลับไปใส่ตู้อบที่อุณหภูมิ 45 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ทำเช่นนี้จนได้ครบ 6 cycle
- 4) ประเมินคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์เจลนี้ โดยวิธีการดังอธิบายไว้ในข้อ 3.1 และ 3.2 แล้วบันทึกผล

5. การประเมินความรู้สึกในการใช้ผลิตภัณฑ์เจลกันยุ่ง

ประเมินโดยพิจารณา ดังนี้

- 1) การซึมซาบเข้าสู่ผิวหนัง ประเมินจากความรู้สึกที่เมื่อนำเจลมาทาบนผิวหนังแล้วทิ้งไว้ให้แห้ง สัมผัสบริเวณที่ทา รู้สึกเหมือนไม่ได้ทาหรือไม่
- 2) ความเหนอะหนะ ประเมินจากความรู้สึกขณะทาเจลบนผิวหนัง พบว่าเจลเหนียวติดผิวหนัง ก่อให้เกิดความไม่สบายตัวหรือไม่
- 3) สี สังกะสีของเจล ประเมินจากความรู้สึกว่ามีความน่าใช้หรือไม่
- 4) ความน่าใช้ ประเมินจากความรู้สึกเมื่อพิจารณาโดยรวมของการซึมซาบเข้าสู่ผิวหนัง ความเหนอะหนะ สี ลักษณะทางกายภาพ ทางเคมี และความคงตัวของเจล บันทึกผลโดยใช้สัญลักษณ์ ดังนี้

- + หมายถึง ผลลัพธ์นี้ควรปรับปรุง
- ++ หมายถึง ผลลัพธ์นี้ให้ความรู้สึกในการใช้เป็นที่พอใจ
- +++ หมายถึง ผลลัพธ์นี้ให้ความรู้สึกในการใช้ดี
- ++++ หมายถึง ผลลัพธ์นี้ให้ความรู้สึกในการใช้ดีมาก

6. การทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ต่อยุง (Repellent test methods)

5.1 ทำการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์เจลทาากันยุงต่อยุงกลางวัน/ยุงกลางคืน แบบกึ่งภาคสนาม โดยนำไปทดลองใช้ในอาสาสมัคร มีวิธีการทดสอบดังนี้

1) คุณสมบัติของอาสาสมัคร คัดเลือกอาสาสมัครที่มีอายุ 25-50 ปี เพศหญิงและไม่มีโรคประจำตัว เช่น เบาหวาน จำนวน 15 คน

2) ให้อาสาสมัครนำเจลมาทาบนผิวหนังแล้วทิ้งไว้ให้แห้ง โดยทาเจล A (เจลตะไคร้หอมนาโน) ที่แขนขวา และเจล B (เจลตะไคร้หอม) ที่แขนซ้าย วันละ 2 ครั้ง ตอนกลางวัน 1 ครั้ง ตอนกลางคืน 1 ครั้ง เป็นเวลา 1 สัปดาห์ (Single blind) จับเวลาที่แขนแต่ละข้างถูกยุงกัดหลังจากทาเจล บันทึกผล

บทที่ 4 ผลการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยเพื่อศึกษาการเตรียมอนุภาคระดับไมโคร/นาโนจากพอลิเมอร์กลุ่มอนุพันธ์เซลลูโลส เพื่อกักเก็บน้ำมันตะไคร้หอม เริ่มจากการหาระบบตัวทำละลายและอัตราส่วนความเข้มข้นที่เหมาะสมในการเตรียมอนุภาคโดยใช้วิธีการเตรียมอย่างง่าย เปรียบเทียบกับเทคนิคการแลกเปลี่ยนตัวทำละลายหรือไดอะไลซิส ทำการศึกษาลักษณะโครงสร้าง รูปร่าง ขนาดของอนุภาคที่เตรียมได้ จากนั้นนำอนุภาคไมโคร/นาโนที่กักเก็บน้ำมันตะไคร้หอมที่ไปทดสอบประสิทธิภาพและความคงตัวของน้ำมันตะไคร้หอม ผลการวิจัยมีดังต่อไปนี้

ผลการเตรียมอนุภาคไมโคร/นาโนจากพอลิเมอร์

จากการศึกษาระบบตัวทำละลายและอัตราส่วนความเข้มข้นที่เหมาะสมในการเตรียมอนุภาค โดยใช้ความเข้มข้นเริ่มต้นของพอลิเมอร์ที่ 1% น้ำหนักต่อปริมาตร เปรียบเทียบความสามารถในการละลายของเอทิลเซลลูโลสในตัวทำละลาย 2 ชนิด คือ อะซิโตน และเอทานอล พบว่าเอทิลเซลลูโลสสามารถละลายได้ในตัวทำละลายทั้งสองชนิด โดยสารละลายเอทิลเซลลูโลสที่เตรียมได้มีลักษณะค่อนข้างข้นมัว สีขาวอ่อนๆ ตามสีของเอทิลเซลลูโลส (ดังภาพที่ 4.1 ก) เพื่อความปลอดภัยในการนำอนุภาคที่เตรียมได้ไปใช้ประโยชน์ต่อไปในการเตรียมสูตรตำรับผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางหรือยาต่าง ๆ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายในการทดลองต่อจากนี้ไป

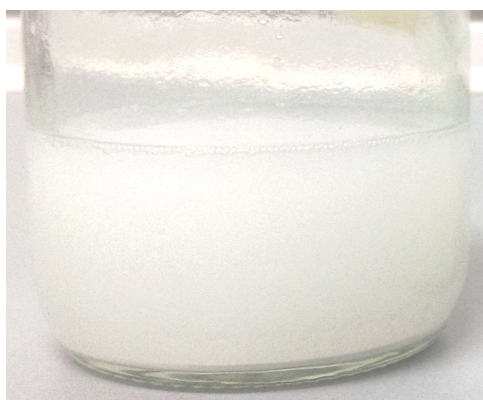
เมื่อนำสารละลายเอทิลเซลลูโลสไปทำการเตรียมอนุภาคไมโคร/นาโนด้วยวิธีการไดอะไลซิสในน้ำกลั่น วิธีการหยดน้ำกลั่นลงในสารละลายเอทิลเซลลูโลสและกวนด้วยเครื่องกวนสาร พบว่าได้เป็นสารแขวนลอย โดยสารแขวนลอยของอนุภาคเอทิลเซลลูโลสที่เตรียมได้มีลักษณะสีขาวขุ่น โดยที่สารแขวนลอยของอนุภาคที่เตรียมด้วยการไดอะไลซิสในน้ำกลั่น (ดังภาพที่ 4.1 ข) จะตกตะกอนน้อยมาก แต่สารแขวนลอยของอนุภาคที่เตรียมด้วยการใช้เครื่องกวนสาร (ดังภาพที่ 4.1 ค) สังเกตได้ว่า จะตกตะกอนอย่างรวดเร็วเมื่อตั้งทิ้งไว้ ส่วนภาพที่ 4.1 ง) คือ สารแขวนลอยของอนุภาคที่เตรียมด้วยการใช้เครื่องกวนสาร แต่ทำการสลับโดยหยดสารละลายเอทิลเซลลูโลสลงในน้ำกลั่นแทน พบว่าเทคนิคนี้สามารถใช้เตรียมอนุภาคได้ สังเกตได้จากน้ำกลั่นเปลี่ยนเป็นขาวขุ่น อย่างไรก็ตามจะมีกากชิ้นส่วนของเอทิลเซลลูโลสที่จับกันเป็นแผ่นที่ผิวหน้าของน้ำกลั่นเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วหลังจากหยดน้ำลงไปเพียง 1-2 มิลลิลิตร เนื่องจากวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือหาวิธีการเตรียมอนุภาคไมโคร/นาโนพอลิเมอร์ที่ทำได้อย่างง่าย ดังนั้นในการเตรียมอนุภาคในขั้นตอนต่อไปจะใช้วิธีการเตรียมโดยการหยดน้ำกลั่นลงในสารละลายเอทิลเซลลูโลสและกวนด้วยเครื่องกวนสารทุกการทดลองต่อจากนี้ไป



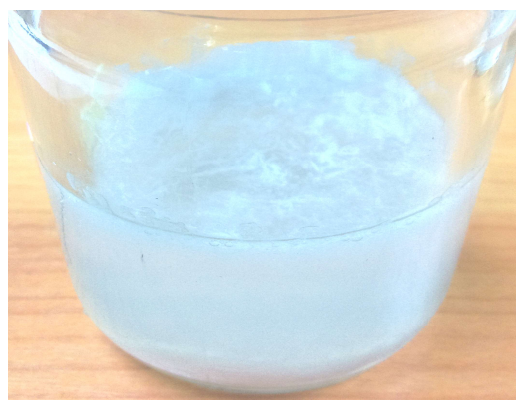
ก) สารละลายเอทิลเซลลูโลส
ในเอทิลแอลกอฮอล์



ข) สารแขวนลอยที่เตรียมด้วยการไดอะไลซิส
สารละลายเอทิลเซลลูโลสในน้ำกลั่น



ค) สารแขวนลอยที่เตรียมโดยการหยดน้ำลงใน
สารละลายพอลิเมอร์และกวนด้วยเครื่องกวนสาร

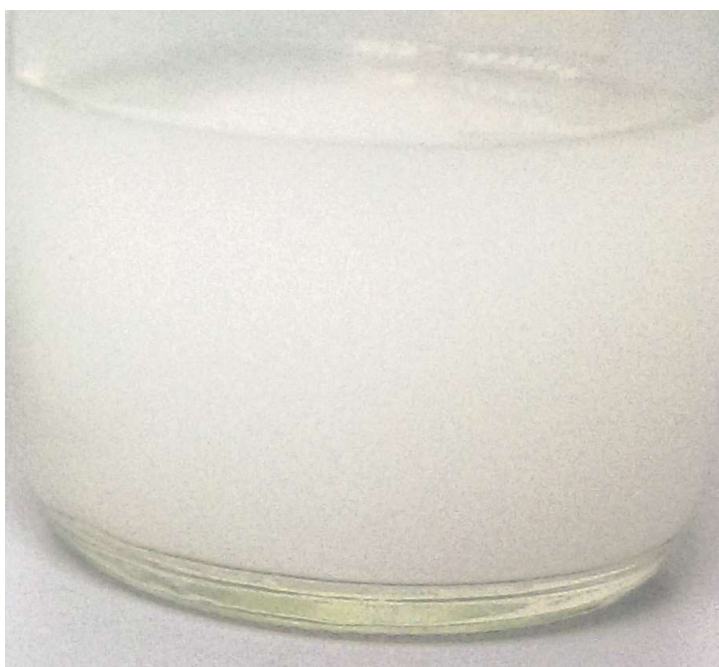


ง) สารแขวนลอยที่เตรียมโดยการหยดสารละลาย
พอลิเมอร์ลงในน้ำและกวนด้วยเครื่องกวนสาร

ภาพที่ 4.1 สารละลายและสารแขวนลอยเอทิลเซลลูโลส 1 % w/v ที่เตรียมด้วยวิธีต่าง ๆ

ผลการกักเก็บน้ำมันตะไคร้หอมในอนุภาคไมโคร/นาโนพอลิเมอร์

การเตรียมอนุภาคไมโคร/นาโนพอลิเมอร์ที่กักเก็บน้ำมันตะไคร้หอมไว้ในอนุภาค ทำโดยการเปรียบเทียบการเตรียมอนุภาคดังกล่าว 2 วิธี คือ วิธีการเตรียมอนุภาคด้วยการไดอะไลซิสสารละลายเอทิลเซลลูโลสในน้ำกลั่น วิธีการหยดน้ำกลั่นลงในสารละลายเอทิลเซลลูโลสที่ผสมน้ำมันตะไคร้หอม และทำการกวนด้วยเครื่องกวนสาร พบว่าทั้ง 2 วิธี สามารถใช้เตรียมเป็นสารแขวนลอยของอนุภาคไมโคร/นาโนพอลิเมอร์ที่กักเก็บน้ำมันตะไคร้หอมไว้ในอนุภาคได้ โดยที่อนุภาคของเอทิลเซลลูโลสที่กักเก็บน้ำมันตะไคร้หอมไว้ในอนุภาคที่เตรียมด้วยการไดอะไลซิส มีลักษณะเป็นสารแขวนลอยสีขาวขุ่น ไม่ตกตะกอน (ภาพที่ 4.2) น้ำมันตะไคร้หอมมีสีเหลืองอ่อน แต่สารละลายน้ำมันตะไคร้หอมในเอทานอลมีลักษณะใสไม่มีสี (แสดงดังภาพที่ 4.3 ก) และ 4.3 ข) ตามลำดับ) โดยที่สารแขวนลอยของอนุภาคเอทิลเซลลูโลสที่กักเก็บน้ำมันตะไคร้หอมไว้ในอนุภาคที่เตรียมด้วยการใช้เครื่องกวนสารโดยใช้น้ำมันตะไคร้หอมต่อพอลิเมอร์เตรียมด้วยอัตราส่วน 1:1 พบว่าไม่มีการตกตะกอนของอนุภาค (ดังแสดงในภาพที่ 4.2 ค) ส่วนสารแขวนลอยของอนุภาคเอทิลเซลลูโลสที่กักเก็บน้ำมันตะไคร้หอมโดยใช้น้ำมันตะไคร้หอมต่อพอลิเมอร์เตรียมด้วยอัตราส่วน 2:1 จะมีสีขาวขุ่นกว่าและพบว่าเมื่อตั้งทิ้งไว้จะมีการตกตะกอนของอนุภาคเกิดขึ้น (ดังแสดงในภาพที่ 4.3 ง))



ภาพที่ 4.2 สารแขวนลอยน้ำมันตะไคร้หอมในอนุภาคไมโคร/นาโนพอลิเมอร์เตรียมด้วยวิธีไดอะไลซิส



ก) น้ำมันตะไคร้หอม



ข) สารละลายน้ำมันตะไคร้หอมในเอทานอล



ง) น้ำมันตะไคร้หอมต่อพอลิเมอร์
เตรียมด้วยอัตราส่วน 2:1



ง) น้ำมันตะไคร้หอมต่อพอลิเมอร์
เตรียมด้วยอัตราส่วน 2:1

ภาพที่ 4.3 สารแขวนลอยน้ำมันตะไคร้หอมในอนุภาคไมโคร/นาโนพอลิเมอร์เตรียมด้วยอัตราส่วนต่าง ๆ

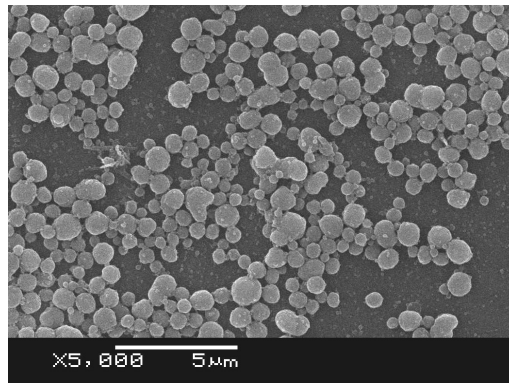
ลักษณะโครงสร้าง รูปร่าง และขนาดของอนุภาค

ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของอนุภาคไมโคร/นาโนเอทิลเซลลูโลส ถูกนำมาวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ได้ผลแสดงดังในตารางที่ 4.1 ซึ่งพบว่าอนุภาคแต่ละสถานะมีขนาดที่ค่อนข้างสม่ำเสมอ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคที่เตรียมด้วยการใช้เครื่องกวนสารมีขนาดที่ค่อนข้างใหญ่กว่าการเตรียมด้วยวิธีการไดอะไลซิส สังเกตได้จากลักษณะอนุภาคแขวนลอยที่ได้จากการเตรียมด้วยวิธีไดอะไลซิสมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวมากกว่า และมีการตกตะกอนช้าและน้อยกว่าการใช้เครื่องกวนสาร นอกจากนี้ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนพบว่าอนุภาคไมโคร/นาโนเอทิลเซลลูโลสที่กักเก็บน้ำมันตะไคร้หอมจะมีผิวเรียบ

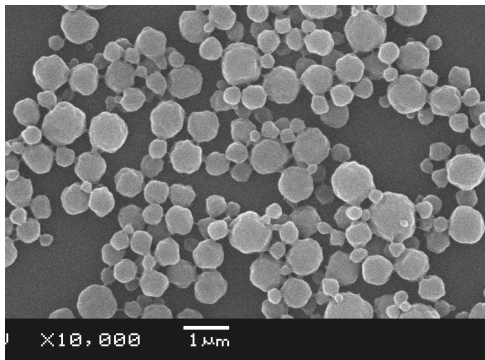
ตารางที่ 4.1 ขนาดอนุภาคไมโคร/นาโนพอลิเมอร์ที่เตรียมได้ด้วยวิธีต่าง ๆ

ตัวอย่าง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ของอนุภาค (นาโนเมตร)
อนุภาคไมโคร/นาโนพอลิเมอร์เปล่า	415 ± 138
อนุภาคไมโคร/นาโนพอลิเมอร์เตรียมด้วย น้ำมันตะไคร้หอมต่อพอลิเมอร์อัตราส่วน 1:1	492 ± 154 ถึง 1 ไมครอน
อนุภาคไมโคร/นาโนพอลิเมอร์เตรียมด้วย น้ำมันตะไคร้หอมต่อพอลิเมอร์อัตราส่วน 2:1	534 ± 161 ถึง 1 ไมครอน
อนุภาคไมโคร/นาโนพอลิเมอร์เตรียมด้วยน้ำมันตะไคร้ หอมต่อพอลิเมอร์อัตราส่วน 1:1 ที่กระจายตัวกลับ	585 ± 151 ถึง 1 ไมครอน

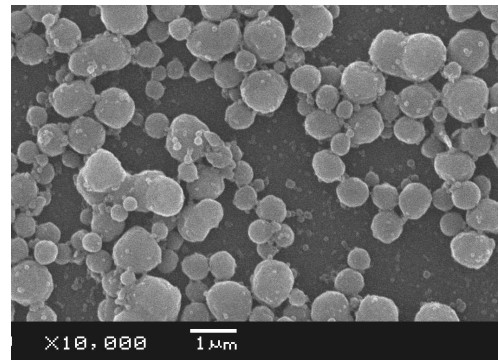
สารแขวนลอยของอนุภาคไมโคร/นาโนพอลิเมอร์ที่ได้จากการเตรียมด้วยวิธีต่าง ๆ ทั้งที่ไม่มีและมีการกักเก็บน้ำมันตะไคร้หอมปริมาณต่าง ๆ ถูกนำมาวิเคราะห์ลักษณะโครงสร้าง รูปร่าง และขนาดของอนุภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope: SEM) จากภาพถ่าย SEM (แสดงดังในภาพที่ 4.4) พบว่าอนุภาคเอทิลเซลลูโลสมีลักษณะรูปร่างเป็นเม็ดค่อนข้างกลมและขนาดสม่ำเสมอ ไม่มีการเกาะรวมตัวของน้ำมันตะไคร้หอมบนผิวของอนุภาค แสดงว่าน้ำมันตะไคร้หอมสามารถถูกกักเก็บไว้ในอนุภาคไมโคร/นาโนของเอทิลเซลลูโลส โดยอนุภาคไมโคร/นาโนพอลิเมอร์ที่กักเก็บตะไคร้หอมจะมีขนาดใหญ่กว่าอนุภาคพอลิเมอร์เปล่า และเมื่อเพิ่มปริมาณของน้ำมันตะไคร้หอมที่ต้องการกักเก็บเป็นสองเท่าของปริมาณพอลิเมอร์ พบว่าอนุภาคที่เตรียมได้จะยังมีขนาดใหญ่ขึ้น และพบว่าการหลอมรวมกันของอนุภาคขนาดไมครอน สังเกตได้จากภาพ 4.4 ข) เปรียบเทียบกับ 4.4 ค) จึงเป็นสาเหตุให้สารแขวนลอยของอนุภาคไมโคร/นาโนพอลิเมอร์ที่เตรียมด้วยน้ำมันตะไคร้หอมต่อพอลิเมอร์อัตราส่วน 2:1 นี้มีการตกตะกอนเกิดขึ้น



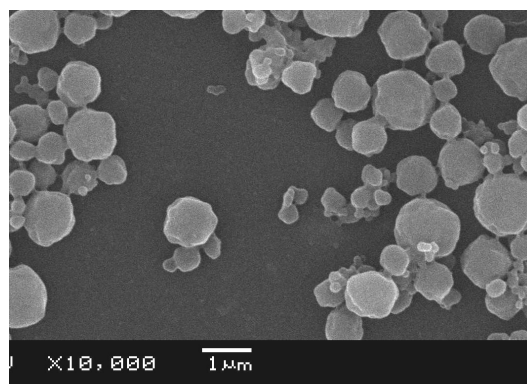
ก) อนุภาคไมโคร/นาโนพอลิเมอร์เปล่า กำลังขยาย 5000 เท่า



ข) อนุภาคไมโคร/นาโนพอลิเมอร์เตรียมด้วย
น้ำมันตะไคร้หอมต่อพอลิเมอร์อัตราส่วน 1:1
กำลังขยาย 10000 เท่า



ค) อนุภาคไมโคร/นาโนพอลิเมอร์เตรียมด้วย
น้ำมันตะไคร้หอมต่อพอลิเมอร์อัตราส่วน 2:1
กำลังขยาย 10000 เท่า



ง) อนุภาคไมโคร/นาโนพอลิเมอร์ที่กักเก็บน้ำมันตะไคร้หอมที่กระจายตัวกลับในน้ำ

ภาพที่ 4.4 ลักษณะรูปร่างอนุภาคจากภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

ความคงตัวของอนุภาคไมโคร/นาโนพอลิเมอร์

การทดสอบความคงตัวของน้ำมันตะไคร้หอมอิสระ โดยการนำสารละลายน้ำมันตะไคร้หอมในเอทานอลที่ความเข้มข้น 0.25% w/v ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส แล้วนำไปวิเคราะห์ความคงตัวของน้ำมันตะไคร้หอมด้วยเครื่อง UV-vis spectroscopy เมื่อเปรียบเทียบกับสเปกตรัมของน้ำมันตะไคร้หอมก่อนและหลังให้ความร้อน พบว่าสเปกตรัมของสารละลายน้ำมันตะไคร้หอมหลังการให้ความร้อน มีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 240 นาโนเมตรลดลง ตามช่วงโม่งที่ให้ความร้อน และเมื่อทดสอบความคงตัวของน้ำมันตะไคร้หอมที่ถูกกักเก็บไว้ในอนุภาคไมโคร/นาโนพอลิเมอร์เอทิลเซลลูโลส พบว่าค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 240 นาโนเมตรของน้ำมันตะไคร้หอมที่ถูกกักเก็บในอนุภาคไมโคร/นาโนพอลิเมอร์เอทิลเซลลูโลส ไม่มีการเปลี่ยนแปลง จึงทำให้แปลผลได้ว่า น้ำมันตะไคร้หอมที่อยู่ภายในอนุภาคไมโคร/นาโนพอลิเมอร์เอทิลเซลลูโลส มีความคงตัวต่อความร้อนมากกว่าสารละลายน้ำมันตะไคร้หอมอิสระในเอทิลแอลกอฮอล์

ความสามารถในการกระจายตัวกลับของอนุภาคไมโคร/นาโนพอลิเมอร์

การศึกษาความสามารถในการกระจายตัวกลับของอนุภาคไมโคร/นาโนพอลิเมอร์ ทำโดยนำอนุภาคไมโคร/นาโนพอลิเมอร์ที่กักเก็บน้ำมันตะไคร้หอมที่ผ่านการทำให้แห้งแล้ว มาทำการกระจายตัวกลับในน้ำใหม่ โดยทำการเปรียบเทียบกับสารละลายของน้ำมันตะไคร้หอมในเอทานอล จากผลการทดลองพบว่า อนุภาคไมโคร/นาโนของเอทิลเซลลูโลสที่ทำการกักเก็บน้ำมันตะไคร้หอมสามารถกระจายตัวกลับได้ดีในน้ำ (ตัวอย่างผลที่ได้แสดงดังภาพที่ 4.5) ซึ่งผลการทดลองนี้มีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากปัญหาหลักในการใช้น้ำมันตะไคร้หอมคือ หากนำไปใช้ในทางยาและเครื่องสำอางในปริมาณที่สูงเกินไปก่อให้เกิดอาการระคายเคือง การแพ้และเป็นพิษต่อเซลล์ การที่ผงอนุภาคนาโนของเอทิลเซลลูโลสที่ทำการกักเก็บน้ำมันตะไคร้หอมสามารถกระจายตัวกลับได้ดีในน้ำ จึงเอื้อต่อการนำไปใช้ในสูตรเครื่องสำอางต่าง ๆ เพื่อลดปัญหาดังกล่าว นอกจากนี้อนุภาคไมโคร/นาโนพอลิเมอร์ที่กักเก็บน้ำมันตะไคร้หอมที่กระจายตัวกลับในน้ำยังคงมีขนาดอนุภาคระดับไมโคร/นาโน (ดังแสดงในภาพที่ 4.4 ง))

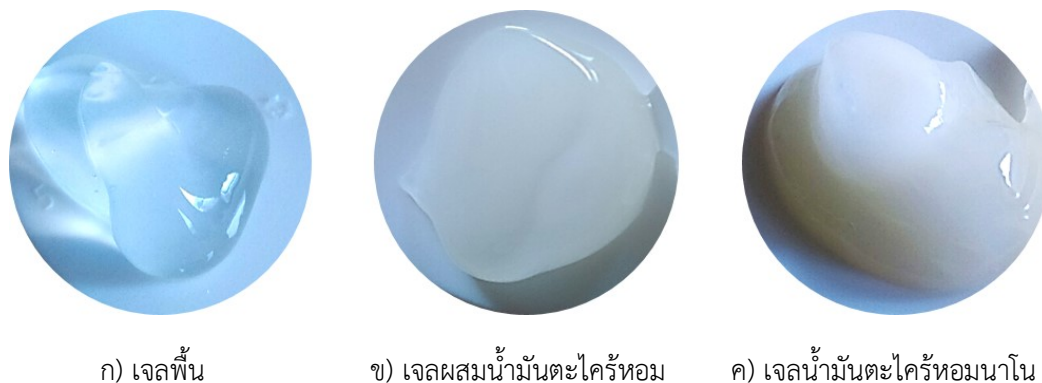


ก) อนุภาคตกตะกอน ข) อนุภาคแขวนลอยในน้ำ

ภาพที่ 4.5 การกระจายตัวกลับในน้ำของอนุภาคไมโคร/นาโนพอลิเมอร์ที่กักเก็บน้ำมันตะไคร้หอม

ผลการเตรียมผลิตภัณฑ์เจลกันยุง

เจลพื้ที่เตรียมได้มีลักษณะใส ไม่มีสี (ภาพที่ 4.6 ก) เจลพื้ผสมน้ำมันตะไคร้หอม 1%w/w มีสีขาวขุ่นออกเหลืองเล็กน้อยตามสีของน้ำมันตะไคร้หอม (ภาพที่ 4.6 ข) เจลพื้ผสมน้ำมันตะไคร้หอมที่กักเก็บในอนุภาคพอลิเมอร์มีสีขาวขุ่น ลักษณะสีเจลคล้ายซีรัมหรือโลชั่นชนิดบางเบา (ภาพที่ 4.6 ค) นอกจากนี้ได้ลองเตรียมสารละลายน้ำมันตะไคร้หอม 1% ในสารละลายเอทิลแอลกอฮอล์ 50% ได้สารละลายใสสีค่อนข้างเหลือง เมื่อตั้งทิ้งไว้ 1 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิห้อง พบว่ามีตะกอนเกิดขึ้น ส่วนสารละลายที่ผสมสารแขวนลอยของน้ำมันตะไคร้หอมที่กักเก็บในอนุภาคพอลิเมอร์ เมื่อตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง จะมีลักษณะเป็นครีมสีขาวเกาะที่สายยางในหลอด เมื่อเขย่าจะเกิดการตกตะกอนแยกชั้น แต่ก้อนครีมที่สายยางหลุดออกมาไม่หมด (ภาพที่ 4.7) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงใช้การเตรียมให้เป็นผลิตภัณฑ์เจล สำหรับทดสอบประสิทธิภาพกันยุง



ภาพที่ 4.6 ลักษณะผลิตภัณฑ์เจลผสมน้ำมันตะไคร้หอม



ภาพที่ 4.7 ลักษณะสารละลายน้ำมันตะไคร้หอม

ผลการประเมินคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์เจลกันยุง

ผลการประเมินคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมีของเจล ได้แก่ ลักษณะเนื้อโลชั่น สี กลิ่น ความหนืด การแยกชั้น การไหลของเจล pH และความรู้สึกเวลาทา ความน่าใช้ แสดงดังตารางที่ 4.2 ผลการประเมินความคงตัวของเจล แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.2 ลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์เจล เมื่อเตรียมเสร็จใหม่ ๆ

การประเมิน	เจลพื้น	เจลน้ำมันตะไคร้หอม	เจลน้ำมันตะไคร้หอมนาโน
ลักษณะเนื้อเจล	เนื้อเนียนละเอียด คงตัว	เนื้อเนียนละเอียด เหลวเล็กน้อย	เนื้อเนียน หนืดพอดี
สี	ใสไม่มีสี	ขาวขุ่น	ขาวขุ่น
กลิ่น	ไม่มีกลิ่น	หอมฉุน	หอมนุ่ม
pH	6	6	6
การแยกชั้น	ไม่แยกชั้น	ไม่แยกชั้น	ไม่แยกชั้น
การไหลของโลชั่น	+	++	++
ความรู้สึกเวลาทา	ทาง่าย ซึมเข้าผิวได้ช้า	ทาง่าย ซึมเข้าผิวได้ดี ไม่เหนอะหนะ	ทาง่าย ซึมเข้าผิวได้ดี ไม่เหนอะหนะ
ความน่าใช้	-	++++	++++

ตารางที่ 4.3 ลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์เจลหลังการทดสอบความคงตัว

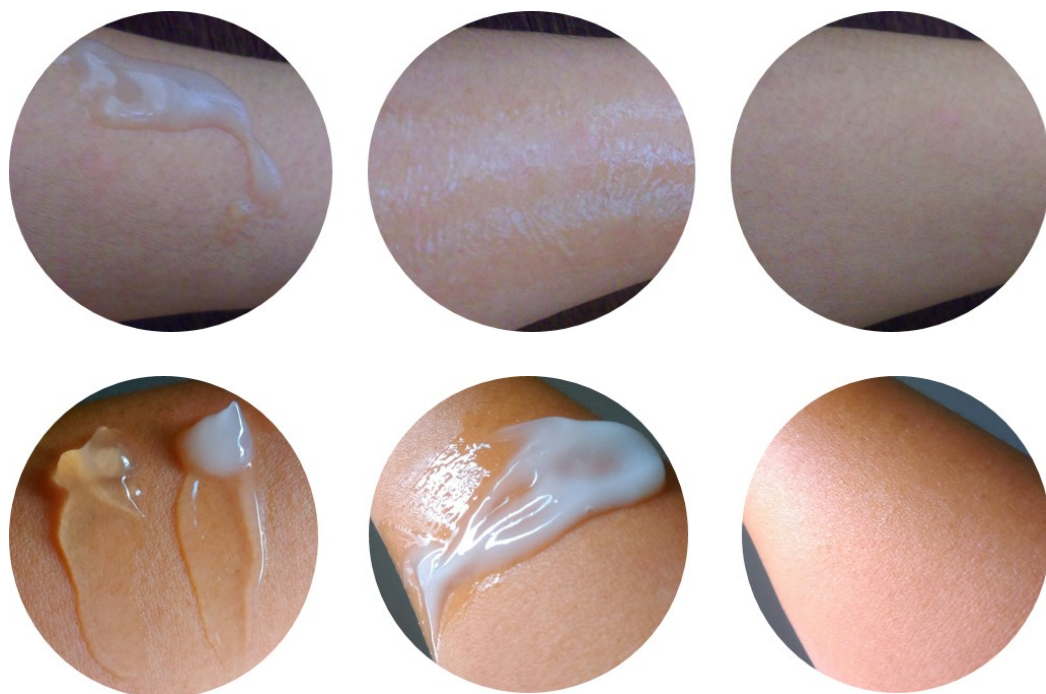
การประเมิน	เจลพื้น	เจลน้ำมันตะไคร้หอม	เจลน้ำมันตะไคร้หอมนาโน
ลักษณะเนื้อเจล	เนื้อเนียนละเอียด เหลวเล็กน้อย	เนื้อเนียนละเอียด เหลวเล็กน้อย	เนื้อเนียน เหลวเล็กน้อย
สี	ใสไม่มีสี	ขาวขุ่น	ขาวขุ่น
กลิ่น	ไม่มีกลิ่น	หอม	หอม
pH	6	6	6
การแยกชั้น	ไม่แยกชั้น	แยกชั้นเล็กน้อย	ไม่แยกชั้น
การไหลของโลชั่น	++	++	++
การเจริญของ เชื้อจุลินทรีย์	-	-	-
ความรู้สึกเวลาทา	ทาง่าย ซึมเข้าผิวได้ช้า	ทาง่าย ซึมเข้าผิวได้ดี ไม่เหนอะหนะ	ทาง่าย ซึมเข้าผิวได้ดี ไม่เหนอะหนะ
ความน่าใช้	-	++++	++++

ผลการทดสอบประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์กันยูงในอาสาสมัคร

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์เจลทากันยูงต่อยูงกลางวัน/ยูงกลางคืน แบบกึ่งภาคสนาม โดยนำไปทดลองใช้ในอาสาสมัคร 15 คน แสดงดังภาพที่ 4.8 และตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์กันยูงและความพึงพอใจของอาสาสมัคร

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ					
	สารละลายตะไคร้หอม		เจลน้ำมันตะไคร้หอม		เจลน้ำมันตะไคร้หอมนาโน	
	Mean ± SD	แปลผล	Mean ± SD	แปลผล	Mean ± SD	แปลผล
ความหอม	4.02 ± 1.17	มาก	4.16 ± 0.93	มาก	4.46 ± 0.96	มากที่สุด
ความรู้สึกเวลาทา	4.13 ± 1.10	มาก	4.13 ± 1.27	มาก	4.18 ± 1.10	มาก
ประสิทธิภาพ	3.39 ± 1.09	ปานกลาง	4.02 ± 1.16	มาก	4.40 ± 1.06	มากที่สุด
ระยะเวลากันยูง	30 ± 5 นาที		120 ± 15 นาที		210 ± 30 นาที	



ภาพที่ 4.8 เปรียบเทียบการทาที่ผิวด้วย เจลตะไคร้หอม (แถวบน) เจลตะไคร้หอมนาโน (แถวล่าง)

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

ในการวิจัยเพื่อศึกษาการเตรียมอนุภาคระดับไมโคร/นาโนจากพอลิเมอร์กลุ่มอนุพันธ์เซลลูโลส เพื่อกักเก็บน้ำมันตะไคร้หอม โดยใช้วิธีการไดอะไลซิสในน้ำกลั่น พบว่าอนุภาคที่เตรียมได้มีประสิทธิภาพในการกักเก็บน้ำมันตะไคร้หอม (encapsulation efficiency; %EE) ได้ประมาณ 95-97 เปอร์เซ็นต์ โดยมีความสามารถในการกักเก็บ (% loading capacity) ประมาณ 40-50 เปอร์เซ็นต์ ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด แสดงให้เห็นถึงอนุภาคที่เตรียมขึ้นได้มีรูปร่างเป็นทรงกลมและขนาดค่อนข้างสม่ำเสมอ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอนุภาคเฉลี่ยระหว่างประมาณ 492 นาโนเมตร ถึงขนาดประมาณ 1 ไมครอน นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำมันตะไคร้หอมที่ถูกกักเก็บโดยกระบวนการนี้มีความคงตัวเมื่อเทียบกับน้ำมันตะไคร้หอมบริสุทธิ์ อนุภาคที่ถูกทำให้แห้งแล้วสามารถนำมากระจายตัวกลับเป็นสารแขวนลอยในน้ำได้และมีขนาดอนุภาคระดับไมโคร/นาโนดั้งเดิม ทำให้สามารถใช้ผลการวิจัยนี้เป็นแนวทางช่วยแก้ปัญหาเรื่องการระคายเคืองผิวจากการใช้น้ำมันตะไคร้หอมโดยตรงในปริมาณสูงได้ และช่วยปลดปล่อยน้ำมันตะไคร้หอมได้ยาวนานขึ้น

จากนั้นนำอนุภาคที่กักเก็บน้ำมันตะไคร้หอมที่เตรียมได้มาผสมกับเจลพื้นเพื่อเตรียมผลิตภัณฑ์เจลที่สามารถกันยุงได้นานขึ้น ทำการทดสอบประสิทธิภาพออกฤทธิ์ไล่ยุงกับอาสาสมัครโดยวิธีมาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) กระทรวงอุตสาหกรรม พบว่าผลิตภัณฑ์เจลอนุภาคไมโคร/นาโนตะไคร้หอมที่มีน้ำมันตะไคร้หอมความเข้มข้น 1% w/w มีประสิทธิภาพในการไล่และป้องกันยุงกัดได้นานที่สุดเป็นเวลานานถึง 4.0 ชั่วโมง เจลพื้นผสมน้ำมันตะไคร้หอม 1% w/w ป้องกันยุงได้นานประมาณ 2 ชั่วโมง เมื่อเทียบกับการใช้น้ำมันตะไคร้หอม 1% w/v ในสารละลายเอทานอล 50% v/v พบว่าสารละลายน้ำมันตะไคร้หอม สามารถไล่ยุงได้นาน 30 นาทีถึง 1 ชั่วโมง นอกจากนี้การใช้สารละลายน้ำมันตะไคร้หอมเพื่อกันยุง พบว่าทำให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวในอาสาสมัครบางคน ในขณะที่การใช้ผลิตภัณฑ์เจลนาโนตะไคร้หอมไม่พบการระคายเคือง นอกจากนี้ยังมีกลิ่นหอมบางเบาว่าเป็นที่พึงพอใจ การประเมินความคงตัวทางกายภาพไม่พบการแยกชั้นของน้ำมันตะไคร้หอมออกจากผลิตภัณฑ์หลังจากการเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ผลการเปรียบเทียบสรุปได้ว่าที่ความเข้มข้นของน้ำมันตะไคร้หอมที่เท่ากัน ผลิตภัณฑ์เจลอนุภาคไมโคร/นาโนตะไคร้หอมมีประสิทธิภาพในการไล่ยุงได้นานที่สุด และอาสาสมัครมีความพึงพอใจในประสิทธิภาพมากที่สุด

อภิปรายผล

ในการเตรียมอนุภาคนาโนหรืออนุภาคนาโนแคปซูล เป็นที่ทราบกันดีว่าสามารถเตรียมได้จากพอลิเมอร์หลาย ๆ ชนิด ด้วยวิธีหรือสารสำคัญสามารถถูกกักเก็บได้หลายรูปแบบ เช่น ถูกกักเก็บอยู่ในแกนกลางของอนุภาค กระจายอยู่ในพอลิเมอร์แมทริกซ์ (polymer matrix) ถูกดูดซับหรือเกิด

สารประกอบเชิงซ้อนกับพอลิเมอร์ได้ อนุภาคที่ได้จะมีความคงรูป (rigid) มากกว่าระบบอื่น ๆ พอลิเมอร์ที่นำมาใช้เตรียมนั้นมีทั้งแบบที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (biodegradable polymers) และแบบที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ (nondegradable polymers) เช่น poly(lactide-co-glycolide) (PLGA), poly(butyl cyanoacrylate), polymethacrylate, chitosan, poly(ϵ -caprolactone) (PCL) และ poly(vinyl alcohol)-fatty acid copolymers โดยอนุภาคนาโนจากพอลิเมอร์ส่วนใหญ่จะซึมผ่านผิวหนังลงไปสู่บริเวณชั้นสตราตัมคอร์เนียม ในขณะที่อนุภาคนาโนจากพอลิเมอร์จะแทรกผ่านลึกลงไปชั้นผิวหนังได้จะใช้ช่องทางผ่านทางรูขุมขน ในงานวิจัยนี้พอลิเมอร์ที่ใช้คือเอทิลเซลลูโลส ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ มีการใช้อยู่แล้วเป็นปกติในอุตสาหกรรมอาหารและยาโดยใช้เป็นสารยึดเกาะ (binder) เคลือบเม็ดยา ช่วยในการกักเก็บและคงฤทธิ์ของสารออกฤทธิ์ที่ไม่ละลายน้ำหรือสลายตัวง่ายและช่วยควบคุมการปลดปล่อย เช่น แอสต้าแซนติน (Tachaprutinin, 2009) เคอร์คิวมิน (Suwannateep, 2012) ยาเม็ด คาเฟอีน ซิเตรทชนิดรับประทาน (Manjeet., 2015) วิตามินซี (Duarah, 2017) ยาคอร์ติโคสเตอรอยด์ (Balzus, 2017) เป็นต้น ทำให้มั่นใจได้ว่าอนุภาคที่เตรียมได้ในงานวิจัยนี้มีความปลอดภัยอย่างแน่นอน

น้ำมันตะไคร้หอมมีซิทรัลเป็นสารหลัก 65-85 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีรายงานว่า น้ำมันตะไคร้หอมมีความสามารถในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ได้โดยเฉพาะเชื้อแกรมบวก และเชื้อรา นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า มีฤทธิ์กดประสาทส่วนกลาง ระงับอาการปวด ลดอุณหภูมิของร่างกายและกันเหิน อย่างไรก็ตามการใช้ซิทรัลเดี่ยว ๆ ในคน พบว่าทำให้เกิดการระคายเคืองที่ผิวหนังเล็กน้อย ได้มีการนำน้ำมันตะไคร้หอมมาใช้ประโยชน์ในการทำเครื่องหอม สบู่ เครื่องสำอาง ผลิตภัณฑ์กันยูงที่ผสมน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมนั้น ถึงแม้จะสามารถโล่งได้แต่ประสิทธิภาพการใช้งานมักมีระยะเวลาสั้น ใช้ได้ประมาณ 2-3 ชั่วโมง ซึ่งก็ไม่สะดวกที่ผู้ใช้จะต้องทาบ่อย ๆ หรือหากสามารถระงับป้องกันยูงได้นานขึ้นถึง 6 ชั่วโมง แต่มีข้อเสียคือผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาสั้น หากเก็บที่อุณหภูมิห้อง จะมีอายุการใช้งานสั้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะนำน้ำมันตะไคร้หอมมาศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์กันยูงโดยการเตรียมอนุภาคระดับไมโคร/นาโนจากพอลิเมอร์เพื่อกักเก็บน้ำมันตะไคร้หอมและเตรียมสูตรตำรับผลิตภัณฑ์กันยูงต่อไป ผลการวิจัยนี้พบว่าประสิทธิภาพในการกักเก็บน้ำมันตะไคร้หอมได้เกือบ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยมีความสามารถในการกักเก็บประมาณ 40-50 เปอร์เซ็นต์ ใช้วิธีที่ง่ายกว่าในการเตรียมอนุภาค ซึ่งให้ประสิทธิภาพการกักเก็บน้ำมันตะไคร้หอมที่ดีกว่าเมื่อเทียบกับงานวิจัยของ Solomon และคณะ (2012) ที่ได้ศึกษาเพื่อลดอัตราการระเหยของน้ำมันหอมระเหยโดยไมโครแคปซูล ที่เตรียมโดยใช้วิธีการ coacervation โดยใช้เจลาตินที่ง่ายและโซเดียมซัลเฟต (20%) เป็น coacervating agent และศึกษาผลกระทบของตัวแปร ได้แก่ อัตราการกวน โหลดน้ำมันและปริมาณของการครอสลิงค์ต่อประสิทธิภาพการกักเก็บ (EE%) พบว่าการเตรียมไมโครแคปซูลภายใต้เงื่อนไขที่ดีที่สุดให้ EE 60% ไมโครแคปซูลที่ดีที่สุด นอกจากนี้ผลการวิจัยของผู้วิจัยยังให้ผลที่ดีกว่าเมื่อเทียบกับงานวิจัยของ Mirna และคณะ (2013) ที่ได้ทำการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการกักเก็บน้ำมันหอมระเหยในอนุภาคต่าง ๆ ได้แก่ ไมโครแคปซูล ไมโครสเฟียร์ นาโนอิมัลชัน และ โลบโซม แต่ไม่ได้รายงานผลความสามารถในการกักเก็บในอนุภาคต่าง ๆ และไม่ได้รายงานถึงประสิทธิภาพในการโล่ง เช่นเดียวกับผลการวิจัยในการพัฒนาครีมผสมน้ำมันตะไคร้หอมของ Narayan และคณะ (2014) ที่ได้พัฒนาครีมบำรุงผิวน้ำมันตะไคร้หอมที่ไม่ระคายเคืองมีความเสถียรและคงระยะเวลาในผิวได้ยาวนาน

โดยใช้เทคนิคการผกผันอุณหภูมิแบบเฟสเพื่อเตรียมครีม และ Agrawal และคณะ (2017) ได้ศึกษาการเตรียมนาโนอิมัลชันของน้ำมันตะไคร้หอมด้วยเทคนิค cavitation ซึ่งส่วนใหญ่จะเน้นพัฒนาตำรับผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางผสมน้ำมันตะไคร้หอม และมักใช้กระบวนการเตรียมตำรับที่มีขั้นตอนค่อนข้างยากต่อการนำไปขยายขนาดการผลิต หรือถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับชุมชน ผลิตภัณฑ์ตะไคร้หอมโล่งที่มีจำหน่ายในท้องตลาดในปัจจุบันที่อยู่ในรูปแบบสเปรย์ถึงแม้จะมี ซึ่งผู้วิจัยคาดหวังว่าผลงานวิจัยนี้จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่สอดคล้องกับความต้องการป้องกันปัญหาด้านสุขภาพโดยใช้ป้องกันยุงกัดในเด็กปฐมวัย อันจะเป็นการป้องกันปัญหาโรคไข้เลือดออกทางอ้อมได้ และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับน้ำมันตะไคร้หอมและผลิตภัณฑ์จากตะไคร้หอม ซึ่งผลงานวิจัยนี้จะสามารถส่งเสริมให้ชุมชนผู้เกี่ยวข้องและผู้ที่สนใจผลิตภัณฑ์กันยุงสามารถพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชนเพื่อประโยชน์ทางสุขภาพและธุรกิจของชุมชนได้อีกด้วย

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

จากผลการทดลองพบว่าเมื่อใช้น้ำมันตะไคร้หอมปริมาณมากขึ้น อนุภาคจะมีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งจะมีผลทำให้สารแขวนลอยของอนุภาคไมโคร/นาโนพอลิเมอร์ตกตะกอนได้ง่าย และมีผลต่อการนำส่งสารสำคัญ ดังนั้นการนำผลการวิจัยไปใช้เพื่อเตรียมอนุภาคพอลิเมอร์ในระดับอนุภาคไมโคร/นาโนในลักษณะนี้ ควรมีการคำนึงถึงอัตราส่วนโดยน้ำหนักต่อน้ำหนักของพอลิเมอร์ต่อสารสำคัญ และปรับค่าความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายพอลิเมอร์ให้เหมาะสมก่อนนำไปผ่านกระบวนการเตรียมอนุภาคเสมอ รวมทั้งหากจะประยุกต์ใช้วิธีการเตรียมแบบการหยดน้ำใส่สารละลายพอลิเมอร์ ควรจะปรับอัตราการไหลของการเติมน้ำให้เหมาะสมต่อปริมาณการผลิตในแต่ละครั้ง และอัตราความเร็วรอบของการกวนสารให้เหมาะสมต่อชนิดของพอลิเมอร์และสารสำคัญที่ต้องการศึกษา เพื่อให้ได้ขนาดอนุภาคที่เหมาะสมตรงกับความต้องการในการนำไปประยุกต์ใช้งาน

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการเตรียมอนุภาคนาโนพอลิเมอร์ด้วยเทคนิคการกวนสาร เช่น ค่าความเข้มข้นเริ่มต้นสูงสุดของสารละลายพอลิเมอร์ ช่วงอัตราความเร็วรอบของการกวนสารที่เหมาะสม และอัตราการไหลของการเติมน้ำ เป็นต้น
2. ศึกษาความเข้มข้นเริ่มต้นอื่น ๆ ของน้ำมันตะไคร้หอมเพื่อกักเก็บในอนุภาคพอลิเมอร์ หรือเพื่อเตรียมผลิตภัณฑ์กันยุง
3. ศึกษาชนิดของพอลิเมอร์อื่น ๆ ที่เป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติเพื่อนำมาผลิตอนุภาคไมโคร/นาโนพอลิเมอร์เพื่อกักเก็บน้ำมันตะไคร้หอม
4. ศึกษาการเตรียมตำรับผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางหรือผลิตภัณฑ์สุขภาพอื่น ๆ ที่สามารถจะนำอนุภาคไมโคร/นาโนพอลิเมอร์ที่กักเก็บน้ำมันตะไคร้หอมไปผสมได้

บรรณานุกรม

บรรณานุกรมภาษาไทย

- กระทรวงอุตสาหกรรม. (2542). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมยาทากันยุง*. มอก. 648-2529. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม.
- กฤษณา ศิริเลิศมุกด. (ม.ป.ป.). *พอลิเมอร์กับระบบนำส่งยา*. สืบค้นเมื่อ 23 ธันวาคม 2559 จาก <http://www.material.chula.ac.th/RADIO45/February/radio2-4.htm>
- โชติมา วิไลวัลย์. (2549). *ผลิตภัณฑ์ไล่ยุง (Insect Repellents)*. ใน ฐานความรู้เรื่องความปลอดภัยด้านสารเคมี. สืบค้นเมื่อ 23 ธันวาคม 2559 จาก <http://www.chemtrack.org/News-Detail.asp?TID=1&ID=96>
- ฐิติศิริภักษ์ วรพัฒน์ผดุง, และ ปราณีต โอปณะโสภิต. (2557). พอลิเมอร์ไมเซลล์เพื่อการนำส่งยา : การบรรจุยาด้วยวิธีทางกายภาพ และปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพ. *TBPS* 9(2), 62-73.
- ปริญญา อรุโณทยานันท์. (ม.ป.ป.). *ระบบนำส่งยาแบบประยุกต์ (Advanced Drug Delivery Systems)*. สืบค้นเมื่อ 23 ธันวาคม 2559 จาก <http://www.gpo.or.th/rdi/html/advanced.html>
- พรรณเกษม แม่พร, และคณะ. (2560). *สารเคมีที่ใช้ในผลิตภัณฑ์กำจัดยุงในบ้านเรือน*. ฝ่ายศึกษาคควบคุมแมลงโดยใช้สารเคมี กลุ่มงานกีฏวิทยาทางแพทย์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข นนทบุรี. สืบค้นเมื่อ 23 มิถุนายน 2560 จาก http://webdb.dmsc.moph.go.th/ifc_toxic/a_txR_search.asp?info_id=339
- พวงรัตน์ ขจิตวิษยานุกูล, และคณะ. (2555). *คู่มือความปลอดภัยในการทำงานวิจัยเกี่ยวกับวัสดุนาโน*. สถานวิจัยเพื่อความเป็นเลิศทางวิชาการด้านวิจัยและนวัตกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- มณิศรา พิริยวิรุฒม์. (2556). *ความรู้พื้นฐานในการเตรียมอนุภาคนาโน*. สืบค้นเมื่อ 23 ธันวาคม 2559 จาก <http://www.kmutt.ac.th/hynae/ความรู้พื้นฐานในการเตร/>
- ลักษณา ลือประเสริฐ. (2560). *การใช้สารเคมีกำจัดแมลงในบ้านเรือน*. ใน หนังสือความรู้เกี่ยวกับสิ่งเป็นพิษ ตอนที่ 1, 2 กลุ่มพิษวิทยาและชีวเคมี สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. สืบค้นเมื่อ 23 มิถุนายน 2560 จาก http://webdb.dmsc.moph.go.th/ifc_toxic/a_tx_1_001c.asp?info_id=384
- วรวิมล เจริญศิริ. (2557). *ยาจุดกันยุง*. ศูนย์วิจัยสุขภาพกรุงเทพ ในเครือ บริษัท กรุงเทพดุสิตเวชการ จำกัด (มหาชน). สืบค้นเมื่อ 23 มิถุนายน 2560 จาก <http://www.bangkokhealth.com/health/article/ยาจุดกันยุง-271>
- วรารณณ์ จรรยาประเสริฐ. (2552). *นาโนเทคโนโลยี: การนำส่งยาและเครื่องสำอางทางผิวหนัง*. กรุงเทพฯ: บริษัท ประชาชน จำกัด.

- สุภฏาจารย์ สุธีพรวิโรจน์. (ม.ป.ป.). *เกสซ์ มช. วิจัยตะไคร้ต้น จากเครื่องเทศบนดอยสู่น้ำมันหอมระเหย*. สืบค้นเมื่อวันที่ 6 พฤษภาคม 2560 จาก <http://www.pharmacy.cmu.ac.th/web2553/n55.php>
- สุวรรณ ฉีระวรพันธ์. (2558). *สมุนไพรป้องกันยุง*. ภาควิชาสรีรวิทยา คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล สืบค้นเมื่อวันที่ 6 พฤษภาคม 2560 จาก <http://www.pharmacy.mahidol.ac.th/th/knowledge/article/299สมุนไพรป้องกันยุง/>
- เสาวนีย์ กระสานตีสุข, และ หทัยชนก รุณรงค์. (2549). *การพัฒนาตำรับโลชั่นบำรุงผิว*. โครงการพิเศษ ปริญญาเภสัชศาสตรบัณฑิต คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
- สำนักงานโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี. (ม.ป.ป.). *พืชกำจัดแมลง: ตะไคร้หอม*. สืบค้นเมื่อ 23 ธันวาคม 2559 จาก http://www.rspg.or.th/plants_data/use/insect1.htm
- สำนักงานบริหารจัดการทรัพย์สินทางปัญญา มหาวิทยาลัยขอนแก่น. (2560). *ตัวอย่างคำขอรับสิทธิบัตรการประดิษฐ์/อนุสิทธิบัตรสารประกอบสำหรับกันยุง*. สืบค้นเมื่อ 23 ธันวาคม 2559 จาก <https://ip.kku.ac.th/simple/patent/chemistry/6.%20สารผสมสำหรับกันยุง.pdf>
- หน่วยคลังข้อมูลยา. (2559). *ระบบนำส่งยาด้วยอนุภาคขนาดนาโน – เทคนิคที่น่าจับตามองในการนำส่งยาทางจุ่มไปยังสมอง*. ข่าวประจำสัปดาห์ที่ 1 เดือน มีนาคม ปี 2556. สืบค้นเมื่อ 23 ธันวาคม 2559 จาก http://www.pharmacy.mahidol.ac.th/dic/news_week_full.php?id=1099
- หน่วยบริการฐานข้อมูลสมุนไพร. (ม.ป.ป.). *สมุนไพรที่ใช้ในงานสาธารณสุขมูลฐาน: ตะไคร้หอม*. สำนักงานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. สืบค้นเมื่อ 23 ธันวาคม 2559 จาก <http://medplant.mahidol.ac.th/pubhealth/cymbona.html>
- อรัญญา มโนสร้อย. และ จีระเดช มโนสร้อย. (2550). *ไลโปโซมสำหรับยาผ่านทางผิวหนังและเครื่องสำอาง*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- อำพล ไมตรีเวช, ณรงค์ สาริสุต, ดวงมณี มณีโรจน์ภักดี, วสุ วิชชุรย์สฤกษ์ศิลป์, และ โกศล แซ่ตั้ง. (2555). *การพัฒนาอนุภาคนาโนและระบบนำส่ง. บทความเผยแพร่ความรู้สู่ประชาชน*. ภาควิชาเภสัชอุตสาหกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

บรรณานุกรมภาษาต่างประเทศ

- Agrawal N., Maddikeri G. L. & Pandit A. B. (2017). Sustained release formulations of citronella oil nanoemulsion using cavitation techniques. *Ultrason Sonochem.*, 36(2017), 367-374.
- Arunothayanun, P., Turton, J. A., Uchegbu, I. F. & Florence, A. T. (1999). Extrusion of niosomes from capillaries: approaches to a pulsed delivery device. *J. Pharm. Sci.*, 88(1), 34.

- Balzus B. & et al. (2017). Formulation and ex vivo evaluation of polymeric nanoparticles for controlled delivery of corticosteroids to the skin and the corneal epithelium. *Eur J Pharm Biopharm.* 115, 122-130.
- Borowska, K., Laskowska, B., Magon, A., Mysliwiec, B., Pyda, M. & Wolowiec, S. (2010). PAMAM dendrimers as solubilizers and hosts for 8-methoxypsorelene enabling transdermal diffusion of the guest. *Int J Pharm.*, 398, 185-189.
- Chauhan, A. S., & et al. (2003). Dendrimer-mediated transdermal delivery: enhanced bioavailability of indomethacin. *J Control Release*, 90, 335-343.
- Cheng, Y., Xu, Z., Ma, M. & Xu, T. (2008). Dendrimers as Drug Carriers: Applications in Different Routes of Drug Administration. *J Pharm Sci.*, 97(1), 123-143.
- Debboun, M., Frances S. P. & Strickman D. (2007). Insect repellents: Principles, Methods and Uses. CRC Press: Boca Raton.
- Duarah, S., Durai R. D. & Narayanan V. B. (2017). Nanoparticle-in-gel system for delivery of vitamin C for topical application. *Drug Deliv. and Transl. Res.* 2017 Jun 8, 1-11. doi: 10.1007/s13346-017-0398-z
- Fradin M. S. and Day J. F. (2002). Comparative efficacy of insect repellents against mosquito bites. *N Engl J Med.* 347(1), 13-18.
- Gutierrez, J. M., Gonzalez, C., Maestro, A., Sole, I., Pey, C. M. & Nolla, J. (2008). Nano-emulsions: New applications and optimization of their preparation. *Curr Opin Colloid Interface Sci.*, 13(4), 245-251.
- loele, G., Cione, E., Risoli, A., Genchi, G. & Ragno, G. (2005). Accelerated photostability study of tretinoin and isotretinoin in liposome formulations. *Int J Pharm.*, 293, 251-660.
- Jaya, G. M., Narayan, P. Y., Jagat, J. S. & Priyam, S. (2013). Determination of required hydrophilic-lipophilic balance of citronella oil and development of stable cream formulation. *Drug Dev Ind Pharm.*, 39(10), 1540-1546.
- Kaur, I. P., Kapila, M. & Agrawal, R. (2007). Role of novel delivery systems in developing topical antioxidants as therapeutics to combat photoageing. *Ageing. Res Rev.*, 6(4), 271-288.
- Kong, M., Chen, X. G., Kweon, D. K. & Park, H. J. (2011). Investigations on skin permeation of hyaluronic acid based nanoemulsion as transdermal carrier. *Carbohydr Polym.*, 86(2), 837-843.
- Lachance, S. & Grange, G. (2014). Repellent effectiveness of seven plant essential oils, sunflower oil and natural insecticides against horn flies on pastured dairy cows and heifers. *Medical and Veterinary Entomology*, 28, 193-200. doi: 10.1111/mve.12044

- Lalthazuali, & Mathew, N. (2017) Mosquito repellent activity of volatile oils from selected aromatic plants. *Parasitol Res.*, 116, 821. doi: 10.1007/s00436-016-5351-4
- Lee, W. C., Tsai, T. H. (2010). Preparation and characterization of liposomal coenzyme Q10 for in vivo topical application. *Int J Pharm.*, 395, 78-83.
- Luppi, B., Cerchiara, T., Bigucci, F., Basile, R. & Zecchi, V. (2004). Polymeric nanoparticles composed of fatty acids and polyvinylalcohol for topical application of sunscreens. *J Pharm Pharmacol.*, 56, 407-411.
- Manjeet, B. P. & et al. (2015). Development of taste masked caffeine citrate formulations utilizing hot melt extrusion technology and in vitro–in vivo evaluations. *Intl J Pharm.*, 487, 167-176.
- Mirna, S., Catherine, C., Hatem, F. & Hélène, G. G. (2013). Essential oils encapsulated in liposomes: a review. *J Liposome Res.*, 23(4), 268-275.
- Muller, R. H., Radtke, M. & Wissing, S. A. (2002). Solid lipid nanoparticles (SLN) and nanostructured lipid carriers (NLC) in cosmetic and dermatological preparations. *Adv Drug Del Rev.*, 54(1), S131-S55.
- Narayan, P. Y., & et al. (2014). A Novel Approach for Development and Characterization of effective mosquito repellent cream formulation containing citronella oil. *BioMed Res. Int.*, Article ID 786084, 1-11. doi:10.1155/2014/786084
- Padamwar, M. N. & Pokharkar, V. B. (2006). Development of vitamin loaded topical liposomal formulation using factorial design approach: Drug deposition and stability. *Intl J Pharm.*, 320, 37-44.
- Pardeike, J., Hommoss, A. & Muller, R. H. (2009). Lipid nanoparticles (SLN, NLC) in cosmetic and pharmaceutical dermal products. *Int J Pharm.*, 366, 170-184.
- Pardeike, J. & Muller, R. H. (2007). Coenzyme Q10-loaded NLCs: Preparation, occlusive properties and penetration enhancement. *Pharmaceut Tech Eur.*, 19(7), 46-49.
- Parveen, S., Misra, R. & Sahoo, S. K. (2012). Nanoparticles: a boon to drug delivery, therapeutics, diagnostics, and imaging. *Nanomed Nanotechnol Biol Med.*, 8, 147-166.
- Perugini, P., Genta, I., Pavanetto, F., Conti, B., Scalia, S. & Baruffini, A. (2000). Study on glycolic acid delivery by liposomes and microspheres. *Int J Pharma.*, 196(1), 51-61.
- Pierre, M. B. R. & Costa, I. S. M. (2011). Liposomal systems as drug delivery vehicles for dermal and transdermal applications. *Arch Dermatol Res.*, 303, 607-621.
- Puglia, C., Rizza, L., Drechsler, M. & Bonina, F. (2010). Nanoemulsions as vehicles for topical administration of glycyrrhetic acid: Characterization and in vitro and in vivo evaluation. *Drug Deliv.*, 17(3), 123-129.

- Schmidt, C. & Lamprecht, A. (2009). Chapter 1, Nanocarriers in drug delivery – design, manufacture and physicochemical properties. In Lamprecht, A. *NANOTHERAPEUTICS Drug Delivery concepts in Nanoscience* (pp. 3-37). Singapore: Pan Stanford Publishing Pte. Ltd.
- Shahgaldian, P., Quattrocchi, L., Gualbert, J., Coleman, A. W. & Goreloff, P. (2003). AFM imaging of calixarene based solid lipid nanoparticles in gel matrices. *Eur J Pharm Biopharm.*, 55(1), 107-113.
- Solomon, B., Sahle, F. F., Gebre-Mariam, T., Asres, K. & Neubert, R. H. (2012). Microencapsulation of citronella oil for mosquito-repellent application: Formulation and in vitro permeation studies. *Eur J Pharm Biopharm.*, 80(1), 61-66.
- Sonneville-Aubrun, O., Simonnet, J. T. & L. Alloret, F. (2004). Nanoemulsions: a new vehicle for skincare products. *Adv Colloid Interface Sci.*, 108, 145-149.
- Souto, E. B., Wissing, S. A., Barbosa, C. M. & Muller, R. H. (2004). Evaluation of the physical stability of SLN and NLC before and after incorporation into hydrogel formulations. *Eur J Pharm Biopharm.*, 58(1), 83-90.
- Suntres, Z. E. (2011). Liposomal Antioxidants for Protection against Oxidant-Induced Damage. *J Toxicol.*, 152474, 1-16. doi: 10.1155/2011/152474
- Suwannateep, N. & et al. (2012). Encapsulated curcumin results in prolonged curcumin activity in vitro and radical scavenging activity ex vivo on skin after UVB-irradiation. *Eur J Pharm Biopharm.*, 82(3), 485-490.
- Tachaprutinun, A. & et al. (2009). Preventing the thermal degradation of astaxanthin through nanoencapsulation. *Int J Pharma.*, 374(1), 119-124.
- Venugaranti, V. V., Perumal, O. P. (2009). Chapter 9, Nanosystems for Dermal and Transdermal Drug Delivery (pp. 126-55). In Pathak, Y. & Thassu, D. (Eds), *Drug Delivery Nanoparticles Formulation and Characterization*. New York: Informa Healthcare USA, Inc.
- Vettor, M., Perugini, P., Scalia, S., Conti, B., Genta, I., Modena, T. & et al. (2008). Poly (D,L-lactide) nanoencapsulation to reduce photoinactivation of a sunscreen agent. *Int J Cosmet Sci.*, 30, 219-227.
- Wu, H., Fu, C. C., Yu, D. D., Feng, J. T., Zhang, X. & Ma, Z. Q. (2013). Repellent activity screening of 11 kinds of essential oils against *Aedes albopictus* Skuse: microcapsule preparation of Herba Schizonepetae oil and repellent bioassay on hand skin. *Trans R Soc Trop Med Hyg.*, 107(8), 471-479. doi: 10.1093/trstmh/trt045
- Zhou, H., Yue, Y., Liu, G., Li, Y., Zhang, J., Gong, Q. & et al. (2010). Preparation and characterization of lecithin nanoemulsion as a topical delivery system. *Nanoscale Res Lett.*, 5, 224-230.

ประวัติผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐกฤตา สุวรรณทิป สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต เทคโนโลยีชีวภาพ (เกียรตินิยมอันดับ 2) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พ.ศ. 2536 ระดับปริญญาโท วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต เทคโนโลยีชีวภาพ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ. 2542 และปริญญาเอก วิทยาศาสตร์ดุษฎีบัณฑิต เทคโนโลยีชีวภาพ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ. 2554 ประสบการณ์การทำงาน พ.ศ. 2536 นักวิจัย คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี พ.ศ. 2536-39 นักเคมีวิเคราะห์ บริษัทไบเออร์แลบอราทอรีส์ (ประเทศไทย) จำกัด และ พ.ศ. 2542 อาจารย์ประจำหลักสูตรชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต ผลงานทางวิชาการที่ตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารระดับนานาชาติ ได้แก่ 1) Curcumin Encapsulation Using Biodegradable Polymeric Nanoparticles: Controlled Release, Photostability and Transdermal Skin Penetration; European Cells and Materials, 20(2010) 2) Mucoadhesive curcumin nanospheres: Biological activity, adhesion to stomach mucosa and release of curcumin into the circulation; Journal of Controlled Release, 151(2011) 3) Encapsulated curcumin results in prolonged curcumin activity *in vitro* and radical scavenging activity *ex vivo* on skin after UVB-irradiation; European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics, 82(2012) 4) Comparison of two encapsulated curcumin particular systems contained in different formulations with regard to *in vitro* skin penetration; Skin Research and Technology, 19(2013) 5) Electrospun Cellulose Acetate Fiber Containing Rubber Extract; Advanced Materials Research, 1119(2015) และ การเสนอผลงานทางวิชาการ ได้แก่ 1) Curcumin Encapsulation Using Biodegradable Polymeric Nanoparticles: Controlled Release, Photostability and Transdermal Skin Penetration, the Third International NanoBio Conference Zurich 2010, 24-27 August, 2010 ETH Zurich, Switzerland 2) Nanoparticles as Carrier Systems for Topical Drug Delivery: Perspectives and Safety Aspects, 14th Asian Chemical Congress (14ACC), 5-8 September 2011 Bangkok, Thailand 3) S. Tuprakay, S. R. Tuprakay and N. Suwannateep, (2011), Prototype of Acid Mist Collector Using High-Voltage Electrostatic Generator, Proceedings of 12th International Conference on Environmental Science and Technology, 8-10 Sep, 2011, Rhodes, Greece 4) Core Issues of Science and Mathematics Teaching Management at Bilingual Schools in Bangkok, the International Journal of Arts & Sciences' (IJAS) international conference for academic disciplines, 28-31 October 2014, the American University of Rome, Italy. ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน อาจารย์ประจำ สังกัด คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

ประวัติผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศรีสุตา วงศ์วิเศษกุล สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี พยาบาลศาสตรบัณฑิต และศิลปศาสตรบัณฑิต (ภาษาอังกฤษ) ปริญญาโท วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (สาธารณสุขศาสตร์) ปริญญาเอก ครุศาสตร์ดุษฎีบัณฑิต (อุดมศึกษา) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ. 2555 ผลงานทางวิชาการและการเผยแพร่ ได้แก่ งานวิจัยเรื่อง ปัจจัยที่สัมพันธ์กับพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพของบุคลากรมหาวิทยาลัยสวนดุสิต, การสังเคราะห์งานวิจัยด้านการพยาบาลและสุขภาพของมหาวิทยาลัยราชภัฏ สวนดุสิต ระหว่าง พ.ศ. 2551 – พ.ศ. 2555, ผลของการตัดข้อสอบที่มีอำนาจจำแนกติดลบออกต่อคะแนนการสอบและความเชื่อมั่นของข้อสอบทั้งฉบับ: รายวิชาการระบบสุขภาพและการพยาบาล, ประสิทธิภาพของโปรแกรมการสร้างเสริมพลังอำนาจต่อการลดบริโภคอาหารเค็มเกินในผู้สูงอายุโรคความดันโลหิตสูงในชุมชน, การจัดการด้านสุขภาพ ความปลอดภัย และอาชีวอนามัยอย่างยั่งยืนในโรงงานอุตสาหกรรมต้นแบบ กรณีศึกษาโรงงานบีสไพพ์ ฟิตติ้งอินดัสตรี จำกัด จังหวัดสมุทรสาคร (เผยแพร่ในวารสารวิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี นครราชสีมา The Journal of Boromarajonani College of Nursing, Nakhon Ratchasima) ISSN: 0859-4562, Vol 19, No 1 มกราคม-มิถุนายน 2556), ประสิทธิภาพของโปรแกรมการสร้างเสริมพลังอำนาจต่อการลดบริโภคอาหารเค็มเกินในผู้สูงอายุโรคความดันโลหิตสูงในชุมชน (รอกการเผยแพร่), การวิจัยประเมินผลโครงการ การพัฒนาศูนย์การเรียนรู้เพื่อการสร้างเสริมสุขภาพเด็กปฐมวัยและผู้สูงอายุในชุมชนกรุงเทพมหานคร (เผยแพร่ในวารสารวิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี นครราชสีมา The Journal of Boromarajonani College of Nursing, Nakhon Ratchasima ISSN: 0859-4562 Vol 19, No 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2556), การประเมินผลโครงการ การพัฒนาศูนย์การเรียนรู้ เพื่อการสร้างเสริมสุขภาพเด็กปฐมวัยและผู้สูงอายุในชุมชนวัดภคินีนาถ เขตบางพลัด กรุงเทพมหานคร (Thai Journal of Nursing Council Vol. 27 Special Issue October-December 2012) ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน คณบดีคณะพยาบาลศาสตร์ และอาจารย์ประจำสังกัดสาขาการพยาบาลชุมชน คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

ประวัติผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิราภรณ์ พงษ์โสภา สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี ศึกษาศาสตร์บัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เมื่อ พ.ศ. 2541 ระดับปริญญาโท วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาฟิสิกส์ เมื่อ พ.ศ. 2546 และปริญญาเอกวิทยาศาสตร์ดุษฎีบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์นาโนและเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2554 ประสบการณ์การทำงาน พ.ศ. 2542 อาจารย์ประจำ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต ผลงานทางวิชาการที่ตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารระดับนานาชาติ ได้แก่ 1) J. Pongsopa, P. Visuttpitukul, & B. Paosawatyanong. (2011). Surface Hardening of Aluminium-Copper Alloy 2011 by RF Plasma Nitriding Process. J. Key Engineering of material, 462-463: 1097-1102. 2) J. Pongsopa, P. Visuttpitukul, & B. Paosawatyanong. (2011). Effect of Hydrogen in rf Plasma Nitriding on Al 6 wt%-Cu Alloy. Applied Mechanics and Materials, 55-57: 1063-1066. 3) J. Pongsopa, P. Visuttpitukul, & B. Paosawatyanong. (2012). Low Temperature Plasma Nitriding of H13 Steel for Improved Surface Hardness. RARE METAL MATERIALS AND ENGINEERING, 41: 69- 73. ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน อาจารย์ประจำ สังกัดหลักสูตรศึกษาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

ประวัติผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิริวัลภ์ เรืองช่วย ผู้ประภาย สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยศิลปากร เมื่อ พ.ศ. 2537 ระดับปริญญาโท วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เมื่อ พ.ศ. 2542 และปริญญาเอก ปรัชญาดุสิตบัณฑิต Environmental Management จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2550 ประสบการณ์การทำงาน พ.ศ. 2537-9 นักวิชาการด้านการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม บริษัท วิมคอน จำกัด พ.ศ. 2542 อาจารย์ประจำหลักสูตรวิทยาศาสตรสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต ผลงานทางวิชาการที่ตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารระดับนานาชาติได้แก่ 1) Sirawan R., Rachakornkij M., and Grisdanurak N. (2007). Utilization of Bagasse and Bagasse Fly Ash Wastes for Lead Removal. Journal of Solid Waste Technology and Management, Nov. (33) No.4, 201-209. 2) Sirawan Ruangchuay Tuprakay, Seree Tuprakay and Manaskorn Rachakornkij, (2008), Utilization of Bagasse Fly Ash for Removal of Lead in Waste Water From Sugarcane Factory, Proceeding of 15th Annual Conference 2008 ISESH International Semiconductor Environment, Safety and Health, June 23-26, 2008, Hokkaido, Japan. 3) Sirawan Ruangchuay Tuprakay, and Seree Tuprakay, (2009), Logistic of Household Hazardous Waste in Thailand, Case study: Nonthaburi Province, Proceedings of The 5th International Congress on Logistics and SCM Systems, ICLS 2009, June 2-5, 2009, Seoul, Korea. 4) S. Tuprakay, S. R. Tuprakay and N. Suwannateep, (2011), Prototype of Acid Mist Collector Using High-Voltage Electrostatic Generator, Proceedings of 12th International Conference on Environmental Science and Technology, Sep 8-10, 2011, Rhodes, Greece. 5) Phanchai Menchai, Parinda Suksabye, Sirawan Ruangchuay Tuprakay, and Seree Tuprakay, (2013) Community Responses to Environmental Analysis and Management of Water Tourism. Case Study: Taling Chan Water Tourism Market, Bangkok, Thailand, Proceeding of The International Conference on Tourism, Transport, and Logistics 2013, February 14-16, 2013, Paris, France. ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน อาจารย์ประจำ สังกัดคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

ประวัติผู้วิจัย

นางสาวพรทิพย์ เดชพิชัย สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สถิติ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เมื่อ พ.ศ. 2538 ระดับปริญญาโท วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สถิติ เมื่อ พ.ศ. 2542 และปริญญาเอก ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สถิติ (Ph.D. (Statistics)) University of Wollongong ประเทศ Australia เมื่อ พ.ศ. 2554 ประสบการณ์การทำงาน พ.ศ. 2542 อาจารย์ประจำ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต ผลงานทางวิชาการที่ตีพิมพ์ เผยแพร่ในวารสารระดับนานาชาติ ได้แก่ 1) P. Dechpichai and P. Davy, 2008 “A nonlinear recurrent neural network estimation of conditional mean and variance”, Proceedings of International Conference on Artificial Intelligence and Pattern Recognition (AIPR-08), Florida, USA, pp. 232-239. 2) P. Dechpichai and P. Davy, 2008 “Weight Initialization of Gaussian Neural Networks for Conditional Mean and Variance Forecasts”, Proceedings of The 2008 International Conference on Data Mining, DMIN 2008, Las Vegas, USA, pp. 260-266. 3) P. Dechpichai and P. Davy, 2007 “A negative log likelihood function-based nonlinear neural network approach”, Proceedings of 2nd International Conference on Asian Simulation and Modeling 2007 (ASIMMOD2007), Chiang Mai, Thailand, pp. 443-450. และการเสนอผลงานทางวิชาการ ได้แก่ 1) P. Dechpichai and P. Davy, 2008 “A Nonlinear Neural Network Approach to Simultaneous Prediction of Non-constant Mean and Volatility for Long-Tailed Distribution” 2nd International Workshop on "COMPUTATIONAL AND FINANCIAL ECONOMETRICS" 19-21 June 2008, Neuchâtel, Switzerland. 2) P. Dechpichai and P. Davy, 2008 “A Nonlinear Neural Network for Conditional Variance Forecast” the International Symposium on Forecasting (ISF) June 22-25, 2008, Nice, France. 3) P. Dechpichai and P. Davy, 2008 “Predictability and profitability of stock by Gaussian Neural Network” ISBIS-2008 International Symposium on Business and Industrial Statistics with special emphasis on Quantitative Analytics for Banking, Finance and Insurance, 1 - 4 July 2008, Prague, Czech Republic. ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน อาจารย์ประจำ สังกัดคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต