

การพัฒนาการยับยั้งแบคทีเรียในชุดทหารด้วย
ไมโครเอนแคปซูเลชันจากน้ำมันหอมระเหยสมุนไพร

**THE DEVELOPMENT OF ANTIBACTERIAL IN MILITARY
UNIFORMS BY MICROENCAPSULATION
FROM HERB ESSENTIAL OIL**

นางสาวกัตติกา แก้วขาว

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาโทบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2555
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การพัฒนาการยับยั้งแบคทีเรียในชุดทหารด้วย
ไมโครเอนแคปซูเลชันจากน้ำมันหอมระเหยสมุนไพร

นางสาวกัตติกา แก้วขาว

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาโทบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2555
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาการยับยั้งแบคทีเรียในชุดทหารด้วย ไมโครเอนแคปซูเลชันจากน้ำมันหอมระเหยสมุนไพร The Development of Antibacterial in Military Uniforms by Microencapsulation from Herb Essential Oil
ชื่อ-นามสกุล	นางสาวกัตติกา แก้วขาว
สาขาวิชา	เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศรีกาญจนา จตุพัฒน์วโรดม, Ph.D.
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์รัตนพล มงคลรัตนาสีทธิ์, Ph.D.
ปีการศึกษา	2555

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(อาจารย์สุภา จุฬกุลปต์, Ph.D.)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์สุทัศน์ย์ บุญโยภาส, M.A.)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศรีกาญจนา จตุพัฒน์วโรดม, Ph.D.)

.....กรรมการ
(อาจารย์รัตนพล มงคลรัตนาสีทธิ์, Ph.D.)

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์
ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....คณบดีคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
(อาจารย์จิรวรรณ เจริญอารีย์, คศ.ม.)

วันที่ 10 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2556

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาการยับยั้งแบคทีเรียในชุดทหารด้วยไมโครเอนแคปซูเลชันจากน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร
ชื่อ - นามสกุล	นางสาวกัตติกา แก้วขาว
สาขาวิชา	เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศรีกาญจนา จตุพัฒน์วิโรดม, Ph.D.
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์รัตนพล มงคลรัตนาสีทธิ์, Ph.D.
ปีการศึกษา	2555

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร วิธีการผลิตไมโครเอนแคปซูเลชันน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร และตกแต่งสำเร็จผ้าชุดทหารด้วยการเคลือบไมโครเอนแคปซูเลชัน

วิธีการวิจัยครั้งนี้คือ ทำการศึกษาสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร 3 ชนิดคือ ผิวมะกรูด ใบตะไคร้และเปลือกส้มโอ ทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรีย นำมาผลิตเป็นไมโครเอนแคปซูลและตกแต่งสำเร็จผ้าชุดทหารด้วยการเคลือบ เปรียบเทียบประสิทธิภาพยับยั้งแบคทีเรียของผ้าชุดทหารที่ผ่านการเคลือบ

ผลของการศึกษาพบว่า สมบัติทางกายภาพของน้ำมันหอมระเหยสมุนไพรแต่ละชนิดมีลักษณะเป็นน้ำใส ๆ มีสีที่แตกต่างกัน มีกลิ่นเฉพาะตัว องค์ประกอบส่วนใหญ่คล้ายกัน โดยน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้ มีประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ได้ดีที่สุด รองลงมาคือ น้ำมันหอมระเหยจากผิวมะกรูดและเปลือกส้มโอ ตามลำดับ ไมโครเอนแคปซูลที่ผลิตจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ มีขนาดอนุภาคที่หลากหลายและเป็นรูปทรงกลมไม่เท่ากัน ประสิทธิภาพการซักมีปริมาณการยืดยึดของไมโครแคปซูลลดลงตามจำนวนครั้งในการซัก การทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรียในภาคสนามของทหารประจำการจำนวน 5 คน โดยประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ในแต่ละบุคคลไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับภูมิคุ้มกันและภูมิคุ้มกันของแต่ละบุคคล

คำสำคัญ: ผิวมะกรูด ใบตะไคร้ เปลือกส้มโอ ไมโครเอนแคปซูเลชัน ชุดทหารลายพราง สแตปฟีโลคอคคัส ออเรียส

Thesis Title	The Development of Antibacterial in Military Uniforms by Microencapsulation from Herb Essential Oil
Name - Surname	Miss Kattika Keawkhao
Program	Home Economics Technology
Thesis Advisor	Assistant Professor Srikanjana Jatuphatwarodom, Ph.D.
Thesis Co - advisor	Mr. Rattanaphol Mongkholrattanasit, Ph.D.
Academic year	2012

ABSTRACT

This research was aimed to study the physical properties and chemical compositions of herbal essential oils, the production of microencapsulation of herbal essential oils, and fabric finishing by means of microencapsulation coating.

The physical properties and chemical compositions of essential oils from three kinds of herbs : *kaffir lime* skin, *lemon grass* leaves and *pomelo* peel were studied and their antibacterial efficiency was tested and compared. The oils were then used to produce microencapsules for finishing the fabric for military uniforms by means of coating. The antibacterial efficiency of the coated fabric was again tested.

It was found that the physical properties and chemical compositions of the three kinds of herbal essential oils were as follows: all were crystal clear liquid in different colors and had distinct odors. Their main compositions were similar. In inhibiting the bacteria - *Staphylococcus aureus*, the *lemon grass* essential oil was best, followed by the *kaffir lime* skin and *pomelo* peel essential oils, respectively. The *lemon grass* essential oil composition was round particles of different sizes. Concerning washing, it was found that its microcapsules adhesion decreased in accord with the number of washing. From the antibacterial efficiency test on five soldiers' fieldwork uniforms made of the coated fabric, it was indicated that the efficient performance on the five uniforms differed, depending on individuals' immunity.

Keywords: kaffir lime, lemon grass, pomelo, microencapsulation, camouflage military uniform
staphylococcus aureus

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จไปได้ด้วยความเมตตากรุณาอย่างสูงจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศรีกาญจนา จตุพัฒน์วิโรดม ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร. รัตนพล มงคลรัตนาสีทธิ์ กรรมการวิชาเอก รองศาสตราจารย์สุทัศน์ บุญโญภาส ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ดร. สุภา จุฬกุลป์ ผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้ช่วยศาสตราจารย์สาคร ชลสาคร ที่กรุณาให้คำแนะนำ และให้คำปรึกษาตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ ซึ่งผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย รวมทั้งเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกระหว่างการทำงานวิจัย ขอขอบคุณสถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องทดสอบและสถานที่การทำงานวิจัย ขอขอบคุณสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องถ่ายภาพกำลังขยายสูงในการทำงานวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณกรมพลศึกษาทหารบก กองทัพภาคที่ 4 ที่เอื้อเฟื้อและให้การสนับสนุนผ้าที่ใช้ในการวิจัยเป็นผ้าสำหรับใช้ตัดชุดทหาร เครื่องแบบสนามสีพรางสำหรับการทดลองและขึ้นตัวอย่างที่ใช้ในการทำวิจัย

คุณค่าของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้เป็นกตัญญูกตเวทีแด่คุณบิดา มารดา ตลอดจนครู อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านที่มีได้กล่าวถึงมา ณ โอกาสนี้

กัตติกา แก้วขาว

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ค	
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... ง	
กิตติกรรมประกาศ.....จ	
สารบัญ.....ฉ	
สารบัญตาราง.....ช	
สารบัญภาพ.....ฉ	
บทที่	

1. บทนำ..... 1	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1	
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย..... 2	
1.3 สมมุติฐานของการวิจัย..... 2	
1.4 ขอบเขตของการวิจัย..... 3	
1.5 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย..... 3	
1.6 กรอบแนวความคิดในการวิจัย..... 5	
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 5	
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 6	
2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของสมุนไพร..... 6	
2.2 น้ำมันหอมระเหย..... 13	
2.3 ไมโครเอนแคปซูเลชัน..... 22	
2.4 การยับยั้งแบคทีเรีย..... 28	
2.5 ความรู้เรื่องผ้าที่ใช้สำหรับตัดเย็บชุดทหาร..... 31	
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 37	
3. วิธีดำเนินการวิจัย..... 41	
3.1 วัสดุและอุปกรณ์..... 41	
3.2 แผนการทดลอง..... 44	
3.3 วิธีการวิจัย..... 45	

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล	49
4. ผลการวิจัย	50
4.1 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบเคมีของน้ำมันหอมระเหยมะกรูด ตะไคร้ และส้มโอ	50
4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร	53
4.3 ผลการผลิตไมโครเอนแคปซูเลชันน้ำมันหอมระเหยตะไคร้	55
4.4 ผลการตกแต่งสำเร็จผ้าชุดทหารด้วยการเคลือบไมโครเอนแคปซูเลชันจาก น้ำมันหอมระเหยตะไคร้	58
4.5 การตัดเย็บชุดทหารต้นแบบ	62
5. สรุปผลการวิจัย การอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	64
5.1 สรุปผลการวิจัย	64
5.3 การอภิปรายผล	66
5.2 ข้อเสนอแนะ	69
บรรณานุกรม	70
ภาคผนวก	76
ภาคผนวก ก	77
ภาคผนวก ข	80
ภาคผนวก ค	84
ภาคผนวก ง	90
ประวัติผู้เขียน	99

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

2.1 ขนาดเครื่องแบบสนามของทหาร	32
4.1 การศึกษาสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบเคมีของน้ำมันหอมระเหยมะกรูด ตะไคร้ และส้มโอ	50
4.2 ประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร 3 ชนิด ที่ ระดับความเข้มข้นของแบคทีเรีย 3.2×10^7 CFU/ml (colony - forming units per ml)	54
4.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร 3 ชนิด	55
4.4 ประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรีย Staphylococcus aureus ของไมโครเอนแคปซูลจาก น้ำมันหอมระเหยตะไคร้ ที่ระดับความเข้มข้นของแบคทีเรีย 5.7×10^7 CFU/ml (colony- forming units per ml)	57
4.5 ประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรีย Staphylococcus aureus ของไมโครเอนแคปซูลจาก น้ำมันหอมระเหยตะไคร้	61

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่

1.1 กรอบแนวความคิดในการวิจัย.....	5
2.1 มะกรูด.....	7
2.2 ตะไคร้.....	9
2.3 ส้มโอ.....	11
2.4 โครงสร้างของ Aliphatic compound	14
2.5 โครงสร้างของ Terpene derivatives	15
2.6 โครงสร้างของ Benzene derivatives	15
2.7 โครงสร้างของ Other compound	16
2.8 โครงสร้างส่วนประกอบของไมโครเอนแคปซูเลชั่น	23
2.9 โครงสร้างส่วนประกอบของไมโครเอนแคปซูเลชั่นชนิด Single core	23
2.10 โครงสร้างส่วนประกอบของไมโครเอนแคปซูเลชั่นชนิด Multi - core หรือ Matrix	24
2.11 โครงสร้างส่วนประกอบของไมโครเอนแคปซูเลชั่นชนิด Multi - wall หรือ Control release	25
2.12 การสแกนโครงสร้างการยึดติดของไมโครเอนแคปซูเลชั่น	27
2.13 รูปแบบสื่อเครื่องแบบสนาม.....	33
2.14 รูปแบบทางเครื่องแบบสนาม.....	34
2.15 รูปแบบและลักษณะของเครื่องแบบสนาม.....	35
3.1 น้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร.....	41
3.2 แผนการทดลอง	44
3.3 กล้อง Optical microscope รุ่น UC1320 ยี่ห้อ UPIX CAMERA	46
3.4 การเคลือบไมโครเอนแคปซูลจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ โดยวิธีการจุ่มบีบอัด	47
3.5 ผ้าที่ใช้สำหรับในการทดสอบภาคสนามและทหารประจำการ จำนวน 5 คน	48
4.1 การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร 3 ชนิด ได้แก่ ผิวมะกรูด (1) ใบตะไคร้ (2) และเปลือกส้มโอ (3)	53

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่

4.2 ไมโครเอนแคปซูลน้ำมันหอมระเหยสมุนไพรตะไคร้.....	56
4.3 การส่องกล้อง Optical micrograph ของไมโครเอนแคปซูลน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ พอลิเมอร์แคปซูลหุ้มวิตามินอีที่อัตราส่วนของ (PLLA : fragrance) เป็น 3 : 1 a ก่อน ระเหย DCM และ b หลังระเหย DCM	56
4.4 จำนวนโคโลนีของแบคทีเรียที่ลดลง.....	58
4.5 การส่องกล้อง Scanning Electron microscope (SEM) ของไมโครเอนแคปซูลน้ำมัน หอมระเหยตะไคร้ที่ทำการตกแต่งสำเร็จบนผ้าตัดชุดทหาร ก่อนเคลือบ ดังภาพ a และ หลังเคลือบ ดังภาพ b	59
4.6 แสดงไมโครเอนแคปซูลของผ้าสำหรับตัดชุดทหาร (a) ก่อนซักล้าง (b) ซักครั้งที่ 1 (c) ซักครั้งที่ 3 และ (d) ซักครั้งที่ 5	60
4.7 จำนวนโคโลนีของแบคทีเรียที่ลดลง (Reduction) เป็นค่าร้อยละ ในการทดสอบ ภาคสนามของทหารประจำการจำนวน 5 คน	62
4.8 ชุดทหารต้นแบบจำนวน 1 ชุด ประกอบด้วยเสื้อ 1 ตัว และกางเกง 1 ตัว	63

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในยุคที่โลกทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความก้าวหน้าในการพัฒนาสินค้าและผลิตภัณฑ์สิ่งทอให้มีคุณสมบัติพิเศษนอกเหนือจากคุณสมบัติพื้นฐานของผลิตภัณฑ์ โดยใช้นวัตกรรมและเทคโนโลยีการตกแต่งคุณสมบัติพิเศษ เช่น การเพิ่มความนุ่มให้กับเส้นผ้า การทำให้เสื้อผ้ามีคุณสมบัติกันไฟได้สำหรับงานบางประเภท การยับยั้งแบคทีเรียและระงับกลิ่นกาย (จิราภรณ์ คชสง่า, 2554) ดังนั้นการเพิ่มคุณสมบัติพิเศษให้กับผลิตภัณฑ์สิ่งทอเป็นการตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่มีเพิ่มมากขึ้นและยังเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้าอีกด้วย การยับยั้งแบคทีเรียและระงับกลิ่นกายจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาพัฒนาชุดทหารให้มีคุณสมบัติพิเศษในการยับยั้งแบคทีเรียและระงับกลิ่นกาย เนื่องจากทหารมีความสำคัญในการปกป้องประเทศชาติให้อยู่อย่างสงบสุขมาตั้งแต่ในสมัยสงครามโลกครั้งที่ 1 สืบทอดมาจนถึงปัจจุบัน ทหารจึงเป็นรั้วของชาติ มีหน้าที่ปกป้อง ดูแลช่วยเหลือประชาชนและพร้อมรบเฉพาะยามจำเป็น ในการออกรบของทหารแต่ละครั้งใช้ระยะเวลานานขึ้นอยู่กับช่วงเวลาในการรบ ในการฝึกซ้อมรบของทหาร แม้กระทั่งการใช้ชีวิตประจำวันของทหารในบุคคลส่วนใหญ่ สวมใส่ชุดทหารนานถึง 1 - 2 อาทิตย์ จึงจะทำความสะอาดชุด ทหารจึงไม่สามารถดูแลสุขอนามัยที่ดีของตัวเองได้ เพราะขาดเวลาและเครื่องอำนวยความสะดวกในการทำทำความสะอาดร่างกายของตนเอง จึงเป็นสาเหตุทำให้เกิดเชื้อแบคทีเรียสะสมอยู่ตามร่างกายและเสื้อผ้าที่สวมใส่ได้ง่าย ซึ่งการสะสมของเชื้อแบคทีเรียทำให้สามารถก่อเกิดอันตรายต่อร่างกาย ในบางกรณีอาจส่งผลรุนแรงถึงขั้นเสียชีวิต

ในสภาวะแวดล้อมที่มีแต่มลพิษในปัจจุบัน ทั้งมลภาวะทางอากาศ ปัญหาน้ำเน่าเสีย และขยะมูลฝอย สิ่งเหล่านี้ก่อให้เกิดแบคทีเรียขึ้นในร่างกาย ซึ่งนำพาโรคต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้เพราะแบคทีเรีย เชื้อรา และไวรัสบางชนิดที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ จึงนำความรู้ในเรื่องของสมุนไพรที่ได้จากธรรมชาติ ซึ่งมีคุณสมบัติยับยั้งแบคทีเรียและระงับกลิ่นกาย โดยการสกัดออกมาในรูปของน้ำมันหอมระเหย เช่น ผิวมะกรูด ใบตะไคร้ และเปลือกส้มโอ เป็นสมุนไพรที่พบได้ในครัวเรือนและหาซื้อได้ง่าย สมุนไพรทั้ง 3 ชนิดมีคุณสมบัติหลายอย่างขึ้นอยู่กับชนิดของสมุนไพรและคุณสมบัติในการยับยั้งแบคทีเรียและระงับกลิ่นกายเป็นอีกหนึ่งคุณสมบัติของสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด จึง

สามารถนำมาพัฒนาให้เข้ากับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสมัยใหม่ โดยใช้เทคนิคการพัฒนาในรูปแบบของไมโครเอนแคปซูเลชัน (Microencapsulation) การเปลี่ยนน้ำมันหอมระเหยจากของเหลวให้กลายเป็นของแข็งในรูปแบบของไมโครเอนแคปซูล สามารถควบคุมกลไกการปลดปล่อยสารภายในและสามารถป้องกันการสูญเสียของน้ำมันหอมระเหย เป็นการยืดระยะเวลาในการเก็บรักษาและความคงรูปของสารควบคุมการปลดปล่อยสารได้ตามความต้องการในการใช้งาน โดยการเคลือบไมโครเอนแคปซูลลงบนพื้นผิวที่ใช้สำหรับตัดชุดทหาร เพิ่มสารช่วยติดเพื่อให้ไมโครเอนแคปซูลยึดติดกับเส้นใยและพื้นผ้าได้ดียิ่งขึ้น

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการพัฒนาการยับยั้งแบคทีเรียในชุดทหารด้วยเทคนิคไมโครเอนแคปซูเลชันโดยใช้น้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร 3 ชนิด ได้แก่ ผิวมะกรูด ใบตะไคร้ และเปลือกส้มโอ ทั้งนี้จะเป็นการช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์และเสริมสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรอีกทางหนึ่ง เป็นการประยุกต์ใช้สิ่งที่มีอยู่รอบตัวให้เกิดประโยชน์เพิ่มขึ้นและส่งเสริมการพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มให้มีทางเลือกในการแข่งขันเพิ่มขึ้นและเป็นนวัตกรรมใหม่สำหรับชุดทหารไทย

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

- 1.2.1 ศึกษาสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบเคมีของน้ำมันหอมระเหยมะกรูด ตะไคร้ และส้มโอ
- 1.2.2 ทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร
- 1.2.3 ผลิตไมโครเอนแคปซูเลชันน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร
- 1.2.4 ตกแต่งสำเร็จผ้าชุดทหารด้วยการเคลือบไมโครเอนแคปซูเลชันจากน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร
- 1.2.5 ตัดเย็บชุดทหารต้นแบบ

1.3 สมมุติฐานของการวิจัย

น้ำมันหอมระเหยสมุนไพรต่างชนิดกัน มีประสิทธิภาพยับยั้งแบคทีเรียแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ศึกษาสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร โดยการศึกษาสารน้ำมันหอมระเหยและคุณสมบัติของสมุนไพร 3 ชนิดคือ ผิวมะกรูด ใบตะไคร้และ เปลือกส้มโอ

1.4.2 ทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยสมุนไพร เปรียบเทียบประสิทธิภาพยับยั้งแบคทีเรียของน้ำมันหอมระเหยสมุนไพร 3 ชนิด จากนั้นจะทำการเลือกน้ำมันหอมระเหยสมุนไพรที่มีประสิทธิภาพยับยั้งแบคทีเรียได้ดีที่สุด

1.4.3 นำมาผลิตเป็นไมโครเอนแคปซูลชั้นน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร

1.4.4 ทดลองสำเร็จรูปอาหารด้วยการเคลือบไมโครเอนแคปซูลชั้นจากน้ำมันหอมระเหยสมุนไพร โดยวิธีการจุ่มอัด ดูขนาดอนุภาคประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรียก่อนซักและหลังซัก และทดสอบการสวไล้ภาวสนามของอาหารประจำวันและประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรียในอาหาร

1.4.5 ตัดเย็บชุดอาหารต้นแบบ

1.5 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

ผิวมะกรูด (*Kaffir Lime*) ผิวมะกรูดเป็นส่วนที่ได้จากเปลือกของผลมะกรูด มีลักษณะเปลือกหนา ผิวขรุขระ ไม่เรียบ มีสีเขียว เมื่อสุกสีเหลือง มีเมล็ดหลายเมล็ด เป็นพืชตระกูล Citrus มีชื่อเรียกหลากหลายชนิด เช่น มะขุน มะขูด มะกูด ส้มกรูด ส้มมั่วผี เป็นต้น

ใบตะไคร้ (*Lemon Grass*) ใบตะไคร้ มีลักษณะใบเรียวยาว มีขนหนามบริเวณปลายใบ ปลายใบโค้งลง มีสีเขียวฉ่ำ จะมียางใบติดกับส่วนของลำต้น เป็นพืชตระกูล Cymbopogon Spreng ตะไคร้มีชื่อเรียกหลายชนิด ได้แก่ คาหอม ไคร จะไคร หัวสิงโต เป็นต้น

เปลือกส้มโอ (*Pomelo*) เปลือกส้มโอ ผลมีลักษณะเป็นรูปกึ่งกลมถึงกลมใกล้รอบขั้วผลนูนสูง เส้นผ่าศูนย์กลาง 10 - 20 เซนติเมตร เปลือกหนาถึง 3 เซนติเมตร เป็นรูปไข่แบนนูน ขอบและปลายบาง มีสีอ่อนข้างเหลือง ผลกลมโต บางพันธุ์ตรงขั้วมีจุดสูงขึ้นมา ผิวผลเมื่อยังอ่อนมีสีเขียว เมื่อแก่จัดเปลี่ยนเป็นสีเขียวอมเหลือง ผิวของผลไม่เรียบ ผิวของเปลือกผลมีต่อมน้ำมันกระจายทั่วไป ภายในผลเป็นช่องๆ มีแผ่นบางๆ สีขาวกั้นเนื้อให้แยกออกจากกัน เป็นพืชตระกูล Citrus ส้มโอมีชื่อเรียกหลายชนิด ได้แก่ มะขุน มะโอ เป็นต้น

ไมโครเอนแคปซูลชั้น (Microencapsulation) กระบวนการควบคุมการปลดปล่อยหรือการระเหยของสาร ซึ่งอยู่ในรูปของแข็ง ของเหลวหรือก๊าซ สามารถกักเก็บรักษาสารภายในและควบคุมการปลดปล่อยของสารได้ โดยการห่อหุ้มด้วยสารพอลิเมอร์ชั้นบาง ๆ ซึ่งพอลิเมอร์ที่ใช้ห่อหุ้มจะ

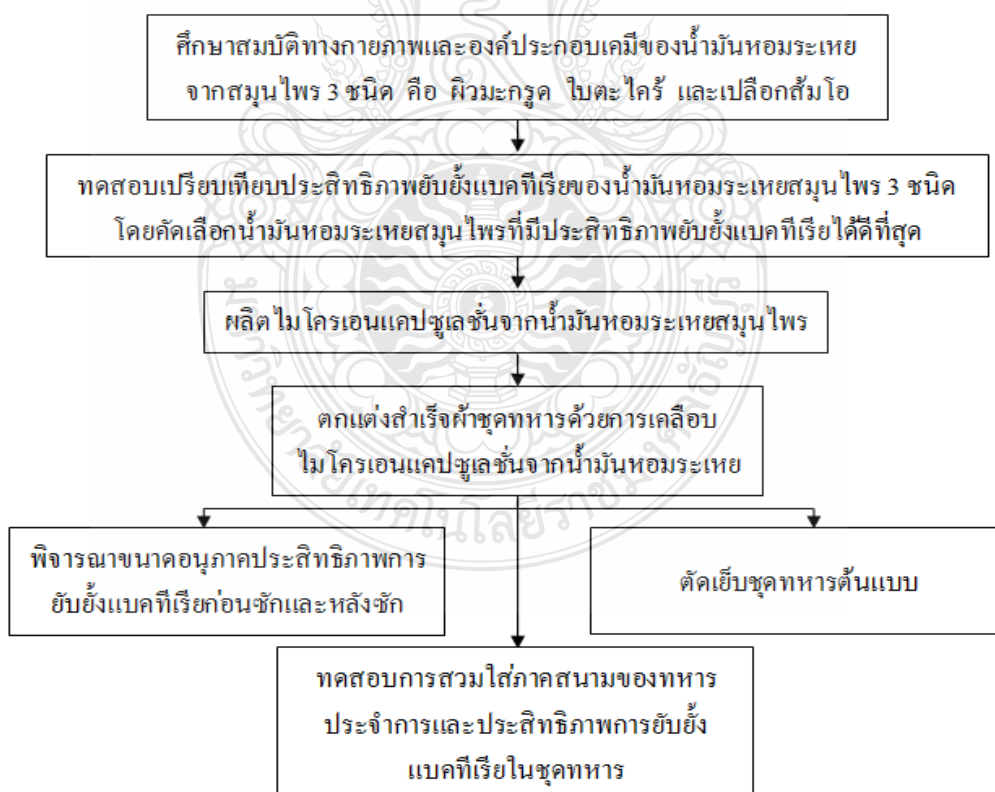
ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสารนั้น ๆ เกิดเป็นไมโครเอนแคปซูลที่มีอนุภาคขนาดเล็กประมาณ 1 - 1,000 μm ไมโครแคปซูลนั้นจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนหลัก ๆ คือ สารสำคัญ สารกระตุ้นที่บรรจุในแคปซูลเรียกว่า คอร์ (Core) และเปลือกหรือผนังที่ห่อหุ้มอยู่รอบนอก เรียกว่า วอลล์ (wall) หรือเชลล์ (shell)

ชุดทหารลายพราง (Camouflage Military Uniform) เครื่องแบบการแต่งกายของทหารบกที่ใช้ในการฝึกภาคสนามหรือใช้ในการออกรบ มีลักษณะเป็นลายพราง สีพราง 4 สี ประกอบด้วย สีเทา สีเขียวเข้ม สีน้ำตาล และสีดำ เพื่อใช้ในการอำพรางตัวต่อข้าศึก

แบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* (*Staphylococcus aureus*) แบคทีเรียแกรมบวก มีรูปร่างเป็นทรงกลม อยู่รวมกันคล้ายพวงองุ่น เจริญเติบโตได้ในที่มีอากาศและไม่มีอากาศ แต่เจริญได้ดีกว่าในสภาวะที่มีอากาศ สามารถสร้างสารพิษซึ่งเป็นอันตรายต่อร่างกายในบางกรณีถึงขั้นเสียชีวิตได้

ทหารประจำการ หมายถึง ผู้ชายที่มีอายุครบ 21 ปีบริบูรณ์ขึ้นไป ซึ่งโดนเรียกหมายเกณฑ์ทหารโดยการจับใบดำ ใบแดง และเข้าประจำการฝึกปฏิบัติการทางทหารเป็นระยะเวลา 2 ปี

1.6 กรอบแนวความคิดในการวิจัย



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวความคิดในการวิจัย

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 ทราบถึงเทคนิคของการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร 3 ชนิด คือ ผิวมะกรูด ใบตะไคร้และเปลือกส้มโอ และทราบประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรีย

1.7.2 ลดปัญหาการเกิดโรคที่มีต้นเหตุมาจากเชื้อแบคทีเรียให้แก่ทหารบกของกองทัพไทย

1.7.3 พัฒนาชุดทหารให้มีประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียให้แก่ทหารบกของกองทัพไทย

1.7.4 เพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์และเผยแพร่สู่ตลาดอุตสาหกรรมสิ่งทอไทย

1.7.5 เพิ่มมูลค่าให้กับพืชสมุนไพรเพื่อสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกร



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาการยับยั้งแบคทีเรียในชุดทหารด้วยไมโครเอนแคปซูเลชันจากน้ำมันหอมระเหยสมุนไพร มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบเคมีของน้ำมันหอมระเหยมะกรูด ตะไคร้ และส้มโอ ทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรผลิตไมโครเอนแคปซูเลชันน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร ตักแต่งสำเร็จผ้าชุดทหารด้วยการเคลือบไมโครเอนแคปซูเลชันจากน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร ตัดเย็บชุดทหารต้นแบบ มีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

- 2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมะกรูด ตะไคร้ และส้มโอ
- 2.2 น้ำมันหอมระเหย
- 2.3 ไมโครเอนแคปซูเลชัน
- 2.4 การยับยั้งแบคทีเรีย
- 2.5 ความรู้เรื่องผ้าที่ใช้สำหรับตัดเย็บชุดทหาร
- 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของสมุนไพร

2.1.1 มะกรูด

มะกรูดมีชื่อเรียกหลากหลายชนิด เช่น โกรัยเขียด มะขูน มะขูด มะหูด มะกูด ส้มกรูด ส้มมั่วผี เป็นต้น ในภาษาอังกฤษชื่อเรียกของมะกรูดยกตัวอย่างเช่น Leech lime หรือ Kaffir Lime หรือ Mauritius papeda เป็นต้น อาณาจักรของมะกรูดจำแนกเป็นพืชชนิดหนึ่ง วงศ์ Rutaceae เป็นพืชสกุล Citrus มีชื่อเรียกทางวิทยาศาสตร์ว่า *Citrus x hystrix* DC. (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, ออนไลน์, 2555) ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 มะกรูด

ที่มา : วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2555

2.1.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

มะกรูดเป็นไม้ยืนต้นขนาดย่อม แตกกิ่งก้านสาขามีหนามแหลมคม ใบเขียว หนามมีลักษณะคล้ายใบ 2 ต่อกัน ใบรูปไข่กว้างถึงไข่แกมรีหรือขอบขนาน ขนาดกว้าง 2 - 6 เซนติเมตร ยาว 3 - 15 เซนติเมตร ปลายใบมน โคนใบสอบหรือมน ขอบใบ จักมน ในใบมีต่อมน้ำมันหอมระเหยอยู่ทั่วไป เป็นใบประกอบที่มีใบย่อยเพียงใบเดียว มีก้านใบแผ่ออกใหญ่เท่ากันกับแผ่นคล้ายใบ สูงถึง 12 เมตร ลำต้นและกิ่งมีหนาม ดอกออกตรงซอกใบ มีกลิ่นหอม ดอกเดี่ยวหรือช่อมี 2 - 12 ดอก กลีบเลี้ยงมี 4 - 5 กลีบ รูปไข่กว้าง ปลายแหลม กลีบดอกมี 4 - 5 กลีบ กลีบหนา รูปไข่แกมรี ปลายมนแหลมสีขาว ด้านนอกมีต่อมน้ำมัน กลีบร่วงง่าย เกสรเพศผู้จำนวนมาก ก้านเกสรสีขาว อับเรณูสีเหลืองอ่อน เกสรเพศเมีย รูปคล้ายกระบอก สีเหลืองแกมเขียว ยอดเกสรกลม สีเหลืองแกมเขียว รังไข่ค่อนข้างกลม ส่วนบนกว้าง มีหลายช่อง ผลแบบส้มค่อนข้างกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 3 - 7 เซนติเมตร เปลือกหนา ผิวขรุขระ สีเขียว เมื่อสุกสีเหลือง มีเมล็ดหลายเมล็ด (รุ่งรัตน์ เหลืองนันทิเทพ, 2535, ละมัย ทองแกมแก้ว และสุมาลี กา เปี่ยมมงคล, 2534)

2.1.1.2 สรรพคุณและการใช้ประโยชน์

ส่วนที่ใช้เป็นยาหรือส่วนผสมของยาต่าง ๆ ได้แก่ ผิวมะกรูด ผล ราก น้ำมะกรูดและใบ ผิวทั้งสดและผลแห้ง รสเปรี้ยว หอมร้อนสรรพคุณแก้ลมหน้ามืด บำรุงหัวใจ ราก รสเย็นจืด แก้ผดผื่นภายใน แก้ลมจุกเสียด แก้ไข้กำเดาและถอนพิษผิดสำแดง (สถาบันการแพทย์ไทย, 2540) น้ำมะกรูดใช้คองยาเพื่อใช้ฟอกเลือด และบำรุงโลหิตสตรี เนื้อของผลใช้เป็นยาแก้อาการปวดศีรษะ ใบมะกรูดใช้เป็นยาขับลมในลำไส้ แก้จุกเสียด ผลมะกรูดที่ควั่นไส้ออกนำมาหาหิงส์ใส่แทน

ใช้เป็นยาขับลมแก้ปวดท้องในเด็กอ่อน ในทางอุตสาหกรรมเครื่องหอมและเครื่องสำอางต่าง ๆ กรดซิตริกในมะกรูดช่วยขจัดคราบสบู่ (ค้าง) ที่หลงเหลืออยู่ทำให้ผมหวีง่าย น้ำมันจากผิวมะกรูดช่วยให้ผมดกเป็นเงางาม และสามารถใช้ปรุงแต่งกลิ่นรสอาหาร ดับกลิ่นคาวของอาหาร ใช้เป็นส่วนผสมในเครื่องแกงต่างๆ (รุ่งรัตน์ เหลืองนทีเทพ, 2535)

2.1.1.3 องค์ประกอบทางเคมี

สารเคมีที่สำคัญที่พบในมะกรูดนี้จะอยู่ในส่วนของน้ำมันหอมระเหย ซึ่งมีทั้งในส่วนใบและเปลือกของผลที่เรียกว่าผิวมะกรูด โดยที่ผิวมะกรูดจะมีน้ำมันหอมระเหยร้อยละ 4 และใบจะมีน้ำมันหอมระเหยร้อยละ 0.08 สำหรับปริมาณของสารเคมีที่พบในใบและผิวมะกรูดจะแตกต่างกันออกไป ในใบและผิวของผลมะกรูดจะประกอบด้วย ซิโตรฟินเนส (Citropenes) เช่น ลิโมนีน (Limonene) แคมฟิน (Camphene) ไดพินิน (2 - Pinene) (ละมัย ทองแกมแก้วและสุมาลี กาเปี่ยมมงคล, 2534) α - pinene ร้อยละ 0.06 sabinene ร้อยละ 1.75 β - myrcene ร้อยละ 0.90 trans - β - ocimene ร้อยละ 0.60 linalool oxide ร้อยละ 0.35 cis - linalool oxide ร้อยละ 0.26 linalool ร้อยละ 2.90 citronella ร้อยละ 80.09 isopulegol ร้อยละ 0.52 terpinen - 4 - ol ร้อยละ 0.10 b - citronellol ร้อยละ 5.62 geraniol ร้อยละ 0.39 1 - nonadecene ร้อยละ 0.22 cis - 2, 6 - dimethyl - 2, 6 - octadiene ร้อยละ 2.91 geranyl acetate ร้อยละ 0.45 caryophyllene ร้อยละ 0.55 a - humulene ร้อยละ 0.08 elemol ร้อยละ 0.08 nerolidol ร้อยละ 0.39 (เสงี่ยม พงษ์บุญรอด, 2519) เมื่อนำใบมะกรูดมากลั่นด้วยไอน้ำ จะทำให้ได้น้ำมันหอมระเหยในปริมาณร้อยละ 1.29 น้ำมันหอมระเหยที่ได้จากผิวของมะกรูดจะมีปริมาณร้อยละ 6 - 7 ประกอบด้วย เบต้าพินิน (β - Pinene)

ลิโมนีน (Limonene) และซาไบเนน (Sabinene) เป็นสารหลัก และในน้ำมันมะกรูดมีกรดซิตริกแอซิด (Citric acid) วิตามินซี (สถาบันการแพทย์ไทย, 2540) สารที่พบกรดซิตริก (Citric) อยู่ในน้ำของผลมะกรูดและน้ำมันหอมระเหย ซิตรินเนลลอล (Citrenellal) ที่พบในผลและพบในดอก (รุ่งรัตน์ เหลืองนทีเทพ, 2535)

Nuanjun Jaisai and Supaporn Lamlerththon (2007) ได้ศึกษาผลการยับยั้งของน้ำมันหอมระเหยผิวมะกรูดต่อ *Bacillus cereus* ในข้าวหุงสุกพบว่า องค์ประกอบเคมีที่พบในน้ำมันผิวมะกรูดส่วนมาก ได้แก่ limonene ร้อยละ 25.24 และ beta - pinene ร้อยละ 15.82 และยังมีองค์ประกอบย่อย เช่น terpinen - 4 - ol ร้อยละ 9.57 isopulegol ร้อยละ 2.24 และ citronellal ร้อยละ 76.65

2.1.2 ตะไคร้

ตะไคร้มีชื่อเรียกหลายชนิด ได้แก่ คาหอม ไคร จะไคร เชิดเกรย หัวสิงไค เหลอะเกรย ห่อวตะโป้ เป็นต้น ชื่อภาษาอังกฤษ เช่น Lemon grass plant หรือ Citronella หรือ West Indian lemongrass หรือ Fever grass หรือ Oil grass เป็นต้น อาณาจักรจำแนกของพืช ดิวิชัน Magnoliophyta ลำดับชั้น Liliopsida อันดับ Poales วงศ์ Poaceae เป็นพืชสกุล Cymbopogon Spreng ที่มีชื่อเรียกทางวิทยาศาสตร์ว่า *Cymbopogon citratus* (De ex Nees) Stapf. (กองวิจัยทางการแพทย์, ออนไลน์, 2526) ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 ตะไคร้

ที่มา : กองวิจัยทางการแพทย์, 2526

2.1.2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

พืชล้มลุกจำพวกหญ้ามีอายุหลายปีเจริญเติบโตได้ง่าย อาจมีทรงพุ่มสูงประมาณ 1 เมตร มีลำต้นที่แท้จริงประมาณ 4 - 7 เซนติเมตร ลำต้นจะห่อหุ้มไปด้วยกาบใบโดยรอบ กาบใบยาวแคบเส้นใบขนานกับก้านใบ สีเขียวทึบ ไม่มีขน กาบใบเรียงซ้อนกันแน่น รูปคล้ายทรงกระบอก ใบยาวเรียว ปลายใบมีขนหนาม ปลายใบโน้มลง (เสงี่ยม พงษ์บุญรอด, 2522) ลำต้นรวมกันเป็นกอ มีกลิ่นหอม โคนมีผงสีขาวคล้ายแป้งที่ข้อและกาบใบ ดอกลักษณะเป็นช่อขนาดใหญ่ เรียงกันไม่หนาแน่น แบบประกอบช่อ ยาว 60 เซนติเมตร มี 4 - 9 ข้อ แตกแขนงช่อย่อยแกนกลางช่อดอกมีขนยาว 0.2 - 0.3 เซนติเมตร ช่อดอกย่อยมี 4 - 7 กู่ ช่อดอกย่อยแบบกระจา เกสรเพศผู้มี

3 อัน เกสรเพศเมียก้านเกสรมี 2 อัน ยอดเกสรเป็นพู่ มีขนยาวนุ่ม ใบของตะไคร้จะอุดมไปด้วยน้ำมันหอมระเหยทำให้มีกลิ่นหอม (ก่องกานดา ชยามฤต, 2540)

2.1.2.2 สรรพคุณและการใช้ประโยชน์

ตะไคร้สมุนไพรใช้ในการประกอบอาหารมีสรรพคุณในการรักษาโรค ดังนี้ ตะไคร้ทั้งต้นใช้เป็นยารักษาโรคหืด แก้ปวดท้อง ขับปัสสาวะและแก้อหิวาตกโรค หรือทำเป็นยาทานวดก็ได้ และยังใช้ร่วมกับสมุนไพรชนิดอื่นรักษาโรคได้ เช่น บำรุงธาตุ เจริญอาหาร และขับเหงื่อ ส่วนหัว เป็นยารักษาเกลื้อน แก้ท้องอืดท้องเฟ้อ แก้ปัสสาวะพิการ แก้น้ำ บำรุงไฟธาตุ แก้อาการขัดเบา ถ้าใช้ร่วมกับสมุนไพรชนิดอื่น จะเป็นยาแก้อาเจียน เป็นยานอนหลับลดความดันสูง แก้ลมอัมพาต แก้กษัยเส้น และแก้ลม ใบสด ๆ จะช่วยลดความดันโลหิตสูง แก้ไข้ รากใช้เป็นยาแก้ไข้เหนือ ปวดท้องและท้องเสีย ต้นใช้เป็นยาแก้ขับลม แก้เบื่ออาหาร แก้ผมแตก แก้โรคทางเดินปัสสาวะ น้ำ เป็นยาบำรุงไฟธาตุให้เจริญ แต่ถ้าอาผสมกับสมุนไพรชนิดอื่น จะแก้โรคหนองใน และนอกจากนี้ยังใช้ดับกลิ่นคาวด้วย อีกทั้งยังสามารถต้านเชื้อราและยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียบางชนิด สารสกัดในน้ำมันหอมระเหยมีฤทธิ์ต้านเชื้อราและแบคทีเรียได้ดี ปัจจุบันมีการนำน้ำมันตะไคร้มาเตรียมเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อใช้รักษาโรคที่เกิดเชื้อรา (นงคันทน์ขุณทดรง, 2546)

2.1.2.3 องค์ประกอบทางเคมี

ใบและลำต้นมีน้ำมันหอมระเหยซึ่งประกอบด้วยสารซิทรัล (Citral) เป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้ยังมีสารยูจินอล (Eugenol) เจอรานีโอล (Geraniol) เมนทอล (Menthol) ซิโตรเนลลอล และการบูร เป็นต้น (นงคันทน์ขุณทดรง, 2546: 9) ใบมีน้ำมันหอมระเหยร้อยละ 0.4 - 0.8 ประกอบด้วย Citral ร้อยละ 75 - 85 6 - methyl - 5 - hepten - 2 - one ร้อยละ 0.99 seudenone ร้อยละ 0.51 trans - linalool oxide ร้อยละ 0.13 linalool ร้อยละ 0.57 neral ร้อยละ 18.49 trans - geraniol ร้อยละ 0.45 geranial ร้อยละ 28.93 geranic acid ร้อยละ 9.48 neral diethyl acetate ร้อยละ 4.44 geranial diethyl acetate ร้อยละ 0.35 caryophyllene oxide ร้อยละ 0.79 [+] - 5 - epi - neointermedeol ร้อยละ 3.05 และ T - muurolol ร้อยละ 2.37 (ก่องกานดา ชยามฤต, 2540) Citronellal Geraniol Methylheptenol - none เล็กน้อย Eugenol และ Methylheptenol รากมีอัลคาลอยด์ ร้อยละ 0.3

Nuanjun Jaisai and Supaporn Lamlerththorn (2007) ได้ศึกษาผลการยับยั้งของน้ำมันหอมระเหยผิวมะกรูดต่อ *Bacillus cereus* ในข้าวหุงสุกพบว่า องค์ประกอบเคมีที่พบในน้ำมัน

หอมระเหยผิวตะไคร้ ได้แก่ citral ร้อยละ 45.38 alpha - citral ร้อยละ 45.38 3,7 - dimethyl 2,6 - octadienal ร้อยละ 34.07

2.1.3 ส้มโอ

ส้มโอมีชื่อเรียกหลายชนิด ได้แก่ มะขุน มะโอ ภาษาอังกฤษเรียกว่า Grapefruit หรือ Pummelo หรือ Shaddock หรือ Pomelo เป็นต้น จำแนกเป็นพืชชนิดหนึ่ง ดิวิชั่น Magnoliophyta ชั้น Magnoliopsida อันดับ Sapindales วงศ์ Rutaceae สกุล Citrus สปีชีส์ *C.maxima* มีชื่อเรียกทางวิทยาศาสตร์ว่า *Citrus maxima* Merr. (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, ออนไลน์, 2554) ดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 ส้มโอ

ที่มา : วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2554

2.1.3.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ส้มโอเป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็ก แตกกิ่งก้านสาขาที่เรื้อนยอด ลำต้นมีสีน้ำตาล มีหนามเล็ก ๆ สูงถึง 10 เมตร แตกกิ่งที่ระดับต่ำ แผลออกข้าง กิ่งอ่อนปกคลุมด้วยขนสั้น ๆ และมีหนาม ใบรูปไข่ถึงรูปรีขนาดกว้าง 2 - 5 เซนติเมตร ยาว 5 - 10 เซนติเมตร (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, ออนไลน์, 2554) ปลายใบแหลมมน โคนใบมนหรือเว้าคล้ายรูปหัวใจ ขอบเรียบถึงจักมนตื้น ๆ มีจุดต่อมน้ำมัน ก้านใบแผ่เป็นปีกกว้างยาวถึง 7 เซนติเมตร ปีกรูปหัวใจกลับ ดอกช่อหรือดอกเดี่ยว ออกที่ซอกใบเป็นกระจุก ดอกตูมยาว 2 - 3 เซนติเมตร เมื่อบานเต็มที่กว้าง 3 - 5 เซนติเมตร กลีบเลี้ยงและกลีบดอกมี 5 กลีบ มีขนประปราย กลีบดอกสีขาว เกสรเพศผู้มี 20 - 25 อัน เกสรเพศเมีย ยอดเกสรนูนกลม ผลรูปกึ่งกลมถึงกลมใกล้รอบขั้วผลนูนสูง เส้นผ่าศูนย์กลาง 10 - 20 เซนติเมตร เปลือกหนาถึง 3 เซนติเมตร (Niyomdham, C., 1992) รูปไข่แบนนูน ขอบและปลายบาง มีสัน ลีค่อนข้าง

เหลือง ผลกลมโต บางพันธุ์ตรงข้ามมีจุดสูงขึ้นมา ผิวผลเมื่อยังอ่อนมีสีเขียว เมื่อแก่จัดเปลี่ยนเป็นสีเขียวอมเหลือง ผิวของผลไม่เรียบ ผิวของเปลือกผลมีต่อมน้ำมันกระจายทั่วไป ภายในผลเป็นช่องๆ มีแผ่นบางๆ สีขาวกั้นเนื้อให้แยกออกจากกัน เนื้อแต่ละส่วนเรียกว่า "กลีบ" ผลมีเนื้อ 11 - 16 กลีบ มีรสหวานหรือหวานอมเปรี้ยว เนื้อสีเหลืองอ่อนหรือสีชมพู มีเมล็ดฝังอยู่ระหว่างเนื้อมากกว่า 1 เมล็ด (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, ออนไลน์, 2555)

2.1.3.2 สรรพคุณและการใช้ประโยชน์

ผลส้มโอ ขับลมในลำไส้ แก้เมาเหล้า เปลือกผลของส้มโอจะช่วยขับเสมหะ จุกแน่นหน้าอก แก้ไข้เลื่อน ใบส้มโอ นำมาต้มพอกศีรษะแก้ปวดหัว นอกจากนั้นยังเป็นยาแก้ท้องอืดท้องเฟ้ออีกด้วย ดอกส้มโอ แก้อาการปวดกระบังลม และปวดในกระเพาะอาหาร เมล็ดส้มโอ ก็มีประโยชน์อยู่มากเช่นกัน แก้ไข้เลื่อน ลำไส้หดตัว แก้ไอ แก้ปวดท้องน้อยและกระเพาะอาหารได้อย่างดี (เตโชดม ภัทรศัย, 2543) ใบแก้ปวดแก้ไอ ช่วยย่อยอาหาร ดอกขับลม ขับเสมหะ ผลแก้เสมหะ แก่น้ำลายเหนียว เป็นยาระบายอ่อนๆ ช่วยเจริญอาหาร (นันทวัน บุญยะประกศร, 2543)

2.1.3.3 องค์ประกอบทางเคมี

น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอด้วยวิธีการกลั่นด้วยน้ำจะให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้มากกว่าวิธีอื่น และได้น้ำมันที่ใส ไม่มีสี แต่มีกลิ่นเหม็นเหมือนเฟดดินต้มสุก การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของ linalool, citral และสารกลุ่ม monoterpene อื่นๆ ปริมาณเล็กน้อยได้แก่ α - pinene, sabinene, β - pinene, β - myrcene, α - phellandrene, trans - carveol, cis - carveol และ carvone (สุภารัตน์ หอมหวล, ออนไลน์, 2553) ความแตกต่างของปริมาณและชนิดองค์ประกอบทางเคมีดังกล่าวของน้ำมันหอมระเหยแต่ละตัวอย่างขึ้นอยู่กับวัตถุดิบเป็นสำคัญ (อนันตโชค และณัฐฉิน, 2553) ความบริสุทธิ์ของสารในส้มโอมีค่าเท่ากับ 1.133 เปอร์เซ็นต์ (ภัสจันท์ และคณะ, 2552)

นันทวัน บุญยะประกศร (2543) ได้ศึกษาองค์ประกอบเคมีของน้ำมันหอมระเหยส้มโอ ได้แก่ α - thujene α -pinene ร้อยละ 3.22 sabinene ร้อยละ 2.65 β - myrcene ร้อยละ 1.49 α - phellandrene limonene ร้อยละ 52.89 γ - terpinene ร้อยละ 33.39 α - terpinolene ร้อยละ 1.61 linalool ร้อยละ 0.06 citronellal ร้อยละ 0.13 terpinen - 4 - ol ร้อยละ 0.19 α - terpineol ร้อยละ 0.12 neral ร้อยละ 1.21 geranial ร้อยละ 0.91 neryl acetate ร้อยละ 0.10 geranyl acetate ร้อยละ 0.03 caryophyllene ร้อยละ 0.10 และ germacrene D ร้อยละ 0.14

2.2 น้ำมันหอมระเหย

2.2.1 ความรู้ทั่วไปของน้ำมันหอมระเหย

2.2.1.1 ความหมายของน้ำมันหอมระเหย

น้ำมันหอมระเหยเป็นน้ำมันที่พืชผลิตขึ้นตามธรรมชาติ เก็บไว้ตามส่วนต่างๆ เช่น กลีบดอก ใบ ผิวของผล เกสร รากหรือเปลือกของลำต้น ลักษณะทั่วไป เป็นของเหลวใส ไม่มีสีหรือมีสีอ่อน ๆ มีกลิ่นหอมเฉพาะตัวระเหยได้ง่ายที่อุณหภูมิปกติ เมื่อได้รับความร้อนน้ำมันจะระเหยได้ดียิ่งขึ้น (สิริลักษณ์ มาลานิยม, 2545) เวลาที่ได้รับความร้อนอนุภาคเล็ก ๆ ของน้ำมันหอมเหล่านี้จะระเหยออกมาเป็นกลุ่มไอรอบ ๆ ทำให้เราได้กลิ่นหอม อบอวลไปทั่ว ช่วยดึงดูดแมลงให้มาผสมเกสรดอกไม้ ปกป้องการรุกรานจากศัตรู และรักษาความชุ่มชื้นแก่พืช สำหรับประโยชน์ต่อมนุษย์นั้น น้ำมันหอมระเหยมีสมบัติในการฆ่าเชื้อโรค บรรเทาอาการอักเสบหรือลดบวม คลายเครียดหรือกระตุ้นให้สดชื่น ทั้งนี้ขึ้นกับองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิด (สุชาดา ไชยสวัสดิ์, ออนไลน์, 2555) วิธีการสกัดที่นิยมใช้ในปัจจุบันคือ การกลั่นด้วยไอน้ำและการใช้สารเคมีเป็นตัวทำลาย หลังจากการสกัดน้ำมันหอมระเหยที่ได้จะถูกนำมาสังเคราะห์เพื่อกลั่นแยกหาสารต่าง ๆ ที่มีกลิ่นหอม สารเหล่านี้เองที่จะถูกนำมาคัดเลือกผสมผสานและสร้างขึ้นมาเป็นกลิ่นใหม่ ๆ

ตัวอย่างสารหอมที่ได้จากส่วนต่าง ๆ ของพืช (กองบรรณาธิการ, ออนไลน์, 2554) เช่น

- 1) ดอก ได้จาก กุหลาบ มะลิ ดอกส้ม กระดังงา กานพลู
- 2) ราก ได้จาก จิง กระชาย แฝกหอม
- 3) ผล ได้จาก เมล็ด ผักชี ยี่หระ กระจวาน จันทเทศ
- 4) เนื้อไม้ เปลือก ได้จาก อบเชย สน กฤษณา จันทน์หอม
- 5) เรซิน ได้จาก กายาน ยางไม้หอมต่างๆ
- 6) เปลือกผลไม้ ได้จาก ส้ม มะนาว มะกรูด
- 7) ใบ ได้จาก มะนาว ตะไคร้หอม ตะไคร้ ยูคาลิปตัส

ตัวอย่างสารหอมที่ได้จากสัตว์ส่วนใหญ่จะใช้ในอุตสาหกรรมทำน้ำหอม (กองบรรณาธิการ, ออนไลน์, 2554) เช่น

- 1) กลิ่นปลาฉลาม กลิ่นอำพันหรืออำพันทอง ได้มาจากปลาฉลามหัวทุย เป็นส่วนที่ปลาฉลามจะสํารอกออกมาจากกระเพาะอาหาร หรือการฆ่าปลาฉลามแล้วผ่าเอาก้อนอำพันออกมา มักพบมากในแถบชายฝั่งออสเตรเลียและนิวซีแลนด์

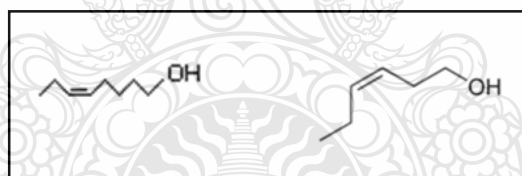
2) กลิ่นบีเวอร์ ได้จากการขับถ่าย จากกระเปาะรูปทรงรีที่อยู่ระหว่างทวารหนักและอวัยวะสืบพันธุ์ แรกจะกลิ่นไม่หอมแต่เมื่อเวลาผ่านไปกระบวนการทางเคมีจะเปลี่ยนให้เป็นกลิ่นหอมทนนาน

3) กลิ่นชะมด กลิ่นที่ได้จากชะมด เป็นสิ่งที่ชะมดขับจากกระเปาะของต่อมคู่ใกล้อวัยวะสืบพันธุ์ของทั้งตัวผู้และตัวเมียที่เข็ดเอาไว้ตามต้นไม้ หรือหากนำมาขังไว้ในกรงจะได้กลิ่นที่ชะมดเข็ดเอาไว้ตามกรง

4) กลิ่นกวาง เป็นผงไขมันแข็งสีคล้ำ ได้มาจากต่อมซึ่งอยู่ระหว่างท้องและอวัยวะเพศของกวางตัวผู้ ซึ่งจะได้มาโดยการฆ่าแล้วผ่าเอาส่วนนี้ออกมาจากกวางเท่านั้น กลิ่นนี้จึงมีราคาสูงมาก

2.2.1.2 การจำแนกสารประกอบที่มีความซับซ้อนในน้ำมันหอมระเหย สามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มหลัก ได้แก่

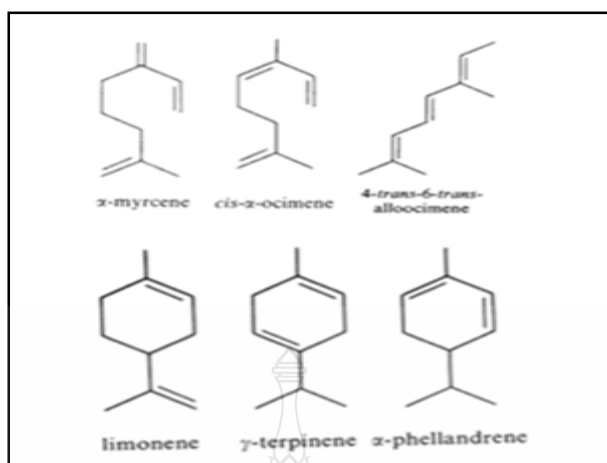
1) Aliphatic compound เป็นสารอินทรีย์ที่จัดเรียงกันเป็นสายโซ่ยาว อาจมีกิ่งและการเชื่อมต่อของคาร์บอนบางจุดอาจมีพันธะคู่ เช่น 1,3 - tran - 5 - cis - undecatriene เป็นต้น แบ่งตามหมู่ได้ ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 โครงสร้างของ Aliphatic compound

ที่มา : อรพิน เกิดชูชื่น, 2554

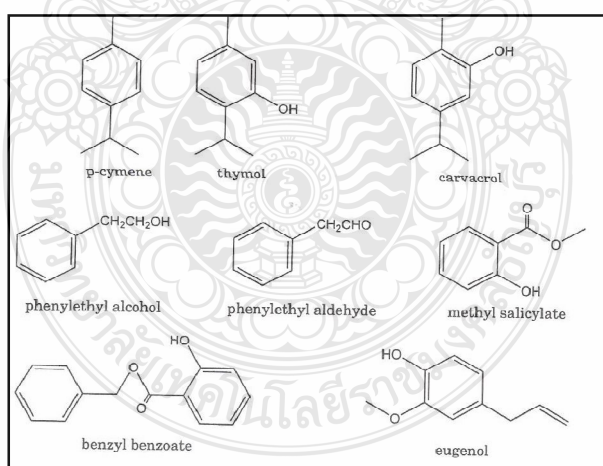
2) Terpene derivatives เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่สำคัญพบในพืชหลายกลุ่ม ประกอบด้วยไอโซพรีน (C_5H_8) units 2 ชุด เรียกว่า monoterpenes ไอโซพรีน units 3 ชุด เรียกว่า sesquiterpenes ดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 โครงสร้างของ Terpene derivatives

ที่มา : อรพิน เกิดชูชื่น, 2554

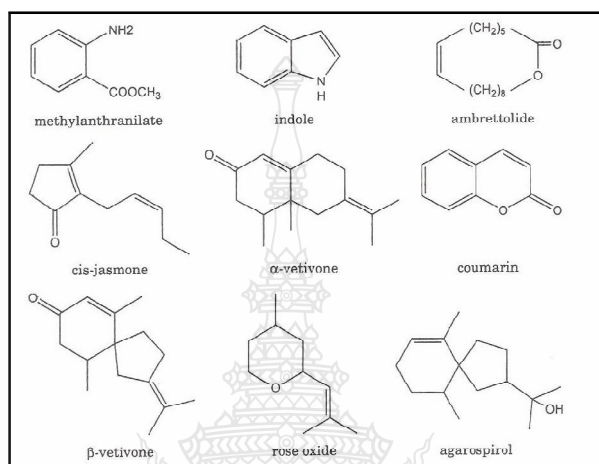
3) Benzene derivatives เป็นสารอินทรีย์ที่มีคาร์บอน 6 อะตอม มีพันธะคู่ 3 คู่ เรียงต่อกันเป็นวง เป็นสารประกอบที่สำคัญในการปรุงแต่งกลิ่นรสที่พบตามธรรมชาติและสารสังเคราะห์หลายชนิด ดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 โครงสร้างของ Benzene derivatives

ที่มา : อรพิน เกิดชูชื่น, 2554

4) Other compound สารที่มีซัลเฟอร์ S เป็นองค์ประกอบหลัก พบในพืชไม่มากนัก ส่วนใหญ่จะได้จากสัตว์ ตัวอย่างพืชที่ให้น้ำมันหอม เช่น กระเทียม มัสตาร์ด หัวหอม ในทางอุตสาหกรรมกลิ่นของซัลเฟอร์ จะในการปรุงแต่งน้ำมัน buchu, galbanum, blackcurrant และ rose oil ดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 โครงสร้างของ Other compound
ที่มา : อรพิน เกิดชูชื่น, 2554

2.2.1.3 ประโยชน์ของน้ำมันหอมระเหย

การใช้ประโยชน์ของน้ำมันหอมระเหย สามารถนำมาบำบัดโรคได้หลายวิธี แต่จากการค้นคว้าวิจัยระบุว่า วิธีการเหล่านี้ล้วนเกี่ยวข้องกับการระเหยและการสูดดมของผ่านจมูก เพื่อให้โมเลกุลขององค์ประกอบกระตุ้นอวัยวะรับกลิ่นเพื่อออกฤทธิ์ผ่านระบบลิมบิก จะไม่ถูกดูดซึมเข้าสู่ผิวหนังหรือถูกดูดซึมได้ในบริเวณต่ำ เพราะต้องผ่านเซลล์หลายชั้น ดังนั้นไม่ว่าจะผสมน้ำอาบ หรือนวดตัว ผลที่ได้รับมักจะมาจากการสูดดม จะเห็นชัดในทุกกรณีต้องอาศัยความร้อนเข้าช่วย เพื่อให้กลิ่นหอมระเหย แปลสภาพกลายเป็นไอแพร่สู่อวัยวะรับกลิ่นภายในจมูกได้เร็วขึ้น การใช้ประโยชน์ของน้ำมันหอมระเหย จึงมีประสิทธิภาพโดยให้ผลทั้งร่างกายและจิตใจ (กองบรรณาธิการ, ออนไลน์, 2554) สามารถแจกแจงวิธีการใช้ประโยชน์ของน้ำมันหอมระเหยโดยวิธีต่าง ๆ ได้ดังนี้

1) วิธีการใช้ประโยชน์ของน้ำมันหอมระเหยกับผิวหนัง โดยใช้ในการระบับกลิ่น ผู้ที่มีกลิ่นออกมาก ทำความสะอาดบาดแผล โล่แมลงและฆ่าปรสิต พวกหา หมัก ยุง

มด แก้อาการอักเสบ สำหรับแผลพุพอง บาดแผลติดเชื้อ กระแทกกระแทก ฟกช้ำ ระวังเชื้อจากบาดแผล แผลงัดต่อย ฆ่าเชื้อรา โรคน้ำกัดเท้า จี๊กกลาก ฯลฯ

2) การใช้ประโยชน์ของน้ำมันหอมระเหยกับระบบการไหลเวียนเลือด น้ำมันหอมระเหยถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย ตามกระแสโลหิตได้ง่ายทางผิวหนังและเยื่อเมือก ทำให้กระจายไปทั่วร่างกาย น้ำมันหอมระเหยที่ทาแล้วร้อนไม่มีผลเพียงแต่การไหลเวียนของโลหิตเท่านั้น แต่มีผลต่ออวัยวะภายในด้วย ความร้อนทำให้เส้นโลหิตขยายจึงมีผลในการลดอาการบวม น้ำ ปรับการไหลเวียนของโลหิต สำหรับแก้บวม อักเสบ ลดความดันโลหิต ความเครียด ฯลฯ เพิ่มความดัน สำหรับคนที่มีโลหิตไหลเวียนไม่ดี โรคหิมะกัดเท้า เชื้องูซึม เป็นต้น

3) การใช้ประโยชน์ของน้ำมันหอมระเหยกับระบบหายใจ น้ำมันหอมระเหยเหมาะที่จะรักษาการติดเชื้อทางจมูก ลำคอ และปอด เพราะใช้สูดดม ตัวยาจะผ่านไปถึงปอด ซึ่งจะดูดซึมเข้าสู่กระแสโลหิตได้เร็วกว่าให้ยาโดยการรับประทาน คลายกล้ามเนื้อกระตุกในโรคหืด ไตแห้ง ไอกรน ฆ่าเชื้อสำหรับไข้หวัดใหญ่ เจ็บคอ ต่อมน้ำลายอักเสบ ขับเสมหะสำหรับหวัด ไซนัส ไอ เป็นต้น

4) การใช้ประโยชน์ของน้ำมันหอมระเหยกับระบบย่อยอาหาร ทำให้เจริญอาหาร ขับลมและแก้ปวดท้องเนื่องจากมีกรดมาก คลื่นไส้ ขับน้ำดี เพื่อเพิ่มน้ำดีและกระตุ้นการทำงานของถุงน้ำดี แก้อาการเกร็งของกล้ามเนื้อเนื่องจากปวดท้องอาหารไม่ย่อย

5) การใช้ประโยชน์ของน้ำมันหอมระเหยกับระบบทางเดินปัสสาวะและระบบต่อมไร้ท่อ น้ำมันหอมระเหยมีผลต่อระบบนี้โดยการดูดซึมเข้าสู่กระแสโลหิตหรืออาจจะไปทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางฮอร์โมน เช่น ขับน้ำนม แก้ก้อนเนื้อเกร็ง สำหรับปวดท้องประจำเดือน ปวดท้องตอนใกล้คลอด ขับระดู สำหรับผู้มีประจำเดือนน้อยหรือไม่มี ลดความกำหนัด ปลุกกำหนัดสำหรับกามตายด้านหรือไม่ค่อยรู้สึก

6) การใช้ประโยชน์ของน้ำมันหอมระเหยกับระบบภูมิคุ้มกัน เช่น ส่วนใหญ่ น้ำมันหอมระเหย มีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียและเพิ่มการผลิตเม็ดเลือดขาว ใช้ลดไข้ ป้องกันเชื้อแบคทีเรียและไวรัส ทำให้ไม่เป็นหวัด

7) การใช้ประโยชน์ของน้ำมันหอมระเหยกับระบบประสาท คุณสมบัติของน้ำมันหอมระเหยหลายชนิดมีผลต่อระบบประสาท เช่น น้ำมันไม้นจันทร์ น้ำมันมะกรูด และน้ำมันลาเวนเดอร์ มีผลระงับประสาทส่วนกลางทำให้รู้สึกสงบ น้ำมันมะลิ น้ำมันสระแหน่ น้ำมันกะเพรา น้ำมันกานพลูและน้ำมันกระดังงา จะมีฤทธิ์ในการกระตุ้นประสาท

8) วิธีการใช้ประโยชน์ของน้ำมันหอมระเหยกับระบบจิตใจ น้ำมันหอมระเหย มีอิทธิพลทางด้านจิตใจมาช้านานแล้ว นับตั้งแต่การใช้ศาสนพิธีและพิธีกรรมต่าง ๆ เป็นที่ทราบกันอยู่แล้วว่ากลิ่นมีผลต่อสมองและอารมณ์ ผลของกลิ่นมีต่อบุคคลขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการ เช่น วิธีที่ใช้ ปริมาณที่ใช้ สภาพที่กำกวมอยู่ สภาพของบุคคลที่ใช้ (อายุ เพศ บุคลิก) อารมณ์ในขณะที่จะใช้ ความไม่รับรู้ต่อกลิ่นบางอย่าง และความรู้สึกในอดีตเกี่ยวกับกลิ่นที่จะใช้เป็นต้น

ดังนั้นการใช้ประโยชน์จึงจำเป็นต้องจัดคุณสมบัติกลิ่นของน้ำมันหอมระเหย ให้เหมาะสมกับผู้ใช้งานและวัตถุประสงค์ในการใช้งาน อีกทั้งน้ำมันหอมระเหยยังสามารถแสดงความเชื่อมโยงระหว่างธรรมชาติกับจิตวิญญาณของผู้ใช้แต่ละบุคคลอีกด้วย

2.2.2 การสกัดน้ำมันหอมระเหยโดยวิธีการต่าง ๆ

สิริลักษณ์ มาลานิยม (2545) ได้อธิบายการสกัดน้ำมันหอมระเหยไว้ดังนี้ การสกัดสารระเหยจากพืชมีหลายวิธีด้วยกัน การสกัดบางวิธีให้น้ำมันหอมระเหย บางวิธีได้สารระเหยที่สกัดจากพืช ซึ่งไม่ถือว่าเป็นน้ำมันหอมระเหย น้ำมันหอมระเหยจะได้จากการกลั่นจากไอน้ำและการบีบเท่านั้น การกลั่นเป็นวิธีหนึ่งที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลายในการสกัดน้ำมันหอมระเหย หลักการของการกลั่นคือ ใช้น้ำร้อนหรือไอน้ำเข้าไปแยกน้ำมันหอมระเหยออกมาจากพืช โดยการแทรกซึมเข้าไปในเนื้อเยื่อพืช ความร้อนจะทำให้สารละลายออกมากลายเป็นไอน้ำปนมากับน้ำร้อนหรือไอน้ำ การกลั่นเพื่อให้ได้น้ำมันหอมระเหยที่มีคุณภาพดีนั้น ต้องอาศัยเทคนิคและขบวนการทางเคมีและกายภาพหลายอย่างประกอบกัน โดยทั่ว ๆ ไป เทคนิคการกลั่นน้ำมันหอมระเหยมีกรรมวิธีที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของวัตถุดิบ

2.2.2.1 การสกัดด้วยสารที่เป็นตัวทำละลาย

1) การสกัดโดยใช้ไขมันเป็นตัวดูดซับ (Enfleurage) ไขมันมีคุณสมบัติในการดูดกลิ่นได้สูงมาก จึงนำไขมันมาดูดกลิ่นหอมของดอกไม้ที่ส่งกลิ่นหอมมาก เช่น มะลิ ช่อนกลิ่น ฯลฯ โดยทำความสะอาดไขมัน เอาสิ่งแปลกปลอมออกให้หมดแล้ว ตีกับน้ำเย็นผสมไอน้ำ เติมน้ำเป็นชอย 0.6 กันกลิ่นเหม็นหืนในน้ำร้อนและสารส้ม 0.15 - 3 เปอร์เซ็นต์ จะช่วยกำจัดสิ่งสกปรกได้ด้วยแล้วกรองทิ้งไว้ น้ำจะแยกตัวออกมา ไขมันที่ได้ขาวสะอาดเรียบ สม่ำเสมอ ไม่มีน้ำ ไม่มีกลิ่น สามารถเก็บไว้ใช้ได้นาน จากนั้นทำเป็นกรอบรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 2" x 30" x 16" อัดแผ่นแก้วที่มีไขมันเคลือบอยู่ทั้ง 2 หน้า ซึ่งเรียกว่า "Chassis" ทำหลาย ๆ วัน วางชิดกัน ดอกไม้ที่วางบนไขมันจะเป็นดอกไม้ที่ไม่มีน้ำปน มิฉะนั้นไขมันจะเหม็นหืน มีกลิ่นไม่ดี หลังใส่ดอกไม้และเกลี่ยดีแล้ว วางกรอบรูปสี่เหลี่ยมซ้อนกันเก็บไว้ในห้องประมาณ 24 ชั่วโมง ไขมันจากด้านล่างจะทำ

หน้าที่เป็นตัวละลาย ส่วนไขมันบนจะดูกลิ่นหอมที่ระเหยจากดอกไม้อีกหนึ่ง เมื่อครบ 24 ชั่วโมงแล้ว หรือดอกไม้เริ่มเหี่ยวหรือไม่เหี่ยวกลิ่นแล้ว นำเอาดอกไม้ ออก ทำอย่างเบา ๆ ใช้คีมคีบดอกไม้ขึ้นมา เมื่อเอาของเก่าออกหมดใส่ดอกไม้ใหม่ ตอนนี้ให้กลับกรอบรูปสี่เหลี่ยม ส่วนไขมันที่เคยอยู่บนเพดานก็จะมาอยู่ด้านล่างทำสลับกันเช่นนี้ทุกวัน จะได้ไขมันอิมตัวด้วยกลิ่นหอม ขูดเอาไขมันออกมาทำให้หลอมเหลวเก็บในภาชนะปิด เรียกส่วนนี้ว่า “ปอมเปต” การสกัดโดยวิธีนี้ใช้น้ำมัน 1 กิโลกรัมต่อดอกมะลิ 3 กิโลกรัม เวลาประมาณ 8 - 10 สัปดาห์สมัยก่อนมีการใช้ปอมเปตในอุตสาหกรรมน้ำหอมโดยตรง ต่อมามีการนำแอลกอฮอล์คุณภาพดีมาละลายน้ำมันหอมระเหยไปจากปอมเปตเรียกส่วนนี้ว่า "Extrail" ซึ่งมีกลิ่นหอมของดอกไม้จริง ๆ แล้วนำไปทำให้บริสุทธิ์อีกครั้งหนึ่งจะได้น้ำหอมที่มีกลิ่นดอกไม้เป็นอย่างดีเยี่ยม วิธีการนี้เรียกว่า “การสกัดด้วยไขมันเย็น”

ส่วนดอกไม้บางชนิด เช่น กุหลาบ ดอกส้ม ฯลฯ เมื่อเด็ดมาจากต้นแล้ว Physiological Activity จะหยุดทันทีไม่เหมือนกับมะลิ ช่อนกลิ่น ฯลฯ ที่จะมีการกลิ่นหอมออกมาตลอดเวลา เมื่อสกัดด้วยไขมันร้อนจะได้น้ำมันหอมระเหยมากและกลิ่นหอมกว่าสกัดด้วยไขมันเย็น วิธีการเตรียมไขมันเช่นเดียวกับการสกัดด้วยไขมันเย็น แต่อุ่นไขมันให้ร้อนประมาณ 80 องศาเซลเซียส แخذดอกไม้ลงไปประมาณครึ่งชั่วโมงแล้วทำให้เย็น สูดท้ายอุ่นให้ร้อนอีกครั้งเพื่อหลอมเหลวและกรองดอกไม้ ออกล้างไขมันที่ติดมาด้วยน้ำอุ่น หรือวางบนผ้ากรองบีบหรือราดน้ำร้อน ชั้นของน้ำและไขมันจะแยกกันง่าย อาจใช้เซนติฟิวส์เข้าช่วยเอาดอกไม้ ออกใช้ไขมันเดิมเปลี่ยนดอกไม้สดหลายครั้งจนอิมตัว ไขมันร้อนมีกลิ่นน้ำมันหอมระเหยนี้เรียกว่า ปอมเปต เหมือนกับการสกัดด้วยไขมันเย็น แล้วนำแอลกอฮอล์ชนิดดีมาสกัดเอาน้ำมันหอมระเหยออกมาทำให้บริสุทธิ์อีกครั้งหนึ่งจะได้น้ำมันหอมระเหยอย่างดียิ่ง เช่นเดียวกับการสกัดด้วยไขมันเย็น (สุชาดา ไชยสวัสดิ์, ออนไลน์, 2555)

2) การสกัดด้วยตัวทำละลาย (Solvent extraction) โดยตัวทำละลายอินทรีย์ แต่ละชนิดมีความสามารถสกัดน้ำมันหอมระเหยจากตัวอย่างพืชได้ต่างกัน เดิมใช้อีเทอร์เป็นตัวทำละลาย ซึ่งพบวิธีนี้ในปี ค.ศ. 1835 ต่อมาพบว่า "ปิโตรเลียมอีเทอร์" เป็นตัวทำละลายที่ดีที่สุดรองลงมาคือ เบนซีนและมีการพัฒนาเทคนิคการสกัดให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น วิธีการคือ นำดอกไม้สดใส่ในเครื่องสกัดที่อุณหภูมิห้อง เดิมตัวทำละลายบริสุทธิ์ (ปิโตรเลียมอีเทอร์) ซึ่งจะซึมเข้าไปในเนื้อเยื่อของดอกไม้ ละลายสารหอมและแว็กซ์ (Wax) รวมทั้งสีออกมาเพื่อระเหยเอาตัวทำละลายออกที่อุณหภูมิต่ำและเป็นสุญญากาศ การสกัดโดยวิธีนี้มีข้อเสียตรงที่ราคาแพงทำให้ต้นทุนการผลิตสูง เพราะต้องใช้ตัวทำละลายที่มีราคาแพง แต่มีข้อดีคือ องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจะมีคุณภาพดีขึ้น อีกทั้งไม่ต้องใช้วิธีซับซ้อนอะไรเลยและได้กลิ่นหอมมากขึ้น บางโรงงานจะนำ

น้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ เรียกว่า "Condrete" ไปทำให้บริสุทธิ์อีกครั้งจะได้หัวน้ำหอมที่มีกลิ่นหอมเหมือนกลิ่นดอกไม้ตามธรรมชาติ

3) การสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ วิธีนี้นับเป็นเทคนิคที่พัฒนาใหม่และได้ผลดี อีกทั้งลดมลพิษในบรรยากาศ คาร์บอนไดออกไซด์ที่สถานะเหนือจุดวิกฤต มีลักษณะเป็นของไหล (Fluid) มีคุณสมบัติสามารถสกัดน้ำมันหอมระเหยในพืชได้อย่างดี เมื่อสกัดเสร็จแล้วสามารถแยกคาร์บอนไดออกไซด์ออกได้ในสถานะอุณหภูมิห้อง เพราะคาร์บอนไดออกไซด์จะเปลี่ยนสถานะจากของไหล (Fluid) เป็นก๊าซ (Gas) ได้ตามธรรมชาติ กลิ่นหอมที่ได้จึงเป็นกลิ่นหอมของดอกไม้อย่างแท้จริงและปลอดภัยต่อผู้บริโภค

2.2.2.2 การบีบ คั้น หรือสกัดเย็น (Cold Expression)

วิธีนี้เหมาะกับการผลิตน้ำมันหอมระเหยมาก ๆ ซึ่งได้จากเปลือก เช่น ผิวส้ม มะนาว ส้มโอและมะกรูด วิธีการไม่ยุ่งยากซับซ้อน อย่างแรกต้องปอกเปลือกของผลไม้เหล่านี้ โดยนำตัวอย่างพืชที่หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ เข้าเครื่องบีบหรืออัดจะได้ของเหลวที่มีทั้งน้ำและน้ำมันหอมระเหยผสมอยู่ด้วยกัน จากนั้นจึงให้น้ำมันลอยตัวแยกออกจากน้ำ จึงสามารถแยกส่วนที่เป็นน้ำมันหอมระเหยออกมาได้ ซึ่งใช้ Screw Press น้ำมันที่ได้เรียกว่า "น้ำมันดิบ" (Crude oil) วิธีนี้ใช้กันมาช้านานเป็นวิธีที่มีต้นทุนในการผลิตที่ต่ำที่สุด แต่น้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการสกัดวิธีนี้จะไม่บริสุทธิ์และมีอายุการใช้งานแค่ 6 เดือนถึง 1 ปี กลิ่นและคุณสมบัติจะค่อยๆ หดสภาพ ขณะที่น้ำมันพื้นฐานมีอายุอยู่ได้นานกว่าประมาณ 1 ปี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการเก็บรักษา

2.2.2.3 การกลั่น

1) การกลั่นด้วยน้ำร้อน (Water distillation & Hydro - distillation) เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดของการกลั่นน้ำมันหอมระเหย การกลั่นโดยวิธีนี้พืชที่ใช้กลั่นต้องจุ่มอยู่ในน้ำเดือดทั้งหมด อาจพบพืชบางชนิดเบา อาจจะไม่ลอยได้แล้วแต่ความถ่วงจำเพาะของพืชนั้น การให้ความร้อนกับน้ำอาจให้ไปโดยรอบหรือให้ท่อไอน้ำผ่านการกลั่น น้ำมันหอมระเหยนี้ใช้กับของที่ติดกันง่าย ๆ เช่น ใบไม้บาง ๆ กลีบดอกไม้อ่อน ๆ

ข้อควรระวังในการกลั่นโดยวิธีนี้คือ โดยมากพืชจะได้รับความร้อนไม่สม่ำเสมอ ตรงกลางมักจะไต้มากกว่าด้านข้าง จะทำให้เกิดการไหม้ของพืช ซึ่งส่งผลให้เกิดกลิ่นไหม้ปนมากับน้ำมันหอมระเหยและมีสารไม่พึงประสงค์คือน้ำมันไหม้ได้คือ ใช้ไอน้ำร้อนหรืออาจใช้ Closed Steam Coil จุ่มในหม้อต้ม แต่การใช้ Coil นี้ไม่เหมาะกับดอกไม้บางชนิด เช่น กุหลาบ หากกลั่นโดยใช้ Steam Coil ไม่ได้ เพราะเมื่อกุหลาบถูก Steam Coil จะหดกลายเป็น Glutinous Mass จึงต้องใช้วิธีใส่ลงไปใต้น้ำ กลีบกุหลาบสามารถจะหมุนเวียนไปอย่างอิสระในการกลั่น เปลือก

ไม่ก็เช่นกัน ถ้าใช้วิธีการกลั่นด้วยน้ำ น้ำจะซึมเข้าไปและนำกลิ่นออกมาหรือกลิ่นจะแพร่กระจายออกจากเปลือกไม้ได้ง่ายขึ้น ดังนั้นการเลือกใช้วิธีการกลั่นจึงขึ้นกับชนิดของพืชที่นำมากลั่นด้วย

2) การกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ (Water and Steam distillation) โดยวิธีใช้ตะแกรงกรองที่จะกลั่น ให้เหนือระดับน้ำในหม้อกลั่น ต้มให้เดือด ไอน้ำจะลอยตัวขึ้นไปผ่านพืชหรือตัวอย่างที่จะกลั่น ส่วนน้ำจะไม่ถูกกับตัวอย่างเลย ไอน้ำจากน้ำเดือดเป็นไอน้ำที่อ้อมตัวหรือเรียกว่าไอน้ำร้อนจัดเป็นการกลั่นที่สะดวกที่สุด คุณภาพของน้ำมันออกมาดีกว่าวิธีแรก การกลั่นแบบนี้ใช้กันอย่างกว้างขวางในการผลิตน้ำมันหอมระเหยทางการค้า

3) การกลั่นด้วยไอน้ำ (Steam Distillation) โดยการนำพืชที่ต้องการกลั่นใส่ในหม้อ แล้วให้ความร้อนเพื่อเปลี่ยนให้กลายเป็นไอน้ำผ่านในพืชที่ต้องการกลั่น ซึ่งปกติอุณหภูมิของไอน้ำมักจะไม่เกิน 100 องศาเซลเซียส โดยวางของบนตะแกรงในหม้อกลั่น ซึ่งไม่มีน้ำอยู่เลยไอน้ำภายนอกที่อาจจะเป็นไอน้ำเปียกหรือไอน้ำร้อนจัดแต่ความดันสูงกว่าบรรยากาศ ส่งไปตามท่อใต้ตะแกรง ให้ไอน้ำผ่านขึ้นไปถูกกับของบนตะแกรง ไอน้ำต้องมีปริมาณเพียงพอที่จะช่วยให้น้ำมันแพร่ระเหยออกมาพืชบางชนิดอาจใช้ไอน้ำร้อนได้ แต่บางชนิดก็ใช้ไอน้ำเปียก น้ำมันจึงจะถูกปล่อยออกมา ในทวีปอเมริกาและยุโรป มักจะเพิ่มความดันอากาศภายในหม้อกลั่น ช่วยทำให้เพิ่มอุณหภูมิของไอน้ำและลดเวลาในการกลั่นได้เป็นอย่างดี แต่ถ้าร้อนเกินไปก็อาจทำให้คุณสมบัติของน้ำมันเปลี่ยนไปได้

4) การกลั่นภายใต้สุญญากาศ (Steam and Vacuum Distillation) การกลั่นแบบนี้จะต้องดูดอากาศภายในหม้อกลั่นออก ความดันอากาศภายในมักอยู่ระหว่าง 100 - 200 มิลลิเมตรปรอท (mmHg) ข้อดีของการกลั่นแบบนี้คือ ช่วยลดเวลาในการกลั่นลงได้มากขึ้น ส่วนข้อเสียคือ จำเป็นต้องควบคุมการกลั่นให้มีประสิทธิภาพและการทำให้ไอน้ำเย็นลงต้องทำอย่างรวดเร็วจึงมีค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น

ในการกลั่นน้ำมันหอมระเหยทั้ง 4 วิธีนี้ สามารถทำเองได้ อุปกรณ์ที่สำคัญสำหรับใช้กลั่นมี 3 อย่าง คือ หม้อกลั่น (Still) เครื่องควบแน่น (Condenser) และภาชนะรองรับ (Receiver) การกลั่นด้วยไอน้ำซึ่งจะต้องมีหม้อต้มน้ำ (Boiler) สำหรับทำไอน้ำเพิ่มอีกอย่างหนึ่ง (ประทีปศรี สีนชัยศรี, 2545)

2.2.3 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหย

องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยมีอยู่มากมายหลายร้อยชนิด แต่สามารถแยกเป็นกลุ่มของสารได้เป็น 7 กลุ่ม ซึ่งในแต่ละกลุ่มจะออกฤทธิ์ในการบำบัดที่แตกต่างกันดังนี้

2.2.3.1 Alcohols สารในกลุ่มนี้มีคุณสมบัติฆ่าเชื้อโรค ด้านเชื้อไวรัส ยกระดับจิตใจได้แก่ Linalol citronellol geraniol borneol menthol nerol teppineol ฯลฯ

2.2.3.2 Aldehydes สารในกลุ่มนี้มีฤทธิ์ในการระงับประสาท ยกระดับจิตใจ ลดการอักเสบ ลดความอ้วน ขยายหลอดเลือดและมีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อโรค ตัวอย่างได้แก่ Citral citronellal neral และ geranial เป็นต้น

2.2.3.3 Esters มีคุณสมบัติระงับประสาท สงบอารมณ์ ลดอาการเกร็งของกล้ามเนื้อ ลดการอักเสบและต้านเชื้อราได้แก่ linalyl acetate geranyl acetate bomyl acetate eugenyl acetate และ lavendulyl acetate เป็นต้น

2.2.3.4 Ketones สาร Ketones มีคุณสมบัติช่วยขยายหลอดลม ละลายเสมหะเสริมสร้างเนื้อเยื่อและลดการอักเสบได้แก่ Jasmon fenchone camphor carvone และ menthone เป็นต้น

2.2.3.5 Oxides ในสารกลุ่มนี้มีคุณสมบัติในการขับเสมหะ ละลายเสมหะที่สำคัญได้แก่ Cineol นอกนั้นก็ยังมีสารที่มีคุณสมบัติฆ่าเชื้อแบคทีเรีย และการกระตุ้นระบบประสาท ได้แก่ Linalol oxide ascaridol bisabolol oxide และ bisabolon oxide เป็นต้น

2.2.3.6 Phenols มีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย กระตุ้นระบบประสาทและภูมิคุ้มกันของร่างกายได้แก่ Eugenol thymol และ carvacrol เป็นต้น

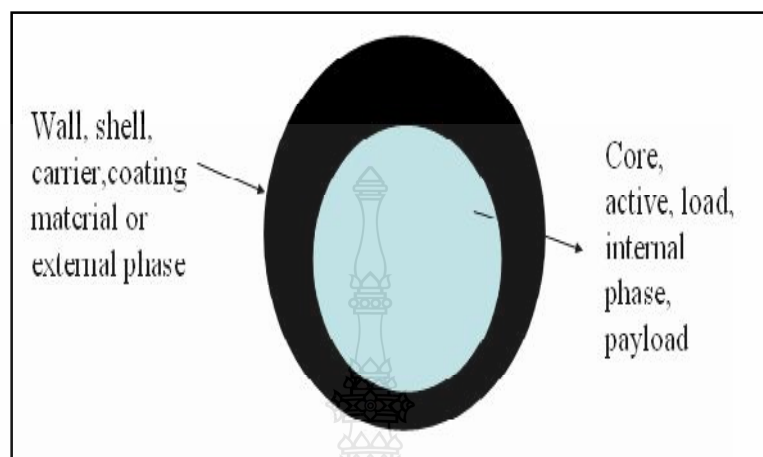
2.2.3.7 Terpenes สารในกลุ่มนี้มีฤทธิ์ในการต้านเชื้อและลดการอักเสบ ประกอบด้วย Camphene Cadinene Caryophyllene Cedrene Dipentene Phellandrene Terpinene Sabinene mycrene สาร Sesquiterpenes เช่น chamazulene farnesol มีฤทธิ์ในการลดการอักเสบและต้านเชื้อแบคทีเรีย สาร limonene มีคุณสมบัติต้านไวรัส pinene มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อ เป็นต้น

โดยปกติน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดจะมีสารประกอบทางเคมีตั้งแต่ 50 - 500 ชนิด องค์ประกอบทางเคมีแต่ละชนิด ก็มีคุณสมบัติแตกต่างกันไป ดังที่กล่าวแล้วแต่เมื่อมาผสมผสานกันจะทำให้เกิดคุณสมบัติที่เป็นเอกลักษณ์ของน้ำมันหอมระเหยจากพืชแต่ละชนิดที่มีจุดเด่น ความเหมือนและความแตกต่างในการบำบัดต่างกันออกไป (มะลิวรรณ ประวัง, ออนไลน์, 2547)

2.3 ไมโครเอนแคปซูลชัน

ไมโครเอนแคปซูลชัน (Microencapsulation) หมายถึง กระบวนการที่ของเหลวหรืออนุภาคถูกห่อหุ้มให้อยู่ในรูปของแคปซูลด้วยพอลิเมอร์เป็นชั้นบาง ๆ เกิดเป็นไมโครแคปซูลซึ่งมีขนาดประมาณ 1 - 1,000 ไมครอน ชั้นพอลิเมอร์บาง ๆ นี้เองที่จะเป็นตัวป้องกันหรือปลดปล่อยสารสำคัญภายในออกมาเมื่อเราต้องการ (ฉันทรา พูนศิริ, 2549) เป็นกระบวนการที่สารหรือส่วนผสมของสารถูกเคลือบด้วยสารชนิดอื่น สารที่ถูกเคลือบ (coated) หรือถูกขังจับไว้ (entrapped) ส่วนใหญ่จะเป็นของเหลว แต่บางครั้งอาจเป็นอนุภาคของแข็งหรือก๊าซซึ่งจะเรียกชื่อแตกต่างกันไปไมโครแคปซูล

ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนหลัก ๆ คือ สารสำคัญ สารกระตุ้นที่บรรจุในแคปซูล (Core) และ เปลือกหรือผนังที่ห่อหุ้มอยู่รอบนอก (wall หรือ shell) ดังภาพที่ 2.8

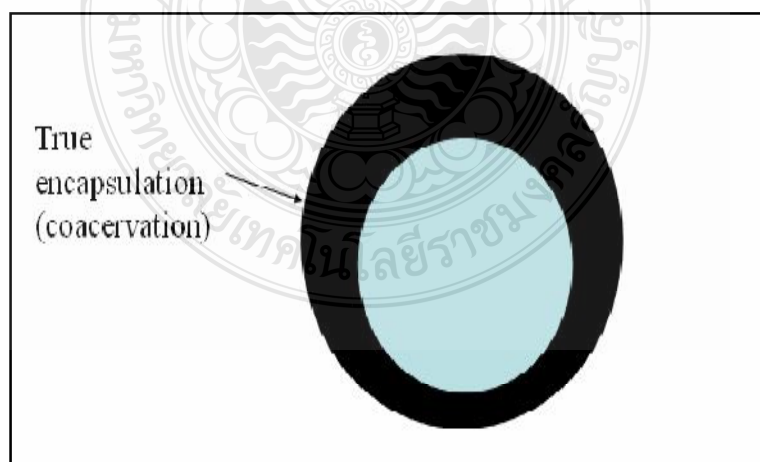


ภาพที่ 2.8 โครงสร้างส่วนประกอบของไมโครเอนแคปซูล

ที่มา : เบญจา ชูตินทราศรี, 2550

2.3.1 ชนิดของไมโครเอนแคปซูล

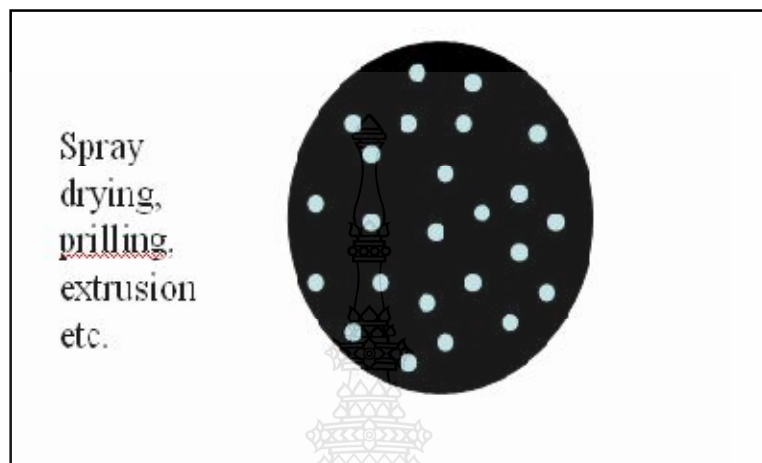
2.3.1.1 Single core (True encapsulation) เป็นรูปแบบของไมโครเอนแคปซูลที่ได้จากการโดยใช้เทคนิค coacervation ดังภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 โครงสร้างส่วนประกอบของไมโครเอนแคปซูลชนิด Single core

ที่มา : เบญจา ชูตินทราศรี, 2550

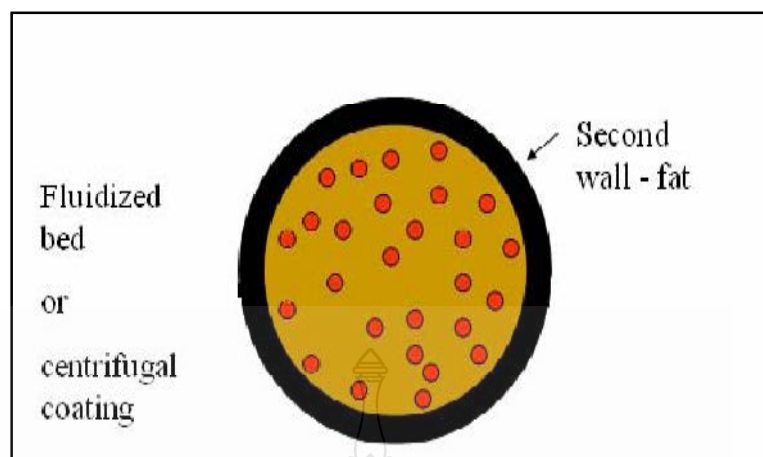
2.3.1.2 Multi - core หรือ Matrix encapsulation เป็นรูปแบบของไมโครเอนแคปซูลชั้นของสารให้กลิ่นรสส่วนใหญ่ที่ผลิตในระดับอุตสาหกรรม โดยใช้เทคนิคการอบแห้งแบบพ่นฝอย สเปรย์ซิลลิง สเปรย์คูลลิง เอ็กซ์ทรูชันในการเอนแคปซูลเลท ดังภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.10 โครงสร้างส่วนประกอบของไมโครเอนแคปซูลชั้นชนิด Multi-core หรือ Matrix encapsulation

ที่มา : เบญจา ชูดินทราศรี, 2550

2.3.1.3 Multi - wall หรือ Control release เป็นรูปแบบของไมโครเอนแคปซูลชั้นของสารให้กลิ่นรสที่มีการเคลือบผิวครั้งที่สองโดยใช้เทคนิค fluidized bed หรือ centrifugal coating ทำให้สามารถควบคุมการปลดปล่อยสารให้กลิ่นรสในสภาวะที่ต้องการได้ (เบญจา ชูดินทราศรี, 2550) ดังภาพที่ 2.11



ภาพที่ 2.11 โครงสร้างส่วนประกอบของไมโครเอนแคปซูเลชั่นชนิด Multi - wall หรือ Control release

ที่มา : เบญจา ชูดินทราศรี, 2550

การเอนแคปซูเลชันสารที่ให้กลิ่นรสสามารถปกป้องสารให้กลิ่นรสที่อาจทำปฏิกิริยากับส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหาร ลดการเกิดกลิ่นแปลกปลอมที่เกิดจากสารให้กลิ่นรสทำปฏิกิริยากัน ปกป้องสารให้กลิ่นรสจากแสงหรือปฏิกิริยาออกซิเดชัน ยืดอายุการเก็บรักษาสารให้กลิ่นรสหรือควบคุมการปลดปล่อยสารให้กลิ่นรสในผลิตภัณฑ์อาหาร (Risch, Sara J. and Reineccius, Gary A., 1988)

2.3.2 ชนิดของสารเคลือบที่ใช้ในกระบวนการเอนแคปซูเลชัน

2.3.2.1 คาร์โบไฮเดรต สามารถนำมาใช้ในรูปของสารเคลือบได้แก่ สตาร์ช (starch) มอลโตเดกซ์ทริน (maltodextrin) corn syrup solids และ gum acacia คาร์โบไฮเดรต

2.3.2.2 สตาร์ช (starch) และ ingredients ที่ผลิตได้จากสตาร์ช เช่น สตาร์ชดัดแปร (modified starch), มอลโตเดกซ์ทรินและบีตา - ไสโคลเดกซ์ทริน (beta - cyclodextrin) ถูกนำมาใช้เป็นสารเคลือบในการเอนแคปซูเลชันสารให้กลิ่นรสอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อกักเก็บและปกป้องสารให้กลิ่นรส กลไกการจับตัวระหว่างสารให้กลิ่นรสและสตาร์ชแบ่งออกได้เป็น 2 รูปแบบโดยมีรูปแบบแรก สารที่ให้กลิ่นรสจะถูกล้อมรอบด้วย amylase helix จับกันเป็นแบบ hydrophobic bonding ซึ่งสตาร์ชจะกักสารให้กลิ่นรสไว้ในโมเลกุล (inclusion complex) รูปแบบที่สองจะเกิด polar interaction โดยพันธะไฮโดรเจน (hydrogen bond) ระหว่าง hydroxyl groups ของสตาร์ชและสารให้กลิ่นรส

2.3.2.3 มอลโตเดกซ์ทริน เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสลายแป้งข้าวโพดบางส่วนโดยใช้กรดหรือเอนไซม์ ผลิตจำหน่ายในรูป Dextrose Equivalent (DEs) DE value เป็นการวัดระดับ (degree) ของการย่อยสลายพอลิเมอร์ของสตาร์ชซึ่งเป็นดัชนีบ่งบอกความสามารถในการทำให้เกิดเมทริกซ์ซึ่งมีส่วนสำคัญในการทำให้เกิดการเคลือบผิว

2.3.2.4 กัม (Gum arabic) เป็นกัมที่ถูกนำมาใช้ในรูปสารเคลือบเนื่องจากสามารถละลายได้ดี มีความหนืดต่ำ มีคุณสมบัติในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์และสามารถกักเก็บสารให้กลิ่นรสได้ดี ไมโครแคปซูลที่ได้จากการเอนแคปซูเลชันของสารให้กลิ่นรสโดยใช้เทคนิคการอบแห้งแบบพ่นฝอย (spray - dried particles) โดยใช้ส่วนผสมของมอลโตเดกซ์ทรินและ gum Arabic เป็นสารเคลือบจะมีขนาดตั้งแต่ 10 - 200 ไมครอน และสามารถกักเก็บสารให้กลิ่นรส ได้มากกว่าร้อยละ 80 ขึ้นอยู่กับตัวแปรที่ใช้ระหว่างกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอยได้แก่อุณหภูมิอากาศของอากาศร้อน ความเข้มข้นของอิมัลชัน ความหนืดและสัดส่วนของ gum arabic และมอลโตเดกซ์ทริน

2.3.2.5 โปรตีน (Protein) จัดเป็นสารที่มีคุณสมบัติทางหน้าที่ของสารเคลือบ เช่น ค่าการละลาย (solubility) ความหนืด (viscosity) emulsification และคุณสมบัติของการทำให้เกิดฟิล์ม ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้ได้ดีในกระบวนการเอนแคปซูเลชัน ระหว่างการเกิดอิมัลชันโมเลกุลของโปรตีนจะดูดซับที่บริเวณ oil - water interface อย่างรวดเร็วทำให้เกิด steric - stabilizing layer ขึ้นทันทีจึงสามารถปกป้องหยดน้ำมัน (oil droplets) จากการกลับมารวมตัวอีกครั้ง (recoalescence) ทำให้เกิดความเสถียรทางกายภาพของอิมัลชันระหว่างกระบวนการผลิตและการเก็บรักษา

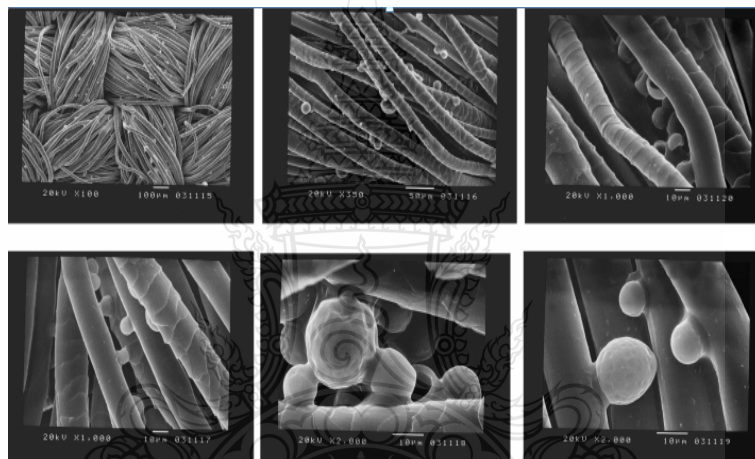
2.3.2.6 เวย์โปรตีน (Whey protein) สารเคมีจะให้คุณสมบัติทางหน้าที่ (functional properties) ที่ต้องการในการใช้เป็นสารเคลือบเวย์โปรตีนที่จัดจำหน่ายในรูป international market จะอยู่ในรูปของ whey protein isolates (มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 95 - 96) หรือ whey protein concentrate (WPC - 50, WPC - 70) powder

2.3.2.7 โปรตีนชนิดอื่นๆ Protein - based material เช่น polypeptone โปรตีนจากถั่วเหลือง (soy protein) หรืออนุพันธ์ของเจลาติน (gelatin derivative) มีคุณสมบัติในการทำให้เกิดอิมัลชันที่เสถียรกับสารให้กลิ่นรส เจลาตินเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสลายคอลลาเจน (collagen) ถูกนำมาใช้ในรูปของสารเคลือบในการเอนแคปซูเลชันของสารให้กลิ่นรสโดยเทคนิค complex

การเคลือบผิวไมโครเอนแคปซูลของสารให้กลิ่นรสที่ได้โดยใช้เจลาตินเป็นสารเคลือบสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรส (seasoning) (เบญญา ชูตินทราศรี, 2550)

2.3.3 กระบวนการแต่งไมโครเอนแคปซูลลงบนผ้า

2.3.3.1 เครื่องจุ่มบีบอัด (Padding) หรือเครื่อง stenter โดยการส่งผ่านผ้าลงไปในห้อง (Bath) ที่มีสารละลายไมโครเอนแคปซูลอยู่ บางกรณีต้องผ่านผ้าในสารช่วยติด (binder) เพื่อช่วยให้การยึดติดมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น ก่อนจะนำมาจุ่มลงในสารละลายไมโครเอนแคปซูล หรือบางกรณีสามารถผสมสารช่วยติดกับสารละลายไมโครเอนแคปซูลเข้าด้วยกัน จากนั้นผ้าจะถูกส่งผ่านลูกกลิ้งที่มีการกดทับเพื่อควบคุมปริมาณสารละลายที่จะเข้าไปยึดติดบนพื้นผ้าเรียกว่า “ เปอร์เซ็นต์ฟักซ์ ” ขั้นตอนสุดท้ายคือ ผ้าจะถูกถ้ำเลียผ่านเข้าตู้อบของ stenter เพื่อระเหยน้ำออกและทำให้สารละลายไมโครเอนแคปซูลสามารถยึดติดกับเส้นใยได้เป็นอย่างดี ดังภาพที่ 2.12



ภาพที่ 2.12 การสแกนโครงสร้างการยึดติดของไมโครเอนแคปซูลชั้น

ที่มา : อรรณณ สัมฤทธิ์เดชขจรศูนย์, 2552

2.3.3.2 เครื่องพ่น (Spray) โดยการปล่อยสารเข้าเครื่องพ่นสารละลาย ซึ่งจะสามารถควบคุมปริมาณสารที่จะพ่นออกมาได้ ซึ่งจะเป็นการตกแต่งผ้าหน้าเดียว แต่ในกรณีถ้าเป็นไมโครเอนแคปซูลชั้นที่มีกลิ่นหอม กลิ่นก็จะกระจายออกได้ทั้งสองฝั่งของพื้นผ้า

2.3.3.3 เครื่องเคลือบ (Coating) และพิมพ์ (Printing) โดยการผสมเข้ากับเรซินบางชนิดแล้วเคลือบลงบนพื้นผ้า

2.3.3.4 เครื่องโรตารี (Rotary garment finishing) และเครื่องซักผ้า นำเสื้อผ้าซักผ่านลงในเครื่อง จากนั้นนำไปสัลดน้ำแล้วอบแห้ง เครื่องนี้เหมาะสำหรับสิ่งทอที่มีการตัดเย็บออกมาเป็นเสื้อผ้าหรือผลิตภัณฑ์

2.3.3.5 การใช้มือ เป็นวิธีที่ง่ายที่สุด คล้ายกับการซักผ้าโดยใช้น้ำยาปรับผ้านุ่มแล้วบีบผ้าให้หมาดๆ จากนั้นนำไปตากแห้ง แต่วิธีนี้จะควบคุมปริมาณของสารละลายที่อยู่ในผ้าได้ยาก (ศูนย์พัฒนาผลิตภัณฑ์สิ่งทอ, ออนไลน์, 2554)

Madene, A., Jacquot, M., Scher, J. and Desobry, S. (2006) กล่าวไว้ว่าการทำแห้งแบบพ่นฝอยและการอัดรีดเป็นวิธีที่นิยมนำมาใช้กันมากที่สุดคือ โมเลกุลดาร์อินคลูชัน การทำแห้งแบบพ่นฝอยและการอัดรีด ไมโครแคปซูลหรือไมโครสเฟียร์ที่ได้หลังจากการเอนแคปซูเลชันจะมีรูปร่างและโครงสร้างหลายรูปแบบ เช่น รูปร่างกลม รูปร่างไม่แน่นอน โครงสร้างเป็นรูพรุนหรือเป็นผลึก เป็นต้น

2.3.4 การนำเทคนิคไมโครเอนแคปซูเลชันมาใช้ประโยชน์

2.3.4.1 ลดการทำปฏิกิริยาของสารสำคัญคอร์ (core) ต่อสิ่งแวดล้อมภายนอก เช่น อากาศ น้ำหรือสารเคมี

2.3.4.2 ลดอัตราการระเหยหรือการปลดปล่อยคอร์ (core) สู่อากาศภายนอก

2.3.4.3 ช่วยทำให้ง่ายต่อการนำคอร์ (core) ไปใช้ เช่น ช่วยทำให้ของเหลวอยู่ในรูปของแข็ง ซึ่งง่ายต่อการนำไปผสมกับส่วนผสมอื่น โดยไม่เกิดการทำปฏิกิริยาต่อกัน

2.3.4.4 สามารถควบคุมการปลดปล่อยตัวยาหรือสารสำคัญให้ได้ตรงตามวัตถุประสงค์

2.3.4.5 ช่วยกลบกลิ่นรสที่ไม่พึงประสงค์

2.3.4.6 ช่วยเพิ่มปริมาณของคอร์ (core) ในกรณีที่ใช้คอร์ (core) ปริมาณเล็กน้อยในส่วนผสมจำนวนมาก เพื่อให้เกิดการผสมที่ทั่วถึงกัน

2.4 การยับยั้งแบคทีเรีย

เนื่องจากสภาพแวดล้อมและมลภาวะรอบตัวของเรามีเชื้อโรคอยู่เป็นจำนวนมาก แต่ที่ใกล้ตัวเรามากที่สุดคือ แบคทีเรียที่มักจะสะสมอยู่ในเสื้อผ้าเครื่องนุ่งห่ม ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดโรคผิวหนังต่าง ๆ และเมื่อแบคทีเรียรวมตัวกับความเปียกชื้นจากเหงื่อก็จะทำให้เกิดปัญหาหากลิ่นอับ ซึ่งเป็นสิ่งไม่พึงประสงค์ กลิ่นอับชื้นเกิดจากเสื้อผ้าเมื่อผ่านการสวมใส่ย่อมจะเกิดคราบสกปรกต่าง ๆ ได้แก่ คราบโปรตีนและไขมัน ภายใต้อาการความชื้นและอุณหภูมิที่พอเหมาะจะเกิดขบวนการย่อยสลายโปรตีนและไขมันเหล่านั้นโดยเชื้อแบคทีเรียซึ่งมีอยู่ทั่วไปในบรรยากาศ ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นอับชื้น (จดหมายข่าวศูนย์พัฒนาผลิตภัณฑ์สิ่งทอ, ออนไลน์, 2554)

2.4.1 แบคทีเรียที่ใช้ในการทดลอง

แบคทีเรีย เป็นประเภทของสิ่งมีชีวิตประเภทใหญ่ประเภทหนึ่ง มีขนาดเล็ก มองด้วยตาเปล่าไม่เห็น ส่วนใหญ่มีเซลล์เดียวและมีโครงสร้างเซลล์ที่ไม่ซับซ้อนมาก โดยทั่วไปแบคทีเรียแบ่งได้หลายรูปแบบ สามารถจำแนกโดยแบ่งตามรูปร่าง แบ่งได้หลายแบบทั้งกลม (cocci) แบบท่อน (bacilli, rod) แบบเกลียว (spiral) ซึ่งแต่ละแบบก็จะมี การจัดเรียงเซลล์ต่างกัน แบ่งตามการย้อมติด สีแกรม (Gram's stain) มีได้สองลักษณะคือ พวกที่ติดสีแกรมบวก (Gram positive) และที่ติดสีแกรมลบ (Gram negative) แต่บางชนิดสามารถติดสีทั้งสองเรียกว่า Gram variable ซึ่งเกี่ยวข้องกับผนังเซลล์ของแบคทีเรีย และแบ่งตามความต้องการใช้ออกซิเจน ซึ่งมีหลายแบบคือ aerobic bacteria anaerobic bacteria facultative aerobic bacteria microaerophilic bacteria เป็นต้น (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, ออนไลน์, 2555)

ความแตกต่างของแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบ

การย้อมแกรมเป็นเทคนิคในการศึกษาจุลินทรีย์โดยดูสีที่ย้อมติดกับตัวจุลินทรีย์ ลักษณะการย้อมติดที่ตัวเซลล์เป็นแบบ differential stain ซึ่งเป็นการใช้สีย้อมมากกว่าหนึ่งชนิดสีจะติดตามไซโทพลาสซึมและผนังเซลล์ทำให้เห็นความแตกต่างระหว่างเซลล์แบคทีเรียชนิดต่าง ๆ ได้

ผลของการย้อมสีแกรมทำให้จำแนกแบคทีเรียออกได้ 2 กลุ่ม คือ

- 1) แกรมบวก (Gram Positive) แบคทีเรียที่ย้อมติดสีน้ำเงินม่วง
- 2) แกรมลบ (Gram Negative) แบคทีเรียที่ย้อมติดสีแดง ซึ่งใช้คุณสมบัติความแตกต่างกันของ membrane ของแบคทีเรียทั้งสองชนิดในการย้อมผนังเซลล์แบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบมีข้อแตกต่างกัน (สทรรฐ จันทรศรีรัตน์, ออนไลน์, 2555)

2.4.2 ความรู้ทั่วไปของ *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus เขียนเป็นตัวย่อว่า *S.aureus* เป็นแบคทีเรียชนิด facultative anaerobic แกรมบวก มีรูปร่างเป็นทรงกลม (coccus) อยู่รวมกันเป็นพวงคล้ายพวงองุ่น ไม่สร้างสปอร์ ไม่เคลื่อนไหว (Reginald W. Bennett and Gayle A. Lancette, Online, 2001) ส่วนใหญ่ไม่มีแคปซูลให้ผลบวกในการทดสอบ catalase และในภาวะที่ไม่มีออกซิเจนจะสลายน้ำตาลกลูโคสให้เป็นกรด เป็นส่วนหนึ่งของจุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อประจำถิ่นในผิวหนังและโพรงจมูก เป็นแบคทีเรียก่อโรคชนิดหนึ่ง เมื่อ *S.aureus* ปนเปื้อนลงไปในอาหารจะสร้างสารพิษที่เรียกว่าเอนเทอโรทอกซินขึ้น ซึ่งแบ่งออกเป็น 8 ชนิดได้แก่ ชนิด A, B, C1, C2, C3, D, E และ H การจำแนกชั้นของ *Staphylococcus aureus* มี Domain จำพวกของ Bacteria อาณาจักร Eubacteria ไฟลัม Firmicutes ชั้น Bacilli อันดับ

Bacillales วงศ์ Staphylococcaceae สกุล Staphylococcus สปีชีส์ *Staphylococcus aureus* มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Staphylococcus aureus* Rosenbach 1884 (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, ออนไลน์, 2555)

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของ *Staphylococcus aureus* แรกเริ่มเกิดตัวในช่วงอุณหภูมิ 6 - 46 องศาเซลเซียส โดยมีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 30 - 37 องศาเซลเซียส สร้างสารพิษที่อุณหภูมิมากกว่า 10 องศาเซลเซียส เจริญได้ในช่วง pH 4.0 - 10.0 โดยมีช่วงที่เหมาะสมคือ 7.0 - 7.5 วอเตอร์แอกทิวิตี (water activity, aw) ต่ำสุดที่แบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* สามารถเจริญได้ (ดู minimum aw) คือ 0.85 แต่ถ้าค่า aw น้อยกว่า 0.94 จะเจริญได้อย่างช้า ๆ สามารถทนเกลือได้สูงถึงร้อยละ 15 - 18 ทนต่อการฉายรังสี (food irradiation) เจริญได้ในที่มีอากาศและไม่มีอากาศ แต่เจริญได้ดีกว่าในสภาวะที่มีอากาศ สามารถสร้างสารพิษ (toxin) ชนิด enterotoxin สารพิษที่สร้างมีสมบัติพิเศษคือ ทนความร้อน สาเหตุที่ใช้แบคทีเรียแกรมบวกชนิดนี้เพราะว่าเชื้อ *Staphylococcus aureus* แกรมบวกมีลักษณะรูปกลม ไม่สร้างสปอร์ พบปนเปื้อนในอาหาร ยาและเครื่องสำอางก่อให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ และโรคติดเชื้อที่ผิวหนัง และอาจลุกลามเข้าสู่กระแสเลือดได้ (วชิณี อุคมกิจมงคล และศรีทอง สีขาว, 2554) เมื่อผู้ป่วยได้รับสารพิษจากเชื้อชนิดนี้จะหายได้ภายใน 24 ชั่วโมง โดยไม่ต้องรักษาและไม่ร้ายแรงถึงตาย แต่อาการที่พบก็ค่อนข้างวุ่นวาย ประมาณร้อยละ 10 ของผู้ป่วยที่ติดเชื้อต้องเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล (Eley, B.M., 1996) การติดเชื้อที่ผิวหนังจะทำให้เกิดฝี อาจเกิดที่ส่วนของร่างกายก็ได้ ส่วนใหญ่จะเริ่มต้นจากการติดเชื้อที่ต่อมน้ำมันบริเวณที่เกิดฝีจะเกิดการอักเสบ มีการสะสมเม็ดเลือดขาวเกิดการตายของเนื้อเยื่อ

Staphylococcus aureus ที่ดื้อยา Methicillin หรือชื่อย่อ MRSA (Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*) (พงษ์ศักดิ์ สาระภักดี, ออนไลน์, 2553) เป็นหนึ่งในแบคทีเรียก่อโรคที่มีการดื้อยาสูง เป็นปัญหาสำคัญในโรงพยาบาล โดยเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยที่มีการเปิดแผล กลุ่มที่ใช้เครื่องมือที่มีการสอดใส่เข้าสู่ร่างกายของผู้ป่วยและในกลุ่มผู้ป่วยที่มีระบบภูมิอ่อนแอ จะมีโอกาสติดเชื้อแบคทีเรียได้ง่ายกว่าคนปกติ นักวิจัยจาก Rensselaer Polytechnic Institute ได้ทำการวิจัยเพื่อลดการติดเชื้อในกลุ่มดังกล่าว โดยได้สร้างฟิล์มเคลือบบางในระดับนาโนเมตร เพื่อใช้เคลือบเครื่องมือผ่าตัดหรือเครื่องมือแพทย์ในโรงพยาบาล เพื่อป้องกันและทำลายเชื้อ MRSA

สารเคลือบผิวผลิตขึ้นจาก คาร์บอนนาโนทิวป์ที่มีเอนไซม์ไลโซสเตฟิน (carbon nanotubes with lysostaphin) ไลโซสเตฟินเป็นเอนไซม์ที่สร้างจากเชื้อ *Staphylococcus* spp. ที่ไม่ก่อโรค แต่สามารถป้องกันและทำลายเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ที่เป็น MRSA ได้ ผลจากทดลองเคลือบพื้นผิวด้วยสารที่ผลิตขึ้นพบว่า สามารถฆ่าเชื้อได้เกือบร้อยละ 100 ในเวลา 20 นาที หลังจากเชื้อ MRSA สัมผัสพื้นผิว

2.4.2 วิธีการทดสอบความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรีย

การยับยั้งแบคทีเรียสามารถหาได้หลายวิธี ซึ่ง Voss, J. G. (1975) กล่าวว่าสบูที่มีส่วนผสมของพืชสมุนไพรท้องถิ่นมีประสิทธิภาพในการลดเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* บนผิวหนังได้ถึงร้อยละ 62 และการยับยั้งแบคทีเรียสามารถหาได้หลายวิธีนั้นเป็นการวัดความสามารถในการเจริญเติบโตของแบคทีเรียหลังการบ่มกับสารทดสอบ ส่วนใหญ่ใช้วิธีการวัดบริเวณใส (Clear zone) รอบ ๆ สารทดสอบซึ่งเป็นบริเวณที่เชื้อแบคทีเรียไม่สามารถเจริญเติบโตได้

วิธีที่นิยมในการหาความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรีย ได้แก่

2.4.2.1 Agar spot assay คือการหยดสารทดสอบลงบนอาหารแข็งโดยตรง จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิที่เหมาะสมกับเชื้อแบคทีเรียที่ต้องการทดสอบ เป็นเวลา 18 - 24 ชั่วโมงแล้วนำมาเททับผิวหน้าด้วยอาหารกึ่งแข็งที่เหมาะสมกับเชื้อแต่ละชนิด วางทิ้งไว้ให้แข็งนำไปบ่มที่อุณหภูมิที่เหมาะสม

2.4.2.2 Agar well diffusion assay คือเป็นการทดสอบความสามารถการยับยั้งโดยการหยดสารทดสอบลงในหลุมวุ้นของอาหารแข็งที่มีเชื้อแบคทีเรียที่ต้องการทดสอบ เป็นเวลา 18 - 24 ชั่วโมง ตรวจสอบผลโดยสังเกตการเกิด clear zone รอบหลุมที่มีสารทดสอบ

2.4.2.3 Paper discs method หรือ Disc diffusion method คือการหยดสารทดสอบลงบนแผ่นกระดาษกรอง ทิ้งไว้ให้แห้ง เพื่อระเหยตัวทำละลายออก จากนั้นไปวางบนอาหารแข็งที่มีเชื้อแล้วบ่มที่อุณหภูมิที่เหมาะสมกับเชื้อแบคทีเรียที่ต้องการทดสอบ เป็นเวลา 18 - 24 ชั่วโมง ตรวจสอบผลโดยสังเกตการเกิด clear zone รอบหลุมที่มีสารทดสอบ (Bauer and others, 1966)

2.5 ความรู้เรื่องผ้าที่ใช้สำหรับตัดเย็บชุดทหาร

ทหารมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อความมั่นคงของประเทศไทย โดยมีหน้าที่โดยตรงในการรักษาอธิปไตยของชาติ เป็นกำลังของชาติที่ช่วยป้องกันการรุกรานจากชนต่างชาติ จนมีคำกล่าวกันว่า “ทหารเป็นกระดูกสันหลังของชาติ” ชาติต่าง ๆ จึงต้องมีกำลังทหารที่เข้มแข็งและพัฒนาให้มีศักยภาพเพียงพอ (เชาวลิต นิระกุล, 2539) ในสมัยก่อนเครื่องแบบสนาม (สืลายพราง) ได้มีการนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย เริ่มตั้งแต่ประมาณ พ.ศ.2511 ซึ่งในขณะนั้นยังไม่มีระเบียบข้อบังคับหรือคำสั่งใดรองรับ โดยที่ทหารไทยที่ไปรบที่ประเทศเวียดนามได้นำมาใช้ จึงได้มีข้อหารือเกี่ยวกับการนำชุดฝึก (สืลายพราง) มาใช้โดยขอให้ชี้แจงว่าการใช้สืลายพรางหรือเดมที่เนื้อผ้าเครื่องแบบฝึกนับว่าเป็นเครื่องประกอบเครื่องแบบชนิดหนึ่ง ตามที่กำหนดไว้ในกฎกระทรวงว่าด้วยเครื่องแบบทหารบก ข้อ.71 ซึ่งเครื่องแบบสนาม (สืลายพราง) ที่ใช้ในประเทศไทยจะมีลวดลาย

คล้ายของประเทศสหรัฐอเมริกา แตกต่างตรงที่ลายผ้าสีพรางของประเทศไทยจะมีสีเขียวที่เข้มกว่า และขนาดลดหลั่นเล็กกว่า

2.5.1 ลักษณะของเครื่องแบบสนาม

เชาวลิต นิระกุล (2539) ได้ศึกษาลักษณะเครื่องแบบสนามของทหารประจำการ โดยคำนึงถึงขนาดมาตรฐานตามที่กำหนดไว้ในกฎกระทรวงว่าด้วยเครื่องแบบทหารบก ข้อ.71 ซึ่งเครื่องแบบสนาม (สีลายพราง) ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ขนาดเครื่องแบบสนามของทหาร

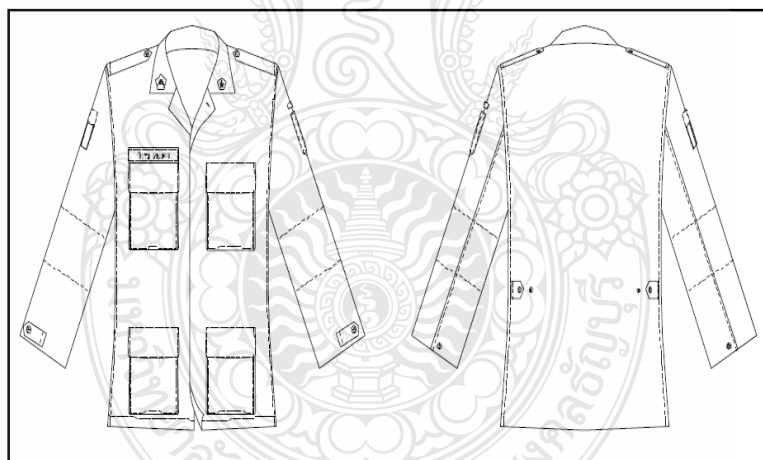
					หน่วย: นิ้ว
ขนาด	S	M	L	XL	XXL
เสื้อ					
รอบคอ	15	15 ½	16	16 ½	17
รอบอก	38	40	42	44	46
ไหล่กว้าง	17	17 ½	18 ½	19	19 ½
แขนยาว	24	25	26	27	28
ปลายแขน	7 ½	8	8	8 ½	8 ½
ความกว้าง	29	30	31	32	32
กางเกง					
รอบเอว	29	32	35	38	41
รอบสะโพก	40	42	44	46	48
รอบเป้า	28	29	30	31	32
ตัวยาว	42	42	43	44	45
ปลายขากว้าง	9	9	9 ½	10	10

ที่มา : เชาวลิต นิระกุล, 2539

หมายเหตุ ค่าความคลาดเคลื่อนทุกขนาดไม่เกิน ¼ นิ้ว

2.5.1.1 เสื้อเครื่องแบบสนาม จะมีลักษณะเป็นเสื้อคอเปิดสีพราง ตัวเสื้อปล่อยยาวถึงสะโพก ปกเสื้อเบาะมุมปกแหลม ตัวเสื้อด้านหน้าผ่าตลอดไม่มีสับ กระดุม 6 เม็ด บริเวณบ่ามีอินธนูอ่อนขัดด้วยกระดุมข้างละ 1 เม็ด ปลายอินธนูอ่อนเป็นรูปเหลี่ยม แขนเสื้อยาวรูปทรงกระบอก เพิ่มผ้ารองแขนจากกึ่งกลางแขนเสื้อท่อนบนกับแขนเสื้อท่อนล่างพองาม ที่ปลายแขนเสื้อทั้งสองข้าง

ด้านในชิดลำตัวติดแผ่นรัดข้อมือขนาดกว้าง 4 ซม. ยาว 10 ซม. ห่างจากปลายแขนเสื้อพองาม ปลายเป็นรูปสี่เหลี่ยมชี้ไปด้านหลังขัดกระดุม 1 เม็ด ติดกับแขนเสื้อและในแนวเดียวกัน เพิ่มกระดุมอีก 1 เม็ด สำหรับปรับขนาดปลายแขนเสื้อเพื่อใช้รัดข้อมือ ที่แขนเสื้อด้านขวาเหนือข้อศอกมีกระเป๋าสอดขนาดกว้าง 9.0 ซม. สูง 12.0 ซม. ขยายได้ 2.5 ซม. มีปากกระเป๋ารูปสี่เหลี่ยม ขัดกระดุม 1 เม็ด ที่แขนเสื้อด้านซ้ายเหนือข้อศอกมีที่หนีบดินสอหรือปากกา ขนาดกว้าง 6.0 ซม. สูง 12.0 - 14.0 ซม. ตัวเสื้อด้านหน้ามีกระเป๋าด้านและกระเป๋าล่างข้างละ 2 กระเป๋า เป็นกระเป๋าสอดรูปสี่เหลี่ยม ชายกระเป๋าทั้งสองข้างพับจีบเพื่อให้ขยายได้ชายด้านล่างเย็บติดกับตัวเสื้อมีปากกระเป๋ารูปสี่เหลี่ยม ขัดกระดุม 2 เม็ด กระเป๋าล่างให้ชายล่างของกระเป๋ายึดกับตะเข็บชายเสื้อพองาม ตัวเสื้อด้านหลังในแนวเอวติดแผ่นปรับรัดขยายเอว ขนาดกว้าง 4.0 ซม. ยาว 10.0 ซม. 2 แผ่น (ซ้าย - ขวา) ชายเป็นรูปเหลี่ยมชี้ไปทางด้านหลัง ขัดกระดุม 1 เม็ด และติดกับตัวเสื้อในแนวเดียวกันอีกข้างละ 1 เม็ด ห่างจากกระดุมเม็ดแรกพองามประมาณ 3.0 - 5.0 ซม. เพื่อใช้ปรับขนาดรัดเอว รัดกระดุมที่แนวอกและกระเป๋าสอดให้ซ่อนไว้ภายในเสื้อและด้านในของฝากระเป๋า การตัดเย็บและการประกอบใช้แบบตะเข็บคู่และตะเข็บเดี่ยว (เชาวลิต นิระกุล, 2539) ดังภาพที่ 2.13 และ 2.15

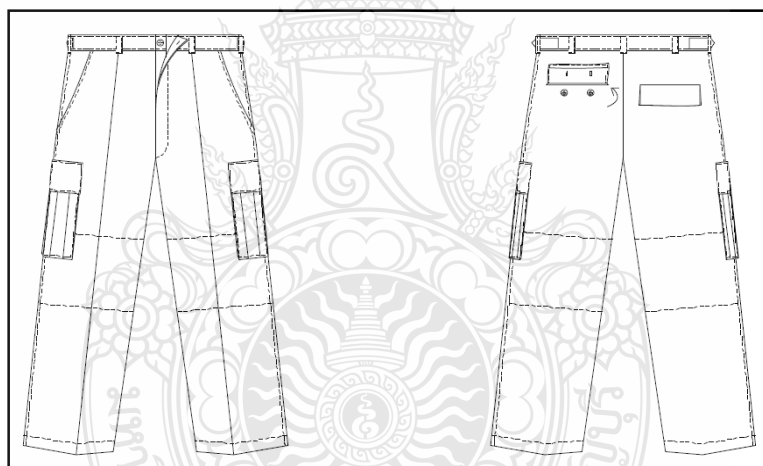


ภาพที่ 2.13 รูปแบบเสื้อเครื่องแบบสนาม

ที่มา : เชาวลิต นิระกุล, 2539

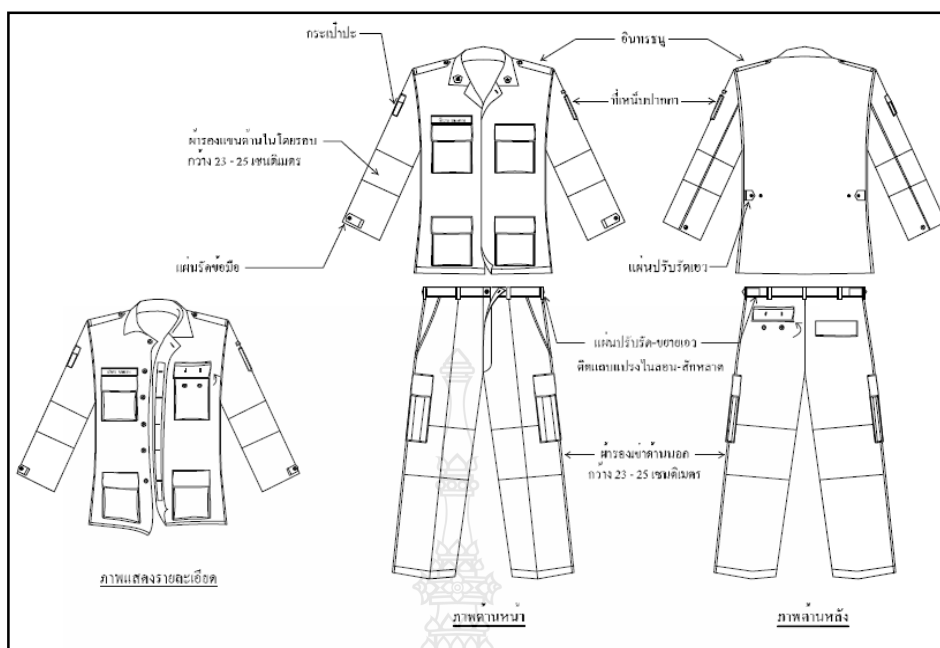
2.5.1.2 กางเกงเครื่องแบบสนาม เป็นกางเกงขายาวสีพรางทรงกระบอก มีกระเป๋าด้านในแนวตะเข็บกางเกงด้านบนข้างละ 1 กระเป๋า เป็นกระเป๋าสอดปากกระเป๋าสอดไม่มีปากกระเป๋าด้านหลังมีกระเป๋าด้านหลัง 2 กระเป๋า เป็นกระเป๋าสอดมีปากกระเป๋ารูปสี่เหลี่ยมขัดกระดุม 2 เม็ด ตรงมุม

ปากกระเป๋ ในแนวตะเข็บกางเกงทั้งสองข้างมีกระเป๋าปะยี่ห้อชายข้างละ 1 กระเป๋า ตัวกระเป๋าเป็นรูปสี่เหลี่ยมตรงกลางพับจีบ 2 จีบ ชายบนและชายล่างเย็บติดกับกางเกง มีปากกระเป๋ารูปสี่เหลี่ยม ชายปากกระเป๋าด้านบนทางด้านหน้าเย็บติดกับขากางเกงขัดกระดุมที่กึ่งกลางปากกระเป๋ และมุมปากกระเป๋ที่เปิดข้างละ 1 เม็ด รังกระดุมทั้งหมดในตัวกางเกงจะซ่อนไว้ด้านในฝากระเป๋ ขอบเอวบริเวณลำตัว ชาย - ขวา มีแผ่นปรับรัด - ขยายเอวข้างละ 1 แผ่น ขัดกระดุมข้างละ 1 เม็ด ปลายเป็นรูปเหลี่ยมชี้ไปทางด้านหน้า ด้านในของแผ่นปรับรัด ขยายเอวและขอบกางเกงติดแถบแปรงไนลอนสักหลาด เพื่อใช้ปรับขนาดของเอว ให้มีขนาดเล็กลงได้ข้างละ 1 นิ้ว กางเกงมีห่วงร้อยเข็มขัดจำนวน 7 ห่วง ขนาดกว้าง 1.3 ± 1.5 ซม. ยาว 5.0 ± 0.2 ซม. แนวสาบกางเกงใช้ซิปทองเหลืองขนาดความกว้างของฟันซิป 5.7 ± 0.2 มิลลิเมตร แถบผ้าประกอบฟันซิปสีกากีแกมเขียวและสีไม้ตกในน้ำ ผงซักฟอกและมีชุดตะขอเกี่ยวโลหะชนิดตอกเกี่ยวรัดเอวกางเกงหรือใช้กระดุมพลาสติก (เชาวลิต นิระกุล, 2539) ดังภาพที่ 2.14 และ 2.15



ภาพที่ 2.14 รูปแบบกางเกงเครื่องแบบสนาม

ที่มา : เชาวลิต นิระกุล, 2539



ภาพที่ 2.15 รูปแบบและลักษณะของเครื่องแบบสนาม

ที่มา : ชาวลิต นิระกุล, 2539

2.5.2 ประสิทธิภาพและคุณลักษณะทางการใช้งานของผ้าสัฟราง

2.5.2.1 โครงสร้างเส้นใยจะต้องมีคุณสมบัติ จะมีความยาวของเส้นใย ซึ่งด้ายจะเหนียว ฝ้ายจะทนทานและมีเนื้อเรียบถ้าผลิตจากใยยาว มีความมันเงาสดใสของเส้นใย ต้องคำนึงถึงความต้านแรงดึง ความยืดหยุ่น ความคืนตัวหรือคงรูป นำความร้อนได้ดี อ่อนตัว เพราะสะดวกในการเคลื่อนไหว คุณซึมความชื้นได้ดี ทำความสะอาดและซักได้ง่ายเพราะการฟีกแต่ละครั้งต้องเจอฝุ่นดินและโคลนได้ง่าย มีความทนต่อปฏิกิริยาทางเคมีต่าง ๆ เช่น สารฟอกขาว ความร้อน แสงแดด การเกิดเห็ดและเชื้อรา ทนต่อความเป็นกรด ด่าง เส้นใยที่ใช้ทอจะต้องสวมใส่สบาย มีความโปร่งเบา เครื่องแบบสนามควรใช้สียลายพรางที่มีความเหมาะสมกับภูมิประเทศและสัติดคงทน (เขาวลิต นิระกุล, 2539)

2.5.2.2 ลักษณะของผ้าที่ใช้ในการตัดเย็บ

ชุดสนามที่ใช้ถูกกำหนดคุณลักษณะของผ้าที่นำมาตัดเย็บจากเดิมเป็นผ้าใยผสมประกอบด้วยใยสังเคราะห์ร้อยละ 65 และฝ้ายร้อยละ 35 ทอลายสองแบบกาวาร์ดีน ซึ่งดูดซึมความชื้นได้น้อย ในปัจจุบันเครื่องแบบสนามใช้ผ้าใยผสมประกอบด้วยด้ายยืนอัตราส่วนใยฝ้าย ร้อยละ 80 ± 5 ผสมใยสังเคราะห์ร้อยละ 20 ± 5 ส่วนด้ายพุ่ง เป็นใยฝ้ายล้วน การทอเป็นการทอแบบลายขัด

(หนังสือ กบ.ทบ. ต่อที่ กท 0404/7440 ลง 6 มิถุนายน 2543 เรื่องขออนุมัติเปลี่ยนวัสดุทำผ้าสีพราง และขออนุมัติใช้คุณลักษณะเฉพาะ สป. ชั่วคราว สาย พธ.) และกรมพลาธิการทหารบกได้รับอนุมัติให้กำหนดคุณลักษณะเฉพาะของชุดสนามให้เป็นไปตามรูปแบบงานวิจัยในวัตถุประสงค์ข้อ 1 คือ เพื่อศึกษาตลาดลายสีพรางของผ้าที่ได้ดำเนินการแล้วเสร็จ โดยได้รับอนุมัติยกเลิกและใช้คุณลักษณะเฉพาะ สป. สาย พธ. ใหม่ ได้แก่ รายการผ้าสีพราง (กรมพลาธิการทหารบก) (หนังสือ กบ.ทบ. ที่ ต่อ กท 0404/10733 ลง 25 สิงหาคม 2551 เรื่องขออนุมัติยกเลิกและใช้คุณลักษณะเฉพาะ สป. สาย พธ.) ดังนี้

- 1) จำนวนเส้นด้ายใน 25.4 มิลลิเมตร ด้ายยืนไม่น้อยกว่า 100 เส้น (ควบ 2) และด้ายพุ่งไม่น้อยกว่า 50 เส้น (ด้ายเดียว)
- 2) แรงดึง ด้ายยืนไม่น้อยกว่า 100 กิโลกรัมแรง และด้ายพุ่งไม่น้อยกว่า 40 กิโลกรัมแรง
- 3) แรงฉีกขาดด้ายยืนไม่น้อยกว่า 2,000 กรัมแรง ด้ายพุ่งไม่น้อยกว่า 1,200 กรัมแรง
- 4) น้ำหนักไม่น้อยกว่า 200 กรัมต่อตารางเมตร
- 5) ความคงทนต่อการซักฟอก สีไม่ตกในน้ำผงซักฟอก
- 6) ด้ายที่ใช้เย็บ ใช้ด้ายเย็บผ้าสีทากีแกมเขียว เบอร์ 40 มีแรงดึงต่ำสุดไม่น้อยกว่า 9.8 นิวตัน การเปลี่ยนแปลงขนาดไม่เกินร้อยละ 3 ทั้งด้ายยืนและด้ายพุ่ง และสีไม่ตกในน้ำผงซักฟอก ฝีเข็มในการตัดเย็บ 8 - 10 ฝีเข็มต่อ 25.4 มิลลิเมตร
- 7) กระดุม ใช้กระดุมเทอร์โมเซตติงพลาสติกสีทากีแกมเขียวชนิดไม่มีขอบ 4 รู ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 19.0 ± 0.3 มิลลิเมตร ความหนา 5.0 ± 0.2 มิลลิเมตร
- 8) ผ้าต้องผ่านกระบวนการชุบมันเพื่อให้ผ้ามีความเรียบมันเงาและคงรูป
- 9) สีพราง 4 สี ประกอบด้วย สีทากีแกมเขียว สีทากีแกมเขียว สีน้ำตาลและสีดำ
- 10) ความคงทนของสีต่อแสงไม่น้อยกว่า ระดับ 4 ขึ้นไปของเกรย์สเกล
- 11) ความคงทนของสีต่อผงซักฟอกไม่น้อยกว่า ระดับ 4 ขึ้นไปของเกรย์สเกล
- 12) ความคงทนของสีต่อเหงื่อไม่น้อยกว่า ระดับ 4 ขึ้นไปของเกรย์สเกล
- 13) ความคงทนของสีต่อคลอรีนในน้ำไม่น้อยกว่า ระดับ 3 ขึ้นไปของเกรย์สเกล

14) การพิมพ์ลายพรางต้องพิมพ์ต่อเนื่องกันตลอดตามลวดลายพรางที่กำหนดหรือตามตัวอย่างผ้ามาตรฐานของทางราชการ (กรมพลธิการทหารบก) โดยการย้อมสีผ้าพื้นสีกากีน้ำตาลแกมเขียวและพิมพ์ผ้าลวดลายพรางด้วยสี Disperse + Vat

15) ขนาด ความกว้างหน้าผ้าไม่น้อยกว่า 114.0 ซม. (45 นิ้ว) หรือตามความต้องการของทางราชการ ความยาว (เมตร) ตามความต้องการของทางราชการ

16) ริมฝีผ้าด้านซ้ายมือด้านเดียวพิมพ์อักษร “กรมพลธิการทหารบก” ตลอดความยาวผ้าให้เห็นเด่นชัด โดยในระยะ 70 ซม. ให้พิมพ์เป็น 2 ช่วง โดยแต่ละช่วงมีระยะห่างเท่า ๆ กัน (เขาวลิต นิระกุล, 2539)

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปราณี บุญช่วย (2546: บทคัดย่อ) นักวิจัยได้ทำการศึกษาผลการใช้น้ำมันหอมระเหยจากเครื่องเทศ สมุนไพร 3 ชนิด คือ กานพลู (*Syzygium aromaitcum* Linn.) มะกรูด (*Citrus hystrix* DC.) และยูคาลิปตัส (*Eucalyptus citriodora*) ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย 4 ชนิด ได้แก่ *Klebsiella pneumonia*, *Pseudomonas fluorescens*, *Shigella sonnei* และ *Escherichia coli* โดยนำสารสกัดน้ำมันหอมระเหยไปทดสอบกับเชื้อแบคทีเรีย 4 ชนิด ที่เลี้ยงในอาหาร Nutrient broth นาน 24 ชั่วโมง ด้วยวิธี Paper disc diffusion ซึ่งละลายน้ำมันหอมระเหยด้วยตัวทำละลาย Dipropylene glycol ที่นิ่งมาเชื้อแล้วในอัตราส่วนของน้ำมันหอมระเหยต่อตัวทำละลายเท่ากับ 1 : 1 (w/w) และใช้แผ่นซุบสารสกัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5.8 มิลลิเมตร ที่นิ่งมาเชื้อแล้วซุบในสารสกัดน้ำมันหอมระเหยนาน 30 นาที หยิบวางบนจานเพาะเชื้อทั้ง 4 ชนิด จานละ 4 ซ้ำ นำไปบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา นาน 24 ชั่วโมง สังเกตและอ่านผลการยับยั้งโดยวิธีการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของบริเวณใส ถ้าเท่ากับหรือมากกว่า 6 มิลลิเมตร ถือว่าสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียได้

จากผลการทดลองพบว่า น้ำมันหอมระเหยของกานพลู สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียที่นำมาทดลองและสามารถยับยั้งแบคทีเรียได้ 1 ชนิด คือ *Shigella sonnei*

น้ำมันหอมระเหยของมะกรูดและยูคาลิปตัสสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียได้ทั้ง 4 ชนิด คือ *Klebsiella pneumonia*, *Pseudomonas fluorescens*, *Shigella sonnei* และ *Escherichia coli* ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนขนาดบริเวณใสของเชื้อแบคทีเรียทั้ง 4 ชนิดพบว่า บริเวณใสที่มีขนาดต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 ดังนั้นจากการทดลองสรุปได้ว่า น้ำมันหอมระเหยของยูคาลิปตัสมีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย ที่นำมาทดสอบได้ดีที่สุด รองลงมาคือ มะกรูด ส่วนกานพลูสามารถยับยั้งแบคทีเรียได้ 1 ชนิด

จันทร์เพ็ญ บัวเฟื่อน และคณะ (2552: สรุป) ได้ทำการศึกษาการติดเชื้อในโรงพยาบาลยังแพร่กระจายไปสู่ผู้ป่วยอื่น บุคลากรผู้ให้การดูแลรักษาหรือเกิดการระบาดของโรคติดเชื้อได้ จากการศึกษาผลกระทบทางเศรษฐกิจของการติดเชื้อ Methicillin Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) ในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยในเมือง Toronto ประเทศแคนาดา ในปี 1996 - 1998 พบค่าใช้จ่ายในการรักษาผู้ป่วยติดเชื้อ MRSA เท่ากับ 14,360 เหรียญสหรัฐต่อผู้ป่วย 1 รายและหากผู้ป่วยเป็นพาหะของโรค มีค่าใช้จ่าย 1,363 เหรียญสหรัฐต่อผู้ป่วย 1 ราย (Kim T, Oh PI, Simor AE., 2001) ส่วนใหญ่บุคลากรทางการแพทย์นิยมใช้โทรศัพท์มือถือในการติดต่อสื่อสารและพกติดตัวอยู่ตลอดเวลาโทรศัพท์มือถืออาจเป็นแหล่งพาหะของเชื้อแบคทีเรียในกลุ่ม *S.aureus* ซึ่งสามารถเกิดการแพร่ระบาดในโรงพยาบาลได้ง่าย จากการศึกษาพบว่า การปนเปื้อนของเชื้อในโทรศัพท์มือถือของบุคลากรจำนวน 64 ตัวอย่าง (ร้อยละ 34.5) และไม่ใช่เชื้อ *S. aureus* จำนวน 32 ตัวอย่าง (ร้อยละ 14.5) พบเชื้อ *S.aureus* (MSSA) จำนวน 7 ตัวอย่าง (ร้อยละ 3.2) แต่ไม่พบเชื้อ Methicillin Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) บุคลากรทำความสะอาดโทรศัพท์มือถือจำนวน 85 ตัวอย่าง (ร้อยละ 43.2) โดยใช้ผ้าสะอาดชุบน้ำและใช้สำลีแอลกอฮอล์เช็ดทำความสะอาดภายนอกเครื่องมากที่สุด การไม่ทำความสะอาดโทรศัพท์มือถือมีโอกาสเสี่ยงต่อการปนเปื้อนเชื้อโรคสูงถึง 1.5 เท่า โดยมีความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (0.96 - 2.16) เมื่อเปรียบเทียบกับ การทำความสะอาดโทรศัพท์มือถือ ผลที่ได้พบว่า ความชุกของเชื้อ *Staphylococcus aureus* ร้อยละ 14.5 ในโทรศัพท์มือถือของบุคลากรที่ปฏิบัติงานในโรงพยาบาลศรีนครินทร์ การทำความสะอาดและการทำลายเชื้อด้วยร้อยละ 70 Alcohol ภายนอกเครื่องของโทรศัพท์ สามารถลดโอกาสการปนเปื้อนเชื้อโรคในโทรศัพท์มือถือของบุคลากรได้

วชิราพร สุวรรณภู (2552: บทคัดย่อ) นักวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอายุปลูกและตำแหน่งของลิเลียดที่เหมาะสมต่อการสกัดแทนนิน เปรียบเทียบวิธีการสกัดแทนนินจากเปลือกลิเลียด 2 วิธีและทดสอบการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย 3 ชนิดคือ *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* และ *Streptococcus mutans* ด้วยวิธี paper disc diffusion วิธีดำเนินการเริ่มด้วยการนำเปลือกจากต้นลิเลียดอายุ 8, 12 และ 20 ปี จากส่วนต่างๆ ตามความสูงของลำต้นมา 3 ส่วนคือ ส่วนที่ 1, 2 และ 3 (สูงจากระดับพื้นดิน 0.3, 1.6 และ 3.0 เมตร ตามลำดับ) มาหั่นและบดให้เป็นชิ้นเล็กๆ เปรียบเทียบวิธีสกัดแทนนิน 2 วิธีคือ วิธีการต้มและวิธีการสกัดด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วของเสียง (Sonication extraction) ใช้สารละลายสกัด 2 ชนิดคือ น้ำและเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ (อัตราส่วน ลิเลียด : สารละลายสกัด = 1 : 5 w/v) ตามลำดับ ทำการวิเคราะห์ปริมาณแทนนินจากผงสารสกัดหยาบของลิเลียดที่ได้ วัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงสูงสุด (f_{max}) ที่ความยาวคลื่น 756.9 นาโนเมตร ด้วย UV - Vis Spectrophotometer ผลการศึกษาพบว่า การสกัดจากเปลือกลิเลียด อายุ 12 ปี (ส่วนที่

1) โดยวิธีการต้มด้วยน้ำให้ปริมาณแทนนินสูงสุดเฉลี่ย 179.88 กรัมต่อกิโลกรัม และจากการสกัดด้วยวิธี Sonication extraction โดยใช้สารละลายเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์พบว่า สีสียอดอายุ 20 ปี (ส่วนที่ 3) ให้ปริมาณแทนนินสูงสุดเฉลี่ย 184.76 กรัมต่อกิโลกรัม และยังพบปริมาณแทนนินที่สกัดได้จากส่วนต่าง ๆ ของสีเสียดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (F - test, $P > 0.05$) แสดงว่าอายุและตำแหน่งของเปลือกสีเสียดมีความสัมพันธ์กับปริมาณแทนนิน และผลจากการนำผงสกัดหยาบสีเสียดมาเจือจางที่ระดับความเข้มข้น 500 1,000 5,000 และ 10,000 ppm เปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานกรดแทนนิก ทดสอบการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* และ *Streptococcus mutans* บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง วัดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใสพบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 5,000 ppm ผงสกัดสีเสียดที่ได้จากการสกัดเปลือกสีเสียดอายุ 12 ปี (ส่วนที่ 1) โดยวิธีการต้มด้วยน้ำ วัดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใสเฉลี่ยได้ 8.0, 5.0 และ 6.0 ตามลำดับ และผงสกัดสีเสียดจากการสกัดเปลือกสีเสียดอายุ 20 ปี (ส่วนที่ 3) ด้วยสารละลายเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ วัดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใสเฉลี่ยได้ 9.0, 4.0 และ 6.0 ตามลำดับ แสดงว่าผงสกัดสีเสียดจากทั้ง 2 ส่วน สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* และ *Streptococcus mutans* ได้

พรพรีรา ปัทมานันท์ และสาธิต ห่อเลี้ยงชัชเชง (2544: บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาสูตรตำรับเจลล้างมือจากน้ำมันตะไคร้ โดยใช้น้ำมันตะไคร้ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ 2 เปอร์เซ็นต์ และ 5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทำการทดลองทางจุลชีววิทยา เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย โดยใช้วิธี disc diffusion, hand washing และ challenge test แบคทีเรียที่ใช้ทดสอบคือ *Bacillus cereus* *Staphylococcus aureus* *Escherichia coli* *Salmonella typhimurium* และ *Pseudomonas aeruginosa* ผลการทดลองพบว่า ตำรับที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียได้ดีที่สุดคือ ตำรับที่มีความเข้มข้นของน้ำมันตะไคร้ 5 เปอร์เซ็นต์ โดยจะมีผลยับยั้งเชื้อที่นำมาทดสอบได้ทุกตัวยกเว้น *Pseudomonas aeruginosa*

Dusanee Thanaboripat Sittichai Chareonsettasilp Kanokwan Pandee and Kittipun Udomwongsup (2006: บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยผลการยับยั้งของมะกรูด แดงกวาขมและสารสกัดจากยาสูบในการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus flavus* โดยใช้สารสกัดเอทานอลดิบจากใบมะกรูด แดงกวาขม และใบยาสูบมีการตรวจสอบความสามารถในการควบคุมการเจริญเติบโตของ *A. flavus* บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ผลการศึกษาพบว่า สารสกัดเอทานอลของสมุนไพรทั้งหมดมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา โดยมะกรูดที่ 10 เปอร์เซ็นต์ และยาสูบที่ 8 - 10 เปอร์เซ็นต์ ยับยั้งเชื้อราอย่าง

มีนัยสำคัญสูงกว่าที่ระดับความเข้มข้นอื่น ๆ ในขณะที่แสงขาวที่ 6, 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลการยับยั้งเชื้อราที่คล้ายกัน

ฤทธิ์ต้านเชื้อจุลินทรีย์แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อเห็ดหรือสมุนไพรและการทดสอบสารจุลินทรีย์ ใบมะกรูด แสงขาวและสารสกัดจากใบยาสูบมีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราอะฟลาที่ออกซินที่กระจายตัว สารสกัดน้ำของสมุนไพรที่ความเข้มข้นต่ำไม่ได้ยับยั้งการกระตุ้น แต่ค่อนข้างการกระตุ้นการเจริญเติบโตของเชื้อรา สำหรับผลการยับยั้งความเข้มข้นของสารสกัดเอทานอลอยู่ในระดับสูงเกินไปสำหรับการประยุกต์ใช้จริง ดังนั้นสมุนไพรเหล่านี้ไม่ได้ใช้สำหรับการใช้งานในการควบคุมเชื้อรา aflatoxigenic ในตลาดสินค้าโภคภัณฑ์ทางการเกษตร

ภัสวรินทร์ หิรัญ อรพิน เกิดชูชื่น และณัฐรา เลหากุลจตุต (2552: บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ประสิทธิภาพของสารสกัดจากมะนาว มะกรูดและส้มโอในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ ผลจากการศึกษาสมบัติของสารสกัดจากใบมะนาว ใบมะกรูดและเปลือกส้มโอโดยใช้วิธีการสกัดด้วยการต้มกลั่นและสกัดด้วยตัวทำละลาย 2 ชนิดคือ แอลกอฮอล์และปิโตรเลียมอีเทอร์พบว่า ปริมาณสารสกัดที่ได้จากมะกรูดที่สกัดด้วยแอลกอฮอล์มากที่สุดซึ่งมีปริมาณเท่ากับร้อยละ 2.563 (w/w) สำหรับมะนาวต้มกลั่นได้ปริมาณน้อยที่สุด ความบริสุทธิ์ของสาร (refractive index) โดยวิธีการต้มกลั่นสามารถวัดค่าได้และมะกรูดมีมากที่สุดคือเท่ากับ 1.725 สำหรับประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *Escherichia coli* *Ataphylococcus aureus* *Bacillus cereus* *Leuconostoc mesenteroides* *Lactobacillus plantarum* *Saccharomyces cerevisiae* และ *Penicillium sp.* ของสารสกัดทั้ง 3 ชนิดที่ความเข้มข้น 10×10^4 ppm พบว่ามะนาวที่สกัดด้วยแอลกอฮอล์ มะนาวต้มกลั่น มะนาวที่สกัดด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ ส้มโอที่สกัดด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ มะกรูดต้มกลั่นและส้มโอดมกลั่นยับยั้งเชื้อได้ดีตามลำดับ

Sheu and Rosenberg (1995: สรุป) ได้ศึกษาพื้นฐานวิทยาของแคปซูลที่ได้จากการทำแห้งแบบพ่นฝอยด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดพบว่า ขนาดหยดอิมัลชันก่อนและหลังการทำแห้งมีขนาดใกล้เคียงกัน ความคงตัวของอิมัลชันก่อนและระหว่างการทำแห้งอาจมีอิทธิพลต่อโครงสร้างของผนังแคปซูล และมีผลต่อคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของแคปซูลซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณสารให้กลิ่นและกลไกการปลดปล่อยสารให้กลิ่น

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาการยับยั้งแบคทีเรียในชุดทหารด้วยเทคนิคไมโครเอนแคปซูเลชันจากน้ำมันหอมระเหยมะกรูด ตะไคร้และส้มโอ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร ทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร ผลิตภัณฑ์ไมโครเอนแคปซูเลชันน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร ตกแต่งสำเร็จผ้าชุดทหารด้วยการเคลือบไมโครเอนแคปซูเลชันจากน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร ตัดเย็บชุดทหารต้นแบบ มีขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 วัสดุ

3.1.1.1 น้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร 3 ชนิด คือ ผิวมะกรูด ใบตะไคร้และเปลือกส้มโอ จากบริษัท เคมีภัณฑ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 น้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร

3.1.1.2 ผ้าที่ใช้ในการวิจัย เป็นผ้าสำหรับใช้ตัดชุดทหาร เครื่องแบบสนามสีพราง จากกรมพลธิการทหารบก กองทัพภาคที่ 4

3.1.1.3 เซลล์ที่ใช้ในการวิจัย

เซลล์ที่ใช้ในการวิจัยประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรีย (Antibacterial Activity) แบคทีเรียแกรมบวก *Staphylococcus aureus* อาหารที่ใช้ในการเลี้ยงเชื้อคือ นิวเทรียน เอการ์ (Nutrient Agar)

3.1.1.4 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย เช่น สาร PLLA (Poly - L - lactic acid) PVA (Polyvinly alcohol) และ DCM (Dichloromethane)

3.1.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.1.2.1 การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร 3 ชนิด คือ ผิวมะกรูด ใบตะไคร้และเปลือกส้มโอ

- 1) หลอดวิจัย (tube)
- 2) หลอดหยด (dropper)
- 3) จานเพาะเชื้อ (petridish plate)
- 4) ปากคีบ (forceps)
- 5) แท่งแก้ว 3 เหลี่ยม
- 6) ตะเกียงแอลกอฮอล์
- 7) หัวงูเขี้ยว (loop)
- 8) กระจกทรงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.5 มิลลิเมตร (disc)
- 9) ไมโครปีเปตขนาด 100 1000 และ 5000 ไมโครลิตร รุ่น Propette autoclavable
- 10) ตู้บ่มเชื้อ (Heraeus) รุ่น BED240 ยี่ห้อ WTC Binder
- 11) ตู้เขี้ยว (laminar air flow)
- 12) ตู้เย็น (refrigerator)
- 13) เครื่องต้มกลั่น (steam distillation apparatus)
- 14) เครื่องวัด pH (pH meter)
- 15) หม้อนึ่งความดัน (autoclave)
- 16) เครื่องเขย่าหลอด (mixer) รุ่น L 24 ยี่ห้อ Labinto ประเทศเนเธอร์แลนด์

17) ตู้ปฏิบัติการปลอดเชื้อ (Laminar air flow) Biohazard Cabinet class 2 รุ่น BH2000

18) เครื่องฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำความดันสูง (Autoclave)

3.1.2.2 การผลิตไมโครเอนแคปซูเลชันน้ำมันหอมระเหยตะไคร้

1) เครื่องชั่งละเอียดไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง รุ่น AV264C ยี่ห้อ Ohaus ประเทศสหรัฐอเมริกา

2) เครื่องกวนสาร (Homogenizer) รุ่น IKA(R) T25 digital ULTRA - TURRAX

3) กรวยกรอง (Buchner funnel)

4) บีกเกอร์ขนาด 50, 100, 500, 1000 และ 2000 มิลลิลิตร

5) ตู้อบลมร้อน (Vacuum Drying Oven) รุ่น DZF - 6051 ยี่ห้อ DZF

3.1.2.3 การตกแต่งสำเร็จผ้าชุดทหารด้วยการเคลือบไมโครแคปซูลจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้

1) การใช้เครื่องวัดค่าความเป็นกรด - ด่าง (พีเอช มิเตอร์)

2) เครื่องอบแห้งชิ้นงาน

3) เครื่องจุ่มอัดสารเคมี

4) เครื่องชั่งละเอียด ไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง

5) บีกเกอร์ขนาด 500 1000 และ 2000 มิลลิลิตร

3.1.2.4 การซักล้าง 5 ครั้ง ตามมาตรฐาน AATCC 135 - 2004

1) เครื่องชั่งละเอียด ไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง

2) ผงซักฟอกมาตรฐาน 1993 AATCC Standard Reference Detergent WOB

3) เครื่องซักผ้า Micro Wash Duo Tub ยี่ห้อ Imaflex รุ่น WM - 201

4) บีกเกอร์ขนาด 500 1000 และ 2000 มิลลิลิตร

3.1.2.5 การวิเคราะห์ภาพถ่ายของผ้าภายหลังจากการซักล้าง

1) เครื่องชั่งละเอียดไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง

2) เครื่องย้อมแบบอินฟราเรด (Infra - Red (IR) Dyeing machine)

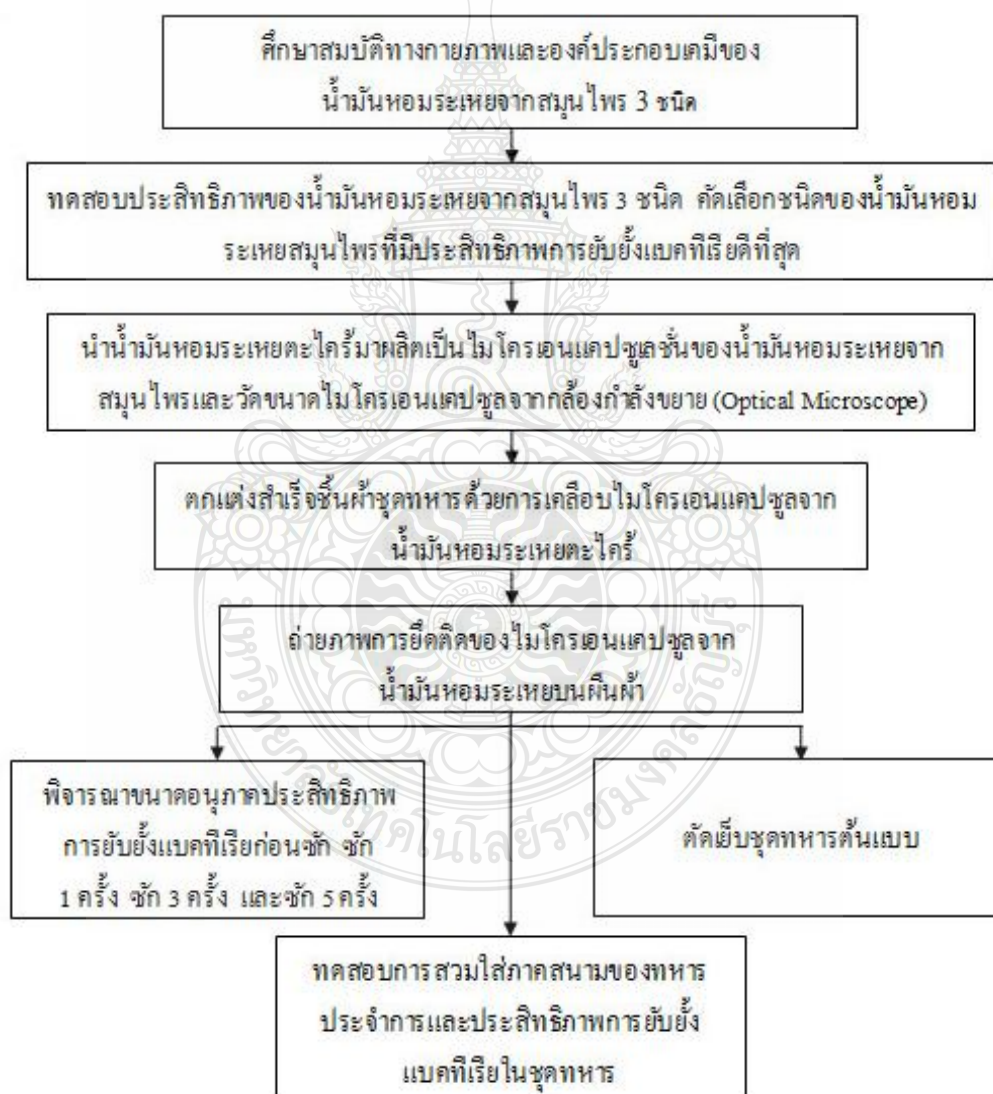
3) กระบอกเครื่องย้อมแบบอินฟราเรดขนาด 50 มิลลิลิตร

4) กล้องจุลทรรศน์ - กำลังขยายสูง (Optical Microscope) รุ่น UC1320 ยี่ห้อ
UPIX CAMERA

3.1.2.5 การตัดเย็บชุดทหาร

- 1) อุปกรณ์ในการทำแบบตัดเย็บชุดทหารต้นแบบ เช่น ดินสอ ยางลบ ไม้บรรทัดและกระดาษ 100 ปอนด์
- 2) อุปกรณ์ในการตัดเย็บชุดทหาร เช่น จักรเย็บผ้า ด้ายเย็บผ้า เข็มหมุด เข็มสอย เป็นต้น

3.2 แผนการทดลอง



ภาพที่ 3.2 แผนการทดลอง

3.3 วิธีการวิจัย

วิธีการวิจัยสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ขั้นตอนดังนี้คือ ส่วนที่ 1 เป็นการศึกษาสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบเคมีของน้ำมันหอมระเหยมะกรูด ตะไคร้ และส้มโอ ส่วนที่ 2 ทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร ส่วนที่ 3 ทำไมโครเอนแคปซูลจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ ส่วนที่ 4 ตกแต่งสำเร็จผ้าชุดทหารด้วยการเคลือบไมโครเอนแคปซูลจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ ส่วนที่ 5 ตัดเย็บชุดทหารต้นแบบ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.3.1 การศึกษาสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบเคมีของน้ำมันหอมระเหยมะกรูด ตะไคร้ และส้มโอ สืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร 3 ชนิด ได้แก่ ผิวมะกรูด ใบตะไคร้ และเปลือกส้มโอ ได้จากหนังสือวารสาร วิทยานิพนธ์และอินเทอร์เน็ต

3.3.2 การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร 3 ชนิด ได้แก่ ผิวมะกรูด ใบตะไคร้ และเปลือกส้มโอ ดังภาพที่ 3.1 โดยการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* โดยใช้มาตรฐานการทดสอบ AATCC 147 - 2004 คัดเลือกชนิดของน้ำมันหอมระเหยสมุนไพรที่มีประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรียที่ดีที่สุด จากนั้นนำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรียแกรมบวก (Analysis of Variance, ANOVA)

3.3.3 การผลิตไมโครเอนแคปซูลจากน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร

3.3.3.1 ทดลองสมบัติทางกายภาพของไมโครแคปซูลจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้

การทำไมโครเอนแคปซูลจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ได้ใช้วิธีการ Capsule encapsulation Fragrance เทคนิค Solvent Evaporation in O/W System โดยใช้อัตราส่วน 3:1 คือ PLLA 3 ส่วนและน้ำมันหอมระเหย 1 ส่วน มีส่วนประกอบของสาร 4 ชนิด ได้แก่ PLLA 3.9 กรัม น้ำมันหอมระเหยตะไคร้ 1.3 กรัม CH_2Cl_2 (DCM) 50 มิลลิลิตร และ PVA Solution 50 มิลลิลิตร โดยนั้น PLLA ผสมทำละลายกับสาร DCM 40 มิลลิลิตร และทำละลายน้ำมันหอมระเหยทำละลายกับสาร DCM 10 มิลลิลิตร นำสาร PLLA และน้ำมันหอมระเหยที่ผ่านการทำละลายสาร DCM เรียบร้อยแล้วผสมเข้าด้วยกัน โดยการคนให้เป็นเนื้อเดียวกันเพื่อเป็นเคลือบชั้นผิวด้านในกักเก็บน้ำมันหอมระเหยของแคปซูล จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปค่อยๆ เติมลงไปในสารละลาย PVA 50 มิลลิลิตร ปั่นด้วยเครื่อง Homogenizer ที่ความเร็วรอบ 5,000 รอบต่อวินาที เป็นระยะเวลา 5 นาที ได้สารละลาย Emulsion นำสารที่ได้มาระเหยตัวทำละลายสาร DCM ออกโดยวิธีการปั่นเบาๆ และทิ้งไว้เป็นเวลา 5 วัน เพื่อให้สาร DCM ระเหยออกให้หมด จากนั้นนำไปหมุนเหวี่ยง (Centrifuge) จึงได้ชั้น

ของตะกอนไมโครแคปซูล นำตะกอนที่ได้ไปทำการดูดสุญญากาศ (Vacuum) เป็นไมโครเอนแคปซูลจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ และนำไปทดลองสมบัติทางกายภาพต่อไป

3.3.3.2 วิเคราะห์ขนาดไมโครเอนแคปซูลจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้

หลังจากผ่านกระบวนการอิมัลชันไมโครเอนแคปซูลชั้นน้ำมันหอมระเหยตะไคร้เรียบร้อยแล้ว นำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์โครงสร้างทางกายภาพด้วยการส่องกล้อง Optical microscope รุ่น UC1320 ยี่ห้อ UPIX CAMERA ดังภาพที่ 3.3 โดยวางตัวอย่างกับวัสดุรองรับตัวอย่างที่เรียกว่า Stub ทำจาก Cover slide และปรับเลนส์ที่กำลังขยาย 40 เท่า จากนั้นทำการถ่ายภาพผ่านคอมพิวเตอร์ นำภาพถ่ายไมโครเอนแคปซูลที่ได้ไปวิเคราะห์ขนาดอนุภาคด้วยโปรแกรม Image J Version 11.2



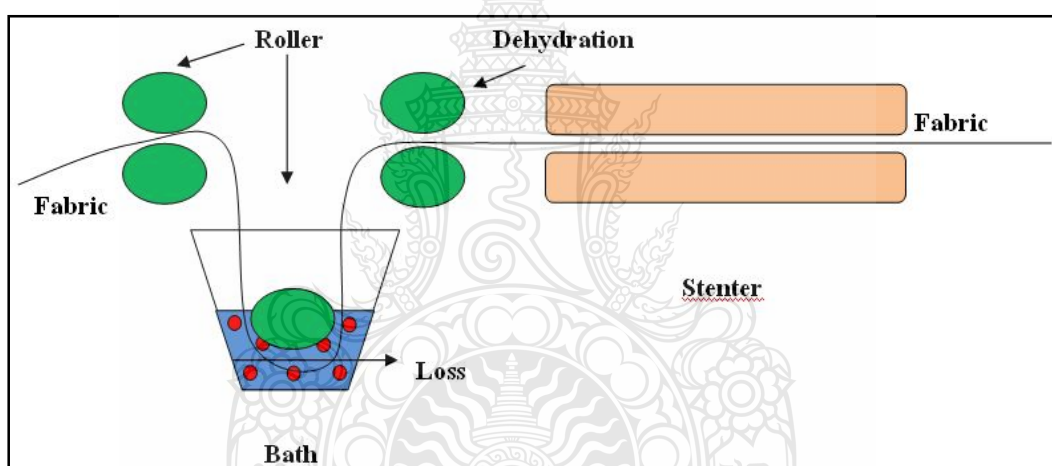
ภาพที่ 3.3 กล้อง Optical microscope รุ่น UC1320 ยี่ห้อ UPIX CAMERA

3.3.3.3 ทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* จากไมโครเอนแคปซูลน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ที่มีประสิทธิภาพยับยั้งแบคทีเรียได้ดีที่สุด โดยใช้มาตรฐานการทดสอบ AATCC 100 - 2004 ซึ่งทดสอบวัดค่าความเข้มข้นที่ 2 เปอร์เซ็นต์ และ 10 เปอร์เซ็นต์ ในการยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus*

3.3.4 การตกแต่งสำเร็จผ้าชุดทหารด้วยการเคลือบไมโครเอนแคปซูลจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้

3.3.4.1 เคลือบไมโครเอนแคปซูลจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ลงบนผ้าที่ใช้สำหรับตัดชุดทหาร

การเคลือบไมโครเอนแคปซูลจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ลงบนผ้าที่ใช้สำหรับตัดชุดทหาร โดยวิธีการจุ่มบีบอัด กระบวนการขั้นแรกคือการเตรียมไมโครเอนแคปซูล น้ำมันหอมระเหยตะไคร้และผ้าที่ใช้สำหรับตัดชุดทหารให้พร้อม และนำไมโครเอนแคปซูล 2 กรัม ต่อลิตร ผสมกับ Binder (กาว) 20 กรัมต่อลิตร ลงในอ่างสารเคมีคนให้เข้ากัน นำผ้าที่เตรียมไว้ลงแช่ในสารที่ไมโครเอนแคปซูลที่เตรียมไว้ประมาณ 10 นาที โดยให้สารเคมีท่วมผ้าทั้งหมด นำผ้าที่ผ่านการแช่สารแล้วขึ้นส่งผ่านไปยังเครื่องบีบน้ำชนิดลูกกลิ้ง (Padding Mangle) โดยใช้เปอร์เซ็นต์ฟีดอัพเท่ากับ 93 เปอร์เซนต์ ดังภาพที่ 3.4 นำมาทำให้แห้งด้วยเครื่องเป่าแห้ง (Mini Dryer) ด้วยความร้อนที่ 90 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที และนำผ้าออกมาผึ่งอุณหภูมิห้องประมาณ 10 นาที



ภาพที่ 3.4 การเคลือบไมโครเอนแคปซูลจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ โดยวิธีการจุ่มบีบอัด

3.3.4.2 วิเคราะห์สมบัติของไมโครเอนแคปซูลน้ำมันหอมระเหยตะไคร้บนผืนผ้าที่ใช้สำหรับตัดชุดทหาร

หลังจากผ่านกระบวนการเคลือบไมโครเอนแคปซูลน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ลงบนผืนผ้าเรียบร้อยแล้ว นำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์โครงสร้างทางกายภาพด้วยการส่องกล้องเครื่อง Scanning Electron microscope (SEM) โดยวางตัวอย่างกับวัสดุรองรับตัวอย่างที่เรียกว่า Stub ทำจาก Cover slide และปรับเลนส์ที่กำลังขยาย 200 เท่า จากนั้นทำการถ่ายภาพผ่านคอมพิวเตอร์ นำภาพถ่ายไมโครเอนแคปซูลที่ได้ไปวิเคราะห์ขนาดอนุภาคด้วยโปรแกรม Image J Version 11.2

3.3.4.3 ตรวจสอบประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรียก่อนซักคือ ซัก 1 ครั้ง ซัก 3 ครั้ง และซัก 5 ครั้งของผืนผ้าที่ผ่านการเคลือบด้วยไมโครเอนแคปซูลของน้ำมันหอมระเหยตะไคร้และนำตัวอย่างที่ผ่านการซักไปวิเคราะห์โครงสร้างทางกายภาพด้วยการส่องกล้องเครื่อง Scanning Electron microscope (SEM) นำภาพถ่ายไมโครเอนแคปซูลที่ได้ไปวิเคราะห์ขนาดอนุภาคด้วยโปรแกรม Image J Version 11.2

3.3.4.4 ตรวจสอบประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ของผืนผ้าที่ผ่านการเคลือบด้วยไมโครเอนแคปซูลของน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ในการทดสอบภาคสนามของทหารประจำการจากกองทัพอากาศที่ 4 จังหวัดนครศรีธรรมราช จำนวน 5 คน โดยนำผืนผ้ามาตัดขนาด 21x20 นิ้ว จำนวน 5 ชิ้น นำไปเนาติดกับเสื้อแผ่นหลังของทหารประจำการในการฝึกภาคสนามจำนวน 5 วัน ดังภาพที่ 3.5 และตรวจสอบประสิทธิภาพยับยั้งแบคทีเรียโดยใช้มาตรฐานการทดสอบ AATCC 100 - 2004



ภาพที่ 3.5 ผ้าที่ใช้สำหรับในการทดสอบภาคสนามและทหารประจำการ จำนวน 5 คน

3.3.5 การตัดเย็บชุดทหารต้นแบบ

ตัดเย็บชุดทหารต้นแบบจำนวน 1 ชุด ประกอบด้วยเสื้อ 1 ตัว และกางเกง 1 ตัว ด้วยผ้าที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จการเคลือบไมโครเอนแคปซูลน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ โดยกำหนดขนาด size L เป็นขนาดมาตรฐาน (ตารางที่ 2.1: 31) ตัดเย็บตามกฎกระทรวงว่าด้วยเครื่องแบบทหารบก ข้อ.71 (ชาวลิต นิระกุล, 2539)

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการวิจัยเรื่อง การพัฒนาการยับยั้งแบคทีเรียในชุดทหารด้วยไมโครเอนแคปซูลชันจากน้ำมันหอมระเหยสมุนไพร โดยการใช้หลักการวิเคราะห์ทางสถิติแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) มีรายละเอียดข้อมูล ดังนี้

3.4.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรียของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร 3 ชนิด โดยการวัด clear zone ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยสมุนไพร

3.4.2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ของไมโครเอนแคปซูลชันจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรียของผ้าที่ผ่านการเคลือบไมโครเอนแคปซูลชันจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ การทดสอบภาคสนามของทหารประจำการจำนวน 5 คน โดยการคำนวณจำนวนโคโลนีของแบคทีเรียที่ลดลงเป็นร้อยละ

การคำนวณจำนวนโคโลนีของแบคทีเรียที่ลดลง (Reduction) เป็นร้อยละ จากสูตรต่อไปนี้

$$\text{สูตรที่ 1} \quad R = [(B-A)/B] \times 100$$

$$\text{สูตรที่ 2} \quad R = [(C-A)/C] \times 100$$

$$\text{สูตรที่ 3} \quad R = [(D-A)/D] \times 100$$

$$\text{เมื่อ} \quad D = (B+C)/2$$

เมื่อ R คือ จำนวนโคโลนีของแบคทีเรียที่ลดลง (reduction) ค่าเป็นร้อยละ

A คือ จำนวนโคโลนีของแบคทีเรียที่นับได้จากชิ้นทดสอบที่ตกแต่งด้วยสารต้านแบคทีเรีย ซึ่งบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ (37 ± 2) องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (ขวดที่ 2)

B คือ จำนวนโคโลนีของแบคทีเรียที่นับได้จากชิ้นทดสอบที่ตกแต่งด้วยสารต้านแบคทีเรีย ซึ่งมีเวลาสัมผัสเชื้อเท่ากับศูนย์ (ขวดที่ 1)

C คือ จำนวนโคโลนีของแบคทีเรียที่นับได้จากชิ้นทดสอบที่ไม่ตกแต่งด้วยสารต้านแบคทีเรีย ซึ่งมีเวลาสัมผัสเชื้อเท่ากับศูนย์ (ขวดที่ 3)

ในกรณีที่ค่า B และ C ไม่เท่ากัน ให้เลือกใช้สูตรที่มีค่า B หรือ C มากกว่า ในกรณีที่ค่า B และ C ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญให้คำนวณ R โดยใช้สูตรที่ 3

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาการยับยั้งแบคทีเรียในชุดทหารด้วยเทคนิคไมโครเอนแคปซูเลชันจากน้ำมันหอมระเหยมะกรูด ตะไคร้ และส้มโอ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร ทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร ผลิตภัณฑ์ไมโครเอนแคปซูเลชันน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร ตกแต่งสำเร็จผ้าชุดทหารด้วยการเคลือบไมโครเอนแคปซูเลชันจากน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร ตัดเย็บชุดทหารต้นแบบ ได้ผลจากการวิจัยสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ขั้นตอนดังนี้คือ ส่วนที่ 1 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร ส่วนที่ 2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร ส่วนที่ 3 ผลการผลิตไมโครเอนแคปซูเลชันน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ ส่วนที่ 4 ผลการตกแต่งสำเร็จชิ้นผ้าชุดทหารด้วยการเคลือบไมโครเอนแคปซูเลชันจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ และส่วนที่ 5 ตัดเย็บชุดทหารต้นแบบ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบเคมีของน้ำมันหอมระเหยมะกรูด ตะไคร้ และส้มโอ

สืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร 3 ชนิด ได้แก่ ผิวมะกรูด ใบตะไคร้ และเปลือกส้มโอ สืบค้นได้จากหนังสือ วารสารวิทยานิพนธ์และอินเทอร์เน็ต

ตารางที่ 4.1 การศึกษาสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบเคมีของน้ำมันหอมระเหยมะกรูด ตะไคร้ และส้มโอ

น้ำมันหอมระเหย สมุนไพร	องค์ประกอบเคมี	สมบัติทางกายภาพ
มะกรูด	α -pinene(0.06), sabinene(1.75), β -myrcene(0.90), trans- β -	เป็นน้ำสีขาวใส มีกลิ่นหอมของผิว มะกรูด โดยที่ผิวมะกรูดจะมีน้ำมัน-

ตารางที่ 4.1 การศึกษาสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบเคมีของน้ำมันหอมระเหยมะกรูด ตะไคร้ และส้มโอ (ต่อ)

น้ำมันหอมระเหย	องค์ประกอบเคมี	สมบัติทางกายภาพ
สมุนไพรร	ocimene(0.60), linalool oxide(0.35), cis-linalool oxide(0.26), linalool(2.90), citronella(80.09), isopulegol(0.52), terpinen-4- ol(0.10), b-citronellol(5.62), geraniol(0.39), 1- nonadecene(0.22), cis-2,6- dimethyl-2,6-octadiene(2.91), geranyl acetate(0.45), caryophyllene(0.55), a- humulene(0.08), elemol(0.08), nerolidol (0.39)	หอมระเหยร้อยละ 4 และใบจะมี น้ำมันหอมระเหยร้อยละ 0.08
ตะไคร้	citral (75 - 85), 6-methyl-5- hepten-2-one(0.99), seudenone(0.51), trans-linalool oxide(0.13), linalool(0.57), citral b(18.49), trans-geraniol(0.45), citral a(28.93), geranic acid(9.48), neral licthyl acetate(4.44), geramal licthyl acetate(0.35), caryophyllene oxide(0.79), [+]-5- epi-neointermedeol(3.05), t- muurolol(2.37)	เป็นน้ำสีขาวใส มีกลิ่นหอมของ ตะไคร้ แต่กลิ่นจะอยู่ได้ไม่นานมาก ใบมีน้ำมันหอมระเหยร้อยละ 0.4 - 0.8

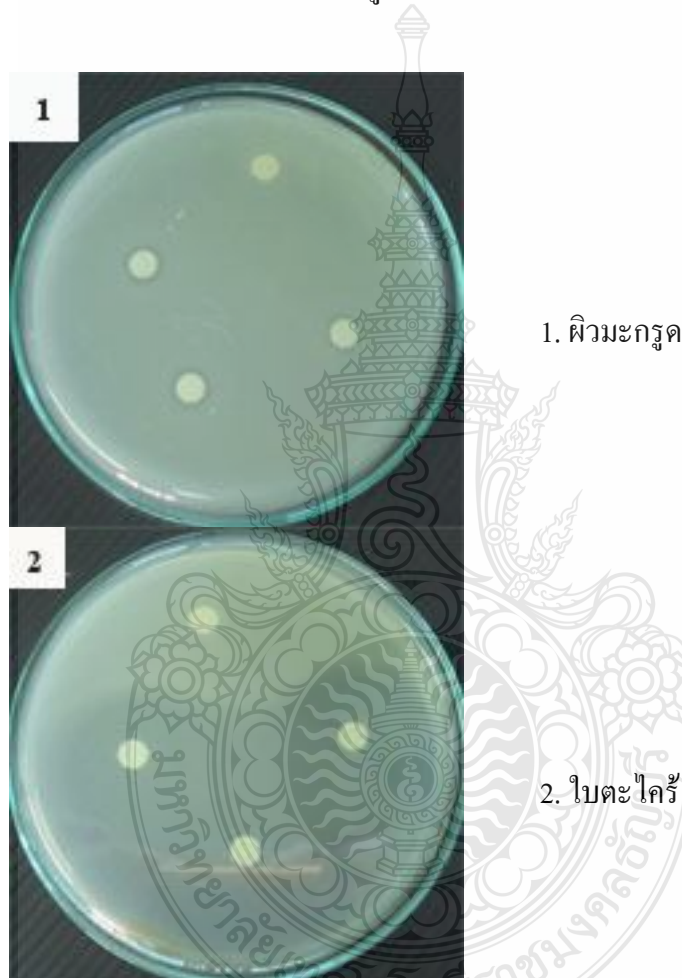
ตารางที่ 4.1 การศึกษาสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบเคมีของน้ำมันหอมระเหยมะกรูด ตะไคร้ และส้มโอ (ต่อ)

น้ำมันหอมระเหย	องค์ประกอบเคมี	สมบัติทางกายภาพ
สมุนไพร		
ส้มโอ	α -thujene(tr), α -pinene(3.22), sabinene(2.65), β -myrcene(1.49), α -phellandrene(tr), limonene(52.89), γ -terpinene(33.39), α -terpinolene(1.61), linalool(0.06), citronellal(0.13), terpinen-4-ol(0.19), α -terpineol(0.12), neral(1.21), geranial(0.91), neryl acetate(0.10), geranyl acetate(0.03), caryophyllene(0.10), germacrene D(0.14)	เป็นน้ำใสสีเหลืองอำพัน มีกลิ่นหอมคล้ายกลิ่นส้มแต่จุนกว่าเล็กน้อย เปลือกส้มโอมีน้ำมันหอมระเหยร้อยละ 1.133 และใบจะมีน้ำมันหอมระเหยร้อยละ 0.07

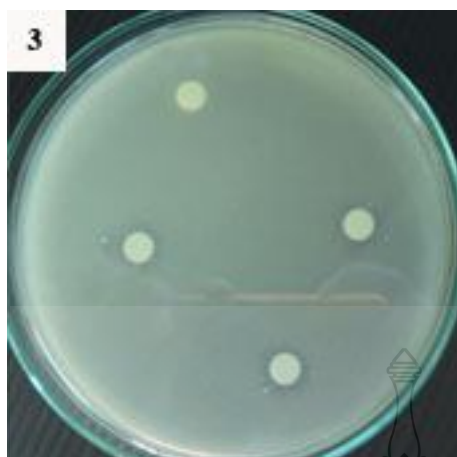
จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรพบว่า สมบัติทางกายภาพของน้ำมันหอมระเหยสมุนไพรของมะกรูดเป็นน้ำสีขาวใส มีกลิ่นหอมของผิวมะกรูด ตะไคร้เป็นน้ำสีขาวใส มีกลิ่นหอมของตะไคร้ แต่กลิ่นจะอยู่ได้ไม่นานมาก และส้มโอเป็นน้ำใสสีเหลืองอำพัน มีกลิ่นหอมคล้ายกลิ่นส้มแต่จุนกว่าเล็กน้อย ชนิดวิธีการสกัดที่แตกต่างกันคือ ผิวมะกรูดและเปลือกส้มโอจะสกัดโดยวิธีการกลั่นด้วยการบีบ และใบตะไคร้สกัดโดยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ โดยที่น้ำมันหอมระเหยของเปลือกส้มโอปริมาณร้อยละ 1.133 ผิวมะกรูดจะมีน้ำมันหอมระเหยร้อยละ 4 ตะไคร้ได้จากส่วนของใบมีน้ำมันหอมระเหยร้อยละ 0.4 - 0.8 ใบจะมีน้ำมันหอมระเหยร้อยละ 0.08 และใบจะมีน้ำมันหอมระเหยร้อยละ 0.07 องค์ประกอบของสมุนไพรแต่ละชนิดมะกรูดมีองค์ประกอบของสาร linalool ร้อยละ 2.90 ตะไคร้มีองค์ประกอบของสาร linalool ร้อยละ 0.57 และส้มโอมีองค์ประกอบของสาร linalool ร้อยละ 0.06 (ดังตารางที่ 4.1)

4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร

การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร 3 ชนิด ได้แก่ ผิวมะกรูด ใบตะไคร้ และเปลือกส้มโอ โดยการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* โดยใช้มาตรฐานการทดสอบ AATCC 147 - 2004 และคัดเลือกชนิดของน้ำมันหอมระเหยสมุนไพรที่มีประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรียดีที่สุด ผลการเปรียบเทียบพบว่า น้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร 3 ชนิด มีค่า Disk Diffusion Test อยู่ในช่วง 1 - 10 มิลลิเมตร (ดังแสดงในตาราง ที่ 4.1)



ภาพที่ 4.1 การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร 3 ชนิด ได้แก่ ผิวมะกรูด (1) ใบตะไคร้ (2) และเปลือกส้มโอ (3)



3. เปลือกส้มโอ

ภาพที่ 4.1 การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร 3 ชนิด ได้แก่ ผิวมะกรูด (1) ใบตะไคร้ (2) และเปลือกส้มโอ (3) (ต่อ)

ตารางที่ 4.2 ประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร 3 ชนิด ที่ระดับความเข้มข้นของแบคทีเรีย 3.2×10^7 CFU/ml (colony - forming units per ml)

จานเพาะเชื้อ	ผลการทดสอบการยับยั้งแบคทีเรีย (Clear Zone) เฉลี่ย (mm)											
	ผิวมะกรูด			$\bar{x}$	ใบตะไคร้			$\bar{x}$	เปลือกส้มโอ			$\bar{x}$
จานเพาะเชื้อที่ 1	0.3	0.3	0.3	0.3	2.0	1.8	2.2	2.0	0.3	0.2	0.1	0.2
จานเพาะเชื้อที่ 2	0.3	0.2	0.3	0.3	1.8	2.0	2.8	2.2	0.3	0.3	0.3	0.3
จานเพาะเชื้อที่ 3	0.3	0.3	0.2	0.3	2.0	1.8	2.4	2.1	0.2	0.2	0.3	0.2
รวมเฉลี่ย	0.3	0.3	0.3	0.3	1.9	1.9	2.5	2.1	0.3	0.2	0.2	0.2

จากตารางที่ 4.2 พบว่าประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร 3 ชนิด ได้แก่ ผิวมะกรูด ใบตะไคร้และเปลือกส้มโอ สามารถยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* โดยน้ำมันหอมระเหยสมุนไพรจากใบตะไคร้ มีประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ได้ดีที่สุดคือ ค่าเฉลี่ย 2.1 รองลงมาคือ น้ำมันหอมระเหยสมุนไพรจากผิวมะกรูด ที่ค่าเฉลี่ย 0.3 และน้ำมันหอมระเหยสมุนไพรจากเปลือกส้มโอคือ ค่าเฉลี่ย 0.2 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร 3 ชนิด

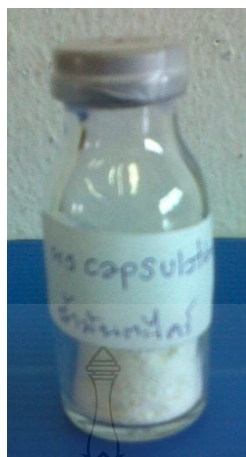
ประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรีย	ความแปรปรวน	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
สมุนไพร 3 ชนิด	ระหว่างกลุ่ม	20.050	2	10.025	254.150	0.000
	ภายในกลุ่ม	0.947	24	0.039		
รวม		20.997	26			

จากในตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรียของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร 3 ชนิด ได้แก่ ผิวมะกรูด ใบตะไคร้ และเปลือกส้มโอ โดยใช้ One - Way ANOVA พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร 3 ชนิด ได้แก่ ผิวมะกรูด ใบตะไคร้ และเปลือกส้มโอมีประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4.3 ผลการผลิตไมโครเอนแคปซูลชันน้ำมันหอมระเหยตะไคร้

4.3.1 ผลการทดลองสมบัติทางกายภาพของไมโครเอนแคปซูลจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้

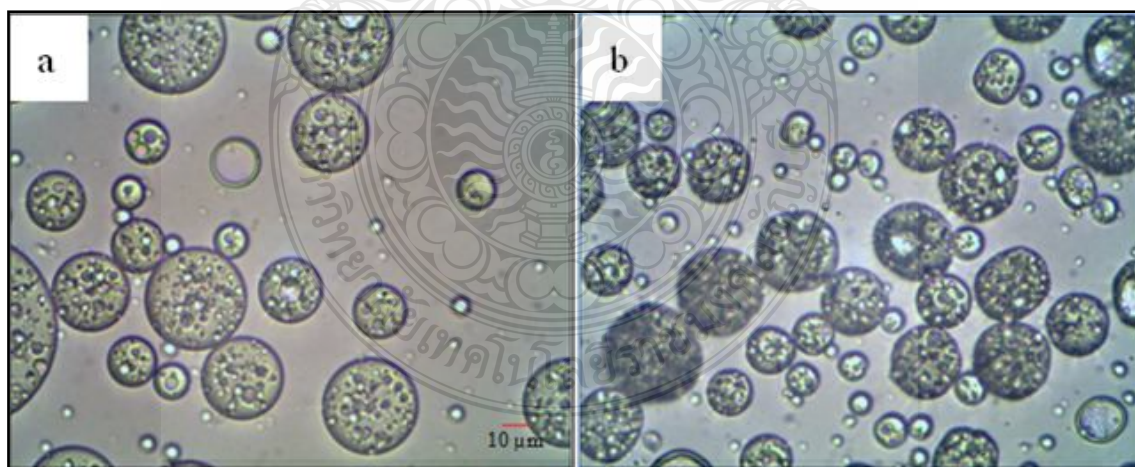
การทำไมโครเอนแคปซูลชันจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้จะใช้วิธีการ Capsule encapsulation Fragrance เทคนิค Solvent Evaporation in O/W System โดยใช้อัตราส่วน 3 : 1 คือ PLLA 3 ส่วน 3.9 กรัม และน้ำมันหอมระเหย 1 ส่วน 1.3 กรัมพบว่า จากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ 1 ส่วน สามารถทำไมโครเอนแคปซูลจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ได้ 3 มิลลิลิตร ดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 ไมโครเอนแคปซูลน้ำมันหอมระเหยสมุนไพรตะไคร้

4.3.2 ผลการวิเคราะห์ขนาดไมโครเอนแคปซูลจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้

จากการผ่านกระบวนการอิมัลชันไมโครเอนแคปซูลชั้นน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ชนิดน้ำมันในน้ำ โดยให้น้ำมันหอมระเหยตะไคร้เป็นแกน (Core) และ PLLA เป็นตัวห่อหุ้ม (Shell) พบว่าไมโครเอนแคปซูลน้ำมันหอมระเหยตะไคร้มีลักษณะรูปทรงกลม ขนาดไม่เท่ากันและมีขนาด 10 ไมโครเมตรซึ่งขนาดของอนุภาคที่วัดจากโปรแกรม Image J Version 11.2 ดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 การส่องกล้อง Optical micrograph ของไมโครเอนแคปซูลน้ำมันหอมระเหยตะไคร้พอลิเมอร์แคปซูลหุ้มวิตามินอีที่อัตราส่วนของ (PLLA : fragrance) เป็น 3 : 1
a ก่อนระเหย DCM และ b หลังระเหย DCM

จากการศึกษาพบว่า ลักษณะของไมโครเอนแคปซูลน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ มีขนาดอนุภาคที่หลากหลายและรูปร่างกลม ทั้งนี้เนื่องจากการเตรียมสารที่ใช้สำหรับผลิตไมโครเอนแคปซูลในกระบวนการปั่นกวนผสมสารเข้าด้วยกันนั้น ใบพัดหมุนไม่สม่ำเสมอ จึงทำให้เกิดการพอลิเมอร์ไลซ์ของ PLLA ที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับแรงเหวี่ยงของใบพัดและความเร็วรอบในการปั่นของเครื่อง Homogenizer ลักษณะเวิ้งนูนของไมโครเอนแคปซูลเป็นลักษณะที่เกิดจากการหดตัวของหยดอิมัลชันในช่วงแรกของกระบวนการซึ่งเป็นช่วงที่หยดอิมัลชันสัมผัสกับความร้อนสูง ทำให้ไมโครเอนแคปซูลที่ได้มีลักษณะเวิ้งนูน (Rosenberg, M., Kopelman, I.J. and Talmon, Y. 1985)

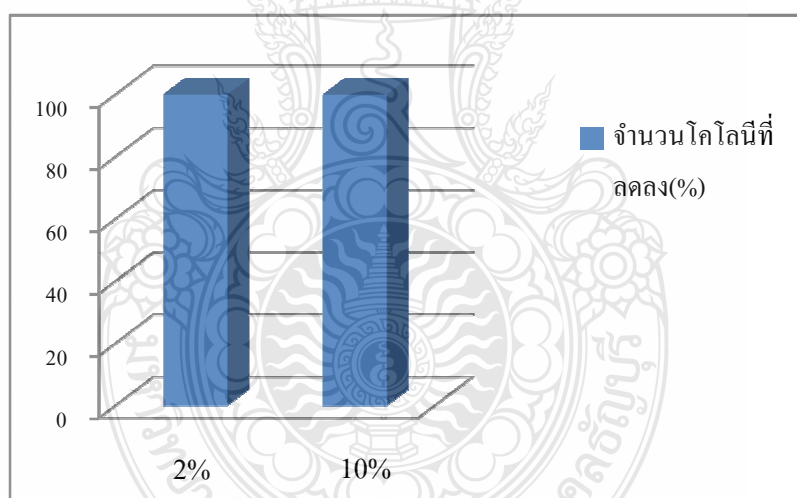
4.3.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* จากไมโครเอนแคปซูลจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ โดยใช้มาตรฐานการทดสอบ AATCC 100 - 2004 ซึ่งทดสอบวัดค่าความเข้มข้นที่ 2 เพอร์เซ็นต์ และ 10 เพอร์เซ็นต์ โดยทำการละลายสารด้วยสารละลายไดเมทิลซัลฟอกไซด์ (Dimethylsulfoxide, DMSO) 1 มิลลิลิตร ต่อไมโครเอนแคปซูล 1 ส่วน ในการยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ผลการเปรียบเทียบพบว่า ไมโครเอนแคปซูลจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ ที่ความเข้มข้น 2 เพอร์เซ็นต์ และ 10 เพอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ของไมโครเอนแคปซูลจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ ที่ระดับความเข้มข้นของแบคทีเรีย 5.7×10^7 CFU/ml (colony - forming units per ml)

ชนิดที่	ความเข้มข้นไมโครเอนแคปซูลชั้น จากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ (เปอร์เซ็นต์)	
	2	10
1. ขึ้นตัวอย่าง+เชื้อ	5.7×10^7	3.7×10^3
2. ขึ้นตัวอย่าง+เชื้อ บ่ม 37 °C 24 ชม.	5.2×10^2	7.8×10^2
3. ขึ้น Control+เชื้อ	5.7×10^7	5.7×10^7
4. ขึ้น Control+เชื้อ บ่ม 37 °C 24 ชม.	5.7×10^7	5.7×10^7
5. ขึ้นตัวอย่าง	<1	<1
6. ขึ้น Control บ่ม 37 °C 24 ชม.	<1	<1

หมายเหตุ 1. การตั้งระยะความเข้มข้นของไมโครเอนแคปซูลจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ ที่ค่าความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์และ 10 เปอร์เซ็นต์นั้น เพราะค่าความเข้มข้นที่ 1 เปอร์เซ็นต์ ไม่สามารถทำละลายกับสาร DMSO (Dimethyl sulfoxide) ที่ใช้สำหรับเป็นตัวทำละลายไมโครเอนแคปซูลได้ เนื่องจากไมโครเอนแคปซูลจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้มีความเข้มข้นมากกว่าสาร DMSO

จากตารางที่ 4.4 คือผลการทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* จากไมโครเอนแคปซูลจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ ที่ค่าความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์และ 10 เปอร์เซ็นต์ นำมาคำนวณจำนวนโคโลนีของแบคทีเรียที่ลดลง มาเป็นค่าร้อยละ จากสูตรข้างต้นพบว่า ประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* จากไมโครเอนแคปซูลจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ ที่ระดับค่าความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์และค่าความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งแบคทีเรียโดยคำนวณจำนวนโคโลนีของแบคทีเรียที่ลดลงได้ร้อยละ 99.99 ดังภาพที่ 4.4

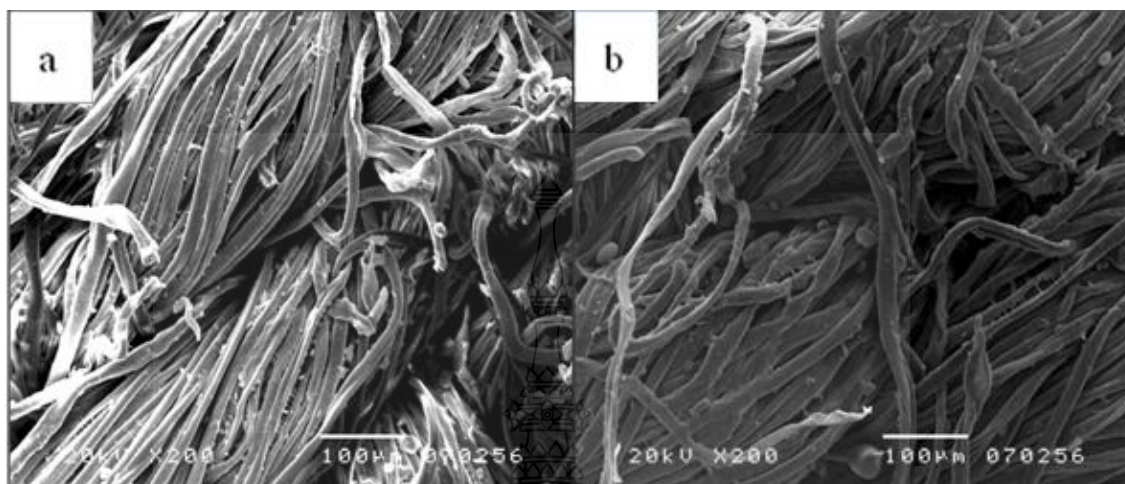


ภาพที่ 4.4 จำนวนโคโลนีของแบคทีเรียที่ลดลง

4.4 ผลการตกแต่งสำเร็จผ้าชุดทหารด้วยการเคลือบไมโครเอนแคปซูลจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้

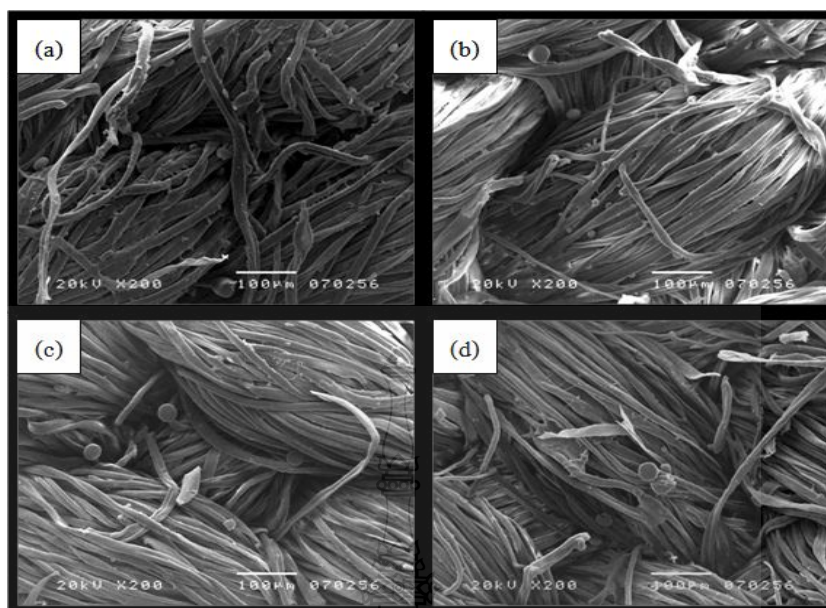
4.4.1 การวิเคราะห์สมบัติของไมโครเอนแคปซูลน้ำมันหอมระเหยตะไคร้บนผืนผ้าที่ใช้สำหรับตัดชุดทหารคือ การนำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์โครงสร้างทางกายภาพด้วยการส่องกล้อง

เครื่อง Scanning Electron microscope (SEM) นำภาพถ่ายไมโครเอนแคปซูลที่ได้ไปวิเคราะห์ขนาดอนุภาคด้วยโปรแกรม Image J Version 11.2 ดังภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 การส่องกล้อง Scanning Electron microscope (SEM) ของไมโครเอนแคปซูลน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ที่ทำการตกแต่งสำเร็จบนผ้าตัดชุดทหาร ก่อนเคลือบ ดังภาพ a และหลังเคลือบ ดังภาพ b

4.4.2 ผลการตรวจสอบประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรียก่อนซักและหลังซักของผืนผ้าที่ผ่านการเคลือบด้วยไมโครเอนแคปซูลของน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ นำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์โครงสร้างทางกายภาพด้วยการส่องกล้อง เครื่อง Scanning Electron microscope (SEM) นำภาพถ่ายไมโครเอนแคปซูลที่ได้ไปวิเคราะห์ขนาดอนุภาคด้วยโปรแกรม Image J Version 11.2 ดังภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 แสดงไมโครเอนแคปซูลของผ้าสำหรับตัดชุดทหาร (a) ก่อนซักล้าง (b) ซักครั้งที่ 1 (c) ซักครั้งที่ 3 และ (d) ซักครั้งที่ 5

ในการตรวจสอบประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรียก่อนซัก ซัก 1 ครั้ง ซัก 3 ครั้ง และซัก 5 ครั้งของผ้าที่ผ่านการเคลือบด้วยไมโครเอนแคปซูลของน้ำมันหอมระเหยตะไคร้พบว่าอนุภาคของไมโครเอนแคปซูลมีขนาดอนุภาคไม่เท่ากัน และปริมาณการยึดติดของไมโครเอนแคปซูลลดลงตามจำนวนครั้งในการซักหรือไมโครเอนแคปซูลของน้ำมันหอมระเหยตะไคร้บางส่วนมีการแตกตัวของพอลิเมอร์ ลักษณะเว้าบุ๋มของไมโครเอนแคปซูลเป็นลักษณะที่เกิดจากการหดตัวของหยดอิมัลชันในช่องแรกของการระเหิดซึ่งเป็นช่วงที่หยดอิมัลชันสัมผัสกับความร้อนสูง ทำให้ไมโครเอนแคปซูลที่ได้มีลักษณะเว้าบุ๋ม (Rosenberg, M., Kopelman, I.J. and Talmon, Y. 1985)

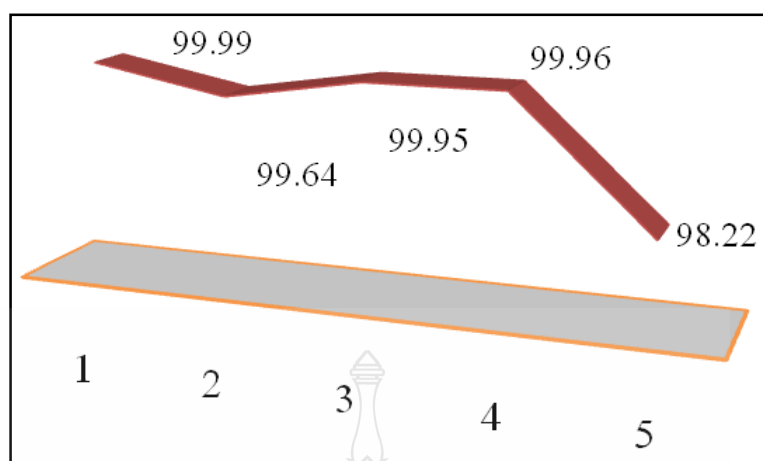
4.4.3 ผลการตรวจสอบประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ของผ้าที่ผ่านการเคลือบด้วยไมโครเอนแคปซูลของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรตะไคร้ ที่ระดับความเข้มข้นของแบคทีเรีย 5.7×10^7 CFU/ml (colony - forming units per ml) ในการทดสอบภาคสนามของทหารประจำการจำนวน 5 คน และตรวจสอบประสิทธิภาพยับยั้งแบคทีเรียโดยใช้มาตรฐานการทดสอบ AATCC 100 - 2004 ดังแสดงในตาราง ที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ของไมโครเอนแคปซูลจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้

N : 5

ชนิดที่	จำนวนทหารประจำการ					$\bar{x}$
	1	2	3	4	5	
1. ชิ้นตัวอย่างเชื้อ	1.44x10 ⁷	1.44x10 ⁷	1.44x10 ⁷	1.44x10 ⁷	1.44x10 ⁷	1.44x10 ⁷
2. ชิ้นตัวอย่างเชื้อ บ่ม 37 °C 24 ชม.	1.34x10 ³	5.24x10 ⁴	7.60x10 ³	5.00x10 ³	2.56x10 ⁵	644.68 x10 ²
3. ชิ้น Control+เชื้อ	1.44x10 ⁷	1.44x10 ⁷	1.44x10 ⁷	1.44x10 ⁷	1.44x10 ⁷	1.44x10 ⁷
4. ชิ้น Control+เชื้อ บ่ม 37 °C 24 ชม.	1.44x10 ⁷	1.44x10 ⁷	1.44x10 ⁷	1.44x10 ⁷	1.44x10 ⁷	1.44x10 ⁷
5. ชิ้นตัวอย่าง	<1	<1	<1	<1	<1	<1
6. ชิ้น Control บ่ม 37 °C 24 ชม.	<1	<1	<1	<1	<1	<1
ร้อยละที่ลดลงของ แบคทีเรีย (R)	99.99	99.64	99.95	99.96	98.22	

จากผลการวิจัยในตารางที่ 4.5 การตรวจสอบประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ของแผ่นผ้าที่ผ่านการเคลือบด้วยไมโครแคปซูลของน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ ในการทดสอบภาคสนามของทหารประจำการจำนวน 5 คน และตรวจสอบประสิทธิภาพยับยั้งแบคทีเรียโดยใช้มาตรฐานการทดสอบ AATCC 100 - 2004 นำมาคำนวณหาจำนวนโคโลนีของแบคทีเรียที่ลดลงเป็นค่าร้อยละ จากสูตรพบว่า ประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ในการทดสอบภาคสนามของทหารประจำการจำนวน 5 คน คนที่ 1 ยับยั้งแบคทีเรียได้ดีที่สุด เพราะมีจำนวนโคโลนีของแบคทีเรียที่ลดลง (Reduction) ถึงร้อยละ 99.99 รองลงมาคือคนที่ 4 ร้อยละ 99.96 คนที่ 3 ร้อยละ 99.95 และคนที่ 2 ร้อยละ 99.64 คนที่ 5 มีจำนวนโคโลนีของแบคทีเรียที่ลดลงน้อยที่สุดคือ ร้อยละ 98.22 ตามลำดับ ดังภาพที่ 4.7 ประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ในแต่ละบุคคลไม่เท่าเทียมกันขึ้นอยู่กับภูมิคุ้มกันและภูมิด้านทานของแต่ละบุคคล



ภาพที่ 4.7 จำนวนโคโลนีของแบคทีเรียที่ลดลง (Reduction) เป็นค่าร้อยละ ในการทดสอบภาคสนามของทหารประจำการจำนวน 5 คน

4.5 การตัดเย็บชุดทหารต้นแบบ

ผ้าที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จการเคลือบไมโครเอนแคปซูลจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ นำมาตัดเย็บชุดทหารต้นแบบจำนวน 1 ชุด ประกอบด้วยเสื้อ 1 ตัว และกางเกง 1 ตัว โดยกำหนดขนาด size L เป็นขนาดมาตรฐาน (ตารางที่ 2.1) ตัดเย็บตามกฎกระทรวงว่าด้วยเครื่องแบบทหารบก ข้อ.71 (เขาวลิต นิระกุล, 2539) ดังภาพที่ 4.8



ภาพที่ 4.8 ชุดทหารต้นแบบจำนวน 1 ชุด ประกอบด้วยเสื้อ 1 ตัว และกางเกง 1 ตัว

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย การอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาการยับยั้งแบคทีเรียในชุดทหารด้วยเทคนิคไมโครเอนแคปซูเลชันจากน้ำมันหอมระเหยมะกรูด ตะไคร้ และส้มโอ มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร ทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร ผลิตภัณฑ์ไมโครเอนแคปซูเลชันน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร ตกแต่งสำเร็จผ้าชุดทหารด้วยการเคลือบไมโครเอนแคปซูเลชันจากน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร ตัดเย็บชุดทหารต้นแบบ โดยตั้งสมมุติฐานของการวิจัยน้ำมันหอมระเหยสมุนไพรต่างชนิดกัน มีประสิทธิภาพยับยั้งแบคทีเรียแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งวิธีดำเนินการวิจัยสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ขั้นตอนดังนี้คือ ส่วนที่ 1 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร ส่วนที่ 2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร ส่วนที่ 3 ผลการทำไมโครเอนแคปซูเลชันน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร ส่วนที่ 4 ผลการตกแต่งสำเร็จผ้าชุดทหารด้วยการเคลือบไมโครเอนแคปซูเลชันจากน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร ส่วนที่ 5 ผลการตัดเย็บชุดทหารต้นแบบ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบเคมีของน้ำมันหอมระเหยมะกรูด ตะไคร้ และส้มโอ จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรพบว่า สมบัติทางกายภาพของน้ำมันหอมระเหยสมุนไพรของมะกรูดเป็นน้ำสีขาวใส มีกลิ่นหอมของผิวมะกรูด ตะไคร้เป็นน้ำสีขาวใส มีกลิ่นหอมของตะไคร้ แต่กลิ่นจะอยู่ได้ไม่นานมาก และส้มโอเป็นน้ำใสสีเหลืองอำพัน มีกลิ่นหอมคล้ายกลิ่นส้มแต่จุนกว่าเล็กน้อย ชนิดมีวิธีการสกัดที่แตกต่างกันคือ ผิวมะกรูดและเปลือกส้มโอจะสกัดโดยวิธีการกลั่นด้วยการบีบ และใบตะไคร้สกัดโดยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ โดยที่น้ำมันหอมระเหยของเปลือกส้มโอปริมาณร้อยละ 1.133 ผิวมะกรูดจะมีน้ำมันหอมระเหยร้อยละ 4 ตะไคร้ได้จากส่วนของใบมีน้ำมันหอมระเหยร้อยละ 0.4 - 0.8 ใบจะมีน้ำมันหอมระเหยร้อยละ 0.08 และใบจะมีน้ำมันหอมระเหยร้อยละ 0.07 องค์ประกอบของสมุนไพร

แต่ละชนิด มะกรูดมีองค์ประกอบของสาร linalool ร้อยละ 2.90 ตะไคร้มีองค์ประกอบของสาร linalool ร้อยละ 0.57 และส้มโอมีองค์ประกอบของสาร linalool ร้อยละ 0.06 (ดังตารางที่ 4.1)

5.1.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร 3 ชนิด ได้แก่ ผิวมะกรูด ใบตะไคร้ และเปลือกส้มโอพบว่า ผลการศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร 3 ชนิด สามารถยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ได้แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยน้ำมันหอมระเหยสมุนไพรจากใบตะไคร้ มีประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ได้ดีที่สุด

5.1.3 ผลการผลิตไมโครเอนแคปซูลชันจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้พบว่า ในการทำไมโครเอนแคปซูลจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้จะใช้วิธีการ Capsule encapsulation Fragrance เทคนิค Solvent Evaporation in O/W System สามารถทำไมโครเอนแคปซูลจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ได้ 3 มิลลิลิตร ขนาดของไมโครเอนแคปซูลจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้จากการผ่านกระบวนการอิมัลชันไมโครเอนแคปซูลน้ำมันหอมระเหยตะไคร้มีลักษณะรูปทรงกลม ขนาดไม่เท่ากัน และมีขนาด 10 ไมโครเมตร ซึ่งขนาดของอนุภาคที่วัดจากโปรแกรม Image J Version 11.2 พบว่าลักษณะของไมโครเอนแคปซูลจาก น้ำมันหอมระเหยตะไคร้ มีขนาดอนุภาคที่หลากหลายและเป็นรูปทรงกลม

5.1.4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* จากไมโครเอนแคปซูลจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้พบว่า ประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* จาก ไมโครเอนแคปซูลจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ ที่ระดับค่าความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ และ 10 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งแบคทีเรียโดยคำนวณจำนวนโคโลนีของแบคทีเรียที่ลดลงได้ร้อยละ 99.99 เปอร์เซ็นต์ จึงนำไมโครเอนแคปซูลมาทำการตกแต่งสำเร็จขึ้นผ้าชุดทหารด้วยการเคลือบไมโครเอนแคปซูลจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ นำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์โครงสร้างทางกายภาพด้วยการส่องกล้องเครื่อง Scanning Electron microscope (SEM) และทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรียก่อนซัก ซัก 1 ครั้ง ซัก 3 ครั้งและซัก 5 ครั้งของผืนผ้าที่ผ่านการเคลือบด้วยไมโครเอนแคปซูลของน้ำมันหอมระเหยตะไคร้พบว่า อนุภาคของไมโครเอนแคปซูลมีขนาดอนุภาคไม่เท่ากัน และปริมาณการยึดติดของไมโครเอนแคปซูลลดลงตามจำนวนครั้งในการซักหรือไมโครเอนแคปซูลบางส่วนมีการแตกตัวของพอลิเมอร์ การตรวจสอบประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ของผืนผ้าที่ผ่านการเคลือบด้วยไมโครเอนแคปซูลของน้ำมันหอมระเหยตะไคร้พบว่า ในการทดสอบภาคสนามของทหารประจำการจำนวน 5 คน ผลการตรวจสอบประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ของผืนผ้าที่ผ่านการเคลือบด้วยไมโครเอนแคปซูลของน้ำมันหอมระเหยตะไคร้พบว่า ในการทดสอบภาคสนามของทหารประจำการจำนวน 5 คน คนที่ 1 ยับยั้ง

แบคทีเรียได้ดีที่สุดเพราะมีจำนวนโคโลนีของแบคทีเรียที่ลดลงถึง ร้อยละ 99.99 รองลงมาคือ คนที่ 4 ร้อยละ 99.96 คนที่ 3 ร้อยละ 99.95 และคนที่ 2 ร้อยละ 99.64 คนที่ 5 มีจำนวนโคโลนีของแบคทีเรียที่ลดลงน้อยที่สุดคือ ร้อยละ 98.22 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.5)

5.1.5 การตัดเย็บชุดทหารต้นแบบ จากผ้าที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จการเคลือบไมโครเอน-เคลปซูลจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ นำมาตัดเย็บชุดทหารต้นแบบจำนวน 1 ชุด ประกอบด้วยเสื้อ 1 ตัว และกางเกง 1 ตัว โดยกำหนดขนาด size L เป็นขนาดมาตรฐาน (ตารางที่ 2.1) ตัดเย็บตามกฎกระทรวงว่าด้วยเครื่องแบบทหารบก ข้อ.71

5.2 การอภิปรายผล

5.2.1 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบเคมีของน้ำมันหอมระเหยมะกรูด ตะไคร้ และส้มโอ จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรพบว่า สมบัติทางกายภาพของน้ำมันหอมระเหยสมุนไพรของมะกรูดเป็นน้ำสีขาวใส มีกลิ่นหอมของผิวมะกรูด ตะไคร้เป็นน้ำสีขาวใส มีกลิ่นหอมของตะไคร้ แต่กลิ่นจะอยู่ได้ไม่นานมาก และส้มโอเป็นน้ำใสสีเหลืองอำพัน มีกลิ่นหอมคล้ายกลิ่นส้มแต่นุ่มกว่าเล็กน้อย ชนิดมีวิธีการสกัดที่แตกต่างกันคือ ผิวมะกรูดและเปลือกส้มโอจะสกัดโดยวิธีการกลั่นด้วยการบีบ และใบตะไคร้สกัดโดยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ มีองค์ประกอบส่วนใหญ่คล้ายกัน มีบางส่วนที่แตกต่างกันออกไปในปริมาณเล็กน้อยไม่เท่ากัน แต่องค์ประกอบเคมีส่วนใหญ่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรีย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Voss, J. G. (1975) ที่กล่าวไว้ว่า สมุนไพรที่มีส่วนผสมของพืชสมุนไพรท้องถิ่นมีประสิทธิภาพในการลดเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* บนผิวหนังได้ถึงร้อยละ 62

5.2.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร 3 ชนิด ได้แก่ ผิวมะกรูด ใบตะไคร้ และเปลือกส้มโอพบว่า ผลการศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร 3 ชนิด สามารถยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ได้แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยน้ำมันหอมระเหยสมุนไพรจากใบตะไคร้ มีประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ได้ดีที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของพรพริา ปัทมานันท์ และสาธิต์ เลื่องชัยเชวง (2544) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาสูตรตำรับเจลล้างมือจากน้ำมันตะไคร้ โดยใช้น้ำมันตะไคร้ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ 2 เปอร์เซ็นต์และ 5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทำการทดลองทางจุลชีววิทยา เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย โดยใช้วิธี disc diffusion, hand washing และ challenge test ชนิดของแบคทีเรียที่ใช้ทดสอบคือ *Bacillus cereus* *Staphylococcus aureus* *Escherichia coli* *Salmonella typhimurium* และ

Pseudomonas aeruginosa ผลการทดลองพบว่า คาร์บที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียได้ดีที่สุดคือ คาร์บที่มีความเข้มข้นของน้ำมันตะไคร้ 5 เปอร์เซ็นต์ โดยมีผลยับยั้งเชื้อที่นำมาทดสอบได้ ทุกตัวยกเว้น *Pseudomonas aeruginosa*

5.2.3 ผลการผลิตไมโครเอนแคปซูลจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ ในการทำไมโครเอนแคปซูลจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้จะใช้วิธีการ Capsule encapsulation Fragrance เทคนิค Solvent Evaporation in O/W System จากน้ำมันหอมระเหยสมุนไพรตะไคร้ 1 ส่วน สามารถทำไมโครเอนแคปซูลจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ได้ 3 มิลลิลิตร ขนาดของไมโครเอนแคปซูลจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้จากการผ่านกระบวนการอิมัลชัน ไมโครเอนแคปซูลน้ำมันหอมระเหยตะไคร้มีลักษณะรูปทรงกลม ขนาดไม่เท่ากัน และมีขนาด 10 ไมโครเมตร ซึ่งขนาดของอนุภาคที่วัดจากโปรแกรม Image J Version 11.2 ลักษณะของไมโครเอนแคปซูลจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ มีขนาดอนุภาคที่หลากหลายและเป็นรูปทรงกลม ทั้งนี้เนื่องจากการเตรียมสารที่ใช้สำหรับผลิตไมโครเอนแคปซูลในกระบวนการปั่นกวนผสมสารเข้าด้วยกันนั้นเพราะใบพัดหมุนไม่สม่ำเสมอ จึงทำให้เกิดการพอลิเมอร์ไลซ์ของ PLLA ที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับแรงเหวี่ยงของใบพัดและความเร็วรอบในการปั่นของเครื่อง Homogenizer สอดคล้องกับงานวิจัยของ Madene, A., Jacquot, M., Scher, J. and Desobry, S. (2006) กล่าวว่าวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอยและการอัดรีดเป็นวิธีที่นิยมนำมาใช้กันมากที่สุดคือ โมเลกุลดาร์อินคลูชัน การทำแห้งแบบพ่นฝอยและการอัดรีด ไมโครเอนแคปซูลหรือไมโครสเฟียร์ที่ได้หลังจากการเอนแคปซูลจะมีรูปร่างและโครงสร้างหลายรูปแบบ เช่น รูปร่างกลม รูปร่างไม่แน่นอน โครงสร้างเป็นรูพรุนหรือเป็นผลึก เป็นต้น

5.2.4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* จากไมโครเอนแคปซูลจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้พบว่า ประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* จากไมโครเอนแคปซูลจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ ที่ระดับค่าความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์และ 10 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งแบคทีเรียโดยคำนวณจำนวนโคโลนีของแบคทีเรียที่ลดลงได้ร้อยละ 99.99 เปอร์เซ็นต์ นำไมโครเอนแคปซูลมาทำการตกแต่งสำเร็จขึ้นผ้าชุดทหารด้วยการเคลือบไมโครเอนแคปซูลจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ นำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์โครงสร้างทางกายภาพด้วยการส่องกล้องเครื่อง Scanning Electron microscope (SEM) และทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรีย ก่อนซัก ซัก 1 ครั้ง ซัก 3 ครั้งและซัก 5 ครั้งของผ้าที่ผ่านการเคลือบด้วยไมโครเอนแคปซูลของน้ำมันหอมระเหยตะไคร้พบว่า อนุภาคของไมโครเอนแคปซูลมีขนาดอนุภาคไม่เท่ากัน และปริมาณการยืดยึดของไมโครเอนแคปซูลลดลงตามจำนวนครั้งในการซักหรือไมโครเอนแคปซูลบางส่วนมีการแตกตัวของพอลิเมอร์ ซึ่งแตกต่างกับงานวิจัยของ Sheu and Rosenberg (1995) ได้ศึกษาพื้นฐาน

วิทยาของแคปซูลที่ได้จากการทำแห้งแบบพ่นฝอยด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดพบว่า ขนาดหยาบคิมัลชันก่อนและหลังการทำแห้งมีขนาดใกล้เคียงกัน ความคงรูปตัวของอิมัลชันก่อนและระหว่างการทำแห้งอาจมีอิทธิพลต่อโครงสร้างของผนังแคปซูล และมีผลต่อคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของแคปซูลซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณสารให้กลิ่นและกลไกการปลดปล่อยสารให้กลิ่น การตรวจสอบประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ของพื้นผิวที่ผ่านการเคลือบด้วยไมโครเอนแคปซูลของน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ ในการทดสอบภาคสนามของทหารประจำการจำนวน 5 คน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วศินี อุดมกิจมงคลและศรีทอง สีขาว (2554) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของ *Staphylococcus aureus* พบว่าแรกเกิดตัวของแบคทีเรียอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 6 - 46 องศาเซลเซียส โดยมีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 30 - 37 องศาเซลเซียส สร้างสารพิษที่อุณหภูมิมากกว่า 10 องศาเซลเซียส เจริญได้ในช่วง pH 4.0 - 10.0 จะเจริญได้อย่างช้าๆ สามารถทนเกลือสูงถึงร้อยละ 15 - 18 ทนต่อการฉายรังสี (food irradiation) เจริญได้ในที่มีอากาศและไม่มีอากาศ แต่เจริญได้ดีกว่าในสภาวะที่มีอากาศ สามารถสร้างสารพิษ (toxin) ชนิด enterotoxin สารพิษที่สร้างมีสมบัติพิเศษคือ ทนความร้อน ผลการตรวจสอบประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ของพื้นผิวที่ผ่านการเคลือบด้วยไมโครเอนแคปซูลของน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ ในการทดสอบภาคสนามของทหารประจำการจำนวน 5 คนพบว่า ผลการทดลองประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ในการทดสอบภาคสนามของทหารประจำการจำนวน 5 คน มีประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ในแต่ละบุคคลไม่เท่าเทียมกันขึ้นอยู่กับภูมิคุ้มกันและภูมิคุ้มกันของแต่ละบุคคล

5.2.5 การตัดเย็บชุดทหารต้นแบบ จากผ้าที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จการเคลือบไมโครเอนแคปซูลจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ นำมาตัดเย็บชุดทหารต้นแบบจำนวน 1 ชุด ประกอบด้วยเสื้อ 1 ตัว และกางเกง 1 ตัว โดยกำหนดขนาด size L เป็นขนาดมาตรฐาน ตัดเย็บตามกฎหมายกระทรวงว่าด้วยเครื่องแบบทหารบก ข้อ.71 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เชาวลิต นิระกุล (2539) ได้ทำการศึกษาบทบาทในการพัฒนาสังคมของทหารบก สังกัดมณฑลทหารบกที่ 41 จังหวัดนครศรีธรรมราช และมณฑลทหารบกที่ 42 จังหวัดสงขลา ได้ศึกษาขนาด ผ้าที่ใช้ในการตัดเย็บและวิธีการตัดเย็บเครื่องแบบทหารบกชุดลายพรางตามกฎหมายกระทรวงว่าด้วยเครื่องแบบทหารบก (ภาพที่ 2.13 - 2.15)

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะทั่วไป

เพื่อเปรียบเทียบความคงทนในการยืดยึดของไมโครเอนแคปซูลบนพื้นผ้า ควรมีการศึกษาสาร binder สำหรับความคงทนในการยืดยึดของไมโครเอนแคปซูลบนพื้นผ้าชุดทหาร

5.3.2 ข้อเสนอแนะในงานวิจัยครั้งต่อไป

เพื่อเพิ่มคุณภาพและปริมาณน้ำมันหอมระเหยสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรมสิ่งทอ ควรมีศึกษาวิธีการสกัดองค์ประกอบส่วนต่างๆ ของสมุนไพรและศึกษาประสิทธิภาพการผลิตไมโครเอนแคปซูลให้มีประสิทธิภาพเทียบเท่าสากล ควบคุมการคงรูปและขนาดอนุภาคไมครอนให้มีขนาดเท่า ๆ กัน



บรรณานุกรม

- กองบรรณาธิการ. 2554 . “น้ำมันหอมระเหย (Essential Oil),”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
<http://www.ok-spa.com/EssentialOil.html>, [สืบค้นเมื่อ 9 กุมภาพันธ์ 2555]
- กองบรรณาธิการ. 2554 . “วิธีการใช้และสรรพคุณของน้ำมันหอมระเหย,”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้
จาก: <http://ok-spa.com/howtouseEssencial.html>, [สืบค้นเมื่อ 9 กุมภาพันธ์ 2555]
- กองวิจัยทางการแพทย์. 2526. “สมุนไพรพื้นบ้าน ตอนที่ 1,” กรุงเทพมหานคร:
กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. กระทรวงสาธารณสุข.
- ก่องกานดา ชยามฤต. 2540. สมุนไพรไทย ตอนที่ 6. กรุงเทพมหานคร: ไดมอนด์ พรีเมียม
- จดหมายข่าวศูนย์พัฒนาผลิตภัณฑ์สิ่งทอ. 2554. “ผ้าไม่มีกลิ่นด้วยสารต้านแบคทีเรีย (Anti -
Bacterial),”. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: <http://www.textileknowledge.com>, [สืบค้นเมื่อ 31
มกราคม 2555]
- จันทร์เพ็ญ บัวเฟื่อน และคณะ. 2552. “ศึกษาความชุกของเชื้อ Staphylococcus aureus ใน
โทรศัพท์มือถือของบุคลากรทางการแพทย์ โรงพยาบาลศรีนครินทร์”. ศรีนครินทร์เวชสาร. 24,
1 (มกราคม-มีนาคม): 17-22.
- จิราภรณ์ คชสง่า. 2554. การพัฒนาชุดชั้นในสตรียับยั้งแบคทีเรียด้วยไมโครเอนแคปซูลเลชันจาก
น้ำมันหอมระเหยกระชายดำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- ฉันทรา พูนศิริ. 2549. “เทคนิคไมโครเอนแคปซูลเลชัน,”. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 21, 4
(ตุลาคม-ธันวาคม): 57-60.
- เชาวลิต นิระกุล. 2539. บทบาทในการพัฒนาสังคมของทหารบก สังกัดมณฑลทหารบกที่ 41 จังหวัด
นครศรีธรรมราช และมณฑลทหารบกที่ 42 จังหวัดสงขลา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ภาควิชา.

บรรณานุกรม (ต่อ)

เดโชคม ภัทรศัย. 2543. 36 ผลไม้สมุนไพรไทย. กรุงเทพมหานคร: โปร-เอสเอ็มอี.

นงศ์นุช แดงทอง และศิรินุช ตันทีไพบูลย์. 2546. “การศึกษาผลของตำรับเจลล้างมือจากน้ำมันตะไคร้ต่อประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียบางชนิด.”. รายงานการวิจัย สาขาวิชาชีววิทยาประยุกต์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.

นันทวัน บุญยะประภัศร. 2543. สมุนไพรไม้พุ่มบ้าน. กรุงเทพมหานคร: ประชาชน.

นิจศิริ เรืองรังสี และพะยอม ตันติวัฒน์. 2534. พืชสมุนไพร. กรุงเทพมหานคร: โอ เอส พริ้นติ้งเฮ้า.

เบญจา ชูดินทราสี. 2550. “เทคโนโลยีส่วนผสมอาหารสังเคราะห์.”. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยรามคำแหง

ประเทืองศรี สีนชัยศรี. 2545. “วิธีการผลิต การสกัด น้ำมันหอมระเหย.”. กรุงเทพมหานคร: กองเกษตรเคมี กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ประเทืองศรี สีนชัยศรี. 2545. “การผลิตสมุนไพรและเครื่องเทศ.”. กรุงเทพมหานคร: กรมส่งเสริมการเกษตร.

ปราณี บุญช่วย. 2546. “ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยบางชนิดที่มีผลในการยับยั้งแบคทีเรีย.”. รายงานการวิจัย. สาขาวิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสถาบันราชภัฏจันทรเกษม.

พงษ์ศักดิ์ สาระภักดี. 2553. “สารเคลือบเครื่องมือแพทย์ระดับนาโน ป้องกันและทำลายเชื้อแบคทีเรีย.”. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: <http://www.biomed.in.th>, [สืบค้นเมื่อ 9 กุมภาพันธ์ 2555]

พรพิรา ปัทมานันท์ และสาธิตห์ เลื่องชัยเชวง. 2544. “เจลสมุนไพรฆ่าเชื้อ.”. รายงานวิจัย. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- ภัสสนันท์ หิรัญ, อรพิน เกิดชูชื่น และณัฏฐา เลหากุลจตุต. 2552. “ประสิทธิภาพของสารสกัดจากมะนาว มะกรูดและส้มโอในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์”. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 40, 1 (พิเศษ) (มกราคม-เมษายน): 91-94.
- มะลิวรรณ ประวัง. 2547. “ความรู้เกี่ยวกับพืช,”. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: <http://www.skb.ac.th>, [สืบค้นเมื่อ 9 กุมภาพันธ์ 2555]
- รุ่งรัตน์ เหลืองนทีเทพ. 2535. “พืชเครื่องเทศและสมุนไพร,”. กรุงเทพมหานคร: ภาคพัฒนาตำราและเอกสารวิชาการ หน่วยศึกษานิเวศน์ กรมการฝึกหัดครู.
- ละมัย ทองแกมแก้ว และสุมาลีกา เปี่ยมมงคล. 2534. “ยากันยุงสมุนไพร,”. รายงานวิจัย. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.
- วชิราพร สุวรรณภู. 2552. การวิเคราะห์เชิงปริมาณและผลของสารสกัดหยาบจากเปลือกสีเสียดต่อการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏ-อุบลราชธานี.
- วศินี อุดมกิจมงคลและศรีทอง สีขาว. 2554. “การตรวจเชื้อ Staphylococcus aureus อย่างรวดเร็ว โดยเทคนิค LAMP,”. รายงานการวิจัย. ภาควิชาจุลชีววิทยา มหาวิทยาลัยมหิดล.
- วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2555. “แบคทีเรีย,”. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: <http://th.wikipedia.org>, [สืบค้นเมื่อ 8 กันยายน 2555]
- วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2554. “ส้มโอ,”. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: <http://th.wikipedia.org>, [สืบค้นเมื่อ 9 กุมภาพันธ์ 2555]
- วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2555. “มะกรูด,”. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: <http://th.wikipedia.org>, [สืบค้นเมื่อ 9 กุมภาพันธ์ 2555]

บรรณานุกรม (ต่อ)

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2555. “Staphylococcus aureus,”. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก:

<http://th.wikipedia.org>, [สืบค้นเมื่อ 9 กุมภาพันธ์ 2555]

สถาบันการแพทย์ไทย. 2540. สมุนไพรกับวัฒนธรรมไทย. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

สัทธิฐ จันทศิริรัตน์. 2555. “ความแตกต่างของแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบ,”. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: <http://www.scribd.com>, [สืบค้นเมื่อ 8 กันยายน 2555]

สิริลักษณ์ มาลาณิคม. 2545. “น้ำมันหอมระเหยสารสกัดจากพืชสมุนไพรไทย,”. วารสาร สมอ สาร. 28, 325(กรกฎาคม): 3-6.

สุชาดา ไชยสวัสดิ์. 2555. “อโรมาเธอราปี,”. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก:

<http://digital.lib.kmutt.ac.th>, [สืบค้นเมื่อ 9 กุมภาพันธ์ 2555]

สุดารัตน์ หอมหวล. 2553. “ส้มโอ,”. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: <http://www.thaicrudedrug.com>, [สืบค้นเมื่อ 9 กุมภาพันธ์ 2555]

เสงี่ยม พงษ์บุญรอด. 2519. ไม้เทศ เมืองไทย. กรุงเทพมหานคร: เกษมบรรณกิจ.

ศูนย์พัฒนาผลิตภัณฑ์สิ่งทอ. 2554. “จิวแต่เจ้าด้วย...Micro-encapsulation,”. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: <http://www.thti.com>, [สืบค้นเมื่อ 31 มกราคม 2555]

อรพิน เกิดชูชื่น. 2554. “Plant Essential Oil,”. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก:

<http://www.crdc.kmutt.ac.th>, [สืบค้นเมื่อ 31 มกราคม 2555]

อรวรรณ สัมฤทธิ์เดชขจร. 2552. “ไมโครแคปซูล ในเส้นใยผ้าช่วยบรรเทาอาการคันที่ไม่พึงประสงค์,”. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: <http://www.mtec.or.th>, [สืบค้นเมื่อ 31 มกราคม 2555]

บรรณานุกรม (ต่อ)

- อนันตโชค และณัฐินี. 2553. “การพัฒนาสารสกัดและพัฒนาคุณภาพของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอระดับห้องปฏิบัติการเพื่อนำไปใช้ประโยชน์เชิงอุตสาหกรรม,”. รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยมหิดล.
- Bauer, AW. WMM. Kirby. JC. Sherris. And M, Truck. 1966. “Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method,”. American Journal of Clinical Pathology. 45: 493-496.
- Dusanee Thanaboripat, Sittichai Chareonsettasilp, Kanokwan Pandee and Kittipun Udomwongsup. 2006. “INHIBITORY EFFECT OF KAFFIR LIME, BITTER CUCUMBER AND TOBACCO EXTRACTS ON THE GROWTH OF *Aspergillus flavus*,”. **KMITL Sci. Tech. J.** 6, 1:18-24.
- Eley, B. M.. 1996. “**Histochemical and immunocytochemical localization of dipeptidyl peptidases II and IV in human gingival**,” 67, (9) (1 October 1996) : 846.
- Madene, A., Jacquot, M., Scher, J. and Desobry, S.. 2006. “Flavor encapsulation and controlled release-a review,”. Int. J. Food Sci. Tech. 41: 1-21.
- Niyomdham, C.. 1992. “*Citrus maxima* (Burm.) Merr,”. **Plant Resources of South-East Asia.** 2:31-128.
- Nuanjun Jaisai and Supaporn Lamlertthon. 2007. “Inhibition Effects of Kaffir Lime’s Peel Oil on *Bacillus cereus* in Cooked Rice,”. **Naresuan University Journal.** 15, 3: 195-203.
- Reginald W. Bennett and Gayle A. Lancette. 2001. “*Staphylococcus aureus*,”. [online] from : <http://www.cfsan.fda.gov>, [Retrieved 9 February 2012]
- Risch, Sara J. and Reineccius, Gary A. 1988. “Flavor Encapsulation,”. **ACS Symposium Series.** 370 (August-September): 29-36.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- Rosenberg, M., Kopelman, I.J. and Talmon, Y. 1985. "A scanning electron microscopy study of Microencapsulation,". J.Food Sci. 50: 139-144.
- Voss, J. G.. 1975. Effects of an Antibacterial Soap on the Ecology of Aerobic Bacterial Flora of Human Skin, Applied Microbiology, 30(4): 551-556.
- Sheu, T.-Y., and Rosenberg, M.. 1995. "Microencapsulation by spray drying ethyl caprylate in whey protein and carbohydrate wall systems,". J. Food Sci. 60: 98-103.

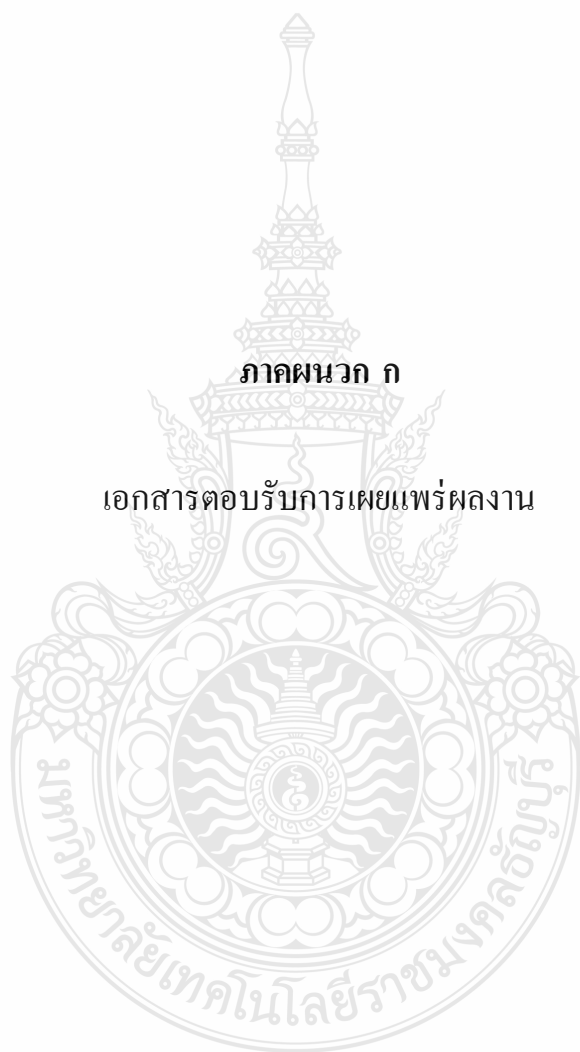


ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

เอกสารตอบรับการเผยแพร่ผลงาน



ที่ ศธ ๐๕๘๑.๑๑/ 0716



สถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
สี่เสาเทเวศร์ เขตดุสิต กรุงเทพฯ ๑๐๓๐๐

พฤษภาคม ๒๕๕๖

เรียน คุณกัตติกา แก้วขาว

เรื่อง ตอบรับการเข้าร่วมประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ ๕ และการประชุมวิชาการ
นานาชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ ๔

ตามที่ท่านได้ส่งบทความผลงานวิจัยเรื่อง ประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรียของไมโครเอนแคป
ซูลชันจากน้ำมันหอมระเหยสมุนไพร เข้าร่วมการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ ๕ และ
การประชุมวิชาการนานาชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ ๔ ระหว่างวันที่ ๑๕ – ๑๖ กรกฎาคม ๒๕๕๖ ณ
ศูนย์ประชุมบางกอกคอนเวนชันเซ็นเตอร์ เซ็นทรัลเวิลด์ ชั้นที่ ๒๒ ปทุมวัน กรุงเทพฯ นั้น

สถาบันวิจัยและพัฒนา (สวพ.) ขอแจ้งให้ท่านทราบว่าบทความผลงานวิจัยดังกล่าวผ่านการ
พิจารณาให้เข้าร่วมประชุมวิชาการ และจะได้รับการตีพิมพ์ในรายงานการประชุมทางวิชาการ (Proceedings)
การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ ๕ (5th RMUTNC) และการประชุมวิชาการนานาชาติ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ ๔ (4th RMUTC) โดยสามารถรับเอกสารที่จัดลงทะเบียนในวันที่ ๑๕ – ๑๖
กรกฎาคม ๒๕๕๖ และขอให้ท่านดำเนินการดังนี้

๑. ตรวจสอบรูปแบบการพิมพ์บทความ ตามรูปแบบที่การประชุมกำหนด และส่งบทความ
ฉบับแก้ไขทางระบบการประชุมออนไลน์ได้ตั้งแต่วันที่ ๓๐ มิถุนายน ๒๕๕๖ เพื่อจัดทำรายงานการ
ประชุมทางวิชาการ (Proceedings) โดยสามารถศึกษารายละเอียดและดาวน์โหลดเอกสารได้ที่เว็บไซต์
<http://rmutcon.rmutp.ac.th>

๒. การชำระเงินค่าลงทะเบียนดังนี้ การชำระเงินค่าลงทะเบียนล่วงหน้าในอัตราพิเศษ ตั้งแต่วันที่ ๑ เมษายน – ๑๔ มิถุนายน ๒๕๕๖ และการชำระเงินค่าลงทะเบียนอัตราปกติ ตั้งแต่วันที่ ๑๕ มิถุนายน
ถึง ๑๖ กรกฎาคม ๒๕๕๖

๓. การจัดทำบทความฉบับเต็ม (Full paper)

๓.๑ การส่งบทความฉบับเต็ม สามารถส่งผ่านระบบการประชุมออนไลน์ ได้ตั้งแต่วันที่ ๑๖ กรกฎาคม ๒๕๕๖ ซึ่งบทความฉบับเต็มที่ผ่านการพิจารณาจะได้รับการเผยแพร่ในรูปแบบเอกสาร และ
ไฟล์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งสามารถดาวน์โหลดได้ที่เว็บไซต์ <http://rmutcon.rmutp.ac.th>

๓.๒ การตีพิมพ์บทความฉบับเต็มของผลงานที่ผ่านการพิจารณาแล้วในวารสาร ซึ่งแบ่งเป็น

๒ ประเภท

/๓.๒.๑...

๓.๒.๑ การตีพิมพ์ในวารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร (ฉบับพิเศษ) ซึ่งวารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร อยู่ในฐานข้อมูลของศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (Thai Journal Citation Index Centre, TCI Centre) และได้รับการรับรองคุณภาพจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) รับประทานตีพิมพ์บทความฉบับเต็มของ 5th RMUTNC และ 4th RMUTIC ที่เป็นบทความระดับชาติ และนานาชาติ

๓.๒.๒ Journal of Applied Sciences Research เป็นวารสารที่อยู่ในฐานข้อมูลการจัดอันดับ SJR และมีค่าธรรมเนียมการตีพิมพ์ 100 US\$ เจ้าของบทความต้องรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ โดยสามารถศึกษารายละเอียดได้ที่เว็บไซต์ <http://www.aensiweb.com/jasr.html> รับประทานตีพิมพ์บทความฉบับเต็มของ 4th RMUTIC ซึ่งเป็นบทความระดับนานาชาติ

ทั้งนี้ ให้นักวิจัยระบุวารสารที่ประสงค์จะตีพิมพ์ ในขั้นตอนการส่งบทความฉบับเต็มในระบบการประชุมออนไลน์เท่านั้น

๔. การนำเสนอผลงานภาคบรรยาย เวลาในการนำเสนอผลงาน ๑๕ นาที ชักถาม ๕ นาที รวม ๒๐ นาที ไฟล์ข้อมูลของผลงานที่นำเสนอ ต้องจัดทำด้วยโปรแกรม MS PowerPoint 2003 ขึ้นไป และให้นำไฟล์ข้อมูลส่งให้กับเจ้าหน้าที่ ณ จุดลงทะเบียนในช่วงเช้า ของวันที่ ๑๕ กรกฎาคม ๒๕๕๖ โดยกำหนดการนำเสนอผลงานภาคบรรยาย จะแจ้งให้ทราบทางเว็บไซต์ต่อไป

๕. การนำเสนอผลงานภาคโปสเตอร์ ให้สรุปเนื้อหาและจัดทำโปสเตอร์ซึ่งมีขนาดกว้าง ๑.๐๐ เมตร ยาว ๑.๒๐ เมตร โดยมีสาระสำคัญดังนี้ ๑. ชื่อเรื่อง ๒. ชื่อผู้วิจัย และหน่วยงานที่สังกัด ๓. บทคัดย่อ ๔. ความเป็นมา และวัตถุประสงค์ของการวิจัย ๕. อุปกรณ์และวิธีการวิจัย ๖. ผลการวิจัยและอภิปรายผล ๗. สรุปผลการวิจัย ๘. เอกสารอ้างอิง ๙. กิตติกรรมประกาศ พร้อมรูป (ถ้ามี)

ในการติดโปสเตอร์ผู้จัดการประชุมจะจัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับการติดไว้สำหรับทุกท่าน และมีกำหนดเวลาการติดโปสเตอร์ดังนี้

วันที่	เวลา
๑๔ กรกฎาคม ๒๕๕๖	๑๕.๐๐ – ๒๐.๐๐ น.
๑๕ กรกฎาคม ๒๕๕๖	๐๗.๐๐ – ๐๙.๐๐ น. และ ๑๒.๐๐ – ๑๗.๐๐ น.

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ และพิจารณาดำเนินการ

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จุฑามาศ พิรพัชระ)
ผู้ช่วยอธิการบดี และผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

กลุ่มวิจัย

โทรศัพท์ : ๐ ๒๒๘๒ ๙๐๐๙-๑๕ ต่อ ๖๐๙๔, ๖๐๙๗

โทรสาร : ๐ ๒๒๘๒ ๐๔๒๓

ภาคผนวก ข

หนังสือขอความอนุเคราะห์นักศึกษาเข้าศึกษาและทดสอบ



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โทร.02-549-3153

ที่ศธ 0578.04/ 0187

วันที่ ๗ กุมภาพันธ์ 2555

เรื่อง ขอลาอนุเคราะห์นักศึกษาเข้าศึกษาและทดสอบ

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

ข้าพชานางสาวกตติกา แก้วขาว นักศึกษาปริญญาโท คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ได้ทำวิทยานิพนธ์ หัวข้อเรื่อง “ไมโครเอ็นเคปซูเลชันการยับยั้งแบคทีเรียในชุดอาหาร” เพื่อให้การดำเนินการวิจัยของนักศึกษาเป็นไปด้วยความเรียบร้อย จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านอนุญาตให้นักศึกษาเข้าใช้เครื่องมือเพื่อทดสอบการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียในชุดอาหาร ณ หน่วยงานของท่าน ในวันที่ 8 กุมภาพันธ์ 2555 เวลา 09.00 น. เป็นคั่นไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(นางสาวจิตวดี หริยชญารีย์)

คณบดีคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์



ศธ 0578.04/ 0071



คณะเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

15 มกราคม 2556

เรื่อง ขอบขออนุเคราะห์ให้นักศึกษาเข้าศึกษาและทดสอบ

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ

ด้วยนางสาวกตติกา แก้วขาว นักศึกษาปริญญาโท คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ได้ทำวิทยานิพนธ์ ในหัวข้อ "การพัฒนาการยับยั้งแบคทีเรียในชุดทหารด้วยไมโครเอนแคปซูเลชันจากน้ำมันหอมระเหยสมุนไพร" ซึ่งนักศึกษาต้องทำการทดสอบการเคลือบไมโครเอนแคปซูเลชันน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมลงบนผ้าที่ใช้สำหรับตัดชุดทหาร คณะฯ เห็นว่าสถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ มีการบริการด้านทดสอบ ตรวจจบ วัสดุถึงทอ และสินค้าสำเร็จรูปตามมาตรฐานสากล มาตรฐานโรงงานและตามมาตรฐานผู้ซื้อผู้ขาย ทั้งที่จำหน่ายในประเทศและเพื่อการส่งออก ด้วยเครื่องมืออุปกรณ์ที่ทันสมัย และมีบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านเพื่อเป็นการส่งเสริมให้นักศึกษาได้มีแนวคิดในการทำงานวิจัย ในการนี้ คณะฯ ขอขอบขออนุเคราะห์ ให้นักศึกษาเข้าไปศึกษาและทดสอบสิ่งทอในหน่วยงานของท่าน โดยนักศึกษาได้ติดต่อกับเจ้าหน้าที่ไว้เบื้องต้นแล้ว

จึงเรียนมาเพื่อ โปรดให้ความอนุเคราะห์

ขอแสดงความนับถือ

(นางสาวจิรวัดน์ เหมยอธรรพ์)

คณบดีคณะเทคโนโลยีการเกษตร

บันทึกศึกษา

โทร.0-2549-3162

โทรสาร. 0-2577-2358



ศธ 0578.04/ 0189

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

5 กุมภาพันธ์ 2556

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ให้นักศึกษาเข้าใช้บริการถ่ายภาพ

เรียน ผู้อำนวยการศูนย์พัฒนาและวิเคราะห์สมบัติของวัสดุ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

คือนางสาวกชกิดา แก้วขาว นักศึกษาปริญญาโท คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ได้ทำวิทยานิพนธ์ ในหัวข้อ "การพัฒนาระบบย้อมเบคทีเรียในชุดทหารด้วยไมโครเอนแคปซูเลชันจากน้ำมันหอมระเหยสมุนไพร" ซึ่งนักศึกษามีความต้องการขอใช้บริการถ่ายภาพ SME ผ้าที่ใช้สำหรับตัดชุดทหาร คณะฯ เห็นว่าที่ศูนย์พัฒนาและวิเคราะห์สมบัติของวัสดุ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย มีเพื่อการเรียนรู้ อุปกรณ์งานที่ทันสมัยให้ผู้สนใจได้เข้าไปศึกษา และมีบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านเพื่อเป็นการส่งเสริมให้นักศึกษาได้มีแนวคิดในการทำงานวิจัย ในการนี้ คณะฯ ใคร่ขอความอนุเคราะห์ ให้นักศึกษาเข้าไปใช้บริการถ่ายภาพในหน่วยงานของท่าน ในวันพฤหัสบดีที่ 7 กุมภาพันธ์ 2556 เวลา 09.00 น.

จึงเรียนมาเพื่อโปรดให้ความอนุเคราะห์

ขอแสดงความนับถือ

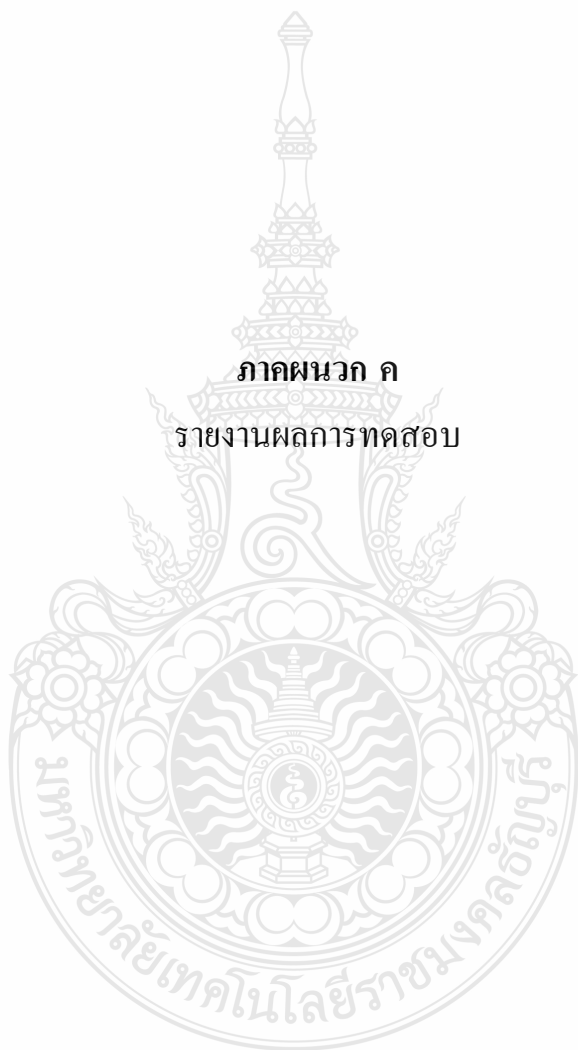
(นางสาวจิรวัดน์ เหมบุญอารีย์)
คณบดีคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์

บันทึกศึกษา

โทร.0-2549-3162

โทรสาร. 0-2577-2358

ภาคผนวก ค
รายงานผลการทดสอบ





คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สถาบันวิจัยเคมี เดิม)
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ถนนรังสิต-นครนายก (กม.13) ธัญบุรี ปทุมธานี 12110
โทรศัพท์ + 66 (0) 2549 3534,40 โทรสาร + 66 (0) 2549 3522

รายงานผลการวิเคราะห์ทดสอบ

เลขที่ 55/14 (รหัสงาน BT55/34)

สาขา เทคโนโลยีชีวภาพ

1. ชื่อลูกค้า นางสาวกัตติกา แก้วขาว

ที่อยู่ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ สาขาส่งทอดและเครื่องนุ่งห่ม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ต.คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12120

โทรศัพท์ 083 5277 390

โทรสาร -

2. รายละเอียดลักษณะ สภาพ และการบ่งชี้ ของตัวอย่างที่ทดสอบ

น้ำมันหอมระเหย

3. รับตัวอย่าง วันที่ 5 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2555

4. ทำการทดสอบ วันที่ 10 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2555

5. ผลการวิเคราะห์ทดสอบ

รายการที่วิเคราะห์	ผลการทดสอบการยับยั้งเชื้อ <i>Staphylococcus aureus</i> (3.2×10^7 CFU/ml) Clear zone (cm)	วิธีที่ใช้	หมายเหตุ
1. น้ำมันมะกูดเดียว	0.34	AATCC Test Method 147-2004	Clear zone ไม่ชัด
2. น้ำมันตะไคร้บ้าน	2.08		
3. น้ำมันเกรฟฟรุ๊ต	0.24		

ลงนาม.....

(นางสาวกนกวรรณ ฤดีศิริศักดิ์)

หัวหน้างานด้านเทคโนโลยีชีวภาพ

ลงนาม.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิริแพ พงษ์สวัสดิ์)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1. รายงานนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ทดสอบเท่านั้น
2. รายงานผลการทดสอบ ต้องไม่ถูกสำเนาเฉพาะเพียงบางส่วน ยกเว้นทำทั้งฉบับโดยได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ
3. ช่องหมายเหตุ ให้ระบุ มาตรฐาน ข้อกำหนด detection limit หรือข้อมูลอื่นๆ ตามที่ลูกค้าร้องขอ
4. * เป็นรายการวิเคราะห์ที่ไม่รับรองโดย สมอ. และ/หรือ สรช.
5. N.D. หมายถึง ตรวจไม่พบ , LOD หมายถึง ขีดจำกัดวิธีวิเคราะห์



คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สถาบันวิจัยเคมี เดิม)
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ถนนรังสิต-นครนายก (กม.13) ธัญบุรี ปทุมธานี 12110
โทรศัพท์ + 66 (0) 2549 3534,40 โทรสาร + 66 (0) 2549 3522

รายงานผลการวิเคราะห์ทดสอบ

เลขที่ 55/14 (รหัสงาน BT55/34)

สาขา เทคโนโลยีชีวภาพ

1. ชื่อลูกค้า นางสาวกตติกา แก้วขาว

ที่อยู่ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ สาขาสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ต.คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12120

โทรศัพท์ 083 5277 390

โทรสาร -

2. รายละเอียดลักษณะ สภาพ และการบ่งชี้ ของตัวอย่างที่ทดสอบ

น้ำมันหอมระเหย

3. รับตัวอย่าง วันที่ 5 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2555

4. ทำการทดสอบ วันที่ 10 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2555

5. ผลการวิเคราะห์ทดสอบ

รายการที่วิเคราะห์	ผลการทดสอบการยับยั้งเชื้อ <i>Staphylococcus aureus</i> (3.2×10^7 CFU/ml) Clear zone (cm)	วิธีที่ใช้	หมายเหตุ
1. น้ำมันมะกูดเดียว	0.3,0.3,0.3, 0.3,0.2,0.3 0.3,0.3,0.2	AATCC	
2. น้ำมันตะไคร้บ้าน	2.0,1.8,2.2 1.8,2.0,2.8 2.0,1.8,2.4		
3. น้ำมันเกรฟฟรุ้ท	0.3,0.2,0.1, 0.3,0.3,0.3 0.2,0.2,0.3	147-2004	Clear zone ไม่ชัด

ลงนาม.....

(นางสาวกนกวรรณ ฤดีศิริศักดิ์)

หัวหน้างานด้านเทคโนโลยีชีวภาพ

ลงนาม.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริแสง พงษ์สวัสดิ์)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1. รายงานนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ทดสอบเท่านั้น
2. รายงานผลการทดสอบ ต้องไม่ถูกสำเนาเฉพาะเพียงบางส่วน ยกเว้นทำทั้งฉบับโดยได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ
3. ช่องหมายเหตุ ให้ระบุ มาตรฐาน ข้อกำหนด detection limit หรือข้อมูลอื่นๆ ตามที่ลูกค้าร้องขอ
4. * เป็นรายการวิเคราะห์ที่ไม่รับรองโดย สมอ. และ/หรือ สรอ.
5. N.D. หมายถึง ตรวจไม่พบ , LOD หมายถึง ขีดจำกัดวิธีการวิเคราะห์



คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สถาบันวิจัยเคมี เต็ม)
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ถนนรังสิต-นครนายก (กม.13) ธัญบุรี ปทุมธานี 12110
โทรศัพท์ + 66 (0) 2549 3534,40 โทรสาร + 66 (0) 2549 3522

รายงานผลการวิเคราะห์ทดสอบ

เลขที่งาน 55/40 (รหัสงาน BT55/15-1)

สาขา เทคโนโลยีชีวภาพ

1. ชื่อลูกค้า นางสาวกัตติกา แก้วขาว

ที่อยู่ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ต.คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12120

โทรศัพท์ 083 5277 390

โทรสาร -

2. รายละเอียดลักษณะ สภาพ และการบ่งชี้ ของตัวอย่างที่ทดสอบ

Microencapsulation น้ำมันตะไคร้

3. รับตัวอย่าง วันที่ 19 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2555

4. ทำการทดสอบ วันที่ 24-28 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2555

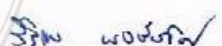
5. ผลการวิเคราะห์ทดสอบ ผลการทดสอบการยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* (5.7×10^7 CFU/ml)

รายการที่วิเคราะห์	ผลการวิเคราะห์ (CFU/ml)	วิธีที่ใช้	หมายเหตุ
1.อัตราส่วน1:2 ขวดที่ 1	5.7×10^7	AATCC Test Method 100-2004	-
2.อัตราส่วน1:2 ขวดที่ 2	5.2×10^7		
3.อัตราส่วน1:2 ขวดที่ 3	5.7×10^7		
4.อัตราส่วน1:2 ขวดที่ 4	5.7×10^7		
5.อัตราส่วน1:2 ขวดที่ 5	<1		
6.อัตราส่วน1:2 ขวดที่ 6	<1		

ลงนาม 

(นางสาวกนกวรรณ ฤทธิศิริศักดิ์)

หัวหน้างานด้านเทคโนโลยีชีวภาพ

ลงนาม 

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิริแข พงษ์สวัสดิ์)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1. รายงานนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ทดสอบเท่านั้น
2. รายงานผลการทดสอบ ต้องไม่ถูกสำเนาเฉพาะเพียงบางส่วน ยกเว้นทำทั้งฉบับโดยได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ
3. ช่องหมายเหตุ ใช้ระบุ มาตรฐาน ข้อกำหนด detection limit หรือข้อมูลอื่นๆ ตามที่ลูกค้าร้องขอ
4. * เป็นรายการวิเคราะห์ที่ไม่รับรองโดย สมอ. และ/หรือ สรอ.
5. N.D. หมายถึง ตรวจไม่พบ , LOD หมายถึง ขีดจำกัดวิธีการวิเคราะห์



คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สถาบันวิจัยเคมี เคมี)
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ถนนรังสิต-นครนายก (กม.13) ธัญบุรี ปทุมธานี 12110
โทรศัพท์ + 66 (0) 2549 3534,40 โทรสาร + 66 (0) 2549 3522

รายงานผลการวิเคราะห์ทดสอบ

เลขที่งาน 55/40 (รหัสงาน BT55/15-2)

สาขา เทคโนโลยีชีวภาพ

1. ชื่อลูกค้า นางสาวกัตติกา แก้วขาว

ที่อยู่ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ต.คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12120

โทรศัพท์ 083 5277 390

โทรสาร -

2. รายละเอียดลักษณะ สภาพ และการบ่งชี้ ของตัวอย่างที่ทดสอบ

Microencapsulation น้ำมันตะไคร้

3. รับตัวอย่าง วันที่ 19 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2555

4. ทำการทดสอบ วันที่ 24-28 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2555

5. ผลการวิเคราะห์ทดสอบ ผลการทดสอบการยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* (5.7×10^7 CFU/ml)

รายการที่วิเคราะห์	ผลการวิเคราะห์ (CFU/ml)	วิธีที่ใช้	หมายเหตุ
1.อัตราส่วน1:10ขวดที่ 1	3.7×10^7	AATCC Test Method 100-2004	-
2.อัตราส่วน1:10 ขวดที่ 2	7.8×10^7		
3.อัตราส่วน1:10 ขวดที่ 3	5.7×10^7		
4.อัตราส่วน1:10 ขวดที่ 4	5.7×10^7		
5.อัตราส่วน1:10 ขวดที่ 5	<1		
6.อัตราส่วน1:10 ขวดที่ 6	<1		

ลงนาม.....

(นางสาวกนกวรรณ ฤทธิศิริศักดิ์)

หัวหน้างานด้านเทคโนโลยีชีวภาพ

ลงนาม.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิริเวช พงษ์สวัสดิ์)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1. รายงานนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ทดสอบเท่านั้น
2. รายงานผลการทดสอบ ต้องไม่ถูกอ้างเฉพาะเพียงบางส่วน ยกเว้นทำทั้งฉบับโดยได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ
3. ชื่อหมายเหตุ ใช้ระบุมาตรฐาน ข้อกำหนด detection limit หรือข้อมูลอื่นๆ ตามที่ลูกค้าร้องขอ
4. * เป็นรายการวิเคราะห์ที่ไม่รับรองโดย สมอ. และ/หรือ สรช.
5. N.D. หมายถึง ตรวจไม่พบ , LOD หมายถึง ขีดจำกัดวิธีการวิเคราะห์



คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สถาบันวิจัยเคมี เดิม)
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ถนนรังสิต-นครนายก (กม.13) ธัญบุรี ปทุมธานี 12110
โทรศัพท์ + 66 (0) 2549 3534.40 โทรสาร + 66 (0) 2549 3522

รายงานผลการวิเคราะห์ทดสอบ

เลขที่งาน 56/005 (รหัสงาน BT56/03)

สาขา เทคโนโลยีชีวภาพ

1. ชื่อลูกค้า นางสาวกตติกา แก้วขาว

ที่อยู่ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ต.คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12120

โทรศัพท์ 083 5277 390

โทรสาร -

2. รายละเอียดลักษณะ สภาพ และการบ่งชี้ ของตัวอย่างที่ทดสอบ

ผ้าติดชุดทหาร เคลือบ Microencapsulation น้ำมันตะไคร้

3. รับตัวอย่าง วันที่ 29 เดือน มกราคม พ.ศ. 2556

4. ทำการทดสอบ วันที่ 29 เดือน มกราคม ถึง วันที่ 1 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2556

5. ผลการวิเคราะห์ทดสอบ ผลการทดสอบการยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* (1.44×10^7 CFU/ml)

รายการที่วิเคราะห์	ผลการวิเคราะห์ (CFU/ml)						วิธีที่ใช้	หมายเหตุ
	ขวดที่ 1	ขวดที่ 2	ขวดที่ 3	ขวดที่ 4	ขวดที่ 5	ขวดที่ 6		
BT56/03(1)	1.44×10^7	1.34×10^7	1.44×10^7	1.44×10^7	<1	<1	AATCC Test Method 100-2004	-
BT56/03(2)	1.44×10^7	5.24×10^6	1.44×10^7	1.44×10^7	<1	<1		
BT56/03(3)	1.44×10^7	7.60×10^6	1.44×10^7	1.44×10^7	<1	<1		
BT56/03(4)	1.44×10^7	5.00×10^6	1.44×10^7	1.44×10^7	<1	<1		
BT56/03(5)	1.44×10^7	2.56×10^6	1.44×10^7	1.44×10^7	<1	<1		

ลงนาม.....

(นางสาวกนกวรรณ ฤทธิศักดิ์)

หัวหน้างานด้านเทคโนโลยีชีวภาพ

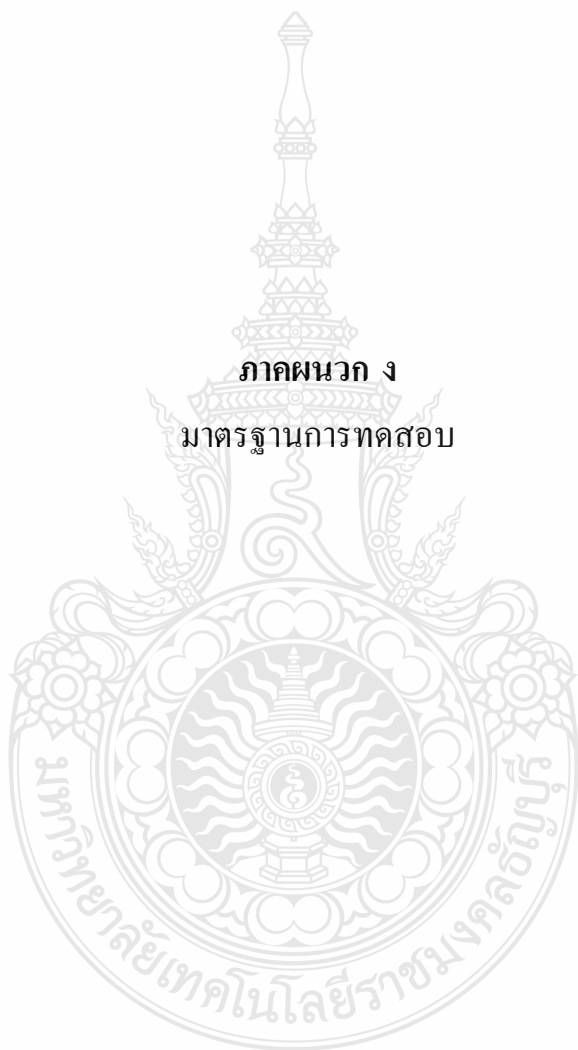
ลงนาม.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริแซ พงษ์สวัสดิ์)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1. รายงานนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ทดสอบเท่านั้น
2. รายงานผลการทดสอบ ต้องไม่ถูกสำเนาเฉพาะเพียงบางส่วน ยกเว้นทำทั้งฉบับโดยได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ
3. ช่องหมายเหตุ ใ้ระบุ มาตรฐาน ข้อกำหนด detection limit หรือข้อมูลอื่นๆ ตามที่ลูกค้าร้องขอ
4. * เป็นรายงานวิเคราะห์ที่ไม่รับรองโดย สมอ. และ/หรือ อรช.
5. N.D. หมายถึง ตรวจไม่พบ . LOD หมายถึง ขีดจำกัดวิธีการวิเคราะห์

ภาคผนวก ง
มาตรฐานการทดสอบ



Antibacterial Finishes on Textile Materials: Assessment of

Developed in 1961 by AATCC Committee RA31; revised 1965, 1981, 1988 (with title change), 1993, 1999; editorially revised 1969, 1971, 1974, 1985; reaffirmed 1977, 1981, 1989, 1998; editorially revised and reaffirmed 1986, 2004.

1. Purpose and Scope

1.1 This test method provides a quantitative procedure for the evaluation of the degree of antibacterial activity. Assessment of antibacterial finishes on textile materials is determined by the degree of antibacterial activity intended in the use of such materials. If only bacteriostatic activity (inhibition of multiplication) is intended, a qualitative procedure which clearly demonstrates antibacterial activity as contrasted with lack of such activity by an untreated specimen may be acceptable. However, if bactericidal activity is intended or implied, quantitative evaluation is necessary. Quantitative evaluation also provides a clearer picture for possible uses of such treated textile materials.

2. Principle

2.1 Swatches of test and control textile materials are tested qualitatively for antibacterial activity by AATCC Method 147. Those showing activity are evaluated quantitatively. Test and control swatches are inoculated with the test organisms. After incubation, the bacteria are eluted from the swatches by shaking in known amounts of neutralizing solution. The number of bacteria present in this liquid is determined, and the percentage reduction by the treated specimen is calculated.

3. Terminology

3.1 **activity**, *n.*—of an antibacterial agent, a measure of effectiveness of the agent.

3.2 **antibacterial agent**, *n.*—in textiles, any chemical which kills bacteria (bactericide) or interferes with the multiplication, growth or activity of bacteria (bacteriostat).

4. Safety Precautions

NOTE: These safety precautions are for information purposes only. The precautions are ancillary to the testing procedures and are not intended to be all inclusive. It is the user's responsibility to use safe and proper techniques in handling materials in this test method. Manufacturers MUST be consulted for specific

details such as material safety data sheets and other manufacturer's recommendations. All OSHA standards and rules must also be consulted and followed.

4.1 Both the qualitative and quantitative tests should be carried out by persons with training and experience in the use of bacteriological techniques. The U.S. Department of Health and Human Services publication, *Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories*, should be consulted (see 13.1).

4.2 **CAUTION:** Some of the bacteria used in this test are capable of infecting humans and producing disease. Therefore, every necessary and reasonable precaution must be taken to eliminate this risk to the laboratory personnel and to personnel in the associated environment. Wear protective clothing and respiratory protection that prevents penetration by the bacteria.

4.3 Good laboratory practices should be followed. Wear safety glasses in all laboratory areas.

4.4 All chemicals should be handled with care.

4.5 An eyewash/safety shower should be located nearby for emergency use.

4.6 Sterilize all contaminated samples and test materials prior to disposal.

4.7 Exposure to chemicals used in this procedure must be controlled at or below levels set by government authorities (e.g., Occupational Safety and Health Administration's [OSHA] permissible exposure limits [PEL] as found in 29 CFR 1910.1000 of January 1, 1989). In addition, the American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) Threshold Limit Values (TLVs) comprised of time weighted averages (TLV-TWA), short term exposure limits (TLV-STEL) and ceiling limits (TLV-C) are recommended as a general guide for air contaminant exposure which should be met (see 13.2).

5. Limitations

5.1 For a qualitative, relatively quick and easily executed method to determine residual antibacterial activity of textile materials, refer to AATCC Method 147, Antibacterial Activity—Assessment of Textile Materials: Parallel Streak Method.

6. Test Organisms

6.1 Test bacteria.

6.1.1 *Staphylococcus aureus*, American Type Culture Collection No. 6538. Gram positive organism (see 13.10).

6.1.2 *Klebsiella pneumoniae*, Ameri-

can Type Culture Collection No. 4352. Gram negative organism (see 13.10).

6.1.3 Other suitable species can also be used.

7. Culture Medium

7.1 Suitable broth/agar media are Nutrient, Trypticase Soy and Brain-Heart Infusion.

Nutrient Broth:
Peptone (Bacto-peptone) (see 13.3) 5 g
Beef extract (see 13.4) 3 g
Distilled water to 1000 mL

7.2 Heat to a boil to disperse ingredients. Adjust to pH 6.8 ± 0.1 with 1N sodium hydroxide (NaOH) solution. (This is not necessary if prepared, dehydrated medium is used.)

7.3 Dispense in 10 mL amounts in conventional bacteriological culture tubes (i.e., 125 x 17 mm). Plug and sterilize at 103 kPa (15 psi) for 15 min.

7.4 Nutrient agar. Add 1.5% bacteriological agar to nutrient (or appropriate) broth (see 7.1). Heat to boiling. Check pH and adjust to 7.1 ± 0.1 using NaOH solution if necessary. Dispense in 15 $\pm$ 1 mL amounts in conventional bacteriological culture tubes. Plug and sterilize at 103 kPa (15 psi) for 15 min. (May be sterilized in 1000 mL borosilicate glass flasks and petri dishes poured from this.)

7.5 Slurry Inoculum Carrier (for hydrophobic fabrics) (see 7.2 and 7.3):

Sodium Chloride 8.5 g
Agar 3.0 g
Distilled Water 1000 mL

8. Maintenance of Culture of Test Organisms

8.1 Using a 4 mm inoculating loop, transfer the culture daily in nutrient (or appropriate medium) broth for not more than two weeks. At the conclusion of two weeks, make a fresh transplant from stock culture. Incubate cultures at $37 \pm 2^\circ\text{C}$ ($99 \pm 3^\circ\text{F}$) or other optimal temperature.

8.2 Maintain stock cultures on nutrient or appropriate agar slants. Store at $5 \pm 1^\circ\text{C}$ ($41 \pm 2^\circ\text{F}$) and transfer once a month to fresh agar (see 13.5).

9. Qualitative Test (Screening or Presumptive Test)

9.1 For detection of bacteriostatic activity use AATCC Method 147 on a test specimen and control specimen using the organisms referred to above. For demonstration of bactericidal activity, proceed to the quantitative test described below.

10. Quantitative Test (Reference or Confirmatory Test)

10.1 Preparation. The following description will be in terms of fabric swatches. Textile materials not in fabric form can likewise be tested with the appropriate modification.

10.1.1 Size and shape of treated swatches: Cut circular swatches 4.8 ± 0.1 cm (1.9 ± 0.03 in.) in diameter, from the test fabric (preferably with a steel die). Stack the swatches in a 250 mL wide-mouth glass jar with screw cap. The number of swatches to be used is dependent on the fiber type and fabric construction. Use that amount of fabric which will absorb the 1.0 ± 0.1 mL of inoculum, and leave no free liquid in the jar. For example, 4 swatches of cotton print cloth will absorb 1 mL. The number of swatches used per jar should be reported.

10.1.2 Controls. Swatches of the same fiber type and fabric construction as test sample but containing no antibacterial finish (negative control).

10.1.3 Sterilization of samples. This is optional. The method to be used depends on the type of fiber and finish. Cotton, acetate and many manmade fibers can be sterilized in the autoclave. Wool can be sterilized by ethylene oxide or by intermittent (fractional) sterilization in flowing steam. The latter is also least damaging to certain finishes. Report method of sterilization, if used.

10.1.4 Size of inoculum per sample. Apply 1.0 ± 0.1 mL of an appropriate dilution of a 24 h broth culture of the test organism so that recovery from (1) untreated control fabric swatches or (2) treated test fabric swatches at "0" contact time (plated as soon as possible after inoculation) will show counts of $1-2 \times 10^6$ organisms. The dilution of the test organism should be made in nutrient (or appropriate) broth (see 7.1, 7.5 and 13.6).

10.2 Procedure.

10.2.1 Inoculation of fabrics. When using *Staphylococcus aureus*, shake a 24 h culture and let stand for 15-20 min before preparing the inoculum.* Place the swatches separately in sterile petri dishes and use a microliter pipette to inoculate them making sure that there is even distribution of the inoculum (see 13.7). Transfer these swatches aseptically to the jar. Screw the jar tops on tightly to prevent evaporation.

10.2.2 As soon as possible after inoculation ("0" contact time), add 100 ± 1 mL

of neutralizing solution to each of the jars containing the inoculated untreated control swatches, the inoculated treated test swatches and the uninoculated treated test swatches.

10.2.3 The neutralizing solution should include ingredients to neutralize the specific antibacterial fabric treatment and to take care of any pH requirements of the fabrics (from finishes, antibacterial agents, etc.). The neutralizing solution employed should be reported (see 13.8).

10.2.4 Shake the jars vigorously for one minute. Make serial dilutions with water and plate (in duplicate) on nutrient (or appropriate) agar. Dilutions of 10^0 , 10^1 , 10^2 are usually suitable.

10.2.5 Incubation over contact periods. Incubate additional jars containing inoculated untreated control swatches and jars containing inoculated treated test swatches at $37 \pm 2^\circ\text{C}$ ($99 \pm 3^\circ\text{F}$) for 18-24 h. Similar jars may be incubated over other periods (e.g., 1 or 6 h) to provide information about the bactericidal activity of the treatment over such periods.

10.2.6 Sampling of inoculated and incubated swatches. After incubation, add 100 ± 1 mL of neutralizing solution to jars containing untreated control swatches and to jars containing treated test swatches. Shake the jars vigorously for one minute. Make serial dilutions and plate (in duplicate) on nutrient (or appropriate) agar. Dilutions of 10^0 , 10^1 , 10^2 are usually suitable for treated test fabrics. Several different dilutions may be required for untreated control fabrics depending on the incubation period.

10.2.7 Incubate all plates for 48 h at $37 \pm 2^\circ\text{C}$ ($99 \pm 3^\circ\text{F}$) or other optimal temperature.

11. Evaluation

11.1 Report bacterial counts as the number of bacteria per sample (swatches in jar) not as the number of bacteria per mL of neutralizing solution. Report "0" counts at 10^0 dilution as "less than 100."

11.2 Calculate percent reduction of bacteria by the specimen treatments by one of the following formulas:

$$1) \quad 100 (B - A) / B = R$$

where:

R = % reduction

A = the number of bacteria recovered from the inoculated treated test specimen swatches in the jar incubated over the desired contact period

B = the number of bacteria recovered from the inoculated treated test specimen swatches in the jar immediately after inoculation (at "0" contact time)

$$2) \quad 100 (C - A) / C = R$$

where:

C = the number of bacteria recovered from the inoculated untreated control specimen swatches in the jar immediately after inoculation (at "0" contact time)

If " B " and " C " are not similar, the larger number should be used. If " B " and " C " are not significantly different, $(B + C) / 2$ should be used as follows:

$$3) \quad 100 (D - A) / D = R$$

where:

$$D = (B + C) / 2$$

11.3 If an untreated control is not available, use the following calculation which allows for any background organisms that might interfere with the test.

$$Bg = 100 [(B - E) - (A - F) B - E]$$

where:

A, B = (see 11.2)

E = the number of bacteria initially recovered from the uninoculated treated test sample (existing background organisms)

F = The number of bacteria recovered from the uninoculated, pre-wet treated test sample after incubation in the jar over the desired contact period (existing background organisms after contact period)

Bg = background organisms

11.4 For a valid test there should be: (1) "0" colonies of test organism recovered from the uninoculated treated test specimen swatches and (2) a significant increase in the numbers of bacteria recovered from the inoculated untreated control specimen swatches incubated for the specified contact time over the numbers of bacteria recovered from the inoculated untreated specimen swatches at "0" contact time (immediately after inoculation). This applies only if dilution was made in broth (see 10.1.4 and 13.6).

11.5 Report percent reduction of bacteria by the specimen treatment against each test organism.

11.6 The criterion for passing the test must be determined by the interested parties.

11.7 Report the dilution medium used.

12. Precision and Bias

12.1 Studies (see 13.9) indicate the following within-laboratory precision of the Standard Plate Count (SPC) Test: (a) among-analyst variation of 18% and (b) within-analyst variation of 8%.

13. Notes and References

13.1 Publication available from U.S. Department of Health and Human Services CDC/

*Using a 1 mL pipette, add the inoculum carefully onto the fabric. If a strain of *Pseudomonas* that forms a pellicle is used, avoid including fragments of the pellicle in the inoculum.

AATCC Test Method 135-2004

Dimensional Changes of Fabrics after Home Laundering

Developed in 1970 by AATCC Committee RA42; reaffirmed 1973, 2000; revised 1978, 1987, 1995, 2001, 2003 (with little change), 2004; editorially revised 1982, 1985, 1989, 1990, 1991, 1996, 1997; editorially revised and reaffirmed 1992. Related to ISO 3759.

1. Purpose and Scope

1.1 This test method is intended for the determination of dimensional changes of fabrics when subjected to home laundering procedures used by consumers. Four washing temperatures, three agitation cycles, two rinse temperatures and four drying procedures cover the common home care options available to consumers using current laundering machines.

2. Principle

2.1 The dimensional changes of fabric specimens subjected to home laundering care are measured using pairs of benchmarks applied to the fabric before laundering.

3. Terminology

3.1 **dimensional change**, *n*.—a generic term for changes in length or width of a fabric specimen subjected to specified conditions. The change is usually expressed as a percentage of the initial dimension of the specimen.

3.2 **growth**, *n*.—a dimensional change resulting in an increase of length or width of a specimen.

3.3 **laundering**, *n*.—of textile materials, a process intended to remove soils and/or stains by treatment (washing) with an aqueous detergent solution and normally including rinsing, extraction and drying.

3.4 **shrinkage**, *n*.—a dimensional change resulting in a decrease in the length or width of a specimen.

4. Safety Precautions

NOTE: These safety precautions are for information purposes only. The precautions are ancillary to the testing procedures and are not intended to be all inclusive. It is the user's responsibility to use safe and proper techniques in handling materials in this test method. Manufacturers MUST be consulted for specific details such as material safety data sheets and other manufacturer's recommendations. All OSHA standards and rules must also be consulted and followed.

4.1 Good laboratory practices should be followed. Wear safety glasses in all laboratory areas.

4.2 The 1993 AATCC Standard Reference Detergent may cause irritation. Care should be taken to prevent exposure to skin and eyes.

4.3 Manufacturer's safety recommendations should be followed when operating laboratory testing equipment.

5. Apparatus and Materials

5.1 Automatic washing machine (see 12.1).

5.2 Automatic tumble dryer (see 12.2).

5.3 Conditioning drying racks with pull-out screens or perforated shelves (see 12.3).

5.4 Facilities for drip drying and line drying.

5.5 1993 AATCC Standard Reference Detergent (see 12.10 and 12.11).

5.6 Ballast of 920 × 920 mm (36 × 36 in.) hemmed pieces of bleached cotton sheeting (Wash load ballast type 1), or 50/50 polyester-cotton bleached plain weave (Wash load ballast type 3) (see 12.4 and 12.11).

5.7 Indelible ink marking pen (see 12.5) for use with suitable rule, tape, marking template or other marking device (see 12.6). Sewing thread may be used for making benchmarks.

5.8 Measuring devices.

5.8.1 Tape or rule marked in millimeters, eighths or tenths of an inch.

5.8.2 Tape or ruled template marked directly in percent dimensional change to 0.5% or smaller increment (see 12.6).

5.8.3 Digital Imaging System (see 12.7).

5.9 Scale with at least 5.0 kg (10.0 lb) capacity.

6. Test Specimens

6.1 Sampling and Preparation.

6.1.1 Samples from which dimensional change specimens are to be taken should be representative of the fabric processing stage, finishing treatment, research lab trial, pallet, lot or end-product stage.

6.1.2 Fabrics that are distorted in their unlaundered state may give deceptive dimensional change results when laundered by any procedure. In such cases, it is recommended that specimens not be taken from any distorted area of a fabric sample.

6.1.3 Tubular knitted samples should be slit and handled flat in a single layer. Only circular knitted fabrics produced on body-width machines are to be used as

specimens in their tubular form. Circular knitted fabrics made on body-width machines are ones to be used in garments with no side seams. Body-width tubular circular knitted garments and seamless garments (knit-to-wear) should be tested according to AATCC Method 150, Dimensional Changes of Garments after Home Laundering.

6.1.4 If fraying of specimens is expected in laundering, see 12.8.

6.1.5 Prior to marking, condition test specimens as directed in ASTM D 1776, Standard Practice for Conditioning and Testing Textiles. Condition each specimen for at least 4 h in an atmosphere of $21 \pm 1^\circ\text{C}$ ($70 \pm 2^\circ\text{F}$) and $65 \pm 2\%$ RH by laying each test specimen separately on a screen or perforated shelf of a conditioning rack.

6.1.6 Lay the sample on a flat surface. Do not allow any section of the sample to hang over the edge of the work table. Using a template for the selected test size, mark specimens parallel to the selvege or fabric length direction. Avoid use of the sample area within ten percent of the sample width. Specimens should be taken from areas with different lengthwise and widthwise yarns (see Fig. 1). Identify the length direction of the specimens before cutting them out of the sample. When possible, three specimens from each fabric should be used. One or two specimens may be used when insufficient fabric sample is available.

6.2 Marking.

6.2.1 Option 1: 250 mm (10.0 in.) benchmarks. Mark each 380 × 380 mm (15 × 15 in.) test specimen with three 250 mm (10 in.) pairs of benchmarks parallel to the test specimen length and three 250 mm (10 in.) pairs of benchmarks parallel to the test specimen width. Each benchmark must be at least 50 mm (2 in.) from all test specimen edges. Pairs of bench-

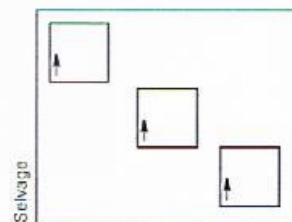


Fig. 1—Diagram for cutting fabric specimens.

marks in the same direction must be spaced approximately 120 mm (5 in.) apart.

6.2.2 Option 2: 460 mm (18.0 in.) benchmarks. Mark each 610 × 610 mm (24.0 × 24.0 in.) test specimen with three 460 mm (18.0 in.) pairs of benchmarks parallel to the test specimen length and three 460 mm (18.0 in.) pairs of benchmarks parallel to the test specimen width. Each benchmark must be at least 50 mm (2.0 in.) from all test specimen edges. Pairs of benchmarks in the same directions must be spaced approximately 250 mm (10 in.) apart.

6.2.3 Narrow Fabrics.

6.2.3.1 For test specimens greater than 125 mm (5 in.) and less than 380 mm (15 in.) wide, take full width of test fabrics and cut each specimen 380 mm (15 in.) long. Mark the length as in 6.2.1. Measurement of the width is optional.

6.2.3.2 For test specimens 25-125 mm (1-5 in.) wide, take full width of test fabrics and cut each specimen 380 mm (15 in.) long. Use only two pairs of benchmarks parallel to the length. Measurement of the width is optional.

6.2.3.3 For test specimens less than 25 mm (1 in.) in width, take full width of test fabrics and cut each specimen 380 mm (15 in.) long. Use only one pair of benchmarks parallel to the length. Measurement of the width is optional.

6.3 Original Measurements and Specimen Size.

6.3.1 Specimen size and benchmarks distances used must be indicated in the report.

6.3.2 Dimensional change results may not be comparable when different specimen sizes, different benchmark lengths, different number of specimens, or different number of benchmarks are used.

6.3.3 To improve the accuracy and precision of the dimensional change calculations based on the benchmarks applied to the fabrics as instructed in 6.2, measure and record the distance between each pair of benchmarks with suitable tape or rule to nearest millimeter, eight or tenth of an inch. This is measurement A. In case of narrow fabrics less than 380 mm (15 in.) wide, measure and record width if width measurement will be used. If using a calibrated template for marking and measuring in percent dimensional change directly, an initial measurement is not needed.

7. Test Procedure

7.1 Tables I, II and III summarize alternative washing, rinsing and drying conditions and settings. Additional information on the machine and laundering conditions may be found in the monograph, *Standardization of Home Laundry Test Conditions*, elsewhere in this TECHNICAL MANUAL.

7.2 Washing.

7.2.1 Weigh test specimens and enough ballast to make a 1.8 ± 0.1 kg (4.00 ± 0.25 lb) load. An alternative load size of 3.6 ± 0.1 kg (8.00 ± 0.25 lb) may be used. Dimensional change results obtained using a 1.8 kg (4 lb) load weight may not be equal to those obtained with a 3.6 kg (8

lb) load weight and should not be compared.

7.2.2 Select the specified water level, the desired water temperature for the washing cycle and a rinse temperature of less than 29°C (85°F). If this rinse temperature is not attainable, record available rinse temperature. Fill the washing machine to the 18 ± 0.5 gal water level. For alternate load size, fill washing machine to the 22.0 ± 0.5 gal water level.

7.2.3 Add 66.0 ± 1 g of 1993 AATCC Standard Reference Detergent to an 18 ± 0.5 gal wash load. For alternative load size of 22.0 ± 0.5 gal, add 80 ± 1 g of 1993 AATCC Standard Reference Detergent. Agitate water briefly to dissolve detergent. Stop the machine agitation. It should be noted that in soft water areas, the amount of detergent used may be reduced to avoid excessive sudsing.

7.2.4 Add test specimens and ballast to machine. Set the washer for the selected washing cycle and time (see Tables I and II).

7.2.5 For specimens to be dried by procedures A, B or D, allow washing to proceed through the final spin cycle. Remove the test specimens immediately after the final spin cycle, separate tangled pieces, taking care to minimize distortion, and dry by procedure A, B or D (see Tables I and III).

7.2.6 For specimens to be dried by procedure C, Drip Dry, allow washing to proceed through to the final rinse cycle. Remove the specimens from the washer just before the water begins to drain for the final rinse cycle. Remove specimens soaking wet.

7.3 Drying.

7.3.1 For drying procedures B, C and D, do not blow air directly on specimens as it may cause fabric distortion.

7.3.2 (A) Tumble Dry. Place the washed load (test specimens and ballast) in the tumble dryer, and set the temperature control to generate the correct exhaust temperatures as specified in Table III. For fibers that are heat sensitive, lower temperatures consistent with producer's care recommendations should be used and reported. Allow the dryer to operate until the total load is dry. Remove the load immediately after the dryer stops.

7.3.3 (B) Line Dry. Hang each specimen by two corners with the fabric length in the vertical direction. Allow the test specimen to hang in still air at room temperature not greater than 26°C (78°F) until dry.

7.3.4 (C) Drip Dry. Hang each dripping wet specimen by two corners, with the fabric length in the vertical direction. Allow the specimens to hang in still air at room temperature not greater than 26°C (78°F) until dry.

7.3.5 (D) Screen Dry. Spread each

Table I—Alternative Washing and Drying Conditions (see 7.1)

Machine Cycle	Washing Temperature	Drying Procedure
(1) Normal/Cotton Sturdy	(II) $27 \pm 3^\circ\text{C}$ ($80 \pm 5^\circ\text{F}$)	(A) Tumble
(2) Delicate	(III) $41 \pm 3^\circ\text{C}$ ($105 \pm 5^\circ\text{F}$)	i. Cotton Sturdy
(3) Permanent Press	(IV) $49 \pm 3^\circ\text{C}$ ($120 \pm 5^\circ\text{F}$)	ii. Delicate
	(V) $60 \pm 3^\circ\text{C}$ ($140 \pm 5^\circ\text{F}$)	iii. Permanent Press
		(B) Line
		(C) Drip
		(D) Screen

Table II—Washing Machine Conditions Without Load (see 7.1)

	Normal	Delicate	Permanent Press
(A) Water Level	18 ± 1 gal	18 ± 1 gal	18 ± 1 gal
(B) Agitator Speed	179 ± 2 rpm	119 ± 2 rpm	179 ± 2 rpm
(C) Washing Time	12 min	8 min	10 min
(D) Spin Speed	645 ± 15 rpm	430 ± 15 rpm	430 ± 15 rpm
(E) Final Spin Time	6 min	4 min	4 min

Table III—Dryer Setting Conditions (see 7.1)

	Cotton Sturdy	Delicate	Permanent Press
Exhaust Temperature	High	Low	High
Cool Down Time	$66 \pm 5^\circ\text{C}$ ($150 \pm 10^\circ\text{F}$) 10 min	$< 60^\circ\text{C}$ (140°F) 10 min	$66 \pm 5^\circ\text{C}$ ($150 \pm 10^\circ\text{F}$) 10 min

specimen on a horizontal screen or perforated surface removing wrinkles without distorting or stretching it. Allow the specimen to dry in still air at room temperature not greater than 26°C (78°F).

7.3.6 Repeat the selected washing and drying cycle two more times or to an agreed number of cycles.

7.4 Conditioning and Restoration

7.4.1 After the final washing and drying cycle, condition the specimens for at least 4 h (see 6.1.5) by laying each specimen separately on the screen or perforated shelves of a conditioning rack in an atmosphere of $21 \pm 1^\circ\text{C}$ ($70 \pm 2^\circ\text{F}$) and $65 \pm 2\%$ RH.

7.4.2 For fabrics that are intended to be used in a form fitting garment, restoration techniques are sometimes used prior to determining the dimensional change. Techniques for this type of restoration are not standardized (hand pulling specimens in the length and width directions at multiple locations using an unspecified force). If restoration techniques are used, a description of the technique should be reported and results should be reported as restored dimensional change.

7.4.3 If the specimens are extremely wrinkled and the consumer would ALWAYS expect to iron a garment made from the fabric, test specimens may be hand ironed prior to re-measurement of benchmarks. Use safe ironing temperatures appropriate to the fibers in the fabric being ironed. See Table I, Safe Ironing Temperature Guide, in AATCC Method 133, Colorfastness to Heat: Hot Pressing. Exert only that pressure during pressing which is necessary to remove wrinkles.

7.4.3.1 Due to the extremely high variability of hand ironing procedures performed by individual operators (no standard test method exists for hand ironing procedures), the reproducibility of dimensional change results after hand ironing has been found to be extremely poor. Consequently, caution is advised when comparing dimensional change results after laundering and hand ironing, reported by different operators.

7.4.3.2 Hand ironing is intended primarily for the evaluation of fabrics used in garments, which require ironing to remove wrinkles prior to wearing. Use safe ironing temperatures appropriate to the fibers in the fabric being ironed. See Table I, Safe Ironing Temperature Guide, in AATCC Method 133, Colorfastness to Heat: Hot Pressing. Exert only that pressure during pressing which is necessary to remove wrinkles.

7.4.3.3 After ironing, condition specimens for at least 4 h (see 6.1.5) by laying each specimen separately on the screen or perforated shelves of a conditioning rack in an atmosphere of $21 \pm 1^\circ\text{C}$ ($70 \pm 2^\circ\text{F}$) and $65 \pm 2\%$ RH.

8. Measurement

8.1 After conditioning, lay each test specimen without tension on a flat smooth, horizontal surface. Measure and record the distance between each pair of benchmarks to the nearest millimeter, eighth or tenth of an inch. This is measurement B. If using a scale calibrated in percent dimensional change, measure each benchmark to nearest 0.5% or smallest increment on the scale and record the percent dimensional change directly.

8.2 The wrinkles in most fabrics flatten sufficiently under pressure of a measuring instrument at the time of measurement not to cause measurement bias.

9. Calculation and Interpretation

9.1 Calculation

9.1.1 If measurements were made directly in percent dimensional change, average the measurements in each direction made on the specimens after the first, third, or other specified number of washing and drying cycles. Calculate length and width averages separately to the nearest 0.1%.

9.1.2 If measurements were made to the nearest millimeter or eighth or tenth of an inch, calculate the dimensional change after the first and third or other specified washing and drying cycle as follows:

$$\text{Average \% DC} = 100 (B - A) / A$$

where:

DC = Average dimensional change

A = Average original dimension

B = Average dimension after laundering

Both the average original and average final dimensions are the averages of the measurements in each direction made on all test specimens. Calculate length and width averages separately to the nearest 0.1% (see 12.9).

9.1.3 A final measurement smaller than the original measurement results in a negative dimensional change which is shrinkage. A final measurement larger than the original measurement results in a positive dimensional change which is growth.

9.2 Interpretation

9.2.1 If the dimensional change after one washing, drying, and, if used, hand ironing cycle as calculated in 9.1, is within a specification previously agreed on, continue test procedures as directed in 7.2, 7.3 and 7.4 until an agreed upon number of cycles has been completed.

9.2.2 If the dimensional change after one washing, drying, and, if used, hand ironing cycle as calculated in 9.1 exceeds a specification previously agreed on, terminate the test.

10. Report

10.1 Report for each sample tested:

(a) Dimensional change of length and width, separately, to the nearest 0.1% with a minus sign (-) for shrinkage or a plus (+) sign for growth (see 9.1.3).

(b) Washing procedure (include type of washing, cycle and temperature) and drying procedure (include type of drying, cycle and temperature).

(c) Size of specimens and benchmarks.

(d) Size of load; i.e., 1.8 kg (4 lb) or 3.6 kg (8 lb).

(e) Number of complete washing and drying cycles (see 9.2).

(f) If fabrics were distorted or wrinkled in their original state.

(g) If fabrics were hand ironed.

(h) If fabric was restored and a restoration technique.

11. Precision and Bias

11.1 *Precision.* Precision for this test method has not been established. Until a precision statement is generated for this test method, use standard statistical techniques in making any comparisons of test results for either *within-laboratory* or *between-laboratory* averages.

11.2 *Bias.* Dimensional changes in automatic home laundering of fabrics can be defined only in terms of a test method. There is no independent method for determining the true value. As a means of estimating this property, the method has no known bias.

12. Notes

12.1 Contact AATCC, P.O. Box 12215, Research Triangle Park NC 27709; tel: 919/549-8141; fax: 919/549-8933; e-mail: orders@aatcc.org, for model number(s) and source(s) of current approved washer(s). Any other washer, which is known to give comparable results, can be used. Washing machine conditions given in Table II represent the actual speeds and times available on the current specified model(s). Other washers can vary in one or more of these settings.

12.2 Contact AATCC, P.O. Box 12215, Research Triangle Park NC 27709, tel: 919/549-8141; fax: 919/549-8933; e-mail: orders@aatcc.org, for model number(s) and source(s) of current approved dryer(s). Any other dryer, which is known to give comparable results, can be used. Dryer machine conditions given in Table III represent the actual temperatures and cool-down times available on the current specified model(s). Other dryers can vary in one or more of these settings.

12.3 Screen or perforated conditioning/drying racks available from: Somers Sheet Metal Inc., 5590 N. Church St., Greensboro NC 27405; tel: 336/643-3477; fax: 336/643-7443. Rack drawings are available from AATCC, P.O. Box 12215, Research Triangle Park NC 27709; tel: 919/549-8141; fax: 919/549-8933; e-mail: orders@aatcc.org.

12.4 Ballast are available from Testfabrics

Inc., P.O. Box 26, 415 Delaware St., W. Pittston PA 18643; tel: 570/603-0432; fax: 570/603-0433; e-mail: testfabric@aol.com; and Textile Innovators Corp., div. of SDL Atlas L.L.C., P.O. Box 8, 101 Forest St., Windsor NC, tel: 252/794-9703; fax: 252/794-9704; e-mail: tic@sdlatlas.com.

12.5 Marking pens with different size tips are available from Mark-Tex Corp., Box 681, Englewood NJ 07631; and AATCC, P.O. Box 12215, Research Triangle Park NC 27709; tel: 919/549-8141; fax: 919/549-8933; e-mail: orders@aatcc.org

12.6 A ruled template marked in percent dimensional change is available from AATCC, Box 12215, Research Triangle Park NC 27709; tel: 919/549-8141; fax: 919/549-8933; e-mail: orders@aatcc.org. A mechanical marking device and measuring tape marked in percent dimensional change is available from The Sanforized Co., 3200 Highlands Pkwy., Suite 300, Smyrna GA 30082; tel: 770/803-7662.

12.7 A digital imaging system may be used as a measuring device in place of the pre-

scribed manual measurement devices if it is established that its accuracy is equivalent to the manual devices.

12.8 If excessive fraying occurs in laundering, specimen edges may be pinked or slashed. Sewing or over-edges a specimen is not recommended as it may influence actual dimensional change results. However, in the case where AATCC Methods 124 (Appearance of Fabrics after Repeated Home Laundering) and 135 are performed on the same specimens, some woven fabric constructions may require the specimen edges to be sewn or over-edged to prevent severe raveling that could cause entanglement in washing or drying, and therefore influence the assessment of both dimensional change and smoothness.

12.9 If information on the dimensional change variability within or between specimens is desired, calculate dimensional change based on the individual points of benchmarks for within specimen data or based on the average of the three pair of benchmarks for between specimen data.

12.10 Available from AATCC, P.O. Box

12215, Research Triangle Park NC 27709; tel: 919/549-8141; fax: 919/549-8933; e-mail: orders@aatcc.org

12.11 The AATCC Technical Center conducted a study to compare the 1993 AATCC Standard Reference Detergent, AATCC Standard Reference Detergent 124 and two different types of fabrics (current and proposed) to be used as ballast, under the following test conditions:

Machine cycle: (1)—Normal Cotton
Sturdy
Washing Temp: (V)— $60 \pm 3^\circ\text{C}$ ($140 \pm 5^\circ\text{F}$)
Drying Procedure: (A)—Tumble dry, cotton
sturdy cycle
Fabrics tested: White Twill (100% cotton)
Beige Twill (100% cotton)
Grey Poplin (100% cotton)
Blue Twill (50/50 poly/
cotton)

No significant differences were found in the results using either detergent or ballast load fabrics.



Antibacterial Activity Assessment of Textile Materials: Parallel Streak Method

Developed in 1976 by AATCC Committee RA31; reaffirmed 1977, 1982, 1998; editorially revised 1980, 1982, 1983, 1986; revised 1987, 1988 (with title change), 1993; editorially revised and reaffirmed 2004.

Foreword

The Parallel Streak Method has filled a need for a relatively quick and easily executed qualitative method to determine antibacterial activity of diffusible antimicrobial agents on treated textile materials.

AATCC Method 100, Antibacterial Finishes on Textile Materials, Assessment of, is a quantitative procedure which is adequately sensitive but is cumbersome and time consuming for routine quality control and screening tests. Therefore, when the intent is to demonstrate bacteriostatic activity by the diffusion of the antibacterial agent through agar, Method 147 fulfills this need. In the Parallel Streak Method, the agar surface is inoculated making it easier to distinguish between the test organism and contaminant organisms which may be present on the unsterilized specimen. The Parallel Streak Method has proven effective over a number of years of use in providing evidence of antibacterial activity against both Gram positive and Gram negative bacteria.

1. Purpose and Scope

1.1 The objective is to detect bacteriostatic activity on textile materials. The results of using this procedure have been demonstrated by Committee RA31 to be reproducible by various laboratories working with materials containing residual amounts of antibacterial agents (as determined by chemical assay) after multiple standard washings. The method is useful for obtaining a rough estimate of activity in that the growth of the inoculum organism decreases from one end of each streak to the other and from one streak to the next resulting in increasing degrees of sensitivity. The size of the zone of inhibition and the narrowing of the streaks caused by the presence of the antibacterial agent permit an estimate of the residual antibacterial activity after multiple washings.

2. Principle

2.1 Specimens of the test material, in-

cluding corresponding untreated controls of the same material, are placed in intimate contact with nutrient agar (see 7.1 and 7.4) which has been previously streaked with an inoculum of a test bacterium. After incubation, a clear area of interrupted growth underneath and along the sides of the test material indicates antibacterial activity of the specimen. A standard strain of bacteria is used which is specific to the requirements of the material under test. If no other bacterial species is specified, *Staphylococcus aureus* may be used as a representative Gram positive organism. Other recommended strains are listed below in Section 6.

3. Terminology

3.1 **activity, n.**—of an antibacterial agent, a measure of effectiveness of the agent.

3.2 **antibacterial agent, n.**—in textiles, any chemical which kills bacteria (bactericide) or interferes with the multiplication, growth or activity of bacteria (bacteriostat).

3.3 **zone of inhibition, n.**—clear area of no growth of a microorganism, cultured onto the surface of an agar growth medium, in proximity to the borders of a specimen placed in direct contact with this agar surface.

NOTE: A zone of inhibition occurs as a result of the diffusion of an antimicrobial agent from the specimen.

4. Safety Precautions

NOTE: These safety precautions are for information purposes only. The precautions are ancillary to the testing procedures and are not intended to be all inclusive. It is the user's responsibility to use safe and proper techniques in handling materials in this test method. Manufacturers MUST be consulted for specific details such as material safety data sheets and other manufacturer's recommendations. All OSHA standards and rules must also be consulted and followed.

4.1 This test should be performed only by trained personnel. The U.S. Department of Health and Human Services publication *Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories* should be consulted (see 13.1).

4.2 CAUTION: Some of the bacteria used in this test are pathogenic; i.e., capable of infecting humans and producing disease. Therefore, every necessary and

reasonable precaution must be taken to eliminate this risk to the laboratory personnel and to personnel in the associated environment. Wear protective clothing and respiratory protection that prevents penetration by the bacteria.

4.3 Good laboratory practices should be followed. Wear safety glasses in all laboratory areas.

4.4 All chemicals should be handled with care.

4.5 An eyewash/safety shower should be located nearby for emergency use.

4.6 Sterilize all contaminated samples and test materials prior to disposal.

4.7 Exposure to chemicals used in this procedure must be controlled at or below levels set by government authorities (e.g., Occupational Safety and Health Administration [OSHA] permissible exposure limits [PEL] as found in 29 CFR 1910.1000 of January 1, 1989). In addition, the American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) Threshold Limit Values (TLVs) comprised of time weighted averages (TLV-TWA), short term exposure limits (TLV-STEL) and ceiling limits (TLV-C) are recommended as a general guide for air contaminant exposure which should be met (see 13.2).

5. Uses and Limitations

5.1 The method is not suitable for materials which tend to encapsulate and prevent the diffusion of the antibacterial agent or contain antibacterial-neutralizing substances.

6. Test Organisms

6.1 Test bacteria:

6.1.1 *Staphylococcus aureus*, American Type Culture Collection No. 6538, Gram positive organism. (see 13.3)

6.1.2 *Klebsiella pneumoniae*, American Type Culture Collection No. 4352, Gram negative organism. (see 13.3)

6.1.3 Other suitable species can also be used depending on the intended end-use of the test sample.

6.2 Whenever possible, test the activity of the culture to be used against a standard control specimen (a positive control) with known antibacterial activity.

6.3 To determine whether the antibacterial activity is due to the antibacterial agent, test a specimen of the same material treated in exactly the same way with

whatever other finishing agents were used, but without the antibacterial agent. Many standard textile finishing chemicals, especially crease resistant and permanent press reagents, will often give strong antibacterial activity even after many washes.

7. Culture Medium

7.1 Suitable broth/agar media are Nutrient, Trypticase Soy and Brain-Heart Infusion.

Nutrient Broth:	
Peptone (Bacto-peptone)	5 g
(see 13.5)	
Beef extract (see 13.6)	3 g
Distilled water	to 1000 mL

7.2 Heat to a boil to disperse ingredients. Adjust to pH 6.8 ± 0.1 with 1N NaOH solution. (This is not necessary if prepared, dehydrated medium is used.)

7.3 Dispense in 10.0 ± 0.5 mL amounts in conventional bacteriological culture tubes (i.e., 125×17 mm). Plug and sterilize at 103 kPa (15 psi) for 15 minutes.

7.4 Nutrient agar (see 13.4). Add 1.5% bacteriological agar to nutrient (or appropriate) broth. Heat to boiling. Check pH and adjust to 7.1 ± 0.1 using NaOH solution if necessary. Dispense in 15.0 ± 0.5 mL amounts in conventional bacteriological culture tubes, plug, and sterilize at 103 kPa (15 psi) for 15 min. (May be sterilized in 1,000 mL borosilicate glass flasks and petri dishes poured from this.)

8. Maintenance of Culture of Test Organisms

8.1 Using a 4 mm inoculating loop, transfer the culture daily in nutrient (or appropriate medium) broth for not more than two weeks. At the conclusion of two weeks, make a fresh transplant from stock culture. Incubate cultures at $37 \pm 2^\circ\text{C}$ ($99 \pm 3^\circ\text{F}$).

8.2 Maintain stock cultures on nutrient or appropriate agar slants. Store at $5 \pm 1^\circ\text{C}$ ($41 \pm 2^\circ\text{F}$) and transfer once a month to fresh agar (see 13.7).

9. Test Specimens

9.1 Test specimens (non-sterile) are cut by hand or with a die. They may be any convenient size. Rectangular specimens cut 25×50 mm are recommended. A 50

mm length permits the specimens to lie across 5 parallel inoculum streaks each of diminishing width from about 8 mm to 4 mm wide.

10. Procedure

10.1 Dispense sterilized nutrient (or appropriate medium) agar [cooled to $47 \pm 2^\circ\text{C}$ ($117 \pm 4^\circ\text{F}$)] by pouring 15 ± 2 mL into each standard (15×100 mm) flat bottomed petri dish. Allow agar to gel firmly before inoculating.

10.2 Prepare inoculum by transferring 1.0 ± 0.1 mL of a 24 h broth culture into 9.0 ± 0.1 mL of sterile distilled water contained in a test tube or small flask. Mix well using appropriate agitation.

10.3 Using a 4 mm inoculating loop, load one loopful of the diluted inoculum and transfer to the surface of the sterile agar plate by making five streaks approximately 60 mm in length, spaced 10 mm apart covering the central area of a standard petri dish (see 10.1) without refilling the loop. Take care not to break the surface of the agar while making the streaks.

10.4 Gently press the test specimen transversely across the five inoculum streaks to ensure intimate contact with the agar surface. This may be accomplished more easily by pressing the specimen to the agar surface with a biological section lifter or with a spatula which has been sterilized by flaming and then air cooled immediately before use.

10.5 If the specimen curls, preventing intimate contact with the inoculated surface, place sterile glass slides on the ends of the specimen to hold it in place.

10.6 Incubate at $37 \pm 2^\circ\text{C}$ ($99 \pm 4^\circ\text{F}$) for 18-24 h.

11. Evaluation

11.1 Examine the incubated plates for interruption of growth along the streaks of inoculum beneath the specimen and for a clear zone of inhibition beyond its edge. The average width of a zone of inhibition along a streak on either side of the test specimen may be calculated using the following equation:

$$W = (T - D)/2$$

where:

W = width of clear zone of inhibition in mm

T = total diameter of test specimen

and clear zone in mm

D = diameter of the test specimen in mm

11.2 The size of the zone cannot be construed as a quantitative evaluation of antibacterial activity. Treated materials should be compared to an untreated corresponding material and a material specimen with known bacteriostatic activity. Report of results will include an observation of zones of inhibition and growth under the specimen if present. The criterion for passing the test must be agreed upon by the interested parties. To constitute acceptable antibacterial activity, there must be no bacterial colonies directly under the sample in the contact area.

12. Precision and Bias

12.1 Precision for this test method has not been established. Until a precision statement is generated for this test method, use standard statistical techniques in making any comparisons of test results for either within-laboratory or between-laboratory averages.

13. Notes and References

13.1 Publication available from U.S. Department of Health and Human Services—CDC/NIH-HHS Publication No. (CDC) 84-8395.

13.2 Booklet available from Publications office, ACGIH, Kemper Woods Center, 1330 Kemper Meadow Dr., Cincinnati OH 45240, tel: 513/742-2020.

13.3 American Type Culture Collection, P.O. Box 1549, Manassas VA 20108; tel: 703/365-2700; fax: 703/365-2701.

13.4 Nutrient Agar can be obtained from Difco Laboratories, 920 Henry St., Detroit MI 48201 and from Baltimore Biological Laboratories, 250 Schilling Circle, Cockeysville MD 21030.

13.5 Peptone from Difco Laboratories (address above), or Thionine from Baltimore Biological Laboratories (address above).

13.6 Beef extract may be obtained from Baltimore Biological Laboratories (address above); Difco Laboratories (address above); or Oxoid USA Inc., 9017 Red Branch Road, Columbia MD 21045.

13.7 Consistent and accurate testing requires maintenance of a pure, uncontaminated, non-mutant test culture. Avoid contamination by using good sterile technique in plating and transferring. Avoid mutation by strict adherence to monthly stock transfers. Check culture purity by making streak plates periodically and observing for a single species-characteristic type of colonies.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวกัตติกา แก้วขาว
วัน เดือน ปีเกิด	เกิดเมื่อวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2530
ที่อยู่	271/63 ถ.ราชดำเนิน ต.ปากพูน อ.เมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช 80000
การศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรคหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ในปีการศึกษา 2552 ศึกษาต่อหลักสูตรคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะเทคโนโลยี-คหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ในปีภาคการศึกษา 1/2554 จนถึงปีภาคการศึกษา 2/2555
ประสบการณ์การทำงาน	เจ้าหน้าที่ประกันคุณภาพ บริษัท สงเสริมการทอ จำกัด หน้าที่ ควบคุมคุณภาพการผลิต สุ่มตรวจ เปิดพรีออเดอร์ Final งาน กับลูกค้าก่อนส่งมอบงาน เริ่มทำงาน 26 มิถุนายน 2553 ถึง 01 ธันวาคม 2553 Merchadiser บริษัท ยัสपाल จำกัด หน้าที่ จัดการสินค้าเข้าใหม่ ควบคุมสินค้าคงคลัง ประสานงานกับดีไซเนอร์ ติดต่องานกับ โรงงานผู้ผลิต เริ่มทำงาน 02 มิถุนายน 2554 ถึง 31 ตุลาคม 2554