ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อจุลชีพของน้ำมันหอมระเหยอบเชย กานพลู ตะไคร้

และสารยูจีนอล เพื่อประยุกต์กับระบบปรับอากาศ

นางสาวรุ่งระวี ทวีทุน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Inhibit efficiency against microbe using cinnamon, clove, citronella and eugenol for air condition system application

Miss Rungrawee Taweetun

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Environmental Engineering
Department of Environmental Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2017

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อจุลชีพของน้ำมันหอมระเหย อบเชย กานพลู ตะไคร้ และสารยูจีนอล เพื่อประยุกต์กับระบบปรับอากาศ
โดย	นางสาวรุ่งระวี ทวีทุน
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริมา ปัญญาเมธีกุล
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร.อริยา จินดามพร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.เขมรัฐ โอสถาพันธุ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริมา ปัญญาเมธีกุล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์ ดร.อริยา จินดามพร)

.....กรรมการ

(ดร.ดาว สุวรรณแสง จั่นเจริญ)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัจฉริยา สุริยะวงค์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร.ธัญภัสสร์ ทองเย็น)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รุ่งระวี ทวีทุน : ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อจุลชีพของน้ำมันหอมระเหยอบเชย กานพลู ตะไคร้ และสารยูจีนอล เพื่อประยุกต์กับระบบปรับอากาศ (Inhibit efficiency against microbe using cinnamon, clove, citronella and eugenol for air condition system application) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร.ศิริมา ปัญญาเมธีกุล, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: รศ. ดร.อริยา จินดามพร, 173 หน้า.

ปัจจุบันผู้คนใช้เวลาร้อยละ 87 อาศัยอยู่ภายในอาคาร (Indoor) ซึ่งอาคารในปัจจุบันโดยส่วนใหญ่นิยมใช้เครื่องปรับอากาศ หากมีการระบายอากาศมีมาตรการที่ไม่เหมาะสม จะทำให้มีมลพิษสะสมภายในตัวอาคาร และส่งผลต่อสุขภาพของผู้ที่อยู่อาศัยภายในอาคาร และเป็นปัจจัยส่งเสริมการเจริญของเชื้อจุลชีพได้มากยิ่งขึ้น ประเทศไทยมีสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมกับการเจริญของเชื้อจุลชีพ คือสภาวะที่มีความชื้นสูง (>60%) และอุณหภูมิที่เหมาะสม ภายในวัสดุที่มีช่องว่างหรือรูพรุน เช่น เฟอร์นิเจอร์ไม้ ผ้าม่าน พรม ฯ ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของจุลชีพ นอกจากนั้นจุลชีพบางชนิดมีการสร้างสารพิษ ทำให้เกิดภูมิแพ้ โดยเฉพาะในผู้ที่มีภูมิคุ้มกันต่ำ เชื้อราและแบคทีเรียมีโอกาสทำให้เกิดโรคติดเชื้อที่เป็นอันตรายถึงชีวิต คุณภาพอากาศภายในอาคารโรงพยาบาลจึงมีความสำคัญ การพบเห็นการเจริญของจุลชีพ บ่งบอกถึงปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารได้ นอกจากนั้นโรงพยาบาลยังเป็นสถานบริการทางด้านสาธารณสุข ทำให้เป็นแหล่งรวมของทั้งผู้ป่วยที่มาด้วยโรคติดเชื้อ หรือไม่ติดเชื้อ ส่งผลให้ภายในโรงพยาบาลมีทั้งชนิดและปริมาณเชื้อที่หลากหลาย สมุนไพรไทยหลายชนิดมีความสามารถในการกำจัดและยับยั้งการเจริญของจุลชีพได้ เช่น อบเชย กานพลู มะนาว ส้ม ตะไคร้ จึงมีการศึกษาสารสกัดจากสมุนไพรในการยับยั้งการเจริญของจุลชีพกันอย่างแพร่หลาย บรรดาสมุนไพรในการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า อบเชย กานพลู ตะไคร้ มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลชีพได้ดี แต่ยังไม่มีการนำมาปรับใช้ร่วมกับระบบปรับอากาศ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อของน้ำมันหอมระเหย 4 ชนิด โดยทำการทดสอบเบื้องต้นกับเชื้อรามาตรฐาน *Candida parapsilosis* ATCC220019 และนำมาทดสอบกับเชื้อจุลชีพที่คัดแยกได้ในธรรมชาติ พบว่าน้ำมันหอมระเหยกานพลูมีผลในการยับยั้งการเจริญของจุลชีพได้ดีที่สุดในสภาวะของเหลว โดยที่ความเข้มข้นร้อยละ 4 สามารถยับยั้งการเจริญของจุลชีพได้ทุกชนิดที่นำมาทดสอบ ในสภาวะไอระเหยพบว่าน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมที่ร้อยละ 20 สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อได้ดีที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อนำมาประยุกต์กับตู้ทดลองที่มีพัดลมหมุนเวียนอากาศพบว่าต้องเพิ่มความเข้มข้นข้นถึงร้อยละ 40 ถึงจะสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลชีพได้

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2560 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

5770456021 : MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING
KEYWORDS: ANTIMICROBIAL / FUNGI / BACTERIA / INDOOR AIR QUALITY

RUNGRAWEE TAWEETUN: Inhibit efficiency against microbe using cinnamon, clove, citronella and eugenol for air condition system application. ADVISOR: ASSOC. PROF. SIRIMA PANYAMETHEEKUL, Ph.D., CO-ADVISOR: ASSOC. PROF.ARIYA CHINDAMPORN, Ph.D., 173 pp.

These days, people spend most of their daily-life time indoors, for example residence, school, workplace, shopping mall etc. Currently most buildings used air conditioning, if they have poor ventilation, it can affect a person's health. It can include temperature, humidity and microbe from outside, or exposure to other chemicals. Thailand is well suited for the growth of microorganisms. In general, microorganisms can grow well in high humidity environments (>60%) within porous materials, such as wood furniture, curtains and rugs. Disinfectants such as sodium hypochlorite are chemical agents that are commonly used for eliminating microbe on any surface areas. These agents are also harmful to human. Some of them are carcinogenic agents. This study aimed to investigate antifungal activities of cinnamon, clove, citronella and eugenol essential oils against environmental microbe. Antifungal activities of essential oils were performed by broth microdilution method in 96 well plate against a yeast reference strain *Candida parapsilosis* ATCC220019 approved by the Clinical Laboratory and Standards Institute (CLSI). Clove oil and Eugenol had anti-microbe effect against all strains with the lowest concentration. It had MIC value at 0.0875 %v/v for *C. parapsilosis* ATCC22019, *C. albicans* and *S. aureus*, 0.25%v/v for *A. fumigatus*, 0.5%v/v for *T. asahii* and 2% for *B. cereus* and *P. aeruginosa*. Citronella had more efficacy than clove when we used in vapour phase. This oil may have a potential for developing as an alternative disinfectant with safety than existing disinfectant used.

สถาบันวิทยบริการ
Chulalongkorn University

Department:	Environmental Engineering	Student's Signature	.....
Field of Study:	Environmental Engineering	Advisor's Signature	.....
Academic Year:	2017	Co-Advisor's Signature	.....

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ศิริมา ปัญญาเมธีกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และรองศาสตราจารย์ อริยา จินดามพร อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และข้อคิดเห็นในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ทำให้จัดการสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.เขมรัฐ โอสถาพันธุ์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัจฉริยา สุริยะวงศ์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ดร.ดาว สุวรรณแสง จั่นเจริญ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ ดร.ธัญภัสสร์ ทองเย็น กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้ข้อคิดเห็น และคำแนะนำในการจัดทำวิทยานิพนธ์

ขอบพระคุณหน่วยราวิทยา ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่เอื้อเฟื้อสถานที่ทำวิจัย และเชื้อจุลชีพที่ใช้ในการศึกษา

ขอขอบพระคุณพี่ๆ น้องๆ ที่หน่วยราวิทยา ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้คำแนะนำ คำปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่และครอบครัว ที่ให้การสนับสนุนและช่วยเหลือและเป็นกำลังใจเสมอมา

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนเงินทุนวิจัยจาก บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประจำปีงบประมาณ 2560

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 คุณภาพอากาศภายในอาคาร 4
2.1.1 มลพิษอากาศภายในอาคาร 4
2.1.2 การเจ็บป่วยที่สัมพันธ์กับอาคาร 7
2.1.3 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจ็บป่วยที่สัมพันธ์กับอาคาร 8
2.2 เชื้อรา 9
2.2.1 สัณฐานวิทยาของเชื้อรา 9
2.2.2 โครงสร้างของเชื้อรา 9
2.2.3 การสืบพันธุ์ของเชื้อรา 11
2.2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของเชื้อรา 11
2.2.5 โรคที่เกิดจากเชื้อรา 12
2.2.6 เชื้อราสกุล *Aspergillus* spp. 12
2.2.7 เชื้อราสกุล *Candida* spp. 13

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

2.2.8 เชื้อราสกุล *Curvularia* spp. 13
2.2.9 เชื้อราสกุล *Trichosporon* spp. 13
2.3 แบคทีเรีย 13
2.3.1 สัณฐานวิทยาของแบคทีเรีย 13
2.3.2 โครงสร้างของแบคทีเรีย 14
2.3.3 การสืบพันธุ์ของแบคทีเรีย 15
2.3.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของแบคทีเรีย 15
2.3.5 โรคที่เกิดจากแบคทีเรีย 16
2.3.6 แบคทีเรียสกุล *Staphylococcus* spp. 16
2.3.7 แบคทีเรียสกุล *Bacillus* spp. 17
2.3.8 แบคทีเรียสกุล *Pseudomonas* spp. 17
2.4 ปริมาณเชื้อจุลชีพที่ตรวจพบภายในสถานพยาบาล 17
2.5 น้ำมันหอมระเหยและสารยูจีนอล (สำนักงานข้อมูลสมุนไพร, 2015) 21
2.5.1 น้ำมันหอมระเหยอบเชย 21
2.5.2 น้ำมันหอมระเหยกานพลู 22
2.5.3 น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม 23
2.5.4 สารยูจีนอล 23
2.5.5 องค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหย 24
2.5.6 วิธีการสกัดน้ำมันหอมระเหย 26
2.6 กลไกการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลชีพของน้ำมันหอมระเหย 27
2.7 สารทำความสะอาด 27
2.7.1 น้ำยาทำความสะอาดตามบ้านเรือน 27
2.7.2 น้ำยาทำความสะอาดทางการแพทย์ (Virkon) 28

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

2.8 การทดสอบการยับยั้งการเจริญของจุลชีพความไวรับของจุลชีพ 28
2.8.1 ความไวรับของจุลชีพ 28
2.8.2 สาร Resazurin 28
2.9 ระบบระบายอากาศ 30
2.9.1 การระบายอากาศ 30
2.9.2 มาตรฐานการระบายอากาศภายในโรงพยาบาล 30
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 32
บทที่ 3 แผนการทดลองและการดำเนินงานวิจัย 44
3.1 แผนการดำเนินงาน 44
3.2 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 45
3.2.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง 45
3.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 45
3.3 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ 46
3.4 การเตรียมเชื้อจุลชีพ 46
3.5 วิธีการทดลอง 47
3.5.1 การทดลองช่วงที่ 1 การวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหย 47
3.5.2 การทดลองช่วงที่ 2 ทดสอบความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำมันหอมระเหย และสารทำความสะอาด ที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลชีพได้โดยการสัมผัสโดยตรง 47
3.5.3 การทดลองช่วงที่ 2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการยับยั้งจุลชีพของน้ำมันหอมระเหยอบเชย กานพลู ตะไคร้ ยูจีนอล และ VirKon ในสภาวะไอระเหย 48
3.5.4 การทดลองช่วงที่ 3 ประเมินประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยเมื่อประยุกต์ใช้ในห้องที่มีระบบปรับอากาศ 50
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล 52
4.1 ผลการศึกษาองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหย 52

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

4.2 ผลการศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลชีพ 55
4.2.1 ผลการศึกษาความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำมันหอมระเหย โซเดียมไฮโปคลอไรท์ และ VirKon ในการยับยั้งการเจริญของ *C. parapsilosis* ATCC22019 55
4.2.2 การทดสอบความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำมันหอมระเหย โซเดียมไฮโปคลอไรท์ และ VirKon ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลชีพที่แยกได้จากสิ่งแวดล้อม 59
4.3 ผลการศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งจุลชีพจากไอระเหยของน้ำมันหอมระเหยอบเชย กานพลู ตะไคร้ และยูจีนอล 69
4.4 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยเมื่อประยุกต์ใช้ในตู้ทดลองที่มีการหมุนเวียนอากาศ 73
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 78
5.1 สรุปผลการวิจัย 78
5.2 ข้อเสนอแนะ 78
รายการอ้างอิง 80
ภาคผนวก 86
ภาคผนวก ก. ลักษณะของพัดลมที่ใช้ในตู้ทดลอง 87
ภาคผนวก ข. ผลการทดลองเบื้องต้น 88
ภาคผนวก ค. การทดสอบความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำมันหอมระเหย และโซเดียมไฮโปคลอไรท์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลชีพที่แยกได้จากสิ่งแวดล้อม 90
ภาคผนวก ง. เอกสารข้อมูลความปลอดภัยสารเคมี (Material Safety Data Sheet ; MSDS). 101
ภาคผนวก จ. ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อจุลชีพของไอระเหยจากน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิด . 127
ภาคผนวก ฉ. รายละเอียดการวัดองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยด้วยเครื่อง GC-MS และ GC-FID 135
ภาคผนวก ช. การคำนวณทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS 142
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 173

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันผู้คนใช้เวลาร้อยละ 87 (Jenkins, 1992) อาศัยอยู่ภายในอาคาร (Indoor) ทั้งที่อยู่อาศัย โรงเรียน โรงพยาบาล สถานที่ทำงาน ห้างสรรพสินค้า เป็นต้น ซึ่งอาคารในปัจจุบันโดยส่วนใหญ่นิยมใช้เครื่องปรับอากาศ ถ้ามีการจัดการการระบายอากาศที่ไม่ดีจะทำให้มีการสะสมมลพิษอากาศไว้ภายในตัวอาคาร คุณภาพอากาศในอาคาร (indoor air quality) จึงมีความสำคัญต่อผู้อยู่อาศัยในอาคารนั้นๆ มลพิษหลายชนิดในอาคารนั้นพบว่ามีมากกว่าในสิ่งแวดล้อมภายนอกทำให้เกิดโรคภัยจากการอยู่ภายในอาคาร (Sick Building Syndrome) นอกจากนั้นปัญหาโรคภัยไข้เจ็บที่เกิดขึ้นจะต่างกันขึ้นกับชนิดของมลพิษที่ได้รับและเงื่อนไขด้านสุขภาพของแต่ละบุคคล (แม้นทรวง ,2012) ซึ่งปัญหาโรคภัยไข้เจ็บอาจเกิดจากการปนเปื้อนสารเคมี ฝุ่นละออง อนุภาคต่างๆ หรืออนุภาคแขวนลอยทางชีวภาพ (bioaerosols) เช่น แบคทีเรีย รา ไวรัส และปรสิต

ประเทศไทยมีสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมกับการเจริญของเชื้อจุลชีพ โดยทั่วไปเชื้อจุลชีพสามารถเจริญได้ดีในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสูง (>60%) ภายในวัสดุที่มีช่องว่างหรือรูพรุน เช่น เฟอร์นิเจอร์ไม้ ผ้าม่าน พรม ฯ และอุณหภูมิที่เหมาะสม ซึ่งขึ้นกับชนิดของจุลชีพ ในการศึกษานี้สนใจศึกษาเฉพาะเชื้อราและเชื้อแบคทีเรียที่สามารถแพร่กระจายในอากาศได้ เชื้อรามีหลายชนิดมีทั้งประโยชน์และโทษ โทษของเชื้อราเกิดจากสปอร์ของเชื้อราที่เป็นสารก่อภูมิแพ้ เช่น ทำให้เกิดโรคระบบทางเดินหายใจ โรคผิวหนังบางชนิด (สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย, 2008) ในทำนองเดียวกัน เชื้อแบคทีเรียแต่ละชนิดก็มีประโยชน์และโทษแตกต่างกันไป เชื้อราและแบคทีเรียที่พบภายในอาคารเกิดจากระบบระบายอากาศที่มีการดูดอากาศจากภายนอกเข้ามาภายในอาคาร ซึ่งเชื้อราและแบคทีเรียสามารถแขวนลอยในอากาศในรูปแบบของอนุภาคทางชีวภาพโดยไม่ต้องยึดติดกับสิ่งใด ทำให้เกิดการแพร่กระจายของเชื้อภายในอาคาร (Fischman, 2007)

คุณภาพอากาศภายในอาคารโรงพยาบาลมีความสำคัญต่อสุขภาพของผู้ที่อยู่อาศัยภายใน ทั้งบุคคลากรทางการแพทย์ ผู้ป่วย และญาติของผู้ป่วย เป็นต้น การเจริญของเชื้อราและแบคทีเรียภายในอาคารบ่งบอกถึงปัญหาทางด้านคุณภาพอากาศภายในตัวอาคารได้ นอกจากนั้นโรงพยาบาลยังเป็นสถานบริการทางด้านสาธารณสุข ทำให้เป็นแหล่งรวมของทั้งผู้ป่วยที่มาด้วยโรคติดเชื้อ หรือไม่ติดเชื้อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ส่งผลให้ภายในโรงพยาบาลมีปริมาณเชื้อต่างๆ ซึ่งอาจมาจากตัวผู้ป่วยเอง หรือติดมากับเสื้อผ้าของญาติผู้ป่วย หรือตัวบุคลากร (กฤษณียา ศังขจันทรานนท์, 2005; Jareemit. D., 2006) นอกจากนั้นเชื้อราและแบคทีเรียที่เจริญอยู่ภายในอาคารยังสามารถก่อให้เกิดโรคในมนุษย์ ทั้งการติดเชื้อจากคนสู่คนทางระบบทางเดินหายใจ (communicable respiratory pathogens) และการติดเชื้อฉวยโอกาสที่สามารถติดต่อได้ในบุคคลที่มีสุขภาพอ่อนแอ (primary nosocomial) หากได้รับการสัมผัสสปอร์เป็นจำนวนมากและระยะเวลานาน เช่น โรคหลอดลมอักเสบ โรคหืด หอบ โรคติดเชื้อทางเดินหายใจเฉียบพลัน ฯลฯ ในการศึกษาชนิดและปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่ก่อโรคในโรงพยาบาลของ กฤษณียา ศังขจันทรานนท์ (2005) พบว่า เชื้อราที่พบมากที่สุด 3 อับดับแรกในโรงพยาบาลคือ *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp. และ *Curvularia* spp. โดยมีปริมาณ 309 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร, 217 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร และ 138 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของศิริพร ศรีเทวิน (2011) และ ณัติฐพงศ์ เด่นจักรวาล (2005) นอกจากนั้นความชุกของกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารในโรงพยาบาลกลางคิดเป็นร้อยละ 24.62 (จิตรลดา ต้นพรหม, 2010)

วิธีแนะนำในการกำจัดจุลชีพในบรรยากาศในอาคารโดยทั่วไปจะแก้ไขที่ต้นเหตุซึ่งส่วนใหญ่มาจากระบบปรับอากาศของตัวอาคารคือ การควบคุมความชื้นภายในตัวอาคารไม่ให้เกินร้อยละ 60 การทำให้อากาศหมุนเวียนถ่ายเท และการใช้แผ่นกรองอากาศที่เหมาะสม (สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย, 2008)

การใช้สารยับยั้งเชื้อจุลชีพโดยทั่วไปจะมีส่วนประกอบของสารเคมี เช่น แอลกอฮอล์ คลอรีน ซึ่งมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อได้ดี แต่ถ้าได้รับในปริมาณมากจะมีผลต่อสุขภาพของมนุษย์ (ศูนย์พิษวิทยารามาธิบดี, 2015; วรรณพร ศรีสุคนธรัตน์, 2015) สมุนไพรไทยหลายชนิดมีความสามารถในการกำจัดและยับยั้งการเจริญของจุลชีพได้ เช่น อบเชย กานพลู มะนาว ส้ม ตะไคร้ จึงมีการศึกษาสารสกัดจากสมุนไพรในการยับยั้งการเจริญของจุลชีพกันอย่างแพร่หลาย ในบรรดาสมุนไพรในการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า อบเชย กานพลู ตะไคร้ มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลชีพได้ดี แต่ยังไม่มีการนำมาปรับใช้ร่วมกับระบบปรับอากาศ การศึกษานี้จึงสนใจนำมาศึกษาร่วมกับระบบปรับอากาศ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการยับยั้งจุลชีพของน้ำมันหอมระเหยอบเชย กานพลู ตะไคร้ และสารยูจีนอล (eugenol)

1.2.2 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยเมื่อประยุกต์ใช้ในห้องที่มีระบบปรับอากาศ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาระดับห้องปฏิบัติการ มีขอบเขตงานวิจัย ดังนี้

1.3.1 น้ำมันหอมระเหยที่ใช้ในงานวิจัยคือ น้ำมันหอมระเหยอบเชย กานพลู ตะไคร้ ยูจีนอล และสารทำความสะอาดโซเดียมไฮโปคลอไรด์ และVirKon

1.3.2 จุลชีพที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ เชื้อรามาตรฐาน *Candida parapsilosis* ATCC22019 และเชื้อจุลชีพจากสิ่งแวดล้อม ได้แก่ เชื้อรา *Aspergillus fumigatus, Candida albicans, Curvularia lunata, Trichosporon asahii* และแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus, Bacillus cereus* และ *Pseudomonas aeruginosa*

1.3.3 อุณหภูมิที่ใช้ในการบ่มเชื้อ คือ 30 องศาเซลเซียส และ 35 องศาเซลเซียส

1.3.4 การทดสอบทำในห้องที่มีระบบปรับอากาศ ใช้การจำลองโดยตู้ทดลอง ขนาด 0.155 ลูกบาศก์เมตร (กว้าง 38.1 เซนติเมตร ยาว 76.2 เซนติเมตร สูง 53.34 เซนติเมตร)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้น้ำมันหอมระเหยในปริมาณที่เหมาะสมในการยับยั้งเชื้อราและเชื้อแบคทีเรีย

1.4.2 ได้ผลิตภัณฑ์หรือรูปแบบของน้ำมันหอมระเหยที่สามารถประยุกต์ใช้กับระบบปรับอากาศ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 คุณภาพอากาศภายในอาคาร

คุณภาพอากาศในอาคาร แสดงถึงสภาพอากาศที่อยู่ภายในอาคารที่พักอาศัยและบริเวณโดยรอบ คุณภาพอากาศภายในอาคารที่เหมาะสมสามารถดูได้จากสุขภาพและความสะดวกสบายของบุคคลที่อยู่ภายในอาคารนั้น

ปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ไม่เหมาะสมเกิดจากการปนเปื้อนจุลชีพ เช่น เชื้อรา และแบคทีเรีย หรือ ก๊าซมลพิษ เช่น ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds; VOCs) สารฟอร์มัลดีไฮด์ (Formaldehyde) นอกจากนั้นยังมีปัจจัยทางกายภาพ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น แสงสว่าง ฝุ่นละออง รวมถึงการหมุนเวียนอากาศ และระบบระบายอากาศภายในอาคาร

2.1.1 มลพิษอากาศภายในอาคาร

มลพิษอากาศภายในอาคาร (Indoor air pollution) หมายถึง ภาวะที่อากาศภายในอาคารมีสิ่งเจือปน ในปริมาณและระยะเวลานานพอที่จะส่งผลต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์และสิ่งแวดล้อมในบริเวณนั้น โดยสารมลพิษทางอากาศภายในอาคารที่ส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์ มีดังนี้

1. ก๊าซและสารอินทรีย์ระเหย (Gas and VOCs)

กิจกรรมภายในอาคารของมนุษย์บางกิจกรรมทำให้เกิดมลพิษ เช่น การถ่ายเอกสาร การทำงานของเครื่องเลเซอร์ ปริ้นเตอร์ การหุงต้ม การจุดธูปเทียนเครื่องหอม การสูบบุหรี่ การจุดขดยากันยุง โดยในบ้านเรือนทั่วไปไม่มีระบบระบายไอเสีย ทำให้เกิดก๊าซมลพิษในปริมาณสูงสะสมในตัวอาคาร เช่น CO, NO_2 และ O_3 เป็นต้น รวมถึงไอเสียหรือฝุ่นละอองขนาดเล็กที่เล็ดลอดเข้ามาจากภายนอกอาคาร เช่น ไอเสียจากยานพาหนะ การเผาขยะ จากการแลกเปลี่ยนอากาศของอาคาร ซึ่งการได้รับก๊าซมลพิษในปริมาณมากก่อให้เกิดผลกระทบต่อร่างกายได้ดังตารางที่ 2-1

สารประกอบอินทรีย์ระเหย คือ สารอินทรีย์ที่สามารถระเหยเป็นไอได้ที่อุณหภูมิห้อง แบ่งได้เป็น 3 ประเภทย่อยตามจุดเดือด ได้แก่ สารอินทรีย์ระเหยง่าย (VVOCs) สารอินทรีย์ระเหย (VOCs) และสารอินทรีย์กึ่งระเหย (SVOCs) ซึ่งสารอินทรีย์ระเหยหลายประเภทสามารถพบได้ในอุตสาหกรรมทั้ง สารทำละลาย หมึกพิมพ์ กาว สารซักแห้ง น้ำมันเชื้อเพลิง สี เป็นต้น สารเหล่านี้เป็นส่วนประกอบของอุปกรณ์ภายในอาคาร ทำให้ภายในอาคารมีปริมาณสารอินทรีย์ระเหยมากกว่าภายนอกอาคาร 2-5 เท่า (Wallace, 1987)

ตารางที่ 2 - 1 ปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศภายในอาคารและผลกระทบต่อสุขภาพ (สถาบันบำราศนราดูร กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข, 2007)

มลพิษ	ความเข้มข้นมลพิษ ค่าเฉลี่ย 8 ชั่วโมง	ผลกระทบ
ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์	ไม่เกิน 9 ppm	อาการมึนงง วิงเวียนศีรษะ อาเจียน แน่นหน้าอก เสียการทรงตัว อ่อนเพลีย หมดแรง รู้สึกสับสน และเกิดสภาวะสมองขาดออกซิเจน เนื่องจาก CO สามารถรวมตัวกับฮีโมโกลบินในเลือดได้ดีกว่าก๊าซออกซิเจนประมาณ 200 - 250 เท่า
ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์	ไม่เกิน 0.08 ppm	ระคายเคืองต่อบริเวณที่ได้รับสัมผัส เช่น ผิวหนัง เยื่อบุตา จมูก และคอ เป็นต้น รวมทั้งทำให้มีอาการเจ็บหน้าอก ไอ หายใจติดขัด และภูมิต้านทานโรคทางเดินหายใจลดลง
สารอินทรีย์ระเหย	-	ระคายเคืองตาและจมูก คลื่นไส้ ปวดศีรษะ
ก๊าซโอโซน	-	ความเข้มข้น 100 μg/m^3 ส่งผลให้มีอัตราการตายต่อวันสูงขึ้น 1 - 2 %

หมายเหตุ – คือ ยังไม่มีการกำหนดระดับของสารภายในอาคาร เพื่อป้องกันการสัมผัสระยะยาว

2. ฝุ่นละอองขนาดเล็ก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

อนุภาคขนาดเล็กสามารถแบ่งตามสมบัติทางชีววิทยาได้ 2 ชนิด ได้แก่ อนุภาคขนาดเล็กที่มาจากสิ่งมีชีวิต และสิ่งไม่มีชีวิต (Burroughs และHansen, 2008) ซึ่งสามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ได้

- **อนุภาคขนาดเล็ก (Particulate matter)**

อนุภาคขนาดเล็กที่แขวนลอยในอากาศอาจมีลักษณะทางกายภาพที่ต่างกัน เกิดจากกิจกรรมบางประเภท เช่น การถ่ายเอกสาร การจุดธูปบูชา การใช้เตาไฟฟ้า โดยอนุภาคขนาดเล็กที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจได้ เรียกว่า Respirable particles มีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 10 ไมโครเมตร โดยที่อนุภาคที่มีขนาดเล็กจะสามารถเข้าไปในระบบทางเดินหายใจได้ลึกกว่าอนุภาคขนาดใหญ่

● **ไรฝุ่น (Dust mite)**

ไรฝุ่นเป็นสัตว์ในกลุ่มเดียวกับแมงมุม มีขนาด 250-300 ไมโครเมตร ไม่สามารถเห็นได้ด้วยตาเปล่า กินเศษผิวหนังที่ตายแล้วของมนุษย์หรือสัตว์ เจริญได้ดีในสภาพอากาศที่มีความชื้น ร้อยละ 70 ถึง 73 อาศัยอยู่ในที่นอน พรม เฟอร์นิเจอร์ที่มีส่วนประกอบเส้นใยผ้า และปล่อยของเสียที่สามารถแพร่กระจายในอากาศ เมื่อสูดดมเข้าไปสามารถกระตุ้นให้เกิดภูมิแพ้หรือหอบหืดได้ (Godish, 1989)

● **ราและแบคทีเรีย (Microbial)**

ราและแบคทีเรียพบได้ทั่วไปในสิ่งแวดล้อมจัดเป็นละอองทางชีวภาพ มีขนาดประมาณ 0.02-100 ไมโครเมตร โดยส่วนใหญ่แล้วไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ เพราะเมื่อมีการสูดหายใจเข้าสู่ร่างกายแล้วร่างกายสามารถขับออกโดยกลไกทางกายภาพหรือระบบภูมิต้านทานของร่างกาย ยกเว้นบุคคลที่ภูมิคุ้มกันไวต่อการกระตุ้นซึ่งทำให้เกิดอาการตามมา (Crook และBurton, 2010) เชื้อจุลชีพที่มักพบปนเปื้อนในอาคาร ได้แก่ *Penicillium* spp., *Aspergillus* spp. *Cladosporium* spp. และ *Alternaria* spp. (Godish, 1989) โดยพบสปอร์และเส้นใยของราแพร่กระจายในอากาศ ขนาดสปอร์ 3 - 200 ไมโครเมตร ปัจจัยในการกระตุ้นการเจริญของรา คือ ความชื้นสูง สภาวะอากาศถ่ายเทไม่ดี ราบางชนิดสามารถผลิตสารพิษที่เรียกว่า mycotoxins ซึ่งอาจมีผลต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนั้นรายังสามารถสร้างสารอินทรีย์ระเหยทางจุลชีพ (Microbial Volatile Organic Compounds; MVOCs) ทำให้เกิดกลิ่นเฉพาะ ในกลุ่มผู้มีความเสี่ยงสูง เช่น ผู้ที่มีภูมิต้านทานต่ำ ผู้ที่เป็นโรคภูมิแพ้ สปอร์ของราซึ่งมักจะเกาะอยู่บนอนุภาคฝุ่นจะไปกระตุ้นให้เกิดโรคหอบหืด โรคหลอดลมอักเสบหรือจมูกอักเสบ และอาจนำไปสู่การบุกรุกทำให้เกิดการติดเชื้อที่รุนแรงขึ้นได้ สำหรับแบคทีเรียแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างในการเจริญเติบโต บางชนิดอาศัยอยู่ในอากาศร้อน ในที่มีน้ำขัง ในหอผึ่งเย็น (Cooling tower water) หรือ อาศัยอยู่ในระบบระบายอากาศ เมื่อมีปริมาณมากทำให้สามารถหลุดออกจากพื้นผิวและลอยปะปนอยู่ในอากาศ เมื่อมนุษย์ได้รับสัมผัสก็จะทำให้เกิดโรคได้ เช่น ภูมิแพ้ หอบหืด โพรงจมูกอักเสบ หรือโรคจำเพาะเช่น โรคลีเจียนแนร์ที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย *Legionella pneumophila*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.1.2 การเจ็บป่วยที่สัมพันธ์กับอาคาร

แบ่งออกได้ 2 ประเภท (ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล, 2005) ได้แก่

- **กลุ่มอาการป่วยเหตุอาคาร (Sick Building Syndrome: SBS)**

อาการป่วยเหตุอาคาร คือภาวะผิดปกติด้านสุขภาพทั่วไปทั้งทางตา จมูก ลำคอ ระบบหายใจส่วนล่าง ผิวหนัง เป็นต้น ที่เกิดขึ้นคล้ายกันในกลุ่มคนทำงานในอาคารสำนักงาน แต่ไม่สามารถระบุสาเหตุที่แน่นอนได้ โดยอาการป่วยเหตุอาคารเป็นอาการที่ไม่มีลักษณะเฉพาะโรค มักจะดีขึ้นหรือหายไปเมื่อออกนอกอาคาร นอกจากนั้นยังสามารถเรียก "ความเจ็บป่วยเหตุไม่จำเพาะในอาคาร" (Non-specific building-related illness) และ "กลุ่มอาการอาคารปิดสนิท" (Tight building syndrome) ได้อีกด้วย

(1) สาเหตุของโรค

1. การระบายอากาศไม่เพียงพอ (Inadequate ventilation) ทำให้มีก๊าซมลพิษสะสมภายในตัวอาคาร

2. สารเคมีภายในอาคาร (Contamination from indoor sources) จากกิจกรรมภายในอาคารหรือเฟอร์นิเจอร์ เช่น โอโซน สารประกอบอินทรีย์ระเหย

3. สารเคมีจากภายนอกอาคาร (Contamination from outdoor sources) สารมลพิษที่สามารถเล็ดลอดเข้ามาภายในอาคารได้ เช่น มลพิษจากการจราจร

4. สารชีวภาพภายในอาคาร (Microbial contamination) จุลชีพในระบบปรับอากาศ ระบบระบายอากาศแบบรวม หอผึ่งเย็น ตัวกรอง ตัวปรับความชื้น

5. วัสดุตกแต่งเฟอร์นิเจอร์ในอาคาร (Building fabric as contaminant sources) วัสดุตกแต่งในอาคาร น้ำยาทำความสะอาด สี และอุปกรณ์เครื่องใช้ในสำนักงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(2) อาการของโรค

1. กลุ่มอาการทั่วไป ลักษณะอาการส่วนใหญ่ไม่จำเพาะเจาะจงต่อโรคใดโรคหนึ่ง เป็นอาการที่พบได้ทั่วไปของระบบประสาท เช่น ปวดศีรษะแบบตื้อเหมือนมีอะไรมาบีบรัด มึนศีรษะ ง่วงนอน หงุดหงิด ขาดสมาธิในการทำงาน คลื่นไส้ รู้สึกเหนื่อย อ่อนเพลีย

2. กลุ่มอาการระคายเคืองต่อเยื่อบุ เช่น เยื่อบุตา จมูก ลำคอ เป็นกลุ่มอาการที่พบได้บ่อยที่สุดในกลุ่มผู้ทำงานในอาคารที่มีระบบปรับอากาศ โดยกลุ่มอาการทางตา ส่วนใหญ่เป็นการระคายเคืองตา น้ำตาไหล คันตา ตาแห้ง แสบตา ตาแดงโดยที่ไม่มีการอักเสบหรือติดเชื้อของตา สำหรับกลุ่มอาการทางจมูก พบได้ตั้งแต่การรู้สึกระคายเคืองจมูก คัดจมูก คันจมูก น้ำมูกไหล ซึ่งคล้ายกับอาการของโรคภูมิแพ้ บางครั้งอาจพบอาการแสบจมูก เลือดกำเดาไหลหรือการได้รับกลิ่นของจมูกผิดปกติ

และกลุ่มอาการทางลำคอ มีอาการคล้ายกับการติดเชื้อระบบทางเดินหายใจ เช่น คอแห้ง แสบคอ ระคายคอ เจ็บคอ กลืนลำบาก เสียงแหบ

3. กลุ่มอาการระบบหายใจส่วนล่าง พบได้น้อยกว่าอาการกลุ่มอื่น ลักษณะอาการส่วนใหญ่คล้ายกับโรคหอบหืด เช่น แน่นหน้าอก หายใจลำบาก อึดอัดบริเวณทรวงอก หายใจขัด แต่ไม่เคยมีประวัติโรคหอบหืดในอดีต รวมทั้งอาจพบว่าผู้ที่ไม่ได้สูบบุหรี่หรือรับควันบุหรี่แต่มีอาการไอ

4. กลุ่มอาการทางผิวหนัง มักเป็นบริเวณที่สัมผัสได้ง่าย อาการที่พบ เช่น ระคายเคืองใบหน้า ผื่นขึ้นบริเวณใบหน้า มักพบในผู้ทำงานกับคอมพิวเตอร์ นอกจากนั้นอาจมีอาการผิวแห้ง ผื่นนูนแดง ผื่นคัน ผื่นผิวหนังอักเสบ

- **กลุ่มการเจ็บป่วยเนื่องจากอาคาร (Building Related Illness: BRI หรือ Specific building related illness)**

การเจ็บป่วยเนื่องจากอาคาร มีลักษณะอาการคล้ายกับ SBS แต่จะมีอาการรุนแรงมากขึ้น ได้แก่ เป็นไข้ ปวดกล้ามเนื้อ หนาวสั่น ไอ แน่นหน้าอก และยังคงมีอาการอยู่แม้ว่าจะออกจากอาคารแล้วก็ตาม

2.1.3 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจ็บป่วยที่สัมพันธ์กับอาคาร

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเจ็บป่วยเหตุอาคารประกอบด้วยปัจจัยด้านบุคคล สภาพแวดล้อม ลักษณะงาน และลักษณะอาคาร แสดงดังตารางที่ 2-2 ความชุกและอาการเจ็บป่วยเหตุอาคารมีความแตกต่างกัน เนื่องจาก

(1) ปัจจัยด้านบุคคล แต่ละบุคคลจะมีความไวในการรับสัมผัสที่แตกต่างกัน

(2) สภาพแวดล้อมในการทำงานในอาคารเดียวกันแตกต่างกันไปตามกิจกรรมของผู้ที่อาศัยอยู่ภายในอาคาร และอุปกรณ์เครื่องใช้สำนักงานในแต่ละบริเวณของอาคาร

(3) ลักษณะงานของแต่ละบุคคลมีความแตกต่างกัน ทำให้ได้รับสารมลพิษที่แตกต่างกัน

(4) ลักษณะอาคาร อาคารเก่ามักถูกสร้างขึ้นให้มีลักษณะทึบมีการแลกเปลี่ยนอากาศจากภายนอกในปริมาณต่ำ เพื่อเก็บความเย็นไว้ภายในอาคาร

ตารางที่ 2 - 2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเจ็บป่วยเหตุอาคาร (สร้อยสุดา เกสรทอง, 2006)

ปัจจัยด้านต่างๆ	รายละเอียด
ด้านบุคคล	เพศหญิง อายุน้อยกว่า 40 ปี มีประวัติโรคภูมิแพ้ สูบบุหรี่
ด้านสภาพแวดล้อม	มีคนทำงานอยู่ในห้องเป็นจำนวนมาก ขาดการทำความสะอาด มีน้ำรั่วซึม
ด้านลักษณะงาน	งานเอกสาร งานที่ใช้คอมพิวเตอร์เป็นเวลานาน ใกล้กับเครื่องถ่ายเอกสาร ชั่วโมงการทำงานนาน มีความเครียด
ด้านลักษณะอาคาร	มักเป็นอาคารเก่า มีการใช้เครื่องปรับอากาศและระบบปรับความชื้นภายในอาคาร อากาศหมุนเวียนน้อย

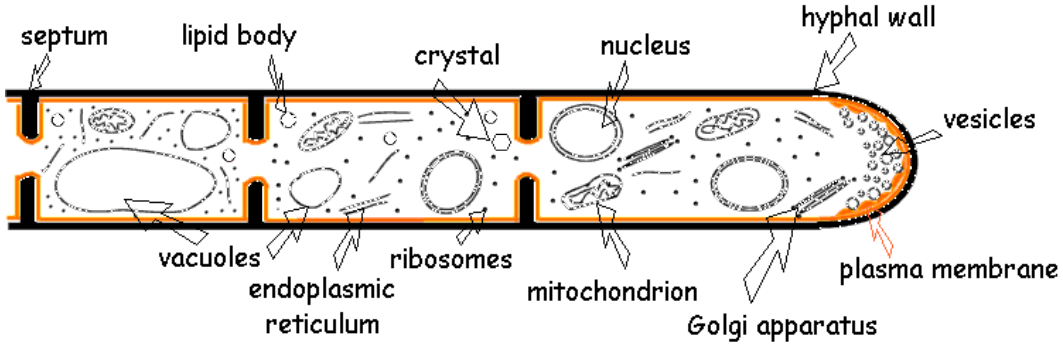
2.2 เชื้อรา

2.2.1 สัณฐานวิทยาของเชื้อรา

เชื้อราเป็นจุลชีพประเภทยูคาริโอต (Eukaryotes) ส่วนใหญ่เจริญเติบโตด้วยการใช้อินทรียวัตถุที่ไม่มีชีวิต (Saprophytes) เป็นอาหาร เชื้อรามีเพียงไม่กี่สายพันธุ์เท่านั้นที่สามารถก่อให้เกิดโรคที่รุนแรงในมนุษย์ การเกิดโรคจากเชื้อราอาจเกิดได้จากการสัมผัส การถูกของมีคมที่มีเชื้อราติดอยู่ทิ่มแทง หรือการสูดดมเอาสปอร์ของเชื้อราเข้าไปในร่างกายโดยตรงทำให้เกิดโรคติดเชื้อภายในร่างกาย

2.2.2 โครงสร้างของเชื้อรา

โครงสร้างของเชื้อราประกอบด้วยส่วนต่างๆดังภาพที่ 2-1



ภาพที่ 2 - 1 โครงสร้างของเชื้อรา

ที่มา http://www.fungionline.org.uk/3hyphae/1hypha_ultra.html

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

(1) ผนังเซลล์ (Cell wall)

ผนังเซลล์ (cell wall) ผนังเซลล์ของเชื้อราทำหน้าที่คงรูปร่างของเซลล์ ในราส่วนมากจะมีผนังเซลล์ประกอบด้วยสารพวกไคทิน (Chitin; N-acetyl glucosamine) หรือเซลลูโลสกับไคทิน นอกจากนี้ยังมีสารอื่นๆ แตกต่างกันไปตามเชื้อราแต่ละชนิด

(2) เซลล์เมมเบรน (Cell membrane)

เซลล์เมมเบรนทำหน้าที่เป็นเยื่อเลือกผ่าน (Semipermeable membrane) ห่อหุ้มโปรโตปลาสซึม ใช้ในการแลกเปลี่ยนสารระหว่างภายนอกเซลล์กับภายในเซลล์ มีลักษณะเป็นเยื่อ 2 ชั้น (Lipid bilayer) แต่ละชั้นประกอบด้วย ส่วนหัว (Head) และส่วนหาง (Tail)

(3) นิวเคลียส (Nucleus)

นิวเคลียสถูกล้อมรอบด้วยเยื่อหุ้มนิวเคลียสประกอบด้วยเยื่อหุ้ม 2 ชั้น นิวเคลียสประกอบด้วยสารพันธุกรรมอยู่ภายใน เช่น rRNA ทำหน้าที่ในการสังเคราะห์ไรโบโซม และ DNA จำนวนมากรวมกันเป็นโครโมโซม ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานต่างๆของเซลล์

(4) เอนโดพลาสมิกเรติคูลัม (Endoplasmic Reticulum, ER)

เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมมีลักษณะแบนคดเคี้ยว แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ แบบเรียบไม่มีไรโบโซมมาเกาะ (Smooth Endoplasmic Reticulum : SER) ทำหน้าที่เกี่ยวกับการย่อยสารอาหาร และแบบขรุขระมีไรโบโซมมาเกาะ (Rough Endoplasmic Reticulum : RER) ทำหน้าที่ในการสังเคราะห์โปรตีน

(5) กอลจิแอพพาราทัส (Golgi apparatus)

กอลจิแอพพาราทัสเป็นออร์กาเนลประกอบด้วยถุงมีลักษณะคล้ายจานซ้อนกันอยู่ ทำหน้าที่ขนส่งโปรตีนไปยังส่วนต่างๆในเซลล์และขนส่งสารออกจากเซลล์

(6) ไมโตคอนเดรีย (Mitochondria)

ไมโตคอนเดรียทำหน้าที่สร้างพลังงานให้แก่เซลล์ ประกอบด้วยเยื่อหุ้ม 2 ชั้น ชั้นนอกมีลักษณะม้วนทบกันเรียก cristae ทำให้มีพื้นผิวมาก เป็นบริเวณที่เกิดกระบวนการหายใจระดับเซลล์

(7) ไรโบโซม (Ribosome)

ไรโบโซมไม่มีเยื่อหุ้ม ทำหน้าที่ในการสร้างโปรตีนร่วมกับ mRNA และ tRNA พบอิสระในไซโตพลาสซึมหรือเกาะอยู่กับเอนโดพลาสมิกเรติคูลัม

(8) แวคิวโอล (Vacuole)

แวคิวโอลมีลักษณะเป็นถุงมีเยื่อหุ้มภายในมีเม็ดสี (Pigment) ประกอบด้วยของเหลวหรือของแข็งอยู่กับเซลล์ ทำหน้าที่สะสมอาหารและเก็บของเสียจากกระบวนการต่างๆ

(9) เส้นใย (Hyphae) เส้นใยของราจำแนกได้ 2 แบบ ได้แก่

1. เส้นใยที่ไม่มีผนังกั้น (Non-septate hyphae หรือ Coenocytic hyphae) มีลักษณะเป็นท่อทะลุถึงกันตลอดทั้งเซลล์ที่มีหลายนิวเคลียส

2. เส้นใยที่มีผนังกั้น (Septate hypha) เป็นเส้นใยที่แต่ละเซลล์จะมีผนังกั้นไว้ทำให้ดูลักษณะเป็นท่อนๆ โดยเชื่อมกันด้วยรูตรงกลางของผนังกั้น ภายในเซลล์มีนิวเคลียสและไซโทพลาสซึม ในแต่ละเซลล์อาจมีหนึ่งนิวเคลียส (Uninucleate) หรือหลายนิวเคลียส (Multinucleate)

2.2.3 การสืบพันธุ์ของเชื้อรา

รามีการสืบพันธุ์ 2 แบบ คือ การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (Asexual reproduction) และการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ (Sexual reproduction)

การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศมีได้หลายแบบ ได้แก่

(1) การหักเป็นท่อนๆ (Fragmentation) เกิดจากเส้นใยที่ฉีกขาด สามารถเจริญเป็นเซลล์ใหม่ได้

(2) การแตกหน่อ (Budding) เกิดได้โดยเซลล์แม่มีการยื่นออกมาเป็นหน่อเล็กๆ และเจริญเป็นเซลล์ใหม่

(3) การแบ่งตัว (Fission) เกิดจากเซลล์คอดลงตรงกลางและแบ่งออกเป็น 2 ส่วน

(4) การสร้างสปอร์ (sporulation) เช่น โคนิดิโอสปอร์ (Conidiospore) บลาสโตสปอร์ (Blastospore) และ สปอร์แรงจิโอสปอร์ (Sporangiospore)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศโดยใช้สปอร์ เช่น แอสโคสปอร์ (Ascospore) เบสิดิโอสปอร์ (Basidiospore) และ ไซโกสปอร์ (Zygospore)

2.2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของเชื้อรา

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของราในสภาวะหนึ่งๆ ได้แก่

(1) ความชื้น หรือน้ำ เชื้อราสามารถเจริญได้ดีในสภาพพื้นที่ที่มีความชื้นสูง (>60%)

(2) ออกซิเจน (O_2) เป็นปัจจัยสำคัญในการเจริญของเชื้อราแต่ละชนิด

(3) ความเป็นกรด-เบส (Acidity - Alkalinity, pH) ต้องมีการควบคุม pH เพื่อไม่ให้ขัดขวางการเจริญของเชื้อรา โดยส่วนใหญ่เชื้อราสามารถเจริญได้ดีในสภาวะเป็นกรด

(4) อุณหภูมิ (Temperature) ราส่วนใหญ่สามารถเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 20-35 องศาเซลเซียส ซึ่งในราแต่ละชนิดจะมีความสามรถในการทนความร้อนได้แตกต่างกัน

2.2.5 โรคที่เกิดจากเชื้อรา

โรคที่เกิดจากเชื้อรา คือโรคที่อวัยวะหรือเนื้อเยื่อภายในร่างกายติดเชื้อรา ทำให้เกิดอาการของโรคต่างๆขึ้น ผู้ที่มีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อได้ง่าย เช่น ผู้ที่มีสภาวะภูมิคุ้มกันต่ำ เด็ก สตรีมีครรภ์ คนชรา ผู้ที่ได้รับยาปฏิชีวนะเป็นประจำ ผู้ที่กินยากดภูมิคุ้มกัน โดยที่โรคที่เกิดจากเชื้อราในคนแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทได้แก่ (พรพรรณ ภูมิรัตน์, 2013)

(1) Toxigenic fungi คือ เชื้อราที่มีสารพิษอยู่ภายในตัวและสามารถปล่อยสารพิษออกมาสู่ภายนอกได้ และส่งผลต่อผู้ที่ได้รับสารพิษดังกล่าวทันทีเมื่อได้รับในปริมาณมาก หรือได้รับในระยะเวลานาน จนก่อให้เกิดความผิดปกติของร่างกาย เช่น สาร mycotoxin ที่ปล่อยออกมาจากเชื้อราทำให้ผู้ที่ได้รับสัมผัสเกิดการเจ็บป่วย เรียกโรคที่เกิดจากสารพิษของเชื้อรานี้ว่า mycotoxicosis ซึ่งเชื้อราแต่ละชนิด จะปล่อยสารพิษในปริมาณและชนิดที่แตกต่างกัน ขึ้นกับ ชนิดของเชื้อรา และสภาพแวดล้อมในการเจริญของเชื้อรา

(2) Allergenic fungi คือ เชื้อราหรือส่วนของเชื้อรา ที่ไปกระตุ้นร่างกายให้สร้างแอนติบอดี้ (Antibody) ทำให้มีลักษณะอาการคล้ายปฏิกิริยาภูมิไวเกิน (Hypersentivity reaction type I) หรือมีภาวะหอบหืด (Asthmatic like symptoms) เชื้อรากลุ่มที่มีคุณสมบัติดังกล่าว เช่น *Alternaria* spp., *Cladosporium* spp., *Epicoccum nigrum, Fusarium* spp., *Ganoderma* spp., *Aspergillus* spp. และ *Penicillium* spp.

(3) Invasive fungi คือ เชื้อราที่สามารถบุกรุกเข้าไปเจริญอยู่ในร่างกายของคนได้ การติดเชื้อราในลักษณะนี้ เรียกว่า mycoses หรือ mycosis

2.2.6 เชื้อราสกุล *Aspergillus* spp.

เชื้อราสกุล *Aspergillus* spp. จัดเป็นเชื้อฉวยโอกาส ก่อให้เกิดภาวะภูมิแพ้ และการก่อโรคแบบบุกรุก (Invasive) การเพิ่มจำนวนในตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งบนร่างกายผู้ป่วย และอาจก่อให้เกิดอันตราย ทั้งการติดเชื้อได้โดยตรง เช่น การติดเชื้อบริเวณผิวหนัง บริเวณปอด หรือการติดเชื้อทางอ้อม ได้แก่ สารพิษ สารพิษของเชื้อราตัวนี้คือ Aflatoxin เป็นสารก่อมะเร็งที่สำคัญ ซึ่งพบว่าในประเทศไทย เชื้อราสกุล *Aspergillus* spp. สามารถสร้าง Aflatoxin ได้ร้อยละ 80 (ธีรยุทธ กลิ่นสุคนธ์, 1981) โดยเชื้อจุลชีพที่สร้างสารนี้เป็นส่วนใหญ่คือ *A. flavus* ส่วนเชื้อ *Aspergillus* spp.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ที่พบการก่อโรคในคนที่สำคัญๆ ได้แก่ *A. fumigatus, A. flavus, A. ochraceus, A. nidulans, A. niger, A. terreus* และ *A. clavatus*

2.2.7 เชื้อราสกุล *Candida* spp.

เชื้อสกุล *Candida* spp. จัดเป็นยีสต์ชนิดหนึ่ง สามารถเจริญได้ในสภาวะที่มีออกซิเจนหรือมีออกซิเจนน้อยได้ นอกจากนั้นยังพบว่าสามารถก่อโรคที่ผิวหนังและอวัยวะภายในได้ สายพันธุ์ที่ก่อโรคมากที่สุดคือ *C. albicans* ลักษณะโคโลนีมีสีขาวขุ่น เมื่อโคโลนีแก่ขึ้นจะเปลี่ยนเป็นสีครีมหรือสีน้ำตาลอ่อน

2.2.8 เชื้อราสกุล *Curvularia* spp.

เชื้อราสกุล *Curvularia* spp. เป็นราดำประเภทหนึ่ง เชื้อที่ก่อโรค ได้แก่ *C. geniculate, C. lunata, C. pallescens, C. senegalensis* และ *C. verruculosa* โดยที่ลักษณะโคโลนีของ *Curvularia* spp. มีลักษณะเป็นปุย สีเทา เทาดำ หรือน้ำตาล อาจอยู่โดดๆหรือเป็นกลุ่ม

2.2.9 เชื้อราสกุล *Trichosporon* spp.

เชื้อราสกุล *Trichosporon* spp. พบว่าเป็นสาเหตุในการติดเชื้อบริเวณผม ผิวหนัง และเล็บ เช่น โรคปมราขาว (White piedra) มีลักษณะตุ่มสีขาวบริเวณรอบเส้นขน สามารถรูดออกได้คล้ายไข่เหา เชื้อก่อโรค คือ *Trichosporon beigelii* เป็นต้น

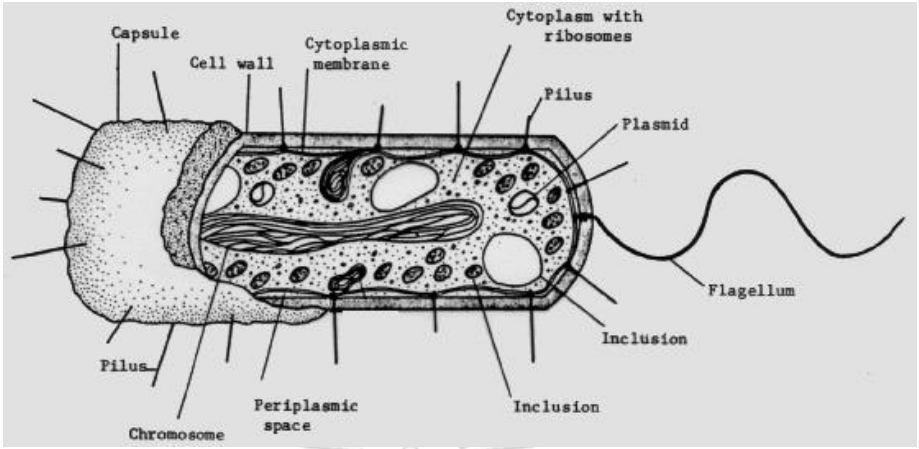
2.3 แบคทีเรีย

2.3.1 สัณฐานวิทยาของแบคทีเรีย

แบคทีเรียเป็นจุลชีพชนิดโพรคาริโอต (Prokaryote) มีขนาด รูปร่าง โครงสร้างการเรียงตัวของเซลล์ แตกต่างกันหลายชนิด โดยรูปร่างของแบคทีเรียทั่วไปมี 3 แบบด้วยกัน คือ ทรงกลม (sphere) เรียกว่า ค็อกคัส (coccus) หรือ ค็อกไค (cocci) ทรงกระบอกหรือรูปท่อน (rod) เรียกว่า บาซิลลัส (bacillus) หรือบาซิลไล (bacilli) และรูปเกลียว (spiral) เรียกว่าสไปริลลัม (spirillum) หรือสไปริลไล (spirilli) ขนาดของแบคทีเรียมีขนาดแตกต่างกันมาก โดยทั่วไปมีขนาดกว้าง 0.5-1 ไมโครเมตร ยาว 2-5 ไมโครเมตร

2.3.2 โครงสร้างของแบคทีเรีย

โครงสร้างของแบคทีเรียประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังภาพที่ 2-2



ภาพที่ 2 - 2 โครงสร้างของแบคทีเรีย

ที่มา http://textbookofbacteriology.net/structure.html

(1) ผนังเซลล์ (Cell wall)

ผนังเซลล์มีความหนา 10 - 25 นาโนเมตร คิดเป็นร้อยละ 10 – 40 ของน้ำหนักแห้ง ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างให้แบคทีเรียคงรูปร่างอยู่ได้ ป้องกันเซลล์แตกจากความดัน และทำให้เกิดการแบ่งเซลล์และเจริญเติบโต

(2) เยื่อหุ้มเซลล์ (Cytoplasmic membrane)

เยื่อหุ้มเซลล์อยู่ใต้ผนังเซลล์ มีความหนาประมาณ 7.5 นาโนเมตร ทำหน้าที่ควบคุมการผ่านเข้าออกของสาร มีลักษณะเป็นยูนิตเมมเบรน (Unit membrane) ประกอบด้วยฟอสโฟลิพิด และโปรตีน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(3) แคปซูล (Capsule)

แคปซูล มีลักษณะเป็นสารเหนียวคล้ายเจลปกคลุมเซลล์ ทำให้มองเห็นโคโลนีมีลักษณะเป็นเมือก ขนาดของแคปซูลจะขึ้นกับสภาพแวดล้อมที่แบคทีเรียได้รับ สามารถตรวจดูได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์ธรรมดาโดยวิธีย้อมสีแกรมแบบเนกาทีฟ (negative) ทำหน้าที่ในการปกป้องเซลล์จากสิ่งแวดล้อมภายนอกและทนต่อสภาพแวดล้อมได้ดี โดยที่แคปซูลไม่ได้มีในแบคทีเรียทุกชนิด

(4) มีโซโซม (Mesosome)

มีโซโซมเป็นเยื่อที่บุ๋มเข้าไปในไซโทพลาซึมของแบคทีเรีย มีลักษณะคล้ายถุง ทำหน้าที่เพิ่มพื้นที่ผิว ทำให้เอนไซม์เพิ่มขึ้นสร้างผนังกั้นเซลล์ เวลาแบ่งเซลล์

(5) ไมโครแคปซูล (Microcapsule)

ไมโครแคปซูลเป็นชั้นบางๆที่ห่อหุ้มเซลล์ไว้ ไม่สามารถตรวจดูได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์

(6) แฟลกเจลลา (Flagella)

แฟลกเจลลามีลักษณะคล้ายขนยื่นออกมานอกผนังเซลล์ทำหน้าที่ช่วยในการเคลื่อนที่ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.01-0.02 ไมโครเมตร พบเฉพาะแบคทีเรียที่เคลื่อนที่ได้

(7) พิไล (Pili)

พิไล มีลักษณะคล้ายแฟลกเจลลาแต่มีขนาดเล็กกว่า พบทั้งในแบคทีเรียที่เคลื่อนที่ได้และเคลื่อนที่ไม่ได้ หน้าที่ของพิไลยังไม่ทราบแน่ชัด แต่มีหลักฐานว่าทำหน้าที่ช่วยแบคทีเรียในการยึดเกาะกับพื้นผิววัสดุ

(8) ไซโทพลาซึม (Cytoplasm)

ไซโทพลาซึมเป็นส่วนของเซลล์ที่อยู่ถัดจากเยื่อหุ้มเซลล์เข้าไป ประกอบด้วยโครมาทิน ไรโบโซม และของเหลวภายในเซลล์

(9) ไรโบโซม (Ribosome)

ไรโบโซมมีขนาดเล็ก ลักษณะเป็นเม็ดกระจายอยู่ทั่วไป เส้นผ่านศูนย์กลาง 20 นาโนเมตร ลอยอยู่อิสระภายในเซลล์หรือเกาะอยู่ที่ผิวด้านในของเยื่อหุ้มเซลล์ ทำหน้าที่สร้างโปรตีน

(10)โครมาทิน (Chromatin)

เป็นบริเวณที่มีสารพันธุกรรมอยู่ บริเวณนี้อาจเรียกว่า นิวคลีออยด์ (Nucleoid) หรือโครมาทินบอดี้ (Chromatin body) ประกอบด้วย DNA เส้นเดียวขดเป็นวงกลม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3.3 การสืบพันธุ์ของแบคทีเรีย

แบคทีเรียมีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศ แต่ส่วนใหญ่จะมีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยการแบ่งตัวจากหนึ่งเป็นสอง (Binary fission) การแตกหักของเส้นใย (Fragmentation) และการแตกหน่อ (Budding) โดยที่แบคทีเรียแต่ละชนิดจะใช้เวลาไม่เท่ากันในการเพิ่มจำนวนประชากร ส่วนการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของแบคทีเรียมีหลายวิธี เช่น คอนจูเกชั่น (Conjugation)

2.3.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของแบคทีเรีย

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของแบคทีเรียในสภาวะหนึ่งๆ ได้แก่

(1) อุณหภูมิ (Temperature) แบคทีเรียแต่ละชนิดมีความต้องการอุณหภูมิในการเจริญที่แตกต่างกัน

(2) ออกซิเจน (O_2) เป็นปัจจัยสำคัญในการเจริญของแบคทีเรียบางชนิดที่ใช้ออกซิเจนในการเจริญ

(3) ความเป็นกรด-เบส (Acidity - Alkalinity, pH) ต้องมีการควบคุม pH เพื่อไม่ให้ขัดขวางการเจริญของแบคทีเรีย โดยแบคทีเรียส่วนใหญ่มีค่า pH ที่เหมาะสมในการเจริญอยู่ที่ 6.5-7.5

(4) แรงดันออสโมติก (Osmotic pressure) เกิดจากความเข้มข้นของสารละลายภายในเซลล์และภายนอกเซลล์ไม่เท่ากันทำให้เซลล์แบคทีเรียเหี่ยวหรือเต่งได้

2.3.5 โรคที่เกิดจากแบคทีเรีย

โรคที่เกิดจากแบคทีเรีย คือ โรคที่เกิดจากการติดเชื้อแบคทีเรีย ซึ่งโรคที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรียในมนุษย์เกิดได้หลายช่องทาง เช่น การสัมผัสโดยตรงทางผิวหนัง การดื่มหรือกินอาหารที่มีการปนเปื้อน รวมถึงการรับสัมผัสทางการหายใจ โรคที่เกิดจากการรับสัมผัสแบคทีเรียทางการหายใจได้แก่

(1) โรคปอดอักเสบ เกิดจากการติดเชื้อที่บริเวณปอดจากเชื้อแบคทีเรีย โดยพบว่าส่วนใหญ่เกิดในเด็กเล็ก ผู้สูงอายุ รวมถึงผู้ที่มีภูมิคุ้มกันบกพร่อง (Immunocompromised host) เช่น *Streptococcus pneumoniae, Haemophilus influenza, Staphylococcus aureus, Escherichia coli*, *Mycoplasma pneumonia และ Chlamydia pneumonia*

(2) วัณโรคปอด เป็นโรคที่เกิดการติดเชื้อแบคทีเรียชื่อ *Mycobacterium tuberculosis* สามารถติดต่อจากคนสู่คนได้โดยผ่านทางการหายใจ โดยปกติระบบภูมิคุ้มกันโรคในคนสามารถควบคุมเชื้อวัณโรคได้ ทำให้ไม่มีอาการของโรคและไม่แพร่เชื้อ แต่ในผู้ป่วยเด็กเล็กหรือผู้มีภูมิคุ้มกันบกพร่องเช่น ผู้ป่วยโรคเอดส์ (AIDS) อาจไม่สามารถควบคุมเชื้อวัณโรคได้ ทำให้เกิดโรคแทรกซ้อนต่างๆตามมา

2.3.6 แบคทีเรียสกุล *Staphylococcus* spp.

แบคทีเรียสกุล *Staphylococcus* spp. เป็นเซลล์ทรงกลมไม่เคลื่อนที่ มักพบเป็นปรสิตที่ผิวหนัง หรือเยื่อเมือกในมนุษย์ สามารถก่อโรคได้โดยการปล่อยสารที่สร้างขึ้นออกมานอกเซลล์และลุกลามไปยังเนื้อเยื่อต่างๆ โดยสารที่เซลล์ปล่อยออกมา คือ เอนไซม์ และสารพิษ เชื้อที่ทำให้เกิดโรคที่สำคัญ คือ *S. aureus* สามารถทำให้เกิดฝีหนอง แผลหนอง การติดเชื้อหลังการผ่าตัด หรือทำให้อวัยวะต่างๆของมนุษย์เกิดการผิดปกติ เช่น Leukocidin ทำให้เกิดการทำลายเม็ดเลือดขาว Toxic shock syndrome toxin-1 (TSST-1) ทำให้มีอาการไข้ ช็อก เกิดการลอกบริเวณผิวหนังที่เป็นผื่น

2.3.7 แบคทีเรียสกุล *Bacillus* spp.

แบคทีเรียสกุล *Bacillus* spp. เป็นแบคทีเรียรูปท่อน แกรมบวก พบได้ในธรรมชาติทั่วไป เจริญได้ดีในที่อุณหภูมิปานกลาง บางชนิดทำให้เกิดอาหารเป็นพิษชนิด Intoxication ซึ่งเกิดจากการบริโภคอาหารที่มีการปนเปื้อนสารพิษ (Toxin) ที่เชื้อสร้างขึ้น

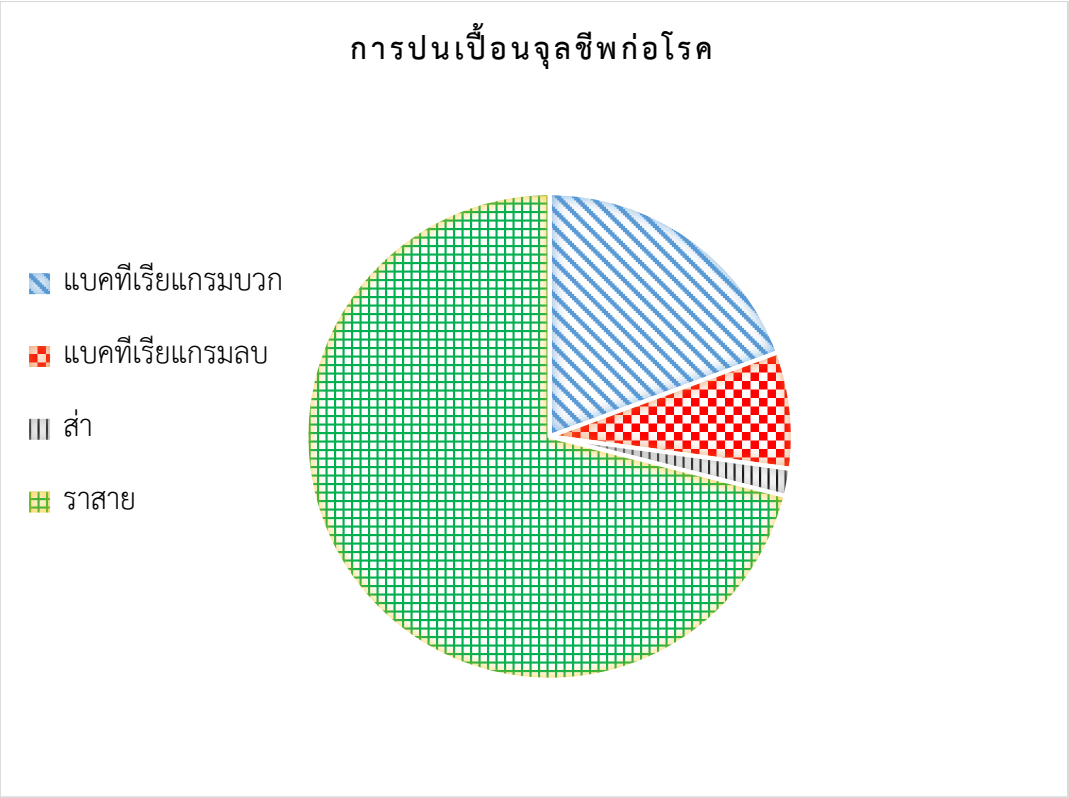
2.3.8 แบคทีเรียสกุล *Pseudomonas* spp.

Pseudomonas spp. เป็นเชื้อแบคทีเรียแกรมลบรูปท่อน เคลื่อนที่ได้ พบมากในดิน น้ำ พืช และสัตว์ โดยที่ *Pseudomonas* spp. เป็นเชื้อที่สามารถบุกรุกและสร้างสารพิษ ทำให้เกิดการติดเชื้อของผู้ป่วยที่มีระบบภูมิคุ้มกันผิดปกติ และเป็นเชื้อที่ก่อให้เกิดการติดเชื้อในโรงพยาบาล เมื่อเข้าสู่ร่างกายจากการติดเชื้อที่แผลทำให้เกิดเป็นตุ่มหนองสีเขียว-น้ำเงิน ถ้าติดเชื้อจากสายหรือท่อสวนทำให้เกิดโรคในระบบทางเดินปัสสาวะ หรือการติดเชื้อทางระบบทางเดินหายใจทำให้เกิดโรคปอดบวม

2.4 ปริมาณเชื้อจุลชีพที่ตรวจพบภายในสถานพยาบาล

ปริมาณเชื้อจุลชีพที่ตรวจพบในอากาศภายในโรงพยาบาลโดยการใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศ พบว่า เชื้อราที่พบได้แก่ *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., *Curvularia* spp. และ *Fusarium* spp.แบคทีเรีย ได้แก่ *Staphylococcus* spp., *Bacillus* spp., *Micrococcus* spp., *Pseudomonas* spp., *Acinetobacter* spp., *Streptococcus* spp. และ *Diphtheroid* spp. ดังแสดงในตารางที่ 2-3 และปริมาณเชื้อจุลชีพที่ตรวจพบภายในอาคาร โดยใช้วิธีการเก็บตัวอย่างแบบ open plate แบ่งเป็น ห้องผ่าตัดโรงพยาบาล ห้องเรียน และห้องประชุม พบปริมาณเชื้อจุลชีพในปริมาณต่ำ โดยพบเชื้อรา *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., *Cladosporium* sp. และ *Rhizopus* spp. นอกจากนี้ยังพบแบคทีเรีย *Staphylococcus epidermidis, Micrococcus* spp., *Diphtheroid* spp., *Flavobacterium* spp., *Bacillus* spp. และ *S. saprophyticus* ดังแสดงในตารางที่ 2-4 นอกจากนั้นยังมีการศึกษาเชื้อจุลชีพก่อโรคในคลินิกโรคผิวหนัง พบว่า ตัวอย่างมีการปนเปื้อนจุลชีพก่อโรคถึงร้อยละ 85 โดยแบ่งเป็น แบคทีเรียแกรมบวก แบคทีเรียแกรมลบ ส่า(ยีสต์) และราสายดังภาพที่ 2-3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 2 - 3 ร้อยละของเชื้อจุลชีพก่อโรคในคลินิกโรคผิวหนัง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2 - 3 ปริมาณเชื้อจุลชีพที่ตรวจพบภายในโรงพยาบาล โดยใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศ

เชื้อจุลชีพ	**ปริมาณเชื้อจุลชีพที่ตรวจพบภายในอาคาร CFU/m^3**				
	โรงพยาบาลศรีนครินทร์ (กฤษณียา ศังขจันทรานนท์, 2005)	**โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ (ณัติฐพงศ์ เด่นจักรวาฬ, 2005)**	**โรงพยาบาลจังหวัดอุดรธานี (ศิริพร ศรีเทวิณ, 2011)**		
			120 เตียง	**90 เตียง**	**30 เตียง**
เชื้อรา					
Aspergillus spp.	309	3.09-5.7	96.11	110.74	274.08
Penicillium spp.	217	4.29-5.69	-	-	-
Curvularia spp.	138	1.11-8.15	-	-	-
Fusarium spp.	-	1.11-1.48	7.22	18.52	5.92
เชื้อแบคทีเรีย					
Staphylococcus spp.	688	-	58.33	40.74	24.08
Micrococcus spp.	541	-	3.89	-	0.74
Pseudomonas	534	-	-	-	-
Bacillus spp.	467	-	198.89	167.41	107.78
Acinetobacter spp.	-	-	20.00	17.78	13.33
Streptococcus spp.	-	-	71.67	37.78	8.52
Diphtheroid spp.	-	-	-	-	2.97
อุปกรณ์เก็บตัวอย่าง	Andersen Impactor 28 l/min	Personal pump 2.5 l/min	BioSampler 30 l/min		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 2 - 4 ปริมาณเชื้อจุลชีพที่ตรวจพบภายในอาคาร โดยใช้วิธีการเก็บตัวอย่างแบบ open plate (พัลลพ ต้นแก้ว, 2009)

เชื้อจุลชีพ	**ปริมาณเชื้อจุลชีพที่ตรวจพบภายในอาคาร โดยใช้วิธีการเก็บตัวอย่างแบบ open plate (CFU/64 cm^2)**		
	ห้องผ่าตัดโรงพยาบาล	**ห้องเรียน**	**ห้องประชุมของสถานศึกษา**
เชื้อรา			
Aspergillus spp.	3	-	-
Cladosporium spp.	17	2	5
Rhizopus spp.	-	-	1
Penicillium spp.	1	-	1
เชื้อแบคทีเรีย			
Staphylococcus saprophyticus	20	-	-
S. epidermidis	14	-	-
Micrococcus spp.	12	-	-
Bacillus spp.	-	-	3
Flavobacterium spp.	1	-	-
Diphtheroid spp.	10	-	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.5 น้ำมันหอมระเหยและสารยูจีนอล (สำนักงานข้อมูลสมุนไพร, 2015)

เอกสารข้อมูลความปลอดภัยสารเคมี (Material Safety Data Sheet ;MSDS) ดังภาคผนวก ง.

2.5.1 น้ำมันหอมระเหยอบเชย

น้ำมันหอมระเหยอบเชยได้จากการสกัดน้ำมันจาก ใบ และ เปลือกของต้นอบเชย

ภาพที่ 2 - 4 น้ำมันหอมระเหยอบเชย

ที่มา: https://www.chemipan.com

ข้อมูลทางพฤกษศาสตร์

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Cinnamomum zeylanicum*

ชื่อวงศ์ : Luraceae

ชื่ออังกฤษ : Cinnamon

ชื่อท้องถิ่น : อบเชย หรืออบเชยเทศ

ค่าความเป็นพิษ :LD_{50} ของ cinnamaldehyde ในหนูคือ 2.2 กรัมต่อกิโลกรัม (sciencelab, 2005)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.5.2 น้ำมันหอมระเหยกานพลู

น้ำมันหอมระเหยกานพลูสกัดได้จากดอกตูมของต้นกานพลู

ภาพที่ 2 - 5 น้ำมันหอมระเหยกานพลู

ที่มา: http://www.healthandtrend.com/parental/sexercise/4-thai-oil-for-lover

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Syzygium aromaticum*

ชื่อวงศ์ : MYRTACEAE

ชื่อพ้อง : Eugenia caryophyllata Thunb.

: Eugenia caryophyllus (Clove) Bud oil,

: Eugenia aromatica Kuntze

ชื่ออังกฤษ : Clove

ชื่อท้องถิ่น : ไม่มี

ค่าความเป็นพิษ : การทดสอบความเป็นพิษในหนูเม้าส์ สารสกัดด้วยแอลกอฮอล์ 50% จากดอกกานพลู ไม่พบพิษใดๆ การฉีดเข้าใต้ผิวหนังหนูเม้าส์ มีพิษเล็กน้อย

: การทดสอบพิษแบบเรื้อรังโดยให้กระต่ายกินกานพลูบดแห้ง ครั้งละ 60 มิลลิกรัม วันละ 2 ครั้ง เช้า-เย็น ติดต่อกันนาน 5 สัปดาห์ ไม่พบพิษต่อตับไต และระบบเม็ดเลือด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.5.3 น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม

ภาพที่ 2 - 6 น้ำมันหอมระเหยตะไคร้

ที่มา: http://cz.lnwfile.com/_/cz/_raw/2r/tm/7i.jpg

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Cymbopogon nardus (Linn.) Rendle*,

ชื่อวงศ์ : POACEAE (GRAMINEAE)

ชื่อพ้อง : Cymbopogon winterianus Jowitt.

ชื่ออังกฤษ : Citronella grass

ชื่อท้องถิ่น : จะไคมะขูด หรือตะไคร้มะขูด หรือตะไคร้แดง

2.5.4 สารยูจีนอล

ภาพที่ 2 - 7 สารยูจีนอล

ที่มา: http://www.dentalproductshopper.com/categories/medicaments/eugenol

ชื่อทั่วไป : ยูจีนอล (Eugenol)

ชื่อวิทยาศาสตร์ : -

สรรพคุณ : มีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) ทำลายเชื้อรา และแบคทีเรียที่ทำให้อาหารเน่าเสีย รวมทั้งจุลชีพก่อโรคหลายชนิด ละลายในน้ำได้เล็กน้อย แต่จะละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์

2.5.5 องค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหย

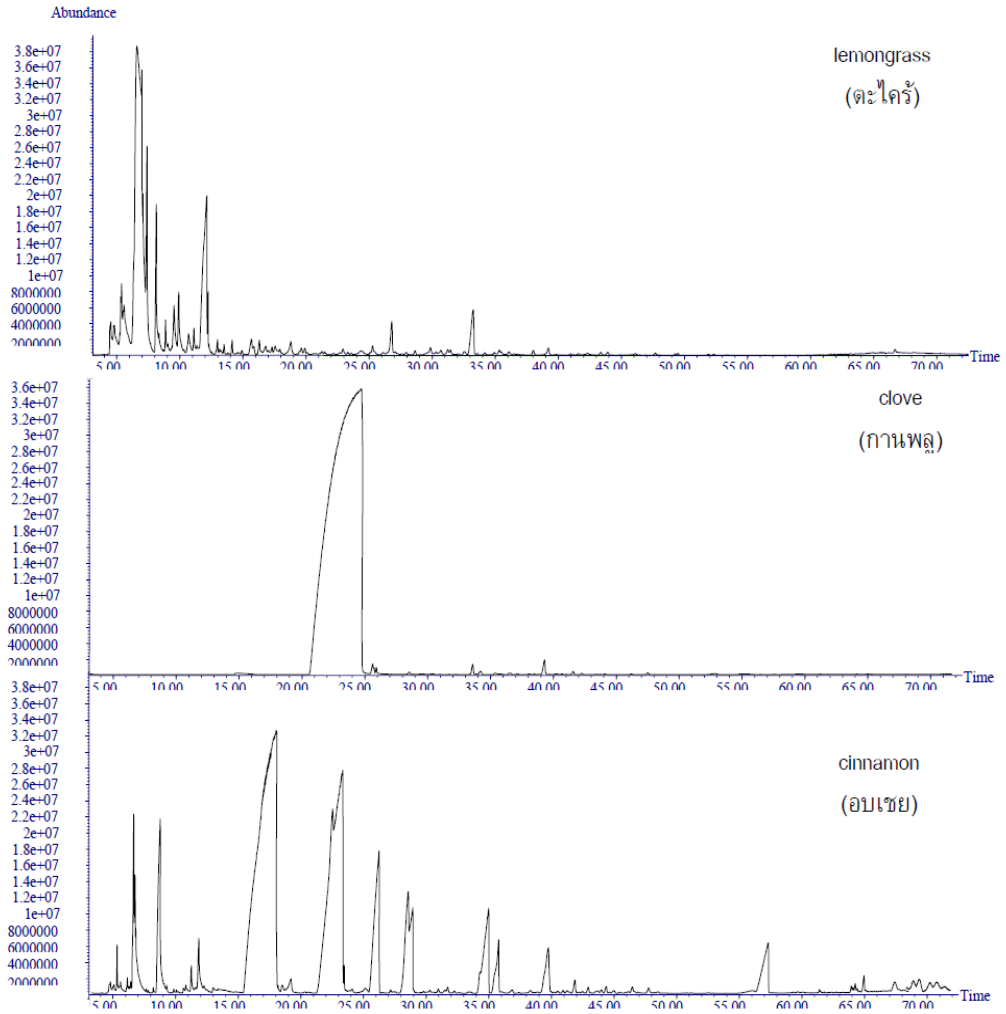
การวิเคราะห์องค์ประกอบในน้ำมันหอมระเหยของพืชทั้ง 3 ชนิด โดยใช้ Gas chromatography – mass spectrometry (GC-MS) ปรากฏผลดังตารางที่ 2-5 และภาพที่ 2-8 พบองค์ประกอบที่สำคัญของน้ำมันเหย ซึ่งกานพลูมีสาร eugenol ร้อยละ 99.03 อบเชยมีสาร cinamaldehyde และeugenol ร้อยละ 41.31 และ14.37 ตามลำดับ ส่วนตะไคร้มี 2,6-octadienal ร้อยละ 61.53

ตารางที่ 2 - 5 องค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยอบเชย กานพลู และตะไคร้ โดย GC-MS (ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์, 2009)

Cinnamon oil (%RP)	Clove oil (%RP)	Citronella grass oil (%RP)
1-methyl-2-(-mehylethyl)-benzene (3.74%)	eugenol (99.03%)	3- careen (0.15%)
3,7-dimethyl-1,6-octadien-3-ol (3.91%)	vanillin (0.26%)	alpha pinene (0.51%)
cinamaldehyde (41.31%)	phenol (0.10%)	camphehe (2.22%)
eugenol (14.37%)	caryophyllene oxide (0.33%)	beta myrcene (1.91%)
alpha-caryophyllene (3.33%)		cyclohexene (1.91%)
2-propen-1-ol (2.22%)		D-limonene (1.42%)
phenol (1.32%)		4-nanonone (0.38%)
caryophyllene oxide (1.59%)		1,6-octadien-3-ol (1.44%)
benzyl benzoate (2.53%)		thujone (1.14%)
		2,6-octadienal (61.53%)
		2,6-octadienal-1-ol (5.10%)
		caryophellene (1.74%)
		2-butenoic acid (0.75%)

RP = relative peak area

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 2 - 8 Chromatogram ของน้ำมันหอมระเหยอบเชย กานพลู และตะไคร้ โดย GC-MS (ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์, 2009)

CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.5.6 วิธีการสกัดน้ำมันหอมระเหย

แบ่งได้เป็น 5 วิธี (สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2010) ได้แก่

(1) การกลั่น (Distillation)

1. การกลั่นโดยใช้น้ำ

วิธีการกลั่นโดยใช้น้ำทำได้โดยบรรจุพืชที่ต้องการสกัดลงในหม้อกลั่น เติมน้ำพอท่วม แล้วต้มจนน้ำเดือด เมื่อน้ำเดือดระเหยเป็นไอ ไอน้ำจะช่วยพาน้ำมันหอมระเหยที่อยู่ในเนื้อเยื่อของพืชออกมา หลังจากนั้นไอน้ำและไอของน้ำมันหอมระเหยจะเข้าสู่เครื่องควบแน่นเป็นของเหลว ได้เป็นชั้นน้ำที่แยกชั้นกัน

2. การกลั่นโดยใช้น้ำและไอน้ำ

วิธีการกลั่นโดยใช้น้ำและไอน้ำ มีหลักการคล้ายกับการกลั่นโดยใช้น้ำ ต่างกันตรงที่พืชที่นำมาใช้ ไม่ได้สัมผัสกับน้ำโดยตรงเพราะภายในหม้อกลั่นจะมีตะแกรงสำหรับวางพืชไว้เหนือระดับน้ำ

3. การกลั่นโดยใช้ไอน้ำ

การกลั่นโดยใช้ไอน้ำจะใช้ไอน้ำจากเครื่องกำเนิดไอน้ำผ่านพืชที่ต้องการสกัดน้ำมันหอมระเหย โดยวิธีนี้จะใช้ระยะเวลาสั้นกว่า 2 วิธีแรก และได้น้ำมันหอมระเหยที่มีคุณภาพมากกว่า แต่ไม่เหมาะกับพืชที่มีลักษณะบาง เช่น กลีบกุหลาบ เพราะไอน้ำจะทำ ให้กลีบกุหลาบเกาะตัวกันเป็นแผ่นหนาทำให้น้ำมันหอมระเหยที่อยู่ในกลีบกุหลาบไม่สามารถออกมาได้ทั้งหมด ส่งผลให้ได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยน้อยลงหรือไม่ได้เลย

(2) การสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย (Solvent extraction)

การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชบางชนิด ไม่สามารถใช้ความร้อนสูงได้ เนื่องจากองค์ประกอบของสารหอมระเหยจะสลายตัว ดังนั้นจึงใช้ตัวทำละลาย เช่น เฮกเซนในการสกัดน้ำมันหอมระเหยออกมา แล้วนำไประเหยไล่ตัวทำละลายออกที่อุณหภูมิและความดันต่ำ

(3) การสกัดโดยใช้ไขมัน (Enfleurage)

การสกัดโดยใช้ไขมันทำได้โดยใช้ไขมันประเภทน้ำมันหมูเกลี่ยลงบนถาดแล้วนำกลีบดอกไม้ที่มีลักษณะบางมาเกลี่ยทับเป็นชั้นตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง แล้วเปลี่ยนกลีบดอกไม้ชุดใหม่ ทำซ้ำประมาณ 7-10 ครั้ง ไขมันจะดูดซับสารหอมไว้ หลังจากนั้นใช้เอทธานอลละลายสารหอมออกจากไขมัน แล้วนำไประเหยไล่ตัวทำละลายออกที่อุณหภูมิและความดันต่ำ แต่วิธีนี้ไม่เป็นที่นิยมในปัจจุบันเนื่องจากต้องใช้แรงงานมากและเวลานาน

(4) วิธีบีบ (Expression)

วิธีนี้ทำได้โดยนำเปลือกผลไม้มาตัดเป็นชิ้นๆแล้วนำไปบีบน้ำออก มักใช้กับเปลือกผลไม้ตระกูลส้ม เช่น ส้ม มะนาว มะกรูด ได้ออกมาเป็นของเหลวที่มีส่วนประกอบของน้ำและน้ำมันหอมผสมกันอยู่ หลังจากนั้นรอให้เกิดการแยกชั้นจะได้น้ำมันหอมระเหยออกมา

(5) การสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์

การสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ เป็นการสกัดน้ำมันหอมระเหยรูปแบบใหม่ โดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในรูปของเหลวหรือก๊าซที่ความดันและอุณหภูมิสูง น้ำมันหอมระเหยที่ได้มีคุณภาพดีและบริสุทธิ์สูง แต่มีราคาแพง

2.6 กลไกการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลชีพของน้ำมันหอมระเหย

องค์ประกอบของเชื้อราและเชื้อแบคทีเรียมีส่วนประกอบของเยื่อเมมเบรน การยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลชีพโดยน้ำมันหอมระเหยที่มีองค์ประกอบของยูจีนอล พบว่า กลไกการออกฤทธิ์ยับยั้งของสารยูจีนอลมีผลทำลายลิพิดที่บริเวณเยื่อหุ้มเซลล์ทำให้เซลล์เกิดรูรั่ว ส่งผลให้เชื้อจุลชีพตาย โดยมีรายงานการใช้ค่าโพแทสเซียมในการประเมินประสิทธิภาพของเซลล์เมมเบรนที่ถูกทำลาย (Filgueiras และ Vanetti, 2006) และทำให้โครงสร้างของเซลล์เสียหาย (Cox SD. และคณะ, 2000) ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยตะไคร้มีค่าความเป็นกรดด่างต่ำ (pH) มีผลทำให้ฟอสโฟลิปิดเรียงตัวผิดรูปและบางลงเกิดการรั่วไหลของเซลล์ (Guynot และคณะ: 2003)

2.7 สารทำความสะอาด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.7.1 น้ำยาทำความสะอาดตามบ้านเรือน

โซเดียมไฮโปคลอไรด์ เป็นสารทำความสะอาดในรูปแบบของเหลว มีสีเขียวออกเหลือง กลิ่นฉุนคล้ายคลอรีน ละลายน้ำได้ ค่ากรด-ด่างสูง ไม่ติดไฟ สามารถเกิดปฏิกิริยาเคมีรุนแรง และเป็นสารออกซิไดซ์

ชื่อสามัญ : โซเดียมไฮโปคลอไรด์

ชื่อพ้อง : Clorox, Bleach, Liquid bleach, Sodium oxychloride, Javex, Antiformin, Showchlon, Chlorox, B-K, Carrel- dakin solution, Chloros, Dakin's solution, Hychlorite, Javelle water, Mera industries 2MOM3B, Milton, Modified dakin's solution, Piochlor

สูตรเคมี NaOCl

2.7.2 น้ำยาทำความสะอาดทางการแพทย์ (Virkon)

Virkon เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้แช่ทำความสะอาดเครื่องมือแพทย์ และพื้นผิวที่เสี่ยงต่อการแพร่กระจายของเชื้อ ลักษณะเป็นผงสีชมพู มีคุณสมบัติในการทำลายเชื้อไวรัส 18 ชนิด รวมถึงแบคทีเรีย และเชื้อรา ระยะเวลาแช่ไม่เกิน 10 นาที และล้างน้ำสะอาดอีกครั้ง มีฤทธิ์กัดกร่อน เอกสารข้อมูลความปลอดภัยสารเคมี (Material Safety Data Sheet ;MSDS) ดังภาคผนวก ง.

ส่วนประกอบ: Potassium monopersulphate, Sodium chloride, Sulphamic acid, Surfactant, Buffering agent และ Color indicator

2.8 การทดสอบการยับยั้งการเจริญของจุลชีพความไวรับของจุลชีพ

2.8.1 ความไวรับของจุลชีพ

การทดสอบความไวรับของจุลชีพในเฟสของสารละลายต่อน้ำมันหอมระเหยและสารทำความสะอาด รูปแบบการทดสอบความไวรับของเชื้อจุลชีพสามารถทำได้หลายวิธี เช่น ทดสอบด้วยวิธีการชั่งน้ำหนักแห้งเส้นใยเชื้อจุลชีพ (Caccionia R.L. D และคณะ, 1998) Agar dilution และ Broth dilution ซึ่งทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของงาน ชนิดของเชื้อ จำนวนเชื้อ ชนิดของยา และจำนวนยา ในการศึกษานี้ใช้วิธีการหาความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำมันหอมระเหยและสารทำความสะอาด ด้วยวิธี Broth Microdilution Assay ตามวิธีการของ Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI, 2008) ดัดแปลงวิธีการอ่านผลจากการสังเกตด้วยตาเป็นการวัดการเปลี่ยนสีของสารresazurin ที่ 24 ชั่วโมง และ 48 ชั่วโมง ด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสงในไมโครเพลท (Microplate Reader) โดยแบ่งเป็น CLSI M27 – A3 สำหรับทดสอบยีสต์ M38 – A2 สำหรับราสาย และ M07 – A9 สำหรับแบคทีเรีย ในเฟสของไอระเหยใช้วิธี vapor diffusion method หลังจากนั้นนำมานับจำนวนเชื้อจุลชีพคิดเป็นร้อยละเมื่อเทียบกับชุดควบคุม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.8.2 สาร Resazurin

สารรีซาซูริน (Resazurin) เป็นสารสีที่ใช้ในการวัดการเจริญของจุลชีพ มีลักษณะเป็นผงสีน้ำเงิน เมื่อละลายน้ำจะได้สารละลายสีน้ำเงินเข้ม ในการทดลองนี้ใช้ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาณ 5 ไมโครลิตร ในการสังเกตการเปลี่ยนสี ขั้นแรกสาร Resazurin มีสีน้ำเงิน เมื่อมีการเจริญของจุลชีพสีจะเปลี่ยนเป็นสีชมพูของ Resorufin หรือไม่มีสี Hydroresorufin ตามปริมาณของจุลชีพที่เกิดขึ้น ตามภาพที่ 2 – 9

การอ่านค่าการดูดกลืนแสงสีชมพูของ resazurin (OD ; Optical Density) ด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสงในไมโครเพลท (Microplate reader)ที่ความยาวคลื่น 570 และ 600 นาโนเมตร

โดย ความยาวคลื่น 570 นาโนเมตร วัดสีชมพู

ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร วัดสีน้ำเงิน

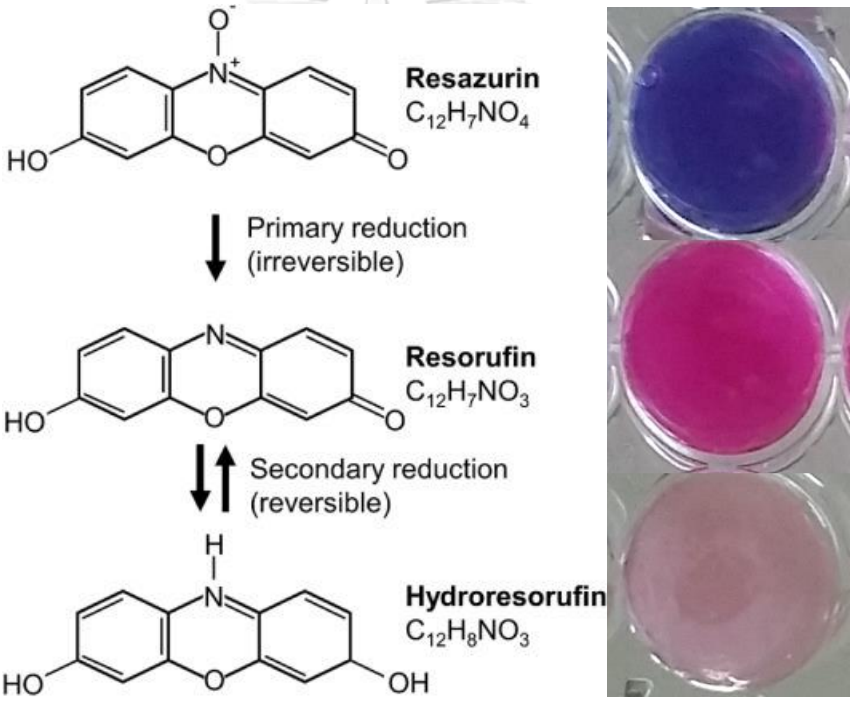
สูตรการคำนวณผลการเปลี่ยนสีของสาร resazurin

ค่าการดูดกลืนแสงในแต่ละหลุม = ค่า $OD_{570} - OD_{600}$

การอ่านผล

โดย $OD_{570} > 0$ คือ มีการเปลี่ยนสีของสาร resazurin จากน้ำเงินเป็นชมพู (มีการเจริญของเชื้อ)

$OD_{600} < 0$ คือ ไม่มีการเปลี่ยนสีของสาร resazurin (ไม่มีการเจริญของเชื้อ)



ภาพที่ 2 - 9 การเปลี่ยนสีของสาร Resazurin

2.9 ระบบระบายอากาศ

การระบายอากาศ หมายถึง การเคลื่อนย้ายอากาศในปริมาณที่กำหนดให้ไหลไปในทิศทางและความเร็วที่ต้องการกำจัดมลพิษต่างๆภายในอาคาร และนำอากาศบริสุทธิ์เข้ามาแทนที่

2.9.1 การระบายอากาศ

การระบายอากาศและการหมุนเวียนอากาศภายในอาคาร สามารถทำได้ 2 วิธีคือ การระบายอากาศแบบธรรมชาติ (Natural ventilation) และการระบายอากาศแบบใช้เครื่องกลเข้าช่วย (Mechanical ventilation)

(1) การระบายอากาศแบบธรรมชาติ (Natural ventilation)

การระบายอากาศแบบธรรมชาติทำได้โดยการเปิดหน้าต่าง หรือประตู การระบายอากาศแบบธรรมชาติเกิดจากอากาศที่ร้อนจะขยายตัวและลอยขึ้นสูงทำให้ความดันบรรยากาศบริเวณนั้นต่ำจากความแตกต่างของความดันบรรยากาศที่จะไหลจากที่มีความดันสูงไปต่ำ ทำให้อากาศจากภายนอกถ่ายเทเข้าสู่ภายในอาคาร อัตราการระบายอากาศขึ้นอยู่กับปริมาณและตำแหน่งของหน้าต่าง ประตู นอกจากนั้นยังขึ้นอยู่กับสภาพอากาศภายนอกคือ อุณหภูมิ ทิศทางและความเร็วลม

(2) การระบายอากาศแบบใช้เครื่องกลเข้าช่วย (Mechanical ventilation)

การระบายอากาศแบบใช้เครื่องกลเข้าช่วยเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย เพื่อควบคุมสารปนเปื้อนภายในอาคาร สามารถกระจายอากาศจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคารได้อย่างเพียงพอ ควบคุมอุณหภูมิภายในห้องได้อย่างเหมาะสม

2.9.2 มาตรฐานการระบายอากาศภายในโรงพยาบาล

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย และสมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย ได้มีข้อแนะนำการออกแบบและติดตั้งระบบปรับอากาศและระบายอากาศในสถานพยาบาล โดยกำหนดอัตราการนำเข้าอากาศจากภายนอก อัตราการหมุนเวียนอากาศภายในห้องและความดันสัมพัทธ์ ดังแสดงในตารางที่ 2-6

ตารางที่ 2 - 6 อัตราการนำเข้าอากาศจากภายนอก อัตราการหมุนเวียนอากาศภายในห้อง และความดันสัมพัทธ์ (สถาบันบำราศนราดูร กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข, 2007)

ลำดับ	สถานที่	อัตราการนำเข้าอากาศจากภายนอกไม่น้อยกว่าจำนวนเท่าของปริมาตรห้องต่อ 1ชั่วโมง	อัตราการหมุนเวียนอากาศภายในห้องไม่น้อยกว่าจำนวนเท่าของปริมาตรห้องต่อ 1ชั่วโมง	ความดันสัมพัทธ์กับพื้นที่ข้างเคียง
1	ห้องผ่าตัด	5	25	สูงกว่า
2	ห้องคลอด	5	25	สูงกว่า
3	ห้อง Nursery	5	12	สูงกว่า
4	ห้อง ICU	5	6	สูงกว่า
5	ห้องตรวจรักษาผู้ป่วย	5	6	สูงกว่า
6	ห้องฉุกเฉิน	5	12	สูงกว่า
7	บริเวณพักสำหรับแผนกผู้ป่วยนอกและห้องฉุกเฉิน	2	12	ต่ำกว่า
8	ห้องพักผู้ป่วย	2	6	สูงกว่า
9	ห้องแยกผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศ	2	12	ต่ำกว่า
10	ห้องแยกผู้ป่วยปลอดเชื้อ	2	12	สูงกว่า
11	ห้องปฏิบัติการ	2	6	ต่ำกว่า
12	ห้องชันสูตรศพ	2	12	ต่ำกว่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศิริพร ศรีเทวิน (2011) ศึกษาเชื้อจุลชีพก่อโรคในบรรยากาศในโรงพยาบาลชุมชนที่ขนาดแตกต่างกัน ได้แก่ โรงพยาบาลชุมชนขนาด 30 เตียง 90 เตียง และ 120 เตียง ด้วยเครื่องมือเก็บตัวอย่าง 2 ชนิดได้แก่ BioSampler และ Open plate บริเวณ 3 จุด คือ คลินิกวัณโรค หอผู้ป่วยนอก และห้องอุบัติเหตุฉุกเฉิน โดยการเก็บตัวอย่างด้วย BioSampler จะทำการเก็บอากาศเป็นเวลา 10-20 นาที ด้วยอัตราดูดอากาศ 30 l/min ในขณะที่วิธี Open plate จะทำการเก็บตัวอย่างโดยวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อสูงกว่าระดับพื้น 1.2 เมตร เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทั้ง 2 วิธีจะบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส นาน 24-28 ชั่วโมง โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Blood Agar และ Sabouraud Dextrose Agar พบว่าจากการเก็บตัวอย่างจุลชีพในอากาศโดยวิธี BioSampler โรงพยาบาลชุมชนขนาด 30 เตียง 90 เตียง และ 120 เตียง มีปริมาณเชื้อจุลชีพเฉลี่ย 437.42 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร, 392.97 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร และ 456.11 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ โดยที่ในโรงพยาบาลชุมชนทั้ง 3 ขนาดมีปริมาณแบคทีเรีย *Bacillus* spp. มากที่สุดและมีเชื้อรา *Aspergillus* spp. มากที่สุด

วชิรา ศิริศักดิ์สกุล (2012) ศึกษาคุณภาพอากาศทางด้านจุลชีพภายในอาคารโรงพยาบาลพนมดงรักเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา จังหวัดสุรินทร์เพื่อเปรียบเทียบจำนวนจุลชีพในอาคารระหว่างพื้นที่การทำงานที่เป็นระบบปิดและระบบเปิดภายในโรงพยาบาล จุลชีพที่ทำการศึกษาได้แก่ แบคทีเรียแกรมบวก แบคทีเรียแกรมลบและรา เก็บตัวอย่างจุลชีพด้วยวิธี Open plate เป็นเวลา 30 นาที 1 ชั่วโมง และ 2 ชั่วโมง ตามความเหมาะสมของแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Blood Agar, MacConkey Agar และ Sabouraud Dextrose Agar พบว่าปริมาณแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบในพื้นที่เปิดกับปิดไม่มีความแตกต่างกัน และพบว่าปริมาณจุลชีพในอากาศมีการแปรผันตามจำนวนคนในพื้นที่ โดยที่ปริมาณเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบในทุกพื้นที่การทำงานมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน (500 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร) ในขณะที่ปริมาณเชื้อราที่ห้องแพทย์แผนไทยมีค่าเกินมาตรฐาน (519.35 ±373.66 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร) ซึ่งโดยภาพรวมแล้วโรงพยาบาลพนมดงรักควรต้องมีการปรับปรุงสภาพแวดล้อมในอากาศเพื่อให้พื้นที่ทำงานมีคุณภาพอากาศที่ดีขึ้นและอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

กฤษณียา ศังขจันทรานนท์ (2005) ศึกษาชนิดและปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่ก่อโรคในโรงพยาบาล และการเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องมือเก็บตัวอย่างจุลชีพในอากาศ โดยมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาคือ เพื่อศึกษาชนิดและปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่ก่อโรคใน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อากาศภายในโรงพยาบาล และเปรียบเทียบความสามารถในการทำงานของเครื่องมือที่ใช้เก็บเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราทั้ง 3 แบบ คือ แบบ Andersen Impactor (28.3 l/min) แบบ Bio Sampler (12.5 l/min) และแบบ Open plate โดยทำการศึกษาที่ โรงพยาบาลศรีนครินทร์ จังหวัดขอนแก่น พบว่า เครื่องมือเก็บเชื้อแบบ Andersen Impactor และแบบ Open plate ให้ผลใกล้เคียงกันในขณะที่การเก็บเชื้อโดยใช้ Bio Sampler พบว่าแทบไม่มีเชื้อจุลชีพขึ้น ในการศึกษานี้ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Blood Agar และ MacConkey Agar สำหรับแบคทีเรีย และ Sabouraud Dextrose Agar สำหรับเชื้อรา โดยที่ Andersen Impactor ใช้เวลาในการเก็บตัวอย่าง 10-20 นาที Bio Sampler ใช้เวลาในการเก็บ 25 - 45 นาที ขณะที่ Open plate ใช้เวลา 2 ชั่วโมง โดยจากการเก็บตัวอย่างครั้งนี้พบเชื้อจุลชีพทั้งหมด 12 ชนิด เป็นเชื้อแบคทีเรีย 7 ชนิด และเชื้อรา 5 ชนิด เชื้อแบคทีเรียที่พบมากเป็น 5 อันดับแรกคือ *Staphylococcus* spp. (688 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร) รองลงมาคือ *Micrococcus* spp. (541 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร), *Pseudomonas* spp. (534 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร), NFB (507 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร) และ*Bacillus* spp. (467 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร) ส่วนเชื้อราที่พบมากที่สุด 3 อับดับแรกคือ *Aspergillus* spp. (309 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร), *Penicillium* spp. (217 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร) และ *Curvularia* spp.(138 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร) จากการเก็บตัวอย่างโดยใช้ Andersen Impactor

ณัติฐพงศ์ เด่นจักรวาฬ (2005) ศึกษาการกระจายตัวของฝุ่นและเชื้อราบริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ทั้งหมด 5 แผนก ได้แก่ แผนกผู้ป่วยใน แผนกผู้ป่วยนอก แผนกฉุกเฉิน แผนกห้องปฏิบัติการ และแผนกบริหารทั่วไป พบว่าอัตราการระบายอากาศของทั้ง 5 แผนก ยังไม่ผ่านข้อแนะนำของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ร่วมกับสมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย (ว.ส.ท.) โดยที่แผนกผู้ป่วยใน (4.00 ต่อชั่วโมง) มีอัตราการระบายอากาศมากที่สุด รองลงมาคือแผนกฉุกเฉิน (2.14 ต่อชั่วโมง) แผนกห้องปฏิบัติการ (1.82 ต่อชั่วโมง) แผนกผู้ป่วยนอก (1.66 ต่อชั่วโมง) และแผนกบริหารทั่วไป (0.87 ต่อชั่วโมง) ตามลำดับ ความเข้มฝุ่นพบมากสุดที่แผนกฉุกเฉิน รองลงมาคือ แผนกผู้ป่วยใน แผนกบริหารทั่วไป แผนกห้องปฏิบัติการ และแผนกผู้ป่วยนอก ปริมาณเชื้อราที่พบมากที่สุด ได้แก่ *Aspergillus* spp. รองลงมาคือ *Penicillium* spp. และราดำ

กาญจนา ภิณโญภาพ (2008) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำมันหอมระเหย 8 ชนิด ได้แก่ อบเชย กานพลู กระชาย ข่า สาระแหน่ บัวบก โหรพา และกระดังงาสงขลา โดยวิธี Gas chromatography–mass spectrometry (GC-MS) พบว่าการสกัดน้ำมันหอมระเหยกานพลูให้น้ำมันหอมระเหยมากที่สุด ที่ร้อยละ 17.79 w/v รองลงมาได้แก่ อบเชยที่ร้อยละ 1.36

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

w/v ข่าร้อยละ 0.23 w/v กระชายร้อยละ 0.11 w/v โหรพาร้อยละ 0.31 w/v บัวบกร้อยละ 0.02 w/v และสาระแหน่ร้อยละ 0.01 w/v ตามลำดับ โดยน้ำมันหอมระเหยกานพลูมีองค์ประกอบที่สำคัญคือยูจีนอลร้อยละ 67.44 และอบเชยมีองค์ประกอบที่สำคัญคือ Cinamaldehyde ร้อยละ 65.13 ซึ่งน้ำมันหอมระเหยที่นำมาทดลองมีสารประกอบในน้ำมันหอมระเหยที่เหมือนกันไม่ต่ำกว่า 2 ชนิด และมีผลการศึกษาทางชีวภาพพบว่า อบเชย มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของ *Bacillus* spp., *Escherichia coli, Staphylococcus aureus* ได้ดีที่สุด รองลงมาคือ กานพลู ข่า กระชาย ในขณะที่โหรพา และกระดังงาสงขลา สามารถยับยั้งการเจริญของ *Escherichia coli* ได้เพียงชนิดเดียว

ณัฏฐา เลาหกุลจิต และคณะ (2009) ศึกษาการใช้น้ำมันหอมระเหยในการยับยั้งเชื้อราในกระดาษ โดยน้ำมันหอมระเหยที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยอบเชย กานพลู ตะไคร้ และมะนาว พบว่าน้ำมันหอมระเหยอบเชย และกานพลู สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. niger A. terreus* และ เชื้อรา *Rhizopus stolonifer* ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยตะไคร้สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. fumigatus* และ *Cladosporium herbarum* ได้ดี และพบว่าน้ำมันหอมระเหยอบเชย กานพลู ตะไคร้ มะนาว ทุกความ เข้มข้นสามารถยับยั้งการสร้างสปอร์ และยับยั้งการเจริญของเส้นใยของเชื้อรา *A. niger, A. fumigatus, A. terreus, Cladosporium herbarum*, *Rhizopus stolonifer*, *Penicillium* spp. และ *Hemicola* spp. นอกจากนั้นยังพบว่า น้ำมันหอมระเหยอบเชยความเข้มข้น 100 ppm สามารถยับยั้งเชื้อได้ดีที่สุดเมื่อทดลองโดยให้วิธีเคลือบบนผิวกระดาษโดยวิธีการจุ่ม ผลิตภัณฑ์ที่เคลือบน้ำมันหอมระเหยอบเชยนาน 3 เดือน สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา 8 ชนิด และมีคุณภาพด้านกลิ่น สี และความชอบไม่แตกต่างจากกระดาษที่ไม่จุ่มน้ำมันหอมระเหย

ณัฐกานต์ วงศ์สีสม และคณะ (2014) ศึกษาฤทธิ์ต้านแบคทีเรียก่อโรคในอาหารของน้ำมันหอมระเหยจากมะแขว่น โดยดูจากค่าความเข้มข้นที่น้อยที่สุดที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ (MIC) พบว่า น้ำมันหอมระเหย จากเปลือกหุ้มเมล็ดออกฤทธิ์ต้านการเจริญของเชื้อ *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* ได้ดีที่สุดโดยให้ ค่า MIC เท่ากับ 6.64 mg/mL ในขณะที่ค่า MIC ของน้ำ มันหอมระเหยจากผลรวมที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ *Bacillus cereus* เท่ากับ 26.56 mg/mL และจากการศึกษาองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยมะแขว่นที่สกัดจากส่วนต่างๆด้วยเทคนิค GC-MS (Gas Chromatography Mass Spectrometry) พบว่าองค์ประกอบหลักที่สำคัญในน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกหุ้มเมล็ด เมล็ดมะแขว่น และ ผลรวม คือ Limonene คิดเป็นร้อยละ 46.0, 69.9 และ 42.8 ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ปณิธี ทิพยธรรม และ วาณี ชนเห็นชอบ (2550) ศึกษาผลการยับยั้งแบคทีเรียของสารองค์ประกอบในน้ำมันหอมระเหย (ไทมอลและยูจีนอล) และไนซินต่อแบคทีเรียที่เกี่ยวข้องกับการเสื่อมเสียในอาหาร ในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย โดยทดสอบปริมาณเชื้อเริ่มต้น 10^5-10^6 โคโลนีต่อมิลลิลิตร กับเชื้อ 4 ชนิดดังนี้คือ *Escherichia coli, Staphylococcus aureus, Bacillus cereus* และ *Listeria monocytogenes* ที่สภาวะควบคุมอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ด้วยวิธี agar well diffusion ใน nutrient agar พบว่าไทมอลและยูจีนอลสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทดสอบทั้ง 4 ชนิดได้ ในขณะที่ไนซินไม่สามารถยับยั้งต่อแบคทีเรียแกรมลบ

เกศทิพย์ กรี่เงิน และคณะ (2002) ศึกษาผลของสารสกัดจากใบพลูที่มีต่อเชื้อรา *Aspergillus niger* และ *Aspergillus japonicas* บนผ้าฝ้ายและผ้าพอลิเอสเตอร์ โดยใช้วิธีการสกัดเย็นด้วยตัวทำละลายเอทานอล โดยศึกษาที่ระดับ 3 ความเข้มข้น คือ 10,000, 100,000 และ 200,000 ppm พบว่าที่สารสกัดความเข้มข้น 200,000 ppm สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราทั้ง 2 ชนิดได้ดีที่สุด นอกจากนั้นยังพบว่า ชนิดของผ้าและความเข้มข้นของสารสกัดมีผลต่อจำนวนโคโลนีของเชื้อราอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01

ดำรงศักดิ์ ร่มเย็น (2013) ศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมจำแนกตามฤดูกาลต่ออัตราการป่วยด้วยกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารของผู้ปฏิบัติงานพยาบาลในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง โดยศึกษาบริเวณที่ใช้ระบบระบายอากาศแบบธรรมชาติ และแบ่งตามฤดูกาล (ฤดูร้อน และฤดูฝน) ด้วยการเก็บข้อมูล 2 ส่วนคือ การศึกษาความชุกของกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารของผู้ปฏิบัติงานพยาบาล และตรวจวัดปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมได้แก่ ปัจจัยด้านชีวภาพ (แบคทีเรียและเชื้อรา) ด้านกายภาพ (อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม) และด้านเคมี(ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนกอไซด์ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ โอโซน และฟอมัลดีไฮด์) พบว่า ความชุกของการป่วยด้วยกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารในฤดูร้อนมีอัตราป่วยร้อยละ 41.56 และฤดูฝนร้อยละ 40.32 ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

อุไรวรรณ ดิลกคุณานันท์ และคณะ (2002) ศึกษาสารช่วยละลายที่มีผลต่อการออกฤทธิ์ของสารสกัดพลูและน้ำมันพลูต่อเชื้อรา *A. niger*, *A. flavus, Fusarium* spp. และ *Penicillium* spp. โดยสกัดเย็นใบพลูแห้งแล้วนำมาละลายในสารช่วยละลาย 2 ชนิด คือ Propylene glycol และ Tween80 หลังจากนั้นผสมลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.02 – 0.05 พบว่า น้ำมันพลูมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ดีกว่าสารสกัดหยาบพลู และน้ำมันพลูที่ละลายใน Propylene glycol สามารถยับยั้งเชื้อราได้มากกว่าที่ละลายใน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Tween80 โดยน้ำมันพลูที่ละลายใน Propylene glycol มีค่า MIC อยู่ระหว่างร้อยละ 0.06 – 0.08 และ น้ำมันพลูที่ละลายใน Tween80 MIC อยู่ระหว่างร้อยละ 0.08 – 0.12

Narumol M. และ Nirundorn M. (2008) ศึกษาการยับยั้งเชื้อราบนไม้ของน้ำมันหอมระเหย anise, lime, tangerine เชื้อราที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ *A.niger*, *Penicillium chrysogenum* และ *Penicillium* spp. โดยใช้น้ำมันหอมระเหยความเข้มข้น 20 – 200 µl/ml พบว่า น้ำมันหอมระเหย anise มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราได้ดีที่สุดโดยค่า MIC เท่ากับ 40 µl/ml สามารถยับยั้ง *A. niger* และ *Penicillium* spp. ได้ 60 µl/ml สามารถยับยั้ง *Penicillium chrysogenum* ได้ ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยมะนาวและ tangerine ต้องใช้ความเข้มข้นสูงถึง 100 – 180 µl/ml

กนกรัตน์ ป้องประทุม และคณะ (1999) ศึกษาการควบคุมการเจริญและการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* โดยสารกันเสีย 3 ชนิด คือ โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดเบนโซอิก และโซเดียมเบนโซเอต ที่ความเข้มข้น 0.02, 0.06 และ0.01 เปอร์เซ็นต์ โดยศึกษาในอาหารเลี้ยงเชื้อ Malt extract agar, Com extract agar และในเมล็ดข้าวโพด พบว่าในอาหารเลี้ยงเชื้อ Malt extract agar โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ ทุกระดับความเข้มข้นสามารถควบคุมการเจริญของเชื้อ *Aspergillus parasiticus* ได้ทุกระดับความเข้มข้น รองลงมาคือ กรดเบนโซอิกที่ระดับความเข้มข้น 0.06 และ 0.1 เปอร์เซ็นต์ โซเดียมเบนโซเอตยับยั้งได้เฉพาะที่ระดับความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Com extract agar โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ และกรดเบนโซอิกสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อได้ที่ที่ระดับความเข้มข้น 0.02 และ0.06 เปอร์เซ็นต์ ส่วนบนเมล็ดข้าวโพด สารทั้ง 3 ชนิด สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อได้ที่ความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ แต่จากการศึกษาพบว่า สารทั้ง 3 ชนิดมีผลในการกระตุ้นการสร้างสารอะฟลาทอกซินเมื่อใช้สารเคมีในความเข้มข้นสูงขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Goñi P. และคณะ (2009) ศึกษาการยับยั้งการเจริญของจุลชีพในเฟสไอระเหยของสารผสมระหว่างน้ำมันหอมระเหยกานพลูกับอบเชยในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 โดยปริมาตร โดยทำการทดลองในแบคทีเรียแกรมลบ 4 ชนิด ได้แก่ *Escherichia coli, Yersinia enterocolitica, Pseudomonas aeruoginosa* และ *Salmonella choleraesuis* และแบคทีเรียแกรมบวก 4 ชนิด ได้แก่ *Staphylococcus aureus, Listeria monocytogenes, Bacillus cereus* และ *Enterococcus faecalis* พบว่า เมื่อใช้ความเข้มข้นของสารในปริมาณที่น้อยที่สุดจะสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *E. coli* ได้ และเมื่อใช้ความเข้มข้นที่มากที่สุดจะสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *L. monocytogenes, B. cereus* และ *Y. enterocolitica* ได้ด้วย เมื่อเก็บตัวอย่างไอระเหยของสาร

ผสมนี้โดยใช้เทคนิค Solid Phase Micro Extraction (SPME) ไปวัดองค์ประกอบของสารด้วย Gas chromatography–ion trap mass spectrometry (GC/ITMS) พบว่า สารยูจีนอลเป็นสารประกอบที่มีมากสุดใน 3 สารที่ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย นอกจากนั้นยังพบสาร 1,8-cineole และการบูร ซึ่งเชื่อว่าช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพของยูจีนอลได้

Matan N. และคณะ (2006) ศึกษาการยับยั้งการเจริญของจุลชีพของน้ำมันหอมระเหยผสมระหว่าง กานพลูและอบเชยในอัตราส่วน 1:1 ภายใต้สภาวะอากาศที่ถูกควบคุม คือ ให้ปริมาณออกซิเจนต่ำ (น้อยกว่าร้อยละ 0.05–10) และ ให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูง (ร้อยละ 20 หรือ 40) โดยทำการทดสอบกับเชื้อรา 4 ชนิด ได้แก่ *Aspergillus flavus, Penicillium roqueforti, Mucor plumbeus* และ *Eurotium* spp. ยีสต์ (Yeast) 4 ชนิด ได้แก่ *Debaryomyces hansenii, Pichia membranaefaciens, Zygosaccharomyces rouxii* และ *Candida lipolytica* และแบคทีเรีย 2 ชนิด ได้แก่ *Staphylococcus aureus* และ *Pediococcus halophilus* พบว่า ในสภาวะที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำ และคาร์บอนไดออกไซด์สูง น้ำมันหอมระเหยผสม สามารถยับยั้งการเจริญของจุลชีพได้ดี และในสภาวะก๊าซ สารละลายผสม 1,000 ไมโครลิตร สามารถยับยั้งการเจริญของ *C. lipolytica* และ *P. membranaefaciens* ปริมาณ 2,000 ไมโครลิตร สามารถยับยั้งการเจริญของ *P. roqueforti M. plumbeus Eurotium* spp. *D. hansenii,* และ *Z. rouxii*. ขณะที่ *A. flavus* ต้องใช้ความเข้มข้นของน้ำมันหอมผสม เท่ากับหรือมากกว่า 4,000 ไมโครลิตร

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทำให้ทราบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยมะนาว กานพลู ตะไคร้ อบเชย ใบพลู โป๊ยกั๊ก Tangerine oil มังคุด และมะแขว่น รวมถึงสารโพแทสเซียมเมตะไบ-ซัลไฟต์ กรดเบนโซอิก และโพแทสเซียมเบนโซเอต ว่าน้ำมันและสารแต่ละชนิด มีความสามารถในการยับยั้งเชื้อจุลชีพได้แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2-7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2 - 7 การเปรียบเทียบปริมาณและประสิทธิภาพของน้ำมันหอม

สารสกัด	สารที่สกัดได้	%สารสกัด	วิธีการสกัด	เชื้อราที่สามารถกำจัดได้	ประสิทธิภาพ Clear Zone	MIC
น้ำมันหอม-ระเหย จากมะนาว	alpha-limonene	46.04%	-	*Aspergillus niger*, *A. terreus, A. fumigatus, Rhizopus stolonifera*, *Cladosporium herbarum*	*Aspergillus* 31.10-41.01 mm *Cladosporium* 40.33 mm *Rhizopus* 45.33 mm	10 ppm
น้ำมันหอม-ระเหย จากกานพลู	eugenol	99.03%	-	*Aspergillus niger*, *A. terreus* และ *Rhizopus stolonifer A. fumigatus, Cladosporium herbarum*	*Aspergillus 59.67-67.3 mm Cladosporium* 69.33 mm *Rhizopus* 64.00 mm	
น้ำมันหอม-ระเหย จากตะไคร้	2,6-octadienal	61.53%	-	*A. fumigatus* และ *Cladosporium herbarum Aspergillus niger*, *A. terreus, Rhizopus stolonifer*	*Aspergillus* 29.00-90.00 mm *Cladosporium* 90.00 mm *Rhizopus* 27.33 mm	10 ppm
น้ำมันหอม-ระเหย จากอบเชย	cinamaldehyde และ eugenol	41.31% และ 14.37%	-	*Aspergillus niger*, *A. terreus, Rhizopus stolonifer A. fumigatus, Cladosporium herbarum*, *Penicillium* sp.	*Aspergillus* 58.67-81.33 mm *Cladosporium*90.00 mm *Rhizopus* 65.00 mm	10 ppm

สารสกัด	สารที่สกัดได้	%สารสกัด	วิธีการสกัด	เชื้อราที่สามารถกำจัดได้	ประสิทธิภาพ Clear Zone	MIC
น้ำมันหอม-ระเหย จากอบเชย	cinamaldehyde และ eugenol	41.31% และ 14.37%	-	*Aspergillus niger*, *A. terreus*, *Rhizopus stolonifer* *A. fumigatus*, *Cladosporium herbarum*, *Penicillium* sp.	*Aspergillus* 58.67-81.33 mm *Cladosporium*90.00 mm *Rhizopus* 65.00 mm	10 ppm
ใบพลู	eugenol, และ hydroxychavicol	-	สกัดด้วย ethanol และระเหยแห้ง จนเหลือแต่สารสกัดหยาบ	*Aspergillus niger* *Aspergillus japonicus*	24 mm บนผ้าฝ้าย บนผ้าฝ้ายผสมเส้นใยพอลิเอสเตอร์ ไม่มี Clear Zone, 10 mm บนผ้าฝ้าย บนผ้าฝ้ายผสมเส้นใยพอลิเอสเตอร์ 8 mm	200,000 ppm
เปลือกหุ้มเมล็ดมะแขว่น	alpha-limonene	9.4 ± 0.1	การต้มกลั่น	*Staphylococcus a.* *E.Coli* *Bacillus cereus*	12.0±1.7 mm 21.0±1.0 mm 13.7±0.6 mm	≤6.64 mg/ml ≤6.64 mg/ml 13.28 mg/ml
ใบพลู		3.72-14.13%ของน้ำหนักแห้ง	สกัดด้วย petroleum ether และสกัดต่อด้วย ethanol	*Mentagrophytes*, *Staphylococcus aureus*, *Aspergillus niger* และ *Steptococcus* sp.	-	0.2 %

สารสกัด	สารที่สกัดได้	%สารสกัด	วิธีการสกัด	เชื้อราที่สามารถกำจัดได้	ประสิทธิภาพ Clear Zone	MIC
โพแทสเซียม เมตาไบซัลไฟต์	-	-	-	*Aspergillus parasiticus*	ยับยั้งการเจริญของจุลชีพได้นาน 7 วัน เมื่อใช้สารเคมีความเข้มข้นสูงขึ้นทำให้ จุลชีพสร้างสารอะฟลาท็อกซินที่ความเข้มข้นสูงขึ้น	0.02% บนอาหารเลี้ยงเชื้อ และเมล็ดข้าวโพด
กรดเบนโซอิก	-	-	-	*Aspergillus parasiticus*		0.6% บนอาหารเลี้ยงเชื้อ
โซเดียม - เบนโซเอต	-	-	-	*Aspergillus parasiticus*		0.1% บนอาหารเลี้ยงเชื้อ
Clove bud	Eugenol	-	การกลั่นด้วยน Hydro-distillation	*Aspergillus niger, A. repens, A. fumigatus, Cladosporium herbarum, Penicillium frequentans, Trichoderma viride, Chaetomium globosum, Paecilomyces variotii, Stachybotrys atra*	46.8±1.9	5 µl
tea tree leaf	Terpinen-4-ol	-			42.0±2.4	35 µl
Eugenol	-	-	-		29.1±1.3	5 µl

สารสกัด	สารที่สกัดได้	%สารสกัด	วิธีการสกัด	เชื้อราที่สามารถกำจัดได้	ประสิทธิภาพ Clear Zone	MIC
เมล็ดมะแขว่น	alpha-limonene	0.5±0.1	การต้มกลั่น	*Staphylococcus a.* *E.Coli, Bacillus cereus*	1.3±0.6 mm 4.3±0.6 mm -	≤6.64 mg/ml 425 mg/ml 425 mg/ml
ผลรวมมะแขว่น	alpha-limonene	5.3±0.2		*Staphylococcus a.* *E.Coli* *Bacillus cereus*	10.3±0.6 mm 16.3±1.2 mm 12.3±1.2 mm	≤6.64 mg/ml 13.28 mg/ml 26.56 mg/ml
มังคุด	Phenolics Tannins Alpha-mangostin	26.46±0.22 34.05±0.05 13.2±0.20		*Staphylococcus a.* *E. coli*	-	6.25 µg/ml
Anise oil น้ำมันโป๊ยกั๊ก	-	ซื้อจากบริษัท Thai China Flavors & Fragrances Industry	-	*Aspergillus niger* *Penicillium* sp. *Penicillium chrysogenum*	-	40 µl /ml 40 µl/ml 60 µl /ml
Tangerine oil	-		-		-	>100-180 µl /ml

สารสกัด	สารที่สกัดได้	%สารสกัด	วิธีการสกัด	เชื้อราที่สามารถกำจัดได้	ประสิทธิภาพ Clear Zone	MIC
น้ำมันพลู		-	กลั่นด้วยไอน้ำ และละลายใน propylene glycol	*Aspergillus niger*, *A. flavus*, *Fusarium sp.* และ *Penicillium* sp.	-	0.06-0.8%
Anise oil น้ำมันโป๊ยกั๊ก	-	ซื้อจากบริษัท Thai China Flavors & Fragrances Industry	-	*Aspergillus niger* *Penicillium* sp. *Penicillium chrysogenum*	-	40 µl /ml 40 µl/ml 60 µl /ml
Tangerine oil	-		-		-	>100-180 µl /ml

การศึกษานี้คัดเลือกน้ำมันหอมระเหย อบเชย กานพลู ตะไคร้ และสารยูจีนอลเพื่อใช้ในการทดลองเนื่องจาก

1. น้ำมันหอมระเหยกานพลู ให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันหอมในปริมาณสูงกว่าสารอื่นๆ และมีประสิทธิภาพดีในการยับยั้งเชื้อจุลชีพ

2. น้ำมันหอมระเหยอบเชยและตะไคร้ ถึงแม้จะให้ปริมาณน้ำมันไม่มากแต่มีความสามารถในการยับยั้งเชื้อจุลชีพได้หลากหลายและมีประสิทธิภาพดี

3. สารยูจีนอล เป็นสารประกอบของน้ำมันหอมระเหยอบเชย และกานพลู ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารหลักในการยับยั้งเชื้อจุลชีพในเฟสของไอระเหย

4. น้ำมันหอมระเหยอบเชย กานพลู และตะไคร้ เป็นน้ำมันหอมระเหยที่หาได้ง่ายและราคาไม่แพง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
แผนการทดลองและการดำเนินงานวิจัย

3.1 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 3 - 1 แผนการดำเนินงานวิจัย

เดือน / กิจกรรม	พ.ศ. 2559		พ.ศ.2560											
	5-6	7-12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ยื่นสอบโครงร่างวิทยานิพนธ์														
- แก้ไขโครงร่างวิทยานิพนธ์	←	→												
การทดลองช่วงที่ 1														
- ทดสอบความเข้มข้นของเชื้อ														
- หาปริมาณตัวทำละลายที่เหมาะสมในการทดลอง														
- หาปริมาณและความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยที่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลชีพ	←		—	—	→									
- วัดอัตราการระเหยของน้ำมันหอมระเหย														
- บันทึกผลการทดลอง														
การทดลองช่วงที่ 2														
- เปรียบเทียบประสิทธิภาพการยับยั้งจุลชีพของน้ำมันหอมระเหย					←	→								
การทดลองช่วงที่ 3														
- ประเมินประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยเมื่อประยุกต์ใช้ในห้องที่มีระบบปรับอากาศ							←	—	→					
สรุปผลการทดลอง									←	—	—	→		
ยื่นสอบวิทยานิพนธ์														
- สอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์													←	→

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

การทดลองใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Sabouraud Dextrose Agar (SDA) Blood Agar และ RPMI1640 แบบสำเร็จรูป โดยที่ Agar มีค่า pH เท่ากับ 7.4±0.2 ที่ 25 องศาสเซลเซียส น้ำมันหอมระเหยที่ใช้ในการทดสอบ 4 ชนิด ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยอบเชย กานพลู ตะไคร้ และยูจีนอล จากบริษัท อุตสาหกรรมเครื่องหอมไทย – จีน จำกัด ตัวทำละลายเอทานอล เกรด AR น้ำยาทำความสะอาด โซเดียมไฮโปคลอไรท์ และ VirKon

3.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

(1) Autoclave
(2) หลอดทดลอง ขนาด 15 มิลลิลิตร และ 50 มิลลิลิตร
(3) Eppendorf
(4) กล้องจุลทรรศน์
(5) จานอาหารเลี้ยงเชื้อ (Plates)
(6) ตู้บ่มเชื้อ 30 องศาเซลเซียส และ 35 องศาเซลเซียส
(7) ห่วงเขี่ยเชื้อ (Loop)
(8) เข็มเขี่ยเชื้อ
(9) แท่งแก้ว
(10)ไมโครปิเปตต์
(11) บีกเกอร์
(12) แผ่นดิสก์
(13) แผ่น Parafilm
(14) เครื่องเขย่า (Vortex mixer)
(15) 96-well tissue culture plates
(16) ขวดแก้วใสขนาด (Duran bottle) 100 250 500 และ 1,000 มิลลิลิตร
(17) ตู้จำลอง กว้าง 38.1 เซนติเมตร ยาว 76.2 เซนติเมตร สูง 53.3 เซนติเมตร จำนวน 2 ตู้
(18) Microplate Reader ยี่ห้อ Thermo Scientific รุ่น Varioskan Flash Multimode
(19) เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง ยี่ห้อ Thermo Scientific รุ่น Genesys 20
(20) เครื่องวัดความเร็วลมขนาดพกพา ยี่ห้อ Kestrel รุ่น 3000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(21) Gas Chromatograph-Mass Spectrometer รุ่น MassHunter GC/MS Acquisition B.07.02.1938 08-Sep-2014 Copyright © 1989-2014 Agilent Technologies, Inc.

(22) Gas Chromatography – Flame Ionization Detector (GC-FID)

3.3 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

(1) ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อใส่ในน้ำกลั่นตามปริมาณที่เขียนกำกับไว้ข้างขวดของอาหารเลี้ยงเชื้อแต่ละชนิด บรรจุในขวดแก้ว

(2) ละลายอาหารเลี้ยงเชื้อ แล้วนำไปทำให้ปราศจากเชื้อด้วย Autoclave ที่ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

(3) พักไว้จนอุณหภูมิของอาหารเลี้ยงเชื้อนั้นเย็นลงประมาณ 45-50 องศาเซลเซียส จึงเทลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ รอจนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัว และตรวจสอบก่อนว่ามีเชื้อปะปนหรือไม่ ก่อนนำไปใช้ หากยังไม่ใช้ให้เก็บที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส

3.4 การเตรียมเชื้อจุลชีพ

เชื้อรามาตรฐาน *Candida parapsilosis* ATCC22019 และเชื้อจุลชีพจากสิ่งแวดล้อม ได้แก่ *Aspergillus fumigatus, Candida albicans, Curvularia lunata, Trichosporon asahii*, *Staphylococcus aureus, Bacillus cereus* และ *Pseudomonas aeruginosa* ได้รับความอนุเคราะห์จากภาควิชาจุลชีววิทยา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยเชื้อที่นำมาใช้เลี้ยงและบ่มในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส ตามระยะเวลาการเจริญของเชื้อแต่ละชนิด โดยมีวิธีการเตรียมความเข้มข้นของเชื้อดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(1) เตรียมน้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 0.8 ที่ปราศจากเชื้อใส่ในหลอดทดลอง

(2) ใช้ห่วงเขี่ยเชื้อ เขี่ยเชื้อจุลชีพที่ต้องการทดสอบใส่ลงในน้ำเกลือ เขย่าให้เชื้อผสมเข้ากับน้ำเกลือร้อยละ 0.8

(3) ตรวจนับเชื้อจุลชีพด้วยการนับภายใต้กล้องจุลทรรศน์หรือวัดความขุ่น (Turbidimetric method)

(4) ทำการเจือจางเชื้อตามวิธีการมาตรฐาน Clinical & Laboratory Standards Institute (CLSI) ของเชื้อแต่ละชนิด

3.5 วิธีการทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นการทดลองในระดับปฏิบัติการ แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ช่วง

3.5.1 การทดลองช่วงที่ 1 การวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหย

น้ำมันหอมระเหยทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ กานพลู อบเชย ตะไคร้หอม และยูจีนอล ส่งวิเคราะห์องค์ประกอบที่ ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมีรายละเอียดการใช้งานดังภาคผนวก ฉ. และ วิเคราะห์ปริมาณสารยูจีนอลในอากาศเมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง ด้วยเครื่อง Gas Chromatography – Flame Ionization Detector (GC-FID) โดยมีรายละเอียดการใช้งานดังตารางที่ 3-2 และภาคผนวก ฉ.

ตารางที่ 3 - 2 รายละเอียดการใช้งาน GC-FID

ชนิดของคอลัมน์	HP-INNOWAX ขนาด 30 เมตร X 320 ไมโครเมตร X 0.25 ไมโครเมตร
อุณหภูมิของ injector	220 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิของ column	อุณหภูมิเริ่มต้นที่ 70°C เพิ่มอุณหภูมิเป็น 100 °C ใช้ rate 4 °C/min และเพิ่มอุณหภูมิเป็น 150 °C โดย ใช้ rate 1 °C/min เพิ่มอุณหภูมิเป็น 220 °C โดย ใช้ rate 10 °C/min และ hold ค้างไว้ 5 นาที
อุณหภูมิของ detector (FID)	220 องศาเซลเซียส
ก๊าซตัวพา (Carrier gas)	ก๊าซฮีเลียม (He) อัตราการไหล 1 มิลลิลิตรต่อนาที
ปริมาตรการฉีด	1 ไมโครลิตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.5.2 การทดลองช่วงที่ 2 ทดสอบความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำมันหอมระเหย และสารทำความสะอาด ที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลชีพได้โดยการสัมผัสโดยตรง

หาความเข้มข้นต่ำสุด (Minimum Inhibitory Concentration, MIC) ด้วยวิธี Broth Microdilution test ตามวิธีมาตรฐาน CLSI (M27 – A3 สำหรับทดสอบยีสต์ M38 – A2 สำหรับราสาย และ M07 – A9 สำหรับแบคทีเรีย) และประยุกต์ใช้สารสี (Resazurin) ในการสังเกตการเจริญของเชื้อจุลชีพ จากการวัดการเปลี่ยนแปลงสีของสารโดยใช้เครื่อง Microplate Reader

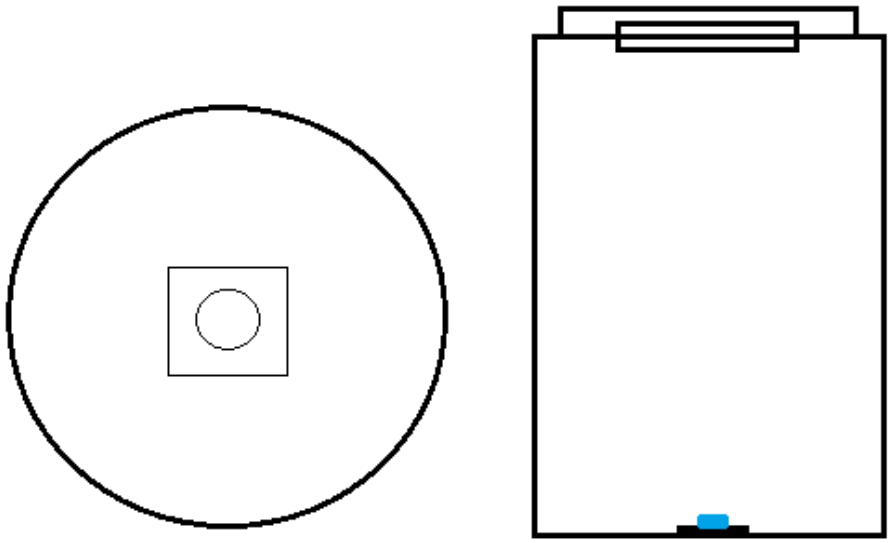
3.5.3 การทดลองช่วงที่ 2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการยับยั้งจุลชีพของน้ำมันหอมระเหยอบเชย กานพลู ตะไคร้ ยูจีนอล และ VirKon ในสภาวะไอระเหย

ศึกษาประสิทธิภาพยับยั้งเชื้อจุลชีพของน้ำมันหอมระเหยอบเชย กานพลู ตะไคร้ eugenol และ VirKon โดยวิธี Vapor diffusion method แล้วสังเกตประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อจุลชีพโดยการนับจำนวน และการสังเกตโคโลนีของเชื้อ วิธี Vapor diffusion method ทำได้ดังนี้ และมีจำนวนการทดลองดังตารางที่ 3-3

(1) เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อใส่ลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อแต่ละจานประมาณ 20 มิลลิลิตร ตากผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อให้แห้ง

(2) เตรียมเชื้อให้มีความเข้มข้นประมาณ 2,000 - 5,000 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร spread plate โดยใส่เชื้อลงในอาหารเลี้ยงเชื้อแข็งที่เตรียมไว้ 100 µl และทำการเกลี่ยเชื้อให้กระจายทั่วผิวหนาอาหารด้วยแท่งแก้ว (Sterile spreader) หลังจากนั้นตากให้แห้ง

(3) วางแผ่นดิสก์ ไว้ด้านล่างของขวด และติดจานอาหารเลี้ยงเชื้อไว้ด้านบนฝาขวด ดังภาพที่ 3- 1



ภาพที่ 3 - 1 การวางแผ่นดิสก์ ในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ

(4) หยดน้ำมันหอมระเหยให้ชุ่มแผ่นดิสก์ โดยใช้ปริมาณ 500 µl หลังจากนั้นใช้ Parafilm พันขอบปากขวดโหลให้แน่น

(5) จับเวลาในการใส่แผ่นดิสก์ ไว้ในขวดโหลเป็นเวลา 4, 8, 10 และ 24 ชั่วโมง

(6) บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง แล้วนำมาอ่านผลการทดลอง

(7) คัดเลือกน้ำมันหอมระเหยที่ให้ประสิทธิภาพดีที่สุด นำไปทดลองร่วมกับตู้ทดลองระบบปรับอากาศ

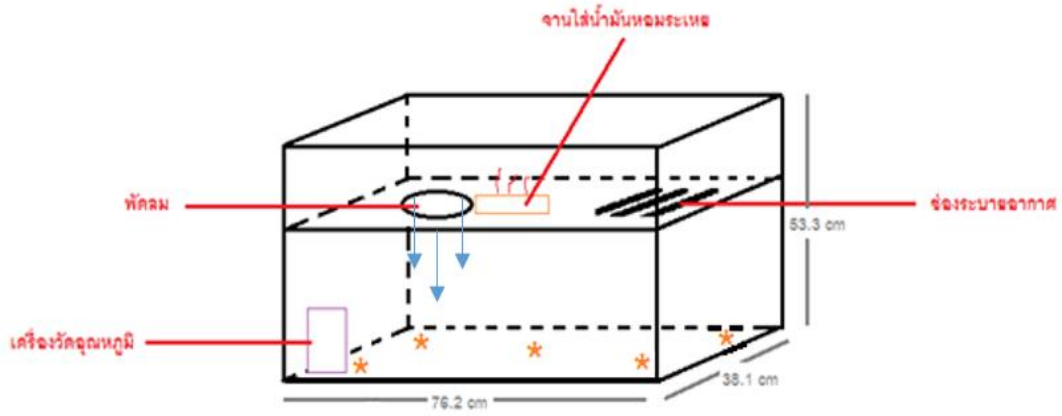
ตารางที่ 3 - 3 จำนวนชุดการทดลองประสิทธิภาพของไอระเหยจากน้ำมันหอมระเหยในการยับยั้งเชื้อจุลชีพต่อเชื้อจุลชีพ 1 ชนิด

น้ำมันหอมระเหย	**จุลชีพ**			
	4 ชั่วโมง	**8 ชั่วโมง**	**10 ชั่วโมง**	**24 ชั่วโมง**
อบเชย	3 ชุด	3 ชุด	3 ชุด	3 ชุด
กานพลู	3 ชุด	3 ชุด	3 ชุด	3 ชุด
ตะไคร้	3 ชุด	3 ชุด	3 ชุด	3 ชุด
สารยูจีนอล	3 ชุด	3 ชุด	3 ชุด	3 ชุด
ชุดควบคุม	3 ชุด	3 ชุด	3 ชุด	3 ชุด
รวม	15	15	15	15
				60

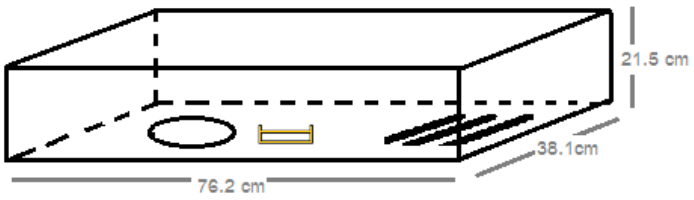
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.5.4 การทดลองช่วงที่ 3 ประเมินประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยเมื่อประยุกต์ใช้ในห้องที่มีระบบปรับอากาศ

ในการทดลองนี้ใช้ตู้ทดลองขนาด 0.155 ลูกบาศก์เมตร โดยเปิดพัดลมวันละ 10 ชั่วโมง ทำการทดลองในห้องที่มีระบบปรับอากาศ ตู้ทดลองมีลักษณะดังภาพที่ 3-2 มีจำนวนการทดลองดังตารางที่ 3-4



ก. องค์ประกอบภายในตู้ทดลอง



ข. ภาพด้านข้างเฉพาะส่วนบนของตู้

ภาพที่ 3 - 2 ลักษณะของตู้ที่ใช้ในการทดลอง

ก. องค์ประกอบภายในตู้ทดลอง

* คือจุดที่ใช้ในการวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใส่เชื้อจุลชีพไว้

ข. ภาพด้านข้างเฉพาะส่วนบนของตู้

วิธีการทดลอง

(1) ทำความสะอาดตู้ทดลองโดยใช้น้ำยาฆ่าเชื้อในห้องปฏิบัติการเช็ดบริเวณด้านในของตู้

(2) ติดพัดลมระบายอากาศ ตรงวงกลมในภาพที่ 3-2 โดยพัดลมที่นำมาติด สามารถปรับระดับความแรงของลมได้

(3) ทดสอบความปลอดเชื้อของตู้ทดลองโดยใช้วิธี open plate วางไว้ในตู้ทดลองที่เปิดพัดลมเป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อใช้เป็นค่าปริมาณจุลชีพเริ่มต้นในตู้ทดลอง

(4) ปรับปริมาณและความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการทดลองที่ 2 โดยใช้ความเข้มข้นของน้ำมันในการทดลองที่ 2 เป็นความเข้มข้นเริ่มต้น

(5) ทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยเมื่อประยุกต์ใช้ในตู้ทดลองที่มีการหมุนเวียนอากาศ โดยการวาง plate ที่มีน้ำมันหอมระเหยอยู่ไว้ชั้นบนของตู้ทดลอง และวาง plate ที่มีเชื้อจุลชีพไว้ด้านล่างของตู้ จากนั้นเปิดพัดลมในระดับต่ำสุด เพื่อให้มีอากาศหมุนเวียนภายในตู้ทดลอง 10 ชั่วโมง และทิ้งไว้ให้ครบ 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำจานอาหารเลี้ยงเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง โดยมีชุดควบคุมคือ ชุดการทดลองที่ไม่ใส่น้ำมันหอมระเหยเข้าไปในตู้

(6) บันทึกอุณหภูมิ ความเร็วลม และความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้ทดลองทุกครั้ง

ตารางที่ 3 - 4 จำนวนการทดลองประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยเมื่อประยุกต์ใช้ในห้องที่มีระบบปรับอากาศ ที่อุณหภูมิห้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุลชีพ / มันหอมระเหย	จำนวนชุดการทดลอง ต่อเชื้อจุลชีพ 1 ชนิด
น้ำมันหอมระเหยที่คัดเลือกจากการทดลองที่ 1 และ 2	2
ชุดควบคุม (ไม่ใส่น้ำมันหอมระเหย)	2
รวม	4

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

ผลการทดลองในการศึกษานี้แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ตามแผนดำเนินการวิจัย ดังนี้

(1) ผลการศึกษาองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดในสภาวะของเหลว และองค์ประกอบของสารยูจีนอลในสภาวะของไอระเหยที่อุณหภูมิห้อง

(2) ผลการศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลชีพของน้ำมันหอมระเหยทั้ง 4 ชนิด สารโซเดียมไฮโปคลอไรท์ และVirKon ด้วยการสัมผัสโดยตรง

(3) ผลการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยในสภาวะของไอระเหย

(4) ผลการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยกานพลู ตะไคร้ และ VirKon เมื่อประยุกต์ใช้กับตู้จำลองที่มีการหมุนเวียนอากาศในห้องที่มีระบบปรับอากาศ

โดยแต่ละการทดลองมีรายละเอียดผลการทดลองดังนี้

4.1 ผลการศึกษาองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหย

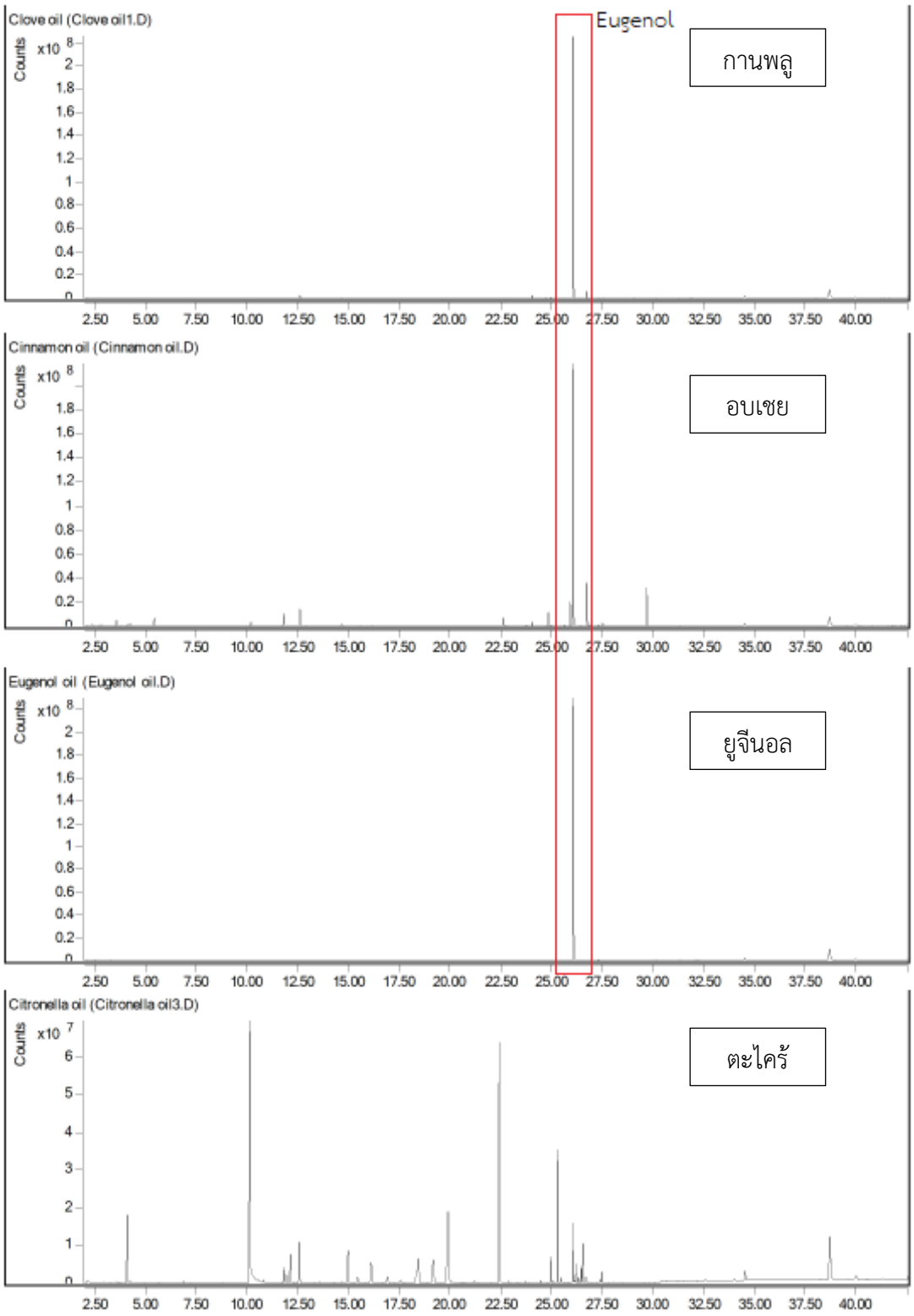
น้ำมันหอมระเหยอบเชย กานพลู ตะไคร้ และยูจีนอล ตรวจวัดองค์ประกอบหลัก 15 ตัว ด้วยเครื่อง Gas Chromatography–Mass Spectrometry (GC-MS) ที่ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รายละเอียดดังภาคผนวก ฉ. ได้ผลดังตารางที่ 4-1 และภาพที่ 4-1 พบว่าน้ำมันหอมระเหยอบเชย กานพลู และยูจีนอล มีสารยูจีนอลเป็นองค์ประกอบหลักสูงถึงร้อยละ 60.544 83.096 และ 89.627 ตามลำดับ ซึ่งสารยูจีนอลมีผลทำลายลิพิดที่บริเวณเยื่อหุ้มเซลล์ทำให้เซลล์เกิดรูรั่วส่งผลให้เชื้อจุลชีพตาย (Filgueiras และ Vanetti, 2006) ซึ่งผลการทดสอบเป็นไปในทางเดียวกันกับการศึกษาของ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ (2009) และการศึกษาของ Euge´nia Pinto (2009) ซึ่งวัดองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยกานพลู พบว่ามี Eugenol ถึงร้อยละ 85.3 ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม มีสาร Eugenol เพียงร้อยละ 2.381 แต่พบสาร 2,6-octadienal ร้อยละ 28.086 เป็นองค์ประกอบหลัก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4 - 1 องค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยอบเชย กานพลู ตะไคร้ และยูจีนอล จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS

กานพลู(Clove)	อบเชย (Cinnamon)	ตะไคร้ (Citronella)	ยูจีนอล (Eugenol)
Eugenol (83.096)	Eugenol (60.544)	2,6-octadienal, Citral (28.086)	Eugenol (89.627)
Sulfur tetrafluoride (6.337)	Phenol, 2-methoxy-4-(2-propenyl)-, acetate (8.493)	Citronellal (18.045)	9-Octadecenamide (4.530)
9-Octadecenamide, (3.241)	Benzyl Benzoate (3.989)	6-Octen-1-ol, 3,7-dimethyl-, (9.520)	L-Lactic acid (1.978)
Phenol, 2-methoxy-4-(1-propenyl)-, acetate (1.867)	o-Cymene (3.640)	9-Octadecenamide, (5.067)	Hexadecanamide (1.250)
Hexadecanamide (1.034)	Cinnamaldehyde (2.785)	Geranyl acetate (5.024)	Tert-butyl(methoxy) dimethylsilane (0.726)
Hydroxymethyl 2-hydroxy-2-methylpropionate (0.796)	2-Propen-1-ol, 3-phenyl-, acetate (2.633)	D-Limonene (3.880)	Silane, octyl- (0.198)
4-Cyano-1-dimethyl (tert-butyl)silyl oxybenzene (0.619)	1,3-Dioxolane, 2-methyl-2-(4-methyl-3-methylenepentyl)- (2.617)	(+)-epi-Bicyclosesquiphellandrene (3.156)	Mannosamine (0.174)
1,4,7,-Cycloundecatriene, 1,5,9,9-tetramethyl-, (0.514)	Safrole (2.060)	1,3-Benzenediol, o-(4-butylbenzoyl)-o'-methoxycarbonyl- (2.938)	2-Propenal, 3-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)- (0.170)
Caryophyllene (0.371)	.alpha.-Phellandrene (1.832)	Eugenol (2.381)	4-((1E)-3-Hydroxy-1-propenyl)-2-methoxyphenol (0.128)
Caryophyllenyl alcohol (0.225)	1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl (1.543)	Cyclohexanemethanol, (2.346)	Phenol, 2-methoxy-4-propyl- (0.108)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 4 - 1 องค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยอบเชย กานพลู ตะไคร้ และยูจีนอล จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS

เมื่อนำน้ำมันหอมระเหยมาทดสอบความเข้มข้นของสารยูจีนอล ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ในสภาวะไอระเหยที่อุณหภูมิห้องด้วยวิธี Head space พบว่าไอระเหยน้ำมันหอมระเหยกานพลู อบเชย และยูจีนอล มีสาร Eugenol เป็นองค์ประกอบร้อยละ 40.27 21.95 และ 66.95 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4 - 2 ร้อยละของยูจีนอลในน้ำมันหอมระเหยในสภาวะของเหลวและไอระเหย

น้ำมันหอมระเหย	อัตราการระเหย มิลลิกรัม/นาที	ร้อยละของยูจีนอลในน้ำมันหอมระเหย	
		สภาวะของเหลว	สภาวะไอระเหย
กานพลู(Clove)	0.033	83.096	40.270
อบเชย (Cinnamon)	0.083	60.544	21.950
ตะไคร้ (Citronella)	0.025	2.381	ND
ยูจีนอล (Eugenol)	0.038	89.627	66.950

4.2 ผลการศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลชีพ

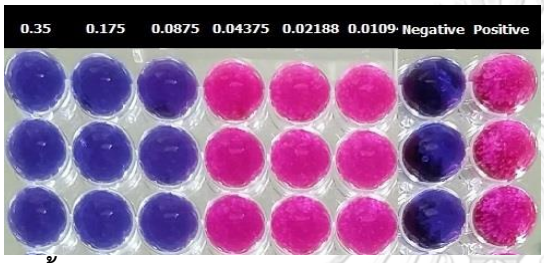
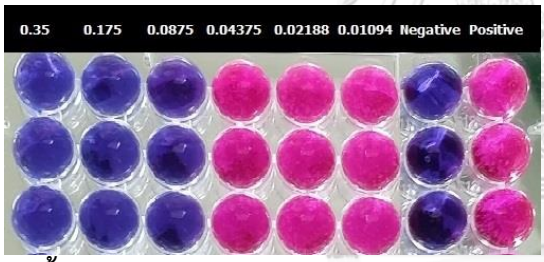
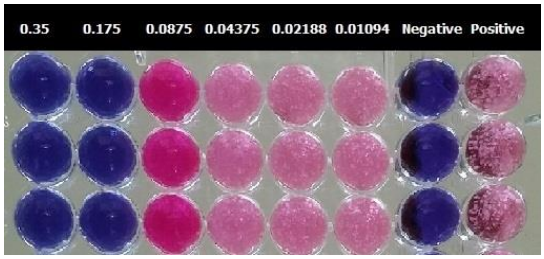
การทดสอบความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำมันหอมระเหยอบเชย กานพลู ตะไคร้ และยูจีนอล ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลชีพ เทียบกับสารฆ่าเชื้อที่ใช้ในบ้านเรือนและโรงพยาบาล ได้แก่ โซเดียมไฮโปคลอไรท์ (Sodium hypochlorite; NaOCl) และ VirKon โดยทดสอบกับเชื้อรามาตรฐาน *C. parapsilosis* ATCC22019 และเชื้อจุลชีพที่แยกได้จากสิ่งแวดล้อม แบ่งเป็นเชื้อรา 4 ชนิด ได้แก่ *C. albicans, C. lunata., A. fumigatus และ T. asahii* แบคทีเรีย 3 ชนิด ได้แก่ *B. cereus, P. aeruginosa และ S. aureus*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2.1 ผลการศึกษาความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำมันหอมระเหย โซเดียมไฮโปคลอไรท์ และ VirKon ในการยับยั้งการเจริญของ *C. parapsilosis* ATCC22019

ผลการทดสอบน้ำมันหอมระเหยกานพลู อบเชย ตะไคร้ ยูจีนอล โซเดียมไฮโปคลอไรท์ (Sodium hypochlorite) และ Virkon ความเข้มข้นร้อยละ 0.00068 v/v ถึง 0.35 v/v ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรามาตรฐาน *C. parapsilosis* ATCC22019 โดยสังเกตการเปลี่ยนสีของ resazurin ดังภาพที่ 4-2 จะเห็นได้ว่า แถวที่ 7 (ชุดควบคุมที่ไม่ใส่เชื้อจุลชีพ (negative control)) resazurin มีสีน้ำเงินไม่เปลี่ยนแปลง ในขณะที่แถวที่ 8 (ชุดควบคุมที่ไม่ใส่น้ำมันหอมระเหย (positive control)) สีของ resazurin เปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีชมพู ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง และสีชมพูชัดที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง ดังนั้นค่าความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำมันหอมระเหยที่ไม่ทำให้สีของ Resazurin เปลี่ยนแปลงไป

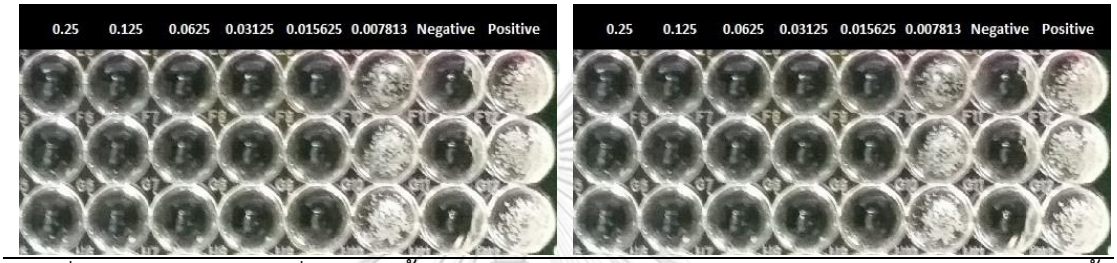
คือ น้ำมันหอมระเหยกานพลู อบเชย และยูจีนอล ความเข้มข้นร้อยละ 0.175 v/v ที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง ในส่วนของ VirKon ไม่สามารถอ่านผลจากการเปลี่ยนสีของ resazurin ได้ เนื่องจากสารละลาย VirKon มีสีชมพูทำให้มีผลรบกวนต่อการอ่านผลการเปลี่ยนสีของสาร resazurin จึงใช้การอ่านผลจากสายตา พบว่าที่ 48 ชั่วโมง VirKon ความเข้มข้นร้อยละ 0.015 v/v สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *C. parapsilosis* ATCC22019 ได้ หลังจากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงเพื่อยืนยันการอ่านผลการทดลอง

บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง	บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส 48 ชั่วโมง
1. น้ำมันหอมระเหยกานพลู (Clove)	
	
2. น้ำมันหอมระเหยอบเชย (Cinnamon)	
	
3. น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม (Citronella)	
4. น้ำมันหอมระเหยยูจีนอล (Eugenol)	
	

บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง	บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส 48 ชั่วโมง

5. โซเดียม ไฮโปคลอไรท์

6. VirKon



ภาพที่ 4 - 2 ความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำมันหอมระเหย โซเดียมไฮโปคลอไรท์ และVirKon ในการยับยั้งการเจริญของ *C. parapsilosis* ATCC22019 ที่ 24 และ 48 ชั่วโมง

การอ่านค่าการดูดกลืนแสงสีชมพูของ resazurin (OD ; Optical Density) ด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสงในไมโครเพลท (Microplate reader)ที่ความยาวคลื่น 570 และ 600 นาโนเมตร

โดย ความยาวคลื่น 570 นาโนเมตร วัดสีชมพู

ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร วัดสีน้ำเงิน

สูตรการคำนวณผลการเปลี่ยนสีของสาร resazurin

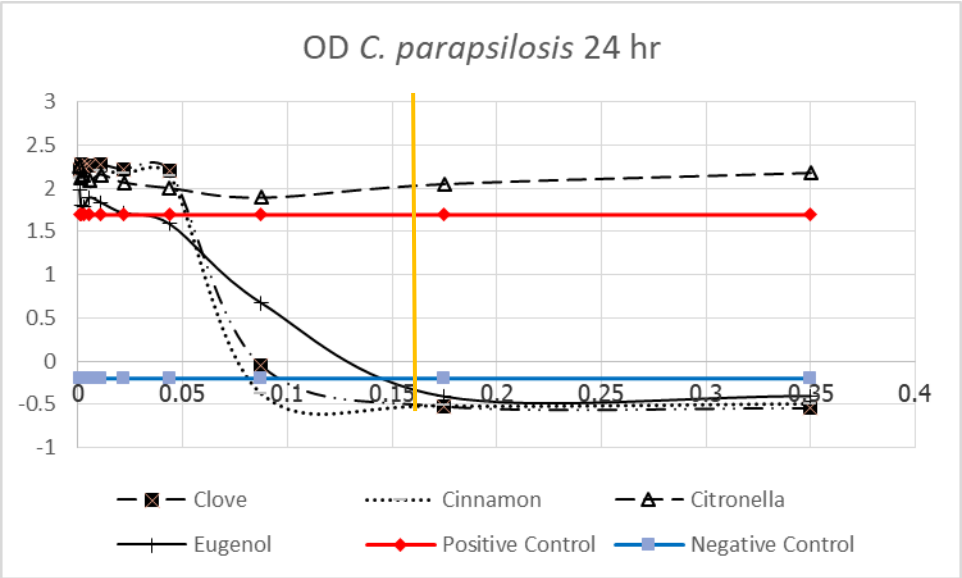
ค่าการดูดกลืนแสงในแต่ละหลุม = ค่า $OD_{570} - OD_{600}$

การอ่านผล

โดย $OD_{570} > 0$ คือ มีการเปลี่ยนสีของสาร resazurin จากน้ำเงินเป็นชมพู (มีการเจริญของเชื้อ)

$OD_{600} < 0$ คือ ไม่มีการเปลี่ยนสีของสาร resazurin (ไม่มีการเจริญของเชื้อ)

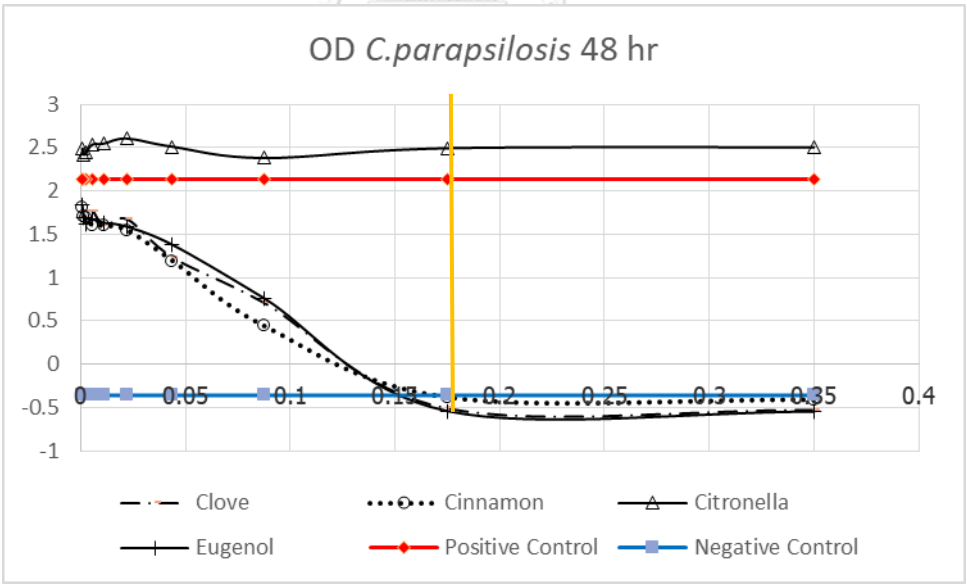
แสดงดังภาพที่ 4-3 จะเห็นได้ว่าน้ำมันหอมระเหยตะไคร้มีค่าการดูดกลืนแสงสูงในทุกความเข้มข้น นั่นหมายถึงสาร Resazurin เปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีชมพูในทุกความเข้มข้น แสดงว่าน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *C. parapsilosis* ATCC22019 ได้ ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยกานพลู อบเชย และยูจีนอลที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง ความเข้มข้นร้อยละ 0.175 สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อได้



ก. ค่าการเปลี่ยนสีของ Resazurin ต่อน้ำมันหอมระเหยกานพลู อบเชย ตะไคร้ และยูจีนอล ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง

แกน x คือ ร้อยละความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิด

แกน y คือ ค่าการเปลี่ยนสีของ resazurin (OD ; Optical Density)



ข. ค่าการเปลี่ยนสีของ Resazurin ต่อน้ำมันหอมระเหยกานพลู อบเชย ตะไคร้ และยูจีนอล ที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง

แกน x คือ ร้อยละความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิด

แกน y คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ resazurin (OD ; Optical Density)

ภาพที่ 4 - 3 ค่าการดูดกลืนแสงของ resazurin ที่ระยะเวลา 24 และ48 ชั่วโมง

ตารางสรุปความเข้มข้นต่ำสุด (MIC) ของน้ำมันหอมระเหย โซเดียมไฮโปคลอไรท์ และ VirKon ในการยับยั้งการเจริญของ *C. parapsilosis* ATCC22019 ที่ระยะเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง ดังตารางที่ 4-3 พบว่า น้ำมันหอมระเหยกานพลู อบเชย และยูจีนอล ที่ 48 ชั่วโมง ความเข้มข้นร้อยละ 0.175 v/v สามารถยับยั้งการเจริญของ *C. parapsilosis* ATCC22019 ได้ ในขณะที่สารทำความสะอาด VirKon ใช้ความเข้มข้นร้อยละ 0.015 v/v แต่โซเดียมไฮโปคลอไรท์ และน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อได้

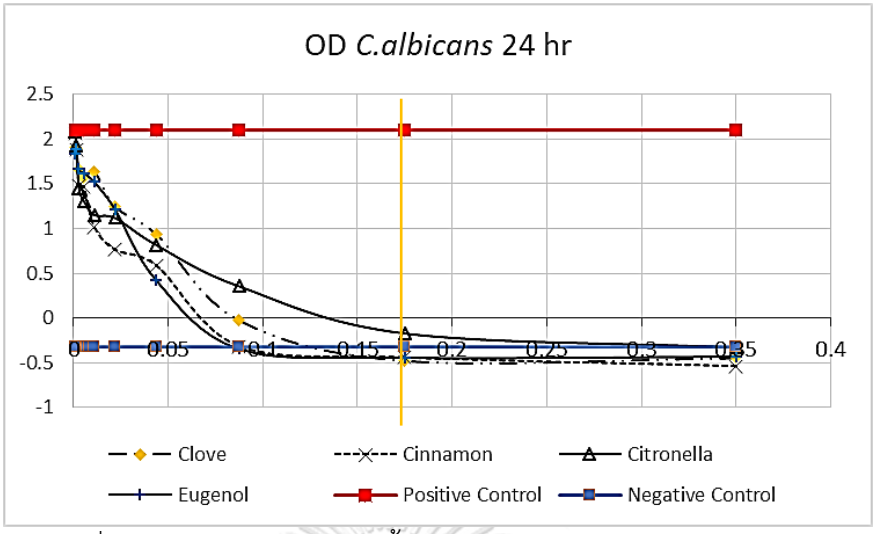
ตารางที่ 4 - 3 ความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำมันหอมระเหย โซเดียมไฮโปคลอไรท์ และVirKon ในการยับยั้งการเจริญของ *C. parapsilosis* ATCC22019 ที่ 24 และ 48 ชั่วโมง (n=3)

ลำดับ	Oils	MIC ที่ 24 ชม. (%v/v)	MICs ที่ 48 ชม. (%v/v)
1.	กานพลู	0.0875	0.175
2.	อบเชย	0.0875	0.175
3.	ตะไคร้	-	-
4.	ยูจีนอล	0.175	0.175
5.	โซเดียมไฮโปคลอไรท์	-	-
6.	VirKon	0.007	0.015

หมายเหตุ - หมายถึง ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลชีพได้

4.2.2 การทดสอบความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำมันหอมระเหย โซเดียมไฮโปคลอไรท์ และVirKon ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลชีพที่แยกได้จากสิ่งแวดล้อม

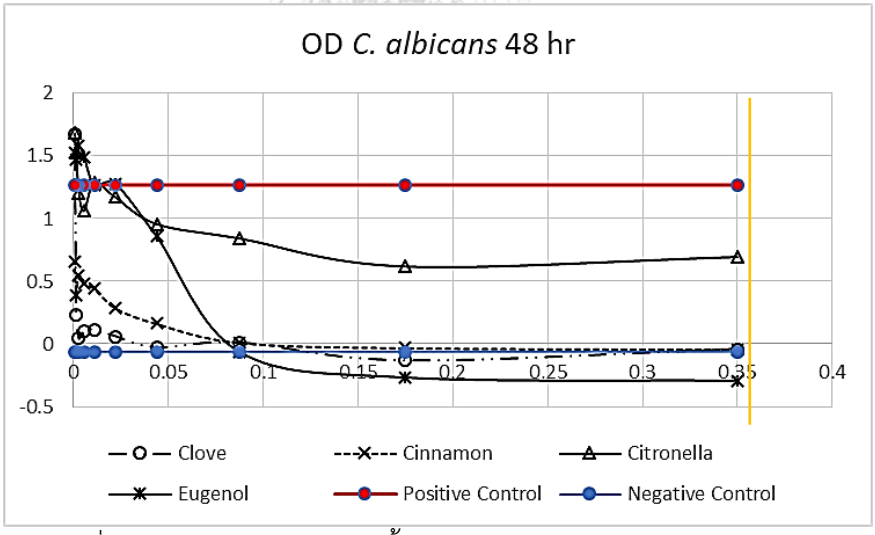
ในการทดสอบความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำมันหอมระเหย โซเดียมไฮโปคลอไรท์ และVirKon ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลชีพที่แยกได้จากสิ่งแวดล้อมทั้ง 6 ชนิด ได้แก่ *C. albicans, T. asahii C. lunata, A. fumigatus, B. cereus, P. aeruginosa* และ *S. aureus* โดยใช้ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหย โซเดียมไฮโปคลอไรท์ และVirKonสูงสุดที่ร้อยละ 4 v/v จากภาพที่ 4-4 พบว่า น้ำมันหอมระเหยกานพลู อบเชย และยูจีนอลมีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของ *C. albicans* ได้ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.175 ที่ 48 ชั่วโมง รองลงมา คือ โซเดียมไฮโปคลอไรท์ ที่ร้อยละ 1 v/v ในขณะที่ตะไคร้หอมไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อได้ในทุกความเข้มข้น



ก. ค่าการเปลี่ยนสีของ Resazurin ต่อน้ำมันหอมระเหยกานพลู อบเชย ตะไคร้ และยูจีนอล ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง

แกน x คือ ร้อยละความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิด

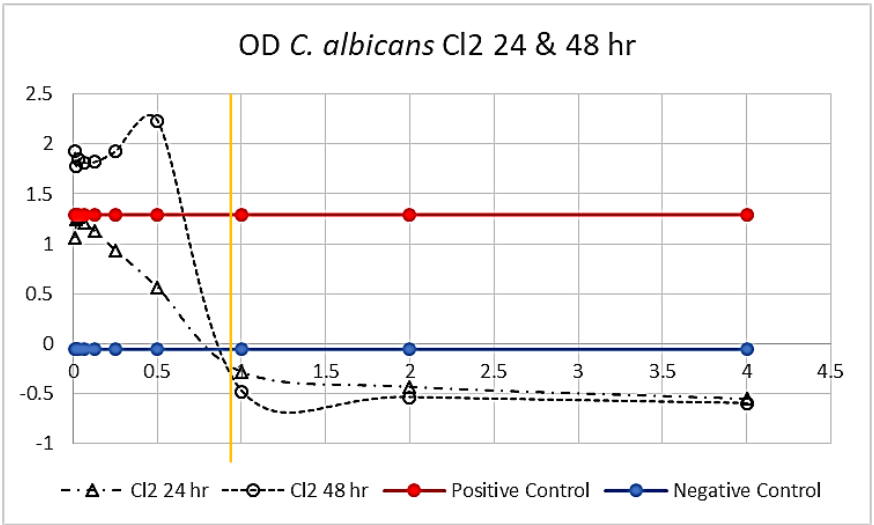
แกน y คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ resazurin (OD ; Optical Density)



ข. ค่าการเปลี่ยนสีของ Resazurin ต่อน้ำมันหอมระเหยกานพลู อบเชย ตะไคร้ และยูจีนอล ที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง

แกน x คือ ร้อยละความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิด

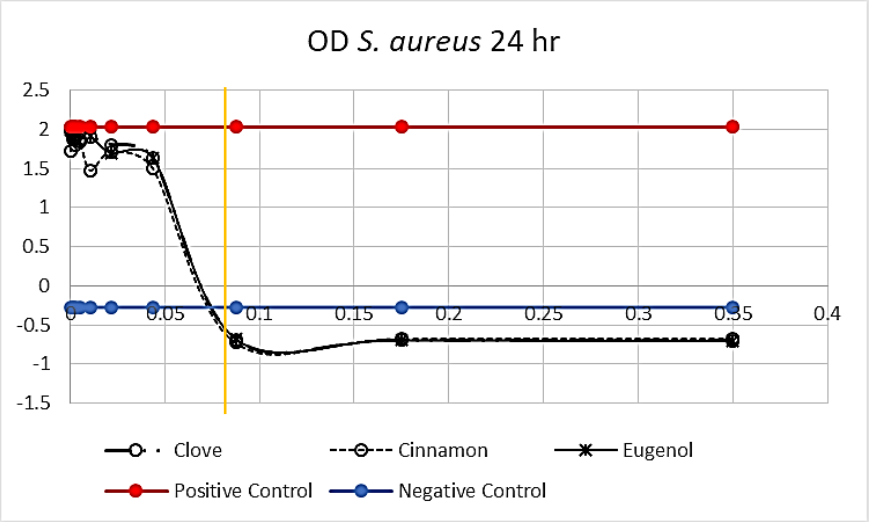
แกน y คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ resazurin (OD ; Optical Density)



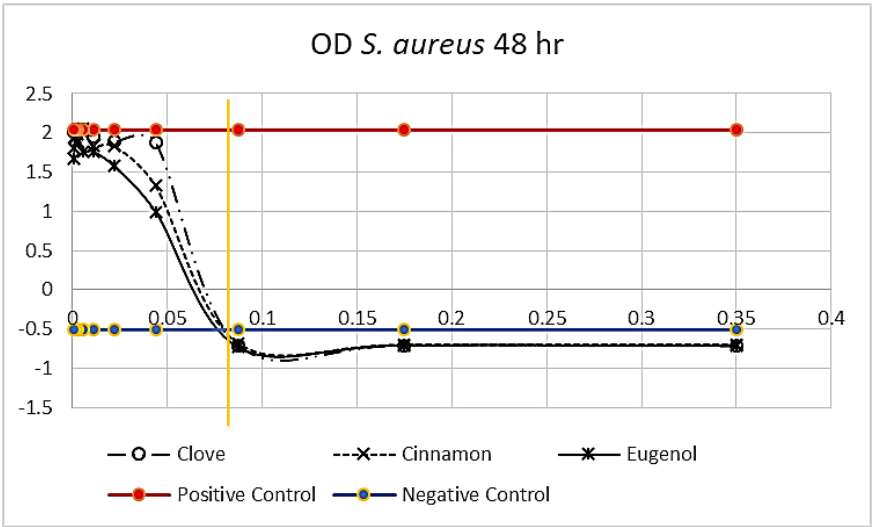
ค. ค่าการเปลี่ยนสีของ Resazurin ต่อโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ที่ระยะเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง
แกน x คือ ร้อยละความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิด
แกน y คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ resazurin (OD ; Optical Density)

ภาพที่ 4 - 4 ค่าการดูดกลืนแสงของ Resazurin ต่อเชื้อ *C. albicans*

การทดสอบการยับยั้งการเจริญของ *S.aureus* ผลการทดสอบดังภาพที่ 4-5 จะเห็นได้ว่าน้ำมันหอมระเหยกานพลู อบเชย และยูจีนอล ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.0875 v/v สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อได้ทั้งที่ 24 และ 48 ชั่วโมง รองลงมา คือ ตะไคร้หอมร้อยละ 0.5 v/v และ โซเดียมไฮโปคลอไรท์ร้อยละ 4 v/v ที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง



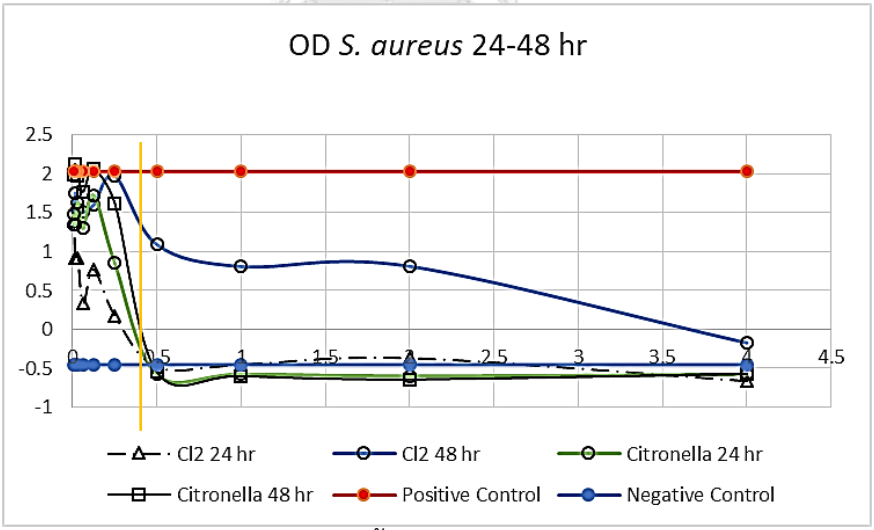
ก. ค่าการเปลี่ยนสีของ Resazurin ต่อน้ำมันหอมระเหย ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง
แกน x คือ ร้อยละความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิด
แกน y คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ resazurin (OD ; Optical Density)



ข. ค่าการเปลี่ยนสีของ Resazurin ต่อน้ำมันหอมระเหย ที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง

แกน x คือ ร้อยละความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิด

แกน y คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ resazurin (OD ; Optical Density)



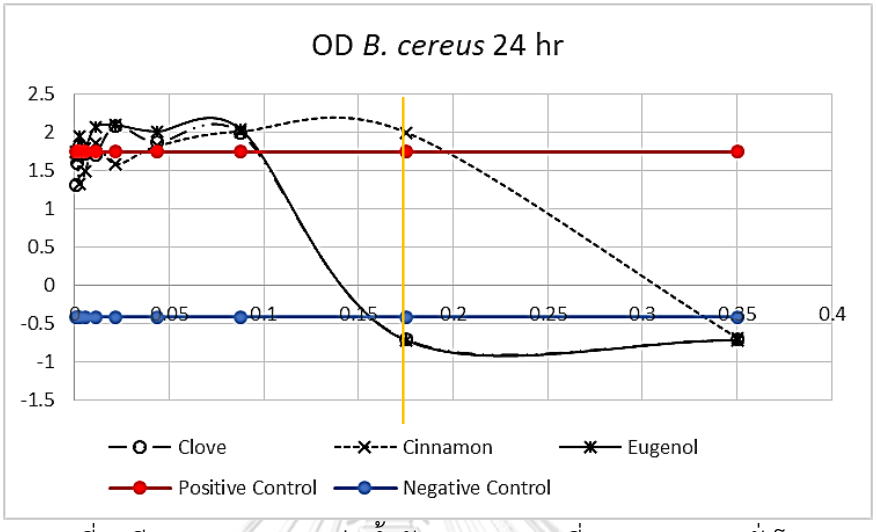
ค. ค่าการเปลี่ยนสีของ Resazurin ต่อน้ำมันหอมระเหยและโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ที่ระยะเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง

แกน x คือ ร้อยละความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิด

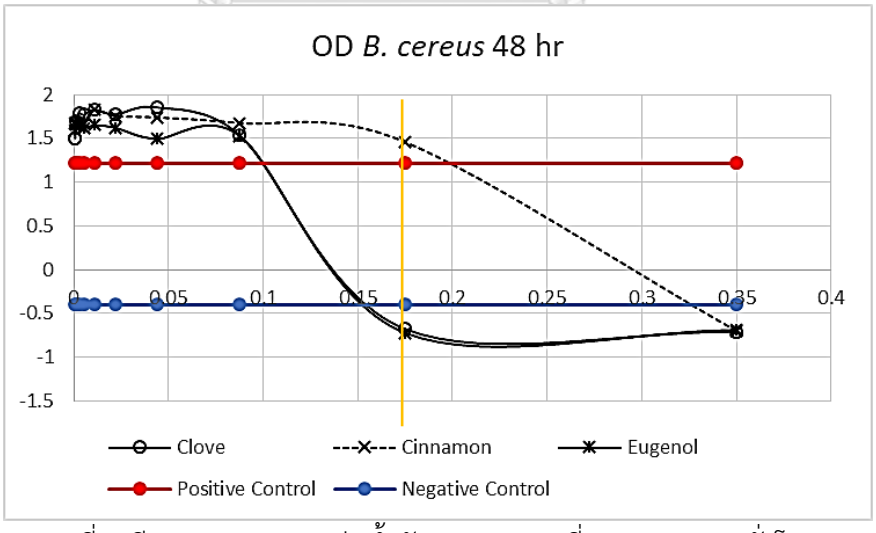
แกน y คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ resazurin (OD ; Optical Density)

ภาพที่ 4 - 5 ค่าการดูดกลืนแสงของ Resazurin ต่อเชื้อ *S. aureus*

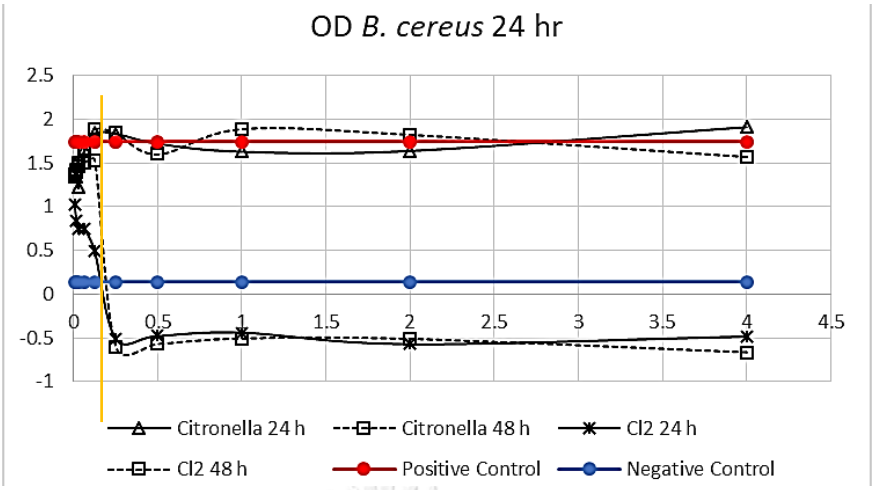
ผลการทดสอบกับ *B. cereus* จากภาพที่ 4-6 น้ำมันหอมระเหยกานพลูและยูจีนอลมีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อได้ที่ ความเข้มข้นร้อยละ 0.175 v/v ที่ 24 และ 48 ชั่วโมง รองลงมา คือ โซเดียมไฮโปคลอไรท์ร้อยละ 0.25 v/v และอบเชยร้อยละ 0.35 v/v



ก. ค่าการเปลี่ยนสีของ Resazurin ต่อน้ำมันหอมระเหย ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง
แกน x คือ ร้อยละความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิด
แกน y คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ resazurin (OD ; Optical Density)



ข. ค่าการเปลี่ยนสีของ Resazurin ต่อน้ำมันหอมระเหย ที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง
แกน x คือ ร้อยละความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิด
แกน y คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ resazurin (OD ; Optical Density)



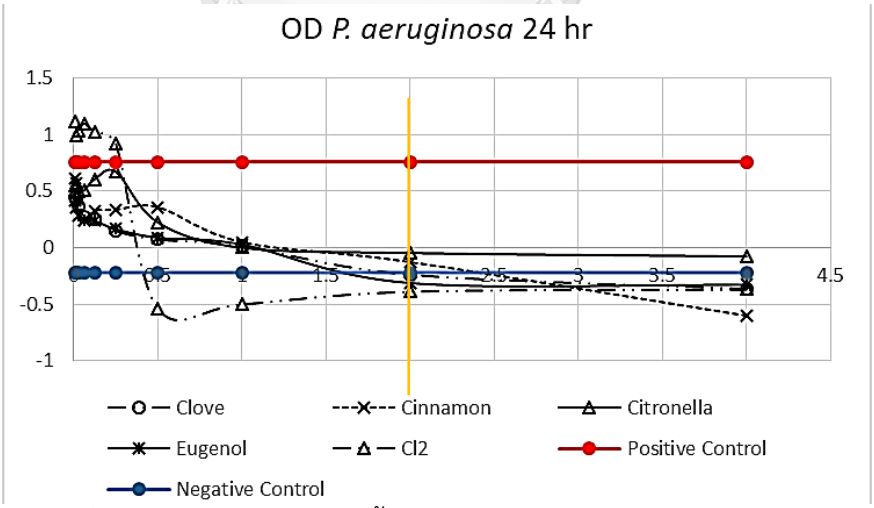
ค. ค่าการเปลี่ยนสีของ Resazurin ต่อน้ำมันหอมระเหยและโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ที่ระยะเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง

แกน x คือ ร้อยละความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิด

แกน y คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ resazurin (OD ; Optical Density)

ภาพที่ 4 - 6 ค่าการดูดกลืนแสงของ Resazurin ต่อเชื้อ *B. cereus*

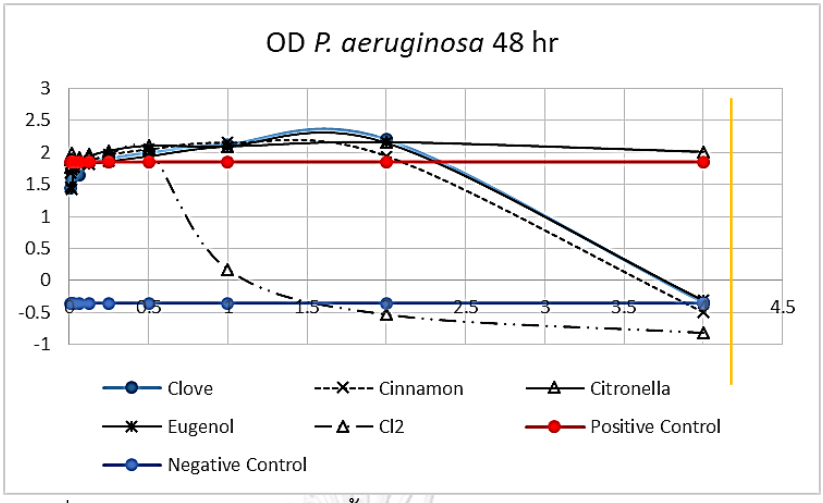
เมื่อนำมาทดสอบกับเชื้อ *P. aeruginosa* พบว่า โซเดียมไฮโปคลอไรท์ร้อยละ 2 v/v สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อได้ที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยกานพลู อบเชย และยูจีนอล ต้องใช้ความเข้มข้นร้อยละ 4 v/v ส่วนน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ช่วงความเข้มข้นที่ใช้ทดสอบไม่สามารถยับยั้งการเจริญของ *P. aeruginosa* ได้ แสดงดังภาพที่ 4-7



ก. ค่าการเปลี่ยนสีของ Resazurin ต่อน้ำมันหอมระเหยและโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง

แกน x คือ ร้อยละความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิด

แกน y คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ resazurin (OD ; Optical Density)



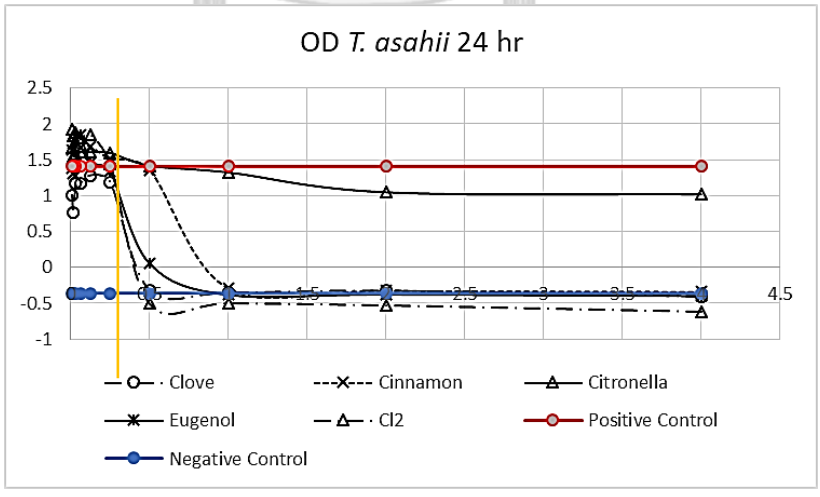
ข. ค่าการเปลี่ยนสีของ Resazurin ต่อน้ำมันหอมระเหยและโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง

แกน x คือ ร้อยละความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิด

แกน y คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ resazurin (OD ; Optical Density)

ภาพที่ 4 - 7 ค่าการดูดกลืนแสงของ Resazurin ต่อเชื้อ *P. aeruginosa*

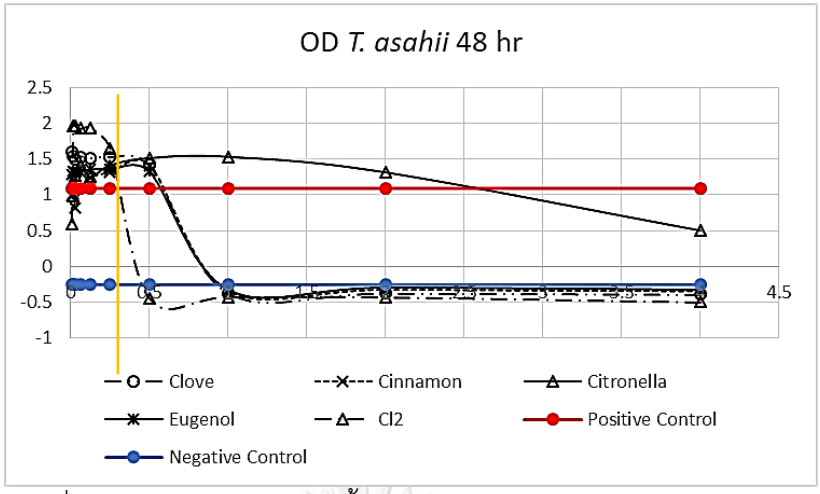
การทดสอบกับเชื้อ *T. asahii* จากภาพที่ 4-8 พบว่า โซเดียมไฮโปคลอไรท์ร้อยละ 0.5 v/v สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อได้ที่ระยะเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง รองลงมาคือ น้ำมันหอมระเหยกานพลู ร้อยละ 0.5 และ 1 v/v ที่ระยะเวลา 24 และ 48 ชั่วโมงตามลำดับ น้ำมันหอมระเหยอบเชยและ ยูจีนอล ความเข้มข้นร้อยละ 1 v/v ที่ระยะเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *T. asahii* ได้



ก. ค่าการเปลี่ยนสีของ Resazurin ต่อน้ำมันหอมระเหยและโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง

แกน x คือ ร้อยละความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิด

แกน y คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ resazurin (OD ; Optical Density)



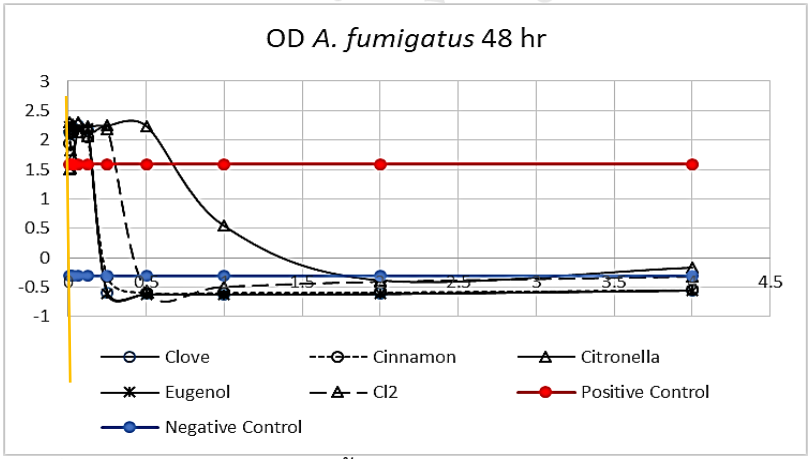
ข. ค่าการเปลี่ยนสีของ Resazurin ต่อน้ำมันหอมระเหยและโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง

แกน x คือ ร้อยละความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิด

แกน y คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ resazurin (OD ; Optical Density)

ภาพที่ 4 - 8 ค่าการดูดกลืนแสงของ Resazurin ต่อเชื้อ *T. asahii*

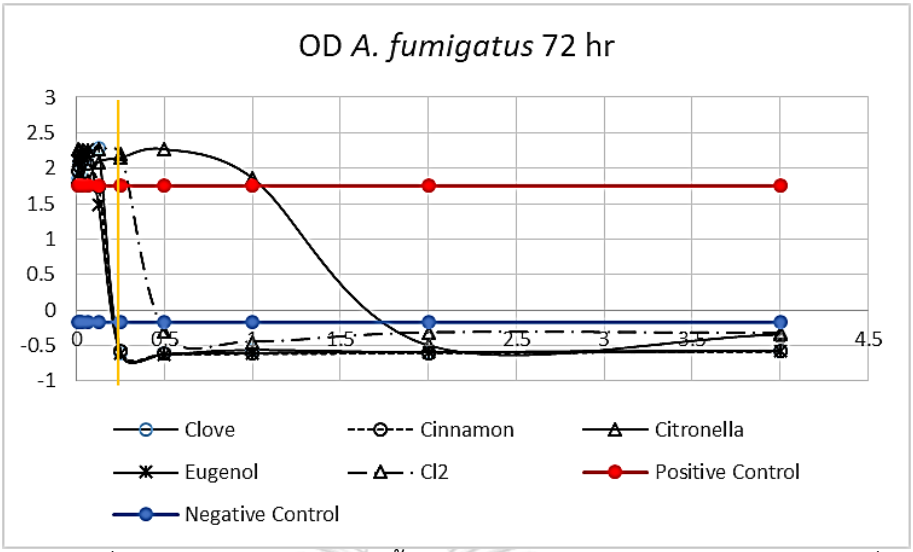
การทดสอบความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งเชื้อ *A. fumigatus* จากภาพที่ 4-9 พบว่า น้ำมันหอมระเหยกานพลู อบเชย และยูจีนอลความเข้มข้นร้อยละ 0.25 v/v สามารถยับยั้งการเจริญของของ *A. fumigatus* ได้ ตามด้วย โซเดียมไฮโปคลอไรท์ร้อยละ 0.5 v/v และน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ 2 v/v ที่ระยะเวลาสัมผัส 24 และ 48 ชั่วโมง



ก. ค่าการเปลี่ยนสีของ Resazurin ต่อน้ำมันหอมระเหยและโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง

แกน x คือ ร้อยละความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิด

แกน y คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ resazurin (OD ; Optical Density)



ข. ค่าการเปลี่ยนสีของ Resazurin ต่อน้ำมันหอมระเหยและโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ที่ระยะเวลา 72 ชั่วโมง

แกน x คือ ร้อยละความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิด

แกน y คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ resazurin (OD ; Optical Density)

ภาพที่ 4 - 9 ค่าการดูดกลืนแสงของ Resazurin ต่อเชื้อ *A. fumigatus*

การใช้ VirKon ในการทดสอบความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งการเจริญ ผลการทดสอบดังตารางที่ 4-4 พบว่า VirKon มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลชีพที่แยกได้จากสิ่งแวดล้อมทั้ง 7 ชนิด สูงกว่าของน้ำมันหอมระเหย เนื่องจาก VirKon เป็นผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วยสารเคมีหลายชนิดที่มีความสามารถในการฆ่าเชื้อ เป็นกรด และมีฤทธิ์ตกค้าง เช่น Potassium monopersulphate และ Sulphamic acid เป็นต้น โดย VirKon ความเข้มข้นร้อยละ 0.0078 v/v สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S. aureus*, *B. cereus* และ *C. lunata* ได้ ความเข้มข้นร้อยละ 0.016 v/v สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *C. albicans, T. asahii* และ *A. fumigatus* ได้ และความเข้มข้นร้อยละ 1 สามารถยับยั้งการเจริญของ *P. aeruginosa* ได้ที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง

ในการทดสอบกับราดำ (*C. lunata*) เนื่องจากราดำใช้ระยะเวลาเจริญเติบโตนาน (15 – 20 วันต่อการใช้งาน 1ครั้ง) ทำให้การใช้สี Resazurin ในการวัดการเจริญของเชื้อนั้นไม่สามารถใช้ได้ การอ่านผลจึงใช้การอ่านจากสายตา พบว่า น้ำมันหอมระเหยกานพลู และยูจีนอล สามารถยับยั้งการเจริญของ *C. lunata* ได้ที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 v/v อบเชยร้อยละ 4 v/v และตะไคร้หอมที่ความเข้มข้นร้อยละ 4 v/v ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อได้ ดังแสดงในตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4 - 4 ความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำมันหอมระเหยกานพลู อบเชย ยูจีนอล ตะไคร้ โซเดียมไฮโปคลอไรท์ และ VirKon ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลชีพที่แยกได้จากสิ่งแวดล้อม ที่ 24 ชั่วโมง 48 ชั่วโมง หรือ 72 ชั่วโมง (n=3)

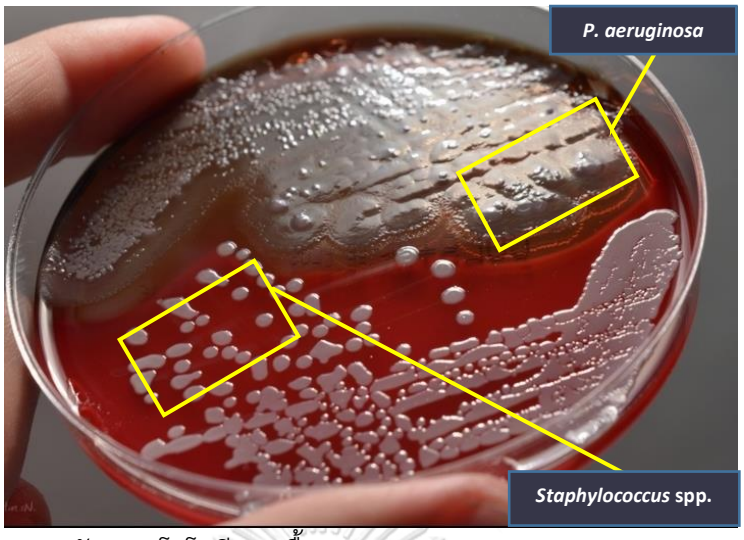
Oils / Organism	MIC (%v/v)											
	กานพลู (2)		**อบเชย (4)**		**ยูจีนอล (2)**		**ตะไคร้ (5)**		**NaOCl (3)**		**VirKon (1)**	
Organism	**24 hr**	**48 hr**	**24 hr**	**48 hr**	**24 hr**	**48 hr**	**24 hr**	**48 hr**	**24 hr**	**48 hr**	**24 hr**	**48 hr**
C. albicans	0.175	0.175	0.0875	0.175	0.175	0.175	-	-	1	1	0.0078	0.016
T. asahii	0.5	1	1	1	1	1	-	-	0.5	0.5	0.0078	0.016
B. cereus	0.175	0.175	0.35	0.35	0.175	0.175	-	-	0.25	0.25	0.0078	0.0078
P. aeruginosa	2	4	4	4	2	4	-	-	0.5	2	0.5	1
S. aureus	0.0875	0.0875	0.0875	0.0875	0.0875	0.0875	0.5	0.5	0.5	4	0.0078	0.0078
Organism	**48 hr**	**72 hr**	**48 hr**	**72 hr**	**48 hr**	**72 hr**	**48 hr**	**72 hr**	**48 hr**	**72 hr**	**48 hr**	**72 hr**
A. fumigatus	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	2	2	0.5	0.5	0.0078	0.016
Curvularia	2	2	2	4	2	2	-	-	0.5	0.5	0.016	0.016

* หมายเหตุ – คือ ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลชีพได้

(1) ถึง (5) คือ ลำดับความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลชีพ

จากผลการทดลอง น้ำมันหอมระเหยกานพลู อบเชย และยูจีนอล มีสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อได้ทุกชนิดที่ความเข้มข้นร้อยละ 4 v/v โดยที่ น้ำมันหอมระเหยกานพลู และยูจีนอลมีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อเท่ากัน ตามด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรด์ และน้ำมันหอมระเหยอบเชย ในขณะที่น้ำมันตะไคร้หอมมีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลชีพต่ำสุด ผลการทดลองดังภาพในภาคผนวก ค. ซึ่งผลการทดสอบความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำมันหอมระเหยนี้มีผลไปในทางเดียวกันกับ LOÄ PEZ P และคณะ (2005) ศึกษาความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำมันหอมระเหย 4 ชนิด รวมถึงกานพลูและอบเชยที่ให้ผลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อได้ดีที่สุด และการศึกษาของ Gupta C. (2008) ศึกษาความเข้มข้นของกานพลูในการยับยั้งจุลชีพ พบว่าน้ำมันหอมระเหยกานพลูร้อยละ 2.5 มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย *S. aureus* และ *B. cereus* แต่ใช้ความเข้มข้นสูงกว่าในการศึกษานี้อาจเนื่องมาจากอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในการศึกษาและวิธีการทดสอบที่ต่างกันที่มีความเหมาะสมในการเจริญของเชื้อแบคทีเรียได้ดี ในส่วนของเชื้อ *P. aeruginosa* ผลการศึกษาเป็นไปในแนวทางเดียวกัน คือ *P. aeruginosa* มีความทนทานต่อน้ำมันหอมระเหย ซึ่งเกิดจากลักษณะของเชื้อ คือ *P. aeruginosa* สามารถสร้างแคปซูลและสารบางชนิดในการปกป้องเซลล์ ดังแสดงในภาพที่ 4-10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

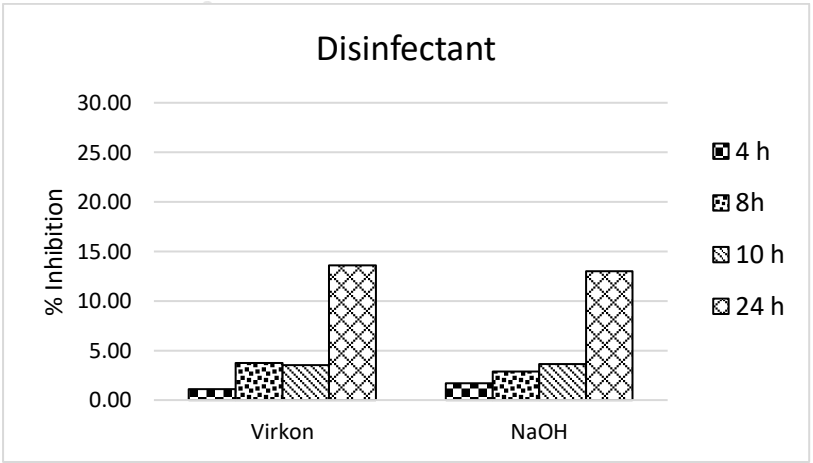


ภาพที่ 4 - 10 ลักษณะโคโลนีของเชื้อ *P. aeruginosa* และ *Staphylococcus* spp.
ดัดแปลงจาก : www.microbiologyinpictures.com/pseudomonas-aeruginosa.html

4.3 ผลการศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งจุลชีพจากไอระเหยของน้ำมันหอมระเหยอบเชย กานพลู ตะไคร้ และยูจีนอล

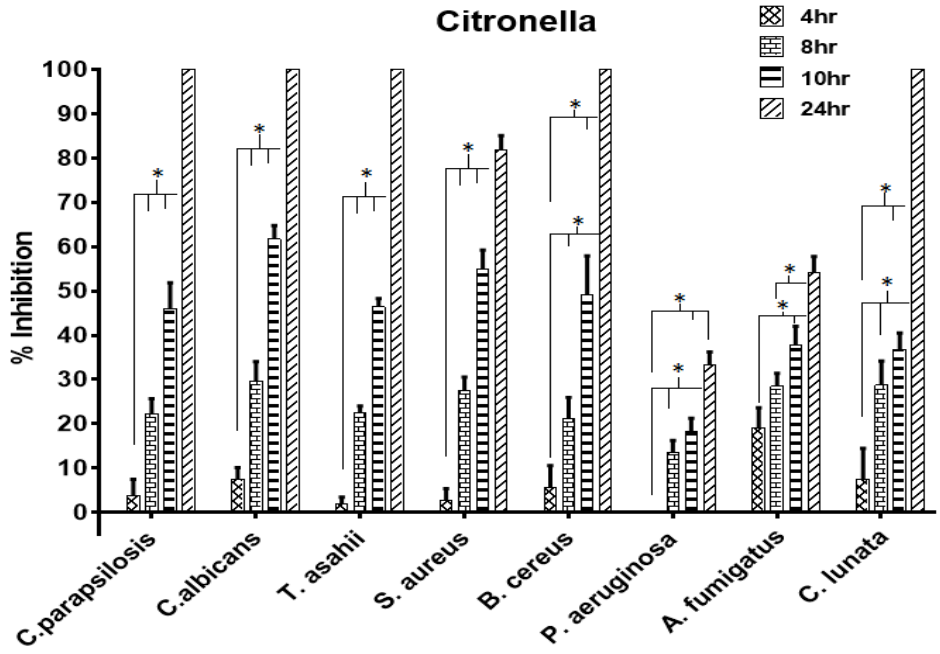
การทดลองใช้ไอระเหยของน้ำมันหอมระเหยในการยับยั้งการเจริญของจุลชีพ ได้ทดสอบความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยทั้ง 4 ชนิด และสารทำความสะอาดที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 10 และ 20 โดยปริมาตร ปริมาณ 500 ไมโครลิตร กับเชื้อรามาตรฐาน พบว่าน้ำมันหอมระเหยที่ร้อยละ 20 สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรามาตรฐานได้ในขณะที่สารทำความสะอาดโซเดียมไฮโปคลอไรท์ และ VirKon สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรามาตรฐานได้น้อยกว่าร้อยละ 20 ดังภาพที่ 4-11

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



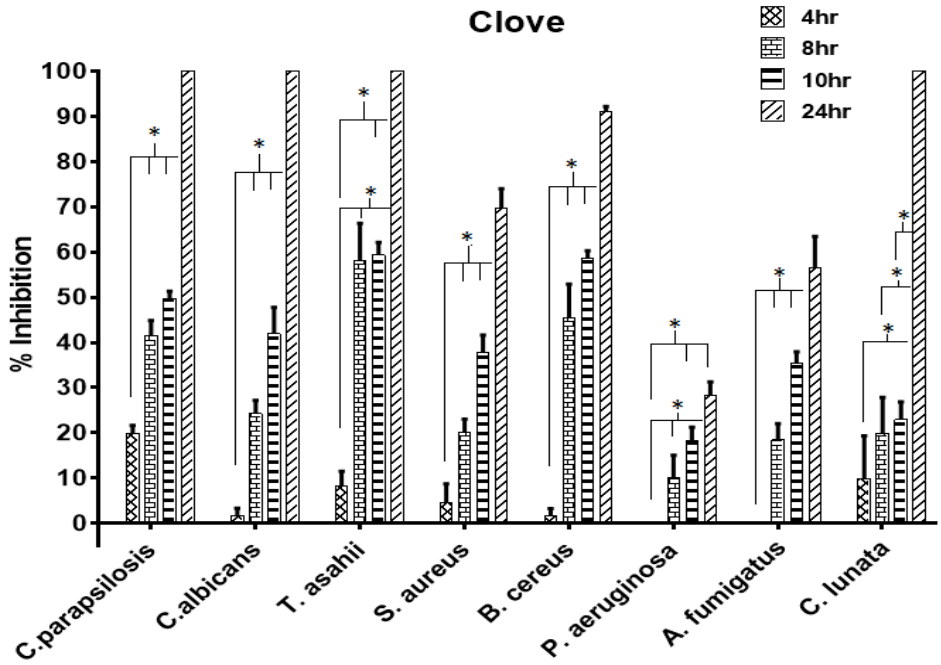
ภาพที่ 4 - 11 ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อจุลชีพของไอระเหยจาก VirKon และโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ร้อยละ 20

นำน้ำมันหอมระเหยที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 มาทดสอบกับเชื้อจุลชีพที่เก็บได้จากสิ่งแวดล้อม ที่ระยะเวลาสัมผัส 4 ชั่วโมง 8 ชั่วโมง 10 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง พบว่าที่ระยะเวลาสัมผัส 24 ชั่วโมงไอระเหยของน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมมีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อได้ดีที่สุด ดังภาพที่ 4-12 โดยสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *C. parapsilosis* ATCC22019 *C. Albicans, T. asahii, C. lunata* และ *B. cereus* ได้ทั้งหมด โดยการศึกษาของ Kazuhiko และคณะ(2003) พบว่าน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ในสภาวะไอระเหยมีสารในกลุ่ม Citral มากที่สุด และเป็นตัวออกฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ ในขณะที่กานพลูสามารถยับยั้งการเจริญของจุลชีพได้ 4 ชนิด ได้แก่ *C. parapsilosis* ATCC22019, *C. albicans, T. asahii* และ *C. lunata* ดังภาพที่ 4-13 น้ำมันหอมระเหยอบเชยและยูจีนอล สามารถยับยั้งการเจริญของจุลชีพได้เพียง 3 ชนิด ได้แก่ *C. parapsilosis* ATCC22019 *C. albicans* และ *T. asahii* ดังภาพที่ 4-14 และ 4-15 ตามลำดับ ผลการทดสอบไอระเหยของน้ำมันหอม มีผลไปในแนวเดียวกันกับการศึกษาของ Veena U. (2012) ซึ่งได้ศึกษาไอระเหยของน้ำมันหอม 16 ชนิด รวมถึงกานพลู อบเชย และตะไคร้ในการยับยั้งการเจริญของจุลชีพในระบบทางเดินหายใจ พบว่าไอระเหยของน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมมีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของสปอร์ของ *A. niger* และสามารถยับยั้งการเจริญของ *A. fumigatus* ได้ดี ซึ่งกลไกการยับยั้งเชื้อนั้นยังไม่ชัดเจน แต่มีบางการศึกษารายงานว่าไอระเหยของน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมมีผลทำให้เยื่อเมมเบรนของเซลล์เกิดรูรั่ว (Guynot และคณะ, 2003) ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังภาคผนวก ช.



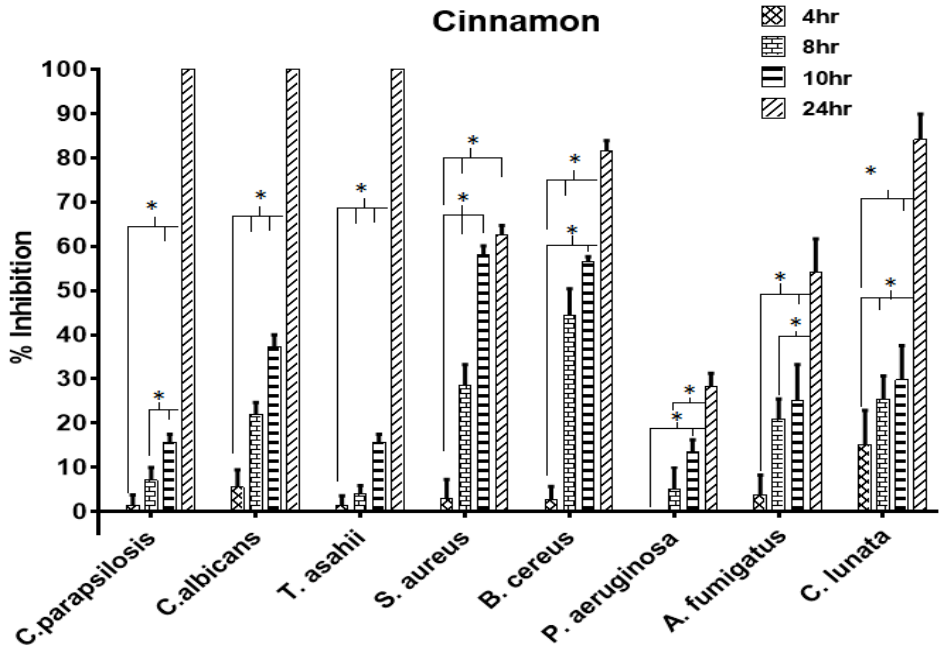
ภาพที่ 4 - 12 ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อจุลชีพของไอระเหยจากน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม

* หมายถึง ร้อยละการยับยั้งการเจริญของเชื้อที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ρ = 0.05



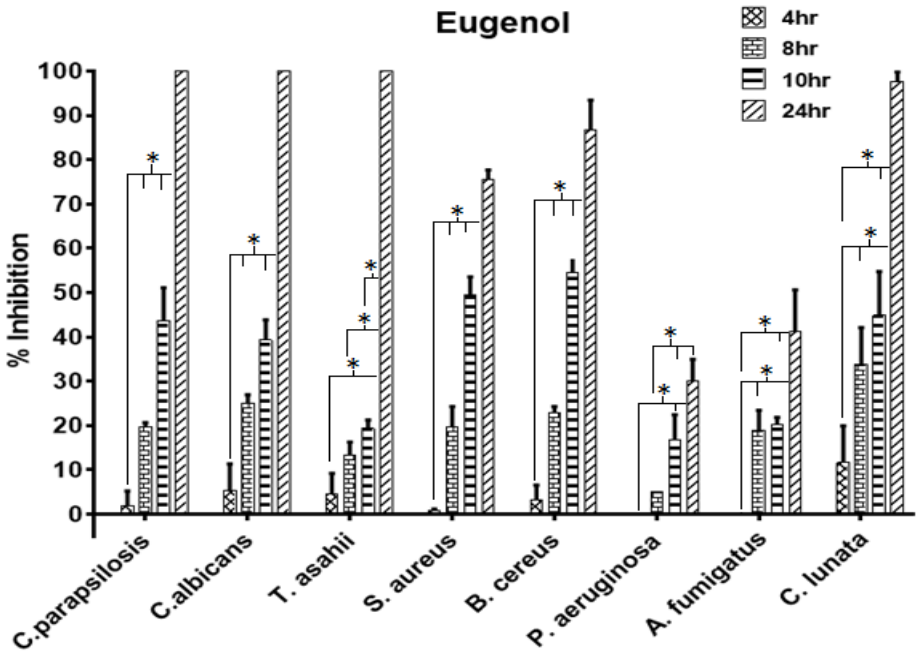
ภาพที่ 4 - 13 ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อจุลชีพของไอระเหยจากน้ำมันหอมระเหยกานพลู

* หมายถึง ร้อยละการยับยั้งการเจริญของเชื้อที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ρ = 0.05



ภาพที่ 4 - 14 ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อจุลชีพของไอระเหยจากน้ำมันหอมระเหยอบเชย

* หมายถึง ร้อยละการยับยั้งการเจริญของเชื้อที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ρ = 0.05



ภาพที่ 4 - 15 ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อจุลชีพของไอระเหยจากน้ำมันหอมระเหยยูจีนอล

* หมายถึง ร้อยละการยับยั้งการเจริญของเชื้อที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ρ = 0.05

จากผลการศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลชีพของน้ำมันหอมระเหยสารโซเดียมไฮโปคลอไรท์และ VirKon ด้วยการสัมผัสโดยตรงและ ในสภาวะไอระเหย พบว่า น้ำมันหอมระเหยทั้ง 4 ชนิดในสภาวะของเหลว น้ำมันหอมระเหยกานพลูและยูจีนอลมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของจุลชีพได้ดีที่สุด ในขณะที่ในสภาวะของไอระเหยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้มีประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลชีพได้ดีที่สุด ทำให้ในการทดลองที่ 3 มีปัจจัยในการเลือกใช้น้ำมันหอมดังแสดงในตารางที่ 4 - 5 ปัจจัยในการคัดเลือกน้ำมันหอมระเหย จากการทดสอบ เลือกน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้และกานพลูมาทดสอบในตู้ทดลองในห้องที่มีระบบระบายอากาศ

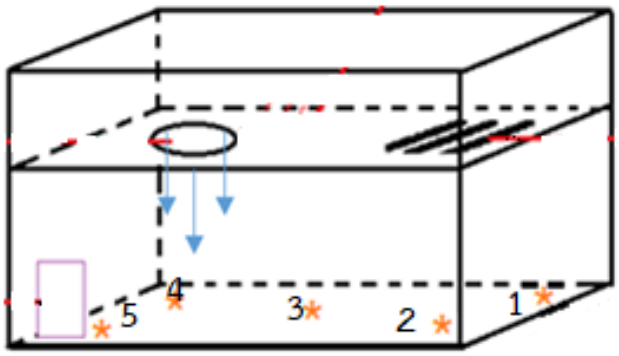
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4 - 5 ปัจจัยในการเลือกน้ำมันหอมระเหย

น้ำมันหอม	กลิ่น	ราคา / 100 กรัม	อัตราการระเหย มิลลิกรัม/นาที	ประสิทธิภาพ ของเหลว	ไอระเหย
อบเชย	หอม	218	0.083	ดี	ไม่ดี
กานพลู	หอม	168	0.033	ดี	ปานกลาง
ตะไคร้	หอม	238	0.025	ไม่ดี	ดี
ยูจีนอล	หอม	263	0.038	ดี	ปานกลาง
NaOCl	เหม็น	-	-	ดี	ไม่ดี
VirKon	หอมสะอาด	500	-	ดี	ปานกลาง

4.4 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยเมื่อประยุกต์ใช้ในตู้ทดลองที่มีการหมุนเวียนอากาศ

ในการทดลองการประเมินประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยเมื่อประยุกต์ใช้ในตู้ทดลองที่มีการหมุนเวียนอากาศอยู่ในช่วง 0.8 – 1.2 mph จากการคำนวณในภาคผนวก ก. พบว่ามีปริมาณเพียงพอในการหมุนเวียนอากาศภายในตู้ทดลอง อุณหภูมิเฉลี่ย 27±5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกตู้ทดลอง ร้อยละ 40 - 60 ความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้ทดลองเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาการวางน้ำมันหอมระเหย พบว่าอยู่ในช่วงร้อยละ 70-90 โดยทดสอบน้ำมันหอมระเหยกานพลู และตะไคร้ที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 และ 40 โดยปริมาตร ปริมาณ 3 มิลลิลิตร และมีสารทำความสะอาด VirKon ทดสอบกับเชื้อรามาตรฐาน *C. parapsilosis* ATCC20019 เป็นชุดเปรียบเทียบ โดยมีจุดวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อภายในตู้ทดลองจำนวน 5 จุด ดังภาพที่ 4-16



ภาพที่ 4 - 16 จุดวางจานใส่เชื้อภายในตู้ทดลอง

ผลการทดลองพบว่า ที่ระยะเวลาสัมผัส 24 ชั่วโมง น้ำมันหอมระเหยทั้ง 2 ชนิด และ VirKon ที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรามาตรฐาน *C. parapsilosis* ATCC20019 ได้ นอกจากนั้น VirKon เมื่อทิ้งไว้เป็นระยะเวลานานจะมีกลิ่นสารเคมีติดค้างอยู่ภายในตู้ทดลอง ทำให้ในการศึกษานี้ใช้ความเข้มข้นน้ำมันหอมระเหยที่ร้อยละ 40 จากตารางที่ 4-6 พบว่าจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่วางไว้ที่ จุดที่ 4 และ 5 เชื้อจุลชีพมีการเจริญน้อยกว่าจุดที่ 1 2 และ 3 ซึ่งอาจเป็นผลมาจาก การวางน้ำมันหอมระเหยไว้ส่วนบนของตู้ เมื่อน้ำมันระเหยลมจะพัดลงมาจุดที่ 4 และ 5 ทำให้เชื้อจุลชีพที่อยู่บริเวณนี้ได้รับปริมาณไอระเหยจากน้ำมันหอมระเหยมากกว่าบริเวณอื่น โดยพบว่า จุดที่ 4 และ 5 น้ำมันหอมระเหยกานพลู มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *T. Asahii* ได้ดีที่สุด ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *C. parapsilosis, C. lunata* และ *C. albicans* ได้มากกว่าร้อยละ 60 จากผลการทดลองจะพบว่าจุดวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อบริเวณที่มีการตกกระทบของอากาศมาก มีการเจริญของจุลชีพน้อยที่สุด ดังนั้นถ้านำมาประยุกต์ใช้กับเครื่องปรับอากาศแผ่นน้ำมันหอมระเหยควรติดตั้งบริเวณท่อทางเดินของเครื่องปรับอากาศก่อนปล่อยอากาศเข้าสู่ภายในห้อง เพราะพื้นที่หน้าตัดและขนาดของท่อมีขนาดเล็กกว่าภายในห้องทำให้เพิ่มโอกาสที่จุลชีพจะสัมผัสกับไอระเหยของน้ำมันหอมระเหยได้มากกว่าการติดตั้งภายในห้องบนสมมติฐานว่าจุลชีพมากับอากาศนำเข้าในท่อทางเดินของเครื่องปรับอากาศ

จากผลการทดสอบน้ำมันหอมระเหยตะไคร้มีประสิทธิภาพดีกว่าในสภาวะไอระเหยอาจเนื่องมาจากสารยูจีนอลสามารถรวมตัวกับน้ำได้ดี และสามารถระเหยเป็นไอได้ครึ่งหนึ่งที่ระยะเวลา 25 วัน จากแบบจำลองแม่น้ำ ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยตะไคร้ Citral สามารถระเหยเป็นไอได้ครึ่งหนึ่งที่ระยะเวลา 28 ชั่วโมง (National Center for Biotechnology Information, 2017) ซึ่งการตรวจวัดสารออกฤทธิ์หลักในน้ำมันหอมระเหยกานพลูและตะไคร้ พบว่า ในสภาวะไอระเหยน้ำมันหอมระเหยกานพลู มีปริมาณสารยูจีนอลร้อยละ 40 (จากการตรวจวัดโดยใช้ ethanol เป็นตัวทำละลาย) จากการทดลองในตู้ทดลองใช้น้ำมันหอมปริมาณ 3 มิลลิลิตร มีความเข้มข้นน้ำมันหอมระเหยร้อยละ 40 และมีความเข้มข้นของ Eugenol ในน้ำมันหอมระเหยร้อยละ 83.096 ดังนั้นในตู้ทดลองเมื่อระยะเวลาผ่านไป 1 วัน จะมีความเข้มข้นของ Eugenol ประมาณ 498.5 ไมโครลิตรต่อ 0.155 ลูกบาศก์เมตร (3.216 ml/m^3) ในส่วนของน้ำมันหอมระเหยตะไคร้มีสารกลุ่ม Citral อยู่ประมาณร้อยละ 46 ดังนั้น ดังนั้นในตู้ทดลองเมื่อระยะเวลาผ่านไป 1 วัน จะมีความเข้มข้นของ Citral ประมาณ 276 ไมโครลิตรต่อ 0.155 ลูกบาศก์เมตร (1.78 ml/m^3)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4 - 6 ร้อยละการยับยั้งเชื้อจุลชีพ

	C. parapsilosis	*C. albicans*	*P. aeruginosa*	*B. cereus*	*T. asahii*	*C. lunata*	*A. fumigatus*
				Clove			
จุดที่ 1	7.20	0.00	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00
จุดที่ 2	33.60	0.00	15.00	5.36	0.00	0.00	0.00
จุดที่ 3	14.40	13.62	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00
จุดที่ 4	33.60	0.00	30.00	23.21	100.00	14.43	52.00
จุดที่ 5	31.20	0.00	30.00	28.57	100.00	11.34	47.00
				Citronella			
จุดที่ 1	5.10	10.89	15.00	0.00	0.00	0.00	0.00
จุดที่ 2	10.20	13.23	15.00	0.00	0.00	0.00	0.00
จุดที่ 3	25.51	16.34	20.00	0.00	0.00	19.59	0.00
จุดที่ 4	62.24	63.00	25.00	25.00	14.29	61.86	18.68
จุดที่ 5	68.37	58.00	25.00	17.86	4.76	62.89	21.79
				VirKon			
จุดที่ 1	10.34						
จุดที่ 2	8.79						
จุดที่ 3	32.37						
จุดที่ 4	67.72						
จุดที่ 5	70.58						

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การประมาณการค่าใช้จ่ายเบื้องต้น

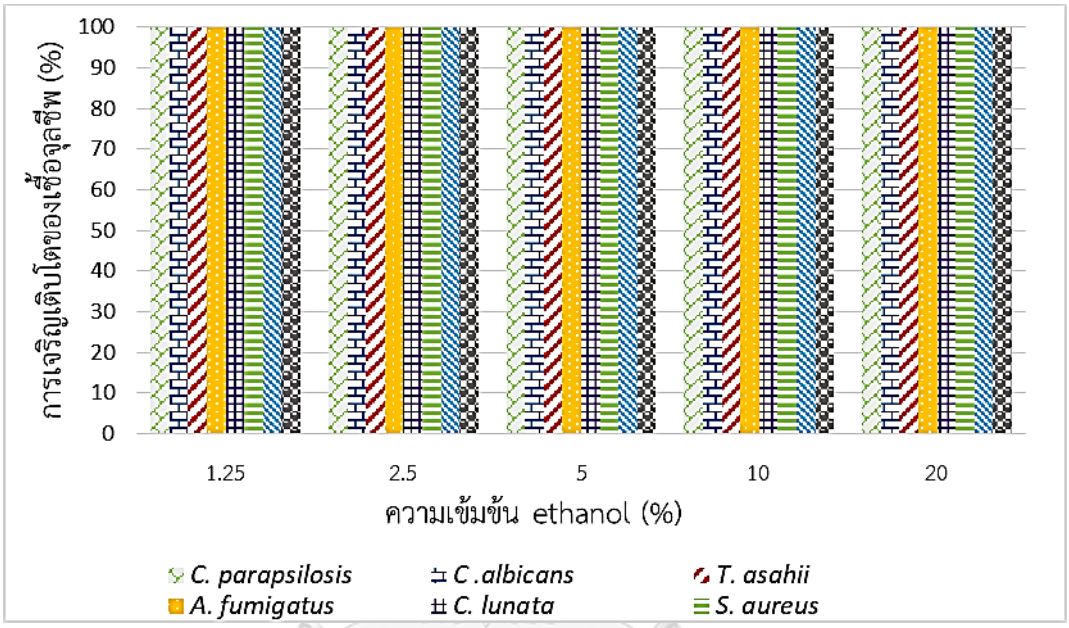
การคำนวณค่าใช้จ่ายของน้ำมันหอมระเหยต่อชั่วโมง เมื่อนำน้ำมันหอมระเหยไปใช้ร่วมกับเครื่องปรับอากาศคำนวณจากปริมาณใช้น้ำมันหอมระเหยในการทดลองในตู้ทดสอบ เมื่อใช้น้ำมันหอมระเหยผสมร้อยละ 40ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ที่มีพัดลม ความเร็วลม 0.223 เมตรต่อวินาที ระยะเวลาทดสอบ 10 ชั่วโมง พบว่า น้ำมันหอมระเหยตะไคร้เมื่อทดสอบกับเชื้อจุลชีพชนิดที่ให้ประสิทธิภาพต่ำสุดที่ร้อยละ 40 เมื่อนำมาใช้ร่วมกับเครื่องปรับอากาศที่มีความเร็วลม 5.357 เมตรต่อวินาที ซึ่งมีความเร็วลมสูงกว่าในตู้ทดสอบ 24 เท่า ดังนั้นปริมาตรน้ำมันหอมระเหยจะเพิ่มขึ้นเป็น 28.828 มิลลิลิตร โดยที่น้ำมันหอมระเหยกานพลูและน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ มีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 1.05 และ 0.888 กรัมต่อมิลลิลิตร สามารถคำนวณค่าใช้จ่ายของน้ำมันหอมระเหยต่อชั่วโมงแต่ละชนิดได้ พบว่าราคาของน้ำมันหอมระเหยทั้ง 2 ชนิด มีค่าใกล้เคียงกันดังตารางที่ 4-7

ตารางที่ 4 - 7 การประมาณการค่าใช้จ่ายเบื้องต้นในการใช้น้ำมันหอมระเหยกานพลูและตะไคร้เมื่อนำมาใช้ร่วมกับปรับอากาศ

รายการ	**หน่วย**	Clove oil	Citronella oil
จากการทดลองที่ 3 ในตู้ทดสอบ			
ปริมาตรของสารละลายวางในตู้ทดสอบ	ml	3	3
ปริมาตรของน้ำมันหอมระเหยในสารละลาย	ml	1.2	1.2
เวลาการทดสอบ	hr	10	10
ความเร็วพัดลมในตู้ทดสอบ	m/s	0.223	0.223
ประสิทธิภาพการกำจัดน้อยสุดที่ 40%			
ถ้าเพิ่มความเร็วลมจากการใช้เครื่องปรับอากาศ	m/s	5.357	5.357
ความเร็วลมเพิ่มเป็น	เท่า	24.023	24.023
ปริมาตรของสารละลายวางในห้องที่ใช้เครื่องปรับอากาศใน 10 ชั่วโมง	ml	28.828	28.828
น้ำหนักของสารละลาย	g	30.269	25.599
น้ำหนักของสารละลายต่อชั่วโมง	g	3.027	2.560
ราคาน้ำมันหอมระเหย ต่อ 100 กรัม	บาท	168	238
ค่าใช้จ่ายของน้ำมันหอมระเหยต่อชั่วโมง	บาท	5.085	6.093

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

งานวิจัยนี้ใช้ ethanol เป็นตัวทำละลายของน้ำมันหอมระเหย ซึ่ง ethanol ถือเป็นแอลกอฮอล์ชนิดหนึ่งที่เป็นสารฆ่าเชื้อโรค ดังนั้นในการทดลองจึงต้องทำการทดสอบผลของ ethanol ต่อการเจริญของเชื้อจุลชีพด้วย เพื่อเป็นการยืนยันผลการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลชีพจากน้ำมันหอมระเหย โดยในการทดลองนี้ ใช้ความเข้มข้น ethanol ร้อยละ 1.25 2.5 5 10 และ 20 ผลปรากฏว่า เชื้อจุลชีพสามารถเจริญได้ในทุกความเข้มข้น ดัง ภาพที่ 4-17



ภาพที่ 4 - 17 ร้อยละการเจริญเติบโตของเชื้อจุลชีพใน ethanol ความเข้มข้นต่างๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการยับยั้งจุลชีพของน้ำมันหอมระเหยอบเชย กานพลู ตะไคร้หอม และยูจีนอล และประเมินประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยเมื่อประยุกต์ใช้ในห้องที่มีระบบปรับอากาศ จากผลการศึกษาสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองพบว่าน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดมีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของจุลชีพได้แตกต่างกัน น้ำมันหอมระเหยกานพลูมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อด้วยวิธีการสัมผัสโดยตรงที่ความเข้มข้น ร้อยละ 4 ที่ระยะเวลาสัมผัส 24 ชั่วโมงขึ้นไป ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลชีพได้ดีกว่าในรูปของไอระเหยเมื่อมีรูปแบบของอากาศนิ่งที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 เมื่อนำน้ำมันหอมระเหยทั้ง 2 ชนิด (กานพลู และตะไคร้) มาทดสอบในตู้ทดลองที่มีการจำลองระบบปรับอากาพบว่าน้ำมันหอมระเหยมีประสิทธิภาพลดลงจากการทดสอบในรูปแบบอากาศนิ่ง คือ มีการยับยั้งการเจริญของเชื้อได้ดีในบริเวณใต้พัดลมและลดลงในบริเวณที่ห่างออกไป นอกจากนั้นในเรื่องของราคาจะพบว่าน้ำมันหอมระเหยกานพลูมีราคาที่ต่ำกว่าของตะไคร้หอม

5.2 ข้อเสนอแนะ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

(1) การทดลองในงานวิจัยนี้เป็นการทดลองที่ยังไม่มีการปรับปรุงน้ำมันหอมระเหย ซึ่งจากผลการทดลองนั้นจะเห็นได้ว่าน้ำมันหอมแต่ละตัวนั้นสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อได้ดีในสภาวะต่างกัน ถ้ามีการผสมกันอาจทำให้น้ำมันหอมระเหยสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อได้ดีขึ้น

(2) ในการศึกษานี้ยังไม่ได้ศึกษาเรื่องของระยะเวลาการใช้งานของแผ่นชุบน้ำมันหอมระเหยควรทดลองเพิ่มขึ้น เพื่อที่จะสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

(3) ในการศึกษาการประยุกต์ใช้กับห้องที่มีระบบปรับอากาศ เนื่องจากมีการใส่จานอาหารเลี้ยงเชื้อเป็นจำนวนมากเมื่อเทียบกับปริมาตรตู้ทดลอง ทำให้เมื่อระยะเวลาผ่านไป ความชื้นในตู้ทดลองเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ในการศึกษาในอนาคตควรหาวิธีควบคุมความชื้นให้เท่ากับความชื้นภายนอกตู้ทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

ภาษาอังกฤษ

Burroughs. H.E. and Hansen. S.J. (2008). *Managing indoor air quality*. Lilburn : The Fairmont Press.

Caccionia R.L. D. Guizzardia M. MBiondib D. Rendab A. and Rubertob G. (1998). Relationship between volatile components of citrus fruit essential oils and antimicrobial action on *Penicillium digitatum* and *Penicillium italicum*. *International Journal of Food Microbiology*. 43. 73 - 79.

Clinical Laboratory Standard Institute (CLSI). (2012). *Methods for Dilution Antimicrobial Susceptibility Tests for Bacteria That Grow Aerobically*; Approved Standard. M07-A9

Clinical Laboratory Standard Institute (CLSI). (2008). *Reference Method for Broth Dilution Antifungal Susceptibility Testing of Filamentous Fungi*; Approved Standard. M38-A2

Clinical Laboratory Standard Institute (CLSI). (2008). *Reference Method for Broth Dilution Antifungal Susceptibility Testing of Yeast*; Approved Standard. M27-A3

Cox. S.D. Mann. C.M. and Markham. J.L. (2000). The mode of antimicrobial action of the essential oil of Melaleuca alternifolia (tea tree oil). *Appl Microbiol. 88*. 170-175.

Crook. B. and Burton. N. (2010). Indoor molds. sick building syndrome and building related illness. *Fungal Biology Review. 24*. 106-113.

Euge´NP. Luı´s Vale-Silva. Carlos C. and Lı´gia S. (2009). Antifungal activity of the clove essential oil fromSyzygium aromaticum on Candida. Aspergillus and dermatophyte species. *Journal of Medical Microbiology*. 58. 1454–1462

Filgueiras. CT. and Vanetti M.C. (2006). Effect of Eugenol on Growth and Listeriolysin O Production by Listeria monocytogenes. *Braz Arch Biol Techno. 49*(3). 405-409.

Fischman Michael L. (2007). *Building-Associated illness* United States of America: The McGraw-Hill Companies.

Godish. T. (1989). *Indoor air pollution control*. America : CRC press. Inc.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Goñi. P. López. P. Sánchez. C. Gómez-Lus. R. Becerril. R. and Nerín. C. (2009) Antimicrobial activity in the vapour phase of a combination of cinnamon and clove essential oils. *Food Chemistry.* 116. 982-989.

Gupta C. Garg A. Uniyal R. Gupta S. (2008) Comparison Of Antimicrobial Activities Of Clove Oil & Its Extract On Some Food Borne Microbes. The Internet Journal of Microbiology. 7 - 1.

Guynot ME. Ramos AJ. Setó L. Purroy P. Sanchis V. Marín S. (2003) Antifungal activity of volatile compounds generated by essential oils against fungi commonly causing deterioration of bakery products. *Journal of Applied Microbiology*. Volume 94, Issue 5 Pages 893–899

Jareemit. D. Sreshthaputra. A. Yimprayoon. C. and Tantasa. C. (2006) Respiratory Diseases: The Fatal Risk Caused by Inappropriate Design & Operation of Office Buildings. *Architectural/Planning Research and Studies* 4. 3 - 19

Jenkins. PL. Phillips. TJ. Mulberg. E.J. and Hui. S.P. (1992). Acivity patterns of Californians: Use of and proximity to indoor pollutant sources. *Atmospheric Environment. 26A*. 2141-2148.

Kazuhiko N. Najeeb S.A. Tadashi Y. Huong T.T. N. Gassinee T. (2003) Chemical Composition and Antifungal Activity of Essential Oil from Cymbopogon nardus (Citronella Grass) *Japan Agricultural Research Quarterly: JARQ* Vol. 37 No. 4 p. 249-252

LOÄ PEZ P. SAÄ NCHEZ C.. BATLLE R. and NERIÄN C. (2005) Solid- and Vapor-Phase Antimicrobial Activities of Six Essential Oils: Susceptibility of Selected Foodborne Bacterial and Fungal Strains. *Joernal of Agricultural and food chemistry*. Vol 53. 6939 - 6946.

Matan N. Rimkeeree H. Mawson AJ. Chompreeda P. Haruthaithanasan V and Parker M. (2006). Antimicrobial activity of cinnamon and clove oils under modified atmosphere conditions. *International Journal of food Microbiology.* 107. 180 - 185.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Database; CID=638011, https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/638011. [3 พฤศจิกายน 2017].

National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Database; CID=3314, https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/3314. [3 พฤศจิกายน 2017].

Narumol. M. and Nirundorn. M. (2008) Antifungal activities of anise oil. lime oil. and tangerine oil against molds on rubberwood (Hevea brasiliensis). *International Biodeterioration & Biodegradation 62*. 75-78.

sciencelab. (2005). *Material Safety Data Sheet trans-Cinnamaldehyde MSDS.* [Online] Avilable from : http://www.sciencelab.com/msds.php?msdsId=9923482. [2015.Nov 8]

Veena U.. R. P. Bhatt. Seema S. and Amitabh T. (2012). Antifungal activity of essential oils and their volatile constituents against respiratory tract pathogens causing Aspergilloma and Aspergillosis by gaseous contact. *Journal of Applied and Natural Science 4.* 65-70

Wallace. L.A.. Pellizzari. E.D.. Hartwell. T.D.. Sparacino. C.. Whitemore. R.. Sheldon. L.. Zelon. H.. and Perritt. R. (1987). The TEAM study: Personal Exposure to Toxic Substances in Air. Drinking water and Breath of 400 Residents of New Jersey. North Carolina. and North Dakota. *Environment research. 43*. 290-307

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาษาไทย

กนกรัตน์ ป้องประทุม. ดุษณี ธนะบริพัฒน์ และ วรารัตน์ เรืองรัตนเมธี. (1999). การควบคุมการเจริญและการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* 102566 โดยสารกันดสียบางชนิด. *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 37*

กาญจนา ภิญโญภาพ. (2008). *การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำมันหอมระเหย*. กรุงเทพมหานคร : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

กฤษณียา ศังขจันทรานนท์. (2005). *ชนิดและปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่ก่อโรคในโรงพยาบาลและการเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องมือเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศ*. วิทยานิพนธ์ปริญญาสาธารณสุขศาสตร์มหาบัณฑิต. สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เกศทิพย์ กรี่เงิน. ขจีจรัส ภิรมย์ธรรมศิริ และ อุไรวรรณ ดิลกคณานันท์. (2002). ผลของสารสกัดจากใบพลูต่อการยับยั้งเชื้อรา *Aspergillus niger* V. Tiegh. และ *Aspergillus japonicus* Saito บนผ้าฝ้ายและผ้าใยผสมฝ้าย/พอลิเอสเตอร์. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 40.

จิตรลดา ต้นพรหม. (2010). *ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารกับคุณภาพอากาศภายในโรงพยาบาลกลาง*. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. ภาควิชาสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพ.

ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล. (2005). กลุ่มอาคารป่วยเหตุอาคาร. *จุลาลงกรณ์เวชสาร. 49.* 91-100.

ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์. อรพิน เกิดชูชื่น และทวีรัตน์ วิจิตรสุนทรกุล. (2009). *การศึกษาวิจัยน้ำมันหอมระเหยสำหรับเป็นสารยับยั้งเชื้อราในกระดาษ.* ชุดโครงการวิจัย สมุนไพรเพื่อคุณภาพชีวิต

ณัฐกานต์ วงศ์สีลม. จามจุรี จินะตา. บุษบา มะโนแสน. จิรรัชต์ กันทะขู้. สุรีพร วันควร และ สุภาวดี ศรีแย้ม. (2014). การศึกษาฤทธิ์ต้านแบคทีเรียก่อโรคในอาหารของน้ำมันหอมระเหยจากมะแขว่น. *วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ.* 37. 3-15.

ณัติฐพงศ์ เด่นจักรวาฬ. (2005). *การกระจายของฝุ่นและเชื้อราบริเวณโรงพยาบาลจุลาลงกรณ์.* วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ จุลาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ดำรงศักดิ์ ร่มเย็น. (2013). *ความสัมพันธ์ของปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมและปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารของผู้ปฏิบัติงสนพยาบาลในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง*. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ธีรยุทธ กลิ่นสุคนธ์ และ ชัยวัฒน์ ต่อสกุลแก้ว. (1981). *แอฟฟล่าท็อกซิน (สารพิษจากเชื้อราที่ทำให้เกิดมะเร็งของตับ)*. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

ปณิธี ทิพยธรรม และ วาณี ชนเห็นชอบ. (2007). *ผลการยับยั้งแบคทีเรียของสารองค์ประกอบในน้ำมันหอมระเหยและไนซินต่อแบคทีเรียที่เกี่ยวข้องกับการเสื่อมเสียในอาหาร.* กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา. กระทรวงศึกษาธิการ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

พรพรรณ ภูมิรัตน์. วิทวัส ตันหยง และ นัฏฐเนศวร์ ลับเลิศลบ. (2013). เชื้อราทางการแพทย์. *Journal ofMedicine and Health Sciences. 20*(2).

พัลลพ ต้นแก้ว. ผาณิตา โกมลมาลย์.จงกล ใจมูลวงศ์. เพราพิราศ อินตะยศ และ บงกชวรรณ สุตะพาหะ.. (2009). การสำรวจหาจุลชีพในบรรยากาศห้องผ่าตัดของโรงพยาบาล ห้องเรียน และห้องประชุมของสถานศึกษา เปรียบเทียบระหว่างการใช้เครื่องดักจับเชื้อกับวิธีวางอาหารเลี้ยงเชื้อ. *Bull Chiang Mai Assoc Med Sci*. Vol.2 No.1

แม้นทรวง วุฒิอุดมเลิศ. (2012). *โรคจากมลพิษในอาคาร*. [ออนไลน์] แหล่งที่มา: http://www.pharmacy.mahidol.ac.th/th/knowledge/article/115/%E0%B9%82%E0%B8%A3%E0%B8%84%E0%B8%88%E0%B8%B2%E0%B8%81%E0%B8%A1%E0%B8%A5%E0%B8%9E%E0%B8%B4%E0%B8%A9%E0%B9%83%E0%B8%99%E0%B8%AD%E0%B8%B2%E0%B8%84%E0%B8%B2%E0%B8%A3-Legionnairs-disease/. [20 ธันวาคม 2015]

วชิรา ศิริศักดิ์สกุล. (2012) *คุณภาพอากาศทางด้านจุลินทรีย์ภายในอาคารโรงพยาบาลพนมดงรักเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา จังหวัดสุรินทร์*. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. สาขาวิชาสิ่งแวดล้อมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

วรรณพร ศรีสุคนธรัตน์. (2015) *สารต้านเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในบ้านเรือนหรือทางสาธารณสุข*. สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข. นนทบุรี: กลุ่มพัฒนาระบบวัตถุอันตราย สำนักควบคุมเครื่องสำอางและวัตถุอันตราย สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข; 2558

ศิริพร ศรีเทวิณ. (2011). *เชื้อจุลินทรีย์ในบรรยากาศในโรงพยาบาลขนาดที่แตกต่างกัน*. วิทยานิพนธ์ปริญญาสาธารณสุขศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ศูนย์พิษวิทยารามาธิบดี. (2015). ภาวะความเป็นพิษจากmethanol. แหล่งที่มา : http://med.mahidol.ac.th/poisoncenter/th/pois-cov/Methanol [18 ธันวาคม 2015]

สถาบันบำราศนราดูร กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข (2007). *คู่มือการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคารสถานพยาบาล*.สำนักพิมพ์สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ

สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย (2008). *การแก้ไขปัญหาเชื้อราในระบบปรับอากาศ*. บทความวิชาการ ชุดที่ 16. Vol.8. 63-81

สร้อยสุดา เกสรทอง. (2006) SBS โรคจากการทำงานในตึก. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ใกล้หมอ 2. 192

สำนักงานข้อมูลสมุนไพร. (2015). สมุนไพรที่ใช้ในงานสาธารณสุขมูลฐาน. แหล่งที่มา: http://medplant.mahidol.ac.th/pubhealth/index.asp. [17 ธันวาคม 2015]

สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2010) *น้ำมันหอมระเหยและสุคนธบำบัด.* กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

อุไรวรรณ ดิลกคุณานันท์. ประภัสสร รักถาวร และ อุดมลักษณ์ สุขอัตตะ. (2002). ผลของสารช่วยละลายที่มีต่อการออกฤทธิ์ของสารสกัดพลูและน้ำมันพลูต่อเชื้อราบางชนิด. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 40. 220-227.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก. ลักษณะของพัดลมที่ใช้ในตู้ทดลอง

การคำนวณขนาดของพัดลมที่ใช้ในตู้ทดลอง

(1) การคำนวณหาปริมาตรของตู้ทดลอง

การคำนวณหาปริมาตรของตู้ทดลอง

สูตร	กว้าง	x	ยาว	x	สูง
เซนติเมตร	38.1	x	76.2	x	53.34
ปริมาตรของตู้ =	0.155 ลูกบาศก์เมตร				

(2) การหาปริมาณอากาศที่ต้องถ่ายเทออก

จากกฎกระทรวง ฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2535) ออกตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ว่าด้วยเรื่องอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศต่อชั่วโมงของอาคารแต่ละประเภท พบว่า ในอาคารสำนักงาน ห้างสรรพสินค้า โรงงาน ห้องปฏิบัติการ โรงแรมห้องชุด ห้องคนไข้ภายในโรงพยาบาลจะต้องมีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ 2 ลูกบาศก์เมตร/ช.ม./ตารางเมตร นอกจากนั้นภายในห้องพักผู้ป่วยต้องมีการหมุนเวียนอากาศภายในห้องไม่ต่ำกว่า 6 ลูกบาศก์เมตร/ช.ม.

(3) การหาปริมาณอากาศที่ต้องถ่ายเทออก

สูตร	ปริมาตรของตู้	x	AIRCHANGE/HR.
	0.155	x	6
อากาศที่ต้องหมุนเวียน =	0.929 ลูกบาศก์เมตร/ช.ม.		

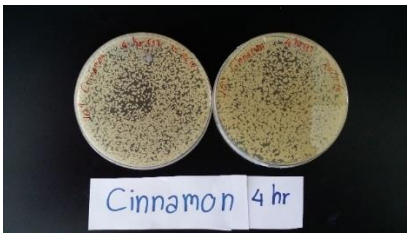
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

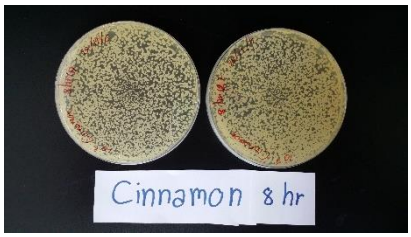
(4) ลักษณะของพัดลมที่ใช้ในการทดลอง

พัดลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 12 เซนติเมตรต่อกับ สวิตซ์หรี่ไฟ (dimmer) ที่สามารถปรับความเร็วลมต่ำสุดได้ที่ 0.5 – 1.2 mph ดังนั้นพัดลมสามารถหมุนเวียนอากาศได้ต่ำสุดที่ 0.16 ลูกบาศก์เมตร/นาที จากการคำนวณอากาศที่ต้องหมุนเวียนภายในตู้ พบว่า มีปริมาณ 0.929 ลูกบาศก์เมตร/ช.ม.คิดเป็น 0.0155 ลูกบาศก์เมตร/นาที ทำให้พัดลมตัวนี้เพียงพอต่อการหมุนเวียนอากาศภายในตู้

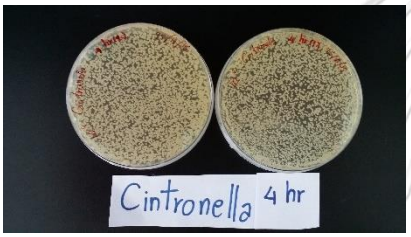
ภาคผนวก ข. ผลการทดลองเบื้องต้น

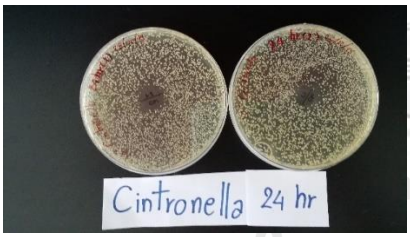
น้ำมันหอมระเหยอบเชย



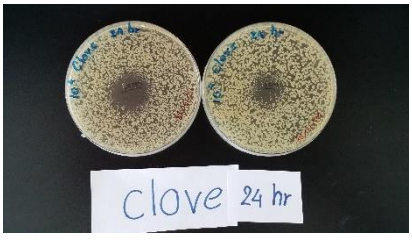


น้ำมันหอมระเหยตะไคร้



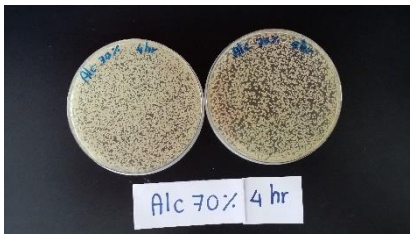


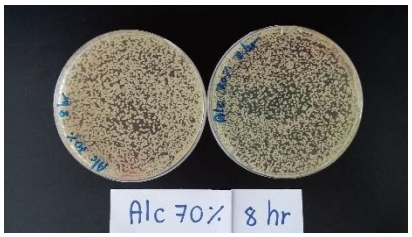
น้ำมันหอมระเหยกานพลู

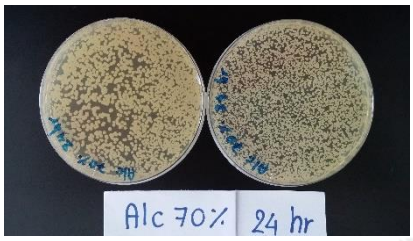


กรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แอลกอฮอล์





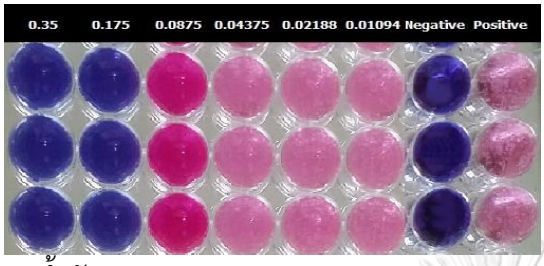


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค. การทดสอบความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำมันหอมระเหย และโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลชีพที่แยกได้จากสิ่งแวดล้อม

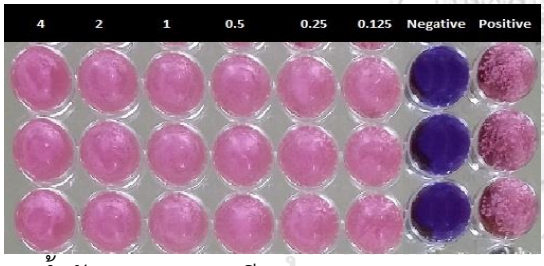
บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง	บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส 48 ชั่วโมง

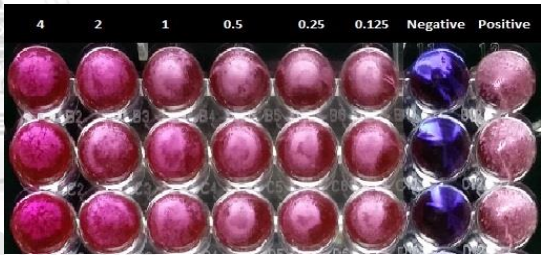
1. น้ำมันหอมระเหยกานพลู (Clove)



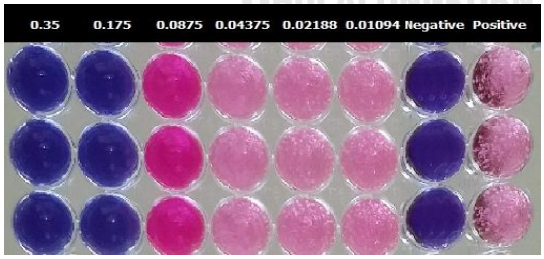
2. น้ำมันหอมระเหยอบเชย (Cinnamon)

3. น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม (Citronella)

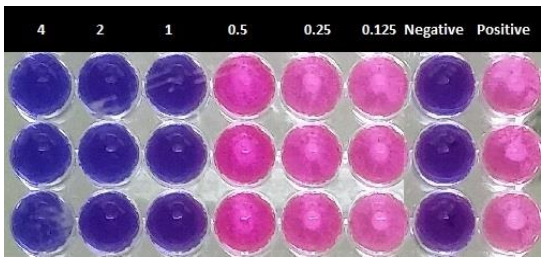


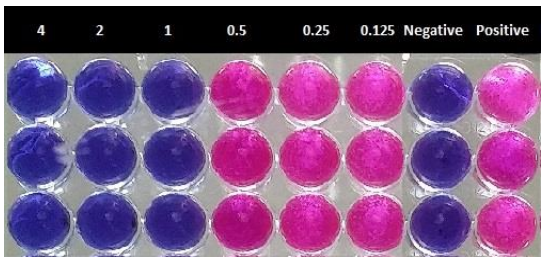


4. น้ำมันหอมระเหยยูจีนอล (Eugenol)

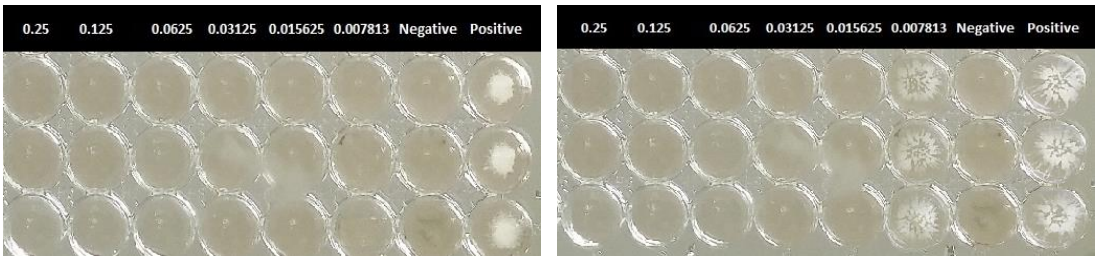


5. โซเดียม ไฮโปคลอไรท์





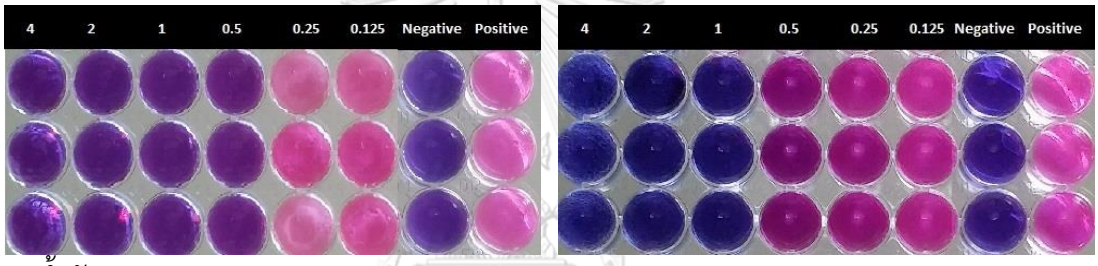
6. VirKon



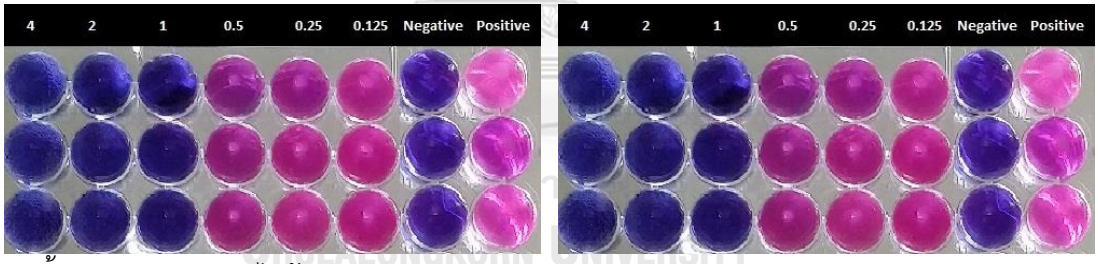
ภาพที่ ค-1 ความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำมันหอมระเหย และสารทำความสะอาดในการยับยั้งการเจริญของ *C. albicans* ที่ 24 และ 48 ชั่วโมง

บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง	บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส 48 ชั่วโมง

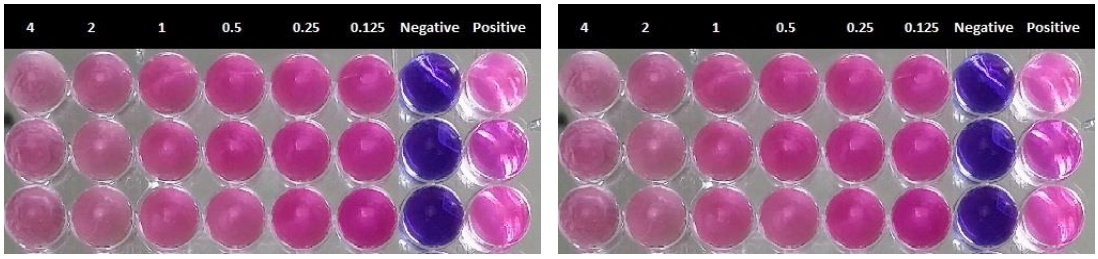
1. น้ำมันหอมระเหยกานพลู (Clove)



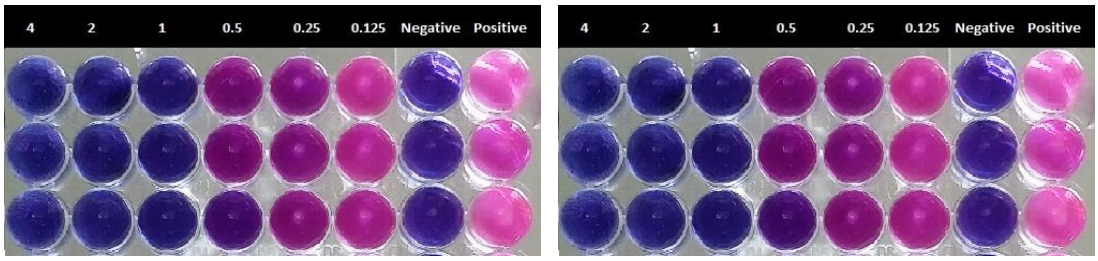
2. น้ำมันหอมระเหยอบเชย (Cinnamon)



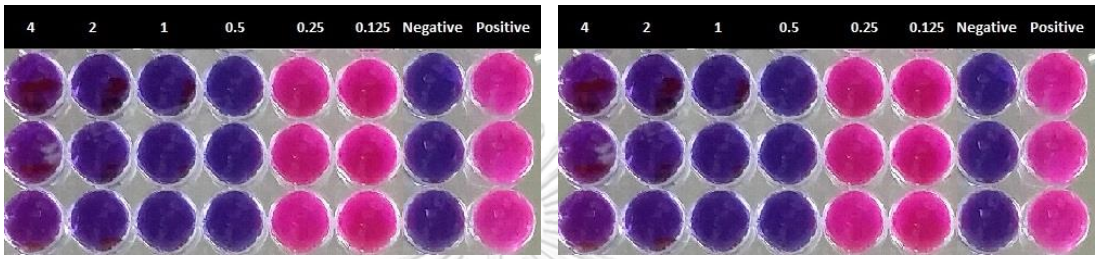
3. น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม (Citronella)



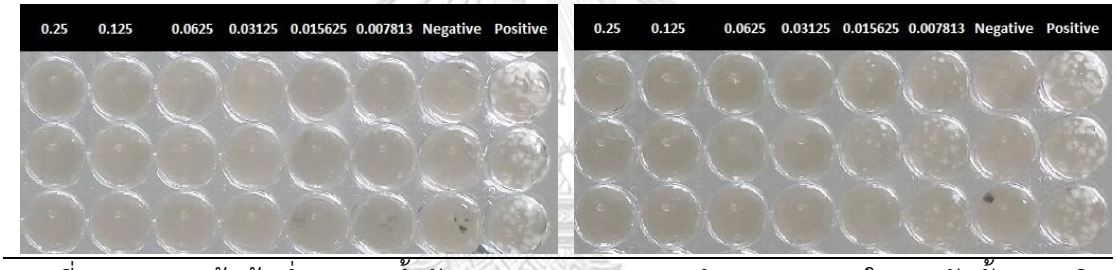
4. น้ำมันหอมระเหยยูจีนอล (Eugenol)



5. โซเดียม ไฮโปคลอไรท์



6. VirKon

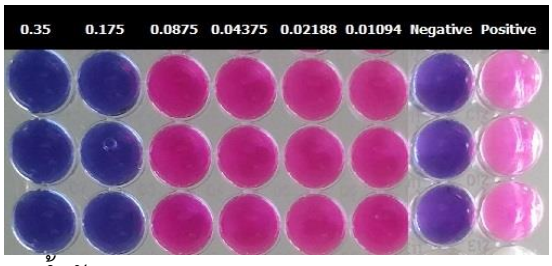


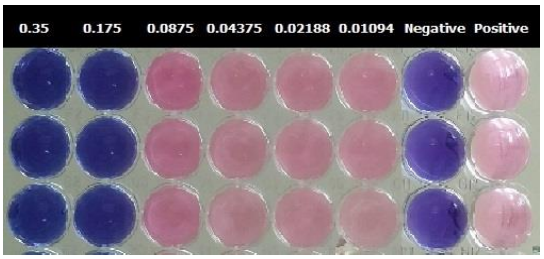
ภาพที่ ค-2 ความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำมันหอมระเหย และสารทำความสะอาดในการยับยั้งการเจริญของ *T. asahii* ที่ 24 และ 48 ชั่วโมง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง	บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส 48 ชั่วโมง

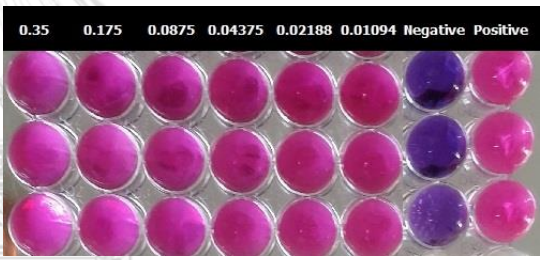
1. น้ำมันหอมระเหยกานพลู (Clove)



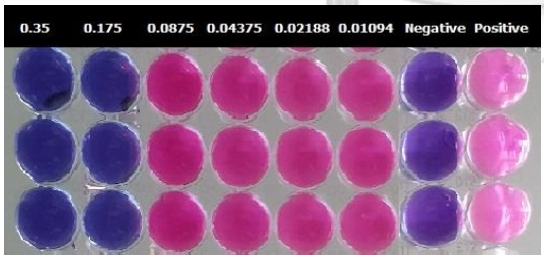


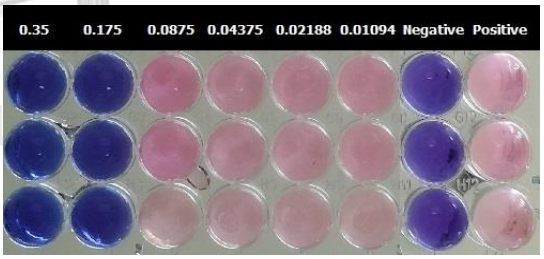
2. น้ำมันหอมระเหยอบเชย (Cinnamon)

3. น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม (Citronella)

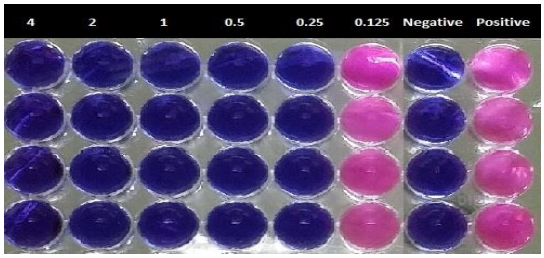


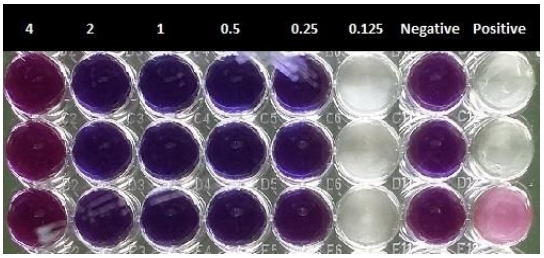
4. น้ำมันหอมระเหยยูจีนอล (Eugenol)



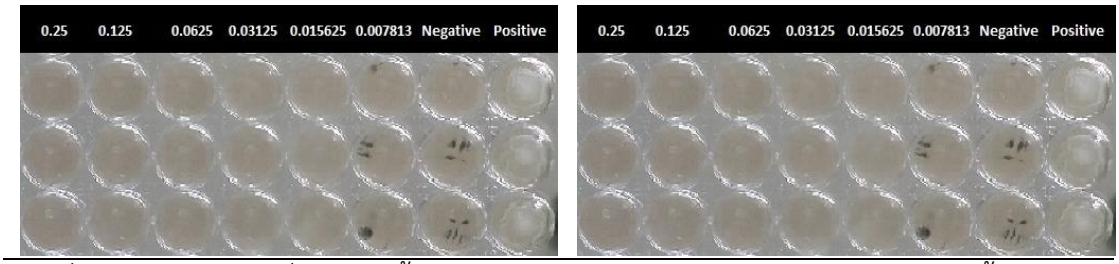


5. โซเดียม ไฮโปคลอไรท์





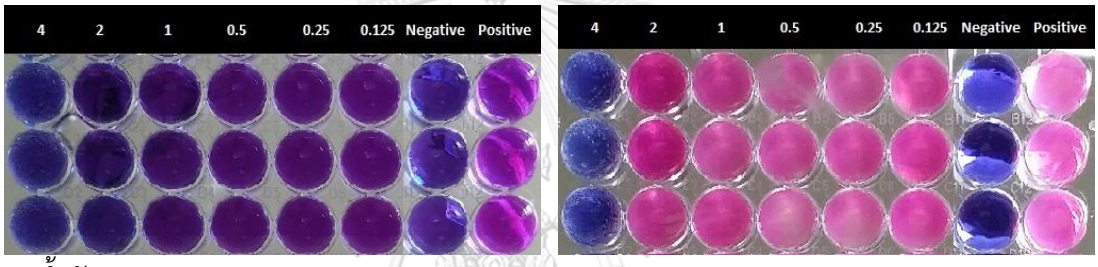
6. VirKon



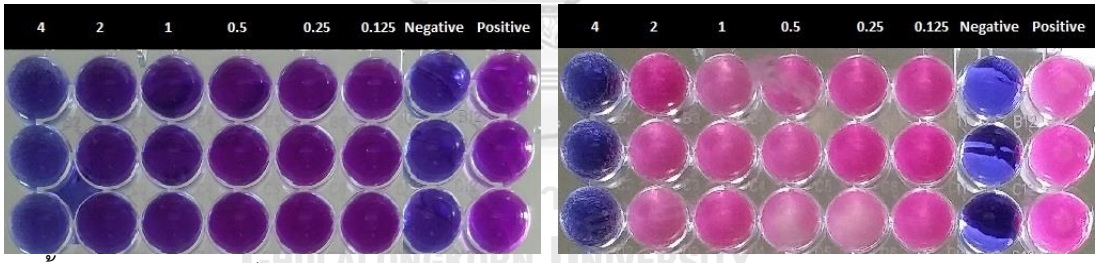
ภาพที่ ค-3 ความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำมันหอมระเหย และสารทำความสะอาดในการยับยั้งการเจริญของ *B. cereus* ที่ 24 และ 48 ชั่วโมง

บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง	บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส 48 ชั่วโมง

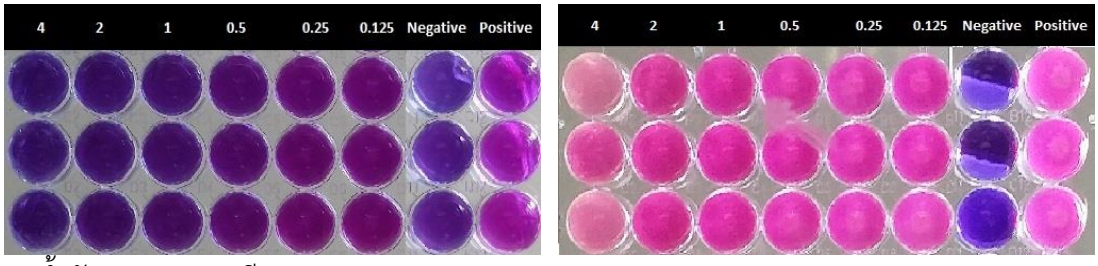
1. น้ำมันหอมระเหยกานพลู (Clove)



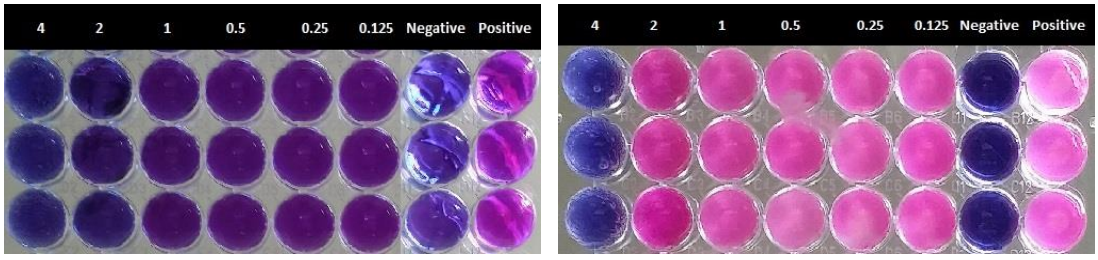
2. น้ำมันหอมระเหยอบเชย (Cinnamon)



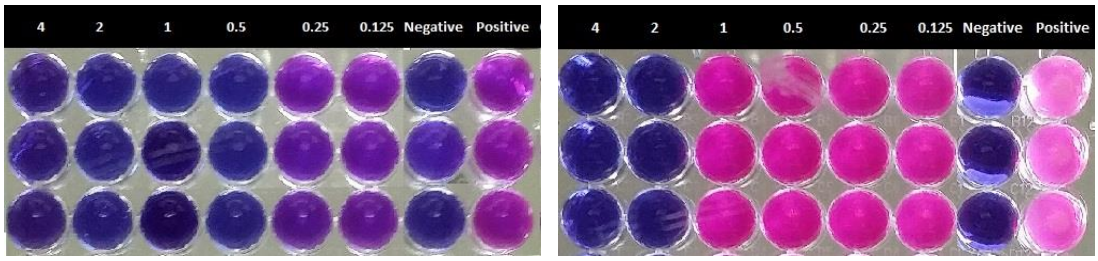
3. น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม (Citronella)



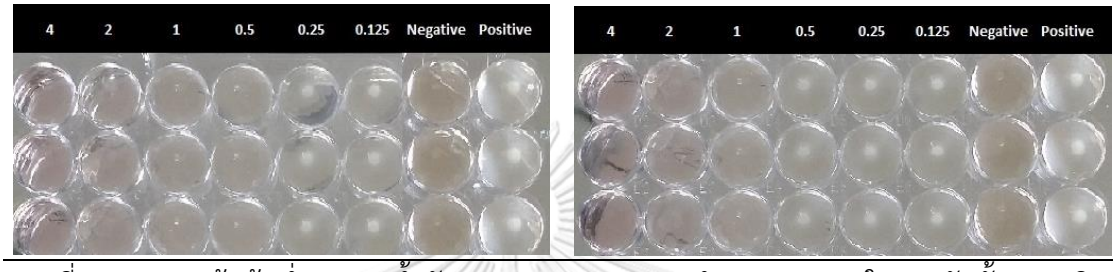
4. น้ำมันหอมระเหยยูจีนอล (Eugenol)



5. โซเดียม ไฮโปคลอไรท์



6. VirKon

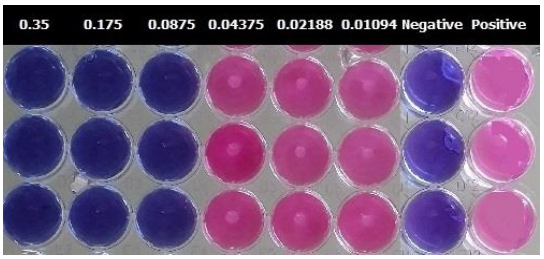


ภาพที่ ค-4 ความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำมันหอมระเหย และสารทำความสะอาดในการยับยั้งการเจริญของ *P. aeruginosa* ที่ 24 และ 48 ชั่วโมง

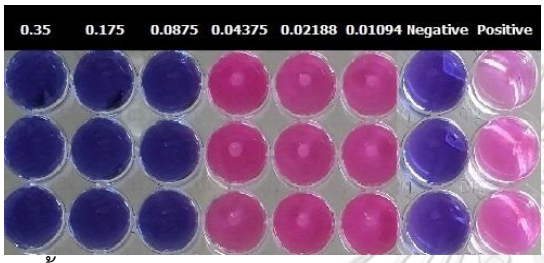
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

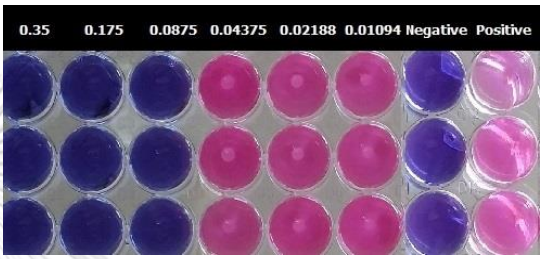
บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง	บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส 48 ชั่วโมง

1. น้ำมันหอมระเหยกานพลู (Clove)

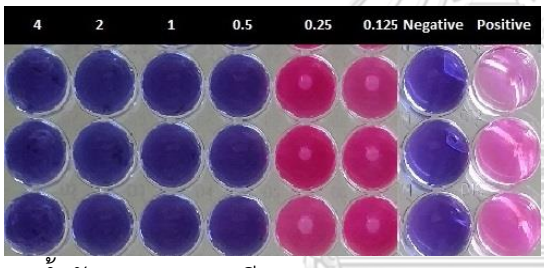


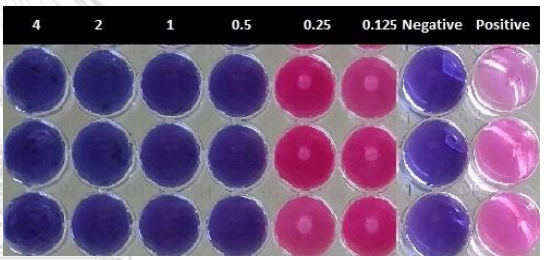
2. น้ำมันหอมระเหยอบเชย (Cinnamon)



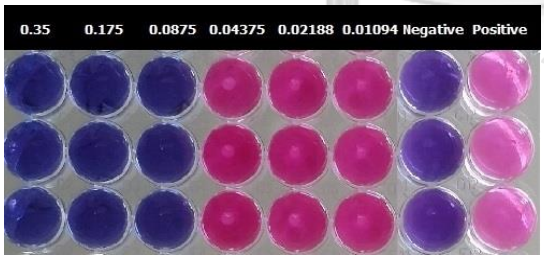


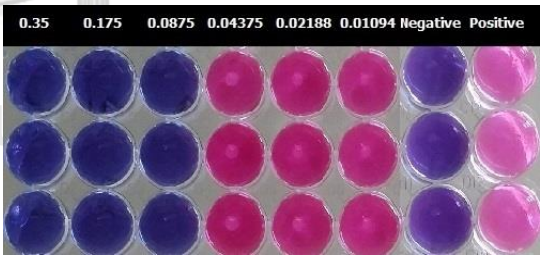
3. น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม (Citronella)



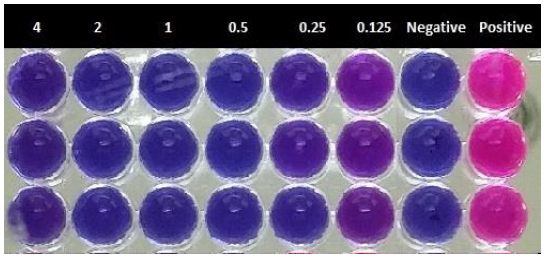


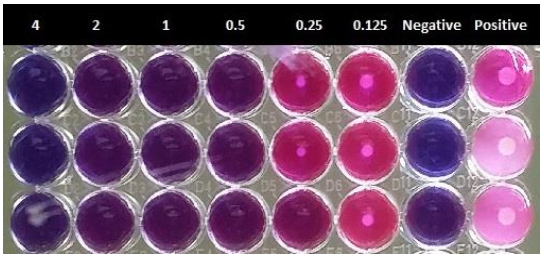
4. น้ำมันหอมระเหยยูจีนอล (Eugenol)



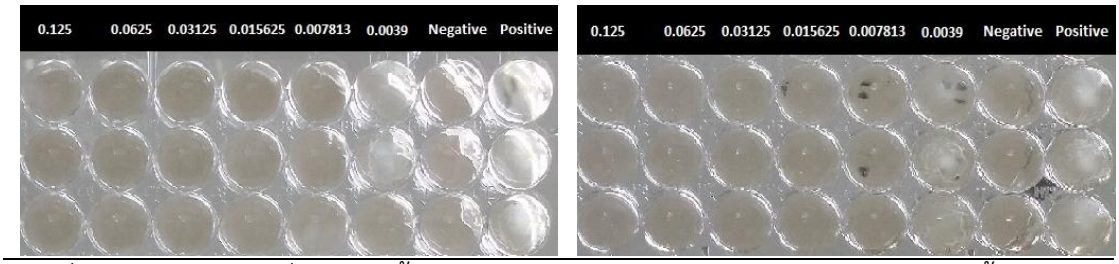


5. โซเดียม ไฮโปคลอไรท์





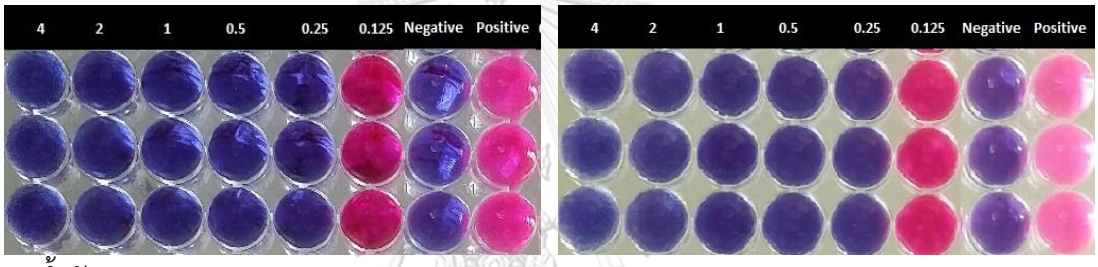
6. VirKon



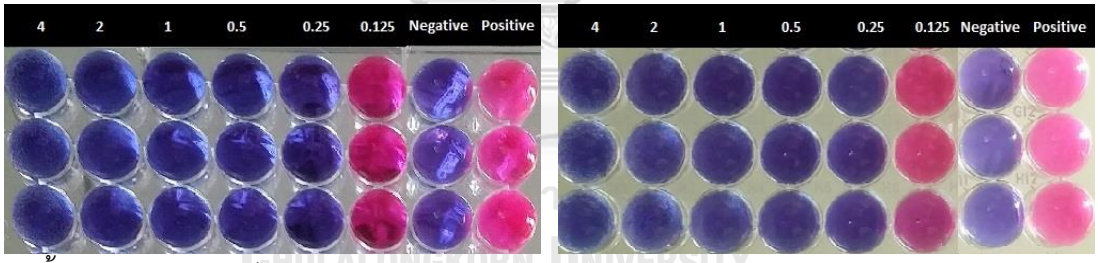
ภาพที่ ค-5 ความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำมันหอมระเหย และสารทำความสะอาดในการยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* ที่ 24 และ 48 ชั่วโมง

บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส 48 ชั่วโมง	บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส 72 ชั่วโมง

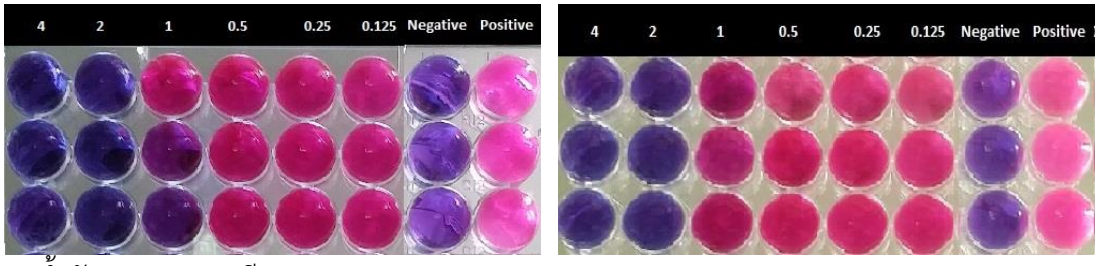
1. น้ำมันหอมระเหยกานพลู (Clove)



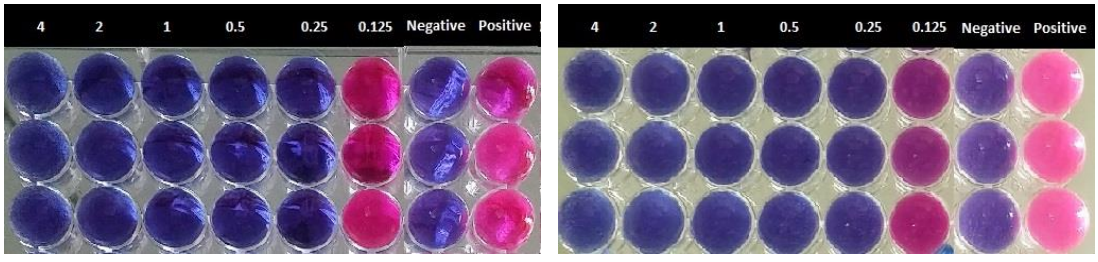
2. น้ำมันหอมระเหยอบเชย (Cinnamon)



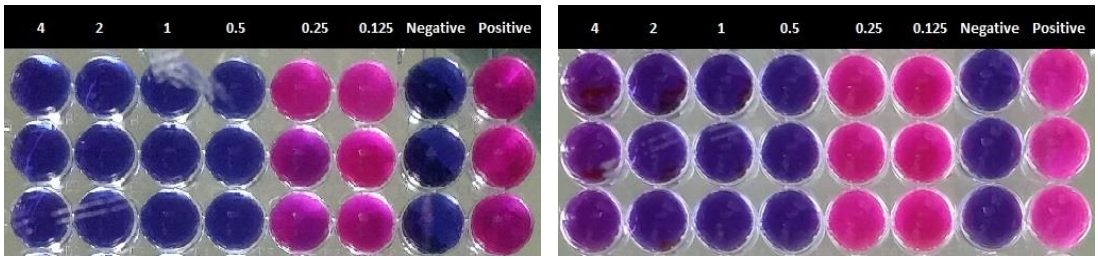
3. น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม (Citronella)



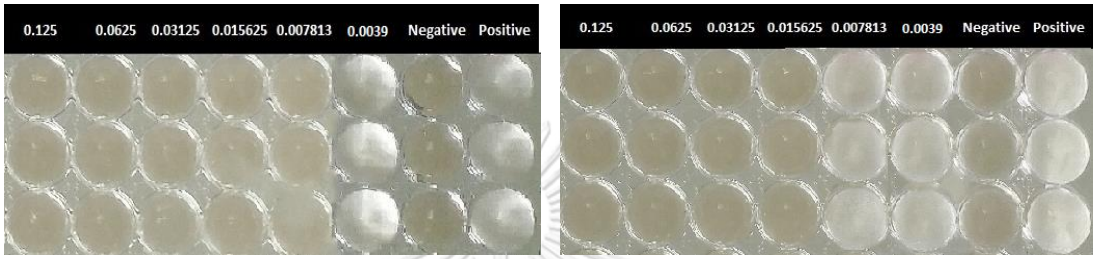
4. น้ำมันหอมระเหยยูจีนอล (Eugenol)



5. โซเดียม ไฮโปคลอไรท์



6. VirKon

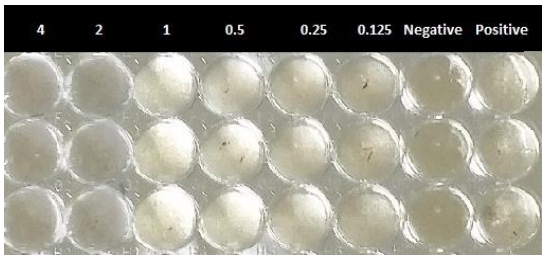


ภาพที่ ค-6 ความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำมันหอมระเหย และสารทำความสะอาดในการยับยั้งการเจริญของ *A. fumigatus* ที่ 48 และ 72 ชั่วโมง

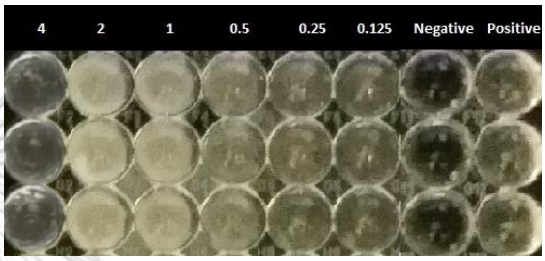
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส 48 ชั่วโมง	บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส 72 ชั่วโมง

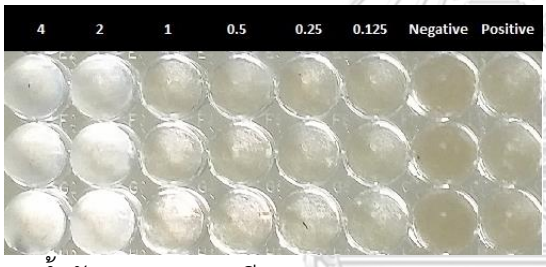
1. น้ำมันหอมระเหยกานพลู (Clove)

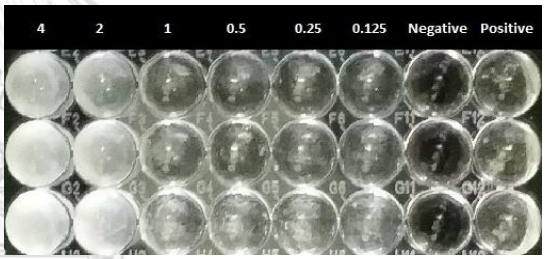


2. น้ำมันหอมระเหยอบเชย (Cinnamon)

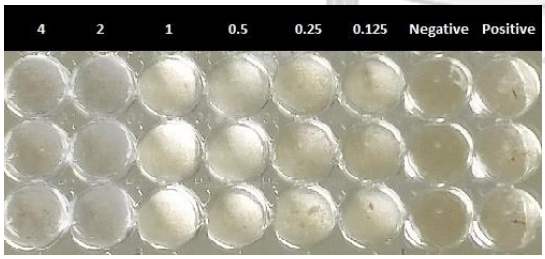


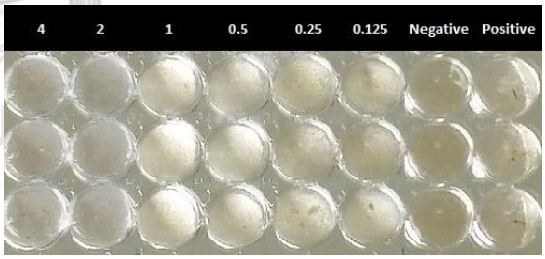
3. น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม (Citronella)



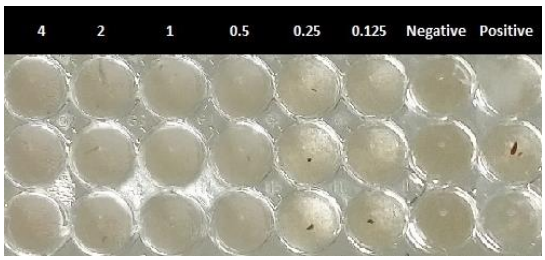


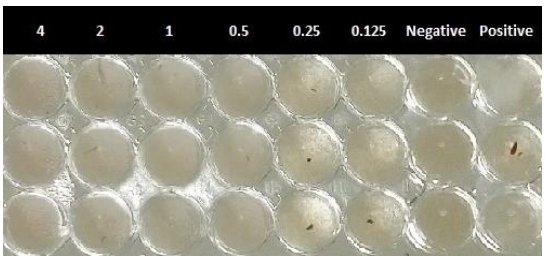
4. น้ำมันหอมระเหยยูจีนอล (Eugenol)



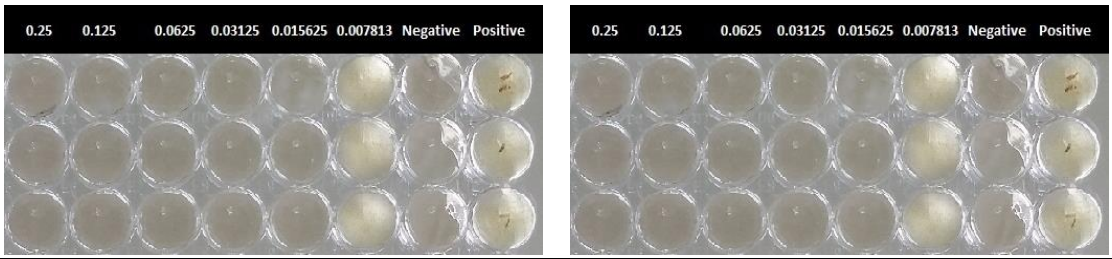


5. โซเดียม ไฮโปคลอไรท์





6. VirKon



ภาพที่ ค-7 ความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำมันหอมระเหย และสารทำความสะอาดในการยับยั้งการเจริญของ *C. lunata* ที่ 48 และ 72 ชั่วโมง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ง. เอกสารข้อมูลความปลอดภัยสารเคมี (Material Safety Data Sheet ; MSDS)

TCFF บริษัท อุตสาหกรรมเครื่องหอมไทย - จีน จำกัด
THAI - CHINA FLAVOURS AND FRAGRANCES INDUSTRY CO., LTD.

CERTIFICATE OF ANALYSIS

Date		: 26/01/2016
Product	name	: Eugenol
Product	code	: 4011
Reference	no.	: 0578/2015
Batch	no.	: 5901994/2701
Quantity		: 0.1 Kg.

Item	Specification	Results
Colour and appearance	: Colourless or very pale straw coloured oily liquid	: Accept
Odour	: Powerful, Warm-spicy,Rather dry and almost sharp odour	: Accept
Refractive index (20°C)	: 1.5380 ~ 1.5420	: 1.5408
Mfd. Date		: 26/01/2016
Exp. Date		: 25/01/2017

For and on behalf of
Thai-China Flavours and Fragrances Industry Co.,Ltd.

Authorized signature
4011/010212

สำนักงาน
Office :
510/3-4 ถนนงามวงศ์วาน 25 ถนนงามวงศ์วาน ตำบลบ้านใหม่ อำเภอปากเกร็ด นนทบุรี 11000
510/3-4 Ngamwongwan 25, Ngamwongwan Rd., Muang, Nonthaburi 11000 Thailand.
Tel: + 66 2952-5380-4, +66 2591-6050 (Auto 3 line)
Fax:+66 2952 - 5385

โรงงาน
Factory:
99 หมู่ 2 ถ.เทศบริรักษ์ ต.เกาะเกร็ด อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี 11120
99 Moo 2 , Soi Bua Luang , Phra Nakhon Si Ayutthaya 13230 Thailand.
Tel: +66 3537 - 9501 - 3, +66 3537 - 9211 - 3
Fax:+66 3537 - 9504 - 5

บริษัท อุตสาหกรรมเครื่องหอมไทย - จีน จำกัด
THAI - CHINA FLAVOURS AND FRAGRANCES INDUSTRY CO., LTD.

SPECIFICATION

Product name	: Eugenol
Product code	: 4011
Country of Origin	: Indonesia
INCI Name	: Eugenol
CAS No.	: 97-53-0
Application	: Raw material for the production of foods, beverages, cosmetics and household products.
Colour and appearance	: Colourless or very pale straw – coloured oily liquid
Odour	: Powerful, Warm-spicy, rather dry and almost sharp odour
Specific gravity (20/20°C)	: N/A
Refractive index (20°C)	: 1.5380-1.5420
Storage	: Keep in cool, preferably at about 20- 25°C dry place and protect from light. Keep containers tightly sealed
Shelf life	: 12 Months quality should be checked visually & olfactory before each use and fully checked after the shelf life period

Approved by

Authorized signature

4011/EFF260615

สำนักงาน
Office :
510/3-4 ซอยงามวงศ์วาน 25 ถนนงามวงศ์วาน ตำบลอ้อ จังหวัดนนทบุรี 11000
510/3-4 Ngamwongwan 25, Ngamwongwan Rd., Muang, Nonthaburi 11000 Thailand.
Tel: + 66 2952-5380-4, +66 2591-6050 (Auto 3 line)
Fax:+66 2952 - 5385

โรงงาน
Factory:
99 หมู่ 2 ต.ลาดบัวหลวง อ.ลาดบัวหลวง พระนครศรีอยุธยา 13230
99 Moo 2., Lat Bua Luang., Phra Nakhon Si Ayutthaya 13230 Thailand.
Tel:+66 3537 - 9501 - 3, +66 3537 - 9211 - 3
Fax:+66 3537 - 9504 - 5

MATERIAL SAFETY DATA SHEET

1. IDENTIFICATION OF PREPARATION AND THE COMPANY UNDERTAKING

Trade name : Eugenol
Address : THAI-CHINA FLAVOURS AND FRAGRANCES INDUSTRY CO.,LTD
99 Moo 2, Latbualuang, Phra Nakhon Sri Ayuttaya 13230
Phone : 66-(0)35-379211-(3), 66-(0)35-379501-(2)
Fax : 66-(0)35-379505

2. COMPOSITION INFORMATION

Chemical Name : -

3. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

Colour and appearance	: Colourless or very pale straw – coloured oily liquid
Odour and taste	: Powerful, Warm-spicy, rather dry and almost sharp odour
Specific gravity (20/20°c)	: N/A
Refractive index (20°c)	: 1.5380-1.5420
Flash point	: N/A

4. HARZARDS IDENTIFICATION

Health effects-Eyes : This product may cause serious eyes irritation and damage.

Health effects-Skin : This product may cause skin dermatitis and repeated contact may cause allergic dermatological reaction.

Health effects-Ingestion : Swallowing of this product may cause systemic effect and gastro-intestinal irritation.

Health effects-Inhalation : This product may cause respiratory tract irritation and systemic effect related to amount of inhalation.

5. FIRST AID MEASURES

Eye contact : Irrigate with clean water severally at least 15 minutes holding the eyelids open then obtain medical advice.

Skin contact : Remove contaminated clothes immediately. Wash the skin with large quantities of water or water and soap.

Ingestion : Rinse mouth with water. Ingest at least one pint of milk or water and obtain medical advice immediately. Do not induce vomiting.

Inhalation : Move from exposure and keep the patient warm and at rest. Refer the patient to doctor if evidence of serious effect persists.

6. FIRE FIGHTING MEASURES

Unusual fire and explosion hazards : Do not use direct water jet. However water still can use to cool the containers which exposed to fire. Do not breathe in the smoke.

7. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

Personal safety precautions : Avoid inhaling the vapors and follow the safety measures under headings 7 and 8.

Environmental safety precaution : Contain spilled material using inert, non-combustible absorbent material, sweep up and remove to approved disposal container.
Avoid possible contamination to environment.

Cleaning method : Clean preferably with detergent. Do not use any solvent.

8. HANDLING AND STORAGE

Handling : Maintain adequate air circulation in working area. The vapours can spread and form explosive mixture with air. Smoking in handling area is prohibited. Avoid vapour concentration higher than the occupational exposure limits.

Storage : Keep in cool preferably at about 20-25°c, dry place and protected from light. Keep containers tightly sealed. Keep away from all ignition sources.
In original container, 12 months quality should be checked visually and olfactory before each use and fully checked after the shelf life period.

Address : THAI-CHINA FLAVOURS AND FRAGRANCES INDUSTRY CO., LTD
99 Moo 2, Latbualuang, Phra Nakhon Sri Ayuttaya 13230
Phone : 66-(0)35-379211-(3), 66-(0)35-379501-(2)
Fax : 66-(0)35-379505

9. EXPOSURE CONTROL/PERSONAL SAFETY

Respiratory protection : In well ventilation areas, respiration protection is not normally required. In confined, poorly ventilated areas wearing suitable mask is required.

Hand protection : Using of chemical resistant gloves is recommended.

Eye protection : In general, using safety goggles is recommended.

Skin protection : Protective creams may be used for exposed skin.

Ventilation : Provide adequate ventilation.

10. STABILITY AND REACTIVITY

Not stable to excess heat and may release dangerous decomposition product when exposed to high temperature.

11. TOXICOLOGICAL INFORMATION

This product may cause eyes and skin irritation or damage.

12. ECOLOGICAL INFORMATION

Prevent contamination of soil, ground and surface water.

13. DISPOSAL CONSIDERATION

Do not pour this product or its waste into environment.

14. TRANSPORT INFORMATION

Transportation of this product is in compliance with local regulations.

15. REGULATORY INFORMATION

Product classification : Non-hazardous

16. OTHER INFORMATION

The information represent in the data sheet is based on our current level of knowledge. THAI-CHINA FLAVOURS AND FRAGRANCES INDUSTRY CO., LTD cannot guarantee its accuracy, reliability and completeness. Any loss or damage arising of the use of this data is user's responsibility to evaluate this information.

Address : THAI-CHINA FLAVOURS AND FRAGRANCES INDUSTRY CO., LTD
99 Moo 2, Latbualuang, Phra Nakhon Sri Ayuttaya 13230
Phone : 66-(0)35-379211-(3), 66-(0)35-379501-(2)
Fax : 66-(0)35-379505

บริษัท อุตสาหกรรมเครื่องหอมไทย - จีน จำกัด
THAI - CHINA FLAVOURS AND FRAGRANCES INDUSTRY CO., LTD.

CERTIFICATE OF ANALYSIS

Date		: 18/12/2015
Product	name	: Clove Oil
Product	code	: 3555-20006
Reference	no.	: 0651/2015
Batch	no.	: 5812909-1/2112
Quantity		: 0.1 Kg.

Item	Specification	Results
Colour and appearance	: Colourless to yellow-brown liquid,long time colour change deeper	: Accept
Odour	: Spicy sweet, green sweet green –rich clove floral odour	: Accept
Specific gravity (20/20°C)	: 1.0400 ~ 1.0600	: 1.0531
Refractive index (20°C)	: 1.5352 ~ 1.5452	: 1.5398
Eugenol		: 96.37%
Mfd. Date		: 18/12/2015
Exp. Date		: 17/12/2016

For and on behalf of
Thai-China Flavours and Fragrances Industry Co.,Ltd.

Authorized signature
20006/280212

สำนักงาน
Office :
510/3-4 ถนนงามวงศ์วาน 25 ถนนงามวงศ์วาน ตำบลบางเขน อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี 11000
510/3-4 Ngamwongwan 25, Ngamwongwan Rd., Muang, Nonthaburi 11000 Thailand.
Tel : + 66 2952-5380-4, +66 2591-6050 (Auto 3 line)
Fax +66 2952 - 5385

โรงงาน
Factory:
99 หมู่ 2 ถนนบ้านหลวง ตำบลบ้านหลวง พระนครศรีอยุธยา 13230
99 Moo 2 , Lat Bua Luang , Phra Nakhon Si Ayutthaya 13230 Thailand.
Tel:+66 3537 - 9501 - 3, +66 3537 - 9211 - 3
Fax:+66 3537 - 9504 - 5

บริษัท อุตสาหกรรมเครื่องหอมไทย - จีน จำกัด
THAI - CHINA FLAVOURS AND FRAGRANCES INDUSTRY CO., LTD.

SPECIFICATION

Product name	: Clove Oil
Product code	: 3555-20006
Country of Origin	: China
Product type	: Essential Oil 100%
INCI Name	: Eugenia caryophyllus (Clove) Bud Oil
CAS No.	: 84961-50-2
Production	: This essential oil is obtained by water distillation of dried flower bud of *Eugenia caryophyllus* (Family of myrtaceae)
Application	: Raw material for the production of foods, beverages, cosmetics and household products.
Colour and appearance	: Colourless to yellow-brown liquid, long time colour change deeper
Odour	: Spicy-sweet, green sweet green-rich clove floral odour.
Specific gravity (20/20°C)	: 1.0400-1.0600
Refractive index (20°C)	: 1.5352-1.5452
Principal constituents	: Eugenol ≥ 75%
Storage	: Keep in cool, preferably at about 20- 25°C dry place and protect from light. Keep containers tightly sealed
Shelf life	: 12 Months quality should be checked visually & olfactory before each use and fully checked after the shelf life period

Approved by

Authorized signature

2006/EFF02/11

สำนักงาน
Office :
510/3-4 ซอยงามวงศ์วาน 25 ถนนงามวงศ์วาน ตำบลอ้อมเกร็ด อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี 11000
510/3-4 Ngamwongwan 25, Ngamwongwan Rd. Muang, Nonthaburi 11000 Thailand.
Tel: + 66 2952-5380-4, +66 2591-6050 (Auto 3 line)
Fax: +66 2952 - 5385

โรงงาน
Factory:
99 หมู่ 2 ตำบลบ้านแลง อำเภอบ้านแพรก พระนครศรีอยุธยา 13230
99 Moo 2, Lat Bua Luang, Phra Nakhon Si Ayutthaya 13290 Thailand.
Tel:+66 3537 - 9901 - 3, +66 3537 - 9211 - 3
Fax:+66 3537 - 9504 - 5

MATERIAL SAFETY DATA SHEET

1. IDENTIFICATION OF PREPARATION AND THE COMPANY UNDERTAKING

Trade name : Clove Oil
Address : THAI-CHINA FLAVOURS AND FRAGRANCES INDUSTRY CO.,LTD
99 Moo 2, Latbualuang, Phra Nakhon Sri Ayuttaya 13230
Phone : 66-(0)35-379211-(3), 66-(0)35-379501-(2)
Fax : 66-(0)35-379505

2. COMPOSITION INFORMATION

Botanical name : *Eugenia caryophyllata*

3. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

Colour and appearance	: Colourless to yellow-brown liquid, long time colour change deeper
Odour and taste	: Spicy-sweet,green sweet green-rich clove floral odour.
Specific gravity (20/20°c)	: 1.0400-1.0600
Refractive index (20°c)	: 1.5352-1.5452
Flash point	: 78 °C

4. HAZARDS IDENTIFICATION

Health effects-Eyes : This product may cause serious eyes irritation and damage.

Health effects-Skin : This product may cause skin dermatitis and repeated contact may cause allergic dermatological reaction.

Health effects-Ingestion : Swallowing of this product may cause systemic effect and gastro-intestinal irritation.

Health effects-Inhalation : This product may cause respiratory tract irritation and systemic effect related to amount of inhalation.

5. FIRST AID MEASURES

Eye contact : Irrigate with clean water severally at least 15 minutes holding the eyelids open then obtain medical advice.

Skin contact : Remove contaminated clothes immediately. Wash the skin with large quantities of water or water and soap.

Ingestion : Rinse mouth with water. Ingest at least one pint of milk or water and obtain medical advice immediately. Do not induce vomiting.

Inhalation : Move from exposure and keep the patient warm and at rest. Refer the patient to doctor if evidence of serious effect persists.

6. FIRE FIGHTING MEASURES

Unusual fire and explosion hazards : Do not use direct water jet. However water still can use to cool the containers which exposed to fire. Do not breathe in the smoke.

7. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

Personal safety precautions : Avoid inhaling the vapors and follow the safety measures under headings 7 and 8.

Environmental safety precaution : Contain spilled material using inert, non-combustible absorbent material, sweep up and remove to approved disposal container.
Avoid possible contamination to environment.

Cleaning method : Clean preferably with detergent. Do not use any solvent.

8. HANDLING AND STORAGE

Handling : Maintain adequate air circulation in working area. The vapours can spread and form explosive mixture with air. Smoking in handling area is prohibited. Avoid vapour concentration higher than the occupational exposure limits.

Storage : Keep in cool preferably at about 20-25°c, dry place and protected from light. Keep containers tightly sealed. Keep away from all ignition sources.
In original container, 12 months quality should be checked visually and olfactory before each use and fully checked after the shelf life period.

Address : THAI-CHINA FLAVOURS AND FRAGRANCES INDUSTRY CO., LTD
99 Moo 2, Latbualuang, Phra Nakhon Sri Ayuttaya 13230
Phone : 66-(0)35-379211-(3), 66-(0)35-379501-(2)
Fax : 66-(0)35-379505

9. EXPOSURE CONTROL/PERSONAL SAFETY

Respiratory protection : In well ventilation areas, respiration protection is not normally required. In confined, poorly ventilated areas wearing suitable mask is required.

Hand protection : Using of chemical resistant gloves is recommended.

Eye protection : In general, using safety goggles is recommended.

Skin protection : Protective creams may be used for exposed skin.

Ventilation : Provide adequate ventilation.

10. STABILITY AND REACTIVITY

Not stable to excess heat and may release dangerous decomposition product when exposed to high temperature.

11. TOXICOLOGICAL INFORMATION

This product may cause eyes and skin irritation or damage.

12. ECOLOGICAL INFORMATION

Prevent contamination of soil, ground and surface water.

13. DISPOSAL CONSIDERATION

Do not pour this product or its waste into environment.

14. TRANSPORT INFORMATION

Transportation of this product is in compliance with local regulations.

15. REGULATORY INFORMATION

Product classification : Irritating to eyes, respiratory tract and skin.

16. OTHER INFORMATION

The information represent in the data sheet is based on our current level of knowledge. THAI-CHINA FLAVOURS AND FRAGRANCES INDUSTRY CO., LTD cannot guarantee its accuracy, reliability and completeness. Any loss or damage arising of the use of this data is user's responsibility to evaluate this information.

Address : THAI-CHINA FLAVOURS AND FRAGRANCES INDUSTRY CO., LTD
99 Moo 2, Latbualuang, Phra Nakhon Sri Ayuttaya 13230
Phone : 66-(0)35-379211-(3), 66-(0)35-379501-(2)
Fax : 66-(0)35-379505

TCFF
บริษัท อุตสาหกรรมเครื่องหอมไทย - จีน จำกัด
THAI - CHINA FLAVOURS AND FRAGRANCES INDUSTRY CO., LTD.

SPECIFICATION

Product name	: Citronella Oil
Product code	: 3555-40012
Country of Origin	: China
Product type	: Essential Oil 100%
INCI Name	: Cymbopogon Winterianus Herb Oil
CAS No.	: 91771-61-8
Production	: This natural essential oil is obtained by steam distillation of the grass of *Cymbopogon winterianus* (Java Type) (Family of Gramineae)
Application	: Raw material for the production of foods, beverages, cosmetics and household products.
Colour and appearance	: Pale yellow to yellow and clear liquid
Odour	: Sweet and green-grass odour
Specific gravity (20/20°C)	: 0.8780-0.9140
Refractive index (20°C)	: 1.4660-1.4800
Ingredient	: Citronellal 22-43% Citronellol 9-20% Geraniol 15-25%
Storage	: Keep in cool, preferably at about 20- 25°C dry place and protect from light. Keep containers tightly sealed
Shelf life	: 12 Months quality should be checked visually & olfactory before each use and fully checked after the shelf life period

Approved by

Authorized signature

2603/40012/EFF200214

สำนักงาน
Office :
510/3-4 ซอยงามวงศ์วาน 25 ถนนงามวงศ์วาน ตำบลบางเขน อำเภอเมืองนนทบุรี 11000
510/3-4 Ngamwongwan 25, Ngamwongwan Rd. Muang, Nonthaburi 11000 Thailand.
Tel: + 66 2952-5380-4, +66 2591-6050 (Auto 3 line)
Fax:+66 2952 - 5385

โรงงาน
Factory:
99 หมู่ 2 ต.ลาดบัวหลวง อ.ลาดบัวหลวง พระนครศรีอยุธยา 13230
99 Moo 2, Lat Bua Luang, Phra Nakhon Si Ayutthaya 13230 Thailand
Tel:+66 3537 - 9501 - 3, +66 3537 - 9211 - 3
Fax:+66 3537 - 9504 - 5

TCFF บริษัท อุตสาหกรรมเครื่องหอมไทย - จีน จำกัด
THAI - CHINA FLAVOURS AND FRAGRANCES INDUSTRY CO., LTD.

CERTIFICATE OF ANALYSIS

Date : 18/12/2015
Product name : Citronella Oil
Product code : 3555-40012
Reference no. : 0139/2015
Batch no. : 5812909-2/2112
Quantity : 0.1 Kg.

Item	Specification	Results
Colour and appearance	: Pale yellow to yellow and clear liquid	: Accept
Odour	: Sweet and green-grass odour	: Accept
Specific gravity (20/20°C)	: 0.8780-0.9140	: 0.8900
Refractive index (20°C)	: 1.4660-1.4800	: 1.4688
Solubility	: Soluble in 2 parts of 80% ethyl alcohol	: 2 parts
Ingredient	: Citronellal 25% , Citronellol 20%, Geraniol 25%	
Mfd. Date		: 18/12/2015
Exp. Date		: 17/12/2016

For and on behalf of
Thai-China Flavours and Fragrances Industry Co.,Ltd.

Authorized Signature
40012*20039/290212

สำนักงาน
Office :
510/3-4 ซอยงามวงศ์วาน 25 ถนนงามวงศ์วาน อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี 11000
510/3-4 Ngamwongwan 25, Ngamwongwan Rd., Muang, Nonthaburi 11000 Thailand.
Tel: + 66 2952-5380-4, +66 2591-6050 (Auto 3 line)
Fax: +66 2952 - 5385

โรงงาน
Factory:
99 หมู่ 2 ต.เกาะเกิด อ.เกาะเกิด พระนครศรีอยุธยา 13230
99 Moo 2, Lat Bua Luang, Phra Nakhon Si Ayutthaya 13230 Thailand.
Tel:+66 3537 - 9501 - 3, +66 3537 - 9211 - 3
Fax:+66 3537 - 9604 - 5

EFF020211

MATERIAL SAFETY DATA SHEET

1. IDENTIFICATION OF PREPARATION AND THE COMPANY UNDERTAKING

Trade name : Citronella Oil
Address : THAI-CHINA FLAVOURS AND FRAGRANCES INDUSTRY CO.,LTD
99 Moo 2, Latbualuang, Phra Nakhon Sri Ayuttaya 13230
Phone : 66-(0)35-379211-(3), 66-(0)35-379501-(2)
Fax : 66-(0)35-379505

2. COMPOSITION INFORMATION

Botanical name : *Cymbopogon winterianus*
Product type : Essential Oil 100%
LD 50 : 1,000 mg/kg (rat)

3. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

Colour and appearance	: Pale yellow to yellow and clear liquid
Odour and taste	: Sweet and green – grass odour
Specific gravity (20/20°c)	: 0.8780-0.9140
Refractive index (20°c)	: 1.4660-1.4800
Solubility	: Soluble in 2 part of 80% ethyl alcohol
Flash point	: 70°C

4. HAZARDS IDENTIFICATION

Health effects-Eyes : This product may cause serious eyes irritation and damage.

Health effects-Skin : This product may cause skin dermatitis and repeated contact may cause allergic dermatological reaction.

Health effects-Ingestion : Swallowing of this product may cause systemic effect and gastro-intestinal irritation.

Health effects-Inhalation : This product may cause respiratory tract irritation and systemic effect related to amount of inhalation.

5. FIRST AID MEASURES

Eye contact : Irrigate with clean water severally at least 15 minutes holding the eyelids open then obtain medical advice.

Skin contact : Remove contaminated clothes immediately. Wash the skin with large quantities of water or water and soap.

Ingestion : Rinse mouth with water. Ingest at least one pint of milk or water and obtain medical advice immediately. Do not induce vomiting.

Inhalation : Move from exposure and keep the patient warm and at rest. Refer the patient to doctor if evidence of serious effect persists.

6. FIRE FIGHTING MEASURES

Unusual fire and explosion hazards : Do not use direct water jet. However water still can use to cool the containers which exposed to fire. Do not breathe in the smoke.

7. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

Personal safety precautions : Avoid inhaling the vapors and follow the safety measures under headings 7 and 8.

Environmental safety precaution : Contain spilled material using inert, non-combustible absorbent material, sweep up and remove to approved disposal container.
Avoid possible contamination to environment.

Cleaning method : Clean preferably with detergent. Do not use any solvent.

8. HANDLING AND STORAGE

Handling : Maintain adequate air circulation in working area. The vapours can spread and form explosive mixture with air. Smoking in handling area is prohibited. Avoid vapour concentration higher than the occupational exposure limits.

Storage : Keep in cool preferably at about 20-25°c, dry place and protected from light. Keep containers tightly sealed. Keep away from all ignition sources.
In original container, 12 months quality should be checked visually and olfactory before each use and fully checked after the shelf life period.

Address : THAI-CHINA FLAVOURS AND FRAGRANCES INDUSTRY CO., LTD
99 Moo 2, Latbualuang, Phra Nakhon Sri Ayuttaya 13230
Phone : 66-(0)35-379211-(3), 66-(0)35-379501-(2)
Fax : 66-(0)35-379505

9. EXPOSURE CONTROL/PERSONAL SAFETY

Respiratory protection : In well ventilation areas, respiration protection is not normally required. In confined, poorly ventilated areas wearing suitable mask is required.

Hand protection : Using of chemical resistant gloves is recommended.

Eye protection : In general, using safety goggles is recommended.

Skin protection : Protective creams may be used for exposed skin.

Ventilation : Provide adequate ventilation.

10. STABILITY AND REACTIVITY

Not stable to excess heat and may release dangerous decomposition product when exposed to high temperature.

11. TOXICOLOGICAL INFORMATION

This product may cause eyes and skin irritation or damage.

12. ECOLOGICAL INFORMATION

Prevent contamination of soil, ground and surface water.

13. DISPOSAL CONSIDERATION

Do not pour this product or its waste into environment.

14. TRANSPORT INFORMATION

Transportation of this product is in compliance with local regulations.

15. REGULATORY INFORMATION

Product classification : Irritating to eyes, respiratory tract and skin.

16. OTHER INFORMATION

The information represent in the data sheet is based on our current level of knowledge. THAI-CHINA FLAVOURS AND FRAGRANCES INDUSTRY CO., LTD cannot guarantee its accuracy, reliability and completeness. Any loss or damage arising of the use of this data is user's responsibility to evaluate this information.

Address : THAI-CHINA FLAVOURS AND FRAGRANCES INDUSTRY CO., LTD
99 Moo 2, Latbualuang, Phra Nakhon Sri Ayuttaya 13230
Phone : 66-(0)35-379211-(3), 66-(0)35-379501-(2)
Fax : 66-(0)35-379505

บริษัท อุตสาหกรรมเครื่องหอมไทย - จีน จำกัด
THAI - CHINA FLAVOURS AND FRAGRANCES INDUSTRY CO., LTD.

CERTIFICATE OF ANALYSIS

Date		: 18/12/2015
Product	name	: Cinnamon Leaf Oil
Product	code	: 3555-20086
Reference	no.	: R150988/2015
Batch	no.	: 5812909/2112
Quantity		: 0.1 Kg.

Item	Specification	Results
Colour and appearance	: Brown to red-brown and clear liquid	: Accept
Odour	: Warm sweet-spicy burned-like odour	: Accept
Specific gravity (20/20°C)	: 1.0386-1.0586	: 1.0484
Refractive index (20°C)	: 1.5270 ~ 1.5450	: 1.5342
Mfd. Date		: 18/12/2015
Ext. Date		: 17/12/2016

For and on behalf of
Thai-China Flavours and Fragrances Industry Co.,Ltd.

Authorized Signature
20086/210212

สำนักงาน
Office :
510/3-4 ซอยงามวงศ์วาน 25 ถนนงามวงศ์วาน ตำบลบางเขน อำเภอเมืองนนทบุรี 11000
510/3-4 Ngamwongwan 25, Ngamwongwan Rd., Muang, Nonthaburi 11000 Thailand.
Tel.: + 66 2952-5360-4, +66 2581-6050 (Auto 3 line)
Fax.+66 2952 - 5365

โรงงาน
Factory:
99 หมู่ 2 ตำบลบ้านแพน อำเภอบางไทร พระนครศรีอยุธยา 13230
99 Moo 2 , Lat Bua Luang , Phra Nakhon Si Ayutthaya 13230 Thailand.
Tel.+66 3537 - 9901 - 3, +66 3537 - 9211 - 3
Fax.+66 3537 - 9504 - 5

TCFF บริษัท อุตสาหกรรมเครื่องหอมไทย - จีน จำกัด
THAI - CHINA FLAVOURS AND FRAGRANCES INDUSTRY CO., LTD.

SPECIFICATION

Product name	: Cinnamon Leaf Oil
Product code	: 3555-20086
Product type	: Essential Oil 100%
INCI Name	: Cinnamomum Zeylanicum Leaf Oil
CAS No.	: 84649-98-9
Production	: Essential oil by water or steam distillation from the leaves and twigs.
Application	: Raw material for the production of foods, beverages, cosmetics and household products.
Colour and appearance	: Brown to red-brown and clear liquid
Odour	: Warm sweet-spicy burned-like odour
Specific gravity (20/20°C)	: 1.0386-1.0586
Refractive index (20°C)	: 1.5270-1.5450
Principal constituents	: Eugenol 80-90%, Benzyl benzoate 2-10%, Cinnamic Aldehyde 2-5%, Linalool 1-2%
Storage	: Keep in cool, preferably at about 20- 25°C dry place and protect from light. Keep containers tightly sealed
Shelf life	: 12 Months quality should be checked visually & olfactory before each use and fully checked after the shelf life period

Approved by

Authorized signature

20086/EFF250613

สำนักงาน
Office :
510/3-4 ซอยงามวงศ์วาน 25 ถนนงามวงศ์วาน อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี 11000
510/3-4 Ngamwongwan 25, Ngamwongwan Rd. Muang, Nonthaburi 11000 Thailand
Tel: + 66 2952-5380-4, +66 2591-6050 (Auto 3 line)
Fax:+66 2952 - 5385

โรงงาน
Factory:
99 หมู่ 2 ต.ลาดบัวหลวง อ.ลาดบัวหลวง พระนครศรีอยุธยา 13230
99 Moo 2, Lat Bua Luang, Phra Nakhon Si Ayutthaya 13230 Thailand
Tel:+66 3537 - 9501 - 3, +66 3537 - 9211 - 3
Fax:+66 3537 - 9504 - 5

MATERIAL SAFETY DATA SHEET

1. IDENTIFICATION OF PREPARATION AND THE COMPANY UNDERTAKING

Trade name : Cinnamon Leaf Oil
Address : THAI-CHINA FLAVOURS AND FRAGRANCES INDUSTRY CO.,LTD
99 Moo 2, Latbualuang, Phra Nakhon Sri Ayuttaya 13230
Phone : 66-(0)35-379211-(3), 66-(0)35-379501-(2)
Fax : 66-(0)35-379505

2. COMPOSITION INFORMATION

Botanical name : *Cinnamomum Zeylanicum*

3. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

Colour and appearance	: Brown to red-brown and clear liquid
Odour and taste	: Warm sweet-spicy burned-like odour
Specific gravity (20/20°c)	: 1.0386-1.0586
Refractive index (20°c)	: 1.5270-1.5450
Flash point	: 85°C

4. HARZARDS IDENTIFICATION

Health effects-Eyes : This product may cause serious eyes irritation and damage.

Health effects-Skin : This product may cause skin dermatitis and repeated contact may cause allergic dermatological reaction.

Health effects-Ingestion : Swallowing of this product may cause systemic effect and gastro-intestinal irritation.

Health effects-Inhalation : This product may cause respiratory tract irritation and systemic effect related to amount of inhalation.

Address : THAI-CHINA FLAVOURS AND FRAGRANCES INDUSTRY CO., LTD
99 Moo 2, Latbualuang, Phra Nakhon Sri Ayuttaya 13230
Phone : 66-(0)35-379211-(3), 66-(0)35-379501-(2)
Fax : 66-(0)35-379505

5. FIRST AID MEASURES

Eye contact : Irrigate with clean water severally at least 15 minutes holding the eyelids open then obtain medical advice.

Skin contact : Remove contaminated clothes immediately. Wash the skin with large quantities of water or water and soap.

Ingestion : Rinse mouth with water. Ingest at least one pint of milk or water and obtain medical advice immediately. Do not induce vomiting.

Inhalation : Move from exposure and keep the patient warm and at rest. Refer the patient to doctor if evidence of serious effect persists.

6. FIRE FIGHTING MEASURES

Unusual fire and explosion hazards : Do not use direct water jet. However water still can use to cool the containers which exposed to fire. Do not breathe in the smoke.

7. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

Personal safety precautions : Avoid inhaling the vapors and follow the safety measures under headings 7 and 8.

Environmental safety precaution : Contain spilled material using inert, non-combustible absorbent material, sweep up and remove to approved disposal container.
Avoid possible contamination to environment.

Cleaning method : Clean preferably with detergent. Do not use any solvent.

8. HANDLING AND STORAGE

Handling : Maintain adequate air circulation in working area. The vapours can spread and form explosive mixture with air. Smoking in handling area is prohibited. Avoid vapour concentration higher than the occupational exposure limits.

Storage : Keep in cool preferably at about 20-25°c, dry place and protected from light. Keep containers tightly sealed. Keep away from all ignition sources.
In original container, 12 months quality should be checked visually and olfactory before each use and fully checked after the shelf life period.

Address : THAI-CHINA FLAVOURS AND FRAGRANCES INDUSTRY CO., LTD
99 Moo 2, Latbualuang, Phra Nakhon Sri Ayuttaya 13230
Phone : 66-(0)35-379211-(3), 66-(0)35-379501-(2)
Fax : 66-(0)35-379505

9. EXPOSURE CONTROL/PERSONAL SAFETY

Respiratory protection : In well ventilation areas, respiration protection is not normally required. In confined, poorly ventilated areas wearing suitable mask is required.

Hand protection : Using of chemical resistant gloves is recommended.

Eye protection : In general, using safety goggles is recommended.

Skin protection : Protective creams may be used for exposed skin.

Ventilation : Provide adequate ventilation.

10. STABILITY AND REACTIVITY

Not stable to excess heat and may release dangerous decomposition product when exposed to high temperature.

11. TOXICOLOGICAL INFORMATION

This product may cause eyes and skin irritation or damage.

12. ECOLOGICAL INFORMATION

Prevent contamination of soil, ground and surface water.

13. DISPOSAL CONSIDERATION

Do not pour this product or its waste into environment.

14. TRANSPORT INFORMATION

Transportation of this product is in compliance with local regulations.

15. REGULATORY INFORMATION

Product classification : Irritating to eyes, respiratory tract and skin.

16. OTHER INFORMATION

The information represent in the data sheet is based on our current level of knowledge. THAI-CHINA FLAVOURS AND FRAGRANCES INDUSTRY CO., LTD cannot guarantee its accuracy, reliability and completeness. Any loss or damage arising of the use of this data is user's responsibility to evaluate this information.

Address : THAI-CHINA FLAVOURS AND FRAGRANCES INDUSTRY CO., LTD
99 Moo 2, Latbualuang, Phra Nakhon Sri Ayuttaya 13230
Phone : 66-(0)35-379211-(3), 66-(0)35-379501-(2)
Fax : 66-(0)35-379505

Aquatic toxicity: No data on fish toxicity. Virkon diluted to a level of 1:50000 has been shown to have no effect on the Biochemical Oxygen Demand, (B.O.D.) 5-day test.

---

(13) **DISPOSAL CONSIDERATIONS**

Disposal of product: Dispose of as Special Waste in compliance with The Special Waste Regulations 1996.

Disposal of packaging: Dispose of in compliance with the Environmental Protection (Duty of Care) Regulations 1990.

---

(14) **TRANSPORT INFORMATION**

U.N. Number: None assigned

U.K. Road (CDG-CPL): Not classified

Sea (IMDG): Not classified

Road/Rail (RID/ADR): Not classified

Class Number: None assigned

Packaging Group: None assigned

Correct Shipping Name: Not applicable

Marine Pollutant: No

---

(15) **REGULATORY INFORMATION**

Legislation: The product is labelled in accordance with the Chemicals (Hazard Information and Packaging for Supply (Amendment)Regulations) 1996 (CHIP96). The product must be handled in accordance with the COSHH (Control of Substances Hazardous to Health) Regulations 1994.

Symbol: Irritant (X_i)

R-Phrases: R38 Irritating to skin.
R41 Risk of serious damage to eyes.

(10) **STABILITY AND REACTIVITY**

Stability: Stable under normal conditions.

Conditions to avoid: Moisture ingress to the stored powder.

Materials to avoid: Strong alkalis
Salt (Sodium chloride) KCl, KBr, KI.
Virkon may react with these substances in solution to release halogen gases (Cl_2, Br_2 or I_2)
Combustible materials.

Hazardous decomposition products: Oxygen, Sulphur dioxide. Chlorine under certain extreme conditions if powder becomes moist.

(11) **TOXICOLOGICAL INFORMATION**

TEST DATA

Acute oral toxicity: 4123 mg/kg

Acute dermal toxicity: greater than 2000mg/kg

Skin Irritation: Moderately irritating primary irritation index = 2.8

Virkon 1% solution: Non-irritating primary irritation index = 0

Eye irritation: May cause eye damage.

Virkon 1% solution: Non-irritating.

Skin Sensitisation: Not sensitising as Virkon 1% solution.

Human experience: The powder product is a strong eye irritant, irritant to skin and by inhalation of dust.

(12) **ECOLOGICAL INFORMATION**

Persistence and degradability: Expected to be biodegradable. The product contains 75% inorganic salts, with the remaining organic components Malic acid and Sodium alkyl benzene sulphonate both conforming to EEC Biodegradability requirements.

Storage: Keep containers tightly sealed and avoid coming into contact with moisture during storage. Keep away from combustible material.

Avoid contamination of product.

Virkon 1% solution: Store in clean loosely capped polythene bottles at normal temperatures away from direct sunlight. Do not allow to freeze. Discard solution either once the colour is lost, or after 7 days from date of preparation.

---

(8) **EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION**

Engineering measures: Appropriate Local Exhaust Ventilation (L.E.V.) is necessary for handling the product in situations where dust formation is a problem ie. product in bulk quantities. Not normally necessary for preparation of solutions from 50g, 500g, 1kg and 5kg packs.

Control Parameters: 5mg/m^3 (8 hr T.W.A.) for respirable dust (manufacturers recommendation).

Personal Protection

Respiratory: Dust mask for fine particles (eg. 3M Type 8710)

Hand: PVC or rubber gloves (eg. Marigold type G17K)

Eye: Goggles or faceshield to B.S.2092 standard.

Skin: Overalls

---

(9) **PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES**

Appearance/ Odour: Pink, free flowing powder with a faint lemon odour.

pH (1% solution, 20°C): 2.6

Boiling point/ Range: Decomposes on heating.

Flash Point: Not applicable.

Explosive properties: Not applicable.

Specific gravity: 1.07 approximately.

Solubility (water at 20°C): Approximately 65g/litre.

EYE CONTACT	May cause eye damage.	Rinse thoroughly with clean water or buffered eye wash for at least 15 minutes. Obtain medical attention.
INGESTION	May cause severe irritation to mouth, throat, digestive tract and stomach.	Do not induce vomiting. Drink plenty of water (or milk) if conscious. Obtain immediate medical attention.

(5) **FIRE-FIGHTING MEASURES**

Suitable Extinguisher: WATER, FOAM, DRY POWDER, CO_2

Special Precautions: Virkon itself is not flammable, but may assist combustion of other materials under exceptional circumstances.

Special Protective Equipment: Firefighting personnel are required to wear breathing apparatus in the event of a fire involving Virkon, since release of Sulphur dioxide gas may occur.

(6) **ACCIDENTAL RELEASE PROCEDURES**

Personal Precautions: Wear gloves, overalls, eye protection and dust mask as specified in section 8. Prevent build up of dust as far as possible and remove sources of ignition.

Environmental precautions: Do not allow the powder concentrate to enter drains. Small quantities (<1kg) however may be diluted to waste with large quantities of water. Do not allow entry to surface waters.

Methods for Cleaning up: Sweep up carefully, preferably with aid of a suitable dry anti-dusting agent if available. Place in suitable containers for disposal. Prevent powder from becoming moist whilst awaiting disposal, if possible.

Moist product awaiting disposal must be kept away from combustible material and stored in manner which allows suitable ventilation of the waste.

(7) **HANDLING AND STORING**

Precautions during handling: Handle with sufficient care to prevent dust build up.

The use of L.E.V. may be required when handling the product supplied in bulk quantities.

Ensure adequate ventilation.

Wear protective clothing. (see section 8)

ANTEC VIRKON

SAFETY DATA SHEET HSD/1H

(1) IDENTIFICATION OF THE SUBSTANCE/PREPARATION AND COMPANY

Name: Antec Virkon (Powder as supplied)

Supplier: Antec International Limited
Windham Road
Chilton Industrial Estate
Sudbury
Suffolk
CO10 2XD

Tel: 44-(0)1787-377305
Fax: 44-(0)1787-310846

---

(2) **COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS**

Composition: A blend of an inorganic peroxygen compound, inorganic salts, organic acid, anionic detergent.

Chemical	% Concentration	Classification	CAS	Exposure
Potassium Peroxomonosulphate	50	C;R34	70693-62-8	5mg/m^3 8 hour TWA (respirable dust-manufacturer's recommendation)
Sulphamic acid	5	X_i;R36/38	5329-14-6	
Sodium alkyl benzene sulphonate	15	X_n;R22 X_i;R36/38	25155-30-0	

---

(3) **HAZARDS IDENTIFICATION**

May cause eye damage.
Irritant to skin.
May cause irritation through dust release

---

(4) **FIRST AID MEASURES**

Exposure Route	Symptom	Treatment
INHALATION	Irritation to nose, throat, lungs respiratory tract.	Remove to fresh air. If symptoms of coughing, choking or wheezing prove troublesome, or recovery is not rapid, seek medical attention.
SKIN CONTACT	May cause irritation, especially under moist conditions	Drench skin with plenty of water. Remove contaminated clothing. If irritation persists after rinsing with water, consult a medical advisor.

S-Phrases:

S2:	Keep out of reach of children
S22:	Do not breathe the dust
S24/25:	Avoid contact with skin and eyes
S26:	In case of contact with eyes, rinse immediately with plenty of water, seek medical advice.

---

(16) **OTHER INFORMATION**

Uses: Disinfectant/Cleaning agent

Further product information: Consult Virkon technical leaflet for Human Health applications. For uses other than those labelled on the package, please consult manufacturer prior to proceeding.

The customer should satisfy themselves that the product is suitable for the intended purpose, and that a suitable and sufficient assessment of any risks created by any activity using this product is undertaken before use.

The above information is based upon our current state of knowledge of the product at the time of publication. The data is given in good faith and is designed only as a guidance to users of possible risks, and therefore does not constitute a guarantee of product quality or performance.

Revision number: H

Date: **04/01/2001**

Replaces: G dated August 1999

EMERGENCY TELEPHONE NUMBER (UK): 01787 377305

ภาคผนวก จ. ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อจุลชีพของไอระเหยจากน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิด

โดยค่าที่ติดลบจะไม่นำมาใช้ในการคำนวณ

C. parapsilosis

%Inhibit - Clove						
Control	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4 h	23.2	22.6	21.3	16.4	15.4	20.5
8 h	37.6	42.8	43.9	40.6	41.7	42.0
10 h	50.8	53.8	51.5	47.9	45.3	49.0
24 h	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
%Inhibit - Cinnamon						
Control	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4 h	0.0	7.1	5.4	-6.7	-2.9	-5.9
8 h	11.8	9.2	8.2	6.7	4.3	2.4
10 h	20.3	17.7	19.2	10.5	12.6	13.3
24 h	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
%Inhibit - Eugenol						
Control	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4 h	0.0	0.0	6.0	-4.1	-7.6	-1.2
8 h	23.5	24.1	27.2	14.0	16.0	15.4
10 h	49.8	46.1	35.4	43.4	41.6	45.7
24 h	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
%Inhibit - Citronella						
Control	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4 h	7.2	0.0	4.2	0.0	4.7	5.7
8 h	25.6	18.8	22.4	19.7	26.4	20.7
10 h	43.8	48.0	42.3	47.6	43.6	50.5
24 h	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

C. albicans

%Inhibit - Clove						
Control	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4 h	0.0	-3.9	-6.7	6.2	7.4	5.4
8 h	22.9	21.6	27.2	24.9	22.6	24.2
10 h	36.9	39.7	40.4	46.7	45.4	40.5
24 h	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
%Inhibit - Cinnamon						
Control	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4 h	4.3	5.2	2.3	8.9	5.0	8.3
8 h	22.4	19.2	17.7	24.1	21.6	26.3
10 h	37.2	34.5	37.7	36.2	39.8	38.2
24 h	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
%Inhibit - Eugenol						
Control	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4 h	3.1	4.3	-0.4	12.5	9.3	7.7
8 h	22.8	20.5	23.6	29.2	26.0	25.4
10 h	35.8	41.5	34.0	38.3	40.7	45.1
24 h	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
%Inhibit - Citronella						
Control	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4 h	5.4	7.0	8.4	5.6	23.8	20.6
8 h	34.4	25.8	29.2	31.8	29.0	28.0
10 h	59.0	61.2	59.0	63.2	60.8	64.2
24 h	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

T. asahii

%Inhibit - Clove						
Control	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4 h	5.3	5.8	3.7	13.2	13.8	15.3
8 h	49.0	53.1	51.9	60.9	59.8	61.9
10 h	57.3	54.7	58.0	61.7	58.6	64.9
24 h	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
%Inhibit - Cinnamon						
Control	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4 h	-2.3	0.4	0.0	9.3	2.5	1.9
8 h	4.7	4.2	5.9	13.4	8.9	16.1
10 h	14.9	17.8	14.4	21.0	18.5	17.2
24 h	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
%Inhibit - Eugenol						
Control	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4 h	2.1	11.4	5.6	4.8	9.5	2.1
8 h	12.0	14.9	11.0	15.7	18.4	17.4
10 h	16.9	19.4	20.2	22.5	28.3	24.0
24 h	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
%Inhibit - Citronella						
Control	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4 h	5.3	2.4	2.8	3.5	2.2	5.7
8 h	25.4	23.6	28.2	23.8	26.8	23.4
10 h	46.5	43.5	46.1	52.1	49.7	58.8
24 h	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

B. cereus

%Inhibit - Clove						
Control	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4 h	1.5	3.2	-1.5	3.8	8.5	5.0
8 h	39.9	42.6	49.5	47.3	43.8	50.8
10 h	58.3	56.9	57.9	60.2	59.6	57.7
24 h	92.0	89.6	91.2	90.2	92.4	91.4
%Inhibit - Cinnamon						
Control	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4 h	1.9	3.8	7.9	7.2	-0.6	4.9
8 h	39.4	46.1	51.2	45.2	39.2	47.8
10 h	56.3	58.4	57.6	58.2	53.7	58.8
24 h	81.7	79.5	81.9	86.1	83.4	82.1
%Inhibit - Eugenol						
Control	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4 h	2.6	0.0	-0.5	3.4	9.8	2.8
8 h	23.4	20.9	22.8	26.5	22.0	20.7
10 h	47.9	55.3	49.1	58.0	59.4	55.9
24 h	80.0	86.6	88.1	90.3	87.9	87.2
%Inhibit - Citronella						
Control	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4 h	1.7	8.9	11.5	6.4	-0.7	5.9
8 h	27.1	24.1	23.4	17.9	20.7	18.9
10 h	56.3	53.9	51.2	46.0	54.4	47.1
24 h	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

S. aureus

%Inhibit -Clove						
Control	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4 h	8.93	2.54	5.84	0.55	3.42	4.52
8 h	21.06	21.72	23.26	19.07	18.19	21.06
10 h	37.16	41.35	40.24	34.73	36.71	37.60
24 h	72.44	69.79	75.30	65.60	66.48	67.59
%Inhibit - Cinnamon						
Control	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4 h	0.82	-1.97	3.83	6.40	3.18	0.82
8 h	21.65	23.36	30.23	30.45	33.24	32.16
10 h	56.21	57.92	55.56	57.92	58.78	60.50
24 h	64.58	60.50	63.08	67.16	62.65	69.09
%Inhibit - Eugenol						
Control	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4 h	1.32	2.16	2.16	3.00	2.58	-1.81
8 h	17.21	15.33	20.14	21.60	24.95	23.90
10 h	46.27	54.43	49.41	48.57	50.87	52.54
24 h	75.54	74.29	73.66	79.09	73.45	76.17
%Inhibit - Citronella						
Control	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4 h	2.89	5.51	0.27	7.92	2.08	-0.34
8 h	26.46	25.25	31.09	29.08	26.66	26.26
10 h	56.48	50.03	49.03	57.49	58.29	56.68
24 h	79.05	80.86	85.49	82.67	81.26	78.44

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A. fumigatus

%Inhibit - Clove						
Control	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4 h	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8 h	14.7	21.9	18.6	24.9	16.5	13.6
10 h	32.8	37.9	35.4	38.5	34.3	32.7
24 h	50.8	64.3	54.1	51.5	54.4	56.3
%Inhibit - Cinnamon						
Control	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4 h	2.4	8.5	-0.9	2.1	-1.0	10.4
8 h	20.3	25.5	16.3	24.1	14.1	23.1
10 h	19.3	27.6	31.4	24.0	19.8	25.9
24 h	50.7	48.8	62.7	57.5	65.8	54.7
%Inhibit - Eugenol						
Control	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4 h	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8 h	18.4	17.6	16.1	20.2	18.5	17.9
10 h	21.5	18.4	20.8	23.7	17.9	20.2
24 h	36.9	45.2	42.6	47.9	38.2	40.3
%Inhibit - Citronella						
Control	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4 h	18.1	23.6	14.8	25.9	15.3	17.2
8 h	27.3	25.9	31.5	33.0	26.2	25.0
10 h	41.7	33.0	37.5	43.1	34.8	39.8
24 h	56.9	49.7	55.1	59.8	56.0	53.9

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

P. aeruginosa.

%Inhibit - Clove						
Control	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4 h	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8 h	15.0	5.0	10.0	10.0	5.0	10.0
10 h	15.0	20.0	20.0	15.0	15.0	20.0
24 h	30.0	25.0	30.0	30.0	25.0	30.0
%Inhibit - Cinnamon						
Control	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4 h	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8 h	0.0	10.0	5.0	5.0	5.0	10.0
10 h	15.0	10.0	15.0	15.0	10.0	10.0
24 h	25.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
%Inhibit - Eugenol						
Control	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4 h	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8 h	5.0	5.0	5.0	5.0	10.0	5.0
10 h	20.0	20.0	10.0	15.0	10.0	15.0
24 h	30.0	25.0	35.0	30.0	25.0	25.0
%Inhibit - Citronella						
Control	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4 h	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8 h	15.0	15.0	10.0	10.0	10.0	15.0
10 h	20.0	15.0	20.0	15.0	20.0	20.0
24 h	30.0	35.0	35.0	40.0	35.0	35.0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

C. lunata

%Inhibit - Clove						
Control	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4 h	10.94	-7.81	18.75	-1.56	17.19	7.81
8 h	21.88	10.94	26.56	18.75	9.38	31.25
10 h	26.56	23.44	45.31	32.81	20.31	37.50
24 h	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
%Inhibit - Cinnamon						
Control	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4 h	15.77	6.70	22.25	4.10	18.36	17.06
8 h	19.65	30.02	26.13	30.02	20.95	26.13
10 h	28.73	22.25	37.80	44.28	24.84	30.02
24 h	84.45	89.63	77.97	87.04	90.93	93.52
%Inhibit - Eugenol						
Control	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4 h	7.35	14.71	-2.94	20.59	4.41	13.24
8 h	20.59	30.88	38.24	36.76	25.00	41.18
10 h	32.35	39.71	52.94	44.12	47.06	45.59
24 h	95.59	100.00	97.06	98.53	94.12	100.00
%Inhibit - Citronella						
Control	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4 h	9.32	0.62	14.29	8.07	-3.11	13.04
8 h	35.40	26.71	25.47	34.16	19.25	29.19
10 h	32.92	40.37	37.89	47.83	29.19	44.10
24 h	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ฉ. รายละเอียดการวัดองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยด้วยเครื่อง GC-MS และ GC-FID

INSTRUMENT CONTROL PARAMETERS: 1GC-QQQ

Sample Inlet : GC

Injection Source : GC ALS

Injection Location: Front

Mass Spectrometer : Enabled

Setpoint	On
(Initial)	60 องศาเซลเซียส
Hold Time	2 นาที
Post Run	260 องศาเซลเซียส
Program	เริ่มที่ 60 องศาเซลเซียส เพิ่มอุณหภูมิไปที่ 110 °C ด้วย rate 5 องศาเซลเซียสต่อนาที รักษาอุณหภูมิไว้ 8 min เพิ่มอุณหภูมิไปที่ 220 องศาเซลเซียส ด้วย rate 15 องศาเซลเซียส ต่อนาที รักษาอุณหภูมิไว้ 2 นาที เพิ่มอุณหภูมิไปที่ 250 องศาเซลเซียส ด้วย rate 25 องศาเซลเซียสต่อนาที รักษาอุณหภูมิไว้ 12 นาที
Equilibration Time	0 นาที
Max Temperature	270 องศาเซลเซียส
Maximum Temperature Override	Enabled
Slow Fan	Disabled
Cryo	Off
He Quench Gas	On 1 ml/min

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

END OF INSTRUMENT CONTROL PARAMETERS

GC-FID

- ผลการวิเคราะห์น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม

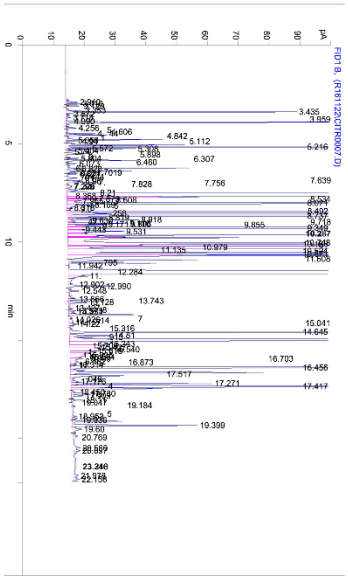
Data File C:\HPCHEM\1\DATA\R161122\CITR0007.D Sample Name: Citronella

```
Injection Date  : 11/22/2016 12:54:07 PM
Sample Name     : Std Citronella              Location : Vial 6
Acq. Operator   : RungCitro2                    Inj :  1
Acq. Instrument : Instrument 1               Inj Volume : 1 µl
Acq. Method     : C:\HPCHEM\1\METHODS\RUNGCIT.M
Last changed    : 11/22/2016 9:21:17 AM by Anny
                  (modified after  oading)
Analysis Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\RUNGCIT.M
Last changed    : 11/22/2016 2:13:23 PM by RungCitro2
                  (modified after loading)
```

```
Column Description :  HP INNOWax  Polyethylene Glycol
Product#           :  19091N-113        Batch#:  Agilent
Serial#            :  INNOWAX
Diameter           : 320.00 µm          Length :   30.0 m
Film thickness     :  0.25 µm       Void time :   0.300 min
Maximum Pressure   :    0 bar      Maximum pH :      0
Maximum Temperature:    0 °C
Comment            :

Column Description :  HP-INNOWax  Polyethylene Glycol
Product#           :  19091N-113        Batch#:  Agilent
Serial#            :  INNOWAX
Diameter           : 320.00 µm          Length :   30.0 m
Film thickness     :  0.25 µm       Void time :   2.527 min
Maximum Pressure   :    0 bar      Maximum pH :      0
Maximum Temperature:    0 °C
Comment            :
```

Instrument 1 11/22/2016 2:27:46 PM RungCitro2 Page 1 of 6

Data File C:\HPCHEM\1\DATA\R161122\CITR0007.D



Instrument 1 11/22/2016 2:27:46 PM RungCitro2

Sample Name:Citronella Page 2 of 6

Data File C:\HPCHEM\1\DATA\R161122\CITR0007.D Sample Name: Citronella

Area Percent Report with Performance and Noise

Multiplier : 1.0000
Dilution : 1.0000
Use Multiplier & Dilution Factor with TSTDs

Signal 1: FID1 B,
Results obtained with enhanced integrator!

Noise determination:

Time range from [min]	to [min]	Noise (6*SD) [pA]	Noise (PtoP) [pA]	Noise (ASTM) [pA]	Wander [pA]	Drift [pA/h]
3.000	3.100	5.4633	3.1627	-	-	-2546.917
22.000	22.100	0.7022	0.5360	-	-	-33.345

RetTime [min]	k'	Area [pA*s]	Height [pA]	Symm.	Width [min]	Plates	Resol ution	Signal /Noise
2.940	0.16	9.77407	3.81544	2.03	0.0281	60843	-	7.0e-1
3.010	0.19	8.44845	4.68897	0.99	0.0275	66370	1.48	6.7
3.129	0.24	8.37917	4.23710	0.89	0.0300	60276	2.44	7.8e-1
3.353	0.33	12.93762	5.60798	1.27	0.0317	62127	4.27	1.0
3.435	0.36	151.45694	74.92204	0.93	0.0311	67530	1.52	13.8
3.572	0.41	2.13596	1.08721	0.91	0.0289	84707	2.69	2.0e-1
3.718	0.47	3.55406	1.46488	0.69	0.0363	58268	2.62	2.7e-1
3.959	0.57	267.50604	159.18903	0.91	0.0250	138945	4.63	29.2
4.090	0.62	2.07046	1.03293	1.00	0.0303	101085	2.78	1.9e-1
4.256	0.68	7.74796	3.32663	1.32	0.0325	94984	3.10	6.1e-1
4.544	0.80	17.53257	9.49755	0.97	0.0281	145350	5.60	1.7
4.606	0.82	23.94821	13.23968	0.92	0.0272	158604	1.31	2.4
4.842	0.92	54.17199	31.13392	0.91	0.0264	186487	5.16	5.7
4.941	0.96	7.90587	4.34202	0.92	0.0275	178854	2.17	8.0e-1
5.056	1.00	3.79680	2.19075	1.21	0.0305	152216	2.32	4.0e-1
5.112	1.02	78.80885	38.42978	0.91	0.0310	150247	1.08	7.1
5.216	1.06	2350.52539	1316.67510	1.18	0.0275	199339	2.10	241.9
5.308	1.10	41.86194	22.45067	0.93	0.0279	200272	1.94	4.1
5.404	1.14	7.82230	3.04013	0.79	0.0303	176446	1.93	5.6e-1
5.572	1.20	16.57081	6.89524	1.08	0.0367	127916	2.95	1.3
5.740	1.27	2.24124	1.13668	0.92	0.0306	194592	2.93	2.1e-1
5.804	1.30	7.06332	3.90918	0.99	0.0279	239431	1.28	7.2e-1
5.898	1.33	41.76283	22.27662	0.85	0.0281	244801	1.97	4.1
6.073	1.40	7.39686	3.37996	0.93	0.0333	183915	3.37	6.2e-1
6.307	1.50	73.26934	39.82603	0.99	0.0275	291391	4.51	7.3
6.460	1.56	42.10315	21.13113	1.01	0.0286	282422	3.20	3.9

RetTime [min]	k'	Area [pA*s]	Height [pA]	Symm.	Width [min]	Plates	Resol ution	Signal /Noise
6.531	1.58	7.51349	3.78902	0.97	0.0303	256815	1.42	7.0e-1
6.611	1.62	8.08948	3.50572	0.77	0.0325	229216	1.49	6.4e-1
6.791	1.69	3.08387	1.48134	2.48	0.0308	268729	3.34	2.7e-1
6.828	1.70	7.37339	3.32433	0.97	0.0336	228657	0.69	6.1e-1
6.967	1.76	10.21781	5.33979	1.07	0.0308	282890	2.54	9.8e-1
7.019	1.78	21.39264	9.76208	0.82	0.0314	277015	0.97	1.8
7.225	1.86	6.00397	1.82020	1.80	0.0480	125519	3.05	3.3e-1
7.266	1.87	3.71404	1.68067	0.58	0.0367	217548	0.57	2.7e-1
7.444	1.95	12.76809	3.53346	0.65	0.0463	143505	2.52	6.5e-1
7.639	2.02	1.68473e4	5018.88428	2.55	0.0517	121111	2.35	922.0
7.756	2.07	124.60420	42.88305	0.69	0.0485	141855	1.37	7.9
7.828	2.10	45.67336	19.07627	0.88	0.0459	160870	0.90	3.5
7.873	2.12	30.26962	9.64416	0.33	0.0470	155581	0.56	1.8
7.965	2.15	14.73784	4.32406	0.73	-	-	-	7.9e-1
8.071	2.19	564.35431	264.83649	0.96	0.0325	341688	-	48.7
8.169	2.23	23.81621	8.18842	1.45	0.0526	133662	1.36	1.5
8.215	2.25	25.12558	9.17434	0.68	0.0444	189987	0.56	1.7
8.318	2.29	4.32473	1.49002	1.14	-	-	-	2.7e-1
8.368	2.31	3.42064	1.13720	0.55	0.0448	193352	-	2.1e-1
8.492	2.36	192.67926	112.17216	2.83	0.0276	523722	2.01	20.6
8.534	2.38	844.32391	363.81854	1.14	0.0356	317939	0.79	66.8
8.608	2.41	46.87191	14.19847	0.46	0.0612	109412	0.89	2.6
8.737	2.46	963.88855	454.06213	1.13	0.0328	393598	1.61	83.4
8.819	2.49	46.05729	12.63795	0.86	0.0675	94561	0.96	2.3
8.918	2.53	63.93416	23.13862	0.66	0.0364	332716	1.12	4.3
9.047	2.58	7.83500	2.19290	2.06	-	-	-	4.0e-1
9.116	2.61	48.63729	19.44781	1.05	0.0392	300096	-	3.6
9.171	2.63	30.95349	12.45470	0.80	0.0443	237066	0.78	2.3
9.258	2.66	27.40818	10.49684	1.23	0.0467	218058	1.13	1.9
9.349	2.70	1269.52271	564.83942	1.27	0.0342	414790	1.32	103.8
9.443	2.74	16.78002	5.04189	0.87	-	-	-	9.3e-1
9.531	2.77	68.01334	18.23495	0.89	0.0500	201289	-	3.3
9.630	2.81	21.42981	6.00914	1.45	-	-	-	1.1
9.718	2.85	287.08859	109.35793	1.02	0.0389	345962	-	20.1
9.806	2.88	42.57481	18.51537	3.58	0.0456	256265	1.23	3.4
9.855	2.90	210.91183	55.40417	0.54	0.0442	275801	0.63	10.2
10.165	3.02	1297.03015	488.74695	1.37	0.0396	365338	4.35	89.8
10.247	3.05	330.38684	131.27150	1.21	0.0435	307412	1.16	24.1
10.287	3.07	322.66705	119.64337	0.54	0.0399	368739	0.57	22.0
10.524	3.16	7831.53467	2281.04370	2.59	0.0496	249586	3.11	419.1
10.671	3.22	1165.22180	404.05945	1.33	0.0439	327482	1.84	74.2
10.748	3.25	323.93851	106.61501	0.78	0.0442	328088	1.03	19.5
10.979	3.34	128.53700	41.90649	0.63	0.0400	417359	3.22	7.7
11.135	3.41	72.34581	28.41798	1.04	0.0388	457485	2.33	5.2
11.608	3.59	1.09701e4	3210.16309	2.45	0.0525	270818	6.08	589.7
11.795	3.67	25.95041	6.22221	0.63	0.0606	210167	1.94	1.1
11.942	3.72	10.01657	1.38940	0.47	0.1487	35705	0.83	2.6e-1
12.284	3.86	44.03694	14.36131	1.19	0.0412	491319	2.12	2.6

Data File C:\HPCHEM\1\DATA\R161122\CITR0007.D Sample Name: Citronella

RetTime [min]	k'	Area [pA*s]	Height [pA]	Symm.	Width [min]	Plates	Resol ution	Signal /Noise
12.548	3.97	8.93426	3.45954	1.03	0.0396	556748	3.84	6.4e-1
12.902	4.10	7.46997	1.89839	1.95	0.0538	318029	4.45	2.7
12.990	4.14	33.77491	10.60178	1.17	0.0467	429240	1.03	15.1
13.128	4.19	22.20789	5.79983	0.92	0.0583	280589	1.55	8.3
13.427	4.31	3.84902	1.30966	0.99	0.0442	512040	3.43	1.9
13.573	4.37	7.12048	2.16652	0.94	0.0528	366383	1.76	3.1
13.666	4.41	6.16965	1.77696	1.93	0.0643	250582	0.93	2.5
13.743	4.44	64.10861	21.10436	0.90	0.0450	516686	0.83	30.1
14.026	4.55	7.08325	1.15396	0.65	0.1150	82415	2.08	1.6
14.157	4.60	5.22808	1.36637	1.50	-	-	-	1.9
14.228	4.63	10.16432	2.56540	0.60	0.0486	474590	-	3.7
14.351	4.68	4.29668	1.15962	0.95	0.0646	273529	1.27	1.7
14.645	4.79	332.01001	108.14919	1.17	0.0467	545564	3.11	154.0
14.817	4.86	45.30813	13.81488	1.00	0.0508	470684	2.08	19.7
14.915	4.90	25.31876	8.40009	0.98	0.0483	527558	1.16	12.0
15.041	4.95	1667.77832	544.99390	1.37	0.0467	575483	1.55	776.1
15.243	5.03	116.60211	32.21486	2.36	-	-	-	17.4
15.316	5.06	68.68542	21.20379	0.24	-	-	-	16.0
15.427	5.10	44.05284	9.45282	0.36	-	-	-	13.5
15.540	5.15	71.47784	23.73901	0.91	-	-	-	19.6
15.616	5.18	41.30857	8.13710	0.22	-	-	-	12.6
15.709	5.22	32.47710	5.78135	0.12	-	-	-	8.2
15.835	5.27	34.10447	4.93860	0.38	-	-	-	7.0
16.005	5.33	25.97197	4.21652	0.74	0.1015	137655	-	6.0
16.162	5.39	16.47285	2.54156	0.59	0.1342	80394	0.78	3.6
16.314	5.46	7.47207	1.83305	1.22	0.0800	230388	0.83	2.6
16.456	5.51	935.27596	266.55804	1.11	0.0538	519252	1.24	379.6
16.604	5.57	15.43914	4.73607	1.22	0.0523	558563	1.65	6.7
16.703	5.61	207.76381	62.59566	0.84	0.0488	650340	1.15	89.1
16.873	5.68	60.64598	17.16553	0.88	0.0500	630858	2.02	24.4
17.068	5.75	4.31630	1.11537	0.98	0.0608	435074	1.86	1.6
17.176	5.80	9.06491	2.42652	1.56	0.0627	415924	1.22	3.5
17.271	5.83	151.26060	45.92233	0.98	0.0508	639486	0.98	65.4
17.417	5.89	563.38562	169.83598	1.03	0.0508	650380	1.69	241.9
17.517	5.93	92.35562	29.44053	0.96	0.0492	703206	1.17	41.9
17.780	6.04	21.95780	5.48877	1.19	0.0596	493323	2.84	7.8
17.903	6.08	14.27443	3.80713	1.05	0.0533	624232	1.27	5.4
18.114	6.17	11.82302	3.81311	0.79	0.0458	865273	2.50	5.4
18.450	6.30	4.30178	1.12421	0.88	0.0587	546342	3.77	1.6
18.953	6.50	4.77597	1.40417	1.11	0.0533	699605	5.27	2.0
19.067	6.54	5.69177	1.65090	1.02	0.0525	729210	1.05	2.4
19.184	6.59	53.11425	16.24259	0.80	0.0475	903697	1.61	23.1
19.399	6.68	123.65039	40.56791	1.00	0.0463	974610	2.68	57.8
19.605	6.76	18.74228	2.89605	0.74	0.0750	378552	2.00	4.1
19.936	6.89	7.68889	1.30594	1.78	0.0839	312943	2.45	1.9
20.560	7.13	9.29155	2.08990	0.58	0.0583	688206	5.16	2.9
20.697	7.19	7.30286	2.06094	1.10	0.0569	733618	1.40	2.9
20.769	7.22	3.76911	1.02836	0.72	0.0669	533846	0.69	1.5

Data File C:\HPCHEM\1\DATA\R161122\CITR0007.D Sample Name: Citronella

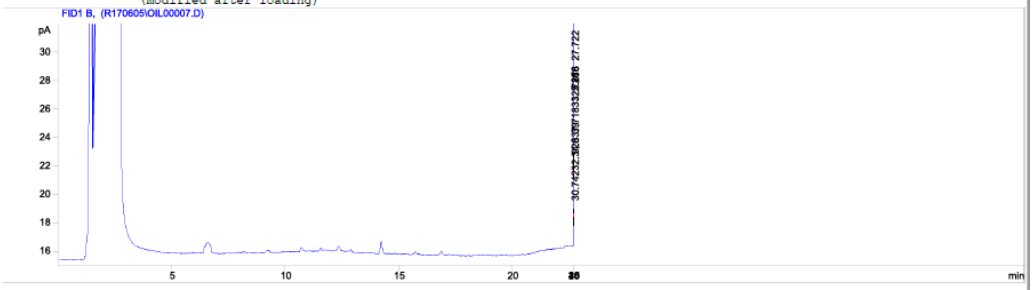
RetTime [min]	k'	Area [pA*s]	Height [pA]	Symm.	Width [min]	Plates	Resol ution	Signal /Noise
21.978	7.70	4.97427	1.31144	1.00	0.0587	775314	11.31	1.9
22.158	7.77	7.64529	1.62526	1.79	0.0562	859677	1.84	2.3
23.220	8.20	4.14066	1.16967	0.93	0.0644	722161	10.53	1.7
23.316	8.23	3.85066	1.11954	1.07	0.0631	755652	0.71	1.6

*** End of Report ***

- ผลการวิเคราะห์น้ำมันหอมระเหยกานพลู

Data File C:\HPCHEM\1\DATA\R170605\OIL00007.D Sample Name: Clove

Injection Date : 6/5/2017 11:29:31 PM
Sample Name : Clove Location : -
Acq. Operator : RUNG Inj : 1
Acq. Instrument : Instrument 1 Inj Volume : Manually
Acq. Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\RUNGAIR.M
Last changed : 4/4/2017 4:57:47 PM by RUNG
Analysis Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\RUNGCOOL.M
Last changed : 6/5/2017 9:34:02 PM by RUNG
(modified after loading)



Area Percent Report

Sorted By : Signal
Multiplier : 1.0000
Dilution : 1.0000
Use Multiplier & Dilution Factor with ISTDs

Signal 1: FID1 B,

Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Height [pA]	Area %
1	27.218	BP	0.0239	69.43066	45.29551	40.27531
2	27.722	BB	0.0225	1.72307	1.15033	0.99952
3	30.742	PB	0.0305	2.49769	1.29660	1.44886
4	31.639	BB	0.0330	6.62605	3.08604	3.84364

Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Height [pA]	Area %
5	32.928	PB	0.0384	4.98662	2.04981	2.89264
6	33.726	PB	0.0425	17.65206	6.53122	10.23960
7	35.876	BB	0.0573	34.37490	9.04699	19.94018
8	37.718	PB	0.1047	35.09908	4.46543	20.36026
Totals :				172.39013	72.92193	

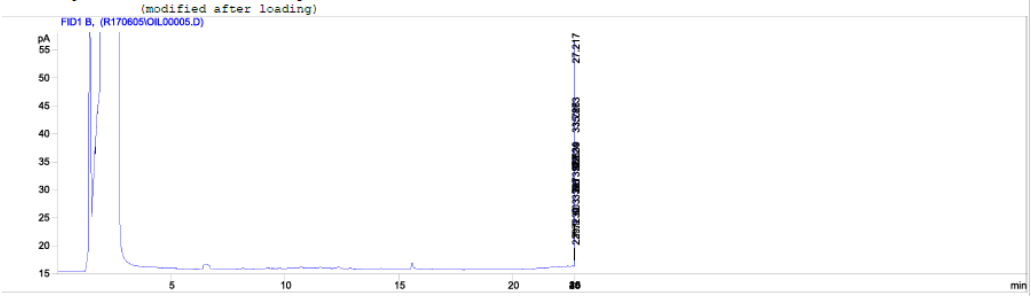
Results obtained with enhanced integrator!

*** End of Report ***

- ผลการวิเคราะห์น้ำมันหอมระเหยอบเชย

Data File C:\HPCHEM\1\DATA\R170605\OIL00005.D Sample Name: Cinnamon

```
==================================================================
Injection Date  : 6/5/2017 11:05:55 PM
Sample Name     : Cinnamon                    Location :   -
Acq. Operator   : RUNG                           Inj :   1
Acq. Instrument : Instrument 1               Inj Volume : Manually
Acq. Method     : C:\HPCHEM\1\METHODS\RUNGAIR.M
Last changed    : 4/4/2017 4:57:47 PM by RUNG
Analysis Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\RUNGCOOL.M
Last changed    : 6/5/2017 9:34:02 PM by RUNG
                  (modified after loading)
```




```
==================================================================
                      Area Percent Report
==================================================================

Sorted By             :      Signal
Multiplier            :      1.0000
Dilution              :      1.0000
Use Multiplier & Dilution Factor with ISTDs


Signal 1: FID1 B,

Peak RetTime Type  Width     Area      Height     Area
  #   [min]        [min]   [pA*s]      [pA]        %
----|-------|----|-------|----------|----------|--------|
   1  27.217 BP    0.0252   60.40246   38.68431 26.95952
   2  27.720 BB    0.0230    2.14237    1.47139  0.95621
   3  29.960 PBA   0.0262    1.98486    1.20663  0.88590
   4  30.741 PB    0.0316    2.94207    1.45405  1.31314
```

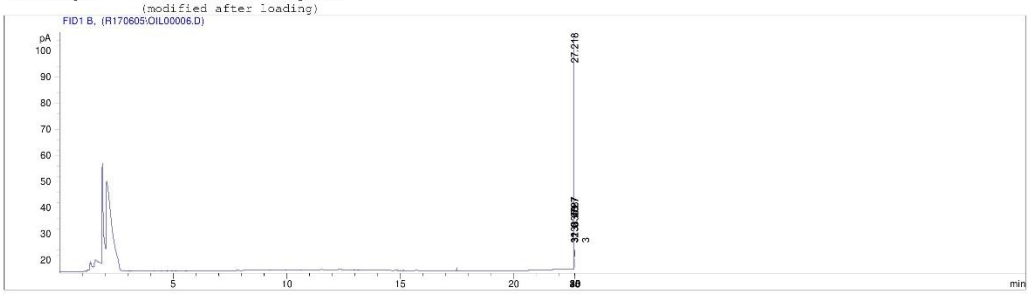


```
Peak RetTime Type  Width     Area      Height     Area
  #   [min]        [min]   [pA*s]      [pA]        %
----|-------|----|-------|----------|----------|--------|
   5  31.639 BB    0.0324   11.19946    5.35380  4.99867
   6  32.605 BP    0.0326    3.85710    1.82811  1.72154
   7  32.928 PB    0.0436    7.09032    2.62132  3.16463
   8  33.726 PB    0.0425   32.16885   11.91347 14.35797
   9  35.873 BB    0.0572   49.03017   13.24594 21.88371
  10  36.702 PB    0.0621   10.09402    2.45061  4.50528
  11  37.724 PP    0.1184   43.13700    5.06358 19.25341

Totals :                   224.04868   85.29321

 Results obtained with enhanced integrator!
==================================================================
                        *** End of Report ***
```

- ผลการวิเคราะห์น้ำมันหอมระเหยยูจีนอล

Data File C:\HPCHEM\1\DATA\R170605\OIL00006.D Sample Name: Eugenol

```
Injection Date  : 6/5/2017 10:20:58 PM
Sample Name     : Eugenol                          Location :
Acq. Operator   : RUNG                              Inj :  1
Acq. Instrument : Instrument 1                 Inj Volume : Manually
Acq. Method     : C:\HPCHEM\1\METHODS\RUNGAIR.M
Last changed    : 4/4/2017 4:57:47 PM by RUNG
Analysis Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\RUNGCOOL.M
Last changed    : 6/5/2017 9:34:02 PM by RUNG
                  (modified after loading)
```



Area Percent Report

```
Sorted By             :      Signal
Multiplier            :      1.0000
Dilution              :      1.0000
Use Multiplier & Dilution Factor with ISTDs
```

Signal 1: FID1 B,

Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Height [pA]	Area %
1	27.218	BB	0.0248	131.24167	85.79842	66.95046
2	31.640	BB	0.0322	6.55885	3.16265	3.34587
3	32.928	PB	0.0394	7.66260	3.03929	3.90893
4	33.727	PB	0.0428	17.74592	6.50366	9.05275

Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Height [pA]	Area %
5	35.873	BB	0.0556	32.81898	8.98125	16.74199
Totals :				196.02803	107.48525	

```
Results obtained with enhanced integrator!
```

*** End of Report ***

ภาคผนวก ช. การคำนวณทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS

- *C. parapsilosis* Clove, Cinnamon, Eugenol and Citronella

```
ONEWAY percentage BY time
  /STATISTICS DESCRIPTIVES
  /MISSING ANALYSIS
  /POSTHOC=BONFERRONI ALPHA(0.05).
```

Oneway

```
[DataSet0]
```

Descriptives

percentage

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum
					Lower Bound	Upper Bound	
4h	6	19.9000	3.25576	1.32916	16.4833	23.3167	15.40
8h	6	41.4333	2.17868	.88944	39.1469	43.7197	37.60
10h	6	49.7167	2.97820	1.21584	46.5912	52.8421	45.30
24h	6	100.0000	.00000	.00000	100.0000	100.0000	100.00
Total	24	52.7625	30.08307	6.14068	40.0595	65.4655	15.40

Descriptives

ANOVA

percentage

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	20693.715	3	6897.905	1139.381	.000
Within Groups	121.082	20	6.054		
Total	20814.796	23			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: percentage

Bonferroni

(I) time	(J) time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
4h	8h	-21.53333*	1.42057	.000	-25.6915	-17.3751
	10h	-29.81667*	1.42057	.000	-33.9749	-25.6585
	24h	-80.10000*	1.42057	.000	-84.2582	-75.9418
8h	4h	21.53333*	1.42057	.000	17.3751	25.6915
	10h	-8.28333*	1.42057	.000	-12.4415	-4.1251
	24h	-58.56667*	1.42057	.000	-62.7249	-54.4085
10h	4h	29.81667*	1.42057	.000	25.6585	33.9749
	8h	8.28333*	1.42057	.000	4.1251	12.4415
	24h	-50.28333*	1.42057	.000	-54.4415	-46.1251
24h	4h	80.10000*	1.42057	.000	75.9418	84.2582
	8h	58.56667*	1.42057	.000	54.4085	62.7249
	10h	50.28333*	1.42057	.000	46.1251	54.4415

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

```
ONEWAY percentage BY time
  /STATISTICS DESCRIPTIVES
  /MISSING ANALYSIS
  /POSTHOC=BONFERRONI ALPHA(0.05).
```

Oneway

Descriptives

percentage

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum
					Lower Bound	Upper Bound	
4h	6	2.0789	3.26523	1.33302	-1.3477	5.5056	.00
8h	6	7.0872	3.38319	1.38118	3.5367	10.6376	2.41
10h	6	15.5918	3.99581	1.63128	11.3984	19.7851	10.49
24h	6	100.0000	.00000	.00000	100.0000	100.0000	100.00
Total	24	31.1895	40.98224	8.36546	13.8842	48.4947	.00

ANOVA

percentage

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	38439.137	3	12813.046	1346.114	.000
Within Groups	190.371	20	9.519		
Total	38629.508	23			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: percentage

Bonferroni

(I) time	(J) time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
4h	8h	-5.00827	1.78125	.065	-10.2222	.2057
	10h	-13.51288*	1.78125	.000	-18.7268	-8.2989
	24h	-97.92110*	1.78125	.000	-103.1350	-92.7072
8h	4h	5.00827	1.78125	.065	-.2057	10.2222
	10h	-8.50461*	1.78125	.001	-13.7185	-3.2907
	24h	-92.91283*	1.78125	.000	-98.1268	-87.6989
10h	4h	13.51288*	1.78125	.000	8.2989	18.7268
	8h	8.50461*	1.78125	.001	3.2907	13.7185
	24h	-84.40822*	1.78125	.000	-89.6221	-79.1943
24h	4h	97.92110*	1.78125	.000	92.7072	103.1350
	8h	92.91283*	1.78125	.000	87.6989	98.1268
	10h	84.40822*	1.78125	.000	79.1943	89.6221

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

```
ONEWAY percentage BY time
  /STATISTICS DESCRIPTIVES
  /MISSING ANALYSIS
  /POSTHOC=BONFERRONI ALPHA(0.05).
```

Oneway

Descriptives

percentage

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum
					Lower Bound	Upper Bound	
4h	6	.9945	2.43605	.99451	-1.5620	3.5510	.00
8h	6	20.0274	5.52064	2.25379	14.2339	25.8210	13.99
10h	6	43.6557	4.90803	2.00369	38.5050	48.8064	35.39
24h	6	100.0000	.00000	.00000	100.0000	100.0000	100.00
Total	24	41.1694	38.14837	7.78700	25.0608	57.2781	.00

ANOVA

percentage

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	33169.352	3	11056.451	730.998	.000
Within Groups	302.503	20	15.125		
Total	33471.855	23			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: percentage

Bonferroni

(I) time	(J) time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
4h	8h	-19.03292*	2.24538	.000	-25.6054	-12.4604
	10h	-42.66118*	2.24538	.000	-49.2337	-36.0887
	24h	-99.00549*	2.24538	.000	-105.5780	-92.4330
8h	4h	19.03292*	2.24538	.000	12.4604	25.6054
	10h	-23.62826*	2.24538	.000	-30.2007	-17.0558
	24h	-79.97257*	2.24538	.000	-86.5451	-73.4001
10h	4h	42.66118*	2.24538	.000	36.0887	49.2337
	8h	23.62826*	2.24538	.000	17.0558	30.2007
	24h	-56.34431*	2.24538	.000	-62.9168	-49.7718
24h	4h	99.00549*	2.24538	.000	92.4330	105.5780
	8h	79.97257*	2.24538	.000	73.4001	86.5451
	10h	56.34431*	2.24538	.000	49.7718	62.9168

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

```
ONEWAY percentage BY time
  /STATISTICS DESCRIPTIVES
  /MISSING ANALYSIS
  /POSTHOC=BONFERRONI ALPHA(0.05).
```

Oneway

Descriptives

percentage

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum
					Lower Bound	Upper Bound	
4h	6	3.6293	2.99113	1.22112	.4903	6.7683	.00
8h	6	22.2692	3.14341	1.28329	18.9704	25.5680	18.82
10h	6	45.9479	3.21650	1.31313	42.5723	49.3234	42.28
24h	6	100.0000	.00000	.00000	100.0000	100.0000	100.00
Total	24	42.9616	37.04925	7.56265	27.3171	58.6061	.00

ANOVA

percentage

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	31425.003	3	10475.001	1436.226	.000
Within Groups	145.868	20	7.293		
Total	31570.872	23			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: percentage

Bonferroni

(I) time	(J) time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
4h	8h	-18.63989*	1.55921	.000	-23.2039	-14.0759
	10h	-42.31853*	1.55921	.000	-46.8825	-37.7545
	24h	-96.37068*	1.55921	.000	-100.9347	-91.8067
8h	4h	18.63989*	1.55921	.000	14.0759	23.2039
	10h	-23.67865*	1.55921	.000	-28.2426	-19.1146
	24h	-77.73080*	1.55921	.000	-82.2948	-73.1668
10h	4h	42.31853*	1.55921	.000	37.7545	46.8825
	8h	23.67865*	1.55921	.000	19.1146	28.2426
	24h	-54.05215*	1.55921	.000	-58.6161	-49.4882
24h	4h	96.37068*	1.55921	.000	91.8067	100.9347
	8h	77.73080*	1.55921	.000	73.1668	82.2948
	10h	54.05215*	1.55921	.000	49.4882	58.6161

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

- *C. albicans* Clove, Cinnamon, Eugenol and Citronella

```
ONEWAY percentage BY time
 /STATISTICS DESCRIPTIVES
 /MISSING ANALYSIS
 /POSTHOC=BONFERRONI ALPHA(0.05).
Oneway
[DataSet0]
```

Descriptives

percentage

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum
					Lower Bound	Upper Bound	
4h	6	19.9000	3.25576	1.32916	16.4833	23.3167	15.40
8h	6	41.4333	2.17868	.88944	39.1469	43.7197	37.60
10h	6	49.7167	2.97820	1.21584	46.5912	52.8421	45.30
24h	6	100.0000	.00000	.00000	100.0000	100.0000	100.00
Total	24	52.7625	30.08307	6.14068	40.0595	65.4655	15.40

Descriptives

percentage

	Maximum
4h	23.20
8h	43.90
10h	53.80
24h	100.00
Total	100.00

ANOVA

percentage

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	20693.715	3 20	6897.905	1139.381	.000
Within Groups	121.082	23	6.054		
Total	20814.796				

Multiple Comparisons

Dependent Variable: percentage

Bonferroni

(I) time	(J) time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
4h	8h	-21.53333*	1.42057	.000	-25.6915	-17.3751
	10h	-29.81667*	1.42057	.000	-33.9749	-25.6585
	24h	-80.10000*	1.42057	.000	-84.2582	-75.9418
8h	4h	21.53333*	1.42057	.000	17.3751	25.6915
	10h	-8.28333*	1.42057	.000	-12.4415	-4.1251
	24h	-58.56667*	1.42057	.000	-62.7249	-54.4085
10h	4h	29.81667*	1.42057	.000	25.6585	33.9749
	8h	8.28333* -	1.42057	.000	4.1251	12.4415
	24h	50.28333*	1.42057	.000	-54.4415	-46.1251
24h	4h	80.10000*	1.42057	.000	75.9418	84.2582
	8h	58.56667*	1.42057	.000	54.4085	62.7249
	10h	50.28333*	1.42057	.000	46.1251	54.4415

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
ONEWAY percentage BY time
  /STATISTICS DESCRIPTIVES
  /MISSING ANALYSIS
  /POSTHOC=BONFERRONI ALPHA(0.05).
```

Oneway

Descriptives

percentage

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum
					Lower Bound	Upper Bound	
4h	6	2.0789	3.26523	1.33302	-1.3477	5.5056	.00
8h	6	7.0872	3.38319	1.38118	3.5367	10.6376	2.41
10h	6	15.5918	3.99581	1.63128	11.3984	19.7851	10.49
24h	6	100.0000	.00000	.00000	100.0000	100.0000	100.00
Total	24	31.1895	40.98224	8.36546	13.8842	48.4947	.00

Descriptives

percentage

	Maximum
4h	7.09
8h	11.76
10h	20.27
24h	100.00
Total	100.00

ANOVA

percentage

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	38439.137	3 20	12813.046	1346.114	.000
Within Groups	190.371	23	9.519		
Total	38629.508				

Multiple Comparisons

Dependent Variable: percentage

Bonferroni

(I) time	(J) time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
4h	8h	-5.00827	1.78125	.065	-10.2222	.2057
	10h	-13.51288*	1.78125	.000	-18.7268	-8.2989
	24h	-97.92110*	1.78125	.000	-103.1350	-92.7072
8h	4h	5.00827	1.78125	.065	-.2057	10.2222
	10h	-8.50461*	1.78125	.001	-13.7185	-3.2907
	24h	-92.91283*	1.78125	.000	-98.1268	-87.6989
10h	4h	13.51288*	1.78125	.000	8.2989	18.7268
	8h	8.50461* -	1.78125	.001	3.2907	13.7185
	24h	84.40822*	1.78125	.000	-89.6221	-79.1943
24h	4h	97.92110*	1.78125	.000	92.7072	103.1350
	8h	92.91283*	1.78125	.000	87.6989	98.1268
	10h	84.40822*	1.78125	.000	79.1943	89.6221

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
ONEWAY percentage BY time
  /STATISTICS DESCRIPTIVES
  /MISSING ANALYSIS
  /POSTHOC=BONFERRONI ALPHA(0.05).
Oneway
[DataSet0]
```

Descriptives

percentage

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum
					Lower Bound	Upper Bound	
4h	6	.9945	2.43605	.99451	-1.5620	3.5510	.00
8h	6	20.0274	5.52064	2.25379	14.2339	25.8210	13.99
10h	6	43.6557	4.90803	2.00369	38.5050	48.8064	35.39
24h	6	100.0000	.00000	.00000	100.0000	100.0000	100.00
Total	24	41.1694	38.14837	7.78700	25.0608	57.2781	.00

Descriptives

percentage

	Maximum
4h	5.97
8h	27.16
10h	49.79
24h	100.00
Total	100.00

ANOVA

percentage

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	33169.352	3 20	11056.451	730.998	.000
Within Groups	302.503	23	15.125		
Total	33471.855				

Multiple Comparisons

Dependent Variable: percentage

Bonferroni

(I) time	(J) time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
4h	8h	-19.03292*	2.24538	.000	-25.6054	-12.4604
	10h	-42.66118*	2.24538	.000	-49.2337	-36.0887
	24h	-99.00549*	2.24538	.000	-105.5780	-92.4330
8h	4h	19.03292*	2.24538	.000	12.4604	25.6054
	10h	-23.62826*	2.24538	.000	-30.2007	-17.0558
	24h	-79.97257*	2.24538	.000	-86.5451	-73.4001
10h	4h	42.66118*	2.24538	.000	36.0887	49.2337
	8h	23.62826*	2.24538	.000	17.0558	30.2007
	24h	-56.34431*	2.24538	.000	-62.9168	-49.7718
24h	4h 8h	99.00549*	2.24538	.000	92.4330	105.5780
	10h	79.97257*	2.24538	.000	73.4001	86.5451
		56.34431*	2.24538	.000	49.7718	62.9168

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
ONEWAY percentage BY time
  /STATISTICS DESCRIPTIVES
  /MISSING ANALYSIS
  /POSTHOC=BONFERRONI ALPHA(0.05).
Oneway
[DataSet0]
```

Descriptives

percentage

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum
					Lower Bound	Upper Bound	
4h	6	3.6293	2.99113	1.22112	.4903	6.7683	.00
8h	6	22.2692	3.14341	1.28329	18.9704	25.5680	18.82
10h	6	45.9479	3.21650	1.31313	42.5723	49.3234	42.28
24h	6	100.0000	.00000	.00000	100.0000	100.0000	100.00
Total	24	42.9616	37.04925	7.56265	27.3171	58.6061	.00

Descriptives

percentage

	Maximum
4h	7.19
8h	26.43
10h	50.53
24h	100.00
Total	100.00

ANOVA

percentage

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	31425.003	3 20	10475.001	1436.226	.000
Within Groups	145.868	23	7.293		
Total	31570.872				

Multiple Comparisons

Dependent Variable: percentage

Bonferroni

(I) time	(J) time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
4h	8h	-18.63989*	1.55921	.000	-23.2039	-14.0759
	10h	-42.31853*	1.55921	.000	-46.8825	-37.7545
	24h	-96.37068*	1.55921	.000	-100.9347	-91.8067
8h	4h	18.63989*	1.55921	.000	14.0759	23.2039
	10h	-23.67865*	1.55921	.000	-28.2426	-19.1146
	24h	-77.73080*	1.55921	.000	-82.2948	-73.1668
10h	4h	42.31853*	1.55921	.000	37.7545	46.8825
	8h	23.67865*	1.55921	.000	19.1146	28.2426
	24h	-54.05215*	1.55921	.000	-58.6161	-49.4882
24h	4h	96.37068*	1.55921	.000	91.8067	100.9347
	8h	77.73080*	1.55921	.000	73.1668	82.2948
	10h	54.05215*	1.55921	.000	49.4882	58.6161

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- *T. asahii* Clove, Cinnamon, Eugenol and Citronella

```
ONEWAY percentage BY time
 /STATISTICS DESCRIPTIVES
 /MISSING ANALYSIS
 /POSTHOC=BONFERRONI ALPHA(0.05).
```

Oneway

Descriptives

percentage

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum
					Lower Bound	Upper Bound	
4h	6	9.5368	5.11012	2.08620	4.1741	14.8996	3.71
8h	6	56.1035	5.43260	2.21785	50.4023	61.8047	48.99
10h	6	59.2100	3.57238	1.45842	55.4610	62.9590	54.71
24h	6	100.0000	.00000	.00000	100.0000	100.0000	100.00
Total	24	56.2126	32.95036	6.72596	42.2989	70.1263	3.71

Descriptives

percentage

	Maximum
4h	15.31
8h	61.91
10h	64.85
24h	100.00
Total	100.00

ANOVA

percentage

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	24629.759	3 20	8209.920	480.194	.000
Within Groups	341.942	23	17.097		
Total	24971.701				

Multiple Comparisons

Dependent Variable: percentage

Bonferroni

Post Hoc Tests

(I) time	(J) time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
4h	8h	-46.56667*	2.38726	.000	-53.5545	-39.5789
	10h	-49.67317*	2.38726	.000	-56.6610	-42.6854
	24h	-90.46317*	2.38726	.000	-97.4510	-83.4754
8h	4h	46.56667*	2.38726	.000	39.5789	53.5545
	10h	-3.10650	2.38726	1.000	-10.0943	3.8813
	24h	-43.89650*	2.38726	.000	-50.8843	-36.9087
10h	4h	49.67317*	2.38726	.000	42.6854	56.6610
	8h	3.10650	2.38726	1.000	-3.8813	10.0943
	24h	-40.79000*	2.38726	.000	-47.7778	-33.8022
24h	4h 8h	90.46317*	2.38726	.000	83.4754	97.4510
	10h	43.89650*	2.38726	.000	36.9087	50.8843
		40.79000*	2.38726	.000	33.8022	47.7778

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
ONEWAY percentage BY time
  /STATISTICS DESCRIPTIVES
  /MISSING ANALYSIS
  /POSTHOC=BONFERRONI ALPHA(0.05).
```

Oneway

Descriptives

percentage

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum
					Lower Bound	Upper Bound	
4h	6	2.3710	3.57402	1.45909	-1.3797	6.1217	.00
8h	6	8.8818	4.91261	2.00557	3.7264	14.0373	4.25
10h	6	17.3033	2.43469	.99396	14.7483	19.8584	14.44
24h	6	100.0000	.00000	.00000	100.0000	100.0000	100.00
Total	24	32.1390	40.50101	8.26723	15.0370	49.2411	.00

Descriptives

percentage

	Maximum
4h	9.34
8h	16.14
10h	21.02
24h	100.00
Total	100.00

ANOVA

percentage

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	37513.452	3 20	12504.484	1167.687	.000
Within Groups	214.175	23	10.709		
Total	37727.627				

Multiple Comparisons

Dependent Variable: percentage

Bonferroni

Post Hoc Tests

(I) time	(J) time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
4h	8h	-6.51083*	1.88934	.015	-12.0411	-.9805
	10h	-14.93233*	1.88934	.000	-20.4626	-9.4020
	24h	-97.62900*	1.88934	.000	-103.1593	-92.0987
8h	4h	6.51083*	1.88934	.015	.9805	12.0411
	10h	-8.42150*	1.88934	.001	-13.9518	-2.8912
	24h	-91.11817*	1.88934	.000	-96.6485	-85.5879
10h	4h	14.93233*	1.88934	.000	9.4020	20.4626
	8h	8.42150* -	1.88934	.001	2.8912	13.9518
	24h	82.69667*	1.88934	.000	-88.2270	-77.1664
24h	4h	97.62900*	1.88934	.000	92.0987	103.1593
	8h	91.11817*	1.88934	.000	85.5879	96.6485
	10h	82.69667*	1.88934	.000	77.1664	88.2270

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
ONEWAY percentage BY time
  /STATISTICS DESCRIPTIVES
  /MISSING ANALYSIS
  /POSTHOC=BONFERRONI ALPHA(0.05).
```

Oneway

Descriptives

percentage

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum
					Lower Bound	Upper Bound	
4h	6	5.8885	3.83832	1.56699	1.8604	9.9166	2.07
8h	6	14.8757	2.93069	1.19645	11.8001	17.9512	10.95
10h	6	21.9008	3.97873	1.62431	17.7254	26.0762	16.94
24h	6	100.0000	.00000	.00000	100.0000	100.0000	100.00
Total	24	35.6663	38.49305	7.85736	19.4121	51.9204	2.07

Descriptives

percentage

	Maximum
4h	11.36
8h	18.39
10h	28.31
24h	100.00
Total	100.00

ANOVA

percentage

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	33883.685	3 20	11294.562	1153.923	.000
Within Groups	195.759	23	9.788		
Total	34079.444				

Multiple Comparisons

Dependent Variable: percentage

Bonferroni

Post Hoc Tests

(I) time	(J) time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
4h	8h	-8.98717*	1.80628	.000	-14.2744	-3.7000
	10h	-16.01233*	1.80628	.000	-21.2995	-10.7251
	24h	-94.11150*	1.80628	.000	-99.3987	-88.8243
8h	4h	8.98717*	1.80628	.000	3.7000	14.2744
	10h	-7.02517*	1.80628	.005	-12.3124	-1.7380
	24h	-85.12433*	1.80628	.000	-90.4115	-79.8371
10h	4h	16.01233*	1.80628	.000	10.7251	21.2995
	8h	7.02517* -	1.80628	.005	1.7380	12.3124
	24h	78.09917*	1.80628	.000	-83.3864	-72.8120
24h	4h	94.11150*	1.80628	.000	88.8243	99.3987
	8h	85.12433*	1.80628	.000	79.8371	90.4115
	10h	78.09917*	1.80628	.000	72.8120	83.3864

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
ONEWAY percentage BY time
 /STATISTICS DESCRIPTIVES
 /MISSING ANALYSIS
 /POSTHOC=BONFERRONI ALPHA(0.05).
```

Oneway

Descriptives

percentage

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum
					Lower Bound	Upper Bound	
4h	6	3.6458	1.54432	.63046	2.0252	5.2665	2.15
8h	6	25.2240	1.95664	.79880	23.1706	27.2774	23.43
10h	6	49.4530	5.47740	2.23614	43.7048	55.2012	43.52
24h	6	100.0000	.00000	.00000	100.0000	100.0000	100.00
Total	24	44.5807	36.74434	7.50041	29.0649	60.0965	2.15

Descriptives

percentage

	Maximum
4h	5.73
8h	28.21
10h	58.83
24h	100.00
Total	100.00

ANOVA

Percentage

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	30872.300	3 20	10290.767	1136.622	.000
Within Groups	181.076	23	9.054		
Total	31053.376				

Multiple Comparisons

Dependent Variable: percentage

Bonferroni

Post Hoc Tests

(I) time	(J) time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
4h	8h	-21.57817*	1.73722	.000	-26.6632	-16.4931
	10h	-45.80717*	1.73722	.000	-50.8922	-40.7221
	24h	-96.35417*	1.73722	.000	-101.4392	-91.2691
8h	4h	21.57817*	1.73722	.000	16.4931	26.6632
	10h	-24.22900*	1.73722	.000	-29.3141	-19.1439
	24h	-74.77600*	1.73722	.000	-79.8611	-69.6909
10h	4h	45.80717*	1.73722	.000	40.7221	50.8922
	8h	24.22900*	1.73722	.000	19.1439	29.3141
	24h	-50.54700*	1.73722	.000	-55.6321	-45.4619
24h	4h 8h	96.35417*	1.73722	.000	91.2691	101.4392
	10h	74.77600*	1.73722	.000	69.6909	79.8611
		50.54700*	1.73722	.000	45.4619	55.6321

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- *S. aureus* Clove, Cinnamon, Eugenol and Citronella

```
ONEWAY percentage BY time
 /STATISTICS DESCRIPTIVES
 /MISSING ANALYSIS
 /POSTHOC=BONFERRONI ALPHA(0.05).
```

Oneway

Descriptives

percentage

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum
					Lower Bound	Upper Bound	
4h	6	4.3000	2.89107	1.18027	1.2660	7.3340	.55
8h	6	20.7267	1.83335	.74846	18.8027	22.6507	18.19
10h	6	37.9650	2.42715	.99088	35.4179	40.5121	34.73
24h	6	69.5333	3.75072	1.53123	65.5972	73.4695	65.60
Total	24	33.1313	24.81229	5.06479	22.6539	43.6086	.55

Descriptives

percentage

	Maximum
4h	8.93
8h	23.26
10h	41.35
24h	75.30
Total	75.30

ANOVA

percentage

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	14001.549	3	4667	589.320	.000
Within Groups	158.392	20	.183		
Total	14159.941	23	7.920		

Post Hoc Tests

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Multiple Comparisons

Dependent Variable: percentage

Bonferroni

(I) time	(J) time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
4h	8h	-16.42667*	1.62477	.000	-21.1826	-11.6708
	10h	-33.66500*	1.62477	.000	-38.4209	-28.9091
	24h	-65.23333*	1.62477	.000	-69.9892	-60.4774
8h	4h	16.42667*	1.62477	.000	11.6708	21.1826
	10h	-17.23833*	1.62477	.000	-21.9942	-12.4824
	24h	-48.80667*	1.62477	.000	-53.5626	-44.0508
10h	4h	33.66500*	1.62477	.000	28.9091	38.4209
	8h	17.23833*	1.62477	.000	12.4824	21.9942
	24h	-31.56833*	1.62477	.000	-36.3242	-26.8124
24h	4h	65.23333*	1.62477	.000	60.4774	69.9892
	8h	48.80667*	1.62477	.000	44.0508	53.5626
	10h	31.56833*	1.62477	.000	26.8124	36.3242

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

```
ONEWAY percentage BY time
  /STATISTICS DESCRIPTIVES
  /MISSING ANALYSIS
  /POSTHOC=BONFERRONI ALPHA(0.05).
```

Oneway

Descriptives

percentage

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum
					Lower Bound	Upper Bound	
4h	6	2.5083	2.42222	.98887	-.0336	5.0503	.00
8h	6	28.5150	4.81662	1.96638	23.4603	33.5697	21.65
10h	6	57.8150	1.77896	.72626	55.9481	59.6819	55.56
24h	6	64.5100	3.14923	1.28567	61.2051	67.8149	60.50
Total	24	38.3371	25.43384	5.19166	27.5973	49.0769	.00

Descriptives

percentage

	Maximum
4h	6.40
8h	33.24
10h	60.50
24h	69.09
Total	69.09

ANOVA

percentage

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	14667.501	3	4889	463.985	.000
Within Groups	210.747	20	.167		
Total	14878.248	23	10.537		

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: percentage

Bonferroni

(I) time	(J) time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
4h	8h	-26.00667*	1.87415	.000	-31.4925	-20.5208
	10h	-55.30667*	1.87415	.000	-60.7925	-49.8208
	24h	-62.00167*	1.87415	.000	-67.4875	-56.5158
8h	4h	26.00667*	1.87415	.000	20.5208	31.4925
	10h	-29.30000*	1.87415	.000	-34.7859	-23.8141
	24h	-35.99500*	1.87415	.000	-41.4809	-30.5091
10h	4h	55.30667*	1.87415	.000	49.8208	60.7925
	8h	29.30000*	1.87415	.000	23.8141	34.7859
	24h	-6.69500*	1.87415	.011	-12.1809	-1.2091
24h	4h	62.00167*	1.87415	.000	56.5158	67.4875
	8h	35.99500*	1.87415	.000	30.5091	41.4809
	10h	6.69500*	1.87415	.011	1.2091	12.1809

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

```
/STATISTICS DESCRIPTIVES
/MISSING ANALYSIS
/POSTHOC=BONFERRONI ALPHA(0.05).
```

Oneway

Descriptives

percentage

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum
					Lower Bound	Upper Bound	
4h	6	3.1117	3.09008	1.26152	-.1312	6.3545	.00
8h	6	27.4667	2.18014	.89004	25.1787	29.7546	25.25
10h	6	54.6667	4.04258	1.65038	50.4242	58.9091	49.03
24h	6	81.2950	2.56399	1.04674	78.6043	83.9857	78.44
Total	24	41.6350	30.03712	6.13130	28.9514	54.3186	.00

Descriptives

percentage

	Maximum
4h	7.92
8h	31.09
10h	58.29
24h	85.49
Total	85.49

ANOVA

percentage

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	20565.173	3	6855	736.745	.000
Within Groups	186.090	20	.058		
Total	20751.263	23	9.305		

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: percentage

Bonferroni

(I) time	(J) time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
4h	8h	-24.35500*	1.76111	.000	-29.5100	-19.2000
	10h	-51.55500*	1.76111	.000	-56.7100	-46.4000
	24h	-78.18333*	1.76111	.000	-83.3383	-73.0284
8h	4h	24.35500*	1.76111	.000	19.2000	29.5100
	10h	-27.20000*	1.76111	.000	-32.3550	-22.0450
	24h	-53.82833*	1.76111	.000	-58.9833	-48.6734
10h	4h	51.55500*	1.76111	.000	46.4000	56.7100
	8h	27.20000*	1.76111	.000	22.0450	32.3550
	24h	-26.62833*	1.76111	.000	-31.7833	-21.4734
24h	4h	78.18333*	1.76111	.000	73.0284	83.3383
	8h	53.82833*	1.76111	.000	48.6734	58.9833
	10h	26.62833*	1.76111	.000	21.4734	31.7833

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- *B. cereus* Clove, Cinnamon, Eugenol and Citronella

```
ONEWAY percentage BY time
 /STATISTICS DESCRIPTIVES
 /MISSING ANALYSIS
 /POSTHOC=BONFERRONI ALPHA(0.05).
```

Oneway

Descriptives

percentage

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum
					Lower Bound	Upper Bound	
4h	6	3.6600	2.93953	1.20006	.5751	6.7449	.00
8h	6	45.6587	4.22630	1.72538	41.2234	50.0939	39.94
10h	6	58.4270	1.21712	.49689	57.1497	59.7043	56.90
24h	6	91.1475	1.08621	.44344	90.0076	92.2874	89.58
Total	24	49.7233	32.11814	6.55609	36.1610	63.2856	.00

Descriptives

percentage

	Maximum
4h	8.48
8h	50.77
10h	60.16
24h	92.44
Total	92.44

ANOVA

percentage

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	23580.406	3 20	7860	1078.071	.000
Within Groups	145.819	23	.135		
Total	23726.224		7.291		

Multiple Comparisons

Dependent Variable: percentage

Bonferroni

Post Hoc Tests

(I) time	(J) time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
4h	8h	-41.99867*	1.55895	.000	-46.5619	-37.4354
	10h	-54.76700*	1.55895	.000	-59.3302	-50.2038
	24h	-87.48750*	1.55895	.000	-92.0507	-82.9243
8h	4h	41.99867*	1.55895	.000	37.4354	46.5619
	10h	-12.76833*	1.55895	.000	-17.3316	-8.2051
	24h	-45.48883*	1.55895	.000	-50.0521	-40.9256
10h	4h	54.76700*	1.55895	.000	50.2038	59.3302
	8h	12.76833*	1.55895	.000	8.2051	17.3316 -
	24h	-32.72050*	1.55895	.000	-37.2837	28.1573
24h	4h	87.48750*	1.55895	.000	82.9243	92.0507
	8h	45.48883*	1.55895	.000	40.9256	50.0521
	10h	32.72050*	1.55895	.000	28.1573	37.2837

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

```
ONEWAY percentage BY time
  /STATISTICS DESCRIPTIVES
  /MISSING ANALYSIS
  /POSTHOC=BONFERRONI ALPHA(0.05).
Oneway
```

Descriptives

percentage

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum
					Lower Bound	Upper Bound	
4h	6	4.2998	3.04352	1.24251	1.1059	7.4938	.00
8h	6	44.8117	4.70717	1.92169	39.8718	49.7515	39.23
10h	6	57.1783	1.90924	.77944	55.1747	59.1820	53.73
24h	6	82.4450	2.19394	.89567	80.1426	84.7474	79.53
Total	24	47.1837	28.98787	5.91712	34.9432	59.4242	.00

Descriptives

percentage

	Maximum
4h	7.89
8h	51.17
10h	58.85
24h	86.14
Total	86.14

ANOVA

percentage

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	19127.427	3	6375	639.515	.000
Within Groups	199.395	20	.809		
Total	19326.822	23	9.970		

Multiple Comparisons

Dependent Variable: percentage

Bonferroni

Post Hoc Tests

(I) time	(J) time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
4h	8h	-40.51183*	1.82298	.000	-45.8479	-35.1758
	10h	-52.87850*	1.82298	.000	-58.2146	-47.5424
	24h	-78.14517*	1.82298	.000	-83.4812	-72.8091
8h	4h	40.51183*	1.82298	.000	35.1758	45.8479
	10h	-12.36667*	1.82298	.000	-17.7027	-7.0306
	24h	-37.63333*	1.82298	.000	-42.9694	-32.2973
10h	4h	52.87850*	1.82298	.000	47.5424	58.2146
	8h	12.36667*	1.82298	.000	7.0306	17.7027 -
	24h	-25.26667*	1.82298	.000	-30.6027	19.9306
24h	4h	78.14517*	1.82298	.000	72.8091	83.4812
	8h	37.63333*	1.82298	.000	32.2973	42.9694
	10h	25.26667*	1.82298	.000	19.9306	30.6027

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
ONEWAY percentage BY time
  /STATISTICS DESCRIPTIVES
  /MISSING ANALYSIS
  /POSTHOC=BONFERRONI ALPHA(0.05).
Oneway
```

Descriptives

percentage

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum
					Lower Bound	Upper Bound	
4h	6	3.1115	3.59846	1.46906	-.6649	6.8879	.00
8h	6	22.7180	2.11860	.86491	20.4947	24.9413	20.73
10h	6	54.2897	4.71682	1.92563	49.3397	59.2397	47.91
24h	6	86.6850	3.49620	1.42732	83.0160	90.3540	80.03
Total	24	41.7010	32.60353	6.65517	27.9338	55.4683	.00

Descriptives

percentage

	Maximum
4h	9.82
8h	26.49
10h	59.44
24h	90.32
Total	90.32

ANOVA

percentage

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	24189.232	3	8063	621.321	.000
Within Groups	259.546	20	.077		
Total	24448.778	23	12.977		

Multiple Comparisons

Dependent Variable: percentage

Bonferroni

Post Hoc Tests

(I) time	(J) time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
4h	8h	-19.60650*	2.07985	.000	-25.6945	-13.5185
	10h	-51.17817*	2.07985	.000	-57.2661	-45.0902
	24h	-83.57350*	2.07985	.000	-89.6615	-77.4855
8h	4h	19.60650*	2.07985	.000	13.5185	25.6945
	10h	-31.57167*	2.07985	.000	-37.6596	-25.4837
	24h	-63.96700*	2.07985	.000	-70.0550	-57.8790
10h	4h	51.17817*	2.07985	.000	45.0902	57.2661
	8h	31.57167*	2.07985	.000	25.4837	37.6596
	24h	-32.39533*	2.07985	.000	-38.4833	-26.3074
24h	4h	83.57350*	2.07985	.000	77.4855	89.6615
	8h	63.96700*	2.07985	.000	57.8790	70.0550
	10h	32.39533*	2.07985	.000	26.3074	38.4833

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
ONEWAY percentage BY time
  /STATISTICS DESCRIPTIVES
  /MISSING ANALYSIS
  /POSTHOC=BONFERRONI ALPHA(0.05).
```

Oneway

Descriptives

percentage

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum
					Lower Bound	Upper Bound	
4h	6	5.7293	4.31353	1.76099	1.2026	10.2561	.00
8h	6	22.0050	3.46220	1.41344	18.3716	25.6384	17.88
10h	6	51.4752	4.15070	1.69452	47.1193	55.8311	46.04
24h	6	100.0000	.00000	.00000	100.0000	100.0000	100.00
Total	24	44.8024	36.75150	7.50187	29.2836	60.3212	.00

Descriptives

percentage

	Maximum
4h	11.48
8h	27.05
10h	56.27
24h	100.00
Total	100.00

ANOVA

percentage

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	30826.361	3	10275.454	859.481	.000
Within Groups	239.108	20	11.955		
Total	31065.469	23			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: percentage

Bonferroni

Post Hoc Tests

(I) time	(J) time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
4h	8h	-16.27567*	1.99628	.000	-22.1190	-10.4323
	10h	-45.74583*	1.99628	.000	-51.5892	-39.9025
	24h	-94.27067*	1.99628	.000	-100.1140	-88.4273
8h	4h	16.27567*	1.99628	.000	10.4323	22.1190
	10h	-29.47017*	1.99628	.000	-35.3135	-23.6268
	24h	-77.99500*	1.99628	.000	-83.8384	-72.1516
10h	4h	45.74583*	1.99628	.000	39.9025	51.5892
	8h	29.47017*	1.99628	.000	23.6268	35.3135
	24h	-48.52483*	1.99628	.000	-54.3682	-42.6815
24h	4h	94.27067*	1.99628	.000	88.4273	100.1140
	8h	77.99500*	1.99628	.000	72.1516	83.8384
	10h	48.52483*	1.99628	.000	42.6815	54.3682

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- *A. fumigatus* Clove, Cinnamon, Eugenol and Citronella

```
ONEWAY percentage BY time
 /STATISTICS DESCRIPTIVES
 /MISSING ANALYSIS
 /POSTHOC=BONFERRONI ALPHA(0.05).
Oneway
```

Descriptives

percentage

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum
					Lower Bound	Upper Bound	
4h	6	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00
8h	6	18.3667	4.35599	1.77833	13.7953	22.9380	13.60
10h	6	35.2667	2.49052	1.01675	32.6530	37.8803	32.70
24h	6	55.2333	4.87675	1.99092	50.1155	60.3512	50.80
Total	24	27.2167	21.11833	4.31076	18.2992	36.1342	.00

Descriptives

percentage

	Maximum
4h	.00
8h	24.90
10h	38.50
24h	64.30
Total	64.30

ANOVA

percentage

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	10012.833	3	3337	272.681	.000
Within Groups	244.800	20	.611		
Total	10257.633	23	12.240		

Multiple Comparisons

Dependent Variable: percentage

Bonferroni

Post Hoc Tests

(I) time	(J) time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
4h	8h	-18.36667*	2.01990	.000	-24.2792	-12.4542
	10h	-35.26667*	2.01990	.000	-41.1792	-29.3542
	24h	-55.23333*	2.01990	.000	-61.1458	-49.3208
8h	4h	18.36667*	2.01990	.000	12.4542	24.2792
	10h	-16.90000*	2.01990	.000	-22.8125	-10.9875
	24h	-36.86667*	2.01990	.000	-42.7792	-30.9542
10h	4h	35.26667*	2.01990	.000	29.3542	41.1792
	8h	16.90000*	2.01990	.000	10.9875	22.8125
	24h	-19.96667*	2.01990	.000	-25.8792	-14.0542
24h	4h	55.23333*	2.01990	.000	49.3208	61.1458
	8h	36.86667*	2.01990	.000	30.9542	42.7792
	10h	19.96667*	2.01990	.000	14.0542	25.8792

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
ONEWAY percentage BY time
  /STATISTICS DESCRIPTIVES
  /MISSING ANALYSIS
  /POSTHOC=BONFERRONI ALPHA(0.05).
Oneway
```

Descriptives

percentage

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum
					Lower Bound	Upper Bound	
4h	6	3.9063	4.46262	1.82186	-.7769	8.5896	.00
8h	6	20.5730	4.56133	1.86216	15.7862	25.3598	14.06
10h	6	24.6528	4.67139	1.90709	19.7505	29.5552	19.27
24h	6	56.6842	6.66080	2.71926	49.6941	63.6743	48.79
Total	24	26.4541	20.10309	4.10353	17.9653	34.9429	.00

Descriptives

percentage

	Maximum
4h	10.42
8h	25.52
10h	31.42
24h	65.80
Total	65.80

ANOVA

percentage

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	8760.544	3	2920.181	109.259	.000
Within Groups	534.545	20	26.727		
Total	9295.088	23			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: percentage

Bonferroni

Post Hoc Tests

(I) time	(J) time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
4h	8h	-16.66667*	2.98481	.000	-25.4036	-7.9298
	10h	-20.74650*	2.98481	.000	-29.4834	-12.0096
	24h	-52.77783*	2.98481	.000	-61.5147	-44.0409
8h	4h	16.66667*	2.98481	.000	7.9298	25.4036
	10h	-4.07983	2.98481	1.000	-12.8167	4.6571
	24h	-36.11117*	2.98481	.000	-44.8481	-27.3743
10h	4h	20.74650*	2.98481	.000	12.0096	29.4834
	8h	4.07983	2.98481	1.000	-4.6571	12.8167 -
	24h	-32.03133*	2.98481	.000	-40.7682	23.2944
24h	4h	52.77783*	2.98481	.000	44.0409	61.5147
	8h	36.11117*	2.98481	.000	27.3743	44.8481
	10h	32.03133*	2.98481	.000	23.2944	40.7682

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
ONEWAY percentage BY time
  /STATISTICS DESCRIPTIVES
  /MISSING ANALYSIS
  /POSTHOC=BONFERRONI ALPHA(0.05).
Oneway
```

Descriptives

percentage

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum
					Lower Bound	Upper Bound	
4h	6	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00
8h	6	18.1167	1.33778	.54615	16.7127	19.5206	16.10
10h	6	20.4167	2.12360	.86696	18.1881	22.6452	17.90
24h	6	41.8500	4.20987	1.71867	37.4320	46.2680	36.90
Total	24	20.0958	15.33219	3.12967	13.6216	26.5700	.00

Descriptives

percentage

	Maximum
4h	.00
8h	20.20
10h	23.70
24h	47.90
Total	47.90

ANOVA

percentage

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5286.638	3	1762	293.429	.000
Within Groups	120.112	20	.213		
Total	5406.750	23	6.006		

Multiple Comparisons

Dependent Variable: percentage

Bonferroni

Post Hoc Tests

(I) time	(J) time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
4h	8h	-18.11667*	1.41487	.000	-22.2582	-13.9752
	10h	-20.41667*	1.41487	.000	-24.5582	-16.2752
	24h	-41.85000*	1.41487	.000	-45.9915	-37.7085
8h	4h	18.11667*	1.41487	.000	13.9752	22.2582
	10h	-2.30000	1.41487	.718	-6.4415	1.8415
	24h	-23.73333*	1.41487	.000	-27.8748	-19.5918
10h	4h	20.41667*	1.41487	.000	16.2752	24.5582
	8h	2.30000	1.41487	.718	-1.8415	6.4415
	24h	-21.43333*	1.41487	.000	-25.5748	-17.2918
24h	4h	41.85000*	1.41487	.000	37.7085	45.9915
	8h	23.73333*	1.41487	.000	19.5918	27.8748
	10h	21.43333*	1.41487	.000	17.2918	25.5748

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

```
ONEWAY percentage BY time
  /STATISTICS DESCRIPTIVES
  /MISSING ANALYSIS
  /POSTHOC=BONFERRONI ALPHA(0.05).
```

Oneway

Descriptives

percentage

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum
					Lower Bound	Upper Bound	
4h	6	19.1360	4.57825	1.86906	14.3314	23.9406	14.76
8h	6	28.1530	3.28589	1.34146	24.7047	31.6013	25.02
10h	6	38.3300	3.95127	1.61310	34.1834	42.4766	33.02
24h	6	55.2333	3.35618	1.37016	51.7112	58.7554	49.73
Total	24	35.2131	14.15171	2.88870	29.2373	41.1888	14.76

Descriptives

percentage

	Maximum
4h	25.89
8h	33.02
10h	43.11
24h	59.81
Total	59.81

ANOVA

percentage

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4313.058	3	1437	98.079	.000
Within Groups	293.170	20	.686		
Total	4606.228	23	14.658		

Multiple Comparisons

Dependent Variable: percentage

Bonferroni

Post Hoc Tests

(I) time	(J) time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
4h	8h	-9.01700*	2.21047	.004	-15.4873	-2.5467
	10h	-19.19400*	2.21047	.000	-25.6643	-12.7237
	24h	-36.09733*	2.21047	.000	-42.5676	-29.6270
8h	4h	9.01700*	2.21047	.004	2.5467	15.4873
	10h	-10.17700*	2.21047	.001	-16.6473	-3.7067
	24h	-27.08033*	2.21047	.000	-33.5506	-20.6100
10h	4h	19.19400*	2.21047	.000	12.7237	25.6643
	8h	10.17700*	2.21047	.001	3.7067	16.6473 -
	24h	-16.90333*	2.21047	.000	-23.3736	10.4330
24h	4h	36.09733*	2.21047	.000	29.6270	42.5676
	8h	27.08033*	2.21047	.000	20.6100	33.5506
	10h	16.90333*	2.21047	.000	10.4330	23.3736

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- *P. aeruginosa* Clove, Cinnamon, Eugenol and Citronella

```
ONEWAY percentage BY time
 /STATISTICS DESCRIPTIVES
 /MISSING ANALYSIS
 /POSTHOC=BONFERRONI ALPHA(0.05).
```

Oneway

Descriptives

percentage

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum
					Lower Bound	Upper Bound	
4h	6	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00
8h	6	9.1667	3.76386	1.53659	5.2167	13.1166	5.00
10h	6	17.5000	2.73861	1.11803	14.6260	20.3740	15.00
24h	6	28.3333	2.58199	1.05409	25.6237	31.0430	25.00
Total	24	13.7500	10.95941	2.23708	9.1222	18.3778	.00

Descriptives

percentage

	Maximum
4h	.00
8h	15.00
10h	20.00
24h	30.00
Total	30.00

ANOVA

percentage

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2620.833	3	873	123.333	.000
Within Groups	141.667	20	.611		
Total	2762.500	23	7.083		

Multiple Comparisons

Dependent Variable: percentage

Bonferroni

Post Hoc Tests

(I) time	(J) time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
4h	8h	-9.16667*	1.53659	.000	-13.6645	-4.6689
	10h	-17.50000*	1.53659	.000	-21.9978	-13.0022
	24h	-28.33333*	1.53659	.000	-32.8311	-23.8355
8h	4h	9.16667*	1.53659	.000	4.6689	13.6645
	10h	-8.33333*	1.53659	.000	-12.8311	-3.8355
	24h	-19.16667*	1.53659	.000	-23.6645	-14.6689
10h	4h	17.50000*	1.53659	.000	13.0022	21.9978
	8h	8.33333* -	1.53659	.000	3.8355	12.8311
	24h	10.83333*	1.53659	.000	-15.3311	-6.3355
24h	4h	28.33333*	1.53659	.000	23.8355	32.8311
	8h	19.16667*	1.53659	.000	14.6689	23.6645
	10h	10.83333*	1.53659	.000	6.3355	15.3311

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
ONEWAY percentage BY time
  /STATISTICS DESCRIPTIVES
  /MISSING ANALYSIS
  /POSTHOC=BONFERRONI ALPHA(0.05).
```

Oneway

Descriptives

percentage

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum
					Lower Bound	Upper Bound	
4h	6	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00
8h	6	5.8333	3.76386	1.53659	1.8834	9.7833	.00
10h	6	12.5000	2.73861	1.11803	9.6260	15.3740	10.00
24h	6	29.1667	2.04124	.83333	27.0245	31.3088	25.00
Total	24	11.8750	11.40295	2.32762	7.0600	16.6900	.00

Descriptives

percentage

	Maximum
4h	.00
8h	10.00
10h	15.00
24h	30.00
Total	30.00

ANOVA

percentage

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2861.458	3	953.819	147.688	.000
Within Groups	129.167	20	6.458		
Total	2990.625	23			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: percentage

Bonferroni

Post Hoc Tests

(I) time	(J) time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
4h	8h	-5.83333*	1.46723	.004	-10.1281	-1.5386
	10h	-12.50000*	1.46723	.000	-16.7948	-8.2052
	24h	-29.16667*	1.46723	.000	-33.4614	-24.8719
8h	4h	5.83333*	1.46723	.004	1.5386	10.1281
	10h	-6.66667*	1.46723	.001	-10.9614	-2.3719
	24h	-23.33333*	1.46723	.000	-27.6281	-19.0386
10h	4h	12.50000*	1.46723	.000	8.2052	16.7948
	8h	6.66667* -	1.46723	.001	2.3719	10.9614 -
	24h	16.66667*	1.46723	.000	-20.9614	12.3719
24h	4h	29.16667*	1.46723	.000	24.8719	33.4614
	8h	23.33333*	1.46723	.000	19.0386	27.6281
	10h	16.66667*	1.46723	.000	12.3719	20.9614

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
ONEWAY percentage BY time
  /STATISTICS DESCRIPTIVES
  /MISSING ANALYSIS
  /POSTHOC=BONFERRONI ALPHA(0.05).
```

Oneway

Descriptives

percentage

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum
					Lower Bound	Upper Bound	
4h	6	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00
8h	6	5.8333	2.04124	.83333	3.6912	7.9755	5.00
10h	6	15.0000	4.47214	1.82574	10.3068	19.6932	10.00
24h	6	28.3333	4.08248	1.66667	24.0490	32.6176	25.00
Total	24	12.2917	11.32323	2.31135	7.5103	17.0730	.00

Descriptives

percentage

	Maximum
4h	.00
8h	10.00
10h	20.00
24h	35.00
Total	35.00

ANOVA

percentage

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2744.792	3	914.931	89.626	.000
Within Groups	204.167	20	10.208		
Total	2948.958	23			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: percentage

Bonferroni

Post Hoc Tests

(I) time	(J) time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
4h	8h	-5.83333*	1.84466	.029	-11.2329	-.4338
	10h	-15.00000*	1.84466	.000	-20.3995	-9.6005
	24h	-28.33333*	1.84466	.000	-33.7329	-22.9338
8h	4h	5.83333*	1.84466	.029	.4338	11.2329
	10h	-9.16667*	1.84466	.000	-14.5662	-3.7671
	24h	-22.50000*	1.84466	.000	-27.8995	-17.1005
10h	4h	15.00000*	1.84466	.000	9.6005	20.3995
	8h	9.16667* -	1.84466	.000	3.7671	14.5662
	24h	13.33333*	1.84466	.000	-18.7329	-7.9338
24h	4h	28.33333*	1.84466	.000	22.9338	33.7329
	8h	22.50000*	1.84466	.000	17.1005	27.8995
	10h	13.33333*	1.84466	.000	7.9338	18.7329

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
ONEWAY percentage BY time
  /STATISTICS DESCRIPTIVES
  /MISSING ANALYSIS
  /POSTHOC=BONFERRONI ALPHA(0.05).
```

Oneway

Descriptives

percentage

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum
					Lower Bound	Upper Bound	
4h	6	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00
8h	6	12.5000	2.73861	1.11803	9.6260	15.3740	10.00
10h	6	18.3333	2.58199	1.05409	15.6237	21.0430	15.00
24h	6	35.0000	3.16228	1.29099	31.6814	38.3186	30.00
Total	24	16.4583	13.06166	2.66620	10.9429	21.9738	.00

Descriptives

percentage

	Maximum
4h	.00
8h	15.00
10h	20.00
24h	40.00
Total	40.00

ANOVA

percentage

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3803.125	3	1267	209.828	.000
Within Groups	120.833	20	.708		
Total	3923.958	23	6.042		

Multiple Comparisons

Dependent Variable: percentage

Bonferroni

Post Hoc Tests

(I) time	(J) time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
4h	8h	-12.50000*	1.41912	.000	-16.6539	-8.3461
	10h	-18.33333*	1.41912	.000	-22.4873	-14.1794
	24h	-35.00000*	1.41912	.000	-39.1539	-30.8461
8h	4h	12.50000*	1.41912	.000	8.3461	16.6539
	10h	-5.83333*	1.41912	.003	-9.9873	-1.6794
	24h	-22.50000*	1.41912	.000	-26.6539	-18.3461
10h	4h	18.33333*	1.41912	.000	14.1794	22.4873
	8h	5.83333* -	1.41912	.003	1.6794	9.9873
	24h	16.66667*	1.41912	.000	-20.8206	-12.5127
24h	4h	35.00000*	1.41912	.000	30.8461	39.1539
	8h	22.50000*	1.41912	.000	18.3461	26.6539
	10h	16.66667*	1.41912	.000	12.5127	20.8206

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- *C. lunata* Clove, Cinnamon, Eugenol and Citronella

```
ONEWAY percentage BY time
  /STATISTICS DESCRIPTIVES
  /MISSING ANALYSIS
  /POSTHOC=BONFERRONI ALPHA(0.05).
Oneway
```

Descriptives

percentage

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum
					Lower Bound	Upper Bound	
4h	6	9.1148	8.11408	3.31256	.5996	17.6300	.00
8h	6	19.7918	8.59609	3.50934	10.7708	28.8129	9.38
10h	6	30.9900	9.39661	3.83615	21.1289	40.8511	20.31
24h	6	100.0000	.00000	.00000	100.0000	100.0000	100.00
Total	24	39.9742	36.94931	7.54225	24.3718	55.5765	.00

Descriptives

percentage

	Maximum
4h	18.75
8h	31.25
10h	45.31
24h	100.00
Total	100.00

ANOVA

percentage

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	30260.646	3	10086.882	176.942	.000
Within Groups	1140.137	20	57.007		
Total	31400.782	23			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: percentage
Bonferroni

Post Hoc Tests

(I) time	(J) time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
4h	8h	-10.67700	4.35916	.142	-23.4368	2.0828
	10h	-21.87517*	4.35916	.000	-34.6349	-9.1154
	24h	-90.88517*	4.35916	.000	-103.6449	-78.1254
8h	4h	10.67700	4.35916	.142	-2.0828	23.4368
	10h	-11.19817	4.35916	.110	-23.9579	1.5616
	24h	-80.20817*	4.35916	.000	-92.9679	-67.4484
10h	4h	21.87517*	4.35916	.000	9.1154	34.6349
	8h	11.19817	4.35916	.110	-1.5616	23.9579
	24h	-69.01000*	4.35916	.000	-81.7698	-56.2502
24h	4h	90.88517*	4.35916	.000	78.1254	103.6449
	8h	80.20817*	4.35916	.000	67.4484	92.9679
	10h	69.01000*	4.35916	.000	56.2502	81.7698

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
ONEWAY percentage BY time
  /STATISTICS DESCRIPTIVES
  /MISSING ANALYSIS
  /POSTHOC=BONFERRONI ALPHA(0.05).
Oneway
```

Descriptives

percentage

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum
					Lower Bound	Upper Bound	
4h	6	14.0390	7.08218	2.89129	6.6067	21.4713	4.10
8h	6	25.4860	4.39495	1.79423	20.8738	30.0982	19.65
10h	6	31.3175	8.27740	3.37923	22.6309	40.0041	22.25
24h	6	87.2572	5.52352	2.25497	81.4606	93.0537	77.97
Total	24	39.5249	29.48589	6.01878	27.0741	51.9757	4.10

Descriptives

percentage

	Maximum
4h	22.25
8h	30.02
10h	44.28
24h	93.52
Total	93.52

ANOVA

percentage

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	19154.115	3	6384.705	151.568	.000
Within Groups	842.488	20	42.124		
Total	19996.603	23			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: percentage

Bonferroni

Post Hoc Tests

(I) time	(J) time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
4h	8h	-11.44700*	3.74719	.038	-22.4155	-.4785
	10h	-17.27850*	3.74719	.001	-28.2470	-6.3100
	24h	-73.21817*	3.74719	.000	-84.1866	-62.2497
8h	4h	11.44700*	3.74719	.038	.4785	22.4155
	10h	-5.83150	3.74719	.812	-16.8000	5.1370
	24h	-61.77117*	3.74719	.000	-72.7396	-50.8027
10h	4h	17.27850*	3.74719	.001	6.3100	28.2470
	8h	5.83150	3.74719	.812	-5.1370	16.8000
	24h	-55.93967*	3.74719	.000	-66.9081	-44.9712
24h	4h	73.21817*	3.74719	.000	62.2497	84.1866
	8h	61.77117*	3.74719	.000	50.8027	72.7396
	10h	55.93967*	3.74719	.000	44.9712	66.9081

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
ONEWAY percentage BY time
  /STATISTICS DESCRIPTIVES
  /MISSING ANALYSIS
  /POSTHOC=BONFERRONI ALPHA(0.05).
```

Oneway

Descriptives

percentage

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum
					Lower Bound	Upper Bound	
4h	6	10.0490	7.52244	3.07102	2.1547	17.9433	.00
8h	6	32.1077	8.07705	3.29744	23.6313	40.5840	20.59
10h	6	43.6275	7.00133	2.85828	36.2801	50.9749	32.35
24h	6	97.5490	2.40136	.98035	95.0289	100.0691	94.12
Total	24	45.8333	33.47470	6.83300	31.6982	59.9684	.00

Descriptives

percentage

	Maximum
4h	20.59
8h	41.18
10h	52.94
24h	100.00
Total	100.00

ANOVA

percentage

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	24889.730	3	8296.577	187.906	.000
Within Groups	883.055	20	44.153		
Total	25772.785	23			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: percentage

Bonferroni

Post Hoc Tests

(I) time	(J) time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
4h	8h	-22.05867*	3.83635	.000	-33.2881	-10.8292
	10h	-33.57850*	3.83635	.000	-44.8080	-22.3490
	24h	-87.50000*	3.83635	.000	-98.7295	-76.2705
8h	4h	22.05867*	3.83635	.000	10.8292	33.2881
	10h	-11.51983*	3.83635	.042	-22.7493	-.2904
	24h	-65.44133*	3.83635	.000	-76.6708	-54.2119
10h	4h	33.57850*	3.83635	.000	22.3490	44.8080
	8h	11.51983*	3.83635	.042	.2904	22.7493
	24h	-53.92150*	3.83635	.000	-65.1510	-42.6920
24h	4h	87.50000*	3.83635	.000	76.2705	98.7295
	8h	65.44133*	3.83635	.000	54.2119	76.6708
	10h	53.92150*	3.83635	.000	42.6920	65.1510

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
ONEWAY percentage BY time
  /STATISTICS DESCRIPTIVES
  /MISSING ANALYSIS
  /POSTHOC=BONFERRONI ALPHA(0.05).
```

Oneway

Descriptives

percentage

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum
					Lower Bound	Upper Bound	
4h	6	7.5570	6.06561	2.47627	1.1915	13.9225	.00
8h	6	28.3645	5.96605	2.43563	22.1035	34.6255	19.26
10h	6	38.7163	6.92377	2.82662	31.4503	45.9824	29.19
24h	6	100.0000	.00000	.00000	100.0000	100.0000	100.00
Total	24	43.6595	35.51956	7.25040	28.6609	58.6581	.00

Descriptives

percentage

	Maximum
4h	14.29
8h	35.40
10h	47.83
24h	100.00
Total	100.00

ANOVA

percentage

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	28416.086	3	9472.029	314.884	.000
Within Groups	601.619	20	30.081		
Total	29017.706	23			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: percentage

Bonferroni

Post Hoc Tests

(I) time	(J) time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
4h	8h	-20.80750*	3.16654	.000	-30.0763	-11.5387
	10h	-31.15933*	3.16654	.000	-40.4282	-21.8905
	24h	-92.44300*	3.16654	.000	-101.7118	-83.1742
8h	4h	20.80750*	3.16654	.000	11.5387	30.0763
	10h	-10.35183*	3.16654	.023	-19.6207	-1.0830
	24h	-71.63550*	3.16654	.000	-80.9043	-62.3667
10h	4h	31.15933*	3.16654	.000	21.8905	40.4282
	8h	10.35183*	3.16654	.023	1.0830	19.6207 -
	24h	-61.28367*	3.16654	.000	-70.5525	52.0148
24h	4h	92.44300*	3.16654	.000	83.1742	101.7118
	8h	71.63550*	3.16654	.000	62.3667	80.9043
	10h	61.28367*	3.16654	.000	52.0148	70.5525

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาว รุ่งระวี ทวีทุน เกิดเมื่อวันที่ 6 สิงหาคม พ.ศ. 2535 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีจากคณะสาธารณสุขศาสตร์ สาขาอนามัยสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ในปีการศึกษา 2556 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2557

ผลงานวิจัยส่วนหนึ่งจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้เผยแพร่ในงานประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติครั้งที่ 16 สวสท.60 จัดที่โรงแรมเดอะ ทวิน ทาวเวอร์ รองเมือง กรุงเทพฯ ในชื่อหัวข้อ การเตรียมน้ำมันหอมระเหยอบเชย กานพลู ตะไคร้หอม และยูจีนอล ในการศึกษาประสิทธิภาพการต้านจุลชีพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University