

บทที่ 3

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ผลการสกัดน้ำมันหอมระเหยและการรวบรวมน้ำมันไมระเหยจากสมุนไพรไทย

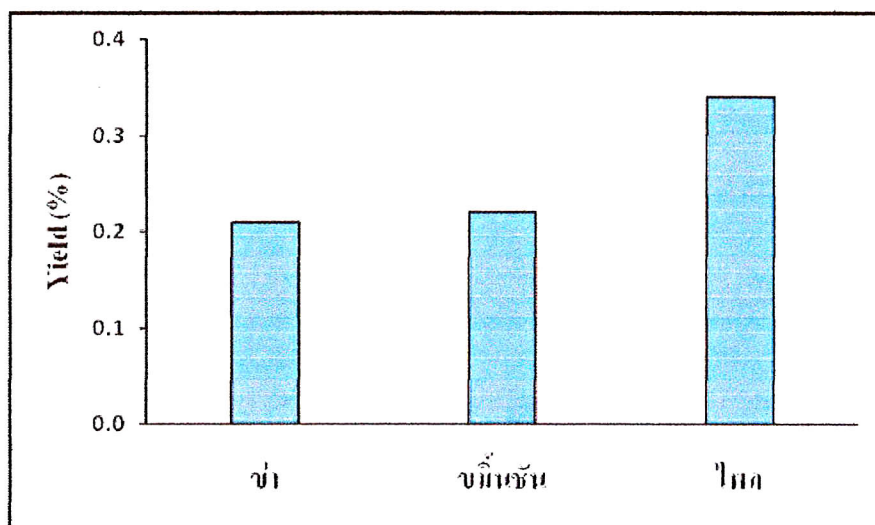
ได้ทำการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าสมุนไพรทั้ง 3 โดยวิธี Hydrodistillation ผลการทดลองพบว่าเหง้าพืชสมุนไพรแต่ละชนิดให้น้ำมันหอมระเหยในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยเหง้าข่าและขมิ้นชันให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยใกล้เคียงกันคือประมาณ 0.2 % v/w ส่วนเหง้าไพลให้น้ำมันหอมระเหยมากที่สุด เท่ากับ 0.3 % v/w ดังแสดงในตารางที่ 3-1 และรูปที่ 3-1 ลักษณะของน้ำมันหอมระเหยจากพืชแต่ละชนิดพบว่าคล้ายกันคือเป็นของเหลวใส แต่มีความแตกต่างกันที่สี ดังบรรยายในตารางที่ 3-2 และแสดงลักษณะในรูปที่ 3-2

ตารางที่ 3-1 แสดงปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้

ลำดับที่	ชื่อพืช	Yield (%)
1	ข่า	0.21 ± 0.05
2	ขมิ้นชัน	0.22 ± 0.04
3	ไพล	0.34 ± 0.03

ตารางที่ 3-2 สมบัติภายนอกของน้ำมันหอมระเหย

น้ำมันหอมระเหย	ลักษณะ	กลิ่น
ข่า	ของเหลว ใส ไม่มีสี	หอมฉุน
ขมิ้นชัน	ของเหลว ใส สีเหลือง	หอมเย็น
ไพล	ของเหลว ใส สีเหลืองอ่อน	หอมเย็น



รูปที่ 3-1 เปรียบเทียบปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากพืชชนิดต่าง ๆ



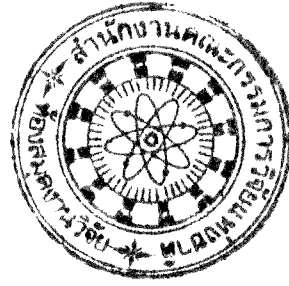
รูปที่ 3-2 แสดงลักษณะของน้ำมันหอมระเหยจากพืชทั้งสาม

ผลการศึกษาความหนาแน่นและ Refractive index ของน้ำมันหอมระเหย

ความหนาแน่นและ Refractive index ของน้ำมันหอมระเหย เป็นค่าจำเพาะของน้ำมันเหล่านั้น ดังนั้นค่าความหนาแน่นและ Refractive index ของน้ำมันหอมระเหยจึงใช้เป็นตัวควบคุมมาตรฐานของน้ำมันได้ด้วย ผลการทดลองเมื่อนำน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ ทั้งสามชนิด มาศึกษาหาความหนาแน่นและ Refractive index ได้แสดงในตารางที่ 3-3 จากตารางดังกล่าวจะเห็นว่าน้ำมันหอมระเหยจากพืชทั้งสามมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ จึงลอยอยู่บนผิวน้ำ สำหรับค่า Refractive index เมื่อเทียบกับน้ำ พบว่าน้ำมันหอมระเหยของพืชทั้งสามมีค่า Refractive index สูงกว่าน้ำ

ตารางที่ 3-3 แสดงค่าความหนาแน่น และ Refractive index ของน้ำมันหอมระเหย

น้ำมันหอมระเหย หรือตัวควบคุม	ความหนาแน่น (กรัม/มิลลิลิตร)	Refractive index
ข่า	0.875	1.482
ขมิ้นชัน	0.883	1.621
ไพล	0.900	1.501
น้ำ (ตัวควบคุม)	1.000	1.333



ผลการศึกษาสมบัติการละลายของน้ำมันหอมระเหย

เมื่อนำน้ำมันหอมระเหย ที่สกัดได้ ทั้งสามชนิด มาศึกษาสมบัติการละลาย พบว่า น้ำมันหอมระเหยทั้งสามชนิดมีสมบัติการละลายใกล้เคียงกัน โดยทั่วไปแล้วพบว่าน้ำมันทั้งสามละลายได้ดีใน Ethanol และ Hexane และไม่สามารถละลายในน้ำ ละลายยากใน DMSO, Propylene glycol และ Methanol ดังแสดงในตารางที่

ตารางที่ 3-4 แสดงสมบัติการละลายของน้ำมันหอมระเหย

ตัวทำละลาย	ส่วนของตัวทำละลายที่ใช้ละลายตัวถูกละลาย 1 ส่วน		
	น้ำมันข่า	น้ำมันมินชัน	น้ำมันไพล
น้ำ	>10000	>10000	>10000
DMSO	500	650	450
PEG 400	40	40	30
Propylene glycol	400	450	300
Isopropyl myristate	<10	<10	<10
Methanol	600	700	600
Mineral oil	15	15	20
Ethanol	<10	<10	<10
Hexane	<10	<10	<10

ผลการศึกษาค่าแรงตึงผิวของน้ำมันหอมระเหย

เมื่อนำน้ำมันหอมระเหย ที่สกัดได้ ทั้งสามชนิด มาศึกษาหาค่าแรงตึงผิว พบว่าแรงตึงผิวของน้ำมันหอมระเหยทั้งสามชนิดมีค่าต่ำกว่า น้ำ DMSO, PEG 400 และ Polyethylene glycol ตามลำดับ แต่มีค่าสูงกว่า Isopropyl myristate, Methanol, Mineral oil, และ Ethanol ตามลำดับ ในบรรดาน้ำมันหอมระเหย ทั้งสามชนิด พบว่าน้ำมันหอมระเหยของไพลมีค่าสูงที่สุด รองลงมาเป็นน้ำมันหอมระเหยของชำและขมิ้น ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3-5

ตารางที่ 3-5 แสดงค่าแรงตึงผิวของน้ำมันหอมระเหย

น้ำมันหอมระเหย / ตัวทำละลาย	แรงตึงผิว (ดาไน์/เซนติเมตร)
ชำ	30.5
ขมิ้น	29.1
ไพล	32.3
Water	71.1
DMSO	43.6
PEG400	37.6
Propylene glycol	36.0
Isopropyl myristate	28.5
Methanol	23.1
Mineral oil	22.9
Ethanol	22.6

ผลการศึกษาด้านเชื้อจุลินทรีย์

การศึกษาด้านเชื้อจุลินทรีย์ในโครงการวิจัยนี้ได้เริ่มต้นจากการทดสอบเปรียบเทียบฤทธิ์ด้านเชื้อของน้ำมันหอมระเหยของสมุนไพรทั้งสาม โดยใช้วิธี Disc diffusion และ Well diffusion การใช้วิธีทดสอบสองวิธีเพื่อเป็นการตรวจสอบด้วยว่าวิธีไหนน่าจะเป็นวิธีที่เหมาะสม สำหรับใช้ทดสอบตลอดโครงการ เชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในสุกรที่ใช้ทดสอบในขั้นตอนนี้เป็น *E. coli* (Field strain) จำนวน 3 สายพันธุ์ และ *Corynebacterium spp.* จำนวน 1 สายพันธุ์ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 3-6 สำหรับวิธี Disc diffusion และ ตารางที่ 3-7 สำหรับวิธี Well diffusion ผลการทดลองพบว่าโดยอาศัยวิธี Disc diffusion ไม่สามารถเห็นบริเวณยับยั้งเชื้อเลย เสมือนหนึ่งว่าสารทดสอบไม่มีฤทธิ์ด้านเชื้อ แต่โดยวิธี Well diffusion สามารถสังเกตเห็นบริเวณยับยั้งเชื้อได้ ดังนั้นจึงพิจารณาว่าวิธี Well diffusion เป็นวิธีที่เหมาะสมกว่าวิธี Disc diffusion เพื่อใช้ในเป็นวิธีทดสอบตลอดโครงการ เนื่องจากทำให้สามารถเห็นบริเวณยับยั้งเชื้อและสามารถแยกความแตกต่างของความสามารถในการยับยั้งเชื้อของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรทั้งสามได้เป็นอย่างดี ดังนั้นจึงได้พิจารณาใช้วิธี Well diffusion method เป็นวิธีการศึกษาด้านเชื้อในขั้นตอนต่อไปและตลอดโครงการ

สำหรับผลการทดสอบในเบื้องต้นนี้จากวิธี Well diffusion พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากข่าสามารถต้านเชื้อ *E. coli* ที่ใช้ทดสอบทั้ง 3 สายพันธุ์ ส่วนน้ำมันหอมระเหยจากไพลสามารถต้านเชื้อ *E. coli* ที่ใช้ทดสอบได้เพียง 2 สายพันธุ์ ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยจากขมิ้นไม่มีฤทธิ์การต้านเชื้อดังกล่าวเลย

ก่อนที่จะพิจารณาว่าข่าเป็นพืชสมุนไพรที่มีฤทธิ์ดีที่สุดในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในสุกร ได้ทำการวิจัยเพื่อยืนยันผลการทดสอบอีกครั้งโดยใช้วิธี Well diffusion ซึ่งในครั้งนี้ได้ใช้เชื้อจุลินทรีย์มากชนิดขึ้น ได้แก่ เชื้อมาตรฐาน 3 ชนิด ได้แก่ เชื้อ *E. coli* ATCC25922 เชื้อ *S. aureus* ATCC25923 และเชื้อ *S. typhimurium* ATCC14028 และเชื้อ Field strain อีก 5 สายพันธุ์ ได้แก่ เชื้อ *E. coli* จำนวน 3 สายพันธุ์ เชื้อ *P. multocida* จำนวน 1 สายพันธุ์ และเชื้อ *Corynebacterium spp.* จำนวน 1 สายพันธุ์ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 3-8 ถึงตารางที่ 3-10

ตารางที่ 3-6 แสดงการต้านเชื้อ *E. coli* ของน้ำมันหอมระเหยเมื่อใช้ Disc diffusion

ชนิดพืช	เส้นผ่าศูนย์กลางบริเวณยับยั้ง (มม)			
	<i>E. coli</i> Strain 1	<i>E. coli</i> Strain 2	<i>E. coli</i> Strain 3	<i>Corynebacterium</i> <i>spp.</i>
ข่า	NZ	NZ	NZ	NZ
ขมิ้นชัน	NZ	NZ	NZ	NZ
ไพล	NZ	NZ	NZ	NZ

NZ = ไม่มีบริเวณยับยั้ง (no inhibition zone)

ตารางที่ 3-7 แสดงการต้านเชื้อ *E.coli* ของน้ำมันหอมระเหยเมื่อใช้วิธี Well diffusion

ชนิดพืช	เส้นผ่าศูนย์กลางบริเวณยับยั้ง (มม)			
	<i>E. coli</i> Strain 1	<i>E. coli</i> Strain 2	<i>E. coli</i> Strain 3	<i>Corynebacterium</i> <i>spp.</i>
ข่า	10.0 ± 0.5	10.4 ± 0.7	9.4 ± 0.7	NZ
ขมิ้นชัน	NZ	NZ	NZ	NZ
ไพล	NZ	10.4 ± 0.5	9.7 ± 1.5	NZ

NZ = ไม่มีบริเวณยับยั้ง (no inhibition zone)

ตารางที่ 3-8 แสดงฤทธิ์การต้านเชื้อของน้ำมันหอมระเหยจากข่า

เชื้อทดสอบ	เส้นผ่าศูนย์กลางบริเวณยับยั้ง (มม)
<i>E. coli</i> ATCC25922	10.2 ± 0.7
<i>S. typhimurium</i> ATCC14028	9.5 ± 0.1
<i>S. aureus</i> ATCC25923	10.0 ± 0.6
<i>E. coli</i> (strain 1)	10.5 ± 0.1
<i>E. coli</i> (strain 2)	10.0 ± 0.5
<i>E. coli</i> (strain 3)	9.1 ± 0.8
<i>P. multocida</i>	NZ
<i>Corynebacterium spp.</i>	NZ

NZ = ไม่มีบริเวณยับยั้ง (no inhibition zone)

ตารางที่ 3-9 แสดงฤทธิ์การต้านเชื้อของน้ำมันหอมระเหยจากขมิ้นชัน

เชื้อทดสอบ	เส้นผ่าศูนย์กลางบริเวณยับยั้ง (มม)
<i>E. coli</i> ATCC25922	NZ
<i>S. typhimurium</i> ATCC14028	NZ
<i>S. aureus</i> ATCC25923	NZ
<i>E. coli</i> (strain 1)	NZ
<i>E. coli</i> (strain 2)	NZ
<i>E. coli</i> (strain 3)	NZ
<i>P. multocida</i>	NZ
<i>Corynebacterium spp.</i>	NZ

NZ = ไม่มีบริเวณยับยั้ง (no inhibition zone)

ตารางที่ 3-10 แสดงฤทธิ์การต้านเชื้อของน้ำมันหอมระเหยจากไพล

เชื้อทดสอบ	เส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณยับยั้ง (มม)
<i>E. coli</i> ATCC25922	18.2 ± 0.5
<i>S. typhimurium</i> ATCC14028	15.7 ± 0.2
<i>S. aureus</i> ATCC25923	17.5 ± 0.1
<i>E. coli</i> (strain 1)	NZ
<i>E. coli</i> (strain 2)	11.4 ± 0.1
<i>E. coli</i> (strain 3)	11.7 ± 0.3
<i>P. multocida</i>	NZ
<i>Corynebacterium</i> spp.	NZ

NZ = ไม่มีบริเวณยับยั้ง (no inhibition zone)

จากผลการทดลองข้างต้น หากเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านเชื้อในกลุ่มน้ำมันหอมระเหยจะพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากข่าและน้ำมันหอมระเหยจากไพล สามารถทำลายเชื้อมาตรฐานที่นำมาทดสอบได้ทั้งสามชนิด คือ *E. coli* ATCC25922, *S. typhimurium* ATCC14028, และ *S. aureus* ATCC25923 ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยจากขมิ้นชันไม่แสดงฤทธิ์ต้านเชื่อดังกล่าวเลย สำหรับเชื้อทดสอบที่เป็น *E. coli* สายพันธุ์ Field strain พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากข่ายังคงแสดงการต้านเชื้อ *E. coli* สายพันธุ์ Field strain ได้ทั้งสามสายพันธุ์ ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยจากไพลแสดงการต้านเชื้อ *E. coli* สายพันธุ์ Field strain ได้ 2 สายพันธุ์ ส่วนน้ำมันหอมระเหยจากขมิ้นชันไม่แสดงฤทธิ์ต้านเชื่อดังกล่าวเลย

จากผลการทดลองข้างต้น จะเห็นว่าน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด มีความสามารถในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในสูตรที่นำมาทดสอบได้แตกต่างกัน จึงทำให้พิจารณาว่าองค์ประกอบของน้ำมันทั้งสามน่าจะมีความแตกต่างกันมากแม้ว่าจะเป็นพืชในวงศ์เดียวกัน ดังนั้นเพื่อเป็นการพิสูจน์ในเรื่องนี้จึงได้นำน้ำมันหอมระเหยของพืชทั้งสาม ไปศึกษาหาองค์ประกอบโดยอาศัยเครื่อง GC-MS ใช้วิธีอิเล็กตรอนอิมแพค (Electron Impact (EI) mode) ผลการทดลองพบว่าองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยของพืชทั้งสามชนิด มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน ทั้งด้านจำนวนชนิดและปริมาณขององค์ประกอบเหล่านั้น ดังแสดงโครมาโตแกรมในรูปที่ 3-3 ถึงรูปที่ 3-5 และตารางที่ 3-11 ถึงตารางที่ 3-13 สำหรับน้ำมันหอมระเหยจากข่า ขมิ้นชัน และไพล ตามลำดับ พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากข่ามีองค์ประกอบที่สามารถระบุได้ จำนวน 30 ชนิด องค์ประกอบที่มีปริมาณมากที่สุดคือ 1,8-Cineole มีปริมาณ 36.33% และออกมาในนาที่ที่ 3.32 องค์ประกอบที่มีปริมาณมากรองลงมาคือ 4-allylphenyl acetate มีปริมาณ 33.31% และออกมาในนาที่ที่ 10.56 ส่วนน้ำมันหอมระเหยจากขมิ้นชันมีองค์ประกอบที่สามารถระบุได้ จำนวน 23 ชนิด องค์ประกอบที่มีปริมาณมากที่สุดคือ beta-Bisabolene มีปริมาณ 48.59% และออกมาในนาที่ที่ 22.23 องค์ประกอบที่มีปริมาณมากรองลงมาคือ alpha-Turmerone มีปริมาณ 13.21% และออกมาในนาที่ที่ 23.17 ส่วนน้ำมันหอมระเหยจากไพลมีองค์ประกอบที่สามารถระบุได้ จำนวน 14 ชนิด องค์ประกอบที่มีปริมาณมากที่สุดคือ Terpinen-4-ol มีปริมาณ 55.88% และออกมาในนาที่ที่ 5.93 องค์ประกอบที่มีปริมาณมากรองลงมาคือ gamma-Terpinene มีปริมาณ 11.05% และออกมาในนาที่ที่ 3.56

ตารางที่ 3-11 แสดงองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากข่า

Peak No	RT (min)	สาร	พื้นที่ใต้กราฟ (%)	%QA
1	3.32	1,8-Cineole	36.33	98
2	3.56	gamma-Terpinene	1.22	97
3	3.99	alpha-Terpinolene	0.44	98
4	4.09	1-Undecene	0.20	95
5	4.55	(E)-4,8-dimethyl-1,2,3,7-nonatriene	0.27	92
6	4.81	Unidentified	0.12	-
7	5.48	(-)-Borneol	0.72	97
8	5.75	Terpinene-4-ol	3.45	-
9	6.03	Estragole = methyl chavicol	0.19	91
10	6.16	dill Ether	0.20	99
11	6.25	alpha-Terpineol	0.20	98
12	7.50	Z-citral = neral	1.23	97
13	8.51	(-)-Bornyl acetate	0.39	98
14	10.56	4-Allylphenyl acetate	33.31	96
15	10.78	alpha-Cubebene	0.15	98
16	11.55	Decaoic acid	1.31	91
17	11.91	Unidentified	1.27	-
18	12.30	beta-Elemene	1.91	98
19	12.83	alpha-Gurjunene	0.20	98
20	13.39	trans-beta-Caryophyllene	3.38	94
21	14.05	Unidentified	0.47	-
22	15.44	trans-beta-Farnesene	0.42	95
23	15.56	beta-Selinene	0.46	96

(ต่อหน้าถัดไป)

ตารางที่ 3-11 (ต่อ)

Peak No	RT (min)	สาร	พื้นที่ใต้กราฟ (%)	%QA
24	15.71	delta-Selinene	0.31	90
25	15.95	Pentadecane	0.80	91
26	16.50	alpha-Amorphene	2.58	99
27	16.65	7-epi-alpha-Selinene	0.83	98
28	16.79	trans-gamma-Bisabolene acetyl eugenol	0.85	94
29	20.06	Unidentified	0.63	-
30	21.08	alpha-Cadinol	0.61	95
31	21.62	gamma-Selinene	0.40	98
32	22.21	beta-Bisabolene	0.84	83
33	22.45	Apiol	0.65	98
34	27.46	alpha-trans-Bergamotol	0.30	87

ตารางที่ 3-12 แสดงองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากขมิ้นชัน

Peak No	RT (min)	สาร	พื้นที่ใต้กราฟ (%)	%QA
1	3.13	para-Cymene	0.72	95
2	3.19	alpha-Terpinene	0.23	98
3	3.27	ortho-Cymene	4.87	99
4	3.54	gamma-Terpinene	0.10	97
5	4.00	alpha-Terpinolene	1.37	98

(ต่อหน้าถัดไป)

ตารางที่ 3-12 (ต่อ)

Peak No	RT (min)	สาร	พื้นที่ใต้กราฟ (%)	%QA
6	5.71	(+)-Borneol	0.18	97
7	5.84	Terpinen-4-ol	0.10	91
8	6.00	para-Cymen-8-ol	0.33	90
9	12.86	alpha-Gurjunene	1.97	96
10	13.36	trans-beta-Caryophyllene	0.44	98
11	13.77	beta-Santalol	0.24	93
12	14.07	Unidentified	0.88	-
13	15.06	gamma-Gurjunene	1.93	99
14	15.55	beta-Selinene	3.79	95
15	15.97	alpha-Murolene	1.29	98
16	16.43	allo-Ocimene	3.30	97
17	16.59	beta-Sesquiphellandrene	3.36	99
18	16.68	Unidentified	0.67	-
19	18.52	Unidentified	2.72	-
20	18.99	Caryophyllene oxide	0.85	98
21	19.39	Unidentified	0.94	-
22	19.58	Unidentified	0.60	-
23	19.71	Unidentified	0.49	-
24	22.23	beta-Bisabolene	48.59	91
25	22.77	Germacrone	0.53	94
26	23.17	alpha-Tumerone	13.21	95
27	24.40	(6R, 1'R)-6-(1',5'-dimethylhex-4'-enyl)-3-methylcyclohex-2-enone	0.61	93
28	24.71	Unidentified	0.37	-

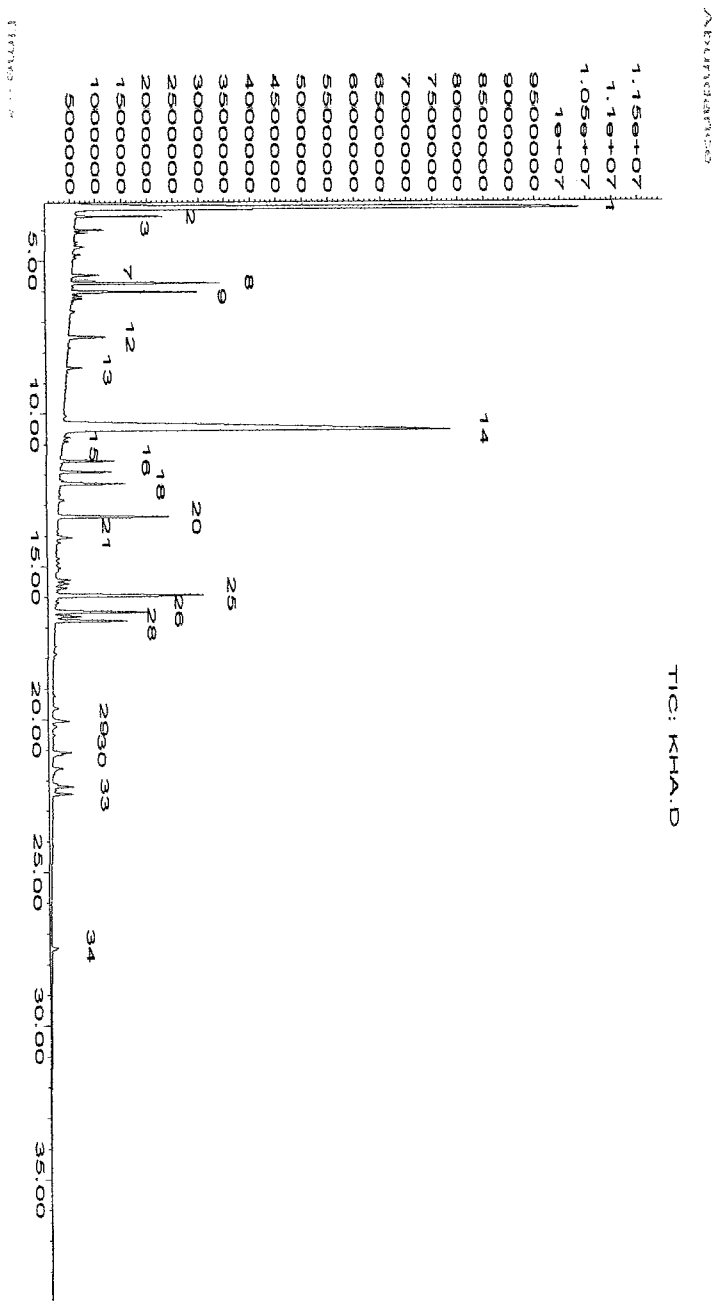
(ต่อหน้าถัดไป)

ตารางที่ 3-12 (ต่อ)

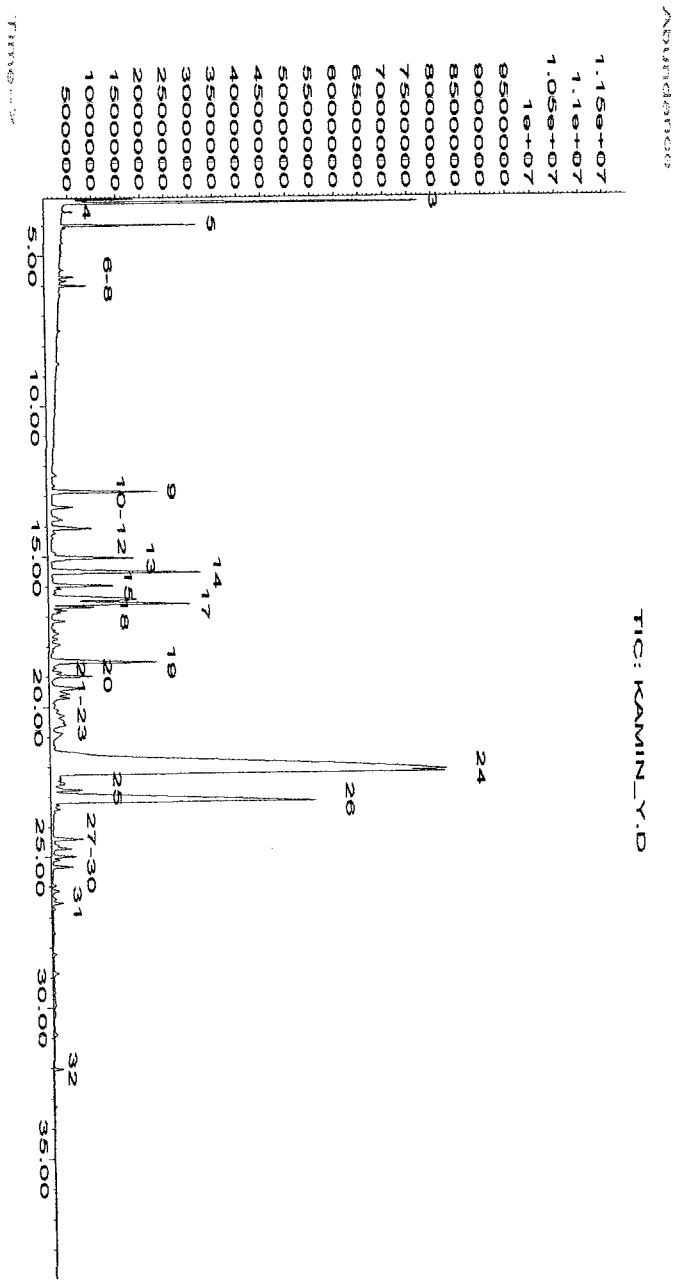
Peak No	RT (min)	สาร	พื้นที่ใต้กราฟ (%)	%QA
29	24.98	(2-nitro-2-propenyl)- Cyclohexane	0.46	80
30	25.32	Benzyl benzoate	0.38	87
31	26.52	Unidentified	0.22	-
32	32.03	Unidentified	0.15	-

ตารางที่ 3-13 แสดงองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากไพล

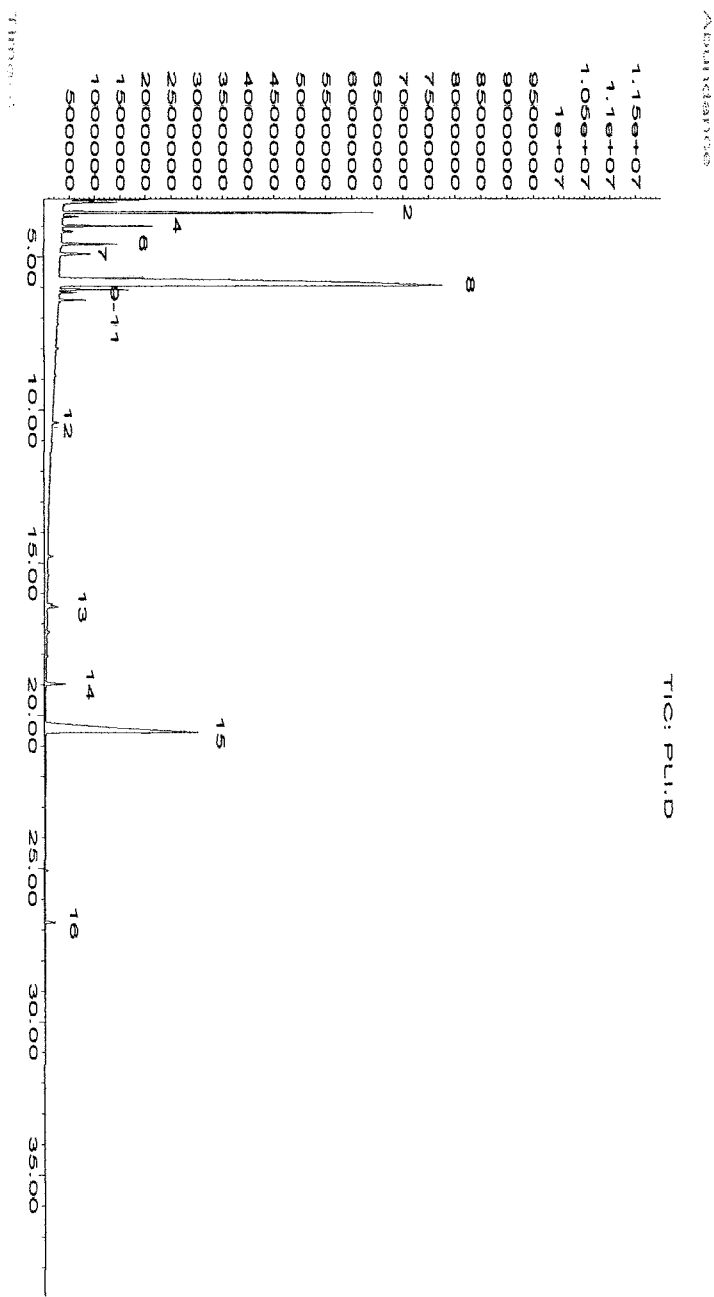
Peak No	RT (min)	สาร	พื้นที่ใต้กราฟ (%)	%QA
1	3.21	alpha-Terpinene	0.33	94
2	3.56	gamma-Terpinene	11.05	97
3	3.68	cis-Sabinene hydrate	0.45	98
4	3.99	alpha-Terpinolene	2.53	98
5	4.16	trans-Linalool oxide	0.39	95
6	4.58	neo-allo-Ocimene	2.1	89
7	4.9	gamma-Terpinene	1.47	96
8	5.93	Terpinen-4-ol	55.88	98
9	6.07	para-Cymen-8-ol	1.97	91
10	6.16	dill Ether	0.49	89
11	6.41	cis-Piperitol	0.86	95
12	10.42	delta-Elementene	0.26	83
13	16.44	Allo-ocimene	0.57	99
14	18.98	Caryophyllene oxide	0.99	90
15	20.55	Unidentified	20.59	-
16	26.77	Unidentified	0.50	-



รูปที่ 3-3 แสดง GC Chromatogram ของน้ำมันหอมระเหยจากป่า



รูปที่ 3-4 แสดง GC Chromatogram ของน้ำมันหอมระเหยจากขมิ้นชัน



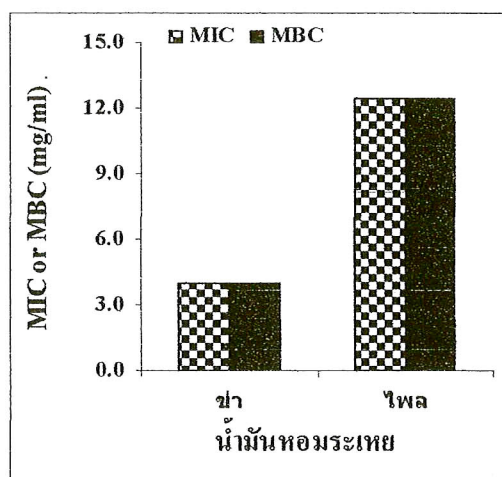
รูปที่ 3-5 แสดง GC Chromatogram ของน้ำมันหอมระเหยจากไพล

ในการพิจารณาคัดเลือกน้ำมันหอมระเหยเพื่อศึกษาในขั้นตอนต่อไป คณะวิจัยได้พิจารณาจากความสามารถด้านเชื้อจุลินทรีย์ และได้พิจารณาฤทธิ์ระหว่างน้ำมันหอมระเหยจากข่าและน้ำมันหอมระเหยจากไพลเนื่องจากผลการทดลองที่ผ่านมาพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากข่ามีฤทธิ์ค่อนข้างดีกว่าน้ำมันหอมระเหยจากไพล ดังนั้นน้ำมันหอมระเหยจากข่าจึงน่าจะเป็นน้ำมันที่ควรคัดเลือกมากที่สุด แต่เพื่อเป็นการยืนยันว่าการคัดเลือกไม่ผิดพลาด คณะวิจัยจึงได้ทำการทดสอบอีกครั้งเพื่อเปรียบเทียบความแรงของฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหยทั้งสอง โดยในครั้งนี้ได้ทำการเปรียบเทียบค่า MIC และ MBC แทนการวัดความกว้างของบริเวณยับยั้ง โดยใช้เชื้อมาตรฐาน 2 ชนิดที่เป็นตัวแทนของเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกและเชื้อแบคทีเรียแกรมลบ คือเชื้อ *S. aureus* ATCC 25223 และเชื้อ *E. coli* ATCC 25222 ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 3-14 ถึงตารางที่ 3-15 และรูปที่ 3-6 ถึงรูปที่ 3-7 สำหรับเชื้อดังกล่าวตามลำดับ จากผลการทดลองดังกล่าวพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากข่ามีฤทธิ์แรงกว่าน้ำมันหอมระเหยจากไพล เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยจากข่าให้ค่า MIC และ MBC ที่ด้านเชื้อทั้งสองชนิดที่ต่ำกว่าน้ำมันหอมระเหยจากไพลอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนั้นจากการทดลองที่กล่าวข้างต้นจะเห็นว่าน้ำมันหอมระเหยจากข่าสามารถต้านเชื้อจุลินทรีย์ได้มากกว่าพันธุ์กว่าน้ำมันหอมระเหยจากไพล ดังนั้นจึงพิจารณาคัดเลือกน้ำมันหอมระเหยจากข่าเป็นน้ำมันที่มีความสามารถมากที่สุดในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในสุกร และเพื่อเป็นน้ำมันที่ใช้ศึกษาในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 3-14 แสดงค่า MIC และ MBC ต่อเชื้อ *S. aureus* ATCC 25223 ของ
น้ำมันหอมระเหยจากข่าและน้ำมันหอมระเหยจากไพล

ชนิดพืช	MIC (mg/ml)	MBC (mg/ml)
ข่า	4.0	4.0
ไพล	12.5	12.5

หมายเหตุ เนื่องจากผลการทดลองทั้ง 3 ซ้ำ ได้ค่าเท่ากันจึงไม่ได้แจกแจงเป็นค่าเฉลี่ย

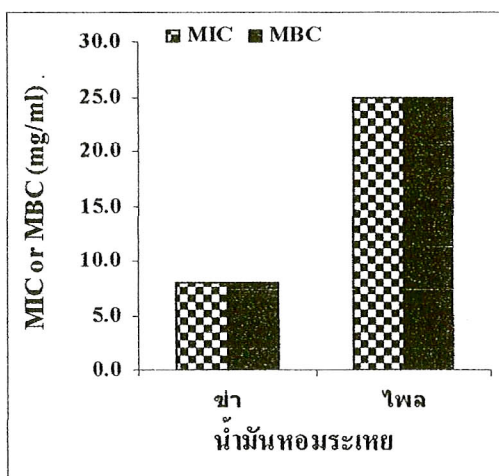


รูปที่ 3-6 เปรียบเทียบค่า MIC และ MBC ต่อเชื้อ *S. aureus* ATCC 25223 ระหว่างน้ำมันหอมระเหยจากข่าและน้ำมันหอมระเหยจากไพล

ตารางที่ 3-15 แสดงค่า MIC และ MBC ต่อเชื้อ *E. coli* ATCC 25222 ของ น้ำมันหอมระเหยจากข่าและน้ำมันหอมระเหยจากไพล

ชนิดพืช	MIC (mg/ml)	MBC (mg/ml)
ข่า	8.0	8.0
ไพล	25.0	25.0

หมายเหตุ เนื่องจากผลการทดลองทั้ง 3 ข้าง ได้ค่าเท่ากันจึงไม่ได้แจกแจงเป็นค่าเฉลี่ย



รูปที่ 3-7 เปรียบเทียบค่า MIC และ MBC ต่อเชื้อ *E. coli* ATCC 25222
ระหว่างน้ำมันหอมระเหยจากข่าและน้ำมันหอมระเหยจากไพล

มีรายงานการวิจัยก่อนหน้านี้พบว่าข่ามีสารออกฤทธิ์ คือ 1'-acetoxychavicol acetate, 1'-acetoxyeugenol acetate และ eugenol ช่วยลดการอักเสบ (Naovi และคณะ, 1991) ส่วนน้ำมันหอมระเหยจากข่ามีผู้รายงานก่อนหน้านี้ว่าประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญได้แก่ alpha-Pinene, beta-Pinene, Limonene, 1,8-Cineole, alpha-Terpineol, และ Terpinen-4-ol (Chinsiriwong และคณะ 1983), Galangal A, Galangal B, Galanolactone, (E)-8(17)-12-labdien-15,16-dial, (E)-8b(17)-epoxylabd-12-ene-15,16-dial (Morita และคณะ, 1988) ซึ่งทำให้มีการศึกษาถึงฤทธิ์ของอนุพันธ์ของสารที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในข่ามากมาย เช่น ฤทธิ์ลดการบีบตัวของลำไส้ พบว่าข่ามีฤทธิ์ลดการบีบตัวของลำไส้ โดยพบสารออกฤทธิ์ คือ cineole, camphor และ eugenol (Limsrimanee และคณะ 1983; Achararit และคณะ 1984) ฤทธิ์ในการขับน้ำดี เนื่องจากข่ามี Eugenol ซึ่งมีฤทธิ์ขับน้ำดี จึงช่วยย่อยอาหารได้ และฤทธิ์ในการขับลม เนื่องจากข่ามีน้ำมันหอมระเหย (Janssen และคณะ 1986; Haraguchi และคณะ 1996) ซึ่งมีฤทธิ์ขับลม ฤทธิ์ลดการอักเสบ ตำรับที่มีข่าเป็นส่วนประกอบจึงมีฤทธิ์ลดอักเสบได้ (Bhakuni และคณะ 1969) นอกจากนั้นยังมีรายงานฤทธิ์ยับยั้งแผลในกระเพาะอาหาร

เพาะขำมีสารออกฤทธิ์คือ 1'-acetoxychavicol acetate และ 1'-acetoxyeugenol acetate จึงช่วยยับยั้งแผลในกระเพาะอาหารได้ (Mokkhasmit และคณะ 1971) นอกจากนี้ขำยังมีรายงานว่า สารสกัดขำด้วยน้ำกลั่น เมทานอล ไดคลอโรมีเทน เฮกเซน หรืออัลกอฮอล์ สามารถฆ่าเชื้อรา คือ *Microsporum gypseum*, *Trichophyton rubrum* และ *Trichophyton mentagrophyte* ที่เป็นสาเหตุของโรคกลากเกลื้อนได้ (Singh และคณะ 1999) โดยพบ 1'-acetoxychavicol acetate และ 1'-acetoxyeugenol acetate เป็นสารสำคัญในการออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อรา (Trakranrungsie และคณะ 2003, Chatchawanchonteera และคณะ 2003)

สำหรับในการศึกษาในครั้งนี้ ขำที่นำมาทำการทดลองอยู่ในเขตภาคเหนือของประเทศไทย ดังนั้นชนิดและปริมาณสารที่เป็นองค์ประกอบภายในอาจแตกต่างจากที่มีรายงานไว้บ้าง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพของดิน สภาพภูมิอากาศและภูมิประเทศ ซึ่งล้วนมีผลต่อการสังเคราะห์แสงเพื่อให้ได้มาซึ่งสารเหล่านั้น เมื่อพิจารณาอย่างละเอียดจากผลของ GC-MS ที่ได้จากการศึกษาองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากขำในการวิจัยครั้งนี้ พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากขำมีสารต่างๆ จำนวนมากที่สุดถึง 34 ชนิด ดังที่แสดงในตารางที่ 3-11 ซึ่งเป็นสารที่รูปองค์ประกอบสามารถระบุได้ จำนวน 30 ชนิด โดยพบว่ามีสาร 1,8-cineole มากที่สุด นอกจากนั้นยังมีสารสำคัญอื่น ๆ ได้แก่ Terpinene-4-ol, Methyl chavicol, 4-Allylphenyl acetate, trans-beta-Caryophyllene, Pentadecane, alpha-Amorphene และ trans-gamma-Bisabolene acetyl eugenol โดยเฉพาะสาร 1,8-Cineole, Methyl chavicol และ trans-gamma-Bisabolene acetyl eugenol ซึ่งมีรายงานว่ามียฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราได้ด้วย สารมีฤทธิ์ดังกล่าวเหล่านี้ ได้แสดงในตารางที่ 3-16 ซึ่งเป็นผลที่ได้จาก GC-MS ของน้ำมันหอมระเหยจากขำในการวิจัยครั้งนี้

เนื่องจากสารในตารางที่ 3-16 เป็นสารที่พบในน้ำมันหอมระเหยจากขำและมีรายงานยืนยันฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย จึงพิจารณาว่าสารเหล่านี้เป็นสารที่มีประสิทธิภาพ และน่าจะใช้เป็นสารบ่งชี้ในการออกฤทธิ์ได้เป็นอย่างดี ดังนั้นการทดสอบความคงสภาพของน้ำมันหอมระเหยจากขำจึงได้มุ่งวิเคราะห์ปริมาณสารเหล่านี้เป็นหลัก การศึกษาความคงสภาพของน้ำมันหอมระเหยจากขำได้เก็บไว้ในตู้เย็น เก็บที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 30 องศาเซลเซียส) และเก็บที่อุณหภูมิสูงคือเก็บในตู้อบที่มีอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 3 เดือน พบว่าความคงสภาพขององค์ประกอบที่มีประสิทธิภาพลดลงในระดับต่าง ๆ กันดัง

แสดงในตารางที่ 3-17 และรูปที่ 3-8 ถึงรูปที่ 3-10 สำหรับสถานะอุณหภูมิต่าง ๆ ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่าสารส่วนใหญ่มีความคงสภาพดีเมื่อเก็บไว้ในที่เย็น โดยจะสังเกตว่ามีปริมาณสารสำคัญเหลือมากที่สุด ส่วนที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิสูง พบว่าสารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยจากข่าจะมีความคงสภาพน้อยลง ดังนั้นจะเห็นได้ว่าในสภาพการเก็บที่ต่างกัน จะมีผลต่อการลดลงของสารประกอบเคมีที่มีอยู่ในสารสกัดสมุนไพร ดังนั้นวิธีการเก็บรักษาจึงเป็นข้อควรพิจารณาในการเก็บรักษาสารสกัดสมุนไพร สำหรับการทดลองในเรื่องนี้สามารถกล่าวโดยสรุปได้ว่า การเก็บน้ำมันหอมระเหยจากข่าควรเก็บได้ในตู้เย็นดีที่สุดสุด รองมาคือการเก็บที่ อุณหภูมิห้อง และที่ห้องควบคุมอุณหภูมิที่ 45 องศาเซลเซียสตามลำดับ

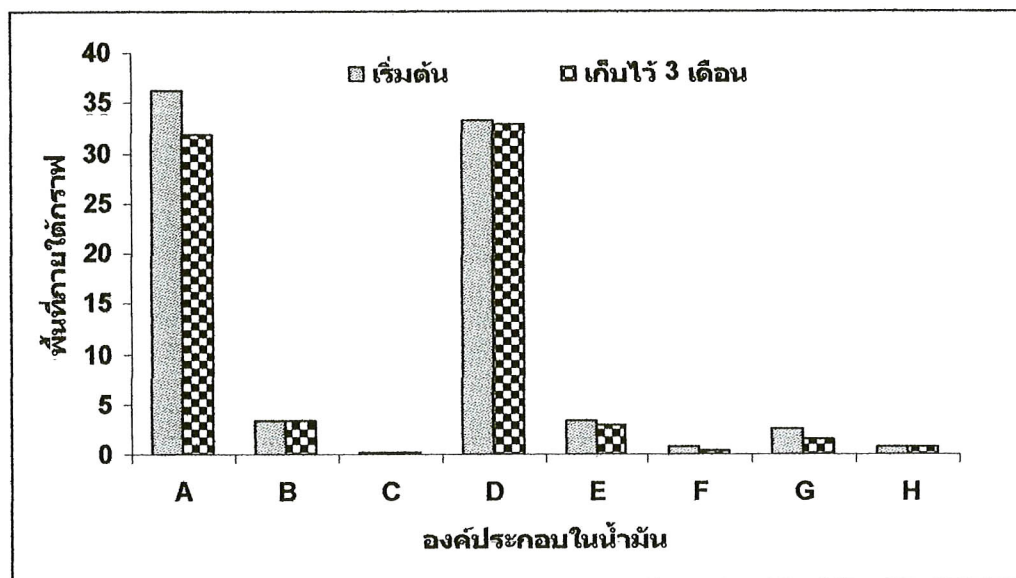
ตารางที่ 3-16 แสดงชนิดและปริมาณสารที่มีประสิทธิภาพในน้ำมันหอมระเหยจากข่า

สาร	พื้นที่ใต้กราฟ (%)
1,8-Cineole	36.33
Terpinene-4-ol	3.45
Methyl chavicol	0.19
4-Allylphenyl acetate	33.31
trans-beta-Caryophyllene	3.38
Pentadecane	0.80
alpha-Amorphene	2.58
trans-gamma-Bisabolene acetyl eugenol	0.85

ตารางที่ 3-17 แสดงพื้นที่ใต้กราฟของสารที่มีประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากข่า เมื่อเก็บในเวลา 3 เดือนและในสภาพสิ่งแวดล้อมต่างๆ

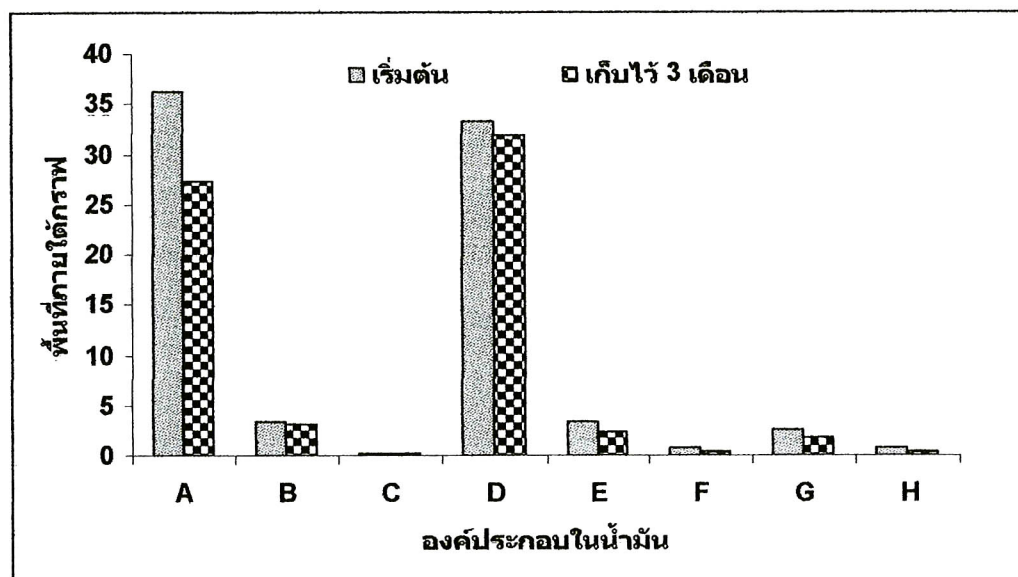
สารต่างๆ	เริ่มต้น	เก็บในระยะเวลา 3 เดือนที่สภาพต่าง ๆ		
		ตู้เย็น	อุณหภูมิห้อง	45 องศา
1,8-Cineole	36.33	31.84	27.31	21.52
Terpinene-4-ol	3.45	3.30	3.16	2.93
Methyl chavicol	0.19	0.17	0.19	0.17
4-allylphenyl acetate	33.31	32.78	31.83	31.25
Trans-beta-caryophyllene	3.38	2.94	2.41	2.24
Pentadecane	0.80	0.45	0.42	0.42
Alpha-amorphene	2.58	1.65	1.70	1.39
Trans-gamma-bisabolene acetyl eugenol	0.85	0.85	0.49	0.43

ขั้นตอนการศึกษาต่อไปเป็นการนำน้ำมันหอมระเหยจากข่ามาทดสอบหาค่า MIC และ MBC กับเชื้อต่าง ๆ มากชนิดยิ่งขึ้น เพื่อศึกษาความสามารถในการต้านเชื้อและกลไกการทำลายเชื่อว่าเป็นเพียงการยับยั้งการเจริญของเชื้อหรือการฆ่าเชื้อ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 3-18 ถึงตารางที่ 3-19 และรูปที่ 3-11 ถึงรูปที่ 3-12 สำหรับค่า MIC และ MBC ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่า น้ำมันหอมระเหยจากข่าสามารถทำลายเชื้อแบคทีเรียที่ก่อโรคในสุกรได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยจะเห็นว่าสามารถต้านเชื้อจุลินทรีย์ส่วนมากที่นำมาทดสอบในครั้งนี้ได้ดีกว่าด้วยา gentamicin ซึ่งเป็นยาปฏิชีวนะที่ใช้เป็นตัวควบคุมบวก ดังนั้นจะเห็นว่าค่า MIC และ MBC ต่อเชื้อส่วนใหญ่ของน้ำมันหอมระเหยจากข่ามีค่าน้อยกว่าค่าดังกล่าวของด้วยา gentamicin และจากผลการทดลองพบว่าค่า MIC และ MBC ของน้ำมันหอมระเหยจากข่าต่อเชื้อทดสอบส่วนใหญ่มีค่าเท่ากัน ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่ากลไกการออกฤทธิ์ต้านเชื้อจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ของน้ำมันหอมระเหยจากข่าเป็นแบบการฆ่าเชื้อ (Bactericidal action) มากกว่าการยับยั้งเชื้อ (Bacteriostatic action)



รูปที่ 3-8 เปรียบเทียบปริมาณสารในน้ำมันหอมระเหยจากข่าภายหลังเก็บที่ตู้เย็น

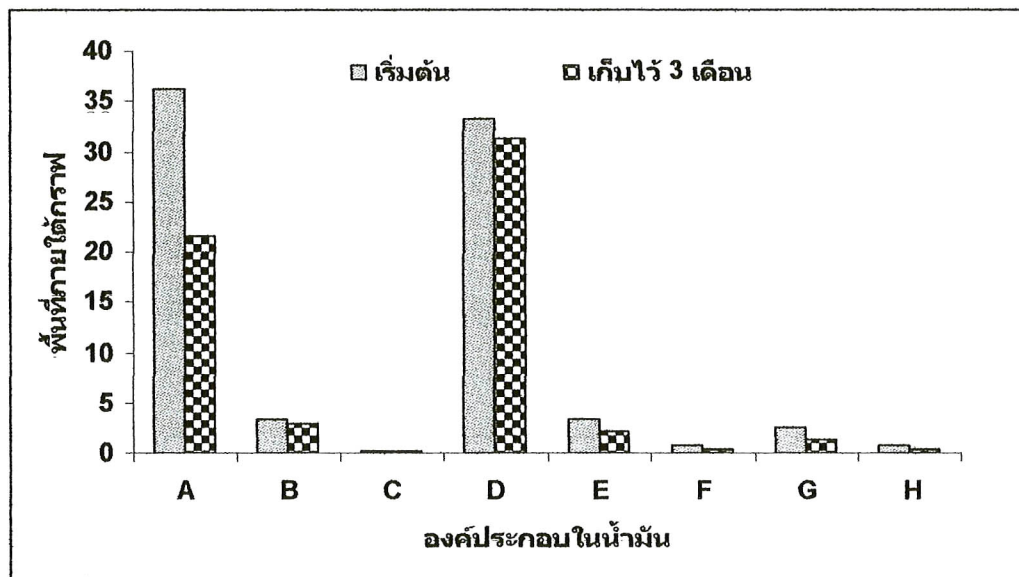
- หมายเหตุ
- A = 1,8-Cineole
 - B = Terpinene-4-ol
 - C = Methyl chavicol
 - D = 4-allylphenyl acetate
 - E = Trans-beta-caryophyllene
 - F = Pentadecane
 - G = Alpha-amorphene
 - H = Trans-gamma-bisabolene acetyl eugenol



รูปที่ 3-9 เปรียบเทียบปริมาณสารในน้ำมันหอมระเหยจากชำภายหลังเก็บที่อุณหภูมิห้อง

หมายเหตุ

- A = 1,8-Cineole
- B = Terpinene-4-ol
- C = Methyl chavicol
- D = 4-allylphenyl acetate
- E = Trans-beta-caryophyllene
- F = Pentadecane
- G = Alpha-amorphene
- H = Trans-gamma-bisabolene acetyl eugenol



รูปที่ 3-10 เปรียบเทียบปริมาณสารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยจากข่าภายหลังเก็บที่ 45 องศา

หมายเหตุ

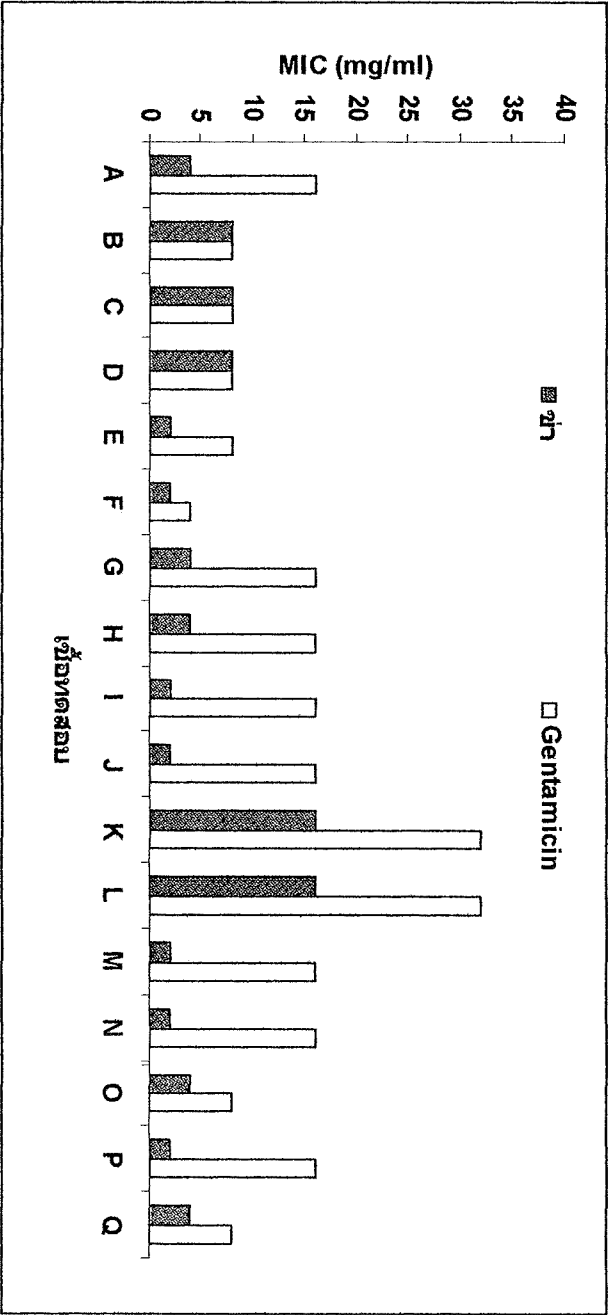
- A = 1,8-Cineole
- B = Terpinene-4-ol
- C = Methyl chavicol
- D = 4-allylphenyl acetate
- E = Trans-beta-caryophyllene
- F = Pentadecane
- G = Alpha-amorphene
- H = Trans-gamma-bisabolene acetyl eugenol

ตารางที่ 3-18 แสดงค่า MIC ต่อเชื้อทดสอบของน้ำมันหอมระเหยจากข่า
เปรียบเทียบกับ Gentamicin

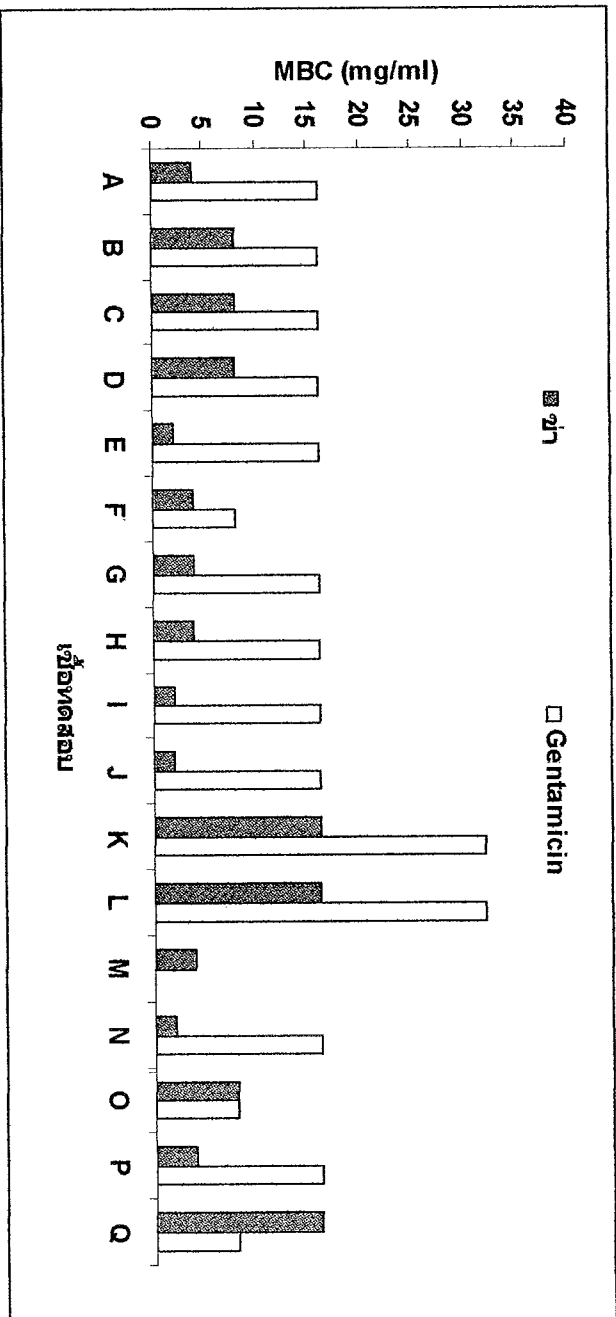
เชื้อทดสอบ	อักษรย่อของเชื้อที่ แสดงในรูปที่ 3-11	MIC (mg/ml)	
		ข่า	Gentamicin
<i>E. coli</i> ATCC 25922	A	4	16
<i>S. aureus</i> ATCC25923	B	8	8
<i>S. enteritidis</i> ATCC13076	C	8	8
<i>S. typhimurium</i> ATCC14028	D	8	8
<i>S. sonii</i> DMST 561	E	2	8
<i>L. monocytogenes</i> DMST 1730	F	2	4
<i>E. coli</i> (Field strain 1)	G	4	16
<i>E. coli</i> (Field strain 2)	H	4	16
<i>E. coli</i> (Field strain 3)	I	2	16
<i>E. coli</i> (Field strain 4)	J	2	16
<i>E. coli</i> (Field strain 5)	K	16	32
<i>E. coli</i> (Field strain 6)	L	16	32
<i>E. coli</i> (Field strain 7)	M	2	16
<i>E. coli</i> (Field strain 8)	N	2	16
<i>Salmonella</i> spp. (Field strain 1)	O	4	8
<i>Salmonella</i> spp. (Field strain 2)	P	2	16
<i>Salmonella</i> spp. (Field strain 3)	Q	4	8

ตารางที่ 3-19 แสดงค่า MBC ต่อเชื้อทดสอบของน้ำมันหอมระเหยจากข่า
เปรียบเทียบกับ Gentamicin

เชื้อทดสอบ	อักษรย่อของเชื้อที่ แสดงในรูปที่ 3-12	MBC (mg/ml)	
		ข่า	Gentamicin
<i>E. coli</i> ATCC 25922	A	4	16
<i>S. aureus</i> ATCC25923	B	8	16
<i>S. enteritidis</i> ATCC13076	C	8	16
<i>S. typhimurium</i> ATCC14028	D	8	16
<i>S. sonii</i> DMST 561	E	2	16
<i>L. monocytogenes</i> DMST 1730	F	4	8
<i>E. coli</i> (Field strain 1)	G	4	16
<i>E. coli</i> (Field strain 2)	H	4	16
<i>E. coli</i> (Field strain 3)	I	2	16
<i>E. coli</i> (Field strain 4)	J	2	16
<i>E. coli</i> (Field strain 5)	K	16	32
<i>E. coli</i> (Field strain 6)	L	16	32
<i>E. coli</i> (Field strain 7)	M	4	>32
<i>E. coli</i> (Field strain 8)	N	2	16
<i>Salmonella</i> spp. (Field strain 1)	O	8	8
<i>Salmonella</i> spp. (Field strain 2)	P	4	16
<i>Salmonella</i> spp. (Field strain 3)	Q	16	8

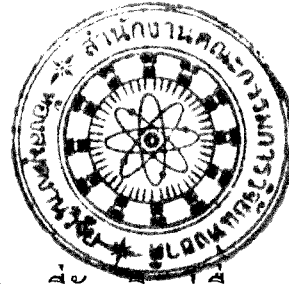


รูปที่ 3-11 เปรียบเทียบค่า MIC ต่อเชื้อทดสอบของน้ำมันหอมระเหยจากข่า
เปรียบเทียบกับ Gentamicin



รูปที่ 3-12 แสดงค่า MBC ต่อเชื้อทดสอบของน้ำหมัหมหรือมะหยจากข้า
เปรียบเทียบกับ Gentamicin

ตัวชี้วัดอีกอย่างหนึ่งในการบ่งบอกถึงประสิทธิภาพของการต้านเชื้อ คืออัตราเร็วในการต้านเชื้อ หรืออัตราการต้านเชื้อ จากผลการทดลองข้างต้นที่ทราบว่าการต้านเชื้อของน้ำมันหอมระเหยจากข่าออกฤทธิ์เป็นแบบการฆ่าทำลายมากกว่าการยับยั้งการเจริญเติบโต ดังนั้นอัตราการต้านเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในสุกรของน้ำมันหอมระเหยจากข่า จึงอาจเรียกว่า อัตราการทำลายเชื้อ หรืออัตราการฆ่าเชื้อ และเพื่อเป็นการยืนยันว่าเป็นการทดสอบหาอัตราการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ของน้ำมันหอมระเหยจากข่า มิใช่เป็นเพียงอัตราการยับยั้งเชื้อ ดังนั้นในการทดลองในครั้งนี้จึงใช้ของน้ำมันหอมระเหยจากข่าในความเข้มข้นเท่ากับ MBC เป็นสารทดสอบ เชื้อที่ใช้ทดสอบเป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่มักก่อโรคที่พบบ่อยในสุกร ซึ่งมีทั้งชนิดเชื้อแกรมบวกและชนิดเชื้อแกรมลบ และได้้นำเชื้อมาตรฐานมาทดสอบร่วมกับเชื้อ field strain หลายชนิด โดยใช้ยา gentamicin ในปริมาณความเข้มข้นเท่ากับ MBC เป็นตัวควบคุมบวก ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 3-20 ถึงตารางที่ 3-27 และรูปที่ 3-13 ถึงรูปที่ 3-20 จากผลการทดลองดังกล่าวพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากข่าแสดงอัตราการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในสุกรชนิดที่เป็นแกรมลบได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงมาก โดยน้ำมันหอมระเหยจากข่าแสดงอัตราการฆ่าเชื้อดังกล่าวได้รวดเร็วกว่ายา gentamicin อย่างชัดเจน ดังตัวอย่างเช่นการฆ่าเชื้อ *E. coli* ATCC 25922 น้ำมันหอมระเหยจากข่าสามารถฆ่าเชื้อได้หมดภายในเวลา 40 นาที ซึ่งไม่ถึง 1 ชั่วโมง ในขณะที่ gentamicin ต้องใช้เวลาถึง 120 นาที หรือ 2 ชั่วโมงจึงจะทำให้เชื้อหมดไปได้ สำหรับเชื้อ Field strain ทั้ง 3 สายพันธุ์ของ *E. coli* ก็พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากข่าสามารถฆ่าได้หมดในอัตราที่รวดเร็วกว่า gentamicin อย่างชัดเจน โดยจะเห็นว่าน้ำมันหอมระเหยจากข่าสามารถฆ่าเชื้อทั้งสามได้หมดภายในระยะเวลาเพียง 40, 20 และ 40 นาที ตามลำดับ ในขณะที่ gentamicin ต้องใช้เวลาถึง 120 นาที หรือ 2 ชั่วโมงจึงจะทำให้เชื้อหมดไป ส่วนผลต่อเชื้ออื่น ๆ ก็ทำนองเดียวกัน คือน้ำมันหอมระเหยจากข่ามีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อทดสอบได้เร็วกว่า gentamicin โดยเฉพาะเชื้อที่เป็นแกรมบวก



ตารางที่ 3-20 แสดงปริมาณเชื้อ *E. coli* ATCC 25922 ที่ยังเหลืออยู่เมื่อเวลาต่าง ๆ

เวลา (นาที)	log cfu/ml	
	น้ำมันฆ่า	Gentamicin
0	7.5	6.1
10	1.6	NA
20	1.3	NA
30	0.4	NA
40	0.0	NA
50	0.0	NA
60	0.0	3.5
90	0.0	1.1
120	0.0	0.0
150	0.0	0.0

NA = not applicable

ตารางที่ 3-21 แสดงปริมาณเชื้อ *E. coli* (Field strain 1) ที่ยังเหลืออยู่เมื่อเวลาต่าง ๆ

เวลา (นาที)	log cfu/ml	
	น้ำมันฆ่า	Gentamicin
0	6.5	6.1
10	1.5	NA
20	1.2	NA
30	0.4	NA
40	0.0	NA
50	0.0	NA
60	0.0	2.5
90	0.0	0.3
120	0.0	0.0
150	0.0	0.0

NA = not applicable

ตารางที่ 3-22 แสดงปริมาณเชื้อ *E. coli* (Field strain 2) ที่ยังเหลืออยู่เมื่อเวลาต่าง ๆ

เวลา (นาทีก)	log cfu/ml	
	น้ำมันข้าว	Gentamicin
0	6.5	6.1
10	1.1	NA
20	0.0	NA
30	0.0	NA
40	0.0	NA
50	0.0	NA
60	0.0	2.7
90	0.0	0.9
120	0.0	0.0
150	0.0	0.0

NA = not applicable

ตารางที่ 3-23 แสดงปริมาณเชื้อ *E. coli* (Field strain 3) ที่ยังเหลืออยู่เมื่อเวลาต่าง ๆ

เวลา (นาทีก)	log cfu/ml	
	น้ำมันข้าว	Gentamicin
0	6.0	6.1
10	1.4	NA
20	0.4	NA
30	0.0	NA
40	0.0	NA
50	0.0	NA
60	0.0	2.5
90	0.0	0.7
120	0.0	0.0
150	0.0	0.0

NA = not applicable

ตารางที่ 3-24 แสดงปริมาณเชื้อ *S. typhimurium* ATCC 14028 ที่ยังเหลืออยู่เมื่อเวลาต่าง ๆ

เวลา (นาทีก)	log cfu/ml	
	น้ำมันข้าว	Gentamicin
0	6.1	6.2
10	1.5	NA
20	0.0	NA
30	0.0	NA
40	0.0	NA
50	0.0	NA
60	0.0	2.2
90	0.0	0.9
120	0.0	0.2
150	0.0	0.0

NA = not applicable

ตารางที่ 3-25 แสดงปริมาณเชื้อ *S. sonii* DMST 561 ที่ยังเหลืออยู่เมื่อเวลาต่าง ๆ

เวลา (นาทีก)	log cfu/ml	
	น้ำมันข้าว	Gentamicin
0	6.1	6.1
10	4.1	NA
20	0.0	NA
30	0.0	NA
40	0.0	NA
50	0.0	NA
60	0.0	3.1
90	0.0	1.2
120	0.0	0.2
150	0.0	0.0

NA = not applicable

ตารางที่ 3-26 แสดงปริมาณเชื้อ *L. monocytogenes* DMST 1730 ที่ยังเหลืออยู่เมื่อเวลาต่าง ๆ

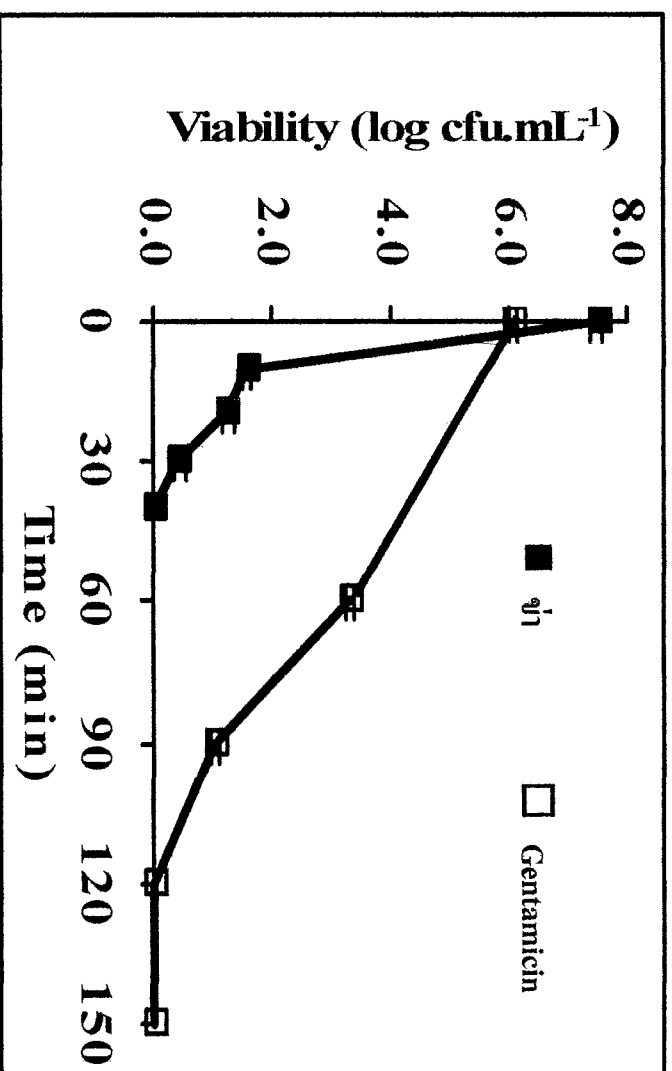
เวลา (นาที)	log cfu/ml	
	น้ำมันข้าว	Gentamicin
0	6.2	6.3
10	1.9	NA
20	0.8	NA
30	0.0	NA
40	0.0	NA
50	0.0	NA
60	0.0	2.3
90	0.0	0.0
120	0.0	0.0
150	0.0	0.0

NA = not applicable

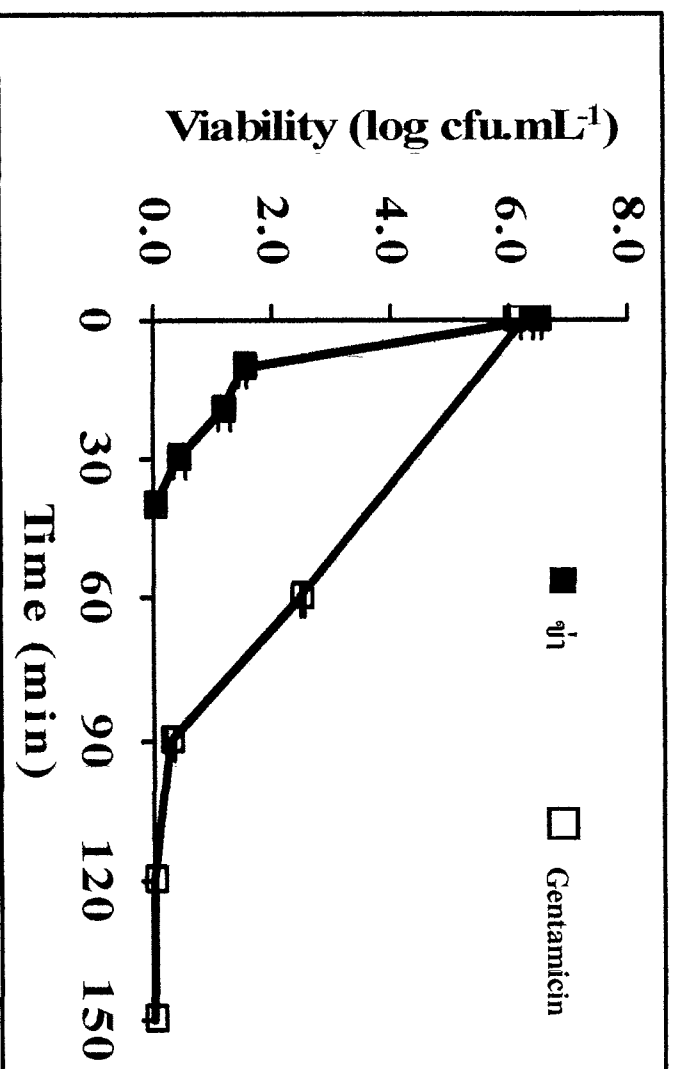
ตารางที่ 3-27 แสดงปริมาณเชื้อ *S. aureus* ATCC 25923 ที่ยังเหลืออยู่เมื่อเวลาต่าง ๆ

เวลา (ชั่วโมง)	log cfu/ml	
	น้ำมันข้าว	Gentamicin
0	6.1	6.3
0.5	NA	3.5
1	NA	2.8
2	NA	2.0
3	NA	1.5
6	2.5	0.0
9	NA	0.0
12	1.6	0.0

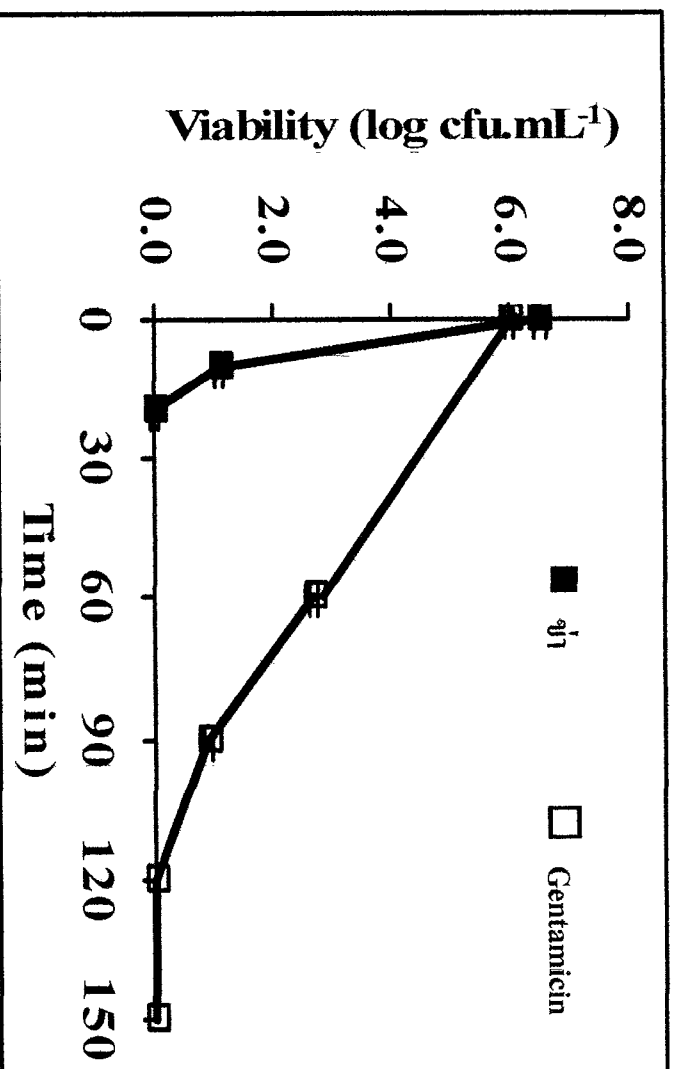
NA = not applicable



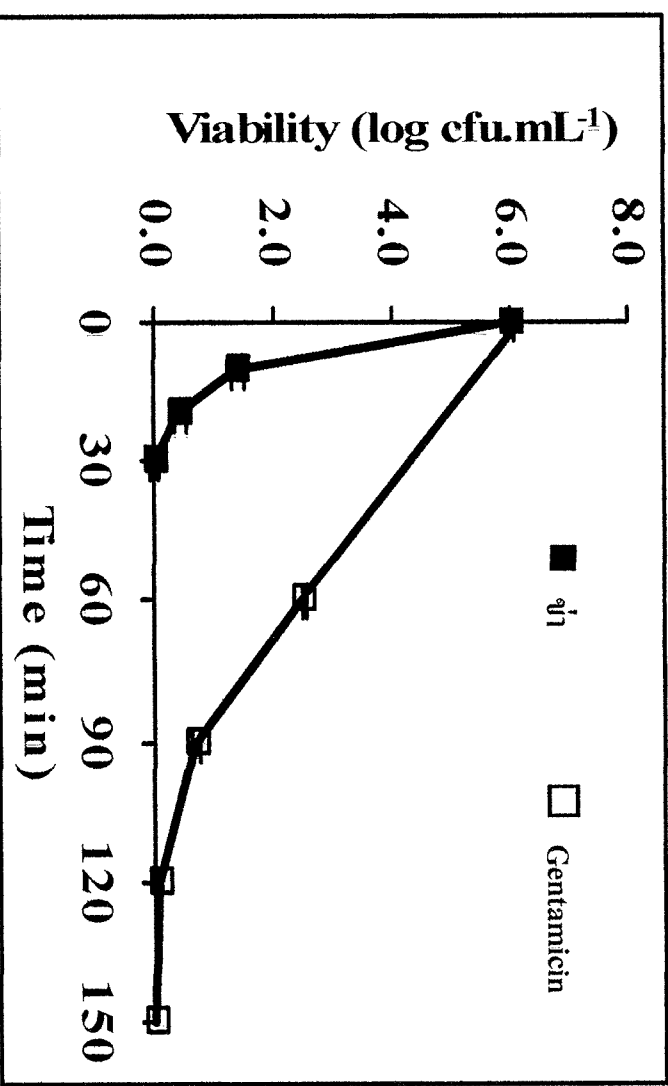
รูปที่ 3-13 แสดงปริมาณเชื้อ *E. coli* ATCC 25922 ที่เหลือภายหลังจากสัมผัสกับยาอะมโนโกลัยไซด์ชนิดต่างๆ



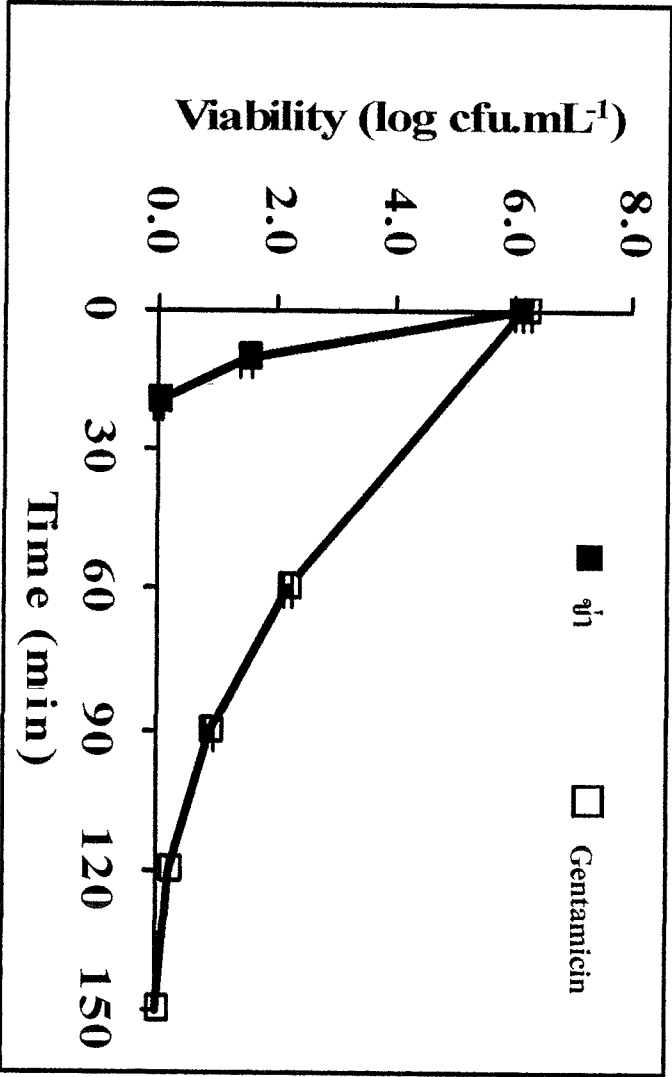
รูปที่ 3-14 แสดงปริมาณเชื้อ *E. coli* (Field strain 1) ที่เหลือภายหลังสัมผัสแผ่นหมอมะเขยจากน้ำที่เวลาต่างๆ



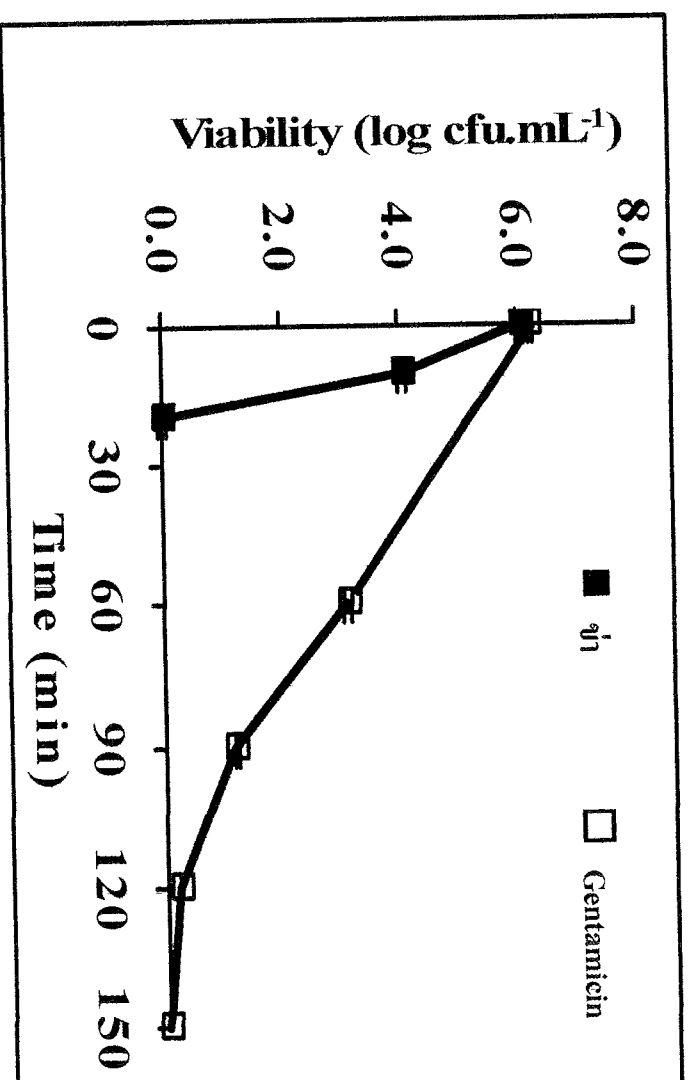
รูปที่ 3-15 แสดงปริมาณเชื้อ *E. coli* (Field strain 2) ที่เหลือภายหลังจากสัมผัสกับยาหมอมะเร็งจากข้าวที่เวลาต่างๆ



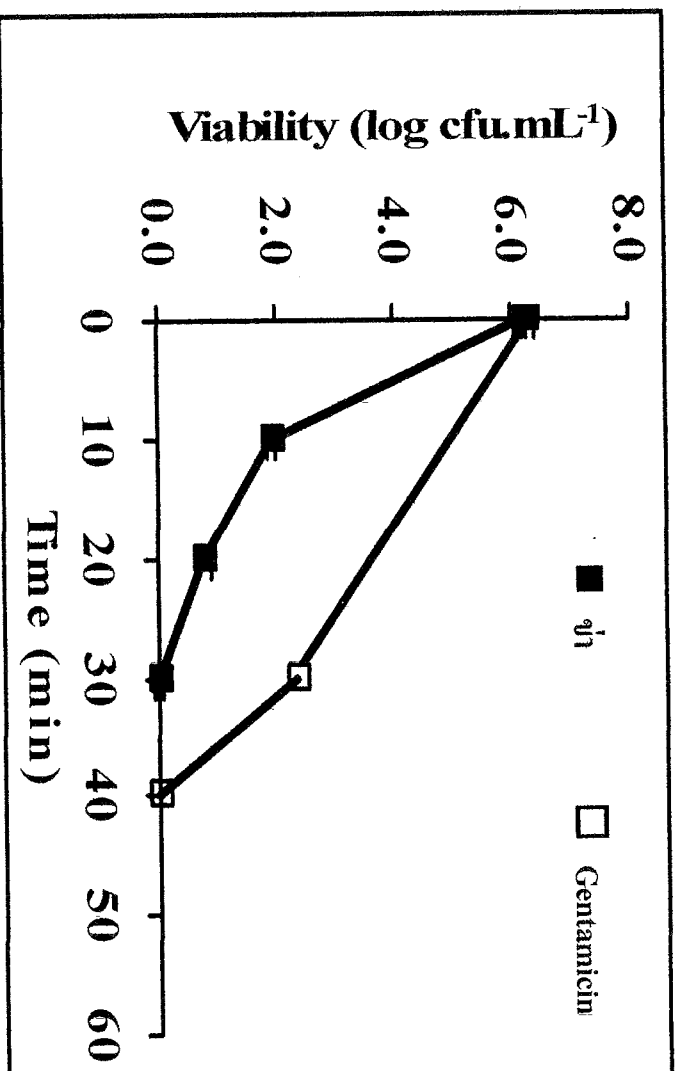
รูปที่ 3-16 แสดงปริมาณเชื้อ *E. coli* (Field strain 3) ที่เหลือภายหลังสัมผัสน้ำมันหอมระเหยจากข่าที่เวลาต่างๆ



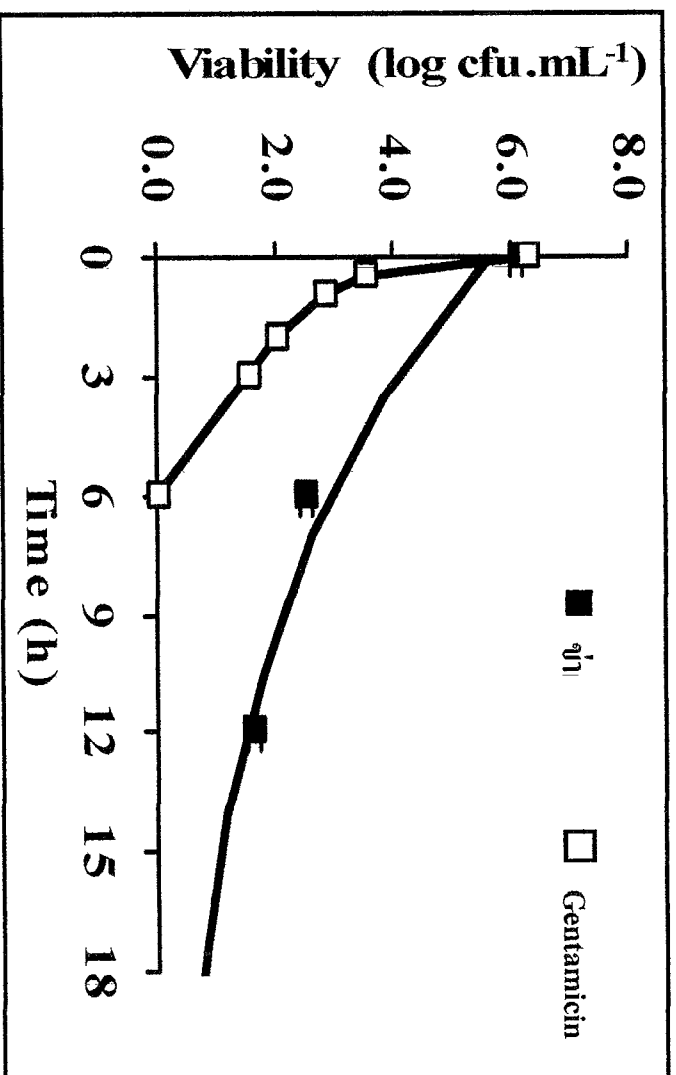
รูปที่ 3-17 แสดงปริมาณเชื้อ *S. typhimurium* ATCC 14028 ที่เหลือภายหลังสัมผัสน้ำมือนอนระยะหยากแช่เวลาต่างๆ



รูปที่ 3-18 แสดงปริมาณเชื้อ *S. sonnei* DMST 561 ที่เหลือภายหลังสัมผัสน้ำหมอมะเขือเทศที่เวลาต่างๆ



รูปที่ 3-19 แสดงปริมาณเชื้อ *L. monocytogenes* DMST 1730 ที่เหลือภายหลังสัมผัสน้ำมอมระเหยจากฆ่าที่เวลาต่าง ๆ

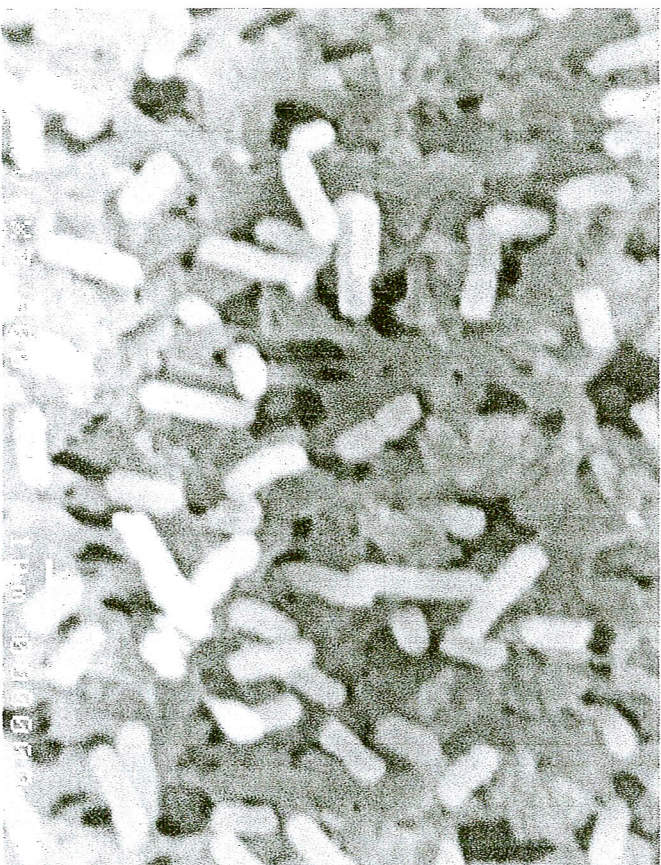


รูปที่ 3-20 แสดงปริมาณเชื้อ *S. aureus* ATCC 25923 ที่เหลือภายหลังสัมผัสน้ำมันหอมระเหยจากข่าที่เวลาต่างๆ

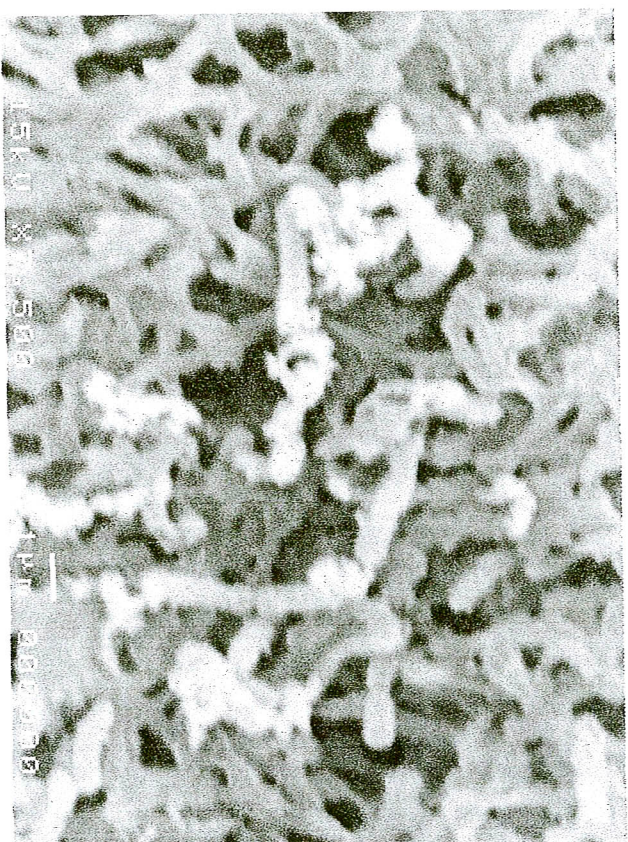
เนื่องจากเชื้อ *E. coli* เป็นเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในสุกรที่พบบ่อยมาก ดังนั้นคณะวิจัย จึงได้นำเชื้อ *E. coli* มาศึกษาลักษณะรูปร่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (SEM) ผลการทดลองในการศึกษาลักษณะของเชื้อดังกล่าวนอกจากจะทำให้ทราบว่าเชื้อมีลักษณะเป็นแท่งกลมแล้ว ดังแสดงในรูปที่ 3-21 ยังทำให้เห็นลักษณะรูปร่างของเชื้อเมื่อสัมผัสกับน้ำมันข้าวในเวลาต่าง ๆ เพื่อเป็นการพิสูจน์และยืนยันผลการทำลายเชื้อของน้ำมันหอมระเหยจากข้าว ตัวอย่างเช่นภายในเวลา 5 นาทีที่เชื้อสัมผัสกับของน้ำมันหอมระเหยจากข้าว ลักษณะรูปร่างของเชื้อที่มองเห็นยังคล้ายกับเมื่อตอนเริ่มแรกที่ไม่ได้สัมผัสกับของน้ำมันหอมระเหยจากข้าว แต่สังเกตว่าความหนาแน่นของเชื้อที่มีลักษณะดังกล่าวเริ่มน้อยลง ทำให้เห็นรูปร่างลักษณะของเชื้อเต็มตัวได้ชัดเจนมาก ดังแสดงในรูปที่ 3-22 แต่หลังจากที่ให้เชื้อสัมผัสกับของน้ำมันหอมระเหยจากข้าวเป็นเวลานาน 10 นาที พบว่าเชื้อส่วนใหญ่ถูกทำลาย และเซลล์ของเชื้อแตกสลาย ดังแสดงในตารางที่ 3-23



รูปที่ 3-21 แสดงรูปร่างของเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* ATCC 25922 ในตอนเริ่มต้น



รูปที่ 3-22 แสดงรูปร่างของเชื้อแบคทีเรีย *E.coli* ATCC 25922
ภายหลังได้รับน้ำร้อนระเหยจากฆ่า 5 นาที



รูปที่ 3-23 แสดงรูปร่างของเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* ATCC 25922
ภายหลังได้รับน้ำมอสมะหยงจากป่า 10 นาที