บทที่ 4

ผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของน้ำมันมะพร้าวและกรดไขมันที่สกัดจากน้ำมันมะพร้าวที่มีต่อเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคในอาหาร แบ่งการทดลองออกเป็น 5 ขั้นตอน คือ การสกัดน้ำมันมะพร้าวและกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าว การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันมะพร้าวและกรดไขมันที่สกัดจากน้ำมันมะพร้าวในการยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรค การทดสอบประสิทธิภาพของกรดไขมันที่สกัดจากน้ำมันมะพร้าวในการยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคในเนื้อปลาชุบแป้งทอดกึ่งสุก การทดสอบทางประสาทสัมผัส และการเอนแคปซูเลชันกรดไขมันได้ผลการทดลองดังนี้

1. การสกัดน้ำมันมะพร้าวและกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าว

1.1. การสกัดน้ำมันมะพร้าว โดยใช้เนื้อมะพร้าวที่ผ่านการบดนำมาคั้นกะทิด้วยน้ำอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ในอัตรา 1 ต่อ 1 จากนั้นนำน้ำกะทิที่ได้ทำการสกัดน้ำมันมะพร้าว 2 วิธี คือ การสกัดโดยความร้อนและการสกัดโดยวิธีทางชีวภาพ ซึ่งปริมาณร้อยละของผลผลิต (% Yield) ประมาณ 17.00±1.32 % และ 15.66±0.62 % ตามลำดับ ซึ่งผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำมันมะพร้าวและผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันมะพร้าว แสดงดังตารางที่ 4-1 และ 4-2 ตามลำดับ ซึ่งจากการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยความร้อนมีค่าความหนืด, ความชื้นและสารที่ระเหยได้ที่ 105 องศาเซลเซียส, Peroxide Value, Acid Value และ Iodine Value มากกว่าน้ำมันมะพร้าวที่สกัดโดยวิธีทางชีวภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในขณะที่ความหนาแน่นสัมพัทธ์, Saponification Number และ TBA Number ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และจากการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมัน พบว่า องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันมะพร้าวทั้งสองชนิด โดยส่วนมากเป็นชนิดเดียวกัน โดยเป็นกรดไขมันอิ่มตัวที่มีคาร์บอนอะตอมตั้งแต่ 6 ถึง 18 อะตอม ได้แก่ Caproic Acid (C6), Caprylic Acid (C8), Capric Acid (C10), Lauric Acid (C12), Myristic Acid(C14), Palmitic Acid (C16) และ Stearic Acid (C18) มากกว่า 74 % ของกรดไขมันทั้งหมดเป็นกรดไขมันขนาดกลางและมีปริมาณของกรดไขมันแต่ละชนิดใกล้เคียงกัน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4-1 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำมันมะพร้าว

สมบัติทางเคมีและกายภาพ	วิธีสกัดน้ำมันมะพร้าว	
	ความร้อน	ทางชีวภาพ
ความหนืด (Viscosity (cST))	52.54±0.82[a]	50.94±0.50[b]
ความหนาแน่นสัมพัทธ์ [ns] (Kg/L)	0.90± 0.01	0.91+0.00
ความชื้นและสารที่ระเหยได้ที่ 105 °C (%)	0.020±0.00[a]	0.152±0.00[b]
Peroxide Value (mEq/Kg.)	1.83±0.29[a]	0.95±0.04[b]
Acid Value (mg KOH/g oil)	1.03±0.08[a]	0.38±0.00[b]
Iodine Value (g Iodine/100 g Oil)	10.46±0.23[a]	8.01±0.09[b]
Saponification Number (mg KOH/g Oil) [ns]	255.76±0.74	259.96±2.36
TBA Number (mg maloaldehide / kg sample) [ns]	0.029±0.003	0.022±0.002

หมายเหตุ *ns คือ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

a,b คือ อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4-2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันมะพร้าว

องค์ประกอบของกรดไขมัน (AOAC 2005)	ตัวอย่าง (g/100g)		
	HP	BIO	APCC Standard
Saturated Fat	92.68	93.87	-
Trans Fat	ND	ND	-
Unsaturated Fat	7.33	6.13	-
Monounsaturated Fat	6.20	5.36	-
Polyunsaturated Fat	1.13	0.77	-
Caproic Acid	0.40	0.37	0.40 - 0.60
Caprylic Acid	6.39	6.59	5.00 – 10.00
Capric Acid	5.32	5.64	4.50 - 8.00
Lauric Acid	49.20	50.01	43.00 – 53.00
Myristic Acid	19.18	19.26	16.00 – 21.00
Palmitic Acid	9.13	8.74	7.50 – 10.00
Stearic Acid	3.05	3.26	2.00 – 4.00
Oleic Acid	6.02	5.36	5.00 – 10.00
Linoleic Acid	1.13	0.77	1.00 – 2.50

หมายเหตุ *ND : Not Detected

APCC: Asian and Pacific Coconut Community.

HP : น้ำมันมะพร้าวสกัดโดยความร้อน

BIO : น้ำมันมะพร้าวสกัดโดยวิธีทางชีวภาพ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

1.2. การเตรียมกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าว ดัดแปลงจากวิธีการของ ปิยะวรรณ กฤชเศรษฐสกุล (2548) โดยน้ำมันมะพร้าวจะทำปฏิกิริยา Saponification กับ NaOH ทำให้กรดไขมันแยกตัวออกจากโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ จากนั้นเติม HCl เพื่อให้ได้กรดไขมันอิสระ ซึ่งในการเตรียมกรดไขมันอิสระจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยความร้อนและวิธีทางชีวภาพ ได้ปริมาณผลผลิต (% Yield) 81.37±1.01% และ 80.68±0.41% ตามลำดับ จากนั้นนำกรดไขมันอิสระที่เตรียมได้มาทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมัน ซึ่งผลการทดลอง ดังตารางที่ 4-3 พบว่ากรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวทั้งสองชนิดมีปริมาณใกล้เคียงกัน

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ตารางที่ 4-3 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันในกรดไขมันเตรียมจากน้ำมันมะพร้าว

องค์ประกอบของกรดไขมัน (AOAC 2005)	ตัวอย่าง (g/100g)	
	FHP	FBIO
Saturated Fat	92.47	92.64
Trans Fat	ND	ND
Unsaturated Fat	7.53	7.36
Monounsaturated Fat	6.19	6.21
Polyunsaturated Fat	1.34	1.15
Caproic Acid	0.18	0.48
Caprylic Acid	5.98	7.02
Capric Acid	5.86	5.50
Lauric Acid	48.29	47.47
Myristic Acid	19.38	19.45
Palmitic Acid	9.46	9.53
Stearic Acid	3.16	3.19
Oleic Acid	6.19	6.21
Linoleic Acid	1.34	1.15

หมายเหตุ *ND : Not Detected

FHP : กรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยความร้อน

FBIO : กรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยวิธีทางชีวภาพ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2. การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันมะพร้าวและกรดไขมันที่เตรียมจากน้ำมันมะพร้าวในการยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรค

2.1. ทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันมะพร้าว และกรดไขมันเตรียมจากน้ำมันมะพร้าว ในการยับยั้งจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค ด้วยวิธี disc diffusion

จากการทดสอบประสิทธิภาพสารทดสอบ 4 ชนิดได้แก่ น้ำมันมะพร้าวสกัดโดยความร้อน น้ำมันมะพร้าวสกัดโดยวิธีทางชีวภาพ กรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยความร้อนและโดยวิธีทางชีวภาพ ซึ่งแต่ละชนิดมีความเข้มข้น 50 %v/v ปริมาตร 20 ไมโครลิตร/ดิสก์ ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย 6 ชนิด ให้ผลดังตารางที่ 4-4 ซึ่งพบว่าน้ำมันมะพร้าวไม่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อทดสอบทุกชนิด แต่กรดไขมันสกัดจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยความร้อนและโดยวิธีทางชีวภาพ สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียทดสอบได้บางชนิด ซึ่งได้แก่ *S. aureus*, *B. subtilis*, *B. cereus* และ *V. parahaemolyticus* โดยมีขนาด Inhibition Zone อยู่ระหว่าง 7 ถึง 10 มิลลิเมตร ซึ่งขนาดของ Inhibition Zone ของกรดไขมันสกัดจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยความร้อนและโดยวิธีทางชีวภาพ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยทางสถิติ ($P > 0.05$) อย่างไรก็ตามพบว่ากรดไขมันสกัดจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยความร้อนและโดยวิธีทางชีวภาพ ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของ *S.* Typhimurium และ *E. coli* ได้ (ภาพที่ 4-1) นอกจากนี้ยังพบว่าดิสก์ที่บรรจุ DMSO ปริมาตร 20 ไมโครลิตร/ดิสก์ ซึ่งเป็นตัวทำละลายไม่เกิด Inhibition Zone

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4-4 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ Inhibition Zone ของน้ำมันมะพร้าวและกรดไขมันเตรียมจากน้ำมันมะพร้าว ความเข้มข้น 50 %v/v ปริมาตร 20 ไมโครลิตร/ดิสก์ ต่อการเจริญของเชื้อทดสอบจำนวน 6 ชนิด

แบคทีเรีย	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ Inhibition zone (มิลลิเมตร)(±SD)					
	FHP	FBIO	HP	BIO	DMSO	Tetracycline
S. aureus	10.00±0.0	10.00±0.0	NZ	NZ	NZ	26.73±0.40
S. Typhimurium	NZ	NZ	NZ	NZ	NZ	25.00±0.00
E. coli	NZ	NZ	NZ	NZ	NZ	20.10±0.10
B. subtilis	7.00±0.01	7.00±0.01	NZ	NZ	NZ	20.01±0.17
B. cereus	9.99±0.17	10.01±0.0	NZ	NZ	NZ	30.01±0.38
V. parahaemolyticus	9.99±0.01	9.99±0.23	NZ	NZ	NZ	29.99±0.17

หมายเหตุ FHP คือ กรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยความร้อน

FBIO คือ กรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยวิธีทางชีวภาพ

HP คือ น้ำมันมะพร้าวสกัดโดยความร้อน

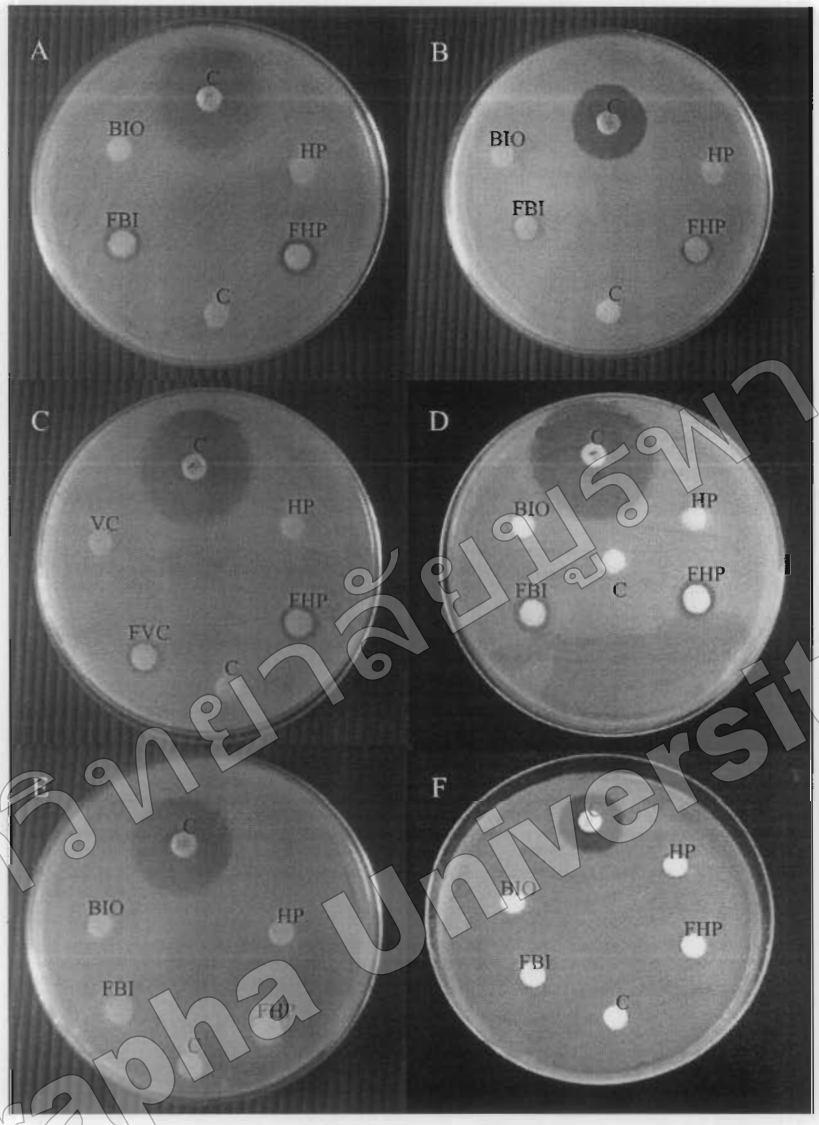
BIO คือ น้ำมันมะพร้าวสกัดโดยวิธีทางชีวภาพ

DMSO คือ DMSO ปริมาตร 20 ไมโครลิตร/ดิสก์

Tetracycline คือ Tetracycline ปริมาณ 30 ไมโครกรัม/ดิสก์

NZ คือ ไม่เกิด Inhibition Zone

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 4-1 ลักษณะ Inhibition Zone ของกรดไขมัน (ความเข้มข้น 50 %v/v ปริมาตร 20 ไมโครลิตร/ดิสก์) ในการยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* (A), *B. subtilis* (B), *B. cereus* (C), *V. parahaemolyticus* (D), *S.* Typhimurium (E) และ *E. coli* (F) ด้วยวิธี Disc Diffusion

โดยที่ C+ คือ Tetracycline 30 ไมโครกรัม/ดิสก์

C- คือ DMSO ปริมาตร 20 ไมโครลิตร/ดิสก์

BIO คือ น้ำมันมะพร้าวสกัดโดยวิธีทางชีวภาพ

HP คือ น้ำมันมะพร้าวสกัดโดยความร้อน

FBIO คือ กรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยวิธีทางชีวภาพ

FHP คือ กรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยความร้อน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2.2. หาค่า MIC ของกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยความร้อนและกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยวิธีทางชีวภาพ ต่อจุลินทรีย์ทดสอบ โดยวิธี Agar Dilution

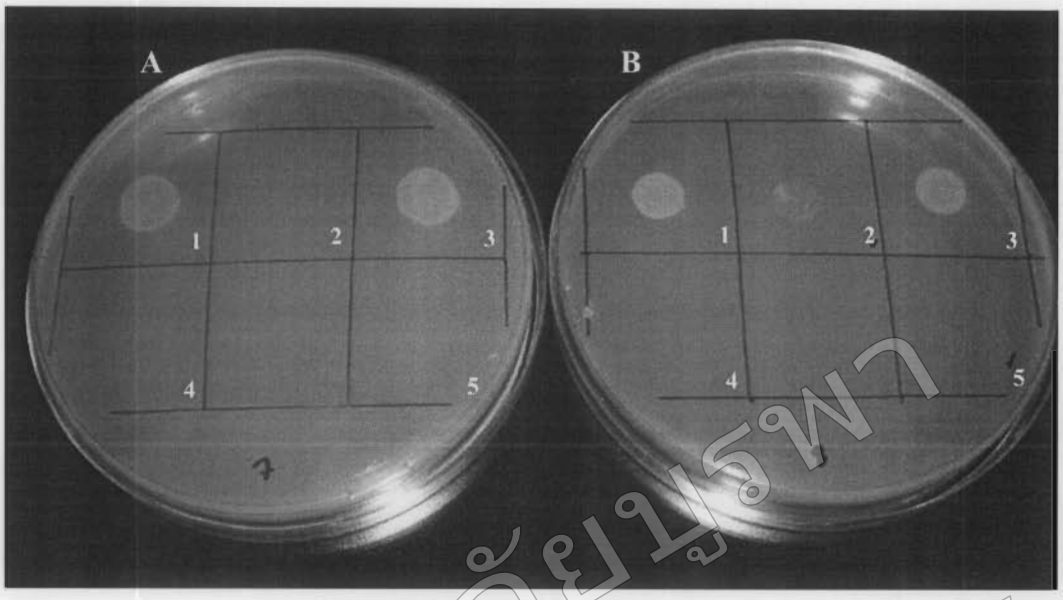
จากการทดลองนำกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยความร้อนและโดยวิธีทางชีวภาพ มาหาความเข้มข้นต่ำสุด (MIC) ต่อแบคทีเรียจำนวน 6 ชนิด ให้ผลดังตารางที่ 4-5 ซึ่งพบว่าค่า MIC ของกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยความร้อนต่อ *S. aureus, B. subtilis* และ *V. parahaemolyticus* เท่ากับ 0.039 %v/v ส่วนค่า MIC ต่อ *B. cereus* เท่ากับ 0.019 %v/v ส่วนกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยวิธีทางชีวภาพมีค่า MIC ต่อ *S. aureus* และ *V. parahaemolyticus* เท่ากับ 0.039 %v/v และต่อ *B. subtilis* และ *B. cereus* เท่ากับ 0.019 %v/v (ภาพที่ 4-2 ถึงภาพที่ 4-7) นอกจากนี้ยังพบว่าค่า MIC ของกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยความร้อนและโดยวิธีทางชีวภาพต่อ *S.* Typhimurium และ *E. coli* มีค่ามากกว่า 3 %v/v ค่า MIC ของ Tetracycline ต่อ *S. aureus* ATCC 25923 น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร นอกจากนี้ยังพบว่าเชื้อทดสอบทุกชนิดเจริญได้บนอาหารเลี้ยงเชื้อที่เติม DMSO (ชุดควบคุม) (ภาพที่ 4-6 ถึงภาพที่ 4-7) จะเห็นได้ว่ากรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยความร้อนและวิธีทางชีวภาพมีค่า MIC ต่อเชื้อทดสอบส่วนใหญ่ไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4-5 ค่า MIC ของกรดไขมันเตรียมจากน้ำมันมะพร้าวต่อเชื้อการเจริญของแบคทีเรียทดสอบ

แบคทีเรีย	MIC (% (v/v))	
	FHP	FBIO
S. aureus	0.039	0.039
S. Typhimurium	>3	>3
E. coli	>3	>3
B. subtilis	0.039	0.019
B. cereus	0.019	0.019
V. parahaemolyticus	0.039	0.039

หมายเหตุ FHP คือ กรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยความร้อน
FBIO คือ กรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยวิธีทางชีวภาพ

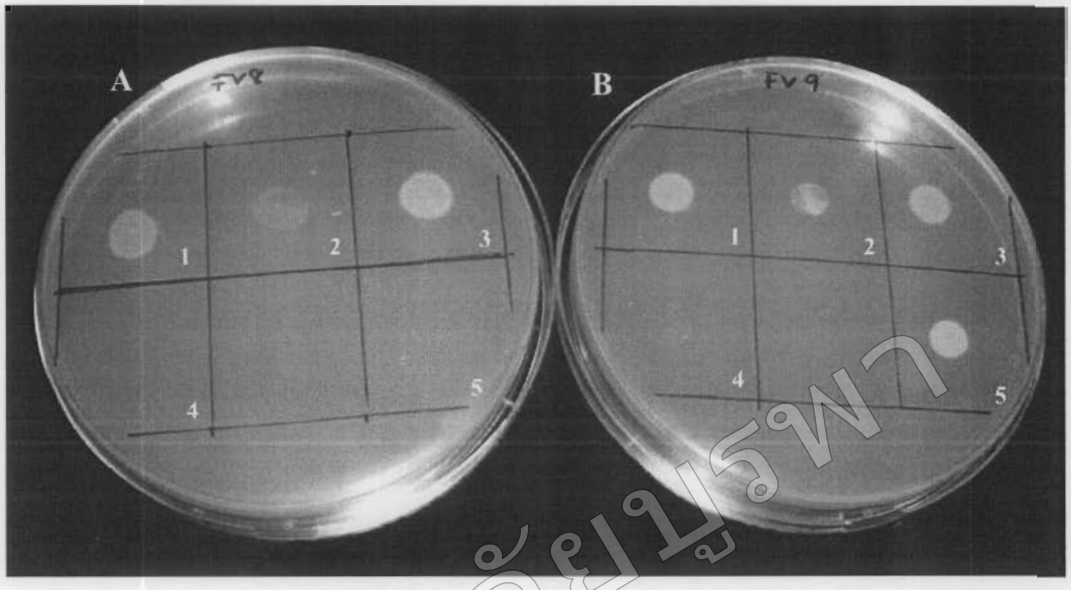
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 4-2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยความร้อน ความเข้มข้น 0.039 %v/v (A) และ 0.019 %v/v (B) ต่อเชื้อทดสอบด้วยวิธี Agar Dilution

โดยที่ 1 คือ *E. coli*
2 คือ *S. aureus*
3 คือ *S.* Typhimurium
4 คือ *B. cereus*
5 คือ *B. subtilis*

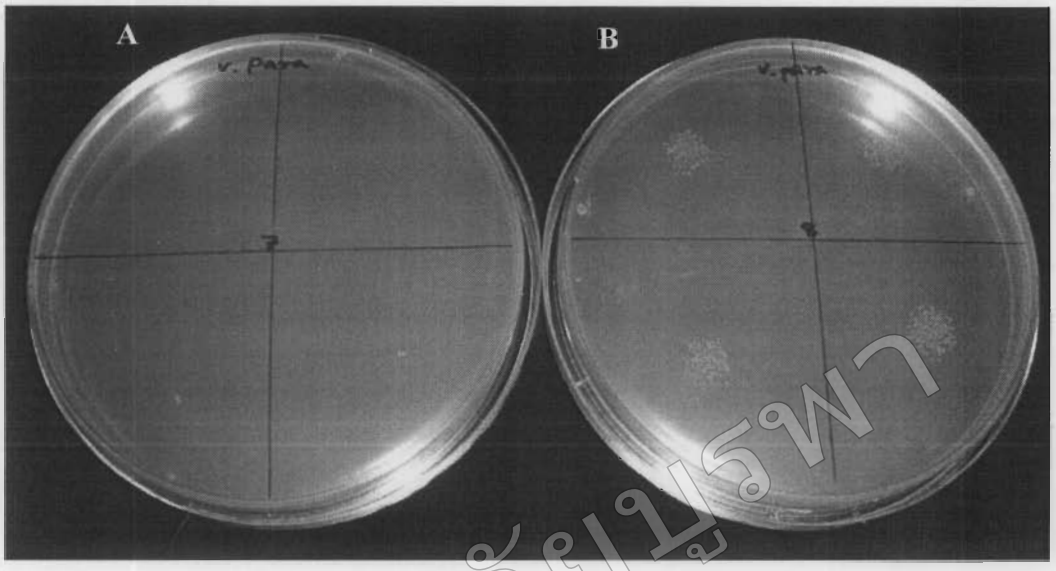
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



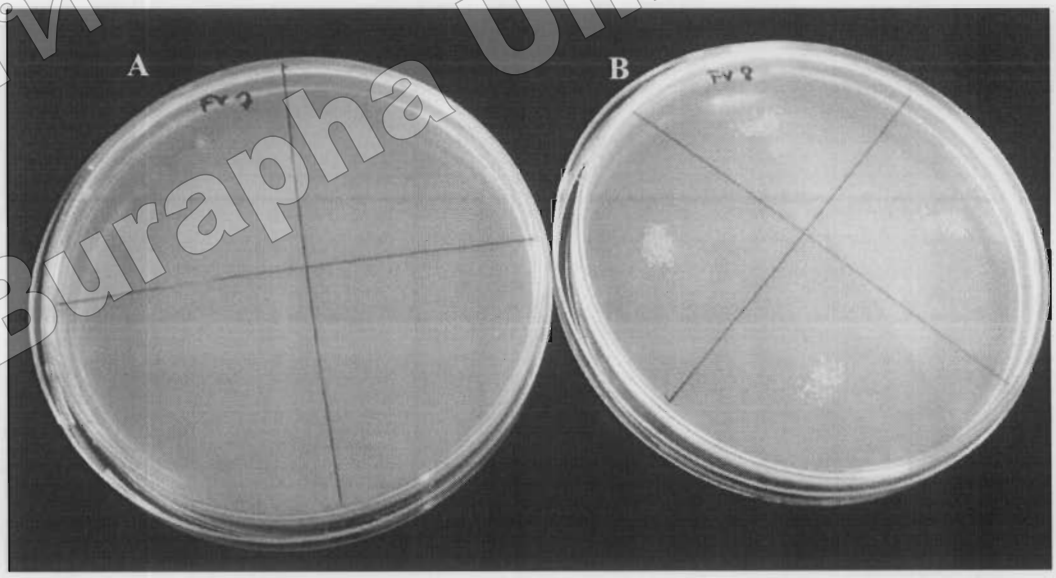
ภาพที่ 4-3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยวิธีทางชีวภาพ ความเข้มข้น 0.019 %v/v (A) และ 0.010 %v/v (B) ต่อเชื้อทดสอบด้วยวิธี Agar Dilution

โดยที่ 1 คือ *E. coli*
2 คือ *S. aureus*
3 คือ *S.* Typhimurium
4 คือ *B. cereus*
5 คือ *B. subtilis*

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

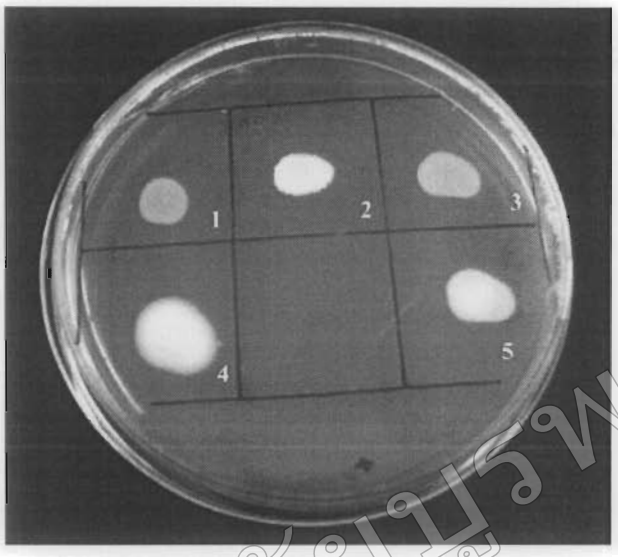


ภาพที่ 4-4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยความร้อน ความเข้มข้น 0.039 %v/v (A) และ 0.019 %v/v (B) ด้วยวิธี Agar Dilution ต่อ *V. parahaemolyticus*



ภาพที่ 4-5 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยวิธีทางชีวภาพความเข้มข้น 0.039 %v/v (A) และ 0.019 %v/v (B) ด้วยวิธี Agar Dilution ต่อ *V. parahaemolyticus*

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 4-6 ผลของ DMSO ต่อการเจริญของเชื้อทดสอบด้วยวิธี Agar Dilution

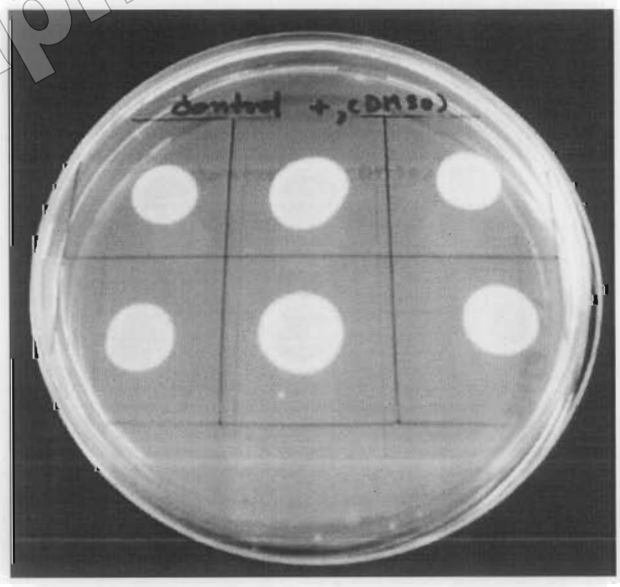
โดยที่ 1 คือ *E. coli*

2 คือ *S. aureus*

3 คือ *S.* Typhimurium

4 คือ *B. cereus*

5 คือ *B. subtilis*



ภาพที่ 4-7 ผลของ DMSO ต่อการเจริญของ *V. parahaemolyticus* ด้วยวิธี Agar Dilution

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3. การทดสอบประสิทธิภาพของกรดไขมันที่เตรียมจากน้ำมันมะพร้าวในการยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคในเนื้อปลาชุบแป้งทอดกึ่งสุก

จากการทดสอบประสิทธิภาพของกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวในการยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคที่ใส่บนเนื้อปลาชุบแป้งทอดกึ่งสุก โดยทำการเติมแบคทีเรียทดสอบแต่ละชนิดลงไปแล้วจึงเติมกรดไขมันลงไปในผลิตภัณฑ์เนื้อปลาทูชุบแป้งทอดกึ่งสุก ให้ความเข้มข้นสุดท้าย 0.39 %v/w (10 เท่าของค่า MIC) และ 0.78 % v/w (20 เท่าของค่า MIC) จากนั้นนำตัวอย่างไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 28 วัน และทำการตรวจนับเชื้อ ในวันที่ 0, 1, 2, 3, 4, 7, 14, 21 และ 28 ให้ผลดังตารางที่ 4-6 ถึง 4-9 และ ภาพที่ 4-18 ถึง 4-11 และพบว่าชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมเชื้อแบคทีเรียทดสอบและไม่มีการเติมกรดไขมันลงบนเนื้อปลาทูชุบแป้งทอดกึ่งสุก ตรวจไม่พบเชื้อแบคทีเรียทดสอบ

เมื่อทำการตรวจนับ *S. aureus* ในผลิตภัณฑ์เนื้อปลาทูชุบแป้งทอดกึ่งสุกที่เติมกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยความร้อนและวิธีทางชีวภาพ ที่ระดับความเข้มข้น 0.39 %v/w และ 0.78 %v/w ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 28 วัน (ตารางที่ 4-6 และ ภาพที่ 4-8) พบว่าปริมาณของ *S. aureus* ในตัวอย่างที่ไม่เติมกรดไขมัน (ชุดควบคุม) และตัวอย่างที่เติมกรดไขมันที่ระยะเวลาเท่ากัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่เมื่อเปรียบเทียบชนิดและความเข้มข้นของกรดไขมัน พบว่าปริมาณ *S. aureus* ในตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

จากการตรวจนับ *B. subtilis* ในผลิตภัณฑ์เนื้อปลาทูชุบแป้งทอดกึ่งสุก (ตารางที่ 4-7 และ ภาพที่ 4-9) พบว่า ปริมาณของ *B. subtilis* ในตัวอย่างที่เติมกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยความร้อนและวิธีทางชีวภาพ ที่ระดับความเข้มข้น 0.39 %v/w และ 0.78 %v/w มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับปริมาณของ *B. subtilis* ในชุดควบคุมตลอดระยะเวลาการเก็บตลอด 28 วัน เมื่อพิจารณาถึงชนิดและความเข้มข้นของกรดไขมันพบว่า ที่ระดับความเข้มข้นเท่ากันกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยความร้อนมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณ *B. subtilis* ได้มากกว่ากรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยวิธีทางชีวภาพ และกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวชนิดเดียวกันที่ความเข้มข้น 0.78 %v/w จะสามารถลดปริมาณ *B. subtilis* ได้มากกว่ากรดไขมันที่มีความเข้มข้น 0.39 %v/w โดยปริมาณของ *B. subtilis* ในตัวอย่างที่เติมกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยความร้อน 0.78 %v/w ต่ำกว่าตัวอย่างอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ตลอดระยะเวลาที่เก็บ เมื่อครบระยะการเก็บ 28 วัน ลดปริมาณเชื้อลงประมาณ 2.5 log cfu/กรัม

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

เมื่อทำการตรวจนับ *B. cereus* ในผลิตภัณฑ์เนื้อปลาทูชุบแป้งทอดกึ่งสุก ที่ระยะเวลาต่างๆ (ตารางที่ 4-8 และ ภาพที่ 4-10) พบว่าปริมาณ *B. cereus* ในตัวอย่างที่เติมกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยความร้อนและวิธีทางชีวภาพ ที่ระดับความเข้มข้น 0.39 %v/w และ 0.78 %v/w มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับปริมาณ *B. cereus* ในตัวอย่างชุดควบคุม เมื่อพิจารณาชนิดและความเข้มข้นของกรดไขมันพบว่ากรดไขมันสกัดจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยความร้อนและวิธีทางชีวภาพ ที่ระดับความเข้มข้นที่ 0.38 %v/w และ 0.78 %v/w โดยส่วนใหญ่ปริมาณของ *B. cereus* ในตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

จากการตรวจนับ *V. parahaemolyticus* ในผลิตภัณฑ์เนื้อปลาทูชุบแป้งทอดกึ่งสุก ตลอดระยะเวลาการเก็บ 28 วัน (ตารางที่ 4-9 และ ภาพที่ 4-11) พบว่า ปริมาณ *V. parahaemolyticus* ในผลิตภัณฑ์เนื้อปลาทูชุบแป้งทอดกึ่งสุกที่มีการเติมกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยความร้อนและโดยวิธีทางชีวภาพ ที่ระดับความเข้มข้น 0.39 %v/w และ 0.78 %v/w มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับปริมาณ *V. parahaemolyticus* ในชุดควบคุม เมื่อเปรียบเทียบชนิดและความเข้มข้นของกรดไขมัน ที่ระยะเวลาต่าง ๆ พบว่ากรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยความร้อนส่วนมากลดปริมาณ *V. parahaemolyticus* ได้มากกว่ากรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยวิธีทางชีวภาพ และเมื่อความเข้มข้นของกรดไขมันสูงขึ้น ปริมาณ *V. parahaemolyticus* ในตัวอย่างจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ที่ความเข้มข้นของกรดไขมันแต่ละชนิด 0.39 %v/w และ 0.78 %v/w ปริมาณของเชื้อจะลดลงเหลือน้อยกว่า 10 cfu/กรัม ในวันที่ 4 และ 3 ตามลำดับ ในขณะที่ชุดควบคุมมีปริมาณ *V. parahaemolyticus* น้อยกว่า 10 cfu/กรัม ในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา

เมื่อทำการเปรียบเทียบผลการทดสอบในขั้นตอนนี้พบว่า กรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยความร้อนที่ระดับความเข้มข้น 0.78 %v/w มีแนวโน้มในการลดปริมาณแบคทีเรียทดสอบได้ดีที่สุด เนื่องจากสามารถลด *B. subtilis* และ *V. parahaemolyticus* ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมซึ่งสามารถลดจำนวน *B. subtilis* ที่ระยะเวลาเก็บรักษาวันที่ 28 ได้ ประมาณ 2.5 log cfu/กรัม และลด *V. parahaemolyticus* ที่ระยะเวลาเก็บรักษาวันที่ 3 ได้ ประมาณ 3.3 log cfu/กรัม อย่างไรก็ตามกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยความร้อน 0.78 %v/w สามารถลดปริมาณของ *S. aures* และ *B. cereus* ได้ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กับกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยวิธีทางชีวภาพ และความเข้มข้น 0.39 %v/w ซึ่งลดปริมาณเชื้อจากชุดควบคุมได้ประมาณ 1 log cfu/กรัม และ 0.5 log cfu/กรัม ตามลำดับ ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าตัวอย่างที่เติมกรดไขมันจากน้ำมัน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

มะพร้าวสกัดโดยความร้อนสามารถลดเชื้อบางชนิดได้มากกว่ากรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยวิธีทางชีวภาพและ เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของกรดไขมันแต่ละชนิดพบว่าสามารถลดเชื้อบางชนิดได้ ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับผลการทดลองในหลอดทดลอง

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ตารางที่ 4-6 ปริมาณ *S. aureus* ในผลิตภัณฑ์ปลาชุบแป้งกึ่งสุก ที่มีการเติมกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าว

วัน	ปริมาณ *S. aureus* ในผลิตภัณฑ์ปลาชุบแป้งกึ่งสุก (log cfu/กรัม ± SD)				
	Control	FBIO 0.39 %w/v	FBIO 0.78 %w/v	FHP 0.39 %w/v	FHP 0.78 %w/v
0[ns]	5.38±0.13[A]	5.38±0.13[A]	5.38±0.13[A]	5.38±0.13[A]	5.38±0.13[A, B]
1	5.45±0.15[a, A]	4.32±0.64[b, B]	4.16±0.69[b, B]	4.15±0.53[b, B]	4.01±0.55[b, B]
2	5.41±0.12[a, A]	4.83±0.48[b, AB]	3.86±0.87[b, B]	4.19±0.38[b, B]	4.11±0.71[b, B]
3	5.42±0.13[a, A]	4.78±0.13[b, AB]	3.67±0.6[b, B]	3.97±0.91[b, B]	3.68±0.75[b, B]
4	5.45±0.19[a, A]	4.55±0.09[ab, B]	3.88±0.77[ab, B]	4.38±0.48[ab, B]	3.30±0.65[b, B]
7	5.23±0.10[a, AB]	4.33±0.45[b, B]	3.85±0.73[b, B]	4.20±0.50[b, B]	3.85±0.35[b, B]
14	5.27±0.16[a, AB]	4.64±0.33[ab, B]	4.19±0.64[b, B]	4.22±0.41[b, B]	4.03±0.35[b, B]
21	5.14±0.24[a, AB]	4.60±0.12[ab, B]	3.86±0.55[c, B]	4.50±0.10[bd, B]	3.97±0.31[de, B]
28	4.78±0.72[a, B]	4.54±0.35[ab, B]	4.10±0.21[ab, B]	4.15±0.36[ab, B]	3.80±0.35[b, B]

หมายเหตุ ผลการทดลองได้จากการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ

ns คือ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

a, b, c,... คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในแนวนอน

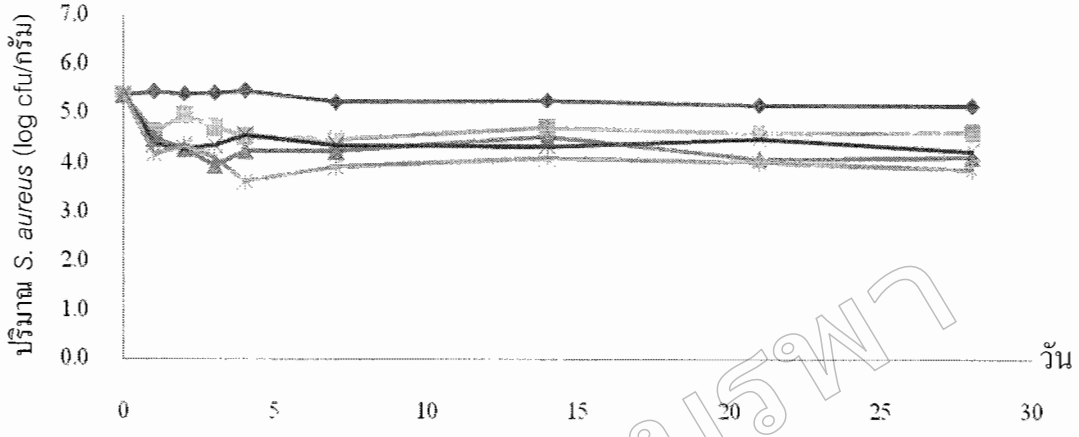
A, B, C,... คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในแนวตั้ง

Control คือ ปริมาณเชื้อในตัวอย่างไม่มีการเติมกรดไขมัน

FBIO คือ ปริมาณเชื้อในตัวอย่างที่มีการเติมกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยความร้อน

FHP คือ ปริมาณเชื้อในตัวอย่างที่มีการเติมกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยวิธีทางชีวภาพ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 4-8 ปริมาณ *S. aureus* ในผลิตภัณฑ์ปลาชุบแป้งกึ่งสุก ที่มีการเติมกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าว

โดยที่ คือ ปริมาณเชื้อในตัวอย่างไม่มีการเติมกรดไขมัน

คือ ปริมาณเชื้อในตัวอย่างที่มีการเติมกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยความร้อนความเข้มข้น 0.39 %v/w

คือ ปริมาณเชื้อในตัวอย่างที่มีการเติมกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยความร้อนความเข้มข้น 0.78 %v/w

คือ ปริมาณเชื้อในตัวอย่างที่มีการเติมกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยวิธีทางชีวภาพความเข้มข้น 0.39 %v/w

คือ ปริมาณเชื้อในตัวอย่างที่มีการเติมกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยวิธีทางชีวภาพความเข้มข้น 0.78 %v/w

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4-7 ปริมาณ *B. subtilis* ในผลิตภัณฑ์ปลาชุบแป้งกึ่งสุก ที่มีการเติมกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าว

วัน	ปริมาณ *B. subtilis* ในผลิตภัณฑ์ปลาชุบแป้งกึ่งสุก (log cfu/กรัม ± SD)				
	Control	FBIO 0.39 %w/v	FBIO 0.78 %w/v	FHP 0.39 %w/v	FHP 0.78 %w/v
0	6.62 ± 0.00^{A}	6.62 ± 0.00^{A}	6.62 ± 0.00^{A}	6.62 ± 0.00^{A}	6.62 ± 0.00^{A}
1	$5.00\pm0.00^{a, B}$	$3.18\pm0.06^{b, B}$	$3.35\pm0.18^{b, B}$	$2.79\pm0.09^{c, B}$	$2.13\pm0.06^{d, B}$
2	$4.41\pm0.00^{a, C}$	$3.08\pm0.11^{b, BC}$	$3.31\pm0.09^{c, B}$	$2.84\pm0.02^{d, B}$	$1.95\pm0.10^{e, BC}$
3	$3.89\pm0.00^{a, D}$	$3.24\pm0.40^{b, B}$	$3.21\pm0.40^{b, B}$	$2.92\pm0.09^{b, B}$	$1.90\pm0.30^{c, BC}$
4	$3.76\pm0.00^{a, E}$	$2.84\pm0.16^{b, CD}$	$2.63\pm0.10^{b, CD}$	$2.70\pm0.30^{b, B}$	$1.73\pm0.26^{c, CD}$
7	$3.74\pm0.00^{a, H}$	$2.82\pm0.07^{b, yz}$	$2.49\pm0.14^{c, DE}$	$2.68\pm0.14^{bc, B}$	$1.46\pm0.15^{d, DEF}$
14	$4.62\pm0.00^{a, y}$	$3.18\pm0.05^{b, x}$	$2.84\pm0.13^{c, C}$	$2.34\pm0.36^{d, C}$	$1.59\pm0.11^{e, DE}$
1	$4.47\pm0.00^{a, I}$	$2.83\pm0.15^{b, yz}$	$2.21\pm0.15^{c, H}$	$2.26\pm0.06^{c, C}$	$1.20\pm0.17^{d, DE}$
28	$3.89\pm0.00^{a, J}$	$2.66\pm0.18^{b, z}$	$2.32\pm0.28^{c, z}$	$2.05\pm0.08^{c, C}$	$1.36\pm0.10^{d, F}$

หมายเหตุ ผลการทดลองได้จากการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ

a, b, c,… คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในแนวนอน

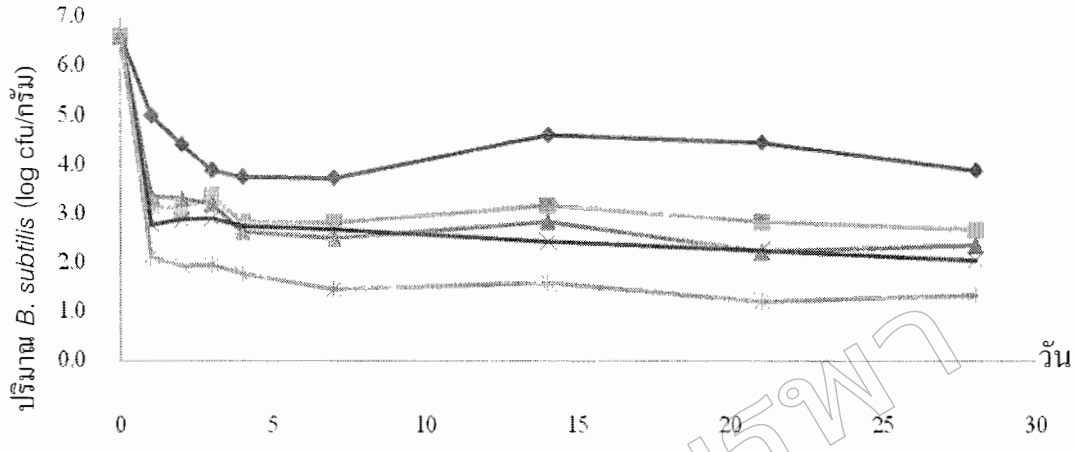
A, B, C,… คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในแนวตั้ง

Control คือ ปริมาณเชื้อในตัวอย่างไม่มีการเติมกรดไขมัน

FBIO คือ ปริมาณเชื้อในตัวอย่างที่มีการเติมกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยความร้อน

FHP คือ ปริมาณเชื้อในตัวอย่างที่มีการเติมกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยวิธีทางชีวภาพ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 4-9 ปริมาณ *B. subtilis* ในผลิตภัณฑ์ปลาชุบแป้งกึ่งสุก ที่มีการเติมกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าว

โดยที่ —◆— คือ ปริมาณเชื้อในตัวอย่างไม่มีการเติมกรดไขมัน

—■— คือ ปริมาณเชื้อในตัวอย่างที่มีการเติมกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยความร้อนความเข้มข้น 0.39 %v/w

—▲— คือ ปริมาณเชื้อในตัวอย่างที่มีการเติมกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยความร้อนความเข้มข้น 0.78 %v/w

—×— คือ ปริมาณเชื้อในตัวอย่างที่มีการเติมกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยวิธีทางชีวภาพความเข้มข้น 0.39 %v/w

—✱— คือ ปริมาณเชื้อในตัวอย่างที่มีการเติมกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยวิธีทางชีวภาพความเข้มข้น 0.78 %v/w

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4-8 ปริมาณ *B. cereus* ในผลิตภัณฑ์ปลาชุบแป้งกึ่งสุก ที่มีการเติมกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าว

วัน	ปริมาณ *B. cereus* ในผลิตภัณฑ์ปลาชุบแป้งกึ่งสุก (log cfu/กรัม ± SD)				
	Control	FBIO 0.39 %w/v	FBIO 0.78 %w/v	FHP 0.39 %w/v	FHP 0.78 %w/v
0	5.00 ± 0.00^{A}	5.00 ± 0.00^{A}	5.00 ± 0.00^{A}	5.00 ± 0.00^{A}	5.00 ± 0.00^{A}
1	$4.43\pm0.00^{a, B}$	$3.10\pm0.05^{b, B}$	$3.31\pm0.04^{c, BC}$	$3.56\pm0.02^{d, B}$	$3.26\pm0.14^{c, B}$
2	$4.08\pm0.00^{a, C}$	$3.31\pm0.14^{b, C}$	$3.27\pm0.11^{b, BC}$	$3.24\pm0.03^{b, CD}$	$3.26\pm0.11^{b, B}$
3	$4.01\pm0.00^{a, D}$	$3.19\pm0.19^{b, BC}$	$3.37\pm0.11^{b, zC}$	$3.22\pm0.10^{b, CD}$	$3.20\pm0.16^{b, B}$
4	$4.00\pm0.00^{a, E}$	$3.23\pm0.12^{b, BC}$	$3.35\pm0.04^{c, BC}$	$3.30\pm0.01^{bc, DE}$	$3.29\pm0.03^{bc, B}$
7	$4.05\pm0.00^{a, F}$	$3.28\pm0.04^{b, BC}$	$3.29\pm0.09^{b, BC}$	$3.38\pm0.09^{b, E}$	$3.29\pm0.07^{b, B}$
14	$4.04\pm0.00^{a, G}$	$3.23\pm0.03^{b, BC}$	$3.21\pm0.16^{b, BC}$	$3.31\pm0.07^{b, DE}$	$3.24\pm0.18^{b, B}$
21	$3.79\pm0.00^{a,H}$	$3.25\pm0.06^{b, BC}$	$3.18\pm0.10^{b, C}$	$3.19\pm0.07^{b, C}$	$3.15\pm0.12^{b, B}$
28	$3.72\pm0.00^{a, I}$	$3.23\pm0.08^{b, BC}$	$3.25\pm0.12^{b, BC}$	$3.18\pm0.08^{b, x}$	$3.28\pm0.07^{b, B}$

หมายเหตุ ผลการทดลองได้จากการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ

a, b, c,… คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในแนวนอน

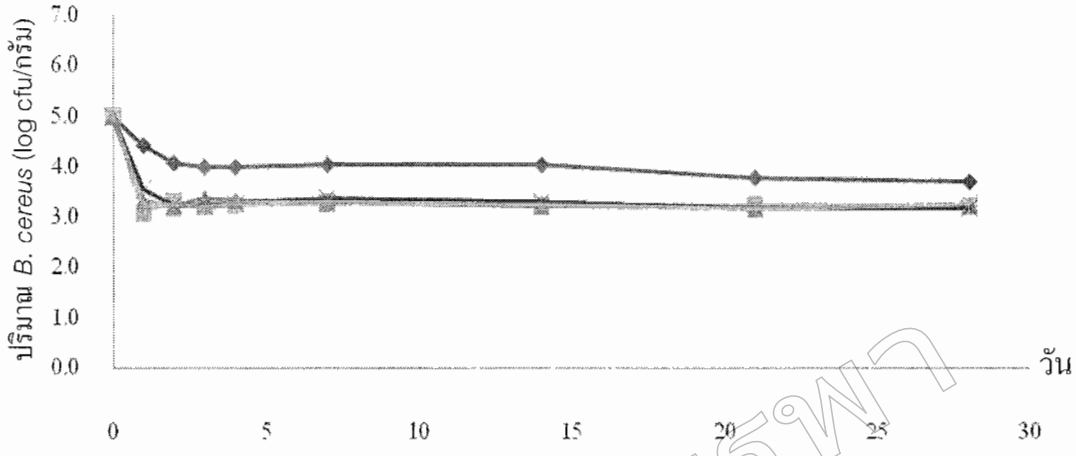
A, B, C,… คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในแนวตั้ง

Control คือ ปริมาณเชื้อในตัวอย่างไม่มีการเติมกรดไขมัน

FBIO คือ ปริมาณเชื้อในตัวอย่างที่มีการเติมกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยความร้อน

FHP คือ ปริมาณเชื้อในตัวอย่างที่มีการเติมกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยวิธีทางชีวภาพ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 4-10 ปริมาณ *B. cereus* ในผลิตภัณฑ์ปลาชุบแป้งกึ่งสุก ที่มีการเติมกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าว

โดยที่ คือ ปริมาณเชื้อในตัวอย่างไม่มีการเติมกรดไขมัน

คือ ปริมาณเชื้อในตัวอย่างที่มีการเติมกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยความร้อนความเข้มข้น 0.39 %v/w

คือ ปริมาณเชื้อในตัวอย่างที่มีการเติมกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยความร้อนความเข้มข้น 0.78 %v/w

คือ ปริมาณเชื้อในตัวอย่างที่มีการเติมกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยวิธีทางชีวภาพความเข้มข้น 0.39 %v/w

คือ ปริมาณเชื้อในตัวอย่างที่มีการเติมกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยวิธีทางชีวภาพความเข้มข้น 0.78 %v/w

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4-9 ปริมาณ *V. paraheamolyticus* ในผลิตภัณฑ์ปลาชุบแป้งกึ่งสุก ที่มีการเติมกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าว

วัน	ปริมาณ *V. paraheamolyticus* ในผลิตภัณฑ์ปลาชุบแป้งกึ่งสุก (log cfu/กรัม ± SD)				
	Control	FBIO 0.39 %w/v	FBIO 0.78 %w/v	FHP 0.39 %w/v	FHP 0.78 %w/v
0	5.18 ± 0.00^{A}	5.18 ± 0.00^{A}	5.18 ± 0.00^{A}	5.18 ± 0.00^{A}	5.18 ± 0.00^{A}
1	$4.34\pm0.00^{a,B}$	$3.81\pm0.21^{b,B}$	$2.92\pm0.11^{c,B}$	$3.62\pm0.11^{d,B}$	$2.61\pm0.13^{e,B}$
2	$4.18\pm0.00^{a,C}$	$3.18\pm0.17^{b,C}$	$2.24\pm0.28^{c,C}$	$3.42\pm0.26^{b,C}$	$2.08\pm0.20^{c,C}$
3	$3.30\pm0.00^{a,D}$	$1.72\pm0.12^{b,D}$	<1	$1.20\pm0.17^{c,D}$	<1
4	2.48 ± 0.00^{E}	<1	<1	<1	<1
7	<1	<1	<1	<1	<1
14	<1	<1	<1	<1	<1
21	<1	<1	<1	<1	<1
28	<1	<1	<1	<1	<1

หมายเหตุ ผลการทดลองได้จากการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ

a, b, c,… คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในแนวนอน

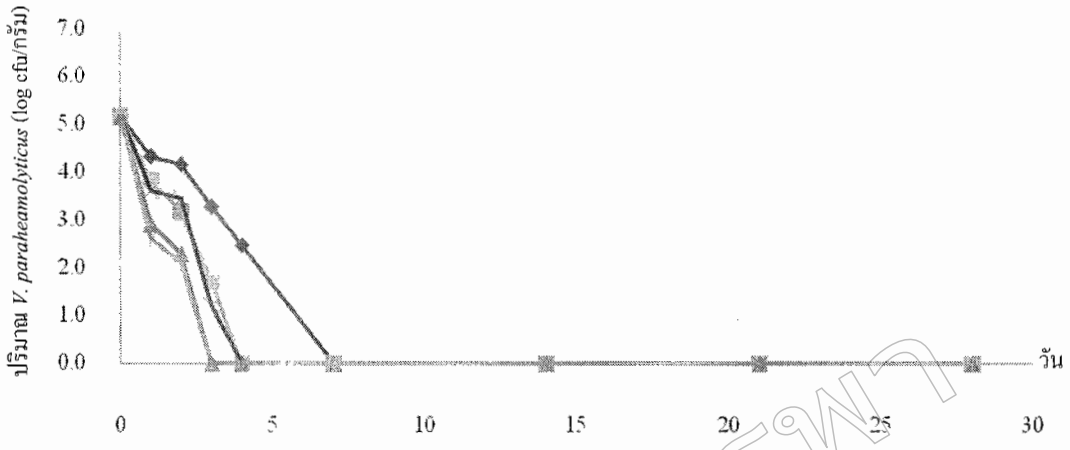
A, B, C,… คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในแนวตั้ง

Control คือ ปริมาณเชื้อในตัวอย่างไม่มีการเติมกรดไขมัน

FBIO คือ ปริมาณเชื้อในตัวอย่างที่มีการเติมกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยความร้อน

FHP คือ ปริมาณเชื้อในตัวอย่างที่มีการเติมกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยวิธีทางชีวภาพ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 4-11 ปริมาณ *V. paraheamolyticus* ในผลิตภัณฑ์ปลาชุบแป้งกึ่งสุก ที่มีการเติมกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าว

โดยที่ คือ ปริมาณเชื้อในตัวอย่างไม่มีการเติมกรดไขมัน

คือ ปริมาณเชื้อในตัวอย่างที่มีการเติมกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยความร้อนความเข้มข้น 0.39 %v/w

คือ ปริมาณเชื้อในตัวอย่างที่มีการเติมกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยความร้อนความเข้มข้น 0.78 %v/w

คือ ปริมาณเชื้อในตัวอย่างที่มีการเติมกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยวิธีทางชีวภาพความเข้มข้น 0.39 %v/w

คือ ปริมาณเชื้อในตัวอย่างที่มีการเติมกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยวิธีทางชีวภาพความเข้มข้น 0.78 %v/w

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

4. การทดสอบทางประสาทสัมผัส

เมื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสตัวอย่างผลิตภัณฑ์เนื้อปลาชุบแป้งทอดที่เติมกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยความร้อน 0.78 %v/w เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์เนื้อปลาชุบแป้งทอดที่ไม่เติมกรดไขมัน (ชุดควบคุม) เพื่อหาความแตกต่างด้วยวิธี QDA (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2545) โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 6 คน ทำการทดสอบคุณลักษณะด้านกลิ่นของอาหารได้แก่ กลิ่นเนื้อปลา กลิ่นน้ำมันปาล์ม กลิ่นพริกไทย และ กลิ่นกรดไขมัน ของผลิตภัณฑ์เนื้อปลาชุบแป้งทอดที่เติมกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยความร้อนปริมาตร 0.78 % v/w โดยทดสอบที่ระยะเวลา 0, 1, 2, 3, 4, 7, 14, 21 และ 28 วัน พบว่า ผู้ทำการทดสอบไม่สามารถแยกความแตกต่างของ กลิ่นเนื้อปลา กลิ่นน้ำมันปาล์ม และกลิ่นพริกไทย ของผลิตภัณฑ์เนื้อปลาชุบแป้งทอดได้ แต่สามารถแยกความแตกต่างของกลิ่นกรดไขมันที่เติมลงไปในผลิตภัณฑ์ปลาชุบแป้งทอดได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ทุกครั้งที่ทำการทดสอบ ซึ่งความแรงของกลิ่นอยู่ในระดับ 7-10 ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับแรงถึงแรงมาก และระดับความแรงของกลิ่นจะลดลงเล็กน้อยเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 4-10

จากการประเมินความชอบของผู้บริโภคด้วยวิธี 9 Point Hedonic Scale โดยใช้ผู้ทดสอบ 30 คน ทำการทดสอบคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส สี และกลิ่นรสของอาหารและความชอบโดยรวมของอาหาร ที่ระยะ เวลา 0 1 2 3 4 7 14 21 และ 28 วัน ผลการประเมินดังตารางที่ 4-11 พบว่า กลุ่มผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏ สี และลักษณะเนื้อสัมผัส ของตัวอย่างชุดควบคุมและตัวอย่างผลิตภัณฑ์ปลาชุบแป้งทอดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ในทุกระยะการเก็บ ยกเว้นลักษณะเนื้อสัมผัสในระยะการเก็บ 28 วัน พบว่า ชุดควบคุมมีคะแนนความชอบด้านกลิ่นโดยรวม รสชาติ และความชอบโดยรวม มากกว่าตัวอย่างผลิตภัณฑ์ปลาชุบแป้งทอดที่เติมกรดไขมันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

เมื่อทำการวิเคราะห์คาไทโอบารบิวทิริค (TBA number) ซึ่งเปนคาดัชนีบอกถึงการเกิดกลิ่นหืน (AOAC, 2000) โดยทำการทดสอบที่ระยะเวลา 0 1 2 3 4 7 14 21 และ 28 วันควบคู่กับการทดสอบทางประสาทสัมผัส ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4-12 พบว่า TBA Number ในผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับที่ต่ำ และไม่มีความแตกต่างกับชุดควบคุมมากนัก

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4-10 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส เพื่อหาความแตกต่างด้วยวิธี QDA

การทดสอบคุณลักษณะ	ระยะเวลาที่ทดสอบ (วัน)	ชุดควบคุม (คะแนนระดับกลืน± SD)	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ (คะแนนระดับกลืน± SD)
กลิ่นเนื้อปลา	0 ns	1.24±0.05	1.25±0.04
	7 ns	1.24±0.12	1.23±0.13
	14 ns	1.21±0.12	1.20±0.12
	21 ns	1.48±0.63	1.46±0.61
	28 ns	1.45±0.52	1.42±0.48
กลิ่นน้ำมันปาล์ม	0 ns	1.31±0.22	1.31±0.2
	7 ns	1.37±0.49	1.38±0.38
	14 ns	1.55±0.40	1.55±0.50
	21 ns	1.18±0.39	1.20±0.35
	28	1.32±0.51	1.40±0.62
กลิ่นพริกไทย	0 ns	1.22±0.19	1.26±0.21
	7 ns	1.20±0.12	1.20±0.13
	14 ns	1.33±0.32	1.34±0.33
	21 ns	1.25±0.44	1.25±0.45
	28 ns	1.16±0.42	1.17±0.50
กลิ่นกรดไขมัน	0	0 a	8.63±1.13 b
	7	0 a	8.63±0.98 b
	14	0 a	8.52±0.65 b
	21	0 a	8.28±1.11 b
	28	0 a	8.17±0.42 b

หมายเหตุ ns คือ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ในแนวนอน

a,b คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4-11 ผลประเมินความชอบของผู้บริโภคด้วยวิธี 9 Point Hedonic Scale

คุณลักษณะ	ระยะเวลาที่ทดสอบ (วัน)	ชุดควบคุม (คะแนนความชอบ± SD)	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ (คะแนนความชอบ± SD)
ลักษณะปรากฏ	0 [ns]	7.10±1.06	6.97±1.07
	7 [ns]	7.10±1.16	6.67±1.32
	14 [ns]	6.93±1.23	6.90±0.92
	21 [ns]	7.13±1.31	6.63±1.00
	28 [ns]	7.03±1.16	6.03±1.45
สี	0 [ns]	7.10±0.99	6.97±0.96
	7 [ns]	6.97±1.16	6.60±1.16
	14 [ns]	6.77±1.22	7.23±0.86
	21 [ns]	7.10±0.99	6.63±1.10
	28 [ns]	6.97±1.27	5.93±1.23
กลิ่นโดยรวม	0	6.97±1.13 [a]	5.40±1.79 [b]
	7	6.57±1.25 [a]	4.87±1.28 [b]
	14	6.97±1.10 [a]	5.40±1.61 [b]
	21	7.40±1.11 [a]	5.27±1.84 [b]
	28	6.73±1.11 [a]	4.80±1.58 [b]
รสชาติ	0	7.23±1.01 [a]	5.20±1.67 [b]
	7	7.17±0.99 [a]	5.70±1.47 [b]
	14	7.30±1.06 [a]	6.23±1.45 [b]

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4-11 (ต่อ)

คุณลักษณะ	ระยะเวลาที่ทดสอบ (วัน)	ชุดควบคุม (คะแนนความชอบ± SD)	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ (คะแนนความชอบ± SD)
รสชาติ	21	7.27±1.31 [a]	5.47±2.06 [b]
	28	6.97±1.56 [a]	5.10±1.67 [b]
ลักษณะเนื้อสัมผัส	0 [ns]	7.10±1.06	6.97±1.07
	7 [ns]	7.00±1.23	6.53±1.28
	14 [ns]	6.70±1.34	6.40±1.28
	21 [ns]	7.07±1.34	6.40±1.48
	28	7.20±1.37 [a]	6.47±1.66 [b]
ความชอบโดยรวม	0	7.17±0.87 [a]	5.43±1.45 [b]
	7	7.17±1.02 [a]	5.60±1.40 [b]
	14	7.10±1.03 [a]	6.17±1.21 [b]
	21	7.23±1.023 [a]	5.60±1.38 [b]
	28	7.00±1.11 [a]	5.47±1.43 [b]

หมายเหตุ ns คือ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ในแนวนอน

a,b คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4-12 ผลการวิเคราะห์ค่าไทโอบาบิวทิริค (TBA Number)

ระยะเวลาที่นำมาทำการทดสอบ (วัน)	TBA number	
	ตัวอย่างควบคุม (mg. malonal aldehyde /kg.)	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ (mg. malonal aldehyde /kg.)
0	0.035±0.006[a]	0.075±0.011[b]
7[ns]	0.088±0.020	0.049±0.020
14[ns]	0.033±0.021	0.050±0.008
21	0.025±0.002[a]	0.042±0.007[b]
28[ns]	0.012±0.004	0.014±0.009

หมายเหตุ ns คือ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ในแนวนอน

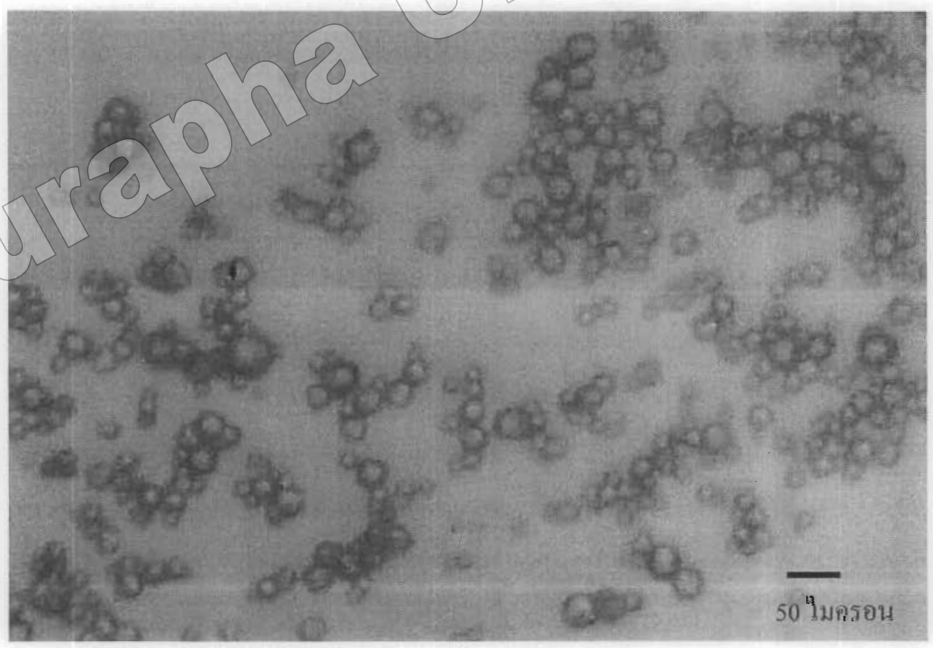
a,b คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

5. การเอนแคปซูเลชันกรดไขมัน

การแปรรูปกรดไขมัน โดยเอนเคปซูเลชัน (Fuchs et al., 2006) ซึ่งเป็นการทำให้เกิดอิมัลชันระหว่างสารยับยั้งจุลินทรีย์และสารเคลือบ โดยสารเคลือบที่ใช้ในการทดลองได้แก่ Lactose 5.88 % และ Sodium Caseinate 5.88 % ต่อปริมาณสารยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ 5.88 % (จะได้สารเคลือบปริมาณต่อปริมาณสารยับยั้งจุลินทรีย์เท่ากับ 2:1) จากนั้นเติมน้ำ 82.36 % ผสมส่วนผสมทั้งหมดให้เป็นอิมัลชันด้วยเครื่อง Polytron (PT 3100, Kinematica) ระดับความเร็วที่ 1.5 เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง ได้สารละลายอิมัลชันดังภาพที่ 4-12 จากนั้นนำสารอิมัลชันมาทำแห้งด้วยเครื่อง Büchi 190 Mini Spray Dryer โดยใช้ความเร็วของปั๊มที่ประมาณ 300 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง ความเร็วลม 5 Bar อุณหภูมิ Inlet 135 ถึง 145 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิ Outlet 83 ถึง 88 องศาเซลเซียส โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าการกักเก็บสารยับยั้งจุลินทรีย์ (MEE) เท่ากับ 97.97 % โดยปริมาณกรดไขมันทั้งหมดคิดเป็น 19.794 % ของปริมาณผลิตภัณฑ์กรดไขมันแปรรูป และคิดเป็น 59% ของกรดไขมันตั้งต้นที่เข้าสู่กระบวนการ ได้ผลิตภัณฑ์ดังภาพที่ 4-13

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ภาพที่ 4-12 สารละลายอิมัลชันจากสารผสม Lactose 5.88 % และ Sodium Caseinate 5.88 % ต่อกรดไขมัน 5.88 % และ น้ำ 82.36 % ผสมด้วยเครื่อง Polytron (PT 3100, Kinematica) ระดับความเร็วที่ 1500 rpm เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง ถ่ายภาพด้วย Light Microscope (Olympus BX60) ที่กำลังขยาย 20 เท่า



ภาพที่ 4-13 ผลิตภัณฑ์กรดไขมันแปรรูปโดยเอนเคปซูเลชัน ทำแห้งด้วย Büchi 190 mini Spray Dryer ถ่ายภาพด้วย Light microscope (Olympus BX60) ที่กำลังขยาย 40 เท่า

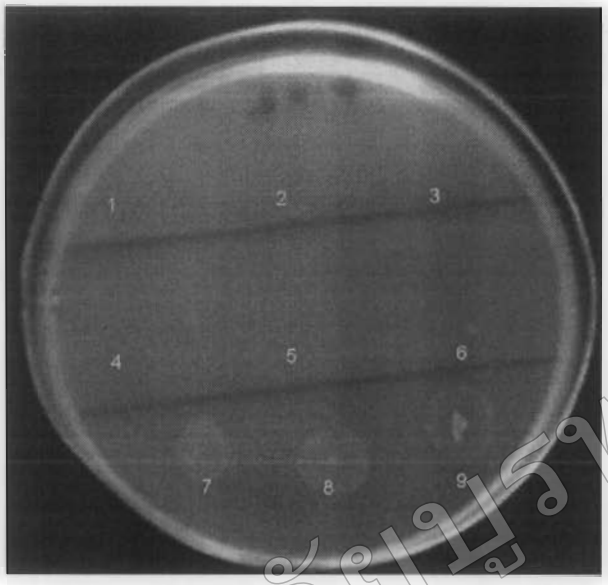
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

เมื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพของกรดไขมันที่ผ่านเอนแคปซูเลชัน ในการยับยั้งจุลินทรีย์โดยการวิเคราะห์ MIC ด้วยวิธี Agar Dilution Method เพื่อทำการเปรียบเทียบกับผลการทดลองกับสารยับยั้งจุลินทรีย์ที่ไม่ผ่านเอนแคปซูเลชัน ในข้อ 2.2. ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4-13 ภาพที่ 4-14 และภาพที่ 4-15 พบว่าค่า MIC ที่สูงที่สุดของกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยความร้อนและกรดไขมันที่ผ่านการเอนแคปซูเลชัน มีค่าเท่ากันคือ 0.039 %v/v ดังนั้นจึงสามารถใช้กรดไขมันเอนแคปซูเลชันทดแทนกรดไขมันที่อยู่ในรูปของของเหลวในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ โดยมีประสิทธิภาพไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4-13 เปรียบเทียบค่า MIC ระหว่างกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยความร้อนและกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวเอนแคปซูเลชัน

แบคทีเรีย	MIC (% (v/v))	
	กรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยความร้อน	กรดไขมันแปรรูปโดยเอนแคปซูเลชั่น
S. aureus	0.039	0.039
B. subtilis	0.039	0.039
B. cereus	0.019	0.019
V. parahaemolyticus	0.039	0.039

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

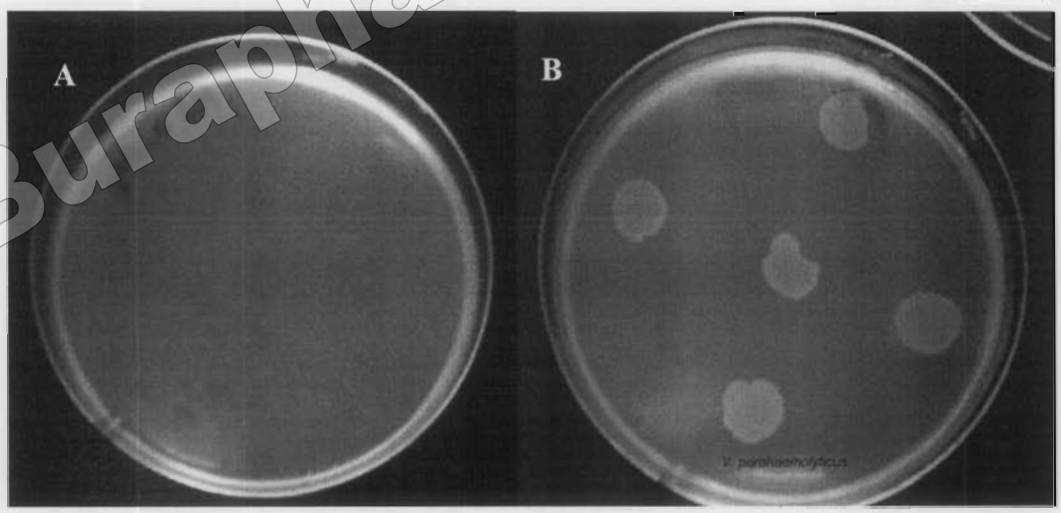


ภาพที่ 4-14 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของกรดไขมันแปรรูปความเข้มข้น 0.019 %v/v ต่อเชื้อทดสอบด้วยวิธี Agar Dilution

โดยที่ 1 ถึง 3 คือ *B. cereus*

4 ถึง 6 คือ *B. subtilis*

7 ถึง 9 คือ *S. aureus*



ภาพที่ 4-15 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวสกัดโดยความร้อนผ่านการเอนแคปซูเลชันความเข้มข้น 0.039 %v/v (A) และ 0.019 %v/v (B) ต่อ *V. parahaemolyticus* ด้วยวิธี Agar Dilution

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University