

บทที่ 3

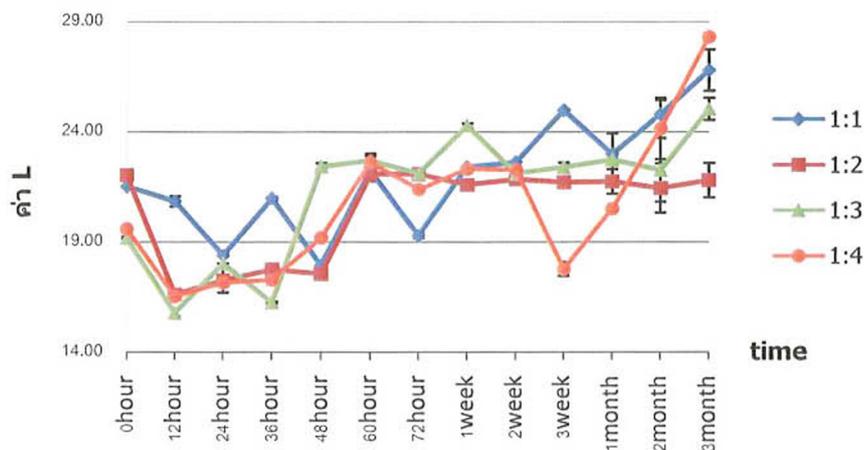
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล

การคัดเลือกอัตราส่วนน้ำหมักเซอร์รี่ที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้ง การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

การเก็บตัวอย่างน้ำหมักเซอร์รี่เปรี้ยวสำหรับการวิเคราะห์จะเก็บตัวอย่างทุก 12 ชั่วโมงเป็นเวลา 3 วัน (0, 12, 24, 36, 48, 60, 72) หลังจากนั้นจะเก็บตัวอย่างสัปดาห์ละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 3 สัปดาห์ และทุก 1 เดือนเป็นเวลา 3 เดือน ให้ผลการทดลองเป็นดังนี้

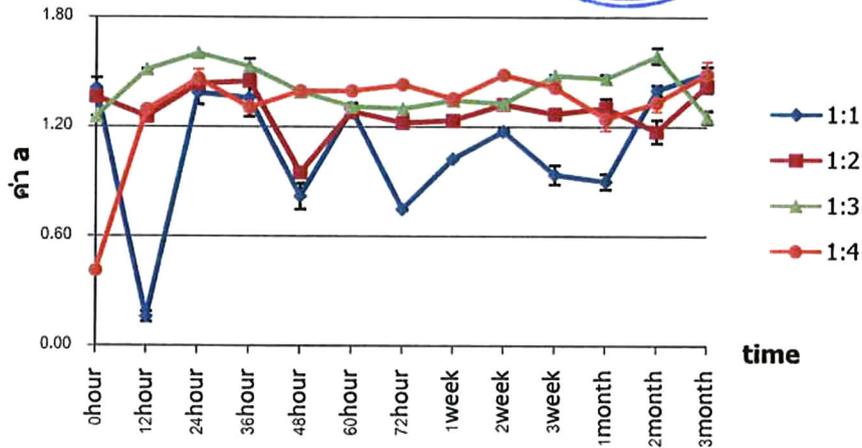
ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำหมักเซอร์รี่ทางกายภาพ

จากการวัดค่าสีค่าสี L a และ b ของน้ำหมักตั้งแต่ชั่วโมงที่ 0 จนถึง 3 เดือน แสดงในรูปที่ 1 2 และ 3 พบว่าค่าสี L ในตัวอย่างน้ำหมักเซอร์รี่ทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



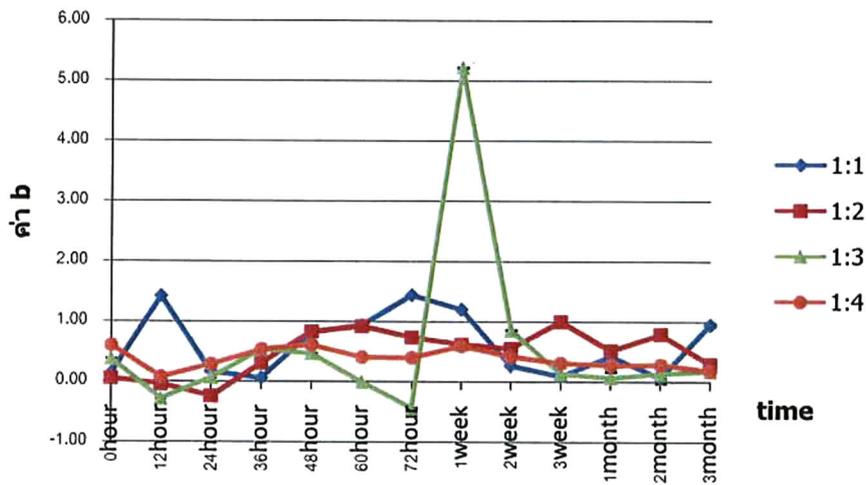
รูปที่ 1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี L (Lightness) กับระยะเวลาการหมักสารลดแรงตึงผิวชีวภาพจากผลเซอร์รี่เปรี้ยว

หมายเหตุ ค่า L (Lightness) เป็นค่าแสดงความสว่าง คือมีค่าตั้งแต่ 0 แสดงความเป็นสีดำ ถึง 100 แสดงความเป็นสีขาว



รูปที่ 2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า a กับระยะเวลาการหมักสารลดแรงตึงผิวชีวภาพจากผลเชอร์รี่เปรี้ยว

หมายเหตุ ค่า a ที่มีค่าเป็นบวก (+) แสดงความเป็นสีเขียวหรือมีค่าเป็นลบ (-) แสดงความเป็นสีแดง



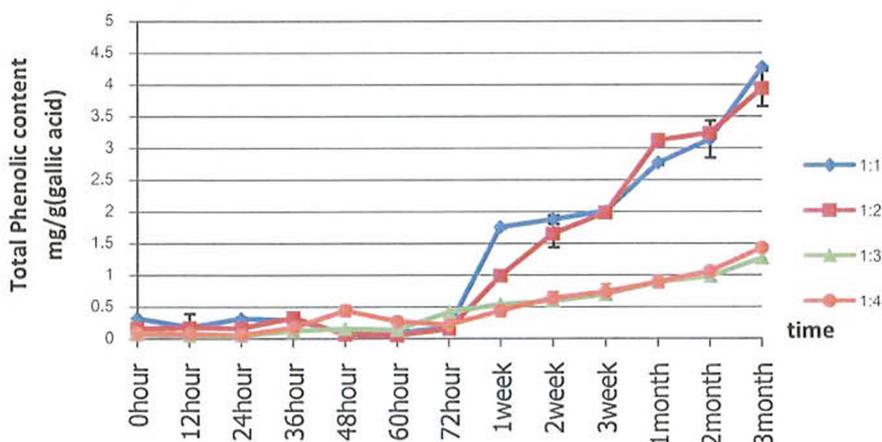
รูปที่ 3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า b กับระยะเวลาการหมักสารลดแรงตึงผิวชีวภาพจากผลเชอร์รี่เปรี้ยว

หมายเหตุ ค่า b ที่มีค่าเป็นบวก (+) แสดงความเป็นสีเหลืองหรือมีค่าเป็นลบ (-) แสดงความเป็นสีน้ำเงิน



ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำหมักเซอร์รี่ทางเคมี

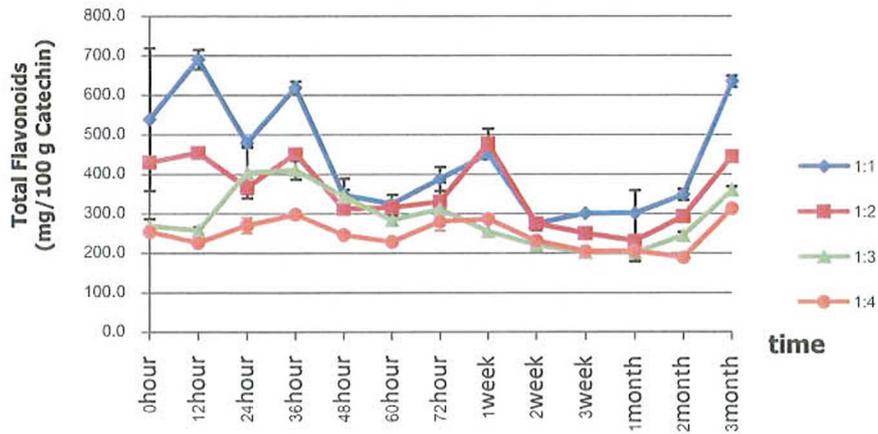
การวิเคราะห์หาปริมาณ Total Phenolics Content (TPC) พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของสารฟีนอลิกในชั่วโมงที่ 72 จนถึงเดือนที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (รูปที่ 4) เนื่องจากค่า pH ของสภาวะการหมักเริ่มลดลง ซึ่งอาจทำให้แบคทีเรียใช้เอนไซม์ใน deglycosylation path way ที่ทำงานได้ดีในสภาวะที่เป็นกรดและปริมาณแอลกอฮอล์ที่มากขึ้นในกระบวนการหมักเพื่อใช้ในการย่อยสลายสเตรทที่เป็นสารกลุ่ม phenolic ในเซอร์รี่ได้มากขึ้นหรือแบคทีเรียบางชนิดในระบบสามารถสังเคราะห์สารกลุ่ม phenolic โดยใช้กรดอะซิติกหรือกรดมาโลนิคที่เป็นสารเมตาบอไลต์ในระหว่างที่จุลินทรีย์มีการเจริญเป็นสับสเตรท ทำให้ได้ปริมาณสารฟีนอลิกเพิ่มมากขึ้น (Luc J Martin and Chantal Matar, 2005) เมื่อเปรียบเทียบแต่ละชุดการทดลองพบว่าในช่วงหมักผ่านไป 3 เดือน อัตราส่วน 1:1 มีปริมาณ phenolic เพิ่มขึ้นสูงที่สุดเนื่องจากมีอัตราส่วนของเซอร์รี่สูงสุด รองลงมาคืออัตราส่วน 1:2 1:3 และ 1:4 ตามลำดับ



รูปที่ 4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Total Phenolics Content (TPC) กับระยะเวลาการหมัก สารลดแรงตึงผิวชีวภาพจากผลเซอร์รี่เปรี้ยว

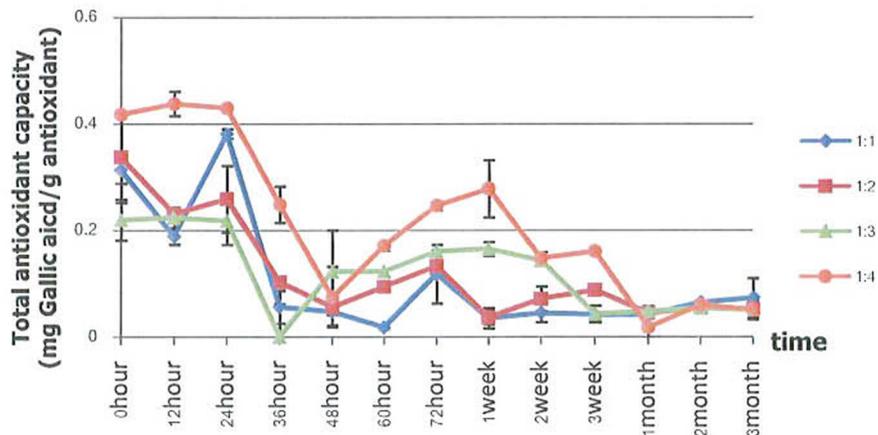
การวิเคราะห์หาปริมาณ Total Flavonoids (TF) โดยใช้ Catechin เป็นสารมาตรฐาน ดังแสดงในรูปที่ 5 พบว่าในการหมักในช่วงชั่วโมงที่ 0 ถึงชั่วโมงที่ 72 มีปริมาณ Total Flavonoids ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ทั้งนี้ในสภาวะของหมักในช่วงแรก ค่า pH ยังไม่ลดลงมาก เนื่องจากสารกลุ่ม Flavonoids จะไม่เสถียรภาพในสภาวะที่ค่า pH สูง (alkaline condition) แต่เมื่อการหมักผ่านไปตั้งแต่เดือนที่ 1 ถึงเดือนที่ 3 ทำให้ค่า pH ลดลงอย่างมาก ทำให้มีสภาวะเป็นกรดมากขึ้น (acid condition) สารกลุ่ม Flavonoids จึงมีความเสถียรมากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณ Total Flavonoids เพิ่มขึ้น (R. Jayabalan et al, 2007) เมื่อเปรียบเทียบแต่ละชุดการทดลองพบว่าในช่วง

หมักผ่านไป 3 เดือน อัตราส่วน 1:1 มีปริมาณ Flavonoids เพิ่มขึ้นสูงที่สุดเนื่องจากมีอัตราส่วนของเชอร์รี่สูงที่สุด รองลงมาคืออัตราส่วน 1:2 1:3 และ 1:4 ตามลำดับ



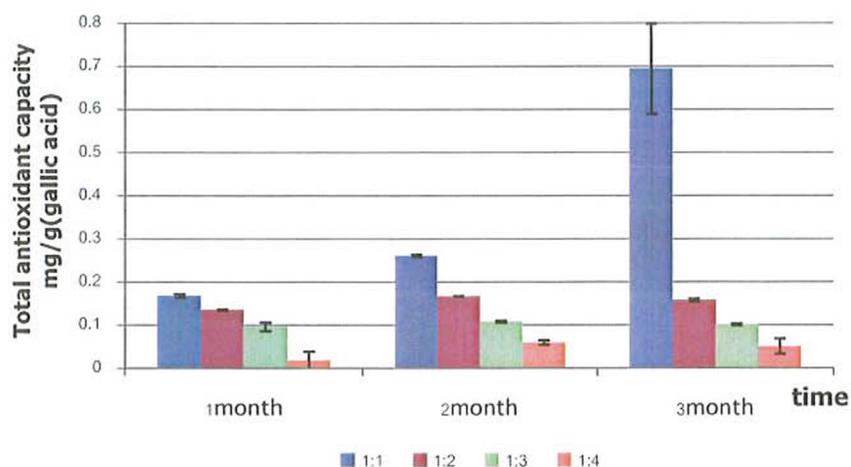
รูปที่ 5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Total Flavonoids กับระยะเวลาการหมักสารลดแรง ตึงผิวชีวภาพจากผลเชอร์รี่เปรี้ยว

การวิเคราะห์หาปริมาณ Total antioxidant capacity พบว่าในน้ำหมักเชอร์รี่เปรี้ยวพบว่าทุกชุดการทดลองมีปริมาณ Total antioxidant capacity ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับชั่วโมงที่ 0 ดังแสดงในรูปที่ 6



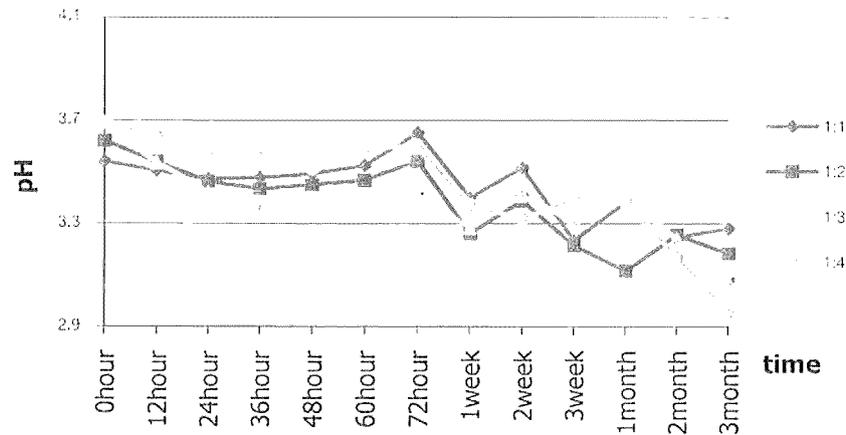
รูปที่ 6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Total antioxidant capacity กับระยะเวลาการหมัก สารลดแรงตึงผิวชีวภาพจากผลเชอร์รี่เปรี้ยว

เมื่อพิจารณาปริมาณ Total antioxidant capacity จากการหมักเซอร์เปรี้ยวในเดือนที่ 1 -3 พบว่ามีปริมาณ Total antioxidant capacity เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังแสดงในรูปที่ 7 การที่ค่า Total antioxidant capacity เพิ่มขึ้นในช่วงเดือนที่ 1 - 3 ของการหมักเป็นเพราะเนื่องจากสภาวะความเป็นกรด-ด่างที่ลดลงอย่างมาก ทำให้แบคทีเรียใช้เอนไซม์ขั้นตอนเมตาบอลิซึม deglycosylation path way ที่ทำงานได้ดีในสภาวะที่เป็นกรด ในการย่อยสับสเตรทที่เป็นสารกลุ่ม phenolic ได้มากขึ้น ทำให้ได้ปริมาณ antioxidant capacity เพิ่มมากขึ้น (Luc J Martin and Chantal Matar, 2005) เมื่อเปรียบเทียบชุดการทดลองพบว่า อัตราส่วน 1:1 มีปริมาณ antioxidant capacity เพิ่มขึ้นสูงที่สุดเนื่องจากมีอัตราส่วนของเซอร์ที่สูงที่สุด รองลงมาคืออัตราส่วน 1:2 1:3 และ 1:4 ตามลำดับ



รูปที่ 7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Total antioxidant capacity กับระยะเวลาการหมักสารลดแรงตึงผิวชีวภาพจากผลเซอร์เปรี้ยวในเดือนที่ 1-3

การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) พบว่าในน้ำหมักเซอร์เปรี้ยวพบว่าทุกชุดการทดลองมีค่า pH ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับชั่วโมงที่ 0 ดังแสดงในรูปที่ 8 การที่น้ำหมักเซอร์มีค่า pH ลดลง ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและแบคทีเรียแลคติกเพิ่มสูงขึ้นในระหว่างการหมัก ทั้งนี้เนื่องจากในกระบวนการหมักจะมีสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญของ แบคทีเรียแลคติก (Lactic acid bacteria) ซึ่งจะมีปริมาณก๊าซออกซิเจนน้อยและมีสารอาหารที่แบคทีเรียแลคติกสามารถนำไป ใช้ได้โดยแบคทีเรียแลคติกจะใช้อาหารต่างๆ เช่น คาร์โบไฮเดรตโดยแหล่งคาร์โบไฮเดรต ได้แก่ น้ำตาล ในผลเซอร์ แบคทีเรียแลคติกจะย่อยน้ำตาลกลูโคสในผลเซอร์แล้วสร้างกรดแลคติกทำให้ปริมาณกรด แลคติกเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่า pH ลดลงในระหว่างการหมัก (สุนันทา วัฒนสินธุ์, 2545)



รูปที่ 8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH กับระยะเวลาการหมักสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ จากผลเซอร์รี่เปรี้ยว

จากการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักโดยวิธี ICP-MS (ตารางที่ 2) ซึ่งน้ำหมักเซอร์รี่ชีวภาพเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดชนิดเหลวสำหรับเครื่องใช้เด็กอ่อน (มอก. 2201-2547) ซึ่งรวมปริมาณโลหะหนักได้แก่ สารหนู แคดเมียม โปรอท และตะกั่ว ต้องไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ppm) ถ้าพิจารณา น้ำหมักเซอร์รี่ทั้ง 4 อัตราส่วนพบว่า ปริมาณโลหะหนักลดลงตามอัตราส่วนเซอร์รี่ แต่น้ำหมักเซอร์รี่อัตราส่วน 1:3 มีปริมาณโลหะหนักน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหมักเซอร์รี่ในอัตราส่วนอื่นๆ

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์โลหะหนักโดยวิธี ICP-MS

ตัวอย่างน้ำหมักเซอร์รี่	As (ppm)	Cd (ppm)	Hg (ppm)	Pb (ppm)
1:1	<0.0000	0.0089±0.009	0.8506±0.244	0.1271±0.016
1:2	<0.0000	0.0078±0.010	0.4619±0.115	0.0870±0.038
1:3	<0.0000	0.0030±0.021	0.4251±0.150	0.0398±0.019
1:4	<0.0000	0.0046±0.005	0.6669±0.086	0.1087±0.017

หมายเหตุ : As = สารหนู, Cd = แคดเมียม, Hg = โปรอท, Pb = ตะกั่ว

จากการวิเคราะห์สารระเหยที่ให้กลิ่นโดยวิธี Gas chromatography - mass spectrometry พบว่าในระหว่างการหมักน้ำหมักเซอร์รี่ทุก 4 ชุดการทดลองให้สารประกอบในกลุ่ม Hydrocarbon, Alcohol, Acid and esters, Aldehyde และ Miscellaneous ดังแสดงในตารางที่ 3-20 เนื่องจากแบคทีเรียแลคติกมีการใช้สารอาหารทำให้เกิดการหมักแบบ heterofermentative ทำให้ได้สารในกลุ่มต่างๆ มากมาย เช่น Hydrocarbon, Alcohol, Acid, esters, Aldehyde และ Miscellaneous

ตารางที่ 3 ชนิดของสารกลุ่ม Hydrocarbon ที่พบในน้ำหมักเซอร์รื่ออัตราส่วน 1:1

Aroma compound	Time													
	0 hr	12 hr	24 hr	36 hr	48 hr	60 hr	72 hr	1 week	2 week	3 week	1 month	2 month	3 month	
Hydrocarbon														
3-Buten-2-one,4-(2,6,6, trimethyl Hexadecane)	-	+	+	-	+	+	-	+	+	-	+	+	+	
Caryophyllene	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Cyclohexasioxane dodecamethyl	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	
Cyclooctene-3-(1 methyl ethenyl)	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Cyclopentasiloxane decamethyl	-	+	+	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-	
Cyclophyllen	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
D-Limonene	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	
Eicosane	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Hexadecane	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	
Limonene	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>β</i> -Eegastigma -4,6- (Z),8,(Z) triene	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Nonadecane	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
pentadecane	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	

หมายเหตุ : - หมายถึง ตรวจไม่พบกลิ่นในตัวอย่าง

+ หมายถึง ตรวจพบกลิ่นในตัวอย่าง

ตารางที่ 4 ชนิดของสารกลุ่ม Alcohol ที่พบในน้ำหมักเซอร์รี่อัตราส่วน 1:1

Aroma compound	Time												
	0 hr	12 hr	24 hr	36 hr	48 hr	60 hr	72 hr	1 week	2 week	3 week	1 month	2 month	3 month
Alcohol													
1-Hexanol	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1-Octanol-3-ol	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1-Octen-3-ol	+	-	+	-	-	+	+	-	+	+	+	-	-
1-Pentanol	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-
3-Octanol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Octanol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
Ethanol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Phenyl ethyl alcohol	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-

หมายเหตุ : - หมายถึง ตรวจไม่พบกลิ่นในตัวอย่าง

+ หมายถึง ตรวจพบกลิ่นในตัวอย่าง

ตารางที่ 5 ชนิดของสารกลุ่ม Acid และ esters ที่พบในน้ำหมักเซอร์รี่อัตราส่วน 1:1

Aroma compound	Time													
	0 hr	12 hr	24 hr	36 hr	48 hr	60 hr	72 hr	1 week	2 week	3 week	1 month	2 month	3 month	
Acids and esters														
1-Butanol-3-methyl acetate	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4-Pentene-1-yl-acetate	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Acetic acid 2 phenyl ethyl ester	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Acetic acid hexyl ester	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	+	+
Butanoic acid 4 pentenyl ester		+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Butanoic acid-3-methyl-3-methyl-3-butenyl ester	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Decanoic acid ethyl ester	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Dodecanoic acid ethyl ester	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ethyl acetate	+		+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hexadecanoic acid ethyl ester	-	+	-		+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hexadecanoic acid methyl ester	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hexadecanoic acid pentenyl ester	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hexanoic acid 4 pentenyl ester	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hexanoic acid ethyl ester	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Hexanoic acid-3-methyl-2-butenyl ester		+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Octanoic acid ethyl ester	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Octanoic acid ethyl ester	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ : - หมายถึง ตรวจไม่พบกลิ่นในตัวอย่าง

+ หมายถึง ตรวจพบกลิ่นในตัวอย่าง

ตารางที่ 6 ชนิดของสารกลุ่ม Aldehyde ที่พบในน้ำหมักเซอร์รี่อัตราส่วน 1:1

Aroma compound	Time													
	0 hr	12 hr	24 hr	36 hr	48 hr	60 hr	72 hr	1 week	2 week	3 week	1 month	2 month	3 month	
Aldehyde														
Decanal	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hexanal,2,2,dimethyl	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nonanal	-	-	+	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-	+
Miscellaneous														
Phenol 2,4 bis (1,1 dimethyl ethyl)	-	+	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-
Phenol 2,5 bis (1,1 dimethyl ethyl)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-

หมายเหตุ : - หมายถึง ตรวจไม่พบกลิ่นในตัวอย่าง

+ หมายถึง ตรวจพบกลิ่นในตัวอย่าง

ตารางที่ 7 ชนิดของสารกลุ่ม Hydrocarbon ที่พบในน้ำหมักเชอร์รี่อัตราส่วน 1:2

Aroma compound	Time													
	0 hr	12 hr	24 hr	36 hr	48 hr	60 hr	72 hr	1 week	2 week	3 week	1 month	2 month	3 month	
Hydrocarbon														
3-Buten-2-one,4-(2,6,6-trimethyl Hexadecane)	+	+	+	+	-	-	-	+	-	+	-	+	-	
Caryophyllene	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Cyclohexasixane dodecamethyl	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	
Cyclopentasiloxane decamethyl	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	
Cyclophyllin	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
D-Limonene	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	
Eicosane	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	
Hexadecane	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	
Limonene	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Megastigma-4,6-(L),8,(L) triene	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	
pentadecane	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Tetradecane	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
α Farnesene	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

หมายเหตุ : - หมายถึง ตรวจไม่พบกลิ่นในตัวอย่าง

+ หมายถึง ตรวจพบกลิ่นในตัวอย่าง

ตารางที่ 8 ชนิดของสารกลุ่ม Alcohol ที่พบในน้ำหมักเชอร์รี่อัตราส่วน 1:2

Aroma compound	Time													
	0 hr	12 hr	24 hr	36 hr	48 hr	60 hr	72 hr	1 week	2 week	3 week	1 month	2 month	3 month	
Alcohol														
1-Octen-3-ol	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	+	
1-Pentanol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3-Methyl oxian-2-yl-methanol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Ethanol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Phenyl ethyl alcohol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

หมายเหตุ : - หมายถึง ตรวจไม่พบกลิ่นในตัวอย่าง

+ หมายถึง ตรวจพบกลิ่นในตัวอย่าง

ตารางที่ 9 ชนิดของสารกลุ่ม Acid และ esters ที่พบในน้ำหมักเซอร์รี่อัตราส่วน 1:2

Aroma compound	Time													
	0 hr	12 hr	24 hr	36 hr	48 hr	60 hr	72 hr	1 week	2 week	3 week	1 month	2 month	3 month	
Acids and esters														
1-Butanol-3-methyl acetate	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Acetic acid 2-phenyl ethyl ester	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Acetic acid dexyl ester	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Butanoic acid-4-pentenyl ester	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Decanoic acid ethyl ester	-	+	-	-	+	-	+	-	-	+	-	+	-	-
Ethyl acetate	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hexadecanoic acid ethyl ester	+	-	+	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-

หมายเหตุ : - หมายถึง ตรวจไม่พบกลิ่นในตัวอย่าง

+ หมายถึง ตรวจพบกลิ่นในตัวอย่าง

ตารางที่ 10 ชนิดของสารกลุ่ม Acids และ esters ที่พบในน้ำหมักเซอร์รี่อัตราส่วน 1:2

Aroma compound	Time													
	0 hr	12 hr	24 hr	36 hr	48 hr	60 hr	72 hr	1 week	2 week	3 week	1 month	2 month	3 month	
Acids and esters														
Hexanoic acid 4-pentenyl ester	+	-	+	-	-	+	+	+	-	+	-	+	+	+
Isopentyl hexanoate	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
n-Decanoic acid	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
n-Hexanoic acid	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Octanoic acid ethyl ester	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Undecanoic acid ethyl ester	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ : - หมายถึง ตรวจไม่พบกลิ่นในตัวอย่าง

+ หมายถึง ตรวจพบกลิ่นในตัวอย่าง

ตารางที่ 11 ชนิดของสารกลุ่ม Miscellaneous ที่พบในน้ำหมักเซอร์รืออัตราส่วน 1:2

Aroma compound	Time												
	0 hr	12 hr	24 hr	36 hr	48 hr	60 hr	72 hr	1 week	2 week	3 week	1 month	2 month	3 month
Miscellaneous													
Phenol 2,4 bis (1,1 dimethyl ethyl)	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

หมายเหตุ : - หมายถึง ตรวจไม่พบกลิ่นในตัวอย่าง

+ หมายถึง ตรวจพบกลิ่นในตัวอย่าง

ตารางที่ 12 ชนิดของสารกลุ่ม Hydrocarbon ที่พบในน้ำหมักเซอร์รืออัตราส่วน 1:3

Aroma compound	Time												
	0 hr	12 hr	24 hr	36 hr	48 hr	60 hr	72 hr	1 week	2 week	3 week	1 month	2 month	3 month
Hydrocarbon													
3-Buten-2-one,4-(2,6,6, trimethyl Hexadecane)	+	-	+	-	-	-	+	+	-	+	-	+	-
Caryophyllene	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cyclohexastoxane dodecamethyl	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Cyclopentastoxane Decamethyl	+	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
D-Limonene	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Eicosane	+	-	-	+	-	-	+	-	+	+	-	+	-
Hexadecane	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Limonene	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
Megastigma-4,6-(0,8,11) Inene	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pentadecane	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tetradecane	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
α -Farnesene	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ : - หมายถึง ตรวจไม่พบกลิ่นในตัวอย่าง

+ หมายถึง ตรวจพบกลิ่นในตัวอย่าง

ตารางที่ 13 ชนิดของสารกลุ่ม Alcohol ที่พบในน้ำหมักเซอร์รี่อัตราส่วน 1:3

Aroma compound	Time												
	0 hr	12 hr	24 hr	36 hr	48 hr	60 hr	72 hr	1 week	2 week	3 week	1 month	2 month	3 month
Alcohol													
1-Octen-3-ol	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1-Pentanol	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3-Methyl oxnan-2-yl-methanol	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Ethanol	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Phenyl ethyl alcohol	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-

หมายเหตุ : - หมายถึง ตรวจไม่พบกลิ่นในตัวอย่าง

+ หมายถึง ตรวจพบกลิ่นในตัวอย่าง

ตารางที่ 14 ชนิดของสารกลุ่ม Acids และ esters ที่พบในน้ำหมักเซอร์รี่อัตราส่วน 1:3

Aroma compound	Time												
	0 hr	12 hr	24 hr	36 hr	48 hr	60 hr	72 hr	1 week	2 week	3 week	1 month	2 month	3 month
Acids and esters													
1-Butanol-3-methyl acetate	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Acetic acid 2-phenyl ethyl ester	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Acetic acid dexyl ester	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Butanoic acid-4-pentyl ester	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Decanoic acid ethyl ester	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	+
Ethyl acetate	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hexadecanoic acid ethyl ester	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
Hexanoic acid 4-pentyl ester	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
Isopentyl hexanoate	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
n-Decanoic acid	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
n-Hexanoic acid	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Octanoic acid ethyl ester	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Undecanoic acid ethyl ester	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ : - หมายถึง ตรวจไม่พบกลิ่นในตัวอย่าง

+ หมายถึง ตรวจพบกลิ่นในตัวอย่าง

ตารางที่ 15 ชนิดของสารกลุ่ม Miscellaneous ที่พบในน้ำหมักเซอร์รี่อัตราส่วน 1:3

Aroma compound	Time													
	0 hr	12 hr	24 hr	36 hr	48 hr	60 hr	72 hr	1 week	2 week	3 week	1 month	2 month	3 month	
Miscellaneous														
Phenol 2,4 bis (1,1 dimethyl ethyl)	+	+	-	+	+	-	+	+	+	-	-	+	+	

หมายเหตุ : - หมายถึง ตรวจไม่พบกลิ่นในตัวอย่าง

+ หมายถึง ตรวจพบกลิ่นในตัวอย่าง

ตารางที่ 16 ชนิดของสารกลุ่ม Hydrocarbon ที่พบในน้ำหมักเซอร์รี่อัตราส่วน 1:4

Aroma compound	Time													
	0 hr	12 hr	24 hr	36 hr	48 hr	60 hr	72 hr	1 week	2 week	3 week	1 month	2 month	3 month	
Hydrocarbon														
3 Buten 2 one,4 (2,6,6, trimethyl Hexadecane)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	
Cyclohexasiloxane dodecamethyl	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Cyclopentasiloxane decamethyl	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
D-Limonene	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Ficosane	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Decastigma -4,6 (0,8,1) triene	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	
Tetradecane	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Undecane 4,7 dimethyl	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

หมายเหตุ : - หมายถึง ตรวจไม่พบกลิ่นในตัวอย่าง

+ หมายถึง ตรวจพบกลิ่นในตัวอย่าง

ตารางที่ 17 ชนิดของสารกลุ่ม Alcohol ที่พบในน้ำหมักเซอร์รี่อัตราส่วน 1:4

Aroma compound	Time												
	0 hr	12 hr	24 hr	36 hr	48 hr	60 hr	72 hr	1 week	2 week	3 week	1 month	2 month	3 month
Alcohol													
1-Heptan-3-ol	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1-Hexadecanol	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1-Octanol-3-ol	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
1-Pentanol	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3-Nonen-1-ol	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Ethanol	-	-	-	+	+		+		+		-	-	-

หมายเหตุ : - หมายถึง ตรวจไม่พบกลิ่นในตัวอย่าง

+ หมายถึง ตรวจพบกลิ่นในตัวอย่าง

ตารางที่ 18 ชนิดของสารกลุ่ม Acids และ esters ที่พบในน้ำหมักเชอร์รี่อัตราส่วน 1:4

Aroma compound	Time												
	0 hr	12 hr	24 hr	36 hr	48 hr	60 hr	72 hr	1 week	2 week	3 week	1 month	2 month	3 month
Acids and esters													
1-Butanol-3-methyl acetate	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Acetic acid 2-phenyl ethyl ester	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Acetic acid dexyl ester	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-
Butanoic acid-4-penteryl ester	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Decanoic acid ethyl ester	-	+	+	-	+	-	+	+	-	+	+	+	+
Ethyl acetate	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hexadecanoic acid ethyl ester	+	-	+	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-
Hexanoic acid 4-penteryl ester	+	-	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-
Isopentyl hexanoate	-	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-
n-Decanoic acid	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
n-Hexanoic acid	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Octanoic acid ethyl ester	-	-	-	-	+	-	-	+	-	+	-	-	-
Undecanoic acid ethyl ester	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ : - หมายถึง ตรวจไม่พบกลิ่นในตัวอย่าง

+ หมายถึง ตรวจพบกลิ่นในตัวอย่าง

ตารางที่ 19 ชนิดของสารกลุ่ม Miscellaneous ที่พบในน้ำหมักเชอร์รี่อัตราส่วน 1:4

Aroma compound	Time												
	0 hr	12 hr	24 hr	36 hr	48 hr	60 hr	72 hr	1 week	2 week	3 week	1 month	2 month	3 month
Miscellaneous													
Phenol 2,4 bis (1,1-dimethyl ethyl)	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+
Phenol 2,5 bis (1,1-dimethyl ethyl)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ : - หมายถึง ตรวจไม่พบกลิ่นในตัวอย่าง

+ หมายถึง ตรวจพบกลิ่นในตัวอย่าง

ตารางที่ 20 สรุปชนิดของสารระเหยที่หักกลืนในน้ำหมักเซอร์รี่ที่พบในเดือนที่ 1 และ 3 ของการหมัก

อัตราส่วน	Aroma compound									
	Hydrocarbon		Alcohol		Acid and Ester		Aldehyde		Miscellaneous	
	เดือนที่		เดือนที่		เดือนที่		เดือนที่		เดือนที่	
	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3
1:1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1:2	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+
1:3	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+
1:4	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+

หมายเหตุ : - หมายถึง ตรวจไม่พบกลิ่นในตัวอย่าง

+ หมายถึง ตรวจพบกลิ่นในตัวอย่าง

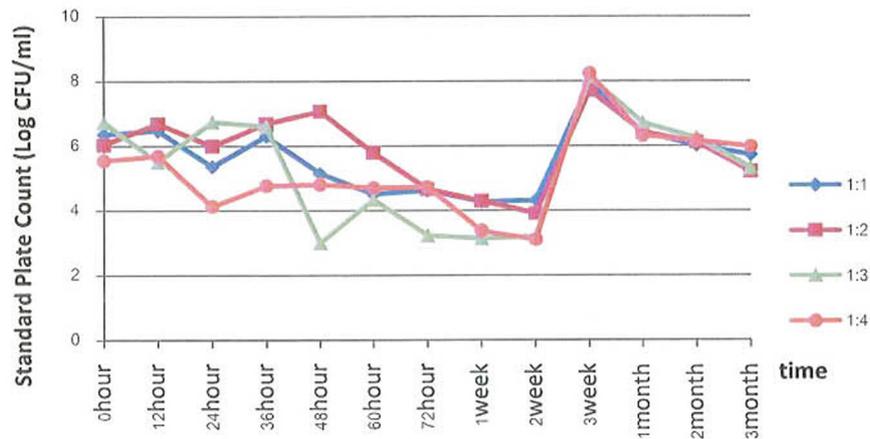
การวิเคราะห์ประเภทของสารลดแรงตึงผิวชีวภาพจากน้ำหมักเซอร์รี่

จากผลการวิเคราะห์ประเภทของสารลดแรงตึงผิวชีวภาพที่ทำการหมักโดยผลเซอร์รี่พบว่า มีความเป็น Nonionic เท่ากับ 0.30 กรัมต่อ 100 กรัม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสารลดแรงตึงผิวชีวภาพที่หมักโดยผลเซอร์รี่จัดเป็นพวกที่ไม่มีประจุไฟฟ้า ตรงที่เป็นโมเลกุลที่ไม่มีประจุ โดยมีพวก polyether หรือ polyhydroxyl เป็นกลุ่มที่แสดงคุณสมบัติในการชะล้าง เหมาะสำหรับใช้เป็นผงซักฟอก น้ำยาล้างถ้วยชาม ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดพื้นผิว

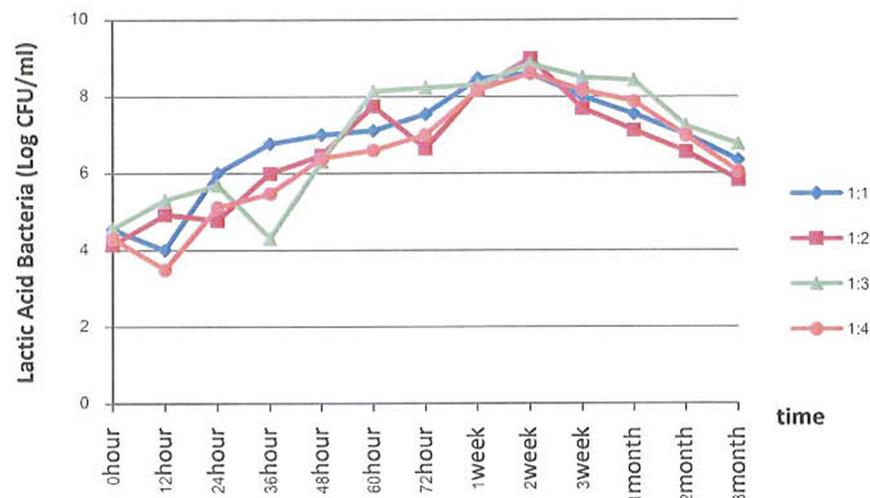
ผลการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา

จากการตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในน้ำหมักเซอร์รี่พบว่า น้ำหมักเซอร์รี่ทุก ชุด การทดลองในสัปดาห์ที่ 3 ของการหมักมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณเชื้อแบคทีเรีย แลคติกเพิ่มขึ้นถึงช่วง 8 log cfu/ml ซึ่งเป็นช่วง Stationary phase ซึ่งเป็นระยะที่จุลินทรีย์จะมีจำนวนสูงสุดและคงที่ ไม่มีการเพิ่มจำนวนอีก อัตราการแบ่งเซลล์จะเท่ากับอัตราการตาย ทั้งนี้เนื่องจากสารอาหารถูกใช้ไปเกือบหมด และอาจมีการขับของเสียที่เป็นพิษออกมาจากกระบวนการ เมแทบอลิซึม หลังจากการหมักเซอร์รี่ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 3 จนถึง 3 เดือนพบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณเชื้อแบคทีเรียแลคติกเริ่มลดลง ซึ่งเข้าสู่ช่วง Death phase ซึ่งเป็นระยะที่จุลินทรีย์ตายอย่างรวดเร็ว และตายมากขึ้นจนสมำเสมอเป็น exponential หรือ logarithm สาเหตุการตายอาจเนื่องมาจากสารอาหารที่ใช้เลี้ยงเซลล์หมดไป เกิดการสะสมของเสียและสารพิษที่เกิดจากกระบวนการเมแทบอลิซึม ดังแสดงในรูปที่ 9 และ 10





รูปที่ 9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดกับระยะเวลาการหมักสารลดแรงตึงผิวชีวภาพจากผลเชอร์รี่เปรี้ยว



รูปที่ 10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบคทีเรียแลคติกกับระยะเวลาการหมักสารลดแรงตึงผิวชีวภาพจากผลเชอร์รี่เปรี้ยว

จากการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำหมักเชอร์รี่ทุกอัตราส่วนพบว่า Total Phenolic, Total Flavonoids และ Total Antioxidant ในอัตราส่วน 1:1 และ 1:2 มีการเปลี่ยนแปลงที่สูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราส่วน 1:3 และ 1:4 ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก เพราะเนื่องจากอัตราส่วน 1:1 และ 1:2 มีปริมาณเชอร์รี่มากเกินไป ทำให้จุลินทรีย์เข้าทำปฏิกิริยากับผิวของสับสเตรทเพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารได้ยาก ส่งผลให้มีปริมาณส่วนใสน้อยและเข้มข้นมากเกินไป แต่อัตราส่วน 1:3 และ 1:4 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการเจริญของจุลินทรีย์ ซึ่งมีปริมาณน้ำและสับสเตรทที่เหมาะสม

ทำให้มีปริมาณส่วนใสที่มากพอที่จะนำไปใช้ได้ เมื่อพิจารณาจากปริมาณโลหะหนักพบว่า อัตราส่วน 1:3 มีปริมาณโลหะหนักน้อยที่สุด ดังนั้นจึงเลือกอัตราส่วน 1:3 ไปทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในขั้นต่อไป

การทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ของน้ำหมักเซอร์รี่เปรี้ยว

การวิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ก่อโรคในน้ำหมักเซอร์รี่เปรี้ยวอัตราส่วน 1:3 ที่หมักเป็นเวลา 3 เดือน ไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรค ยีสต์ และรา ดังแสดงในตารางที่ 21

ตารางที่ 21 ปริมาณจุลินทรีย์ก่อโรค ยีสต์ และรา ในน้ำหมักเซอร์รี่เปรี้ยวที่หมักเป็นเวลา 3 เดือน

ชุดการทดลอง	ชนิดของจุลินทรีย์				
	<i>E. coli</i> (MPN/ml.)	<i>Salmonella</i> sp. 25 ml.	<i>B. cereus</i> / 25 ml.	<i>S. aureus</i> / 25 ml.	Yeast และ Mold/(cfu/ml.)
1:1	<3	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	<30
1:2	<3	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	<30
1:3	<3	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	<30
1:4	<3	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	<30

จากการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำหมักเซอร์รี่ในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคโดยวิธี Broth Dilution Method พบว่าน้ำหมักเซอร์รี่มีค่าความเข้มข้นต่ำสุด (MIC) ที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *E. coli* *Salmonella* sp. *S. aureus* และ *B. cereus* เท่ากับ 25 25 6.25 และ 1.56 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรตามลำดับ จากค่าความเข้มข้นต่ำสุด (MIC) ที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์พบว่า น้ำหมักเซอร์รี่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแกรมลบได้ดีกว่าแบคทีเรียแกรมบวก เนื่องจากแบคทีเรียแกรมลบมีผนังเซลล์ที่ประกอบไปด้วยลิโปโพลีแซคคาไรด์ที่มีความบางกว่าแบคทีเรียแกรมบวกที่มีชั้นเปปติโดไกลแคนหนาถึง 20-80 นาโนเมตร จึงทำให้สารลดแรงตึงผิวสามารถเข้าทำลายผนังเซลล์ของแบคทีเรียแกรมลบได้ดีกว่าแบคทีเรียแกรมบวก ส่วนค่าความต่ำสุด (MBC) ที่สามารถทำลายเชื้อ *E. coli* *Salmonella* sp. *S. aureus* และ *B. cereus* คือ 50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร