

บทที่ 3

ผลการทดลองและอภิปรายผล

การศึกษาคูณสมบัติทางเคมีและกายภาพ ของไชกระบก โดยนำเมล็ดกระบกที่แกะเอาเนื้อในมาสกัดด้วยวิธีคาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด (Super Critical Fluid Extraction) โดยปรับเปลี่ยนวิธีการต่างๆ ได้ลักษณะทางกายภาพของสารตัวอย่าง เทียบกับวิธีเดิมที่ใช้คือวิธีหีบแบบอัดเกลียวดังตารางที่ 1 ดังนี้

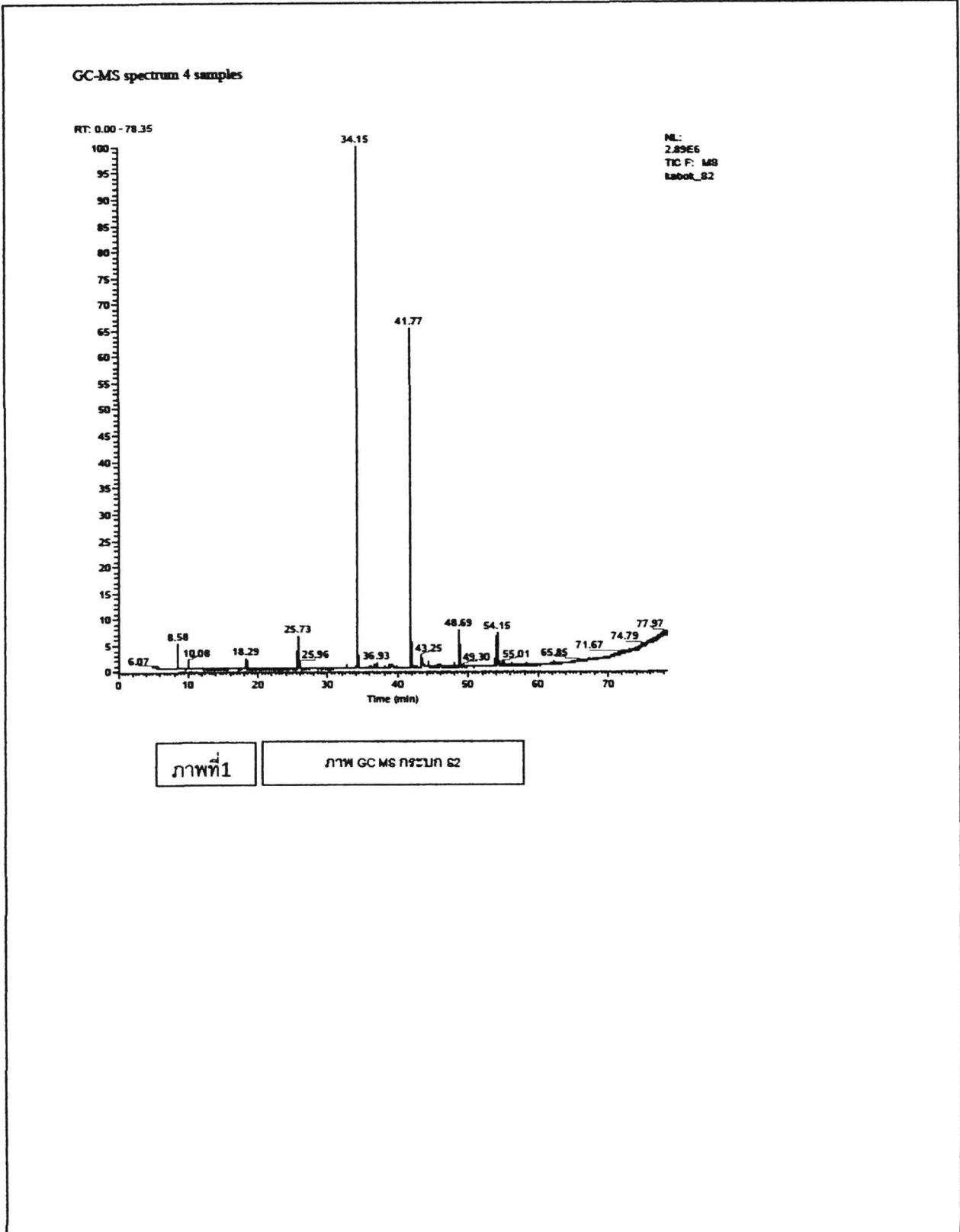
ตารางที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของตัวอย่าง

ตัวอย่างที่	Sample	ลักษณะทางกายภาพ	หมายเหตุ
1	<i>I.malayana Oilv.</i>	เป็นไข สีขาว	สกัดวิธีใช้เครื่องหีบแบบอัดเกลียว
2	<i>I.malayana Oilv.S2</i>	เป็นไข สีเหลือง	สกัดวิธีใช้คาร์บอนไดออกไซด์เหลว
3	<i>I.malayana Oilv.S3</i>	เป็นไข สีเหลืองอ่อน	สกัดวิธีใช้คาร์บอนไดออกไซด์เหลว
4	<i>I.malayana Oilv.Cosolvent</i>	กึ่งไข-น้ำมัน สีเหลือง	สกัดวิธีใช้คาร์บอนไดออกไซด์เหลว ร่วมกับการใช้ตัวทำละลาย

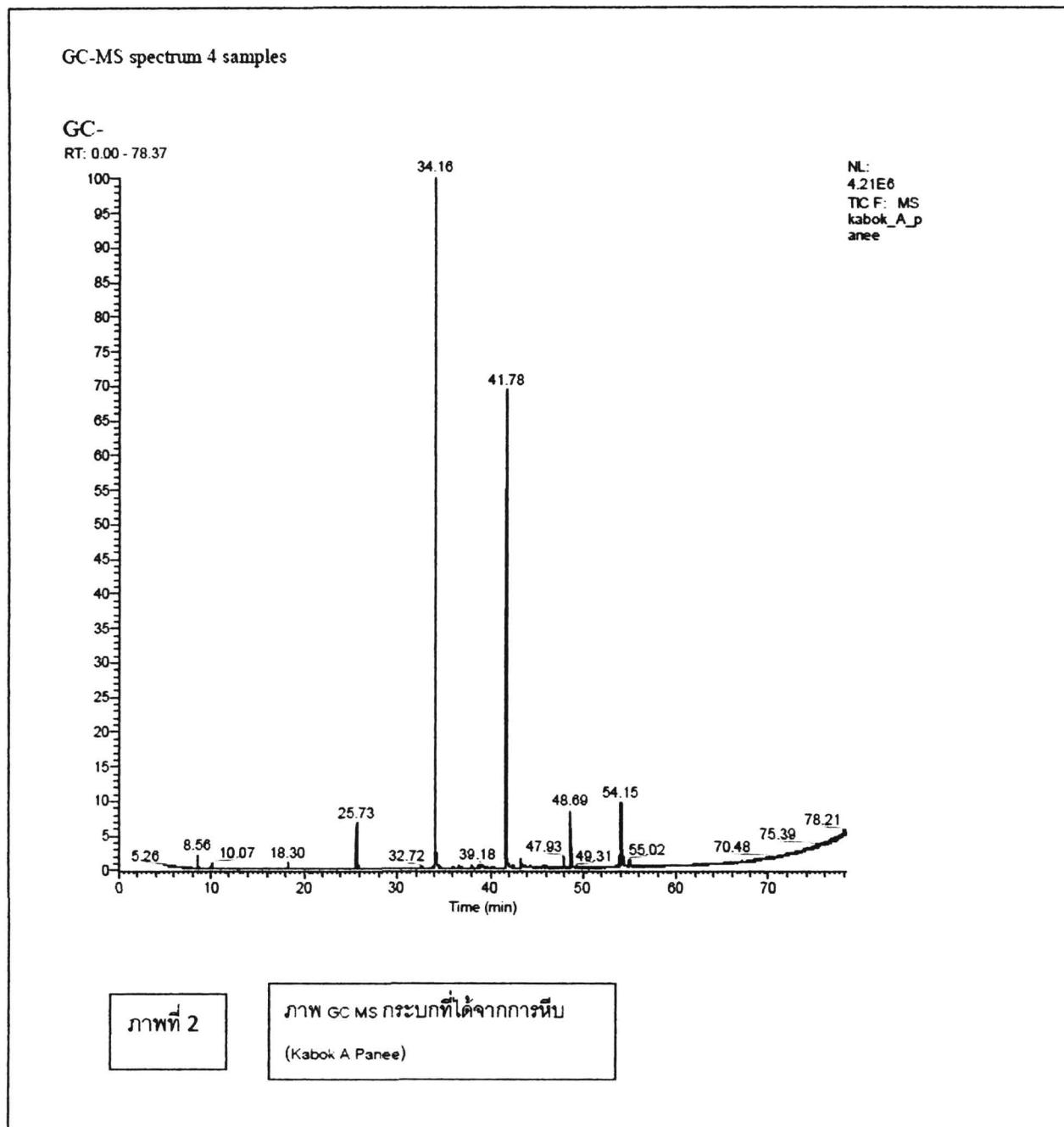
การพัฒนาเครื่องสำอางบำรุงมือและเล็บจากไช้กระบก พานี ศิริสะอาดและคณะ 2552

1. การสกัดไช้กระบกด้วยวิธีคาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด (Super Critical Fluid Extraction)

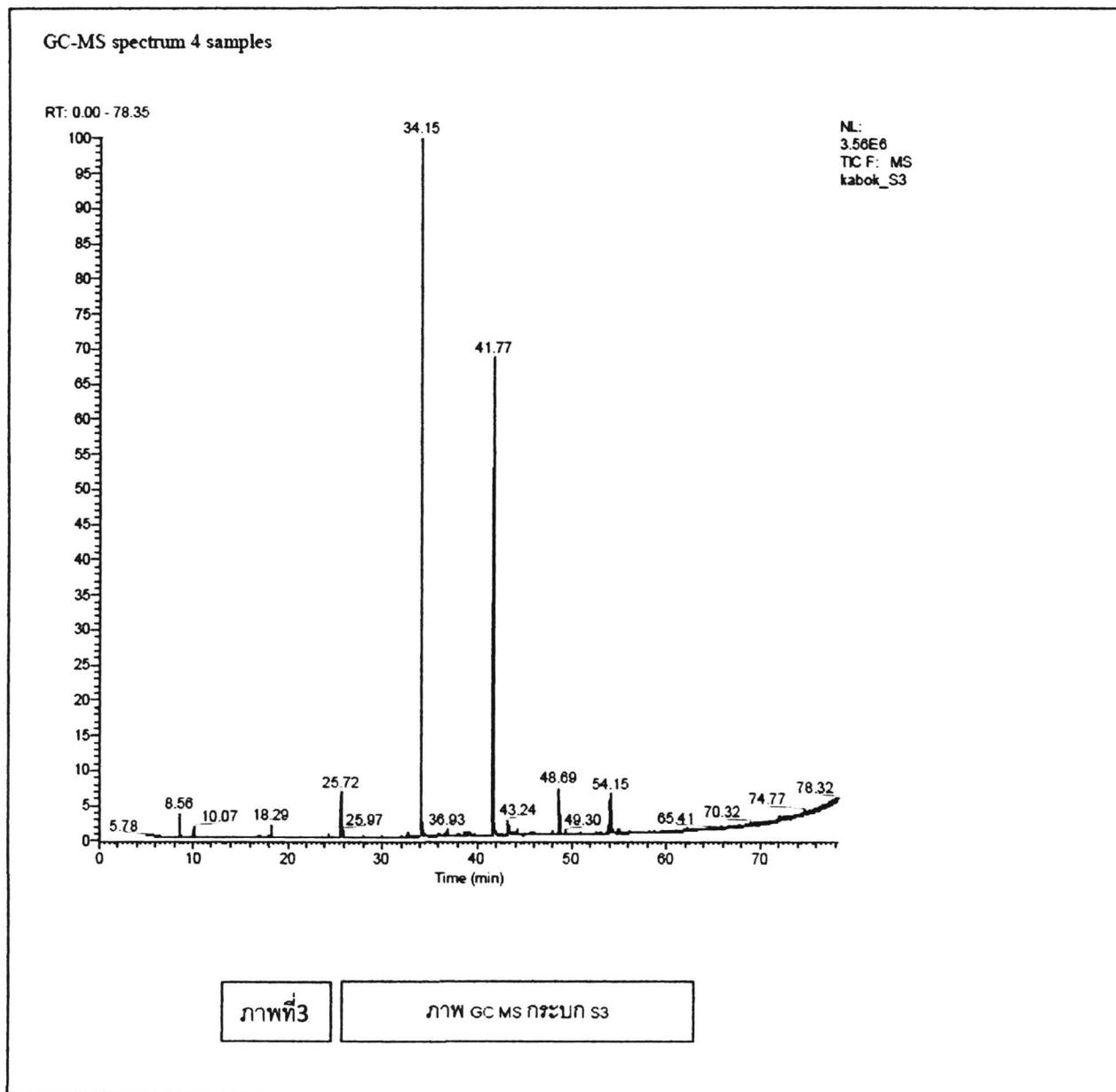
วิเคราะห์องค์ประกอบด้วย GC-MS แสดง โครมาโตแกรมที่ตัวอย่างดังนี้



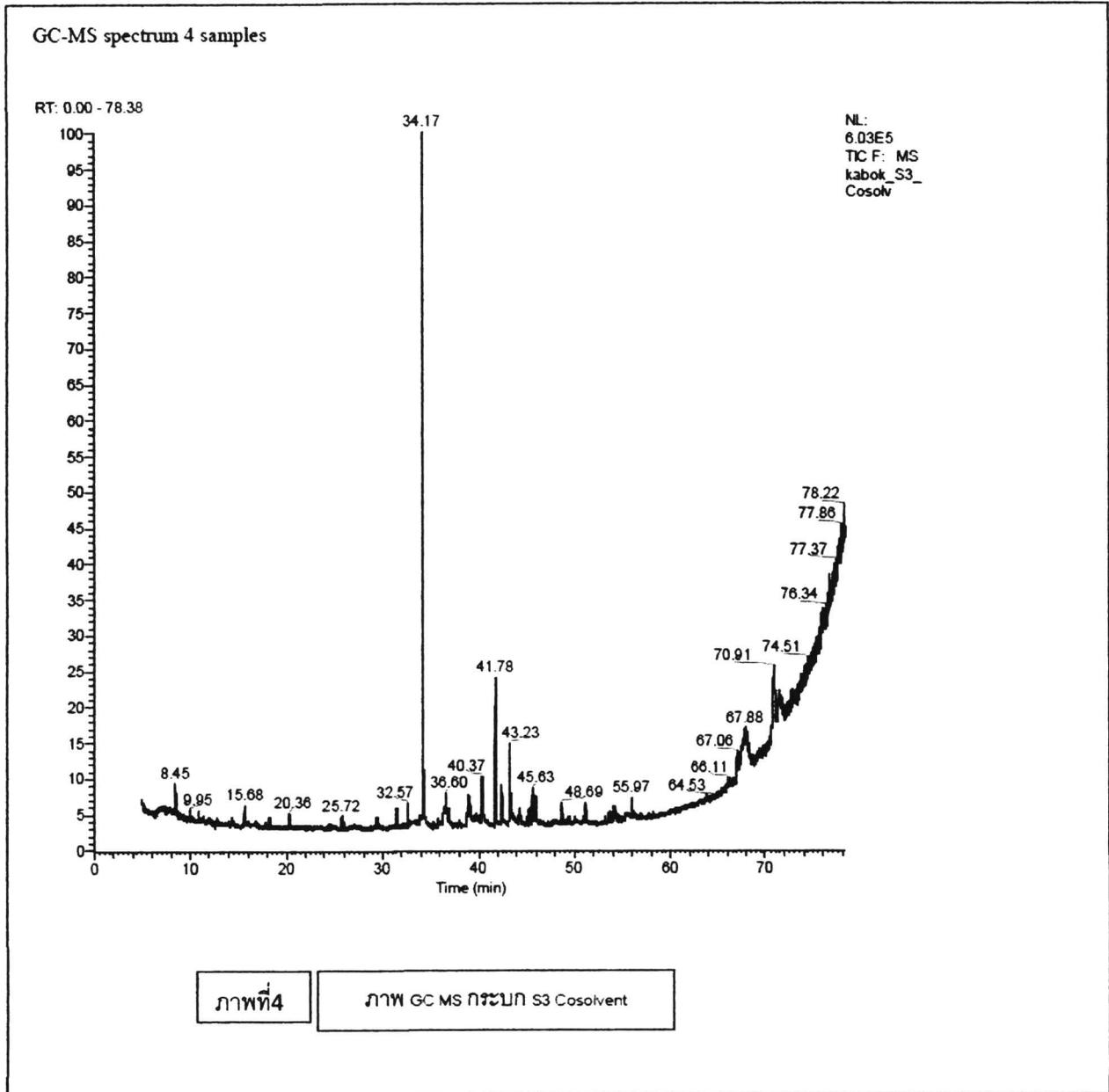
การพัฒนาเครื่องสำอางบำรุงมือและเล็บจากไขกะบก พานี ศิริสะอาดและคณะ 2552



การพัฒนาเครื่องสำอางบำรุงมือและเล็บจากไขกะบก พานี ศิริสะอาดและคณะ 2552

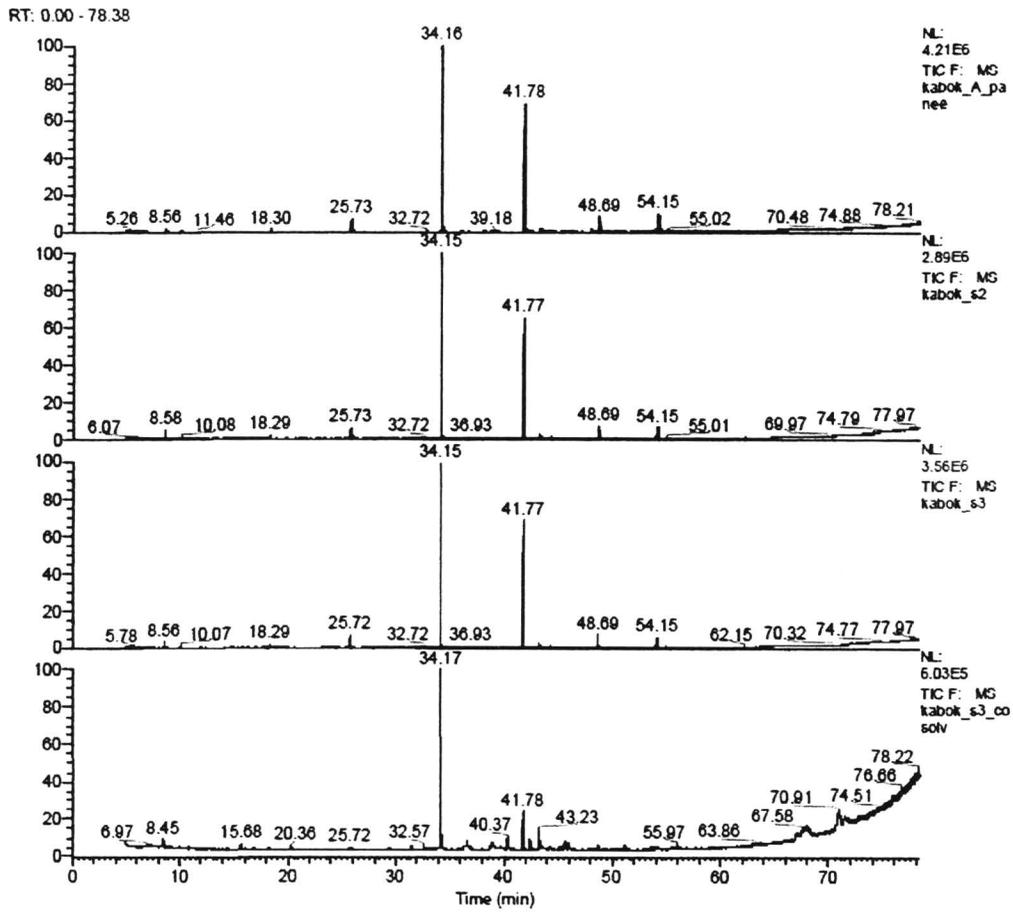


การพัฒนาเครื่องสำอางบำรุงมือและเล็บจากไขกะบก พานี่ ศิริสะอาดและคณะ 2552



การพัฒนาเครื่องสำอางบำรุงมือและเล็บจากไขกะบก พานี ศิริสะอาดและคณะ 2552

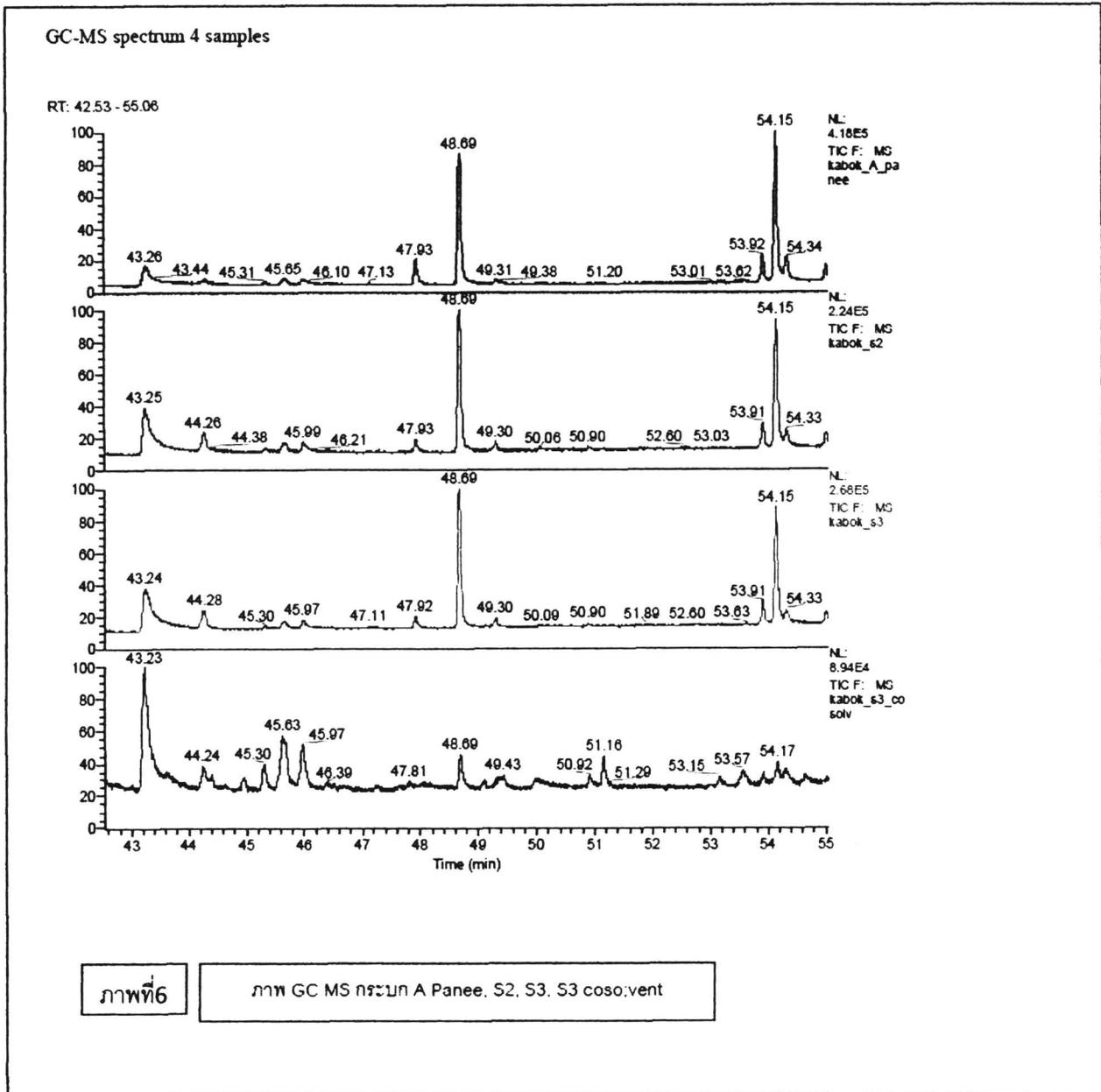
GC-MS spectrum 4 samples



ภาพที่ 5

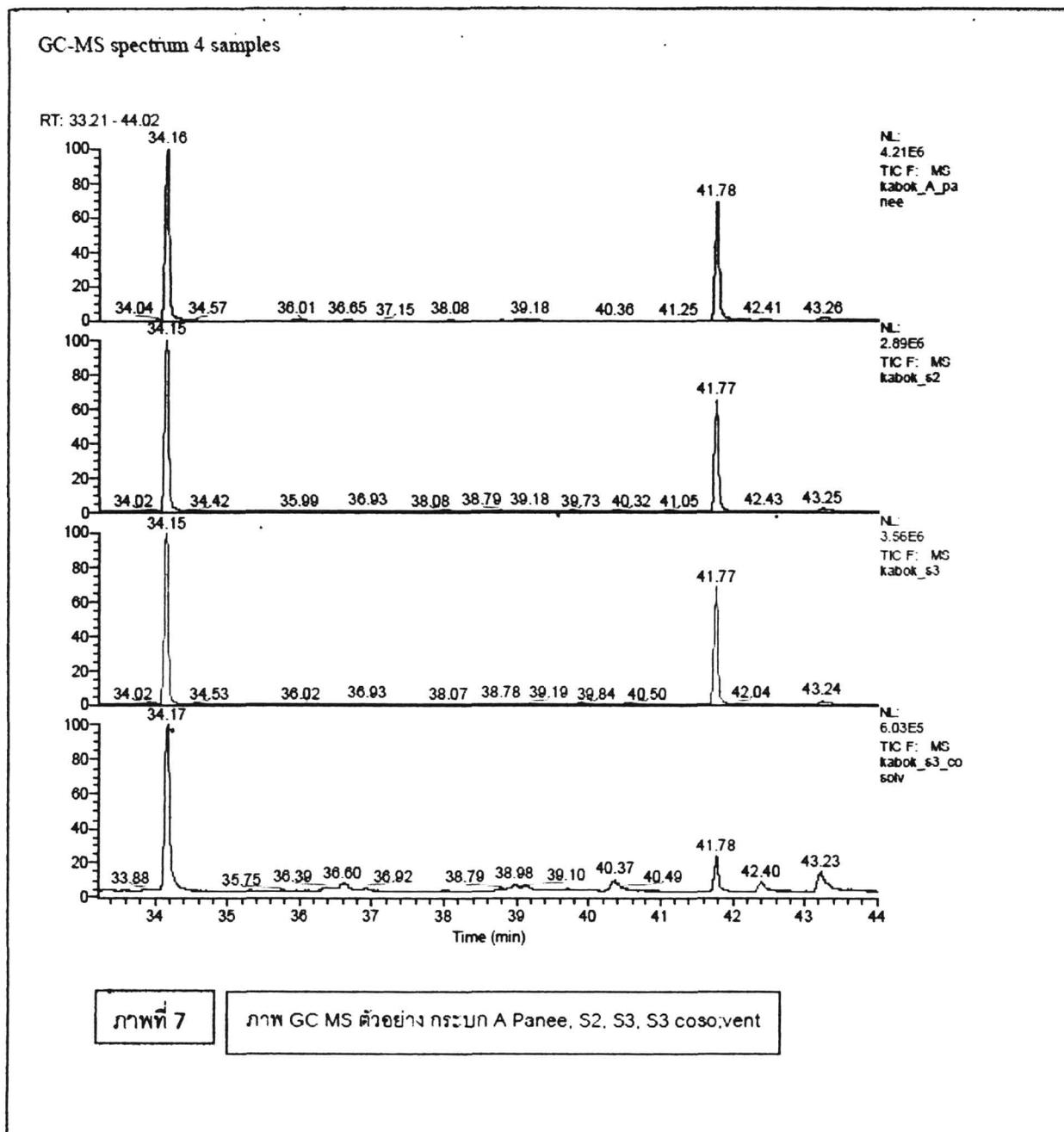
ภาพ GC MS ตัวอย่าง กะบก A Panee, S2, S3, S3 coso,vent

การพัฒนาเครื่องสำอางบำรุงมือและเล็บจากไขกะบก พานี ศิริสะอาดและคณะ 2552

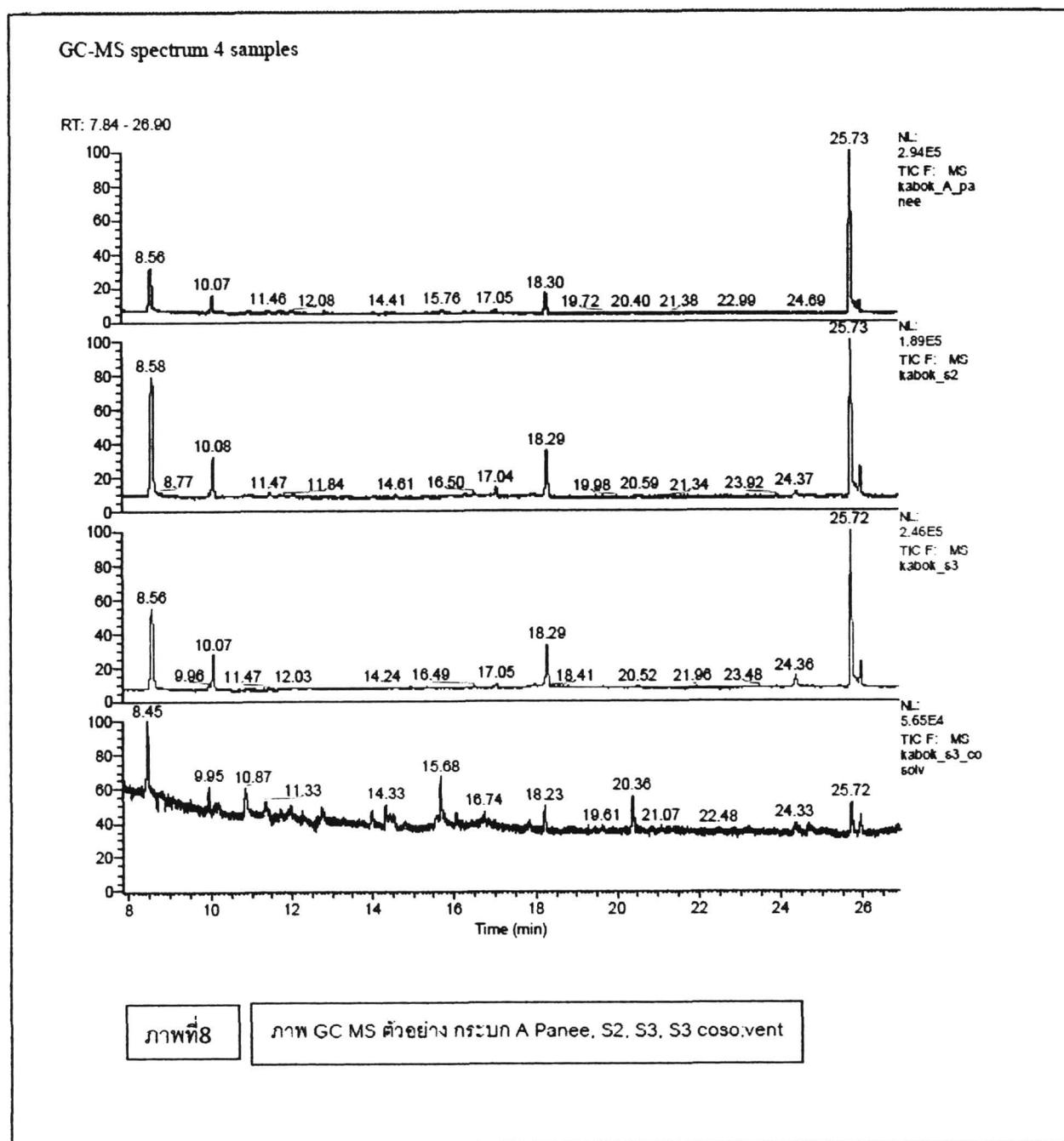


ภาพที่ 6 ภาพ GC MS กระบอ ก A Panee, S2, S3, S3 coso:vent

การพัฒนาเครื่องสำอางบำรุงมือและเล็บจากไขกะบก พานี ศิริสะอาดและคณะ 2552



การพัฒนาเครื่องสำอางบำรุงมือและเล็บจากไขกะบก พานี ศิริสะอาดและคณะ 2552



การพัฒนาเครื่องสำอางบำรุงมือและเล็บจากไข่ระบบ พานี ศิริสะอาดและคณะ 2552

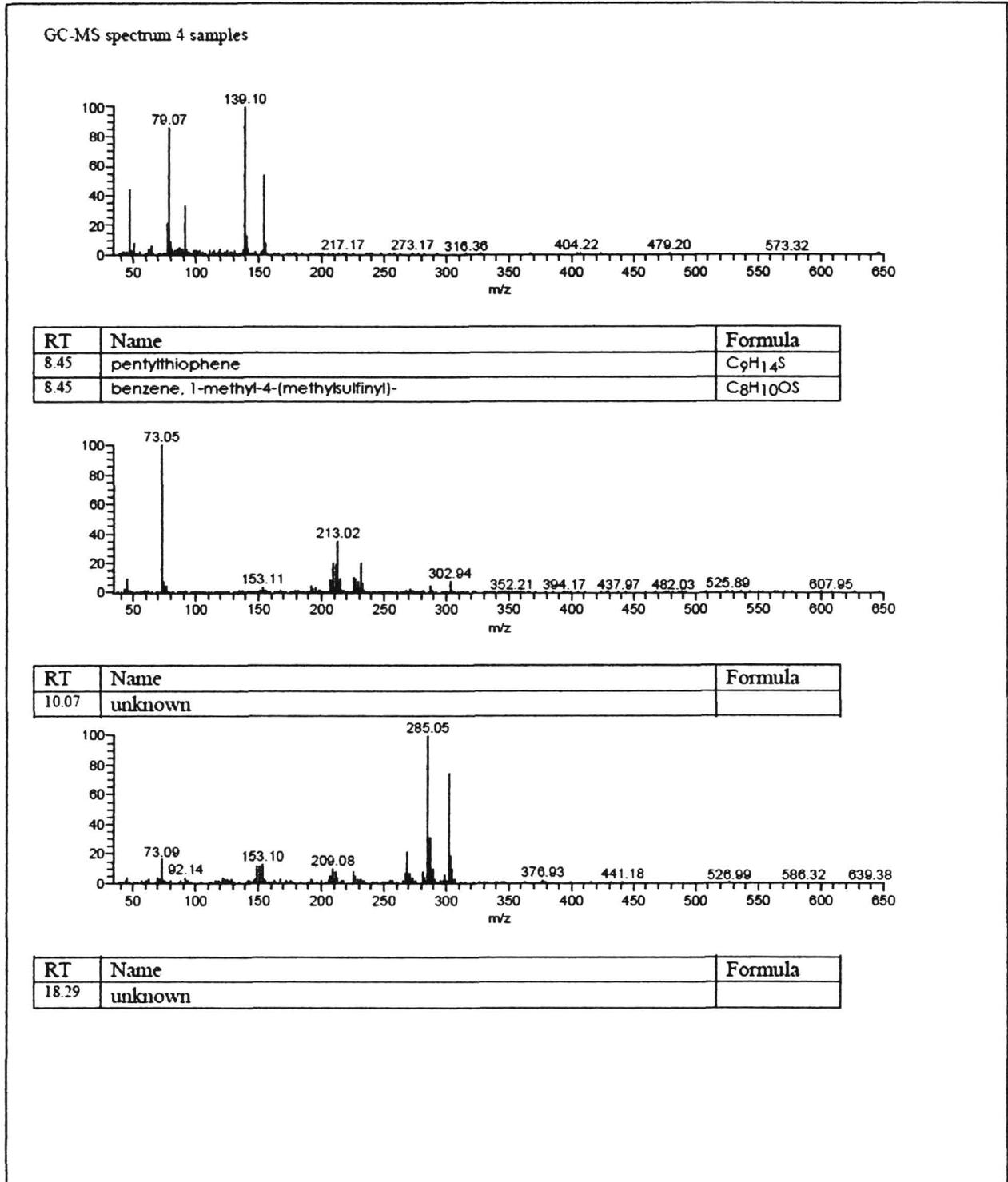
ตารางที่ 2 สภาวะที่ใช้สกัดไข่ระบบและ peak area ของโครมาโตแกรมที่ได้

GC-MS spectrum 4 samples

RT	kabok_A_panee		kabok_S2		kabok_S3		kabok_S3_Cosolv	
	Peak Area	Area %	Peak Area	Area %	Peak Area	Area %	Peak Area	Area %
8.56	312043	0.91	561104	2.31	534201	1.80	84378	1.36
10.07	81892	0.24	136642	0.56	179724	0.61		
18.29	103869	0.30	166080	0.68	230662	0.78	19174	0.31
20.36							46603	0.75
25.73	1154788	3.37	816754	3.36	1009622	3.40	32409	0.52
31.50	15983	0.05					66121	1.07
32.57	27952	0.08					65751	1.06
34.15	16168802	47.23	11209006	46.09	13682124	46.06		
34.17							2770016	44.77
36.65	71442	0.21	39730	0.12	39550	0.11	377037	6.09
36.93			247419	1.02	282353	0.95	27318	0.44
39.18			115437	0.47	395598	1.33		
40.37							249060	4.03
41.78	11257230	32.88	7379895	30.34	9329782	31.41	446674	7.22
42.40							209183	3.38
43.26	326443	0.95	642399	2.64	1129113	3.80	679553	10.98
45.66	77727	0.23	66778	0.27			208870	3.38
45.99	72555	0.21	57056	0.23	61974	0.21	133882	2.16
48.69	1408935	4.12	802919	3.30	943904	3.18	62373	1.01
54.15	2242368	6.55	1073646	4.41	1134360	3.82	85044	1.37

การพัฒนาเครื่องสำอางบำรุงมือและเล็บจากไขกะบก พานี ศิริสะอาดและคณะ 2552

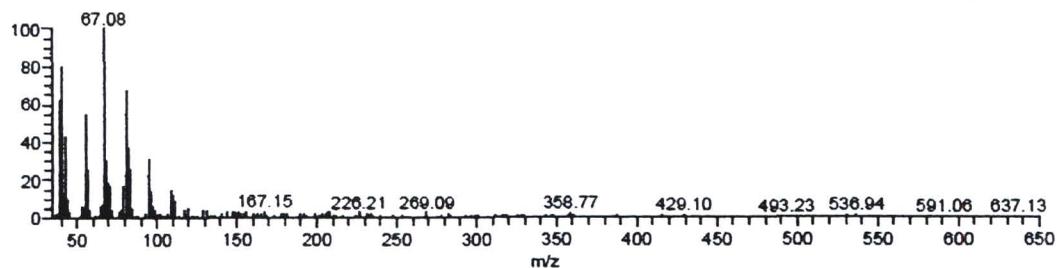
แสดงภาพการ run ตัวอย่างเทียบกับสารมาตรฐาน ในแต่ละอุณหภูมิ



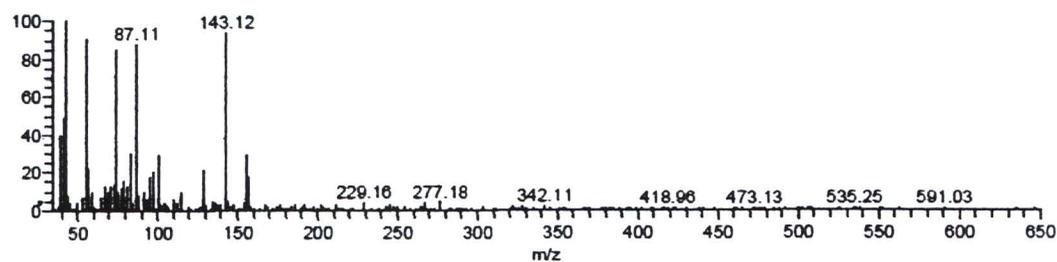
การพัฒนาเครื่องสำอางบำรุงมือและเล็บจากไขกะบก พานี ศิริสะอาดและคณะ 2552



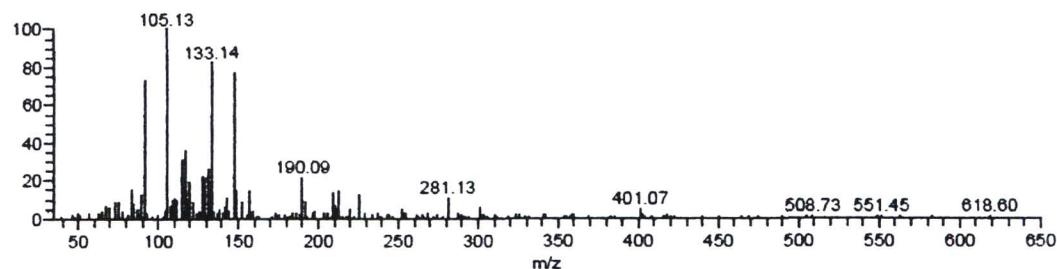
GC-MS spectrum 4 samples



RT	Name	Formula
20.36	unknown	



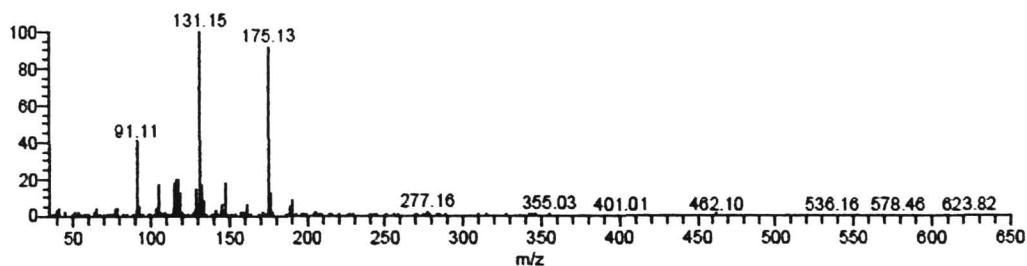
RT	Name	Formula
25.71	Decanoic acid, methyl ester	$C_{11}H_{22}O_2$



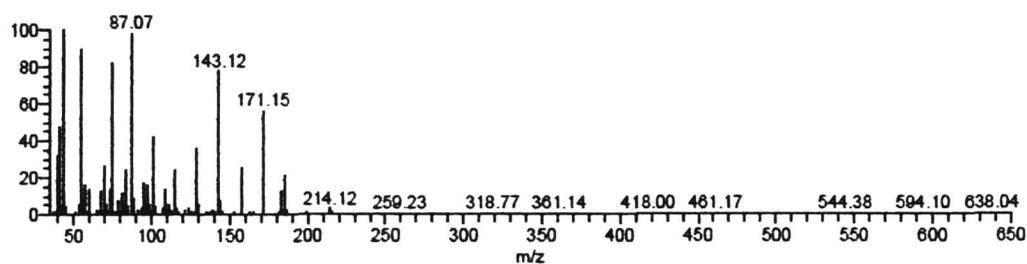
RT	Name	Formula
31.51	Cyclamen aldehyde	

การพัฒนาเครื่องสำอางบำรุงมือและเล็บจากไขกะบก พานี ศิริสะอาดและคณะ 2552

GC-MS spectrum 4 samples

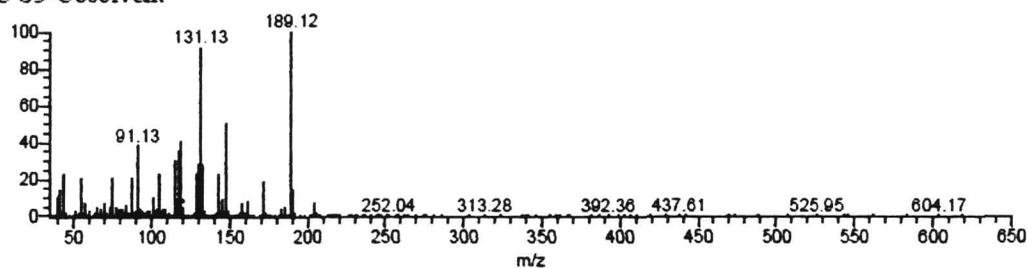


RT	Name	Formula
32.57	Bourgeonal	



RT	Name	Formula
34.15	Dodecanoic acid, methyl ester (Methyl laurate)	$C_{13}H_{26}O_2$

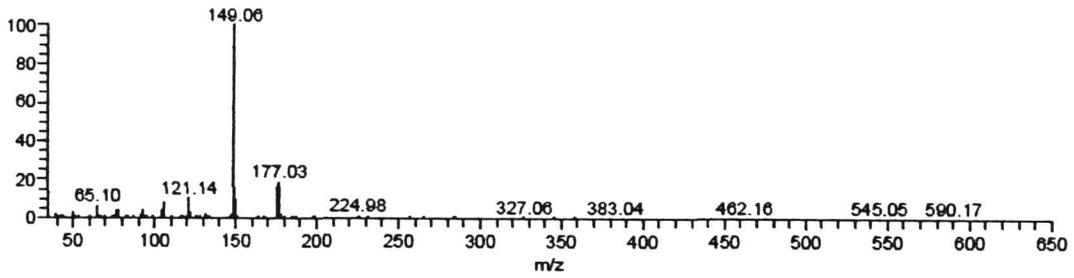
SFC S3-Cosolvent



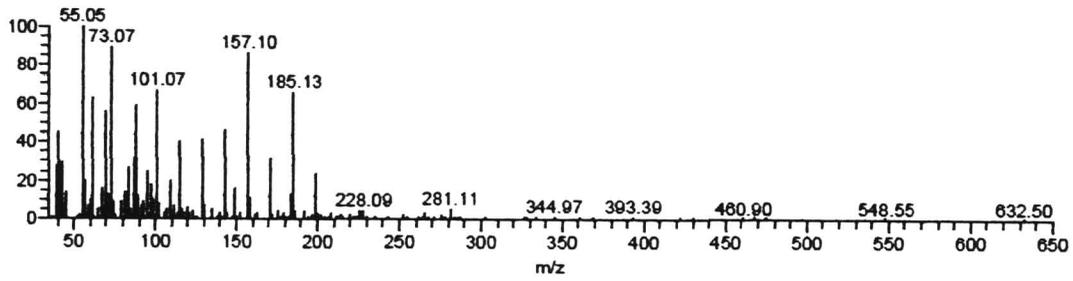
RT	Name	Formula
34.17	Lilial	
34.17	LILY ALDEHYDE p-tert-butyl-à-methyl hydrocinnamic aldehyde	$C_{14}H_{20}O$
	Mefloral	

การพัฒนาเครื่องสำอางบำรุงมือและเล็บจากไขกะบก พานี ศิริสะอาดและคณะ 2552

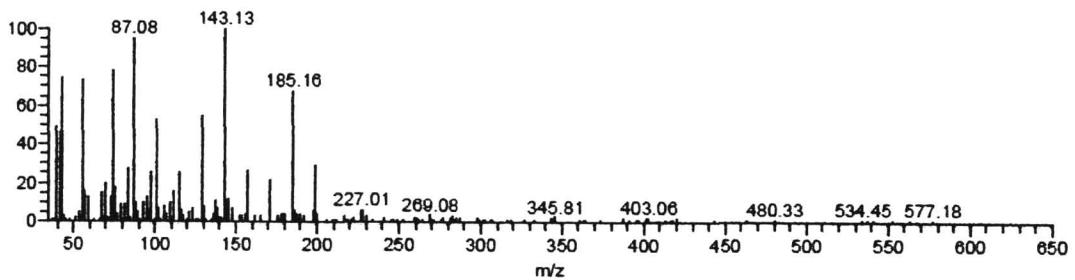
GC-MS spectrum 4 samples



RT	Name	Formula
36.65	DEP	



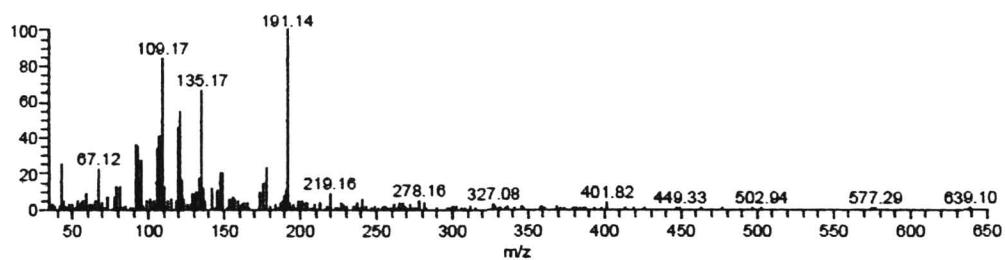
RT	Name	Formula
36.93	Tetradecanoic acid (CAS)	$C_{14}H_{28}O_2$



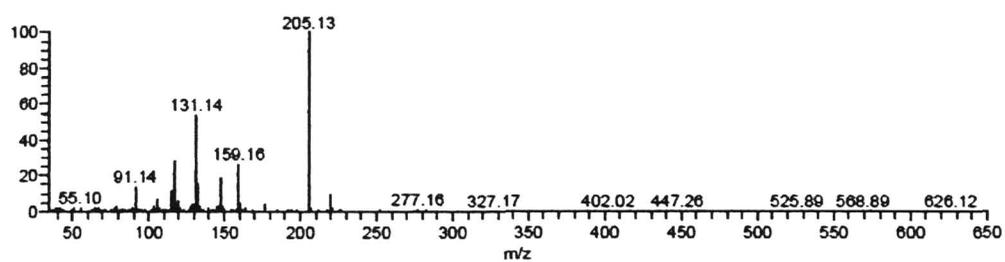
RT	Name	Formula
38.08	Tridecanoic acid, methyl ester	$C_{14}H_{28}O_2$

การพัฒนาเครื่องสำอางบำรุงมือและเล็บจากไขกะบก พานี ศิริสะอาดและคณะ 2552

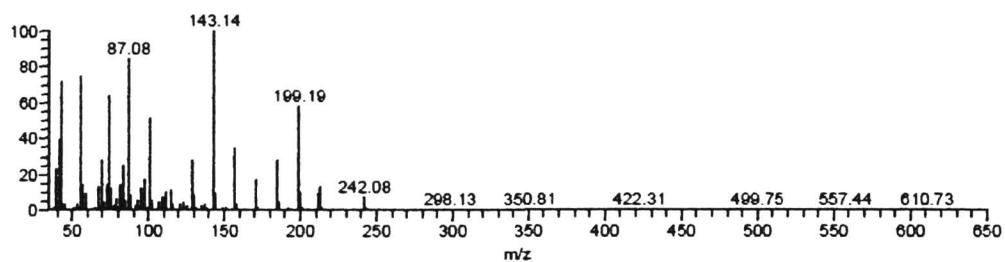
GC-MS spectrum 4 samples



RT	Name	Formula
39.18	Iso E super	C ₁₆ H ₂₆ O



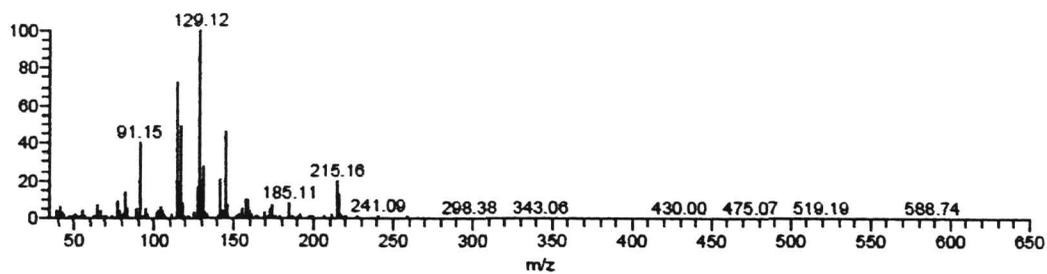
RT	Name	Formula
40.36	Propanoic acid, 2-methyl-3-[4-t-butyl]phenyl-	C ₁₄ H ₂₀ O ₂
	BHT	



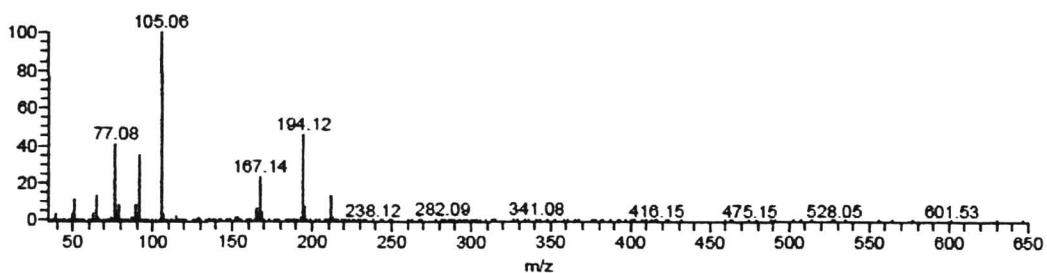
RT	Name	Formula
41.78	Tetradecanoic acid, methyl ester (Methyl myristate)	C ₁₅ H ₃₀ O ₂

การพัฒนาเครื่องสำอางบำรุงมือและเล็บจากไขกะบก พานี ศิริสะอาดและคณะ 2552

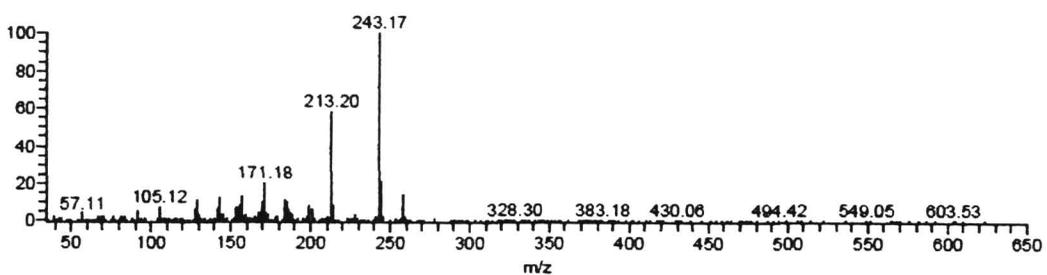
GC-MS spectrum 4 samples



RT	Name	Formula
42.40	α HEXYLCINNAMIC ALDEHYDE	C ₁₅ H ₂₀ O
42.40	hca	



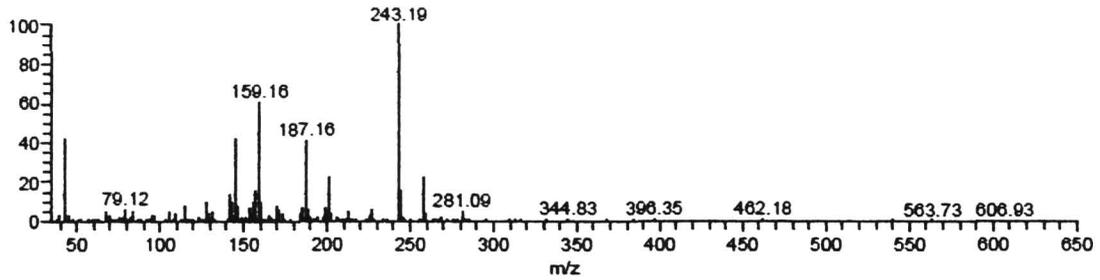
RT	Name	Formula
43.22	Benzyl Benzoate	C ₁₄ H ₁₂ O ₂



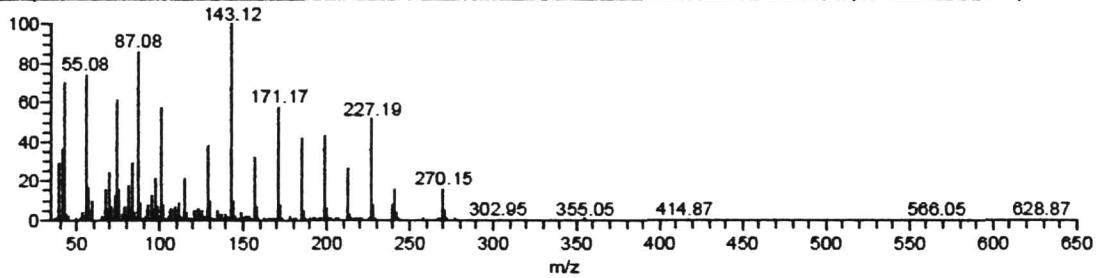
RT	Name	Formula
45.66	Galaxolide 1	C ₁₈ H ₂₆ O

การพัฒนาเครื่องสำอางบำรุงมือและเล็บจากไขกระดูก พานี ศิริสะอาดและคณะ 2552

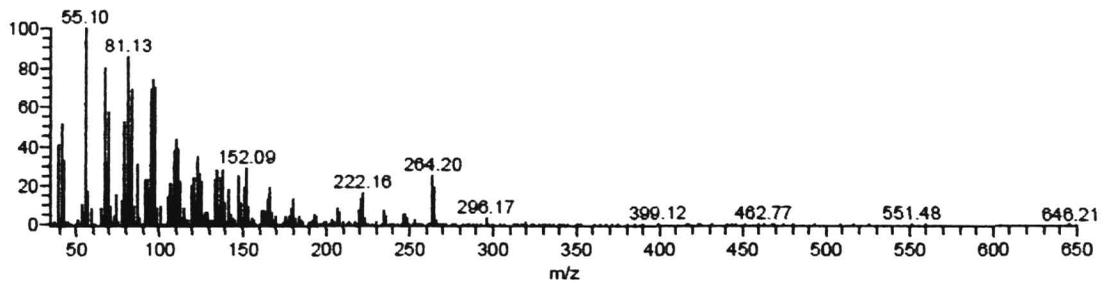
GC-MS spectrum 4 samples



RT	Name	Formula
45.99	Fixolide	
	Tonalide	$C_{18}H_{26}O$



RT	Name	Formula
48.69	Hexadecanoic acid, methyl ester	$C_{17}H_{34}O_2$



RT	Name	Formula
54.15	9-Octadecenoic acid, methyl ester (CAS)	$C_{19}H_{36}O_2$

การพัฒนาเครื่องสำอางบำรุงมือและเล็บจากไขกระบก พญณี ศิริสะอาดและคณะ 2552

ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของไขกระบก เทคนิค Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS)

จากการวิเคราะห์ Chromatogram GC-MS ของไขกระบกที่ทำการสกัดด้วยเทคนิค และ Condition ที่แตกต่างกันออกไป ได้ผลดังนี้

ตารางที่3 สารประกอบที่พบในไขกระบก สกัดด้วยเทคนิคแตกต่างกัน

Compound	Sample/%Area			
	<i>I.malayana</i> Oilv.วิธีที่บ	<i>I.malayana</i> Oilv.S2	<i>I.malayana</i> Oilv.S3	<i>I.malayana</i> Oilv.Cosolvent
Pentyl Thiophene	0.91	2.31	1.80	1.36
Decanoic acid (capric acid)	3.37	3.36	3.40	0.52
Cyaclamen aldehyde	0.05	-	-	1.07
Unk1	0.08	-	-	1.06
Dodecanoic acid methyl ester(lauric acid)	47.23	46.09	46.06	44.77
DEP	0.21	0.12	0.11	6.09
Tridecanoic acid, methyl ester	-	1.02	0.95	0.44
Unk2	-	0.47	1.33	-
Propanoic acid, 2-methyl-3-[-4-t-butyl] phenyl	-	-	-	4.03
Tetradecanoic acid (myristic acid)	32.88	30.34	31.41	7.22
α - Hexycinnamic aldehyde	-	-	-	3.38
Benzyl Benzoate	0.95	2.64	3.80	10.98
Unk3	0.23	0.27	-	3.38
Unk4	0.21	0.23	0.21	2.16
Hexadecanoic acid (palmitic acid)	4.12	3.30	3.18	1.01
9-Octadecanoic acid (oleic acid)	6.55	-	3.82	1.37

การพัฒนาเครื่องสำอางบำรุงมือและเล็บจากไขกระดูก พานี ศิริสะอาดและคณะ 2552

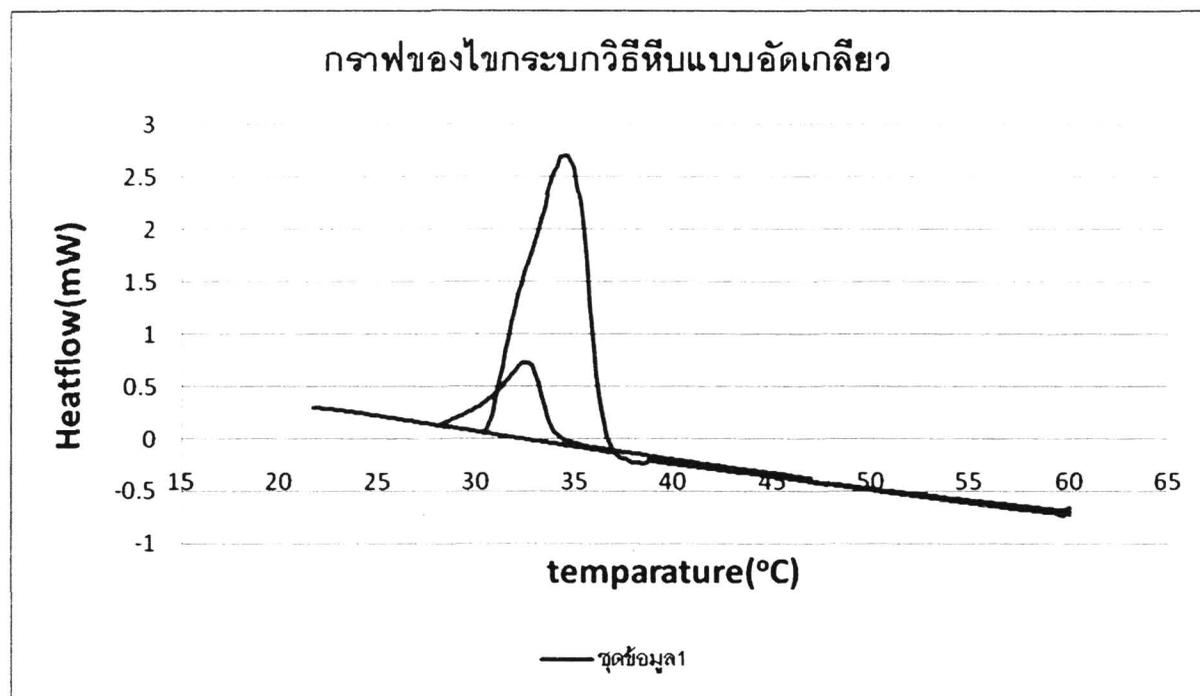
จากตารางที่ 3 เมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของไขกระดูกจะเห็นว่าตัวอย่างไขกระดูกทั้ง 4 ตัวอย่างมีองค์ประกอบทางเคมีที่เหมือนกันได้แก่ Pentylthiophene, Decanoic acid, Dodecanoic acid, Tridecanoic acid, DEP, Tetradecanoic acid, Benzyl benzoate, Unknown4 และ Hexadecanoic acid ตามลำดับ ส่วน Cyclamen aldehyde และ unknown1 พบเฉพาะในตัวอย่าง *I.malayana Oilv.* และ *I.malayana Oilv.Cosolvent* สำหรับ Tetradecanoic acid พบในตัวอย่าง *I.malayana Oilv.S2*, *I.malayana Oilv.S3* และ *I.malayana Oilv.Cosolvent* ยกเว้น ตัวอย่าง *I.malayana Oilv.* ส่วน Unknown2 พบเฉพาะในตัวอย่าง *I.malayana Oilv.S2* และ *I.malayana Oilv.S3* เท่านั้น นอกจากนี้ยังพบ 9-Octadecanoic acid ในตัวอย่าง *I.malayana Oilv.*, *I.malayana Oilv.S3* และ *I.malayana Oilv.Cosolvent* และสำหรับ Propanoic acid, 2-methyl-3-[4-t-butyl] phenyl และ α -Hexycinnamic aldehyde พบเฉพาะในตัวอย่าง *I.malayana Oilv.Cosolvent* เท่านั้น เมื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบแล้ว จะเห็นว่า องค์ประกอบหลักที่พบในไขกระดูกทั้ง 4 ตัวอย่าง คือ Dodecanoic acid, Tetradecanoic acid, Decanoic acid และ Hexadecanoic acid

อภิปรายผล

จากการศึกษาการองค์ประกอบทางเคมีของไขกระดูก 4 ตัวอย่างที่ทำการสกัดด้วยวิธีการสกัดที่แตกต่างกัน และ Condition ที่ไม่เหมือนกัน ทำให้ได้องค์ประกอบทางเคมีทั้งที่เหมือนกัน และแตกต่างกันออกไป ดังนั้น วิธีการสกัด อุณหภูมิ ความดันที่ใช้ในการสกัด มีผลต่อคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและทางเคมีของไขกระดูกพบว่าวิธีสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหลว ให้สารประกอบมากที่สุด รองลงมาคือ วิธีหีบแบบอัดเกลียวซึ่งให้ความร้อนต่ำ

หมายเหตุ:	<i>I.malayana Oilv.</i>	คือ กระบกกสกัดโดยวิธีใช้เครื่องหีบแบบอัดเกลียว
	<i>I.malayana Oilv.S2</i>	คือ กระบก S2
	<i>I.malayana Oilv.S3</i>	คือ กระบก S3
	<i>I.malayana Oilv.Cosolvent</i>	คือ กระบก Cosolvent

2. ผลการศึกษาเทอร์โมแกรมระบบก ด้วยเทคนิค Differential Scanning Calorimetry (DSC)



ภาพที่ 9 เทอร์โมแกรม ของไขกระดูกวิธีหีบแบบอัดเกลียว

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ เทอร์โมแกรม ของไขกระดูกวิธีหีบแบบอัดเกลียว หลังสกัด

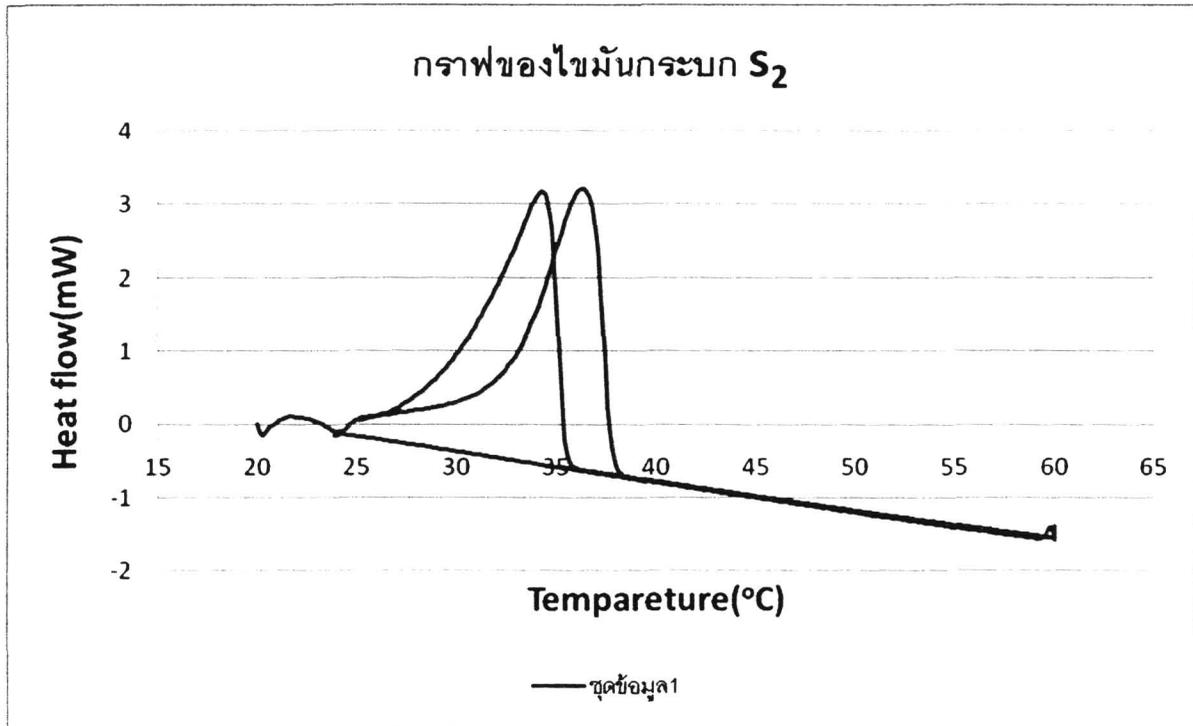
หลอมครั้งที่	Onset temp. (°C)	Peak temp. (°C)	Enthalpy (J/g)
1	20.718±0.260	34.476±0.132	242.329±38.278
2	29.461±0.335	32.570±0.073	20.945±4.128

หมายเหตุ ทุกค่าเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง 3 ครั้ง

อุณหภูมิสูงสุดของการหลอมไม่แตกต่างกัน แต่ความร้อนแฝงที่ใช้ในการหลอมต่างกันมาก โดยค่าที่ได้จากการให้ความร้อนครั้งที่สองมีค่าน้อยกว่าครั้งแรก (242.329±38.278 เทียบกับ 20.945±4.128) เนื่องจากไขกระดูกที่ได้รับความร้อนจนหลอมละลายในการให้ความร้อนครั้งแรก ยังไม่กลับเข้าสู่สภาพผลึกที่สมบูรณ์ จึงทำให้ใช้พลังงานในการหลอมต่ำกว่าครั้งแรก จากลักษณะเทอร์โมแกรม (thermograms) ของไขกระดูกที่ได้จากการสกัดแบบอัดเกลียว บ่งชี้ว่าได้ไขกระดูกที่มีลักษณะผลึก (crystalline) มากกว่าไขกระดูกที่เตรียมโดยวิธีอื่นๆ มีช่วงอุณหภูมิตั้งแต่จุดเริ่มหลอมและจุดสูงสุด ไม่ต่างกันมาก ในการวิเคราะห์โดยการให้ความร้อนซ้ำ (second run) เพื่อตรวจสอบภาวะพอลิมอร์ฟิซึม ได้กราฟที่มีจุดหลอมเหลวลดต่ำลงเล็กน้อย (น้อยกว่า 2 องศา

การพัฒนาเครื่องสำอางบำรุงมือและเล็บจากไขกระบก พานี ศิริสะอาดและคณะ 2552

เซลล์) และมีความร้อนแฝงในการหลอมทั้งสองครั้งใกล้เคียงกัน ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า ไขกระบกที่ได้ไม่มีสมบัติพอลิมอร์ฟิซึม



ภาพที่ 10 เทอร์โมแกรม ของไขกระบก S2

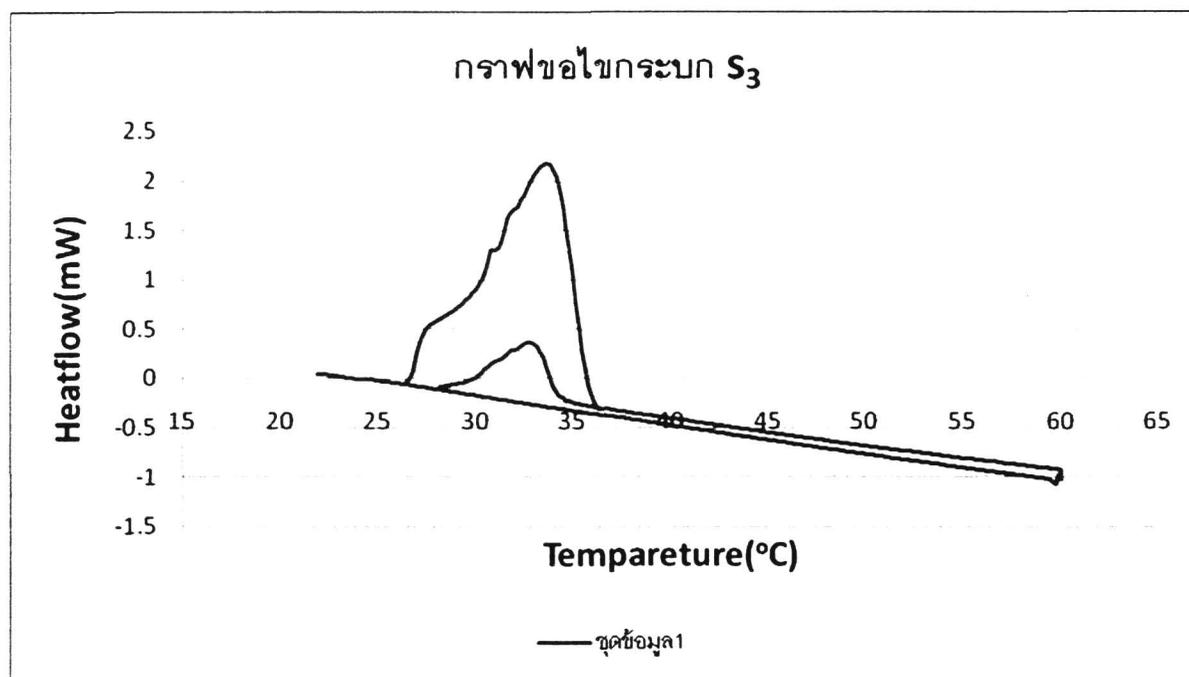
ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ เทอร์โมแกรม ของไขกระบก S2 หลังสกัด

หลอมครั้งที่	Onset temp. (°C)	Peak temp. (°C)	Enthalpy (J/g)
1	20.391±0.230	36.399 ±0.248	264.057±11.695
2	27.829±0.454	34.557±0.114	262.115±28.636

หมายเหตุ ทุกค่าเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง 3 ครั้ง

ทำนองเดียวกัน เทอร์โมแกรม (Thermogram) ของไขกระบก (S2) แสดงสมบัติการเปลี่ยนแปลงเชิงความร้อน เหมือนไขกระบกที่สกัดแบบอัลเทิลยว แต่มีข้อแตกต่าง คือกราฟที่ได้มีฐานกว้างกว่าและ ความร้อนแฝงในการหลอมต่ำกว่าไขกระบกที่สกัดแบบอัลเทิลยว ทั้งนี้ แสดงถึงสภาพความเป็นผลึกของไขกระบก (S2) น้อยกว่า และไม่มีกรดไขมัน 9-Octadecanoic acid ที่มีจุดหลอมเหลวสูงกว่าผสมอยู่ดังเช่นในวิธีหีบแบบอัลเทิลยว จึงให้ช่วงอุณหภูมิการหลอมของสารกว้างขึ้น และจากการทำ second run ไม่แสดงการมีพอลิมอร์ฟิซึม

การพัฒนาเครื่องสำอางบำรุงมือและเล็บจากไขกระบก พานี ศิริสะอาดและคณะ 2552



ภาพที่ 11 Thermogram ของไขกระบก S3

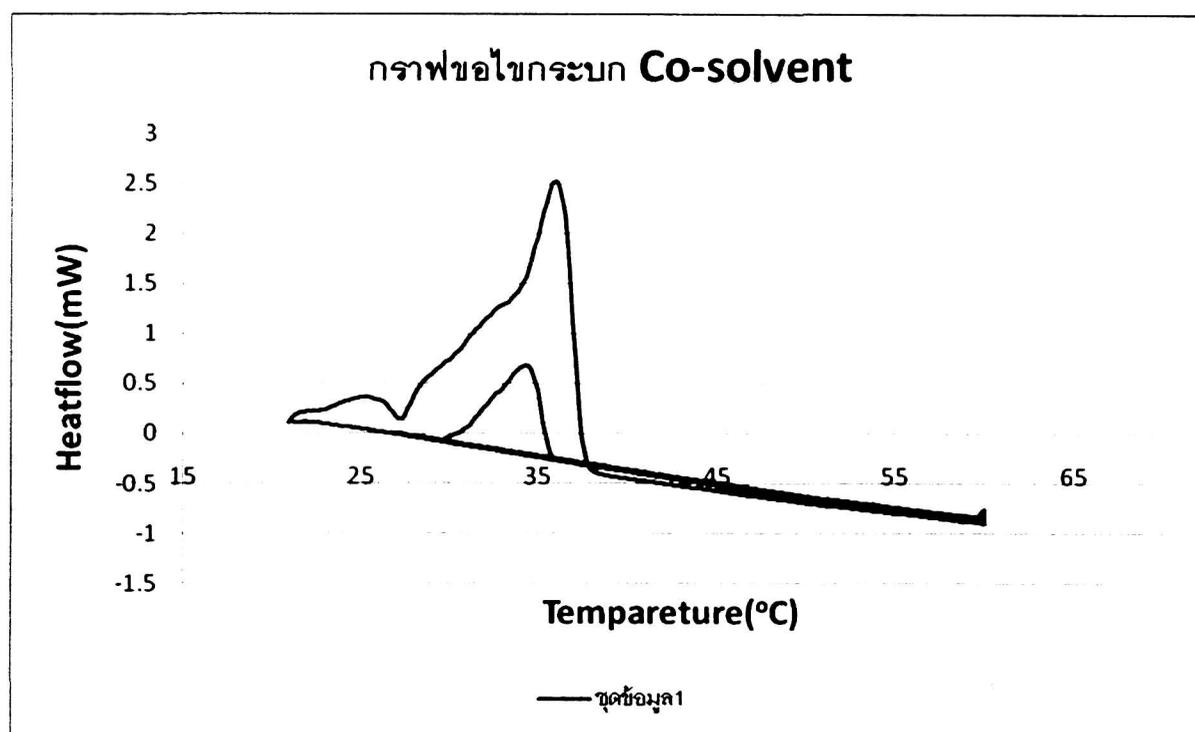
ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์เทอร์โมแกรม ของไขกระบก S3 หลังสกัด

หลอมครั้งที่	Onset temp. (°C)	Peak temp. (°C)	Enthalpy (J/g)
1	25.108±5.198	33.409±0.628	98.951±12.901
2	26.406±7.094	32.487±0.332	28.096±5.633

หมายเหตุ ทุกค่าเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง 3 ครั้ง

ลักษณะเทอร์โมแกรม เช่นเดียวกับไขกระบกวิธี S2 อุณหภูมิสูงสุดของการหลอมไม่แตกต่างกัน แต่ความร้อนแฝงที่ใช้ในการหลอมต่างกันมาก โดยค่าที่ได้จากการให้ความร้อนครั้งที่สองมีค่าน้อยกว่าครั้งแรก (98.951±12.901 เทียบกับ 28.096±5.633) เนื่องจากไขกระบกที่ได้รับความร้อนจนหลอมละลายในการให้ความร้อนครั้งแรก ยังไม่กลับเข้าสู่สภาพผลึกที่สมบูรณ์ จึงทำให้ใช้พลังงานในการหลอมต่ำกว่าครั้งแรก

การพัฒนาเครื่องสำอางบำรุงมือและเล็บจากไขกระดูก พานี ศิริสะอาดและคณะ 2552



ภาพที่ 12 เทอร์โมแกรมของไขกระดูก Cosolvent

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์เทอร์โมแกรม ของไขกระดูก Co-solvent หลังสกัด

หลอมครั้งที่	Onset temp. (°C)	Peak temp. (°C)	Enthalpy (J/g)
1	31.272±1.119	35.873±0.102	140.814±56.136
2	30.414±1.387	34.190±0.111	35.568±2.779

หมายเหตุ ทุกค่าเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง 3 ครั้ง

ลักษณะเทอร์โมแกรม ที่ได้อธิบายได้เหมือน S2, S3 แสดงสมบัติการเปลี่ยนแปลงเชิงความร้อนเหมือนไขกระดูกที่สกัดแบบอัดเกลียว แต่มีข้อแตกต่าง คือกราฟที่ได้มีฐานกว้างกว่าและ ความร้อนแฝงในการหลอมต่ำกว่าไขกระดูกที่สกัดแบบอัดเกลียว ทั้งนี้ แสดงถึงสภาพความเป็นผลึกของไขกระดูก (Cosolvent) น้อยกว่า หรืออาจเกิดจากการมีองค์ประกอบกรดไขมันชนิดอื่น ที่มีจุดหลอมเหลวต่ำกว่าผสมอยู่ จึงให้ช่วงอุณหภูมิการหลอมของสารกว้างขึ้น และจากการทำ second run ไม่แสดงการมีพอลิมอर्फิซึม

การพัฒนาเครื่องสำอางบำรุงมือและเล็บจากไขกระบก พานี ศิริสะอาดและคณะ 2552

ผลการทดลองสรุปดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 จุดหลอมเหลวของตัวอย่างไขกระบกที่สกัดด้วยวิธีแตกต่างกัน

ตัวอย่างที่ใช้	Temperature (°C)
กระบกวิธีหีบแบบอัดเกลียว	34.476±0.132
กระบก Cosolvent	35.873±0.102
กระบก S2	36.168±0.225
กระบก S3	33.409±0.628

จะเห็นว่าจุดหลอมเหลวของ S3 จะต่ำกว่า S2 เนื่องจาก ในองค์ประกอบที่สกัดได้ของ S3 จะมีกรดไขมันอิสระซึ่งเป็นน้ำมัน อยู่ในปริมาณมาก (3.82%) แต่จะใกล้เคียงกับวิธีหีบแบบอัดเกลียว (34.476±0.132 และ 33.409±0.628)

การพัฒนาเครื่องสำอางบำรุงมือและเล็บจากไขกระดูก พานี ศิริสะอาดและคณะ 2552

3. การพัฒนาสูตรครีมบำรุงมือและเล็บ

การพัฒนาสูตรครีมบำรุงมือและเล็บ เลือกพัฒนาโดยใช้ไขกระดูกวิธีหีบแบบอัดเกลียว เนื่องจากมีองค์ประกอบ กรรมวิธีการสกัด ไม่ยุ่งยาก โดยเริ่มต้นจากการศึกษาคุณสมบัติที่จำเป็นของครีม และศึกษาครีมที่มีจำหน่ายในท้องตลาด โดยศึกษาความหนืด กลิ่น และเนื้อครีม และค้นคว้าจากข้อมูลผู้ใช้ ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับครีมยี่ห้อต่างๆ เพื่อสำรวจความนิยมของผู้บริโภคในกลิ่นและลักษณะเนื้อครีม ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 9-13

ตารางที่ 9 ผลการตั้งตำรับครีม Series I สูตรที่ 1, 1.1, 1.2, 2.1.1, 2.1.2 ใช้ Nonionic emulsifiers

ตำรับ	ลักษณะเนื้อครีม	ความ ข้นหนืด	การแยกชั้น
1	เนื้อครีมสีขาวครีมอ่อนละเอียดเนียน เข้ากันดี สม่่าเสมอ ชิมผิวดี เหนอะเล็กน้อย มัน มีกลิ่นไขกระดูก	+++	ตั้งทิ้งไว้แล้วไม่แยกชั้น เมื่อปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วสูงแยกชั้น
1.1	เนื้อครีมสีขาวครีมอ่อนละเอียด เข้ากันดี สม่่าเสมอ ชิมผิวดี เหนอะเล็กน้อย มัน มีกลิ่นไขกระดูก	++	ตั้งทิ้งไว้แล้วไม่แยกชั้น เมื่อปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วสูงแยกชั้น
1.2	เนื้อครีมสีขาวครีมอ่อนละเอียด เข้ากันดี สม่่าเสมอ ชิมผิวดี เหนอะเล็กน้อย มัน มีกลิ่นไขกระดูก	+++	ตั้งทิ้งไว้แล้วไม่แยกชั้น เมื่อปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วสูงไม่แยกชั้น
2.1.1	เนื้อครีมสีขาวครีมอ่อนละเอียด เข้ากันดี สม่่าเสมอ ชิมผิวดี เหนอะเล็กน้อย มัน มีกลิ่นไขกระดูก	+++	ตั้งทิ้งไว้แล้วไม่แยกชั้น เมื่อปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วสูงไม่แยกชั้น
2.1.2	เนื้อครีมสีขาวครีมอ่อนละเอียด เข้ากันดี สม่่าเสมอ ชิมผิวดี เหนอะเล็กน้อย มัน มีกลิ่นไขกระดูก	+++	ตั้งทิ้งไว้แล้วไม่แยกชั้น เมื่อปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วสูงแยกชั้น

หมายเหตุ

1. ตำรับ 2.1.2 เนื้อครีมไม่เข้ากัน
2. ลักษณะของความข้นเหลวของเนื้อครีม ประเมินดังนี้ +++++ ชั้นหนืดมาก +++ ชั้นหนืดพอดี ++ เหลวปานกลาง และ + เหลวมาก

เลือก ตำรับที่ 1 และ ตำรับที่ 2.1.2 มาขยายกำลังการผลิตให้มากขึ้น และศึกษาความคงสภาพโดยวิธีเร่ง

การพัฒนาเครื่องสำอางบำรุงมือและเล็บจากไข่กะบก ภาณี ศิริสะอาดและคณะ 2552

ตารางที่ 10 ผลการตั้งตำรับครีม Series I ชุดที่ 2 สูตรที่ 8, 8.1, 8.2, 8.3, 8.4 และ 8.5

ตำรับ	ลักษณะเนื้อครีม	ความเป็นป็นขาว	ความชัน หนืด	การแยกชั้น
8	เนื้อครีมสีขาว ดูไม่ค่อยเข้ากัน เห็นเป็นก้อนละเอียดกระจายตัวอยู่อย่างสม่ำเสมอ ซีมิวติ ไม่เหนอะ ไม่มันมาก	เมื่อทาแล้วเป็นป็นขาว แต่เมื่อทาให้ทั่วแล้วป็นขาวก็จะหายไป	+	ตั้งทิ้งไว้แล้วไม่แยกชั้น เมื่อป็นเหวียงด้วยความเร็วสูงแยกชั้น
8.1	เนื้อครีมขาว เนื้อเนียนละเอียดเข้ากันดี ซีมิวติ ไม่เหนอะ ไม่มันมาก	เมื่อทาแล้วเป็นป็นขาว แต่เมื่อทาให้ทั่วแล้วป็นขาวก็จะหายไป	+	ตั้งทิ้งไว้แล้วไม่แยกชั้น เมื่อป็นเหวียงด้วยความเร็วสูงแยกชั้น
8.2	เนื้อครีมขาว เนียนละเอียด ซีมิวติ ไม่เหนอะ มันกว่าตำรับ 8 เล็กน้อย	เมื่อทาแล้วเป็นป็นขาว แต่เมื่อทาให้ทั่วแล้วป็นขาวก็จะหายไป	+++	ตั้งทิ้งไว้แล้วไม่แยกชั้น เมื่อป็นเหวียงด้วยความเร็วสูงตรงผิวหน้าแยกเป็นน้ำใสเล็กน้อย
8.3	เนื้อครีมขาว เนียนละเอียด ซีมิวติ ไม่เหนอะ มันกว่าตำรับ 8 เล็กน้อย	เมื่อทาแล้วเป็นป็นขาว แต่เมื่อทาให้ทั่วแล้วป็นขาวก็จะหายไป	++++	ตั้งทิ้งไว้แล้วไม่แยกชั้น เมื่อป็นเหวียงด้วยความเร็วสูงไม่แยกชั้น
8.4	เนื้อครีมขาว เนียนละเอียด ซีมิวติ ไม่เหนอะ มันกว่าตำรับ 8 เล็กน้อย	เมื่อทาแล้วเป็นป็นขาว แต่เมื่อทาให้ทั่วแล้วป็นขาวก็จะหายไป	+++	ตั้งทิ้งไว้แล้วไม่แยกชั้น เมื่อป็นเหวียงด้วยความเร็วสูงไม่แยกชั้น
8.5	เนื้อครีมขาว เนียนละเอียด เข้ากันดี ซีมิวติ ไม่เหนอะ มันกว่าตำรับ 8 เล็กน้อย	เมื่อทาแล้วเป็นป็นขาว แต่เมื่อทาให้ทั่วแล้วป็นขาวก็จะหายไป	+++	ตั้งทิ้งไว้แล้วไม่แยกชั้นเมื่อป็นเหวียงด้วยความเร็วสูงไม่แยกชั้น

หมายเหตุ ลักษณะของความชันเหลวของเนื้อครีม ประเมินดังนี้ ++++ ชันหนืดมาก +++ ชันหนืดพอดี ++ เหลวปานกลาง และ + เหลวมาก

เลือก สูตรที่ 8.5 มาขยายกำลังการผลิตให้มากขึ้น และศึกษาความคงสภาพโดยวิธีเร่ง

การพัฒนาเครื่องสำอางบำรุงมือและเล็บจากไข่กะบก ภาณี ศิริสะอาดและคณะ 2552

ตารางที่ 11 ผลการทดลอง Series III ชุดที่1 สูตร 6, 6.2, 6.3, 6.4 และ 6.4.2

ตำรับ	ลักษณะเนื้อครีม	ความข้น หนืด	การแยกชั้น
6.1	เนื้อครีมไม่สวดยเกาะกลุ่มเป็นก้อนๆ เมื่อทิ้งไว้นานๆ มีจุด ดำๆขึ้น ผิวหน้าแห้ง มีกลิ่นน้ำมันพืช	++++	ตั้งทิ้งไว้แล้วไม่แยกชั้น เมื่อปั่นเหวี่ยงด้วย ความเร็วสูงไม่แยกชั้น
6.2	เนื้อครีมสีขาวเหลือง เนียนละเอียด เมื่อทิ้งไว้นานๆมีจุดดำๆ ขึ้นบนผิวหน้า และมีน้ำมันซึมมาเป็นหย่อมๆ มีกลิ่นน้ำมัน พืช	+++	ตั้งทิ้งไว้แล้วไม่แยกชั้น เมื่อปั่นเหวี่ยงด้วย ความเร็วสูงไม่แยกชั้น
6.3	เนื้อครีมสีขาวเหลือง เนียนละเอียด มีกลิ่นน้ำมันพืช เมื่อทิ้ง ไว้นานๆเนื้อครีมยังเป็นเหมือนเดิม	++	ตั้งทิ้งไว้แล้วไม่แยกชั้น เมื่อปั่นเหวี่ยงด้วย ความเร็วสูงไม่แยกชั้น
6.4	เนื้อครีมสีขาวเหลือง เนียนละเอียด มีกลิ่นน้ำมันพืช เมื่อทิ้ง ไว้นานๆมีจุดดำๆขึ้นบนผิวหน้า และเห็นเม็ดโคลินีสขาวขึ้น เต็มผิวหน้า และผิวหน้าไม่ได้แห้ง	++	ตั้งทิ้งไว้แล้วไม่แยกชั้น เมื่อปั่นเหวี่ยงด้วย ความเร็วสูงไม่แยกชั้น
6.4.2	เนื้อครีมสีขาวเหลือง เนียนละเอียด มีกลิ่นน้ำมันพืช เมื่อทิ้ง ไว้นานๆ ยังเหมือนเดิมแต่ผิวหน้าแห้งเล็กน้อยเท่านั้น	+++	ตั้งทิ้งไว้แล้วไม่แยกชั้น เมื่อปั่นเหวี่ยงด้วย ความเร็วสูงไม่แยกชั้น

ผลการทดลอง Series III สูตร 6 ทั้งหมด ไม่แยกชั้นแต่ไม่นำไปศึกษาสภาวะเร่ง เนื่องจากเนื้อครีมไม่สวดย

การพัฒนาเครื่องสำอางบำรุงมือและเล็บจากไซกระบุง พานี ศิริระอาดและคณะ 2552

ตารางที่ 12 ผลการทดลอง Series III ชุดที่ 2 สูตร 7.1 และ 7.2

ตำรับ	ลักษณะเนื้อครีม	ความเป็นป็นขาว	ความเหนียว	การแยกชั้น
7.1	เนื้อครีมเนียนละเอียดสีขาวครีม เมื่อทิ้งไว้นานๆ ผิวหน้าแห้ง	ทาแล้วไม่เป็นป็น ขาว	+++	ตั้งทิ้งไว้แล้วไม่แยกชั้นเมื่อป็น เหวี่ยงด้วยความเร็วสูงไม่แยกชั้น
7.2	เนื้อครีมเนียนละเอียดสีขาวครีม เมื่อทิ้งไว้นานๆ ยังเหมือนเดิม	ทาแล้วเป็นป็น ขาวน้อย	++	ตั้งทิ้งไว้แล้วไม่แยกชั้น เมื่อป็นเหวี่ยงด้วยความเร็วสูงที่ ผิวหน้ามีน้ำใสๆ เล็กน้อยมาก

ตารางที่ 13 ผลการทดลอง Series III ชุดที่ 3 สูตร RxB ได้ผลดังนี้

ตำรับ	ลักษณะเนื้อครีม	ความเป็นป็นขาว	ความเหนียว	การแยกชั้น
RxB	เนื้อละเอียดสีขาว ไม่ค่อยมัน ซึมซาบค่อนข้างดี ทาแล้ว เหนียวเล็กน้อย ป็นเหวี่ยงแล้ว ไม่แยกชั้น	ทาแล้วไม่เป็นป็น ขาว	+++	ตั้งทิ้งไว้แล้วไม่แยกชั้น เมื่อป็นเหวี่ยงด้วยความเร็วสูงไม่ แยกชั้น

การพัฒนากลิ่นของครีมบำรุงมือและเล็บ

เนื่องจากไซกระบุง มีกลิ่นของไซพีช จึงต้องทำการแต่งกลิ่นให้เหมาะสม โดยนำสูตรตำรับที่ 3 และ 7.2 มาทำการแต่งกลิ่นเพื่อนำกลิ่นที่อาสาสมัครชอบ ก่อนจะไปใช้ในการแต่งกลิ่นครีม โดยดำเนินการก่อนผลการศึกษาความคงตัวจะเสร็จ ครีมที่แต่งกลิ่น แล้วนำไปให้อาสาสมัคร 10 คน ลองใช้โดยมีแบบประเมินให้คะแนนออกมาดังนี้

ตำรับ	กลิ่น	คะแนน
3-1	powdery	90
3-2	honey	85
3-3	powdery + honey + apple	82
7-1	powdery	74
7-2	honey	73
7-3	powdery + honey + apple	59

เลข 3 ข้างหน้าหมายถึงตำรับ 3 เลข 7 ข้างหน้าหมายถึงตำรับ 7.2

กลิ่นอื่นที่ใช้ทดสอบ Cherry apple Honey powdery Lilly of valley Apply, Floraline rose floral silk= กลิ่นที่ได้รับการยอมรับและดับกลิ่นน้ำมันมะพร้าวในสูตร

การพัฒนาเครื่องสำอางบำรุงมือและเล็บจากไขกระดูก พานี ศิริสะอาดและคณะ 2552

ผลสรุป ความคงตัวของกายภาพของครีมที่พัฒนา 5 ตำรับ ในสภาวะการทดสอบที่แตกต่างกัน ดังในตาราง 14 ตารางที่ 14 สรุปความคงตัวในสภาวะปกติ 4 เดือน และสภาวะเร่งของครีมที่ทดสอบ

สูตร	ระยะเวลาเก็บ	หลังเตรียมทันที	ตุ๋นเย็น	อุณหภูมิห้อง	Heating & cooling	ตุ๋น 45°C
1	ลักษณะภายนอก	เนื้อครีมสีขาวครีมอ่อนละเอียดเนียน เข้ากันดี สม่ำเสมอ	เนื้อสีขาวมอเล็กน้อยไม่หืน นิ่ม	ครีมสีขาวมอๆ (ควรปรับ)ไม่หืนเนื้อนิ่ม คี	เหมือนที่อุณหภูมิห้อง	สีครีมออกมอแต่ไม่แยกชั้น นิ่มลง
	พีเอช	5.5	5.5	5.5	5.5	5.71
	ความชื้นเหน็ด	+++	+++	+++	+++	++
3	ลักษณะภายนอก	เนื้อครีมสีขาวกลิ่นหอม ชิมซาบดี	สีขาวไม่เหม็น ไม่แยกชั้น เนื้อแข็งเนื้อไม่เนียน	แข็งปานกลาง ไม่เหม็น	สีขาว กลิ่นไม่หืน	หืนเล็กน้อย
	พีเอช	6.5	6.5	6.5	7.11	6.5
	ความชื้นเหน็ด	+++	+++	+++	+++	+++
7.2	ลักษณะภายนอก	เนื้อครีมเนียนละเอียดสีขาวครีม เมื่อทิ้งไว้หลายๆวันยังเหมือนเดิม	ไม่แยกชั้น แต่สีออกเหลือง	ครีมสีเหลือง ไม่แยกชั้น ไม่หืน	สีเหลืองไม่แยกชั้น	แยกชั้น สองสี
	พีเอช	5.91	5.70	5.70	5.70	5.35
	ความชื้นเหน็ด	++	++	++	++	+
RxB	ลักษณะภายนอก	เนื้อละเอียดสีขาว ไม่ค่อยมัน ชิมซาบค่อนข้างดี ทาแล้วเหนียวเล็กน้อย ป็นเหวี่ยงแล้วไม่แยกชั้น	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
	พีเอช	4.87	4.87	4.87	4.70	4.62
	ความชื้นเหน็ด	+++	+++	+++	+++	+++
8.5	ลักษณะภายนอก	เนื้อครีมขาว เนียนละเอียด เข้ากันดี ชิมผิวดี ไม่เหนอะ มันเล็กน้อย	สีขาวไม่แยกชั้นไม่หืน นิ่มกลิ่นหอม	สีขาวไม่แยกชั้นไม่หืน นิ่ม กลิ่นหอม	สีขาวไม่แยกชั้นไม่หืน นิ่ม กลิ่นหอม	สีเหลืองอ่อนนิ่ม กลิ่นหอม
	พีเอช	6.08	6.0	6.0	5.8	5.8
	ความชื้นเหน็ด	+++	+++	+++	+++	+++

หมายเหตุ ลักษณะของความชื้นเหลวของเนื้อครีม ประเมินดังนี้ +++++ ชื้นเหน็ดมาก +++ ชื้นเหน็ดพอดี ++ เหลวปานกลาง และ + เหลวมาก

สรุปผลการพัฒนาครีมและการประเมินผล

ตำรับที่ 1 ครีมที่ได้เนื้อครีมสีขาวครีมอ่อนละเอียดเนียน เข้ากันดี สม่ำเสมอ ชิมผิวดี เหนอะเล็กน้อย มีกลิ่นไขกระดูก ผ่าน heating-cooling (4, 45 องศาเซลเซียส สลับกันอุณหภูมิละ 48 ชั่วโมง) ตุ๋น (45 องศาเซลเซียส) ตุ๋นเย็น (4 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิห้อง (27 องศาเซลเซียส) ไม่แยกชั้น วัด pH ณ เวลา

สรุปผลการพัฒนาครีมและการประเมินผล

ตำรับที่ 1 ครีมที่ได้เนื้อครีมสีขาวครีมอ่อนละเอียดเนียน เข้ากันดี สม่ำเสมอ ซึมผิวดี เหนอะเล็กน้อย มีกลิ่นไซกระบก ผ่าน heating-cooling (4, 45 องศาเซลเซียส สลับกันอุณหภูมิละ 48 ชั่วโมง) ตู้อบ (45 องศาเซลเซียส) ตู้เย็น (4 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิห้อง (27 องศาเซลเซียส) ไม่แยกชั้น วัด pH ณ เวลาเริ่มต้นก่อนทดสอบความคงสภาพ pH 5.5 และหลังผ่าน heating-cooling ได้ 5.71 ความข้นหนืดระดับปานกลาง +++ ตั้งทิ้งไว้แล้วไม่แยกชั้น เมื่อบั่นเหยียงด้วยความเร็วสูงแยกชั้น

ตำรับที่ 3 ผ่านการทดสอบทุกสภาวะ แต่มีความเป็นป็นขาวบ้าง เนื้อครีมสีขาวละเอียดมีกลิ่นกระบกล็กน้อย pH 6.5 หลังจากผ่าน heating-cooling วัด pH 7.11 เมื่อนำไปให้อาสาสมัครทดลอง สูตรที่ 3-1 มีคะแนนมากที่สุด เนื่องจากมีกลิ่น powdery เป็นที่ชื่นชอบของคนส่วนใหญ่ ส่วนกลิ่น honey และ กลิ่นผสมของ honey powdery และ apple อาสาสมัครส่วนใหญ่ไม่ค่อยชอบ สำหรับตำรับ 3 นี้ ทำได้ไม่ค่อยทั่ว แต่มันน้อยกว่าตำรับ 7.2 และเนื้อครีมหนืดเล็กน้อย ต้องปรับปรุงในด้านกระจายที่ยังไม่ค่อยดีและมีความมันมากเกินไป

ตำรับที่ 7.2 ผ่าน heating-cooling แต่ที่เก็บไว้ในตู้อบแยกชั้น ส่วนที่เก็บไว้ใน ตู้เย็นและอุณหภูมิห้องไม่แยกชั้น เนื้อครีมเนียนละเอียดสีขาวครีมเมื่อทิ้งไว้นานๆยังเหมือนเดิม ทาแล้วเป็นป็นขาวน้อย เมื่อดังทิ้งไว้แล้วไม่แยกชั้น เมื่อบั่นเหยียงด้วยความเร็วสูงที่ผิวหน้ามีน้ำใสๆเล็กน้อยมาก วัด pH ก่อน stability ได้ pH 5.91 หลังผ่าน heating-cooling ได้ 5.71 ความหนืด++ตั้งทิ้งไว้แล้วไม่แยกชั้น เมื่อบั่นเหยียงด้วยความเร็วสูงที่ผิวหน้ามีน้ำใสๆเล็กน้อยมาก เมื่อนำไปให้อาสาสมัครทดลองใช้ปรากฏว่าคะแนนที่รวมออกมาได้นั้นน้อยเมื่อเทียบกับตำรับ 3 เพราะมีความมันเกินเหมือนทาน้ำมัน และเหนอะหนะ แต่กระจายได้ดีกว่า

ตำรับ B และ 8.5 ผ่านการทดสอบ เป็นตำรับที่มีความมันน้อยกว่าทุกตำรับที่กล่าวมา

สรุปแล้วตำรับที่ผ่านการทดสอบและมีคุณสมบัติที่เหมาะสม คือ ตำรับ 1, RxB, 8.5 กลิ่นที่เหมาะสม ได้แก่ กลิ่น powdery จึงคัดเลือกตำรับ RxB เพื่อนำไปขยายผล ทดสอบในอาสาสมัคร

การพัฒนาเครื่องสำอางบำรุงมือและเล็บจากไขกะบก พานี ศิริสะอาดและคณะ 2552

ตารางที่ 15 ความหนืดของครีมตำรับที่คัดเลือกศึกษา

ตำรับ	ความหนืด [Pa s]				
	เริ่มต้น (T=0)	อุณหภูมิห้อง (4 เดือน)	อุณหภูมิ 4°C (4 เดือน)	อุณหภูมิ 45°C (4 เดือน)	ระบบ Cycling (4°C 48 ชั่วโมง / 45°C 48 ชั่วโมง) 6 รอบ
ตำรับ 1	4.784	4.372	4.861	4.006	4.006
ตำรับ 3	8.155	9.297	9.371	*	13.094
ตำรับ 7.2	2.150	2.059	2.445	*	3.835
ตำรับ 8.5	8.107	1.995	2.647	4.876	5.538
ตำรับ RxB	4.000	NT	NT	NT	3.221

*ครีมแยกชั้น ก่อนทดสอบ NT = ไม่ได้ทดสอบ

จะเห็นได้ว่าครีมที่เก็บไว้ในสภาวะเร่ง มีแนวโน้มที่จะมีความหนืดเพิ่มขึ้น ได้แก่ตำรับที่ 3 และตำรับที่ 7.2 ส่วนตำรับที่ 1, 8.5, และ RxB ความหนืดลดลงเล็กน้อย

ครีมที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4°C ซึ่งอาจจัดให้เป็นตัวควบคุม พบว่าความหนืดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในตำรับที่ 3 แต่ลดลงในตำรับที่ 8.5 (แต่ตำรับ RxB ไม่ได้ทดสอบ)

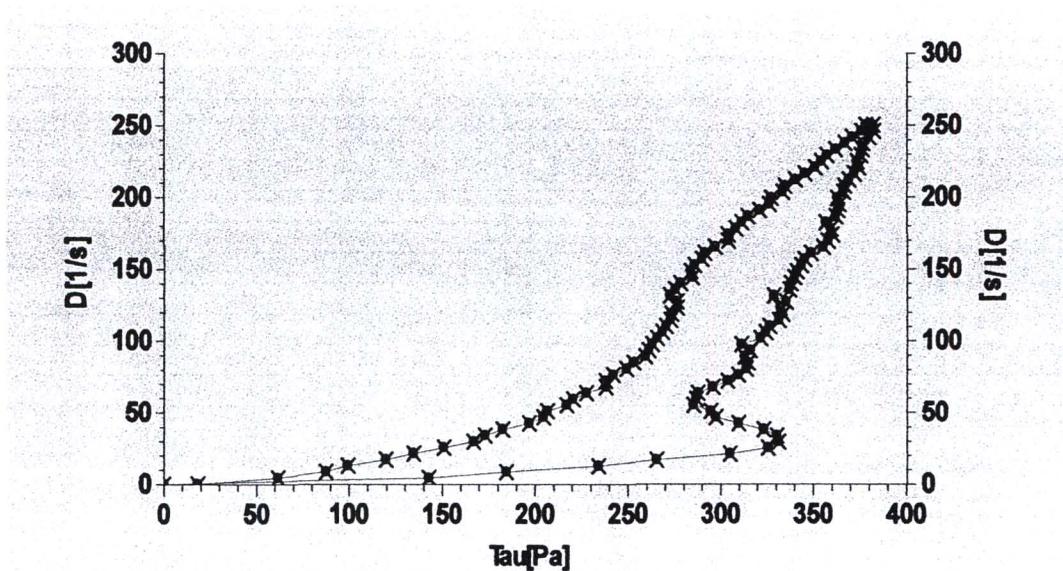
สรุปได้ว่า จากผลการทดสอบความหนืด จะเห็นว่าตำรับที่มีความหนืดเปลี่ยนแปลงน้อยได้แก่ตำรับที่ 1 และ RxB คือ 4.784 และ 4.000 [Pa s]

หมายเลข	ตัวอย่าง	ความหนืด [Pa s]
1	Apotyhary	4.114
2	Cotton Blossom	2.535
3	Kamill	9.488
4	Orange Blossom	3.140

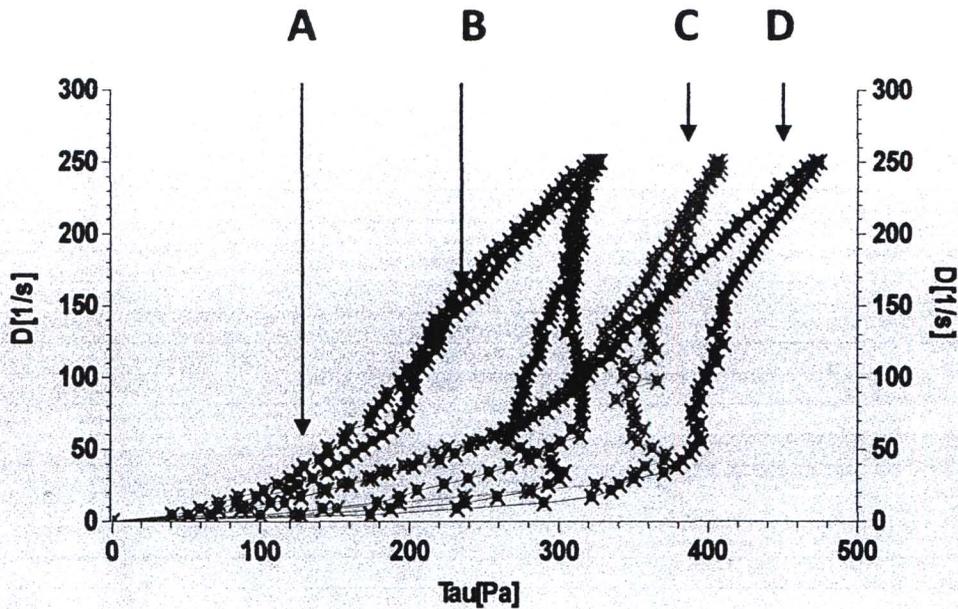
ตารางที่ 16 ค่าความหนืด ของตำรับที่มีขายในท้องตลาด

การพัฒนาเครื่องสำอางบำรุงมือและเล็บจากไซกะบค พานี ศิริสะอาดและคณะ 2552

จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด หมายเลข 1, 2 และ 4 มีความหนืดใกล้เคียงกับ ครีมตำรับที่ 1, 7.2 และ RxB
การศึกษาลักษณะของการไหลของครีมบำรุงชนิดต่างๆ



ภาพที่ 13 กราฟแสดงลักษณะความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็วรอบ [1/s] กับแรงเฉือน [Pa] ของตำรับที่ 1 ($T = 0$)



ภาพที่ 14 ลักษณะความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็วรอบ [1/s] กับแรงเฉือน [Pa] ของตำรับ

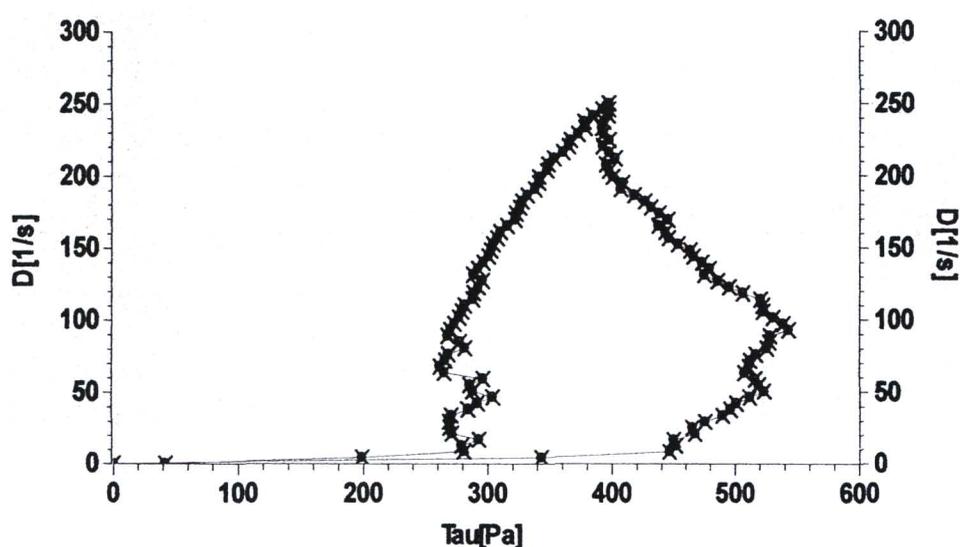
ที่ 1: (A) ที่ อุณหภูมิ 45°C (4 เดือน), (B) หลังทดสอบด้วย Cycling, (C) ที่อุณหภูมิห้อง (4 เดือน), (D) ที่อุณหภูมิ 4°C (4 เดือน)

จากภาพที่ 13 สมบัติการไหลของตำรับที่ 1 เมื่อเวลาเริ่มต้น ($T = 0$) ซึ่งแสดงรูปแบบการไหลแบบ pseudoplastic ที่มีสมบัติ thixotropy คือเมื่อให้แรงกระทำจนเกิดการไหลของครีมในครั้งแรกจะได้กราฟขาขึ้น ซึ่งในระยะแรกจะไหลด้วยอัตราต่างๆ จนถึงจุดหัก ที่เรียกว่า spur ที่แรงกระทำประมาณ 350 Pa หรือที่อัตราการไหลที่ประมาณ 30 [1/s] ณ จุด spur เป็นจุดที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในของสารที่เป็นองค์ประกอบของตำรับ จึงพบว่า หลังจากนั้น เมื่อเพิ่มแรงกระทำ อัตราการไหลจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ขณะเดียวกัน กราฟการไหลขาขึ้น ไม่ซ้อนทับกับกราฟการไหลขาลง เกิดช่องว่างระหว่างกราฟขาขึ้นและกราฟขาลง แสดงสมบัติ thixotropy ช่องว่างระหว่างกราฟขาขึ้นและขาลง ยังมีพื้นที่มาก แสดงว่า ยังมีสมบัติ thixotropy มาก คือมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในมาก ดังนั้นการกลับคืนรูปเดิมของโครงสร้างหลังจากการหยุดให้แรงกระทำจะเกิดขึ้นช้า เมื่อพิจารณาจากสูตรตำรับของตำรับที่ 1 จะพบว่าสารของแข็งในวิฎภาค น้ำมันจะมีเฉพาะไขกระดูกอย่างเดียว ในปริมาณร้อยละ 5 ของตำรับ จึงสรุปได้ว่าไขกระดูกมีการไหลแบบ pseudoplastic ที่มีสมบัติ thixotropy จึงได้ครีมตำรับที่ 1 ซึ่งมีลักษณะที่พึงประสงค์ คือ เมื่อบีบหลอดบรรจุเบาๆ เนื้อครีมจะสามารถไหลจากหลอด บรรจุได้ง่าย และเมื่อทาจะแผ่กระจายบนผิวได้ดี ครีมที่บรรจุในหลอดเมื่อเก็บไว้ ตำรับจะมีความหนืด จึงมีความคงตัวทางกายภาพ โอกาสเกิดการแยกชั้น หรือการโตขึ้นของผลึกมี

การพัฒนาเครื่องสำอางบำรุงมือและเล็บจากไขกระดูก พานี ศิริสะอาดและคณะ 2552

น้อย นอกจากนี้ ความหนืดโดยเฉลี่ยของตำรับใกล้เคียงกับตำรับที่มีจำหน่ายในท้องตลาดที่นำมาเปรียบเทียบ คือ Apotyhary และ Orange Blossom เท่ากับ 4.114 และ 3.140 Pa s ตามลำดับ

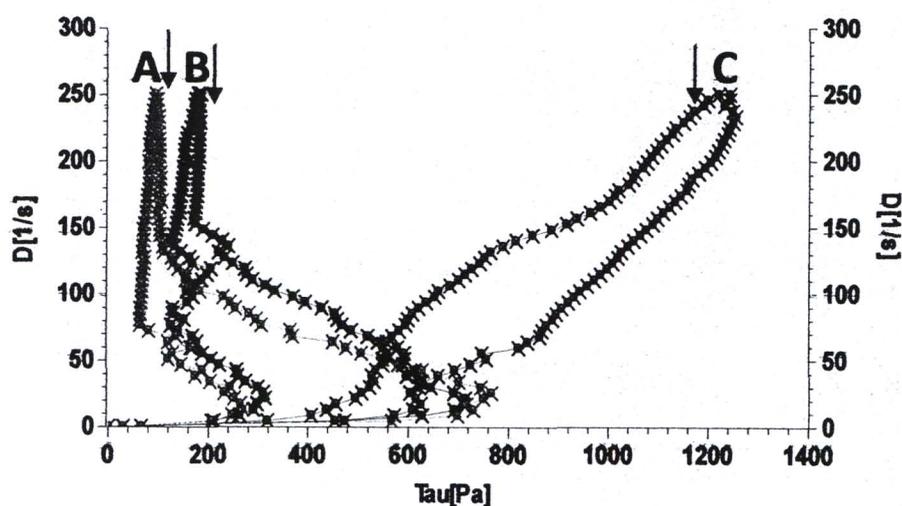
ภาพที่ 14 แสดงการเปลี่ยนความหนืดและสมบัติการไหลของครีมตำรับที่ 1 เมื่อนำไปทดสอบความคงตัว โดยเก็บไว้ที่สภาวะทดสอบต่างๆ พบว่า ตำรับที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และนำไปผ่านการทดสอบโดยเก็บที่อุณหภูมิลับร้อน-เย็นที่ 4 และ 45 องศาเซลเซียส จะมีความหนืดลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเริ่มต้น ดังแสดงค่าความหนืดเปรียบเทียบในตารางที่ 3 แต่ความหนืดของตำรับที่ผ่านสภาวะการทดสอบทั้งสองนี้ ไม่แตกต่างกัน ตำรับที่เก็บที่อุณหภูมิจึง มีความหนืดลดต่ำลงจากค่าเมื่อเริ่มต้น และหนืดมากกว่าตำรับที่เก็บที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และผ่านการทดสอบโดยเก็บที่อุณหภูมิลับร้อน-เย็นที่ 4 และ 45 องศาเซลเซียส สำหรับตำรับที่เก็บที่อุณหภูมิจึง องศาเซลเซียส ความหนืดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากค่าเริ่มต้น แสดงการเปรียบเทียบค่าความหนืดได้ดังนี้ คือ ความหนืดที่สภาวะทดสอบที่ 4 องศาเซลเซียส > เมื่อเริ่มต้น > อุณหภูมิจึง > 45 องศาเซลเซียส \cong ลับร้อน-เย็นที่ 4 และ 45 องศาเซลเซียส ตามลำดับแสดงว่าครีมที่เตรียมจากไขกระดูกเป็นองค์ประกอบหลัก มีความหนืดค่อนข้างคงที่และคงตัวดีแม้จะผ่านการทดสอบในสภาวะเร่ง



ภาพที่ 15 ลักษณะความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็วรอบ [1/s] กับแรงเฉือน [Pa] ครีมตำรับที่ 3

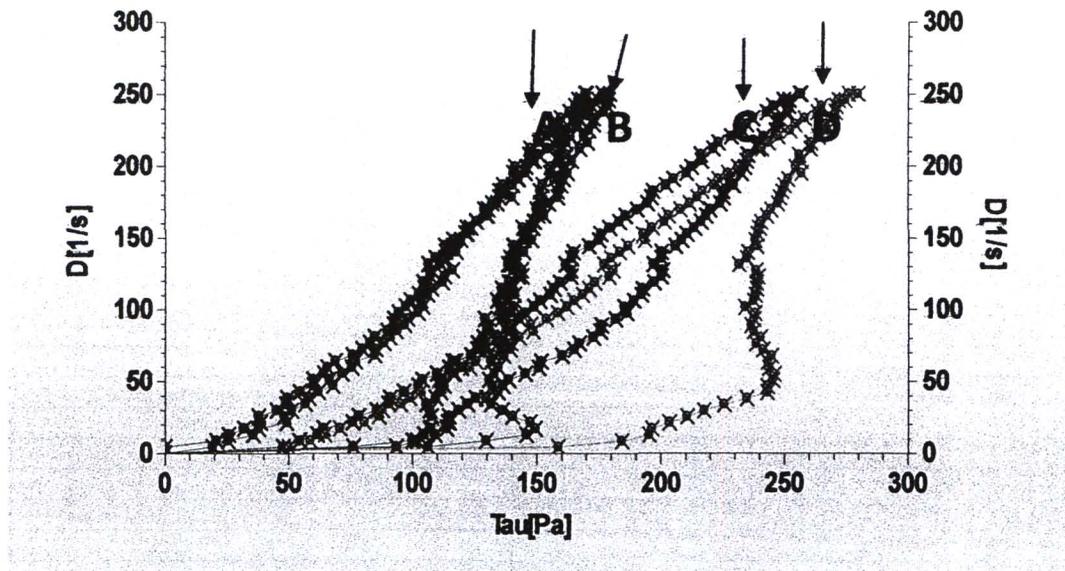
การพัฒนาเครื่องสำอางบำรุงมือและเล็บจากไขกระดูก พานี ศิริสะอาดและคณะ 2552

ภาพที่ 15 แสดงรูปแบบการไหลของครีมตำรับที่ 3 ซึ่งมีค่าความหนืดเฉลี่ยเมื่อเริ่มต้น เท่ากับ 8.155 Pa s มีความหนืดมากกว่าครีมตำรับที่ 1 เนื่องจากสูตรตำรับที่ 3 มีไขกระดูกถึงร้อยละ 12.5 และยังมีสารไขมันแข็งอีกสองชนิดคือ cetyl alcohol และ stearic acid ปริมาณรวมร้อยละ 6.55 และมีสารเพิ่มความหนืดในวิทยาศาสตร์กายานอกคือ carbopol 940 ปริมาณร้อยละ 0.25 กราฟการไหลของครีมตำรับที่ 3 แสดงสมบัติ thixotropy มากกว่าตำรับที่ 1 ด้วยมีพื้นที่ช่องว่างของกราฟการไหลขาขึ้นและกราฟการไหลขาลงที่ไม่ซ้อนทับกันมากกว่า ซึ่งเป็นผลของสมบัติของไขกระดูกร่วมกับ carbopol 940 สำหรับการเปลี่ยนแปลงความหนืดและสมบัติการไหลเมื่อทดสอบที่สภาวะต่างๆ แสดงในภาพที่ 17 โดยเมื่อนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีความหนืดมากขึ้นจากค่าความหนืดเมื่อเริ่มต้น แต่ค่าความหนืดของตำรับที่ทั้งสองสภาวะทดสอบนี้ไม่แตกต่างกัน ทำนองเดียวกับสมบัติ thixotropy ของตำรับที่ 3 หลังการทดสอบความคงสภาพที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ไม่แตกต่างกันจากเมื่อเริ่มต้น ตำรับที่เก็บที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เกิดการแยกชั้น ไม่สามารถนำมาวัดความหนืดและสมบัติการไหล การแยกชั้นของครีมอาจเนื่องมาจากความร้อนทำให้เกิดการสลายตัวของสารทำอิมัลชันชนิดสบู่ (soap-based emulsifier) คือ sodium stearate และสัมพันธ์กับการเกิดกลิ่นหืนของครีม ซึ่งน่าจะเกิดจากการปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขกระดูกหรือสารไขมันของแข็ง สำหรับตำรับที่ทดสอบด้วยการเก็บที่อุณหภูมิสลับร้อน-เย็น มีความหนืดเพิ่มขึ้นมาก (13.094 Pa s) อาจเนื่องมาจากการสูญเสียน้ำของวิทยาศาสตร์กายานอก จากการที่มี carbopol จึงทำให้ความหนืดของตำรับเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 16 ลักษณะความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็วรอบ [1/s] กับแรงเฉือน [Pa] ของตำรับ 3: (A) ที่อุณหภูมิ 4°C (4 เดือน), (B) ที่ อุณหภูมิห้อง (4 เดือน), (C) หลังทดสอบ

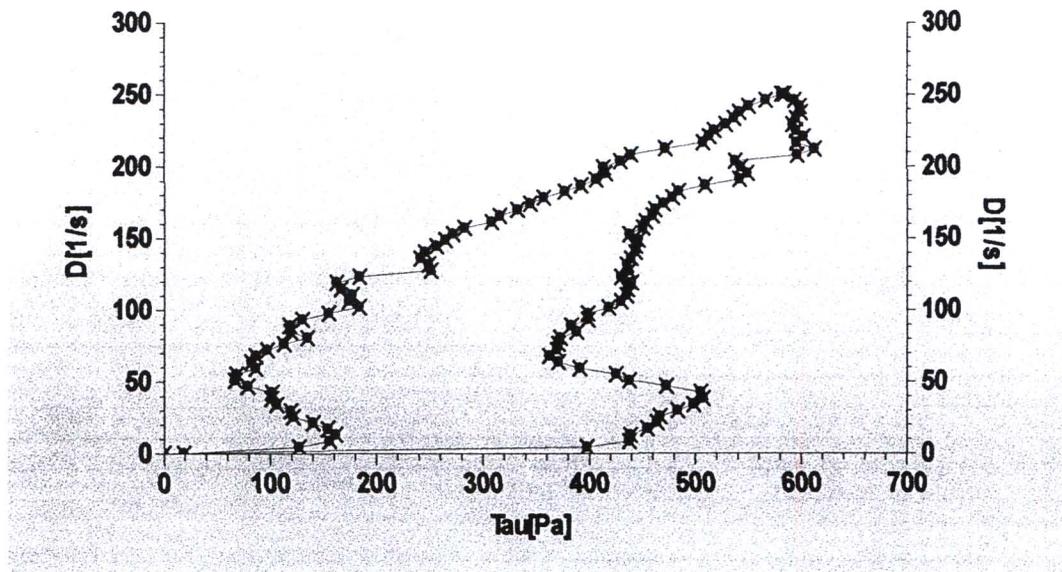
การพัฒนาเครื่องสำอางบำรุงมือและเล็บจากไขกะบก พานี ศิริสะอาดและคณะ 2552



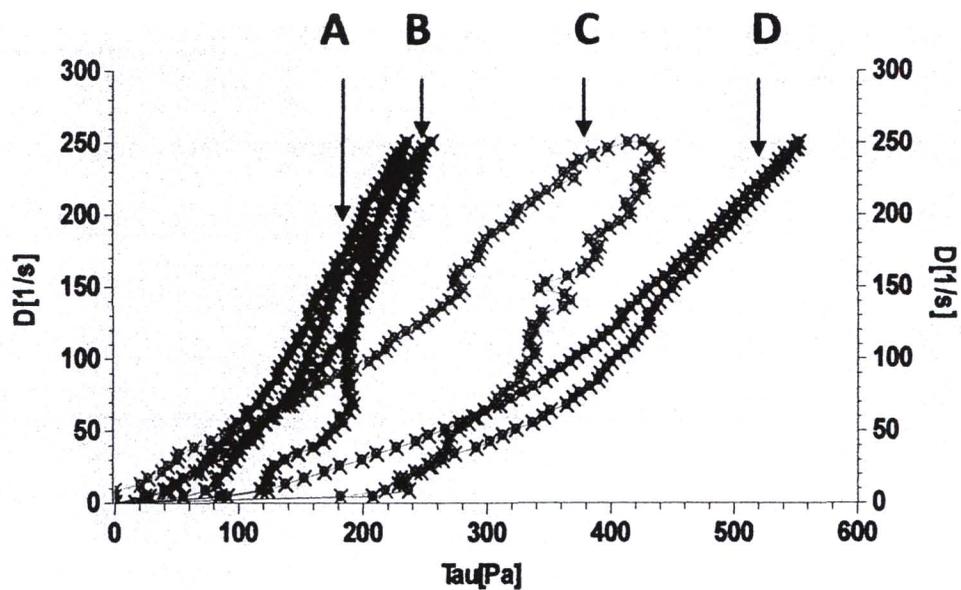
ภาพที่ 17 ลักษณะความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็วรอบ [1/s] กับแรงเฉือน [Pa] ของตัวรับที่ 7.2: (A) เมื่อเริ่มต้น ($T = 0$); (B) ที่ อุณหภูมิห้อง (4 เดือน); (C), อุณหภูมิ 4°C 4 เดือน; (D) หลังทดสอบ Cycling

ภาพที่ 17 แสดงกราฟการไหลของครีมตัวรับที่ 7.2 ตัวรับมีค่าความหนืดเริ่มต้นเท่ากับ $2.150 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ ให้ค่าความหนืดต่ำกว่าทุกๆตัวรับ เนื่องจาก สูตรตัวรับมีน้ำมันต่างๆ รวมร้อยละ 20 กราฟการไหลแสดงสมบัติ thixotropy และ spur ที่แรงเฉือนประมาณ 150 Pa หลังการทดสอบความคงสภาพของตัวรับที่สภาวะต่างๆ พบการเปลี่ยนแปลง คือ ความหนืดเพิ่มขึ้นตามลำดับ ดังนี้ ความหนืดที่สภาวะทดสอบโดยสลับอุณหภูมิร้อน-เย็นที่ 4 และ 45°C $>$ ที่ 4°C $>$ เมื่อเริ่มต้น \cong อุณหภูมิห้อง ตามลำดับ ค่าความหนืดและสมบัติ thixotropy ของตัวรับที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 4 เดือนไม่แตกต่างกันแสดงว่า ตัวรับมีความคงตัวดี ตลอดระยะเวลาที่เก็บนาน 4 เดือน ตัวรับที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4°C หนืดมากขึ้นเล็กน้อย แต่ยังคงสมบัติมี thixotropy เหมือนเดิม ตัวรับที่ผ่านการทดสอบโดยเก็บไว้ที่อุณหภูมิสลับร้อน-เย็นที่ 4 และ 45°C มีความหนืดเพิ่มขึ้น ($3.835 \text{ Pa}\cdot\text{s}$) และพื้นที่แสดงสมบัติ thixotropy มากขึ้นด้วย แต่ตัวรับแยกชั้นเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 45°C นาน 4 เดือน เมื่อเทียบกับตัวรับที่ 1 ซึ่งใช้ nonionic emulsifiers เหมือนกันแต่ปริมาณน้อยกว่า คือใช้ Tween 80 และ Span 80 รวมร้อยละ 6.1 ของตัวรับ ในขณะที่ตัวรับที่ 1 ใช้ Tween 60 และ Span 60 ร้อยละ 10.3 ของตัวรับ นอกจากมีความหนืดน้อยแล้ว การแยกชั้นจึงอาจเกิดจากมีปริมาณตัวทำอิมัลชันไม่เหมาะสม

การพัฒนาเครื่องสำอางบำรุงมือและเล็บจากไขกะบก พานี ศิริสะอาดและคณะ 2552



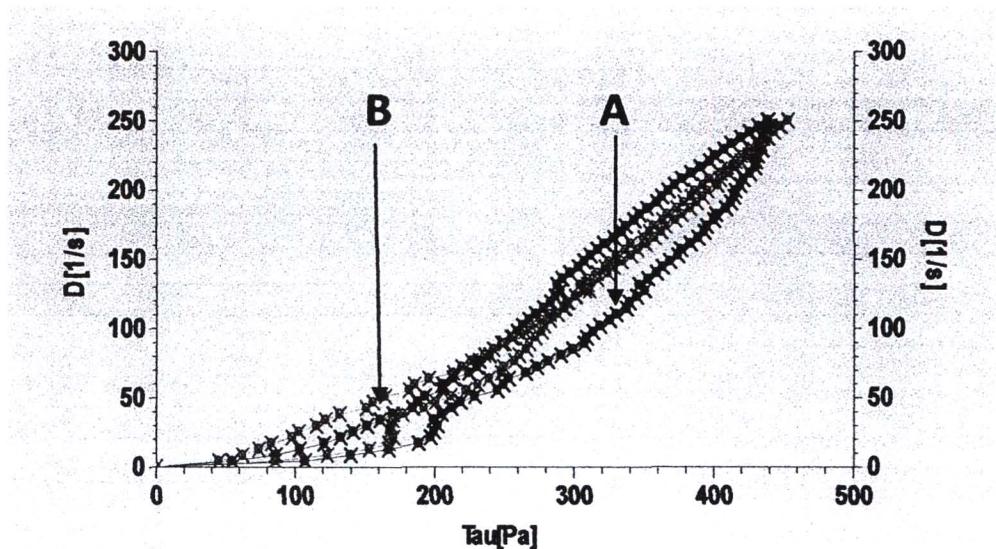
ภาพที่ 18 ลักษณะความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็วรอบ [1/s] กับแรงเฉือน [Pa], ของตัวรับที่ 8.5 เมื่อเริ่มต้น ($T = 0$)



ภาพที่ 19 ลักษณะความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็วรอบ [1/s] กับแรงเฉือน [Pa] ของตัวรับที่ 8.5 (A) ที่ อุณหภูมิ 4°ซ (4 เดือน); (B) ที่ อุณหภูมิห้อง (4 เดือน); (C) ที่อุณหภูมิ 45°ซ (4 เดือน); (D) หลัง ทดสอบ Cycling

การพัฒนาเครื่องสำอางบำรุงมือและเล็บจากไขกะบก พานี ศิริสะอาดและคณะ 2552

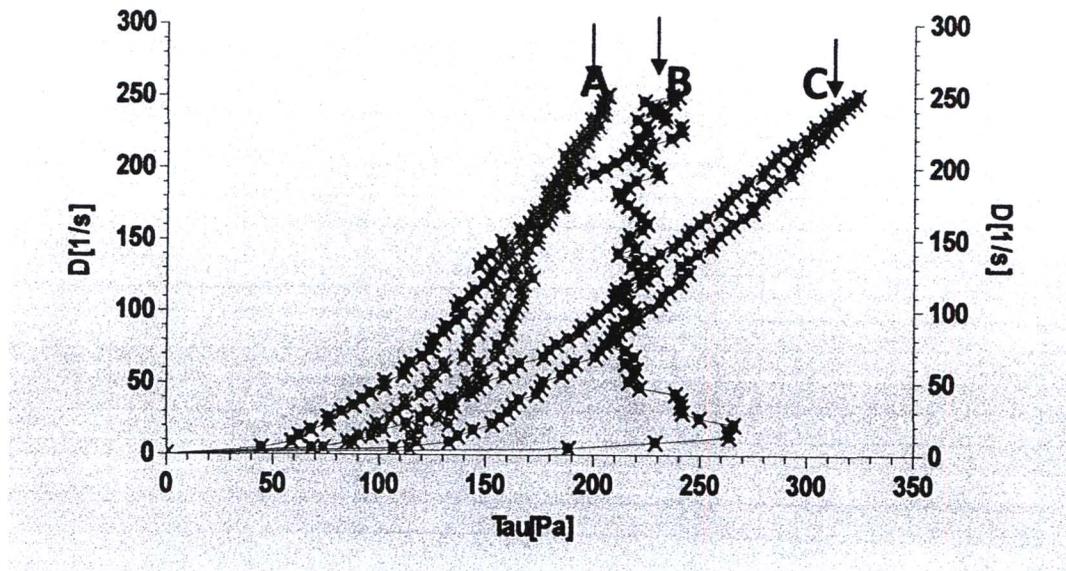
ภาพที่ 18 และภาพที่ 19 แสดงกราฟการไหลของครีมตำรับที่ 8.5 เมื่อเริ่มต้นและหลังจากที่ผ่านการทดสอบความคงสภาพที่สภาวะต่างๆ ตามลำดับ พบว่า ความหนืดและสมบัติ thixotropy ลดลงอย่างมากเมื่อเวลาผ่านไปมีแนวโน้มว่าจะเกิดการแยกชั้นได้ จึงเป็นสูตรตำรับที่ยังไม่เหมาะสม ต้องพัฒนาต่อไป



ภาพที่ 20 ลักษณะความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็วรอบ [1/s] กับแรงเฉือน [Pa] ของ Hand cream ตำรับ RxB โดย (A) ที่เวลาเริ่มต้น ($T = 0$); (B) หลังการทดสอบ Heating & Cooling

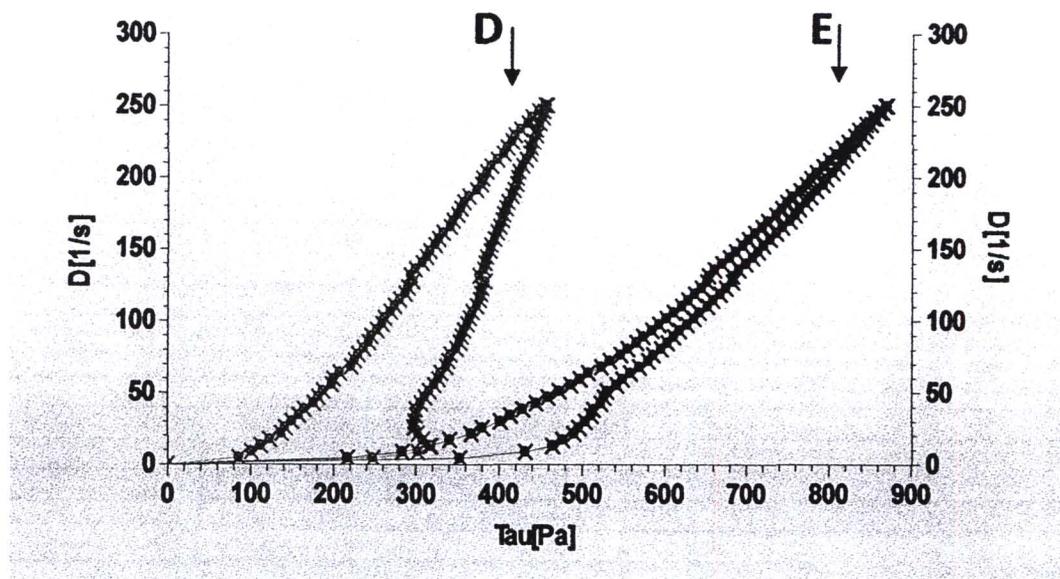
ภาพที่ 20 แสดงกราฟการไหลของครีมตำรับ RxB เมื่อเวลาเริ่มต้นและหลังผ่านการทดสอบความคงตัว โดยการสลับอุณหภูมิร้อน-เย็น พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงความหนืดเล็กน้อย แต่สมบัติ thixotropy ลดลงจากเดิม เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับที่ 1 ซึ่งมีความหนืดใกล้เคียงกัน แต่ตำรับที่ 1 สมบัติ thixotropy ไม่เปลี่ยนแปลงหลังการทดสอบความคงตัว จึงเป็นตำรับที่ดีกว่าตำรับ RxB

การพัฒนาเครื่องสำอางบำรุงมือและเล็บจากไขกะบก พานี ศิริสะอาดและคณะ 2552



ภาพที่ 21 ลักษณะความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็วรอบ [1/s] กับแรงเฉือน [Pa] ของตัวอย่างที่มีขาย
ในท้องตลาด (A) Cotton blossom, (B) Apotyhary, (C) Orange Blossom

การพัฒนาเครื่องสำอางบำรุงมือและเล็บจากไขกระดูก พานี ศิริสะอาดและคณะ 2552



ภาพที่ 22 ลักษณะความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็วรอบ [1/s] กับแรงเฉือน [Pa] ของตัวอย่างที่มีขายในท้องตลาด (D) Royal jelly, (E) Kamill

กราฟการไหลของตำรับครีมที่มีขายในท้องตลาด 5 สูตรตำรับแสดงในรูปที่ 21 และรูปที่ 22 พบว่าตำรับ Apotyary มีความหนืดและสมบัติ thixotropy ใกล้เคียงกับครีมตำรับที่ 1 ที่มีไขกระดูกเป็นองค์ประกอบหลัก ในขณะที่ตำรับที่มีขายในท้องตลาดอื่นๆ มีสมบัติ thixotropy น้อยกว่าครีมตำรับที่ 1

4. การทดสอบประสิทธิภาพของการใช้ครีมในอาสาสมัคร

ผู้วิจัยคัดเลือกตำรับ RxB เพื่อใช้ในการทดสอบในอาสาสมัคร เนื่องจากมีความคงตัว แม้ว่าตำรับที่ 1 จะมีคุณสมบัติที่ดีในด้าน Thixotropy แต่เนื่องจากตำรับที่ 1 ไม่มีองค์ประกอบด้านอื่นๆอันได้แก่สารต้านการเหิน สารบำรุงผิวที่นิยมในท้องตลาด

4.1 ความพึงพอใจในการใช้ครีม

ผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 17 คน เป็นหญิงทั้งหมด แบ่งเป็น

อายุ 30-39 ปี 8 คน

อายุ 40-49 ปี 7 คน

อายุ 50-59 ปี 2 คน

ผลการสอบถามการใช้ครีม ในช่วงเวลาที่ประเมิน 1 เดือน แสดงดังตาราง

การพัฒนาเครื่องสำอางบำรุงมือและเล็บจากไขกะบก พานี ศิริสะอาดและคณะ 2552

ตารางที่ 17 ความพึงพอใจในการใช้ครีมกะบก (จำนวนผู้ตอบ 17 คน)

หัวข้อการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
	ควรปรับปรุง (1)	พอใช้ (2)	ดี (3)	ดีมาก (4)	ดีที่สุด (5)
สี			5	9	3
กลิ่น	5	7	2	2	1
ความน่าใช้			6	9	2
ความเหนอะ		3	5	9	
การซึมเข้าสู่ผิว			6	11	
ความง่ายในการแผ่กระจาย			3	14	
จำนวนคน	1	2	6	6	3
รวม 352 คะแนน	5	20	81	216	30
ร้อยละคะแนนรวม	1.42	5.68	23.01	61.36	8.52

จากตารางแสดงความพึงพอใจของอาสาสมัครที่ใช้ครีม จะเห็นได้ว่า คะแนนโดยรวมของผลิตภัณฑ์อื่นได้แก่ สี กลิ่น ความน่าใช้ ความเหนอะ การซึมเข้าสู่ผิว และความง่ายในการแผ่กระจาย จะอยู่ในช่วง ดีมาก ถึงดี โดยในด้านความพึงพอใจระดับดีมาก คะแนนที่มีความถี่สูงสุด (14 คนใน 17 คน) ได้แก่ความง่ายในการแผ่กระจายของครีม รองลงมาคือการซึมเข้าสู่ผิว (11 คน ใน 17 คน) ส่วนความพึงพอใจระดับพอใช้ อาสาสมัครเห็นว่า คือกลิ่น ซึ่งยังต้องพัฒนาต่อไป

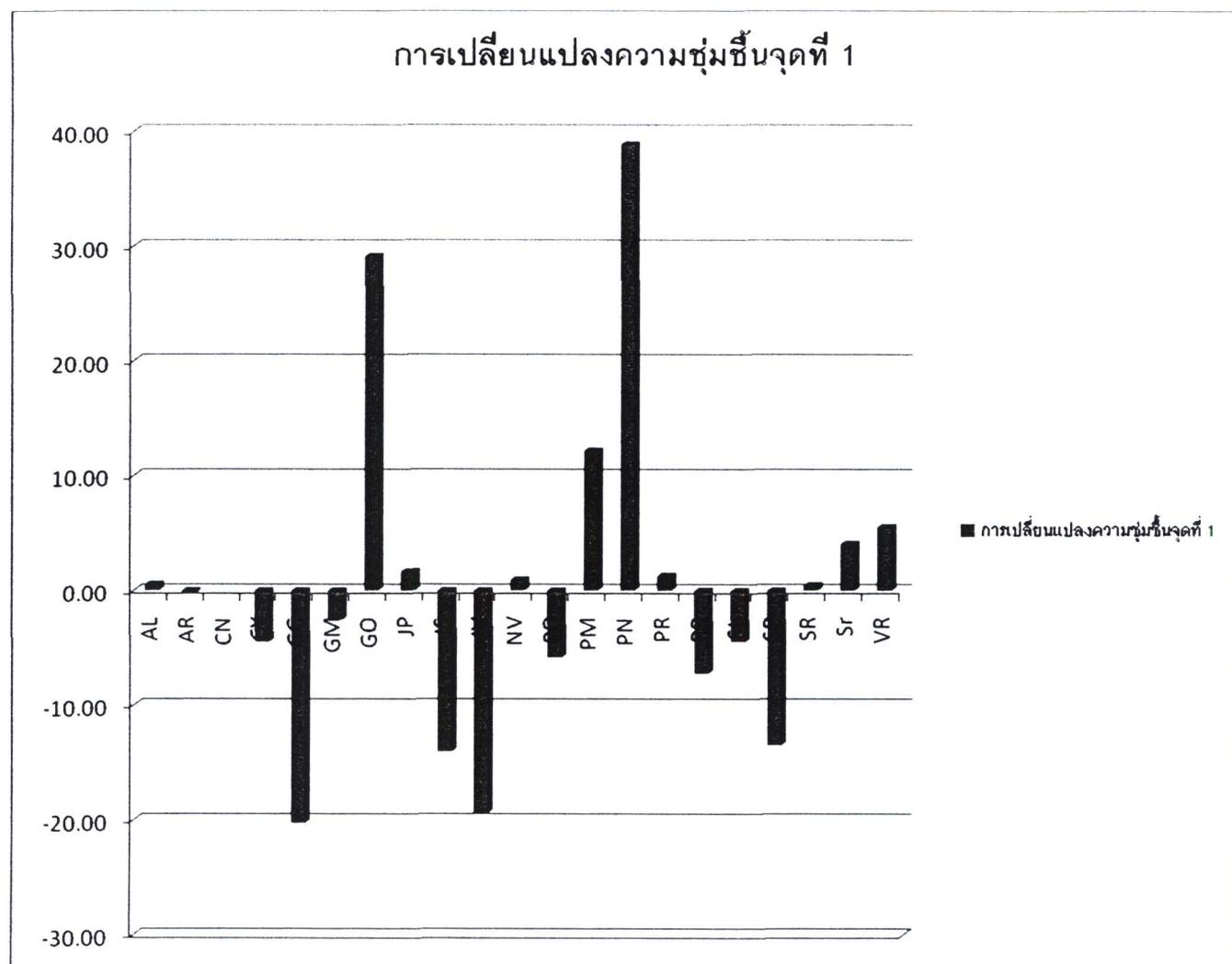
การพัฒนาเครื่องสำอางบำรุงมือและเล็บจากไขกะบก พานี ศิริสะอาดและคณะ 2552

4.2 การวัดความชุ่มชื้นในผิว

ผลการทดสอบการใช้ครีมที่จุดที่ 1 คือ ผิวหลังมือระหว่างง่ามนิ้วชี้กับนิ้วโป้งเป็นเวลา 1 เดือน ตารางที่ 18 ความชุ่มชื้นผิวหลังมือระหว่างง่ามนิ้วชี้กับนิ้วโป้งในอาสาสมัคร 20 คนที่ใช้ครีมกะบก เป็นเวลา 1 เดือน

อาสาสมัครคนที่	ความชุ่มชื้นเฉลี่ยก่อนใช้ครีม	ความชุ่มชื้นเฉลี่ยหลังใช้ครีม	การเปลี่ยนแปลงความชุ่มชื้น
1	7.38 ±0.75	7.39±0.87	0.56
2	13.81±1.26	13.56±1.17	-0.25
3	8.45±1.20	3.95±0.51	-4.50
4	35.37±2.10	15.08±3.80	-20.29
5	16.11±2.54	13.52±1.92	-2.59
6	17.92±5.45	47.06±5.60	29.13
7	13.08±1.32	14.75±2.30	1.67
8	40.97±3.77	26.91±4.00	-14.06
9	30.24±3.30	10.86±2.24	-19.39
10	10.83±1.84	11.78±1.29	0.95
11	73.98±8.84	68.10±5.93	-5.88
12	11.02±1.99	23.20±1.72	12.18
13	5.75±1.45	44.63±14.10	38.88
14	13.47±1.79	14.78±4.66	1.31
15	23.46±2.40	16.22±3.70	-7.25
16	6.14±1.05	1.67±0.75	-4.47
17	17.69±1.45	4.18±0.74	-13.51
18	11.86±0.64	12.35±1.98	0.49
19	21.00±3.77	25.06±2.06	4.06
20	20.79±4.01	26.32±4.43	5.54

การพัฒนาเครื่องสำอางบำรุงมือและเล็บจากไขกะบก พานี ศิริสะอาดและคณะ 2552



ภาพที่ 23 ความชุ่มชื้นผิวหนังระหว่างนิ้วชี้กับนิ้วโป้งในอาสาสมัคร 20 คนที่ใช้ครีมกะบก เป็นเวลา 1 เดือน

จากกราฟแสดงให้เห็นว่าหลังจากการใช้ครีมที่ผิวในจุดที่ 1 เป็นเวลา 1 เดือน ความชุ่มชื้นเฉลี่ยของผิวหนังอาสาสมัครมีการเปลี่ยนแปลงทั้งเพิ่มขึ้นและลดลง

การพัฒนาเครื่องสำอางบำรุงมือและเล็บจากไขกะบก พานี ศิริสะอาดและคณะ 2552

CRITERIA = CI(.95)

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Before1	19.9660	20	15.86241	3.54694
	After1	20.0955	20	16.46654	3.68203

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 Before1 & After1	20	.611	.004

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 Before1 - After1	-.12950	14.25942	3.18850	-6.80312	6.54412	-.041	19	.968

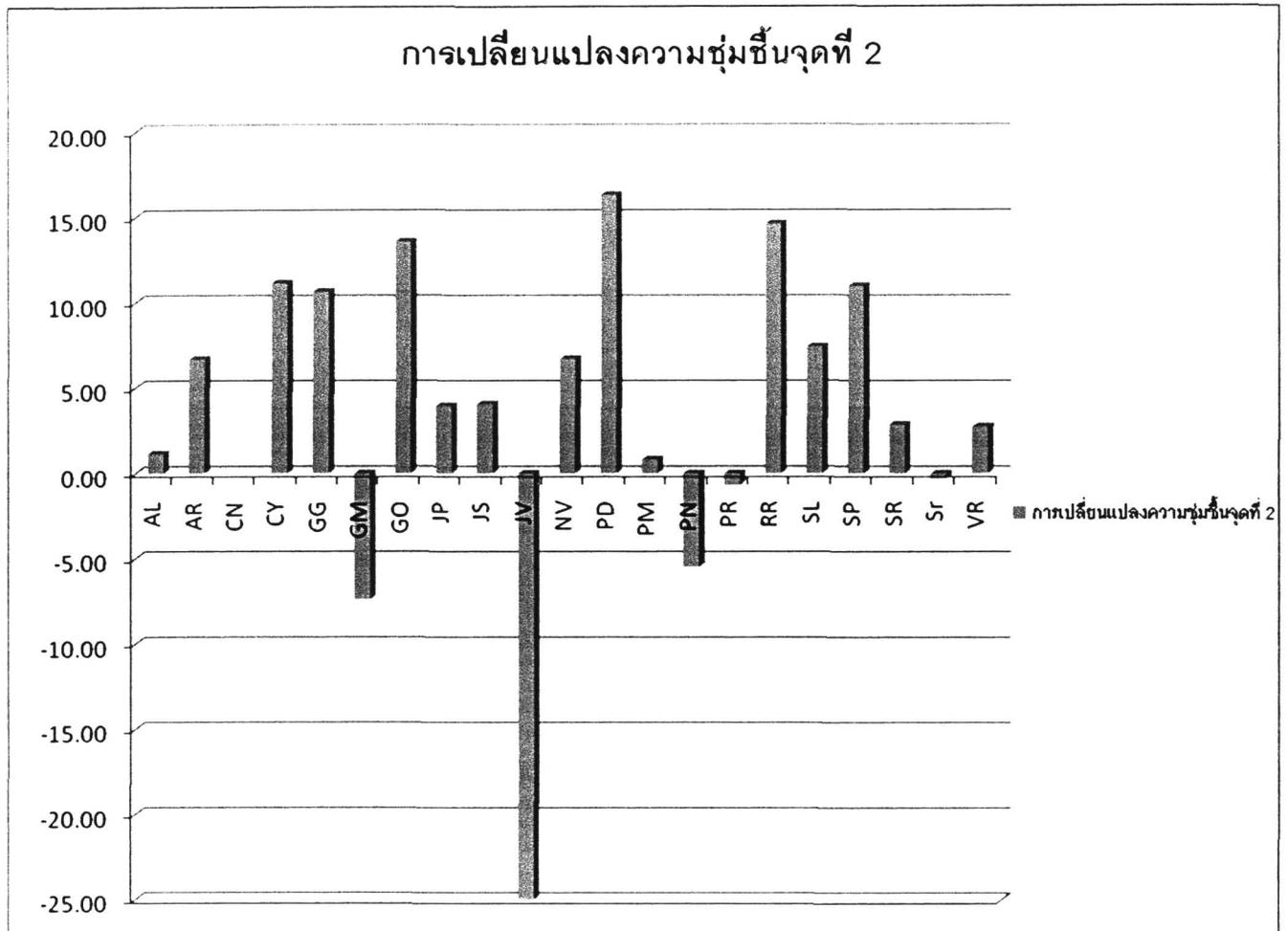
จากผลการทดสอบนัยสำคัญทางสถิติโดยใช้ Paired T-test พบว่าค่าความชุ่มชื้นเฉลี่ยของผิวหนังก่อนและหลังใช้ครีมไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p = 0.968$)

การพัฒนาเครื่องสำอางบำรุงมือและเล็บจากไขกะบก พานี ศิริสะอาดและคณะ 2552

ผลการทดสอบการใช้ครีมที่จุดที่ 2 คือ ด้านหลังจมูกเล็บ (นิ้วชี้) เป็นเวลา 1 เดือน แสดงในตารางที่ 19 ตารางที่ 19 ความชุ่มชื้นผิวหนังด้านหลังจมูกเล็บนิ้วกลางในอาสาสมัคร 20 คนที่ใช้ครีมกะบก เป็นเวลา 1 เดือน

อาสาสมัครคนที่	ความชุ่มชื้นเฉลี่ยก่อนใช้ครีม	ความชุ่มชื้นเฉลี่ยหลังใช้ครีม	การเปลี่ยนแปลงความชุ่มชื้น
1	18.31 ±2.19	19.47 ±2.04	1.15
2	25.35 ±4.68	32.03 ±6.10	6.68
3	8.02 ±2.67	19.17 ±2.08	11.15
4	13.29 ±1.82	23.95 ±4.39	10.65
5	26.40 ±4.35	19.01 ±2.47	-7.39
6	23.31 ±2.27	36.89 ±5.96	13.58
7	13.52 ±3.71	17.48 ±5.25	3.95
8	17.15 ±7.30	21.20 ±6.50	4.06
9	43.77 ±8.69	18.78 ±4.27	-25.00
10	11.12 ±1.71	17.82 ±4.44	6.70
11	15.06 ±4.10	31.37 ±6.67	16.31
12	14.09 ±3.28	14.91 ±3.61	0.81
13	30.07 ±3.76	24.58 ±6.33	-5.49
14	15.21 ±2.52	14.51 ±2.93	-0.69
15	22.53 ±3.95	37.13 ±7.54	14.61
16	21.13 ±5.37	28.56 ±4.84	7.43
17	12.82 ±2.97	23.80 ±6.18	10.98
18	14.74 ±6.20	17.60 ±4.09	2.86
19	15.42 ±5.27	15.11 ±2.00	-0.32
20	35.63 ±6.52	38.37 ±8.26	2.74

การพัฒนาเครื่องสำอางบำรุงมือและเล็บจากไขกะบก พานี ศิริสะอาดและคณะ 2552



ภาพที่ 24 ความชุ่มชื้นผิวจุ่มกเล็บด้านหลังนิ้วกลางในอาสาสมัคร 20 คนที่ใช้ครีมกะบก เป็นเวลา 1 เดือน

จากกราฟแสดงให้เห็นว่าหลังจากการใช้ครีมที่ผิวในจุดที่ 2 เป็นเวลา 1 เดือน ความชุ่มชื้นเฉลี่ยของผิวหน้าอาสาสมัครมีการเปลี่ยนแปลงทั้งเพิ่มขึ้นและลดลง โดยส่วนมากความชุ่มชื้นของผิวเปลี่ยนแปลงไปในทางเพิ่มขึ้น แสดงว่าครีมที่ใช้ทดสอบช่วยเพิ่มความชุ่มชื้นของผิวบริเวณนี้ได้

การพัฒนาเครื่องสำอางบำรุงมือและเล็บจากไขกะบก พานี ศิริสะอาดและคณะ 2552

CRITERIA = CI(.95)

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Before2	19.8470	20	8.88909	1.98766
	After2	23.5870	20	7.80966	1.74629

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Before2 & After2	20	.384	.094

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 Before2 - After2	-3.74000	9.30960	2.08169	-8.09703	.61703	-1.797	19	.088

จากผลการทดสอบนัยสำคัญทางสถิติโดยใช้ Paired T-test พบว่าค่าความชุ่มชื้นเฉลี่ยของผิวหนังก่อนและหลังใช้ครีมไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p = 0.088$)