บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

การสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์

ในการทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งด้วยวิธี Ideal ratio profile test โดยผู้ทดสอบชิมจำนวน 10 คน ในการกำหนดลักษณะคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสที่สำคัญ โดยใช้แบบทดสอบชิมดังภาคผนวก ข รายละเอียดมีดังต่อไปนี้

ลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการพัฒนา ได้แก่

1. ลักษณะที่ปรากฏภายนอก	ผู้บริโภค 10 คน	บอกว่าควรเป็น สี
	ผู้บริโภค 7 คน	บอกว่าควรเป็น ความใส
2.กลิ่นและรสชาติ	ผู้บริโภค 10 คน	บอกว่าควรเป็น รสเย็น
	ผู้บริโภค 9 คน	บอกว่าควรเป็น ความหวาน
	ผู้บริโภค 7 คน	บอกว่าควรเป็น กลิ่นสมุนไพร
3. ลักษณะเนื้อสัมผัส	ผู้บริโภค 8 คน	บอกว่าควรเป็น ความแข็ง
	ผู้บริโภค 3 คน	บอกว่าควรเป็น การละลาย

ข้อมูลข้างต้นแสดงว่าลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ที่ประมวลจากผู้บริโภค ได้แก่

1. สีของผลิตภัณฑ์
2. ผลิตภัณฑ์ควรมีรสเย็น
3. ผลิตภัณฑ์ควรมีรสหวาน
4. ความแข็งของผลิตภัณฑ์
5. ความใสของผลิตภัณฑ์
6. ผลิตภัณฑ์ควรมีกลิ่นสมุนไพร

7. การละลายของผลิตภัณฑ์ (เนื่องจากผู้ทำการทดลองเห็นว่าการละลายเป็นคุณลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งจึง คงเอาไว้ ถึงแม้ว่าผู้บริโภคส่วนน้อยเท่านั้นที่ถือว่าเป็นคุณลักษณะที่สำคัญ)

การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบเค้าโครงสัดส่วน (Ratio profile test) ทำโดยการวัดความยาวจากปลายสุดของเส้นถึงจุดตำแหน่งของตัวอย่าง (Sample) แล้วนำมาหารด้วยค่าความยาวจากปลายสุดของเส้นถึงจุดแสดงตำแหน่งที่เหมาะสม (Ideal) นำค่าสัดส่วนที่ได้ของผู้ชิมแต่ละคนในลักษณะเดียวกันมาหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยที่ได้นำมาสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในลักษณะต่างๆ ให้เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค ตลอดจนสามารถบอกความต้องการของผู้บริโภคในเชิงปริมาณได้

การแปลความหมายของค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

ค่าสัดส่วนเฉลี่ย

ถ้าสัดส่วนเท่ากับ 1.00 หมายความว่า ลักษณะนั้นไม่จำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลงเป็นลักษณะที่ดีเท่ากับลักษณะที่ต้องการของผู้บริโภคในอุดมคติ

ถ้าสัดส่วนมากกว่า 1.00 หมายความว่า ลักษณะนั้นๆ มีความจำเป็นต้องลดความเข้มหรือความแรงของลักษณะนั้นๆ ลง

ถ้าสัดส่วนน้อยกว่า 1.00 หมายความว่า ลักษณะนั้นๆ มีความจำเป็นต้องเพิ่มความเข้มหรือความแรงของลักษณะนั้นๆ ขึ้น

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ถ้าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0 หมายความว่า ผู้บริโภคมีความเห็นตรงกันหรือพ้องกัน

ถ้าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.5 หมายความว่า ผู้บริโภคมีความเห็นต่างกันบ้าง

ถ้าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 หมายความว่า ผู้บริโภคมีความเห็นต่างกันมาก ในกรณีนี้จะต้องพิจารณาด้วยความรอบคอบ ต้องมีเหตุผลอื่นประกอบก่อนที่จะตัดสินใจดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จากการออกแบบสอบถาม Ideal ratio profile กับผู้บริโภค 10 คน ได้ผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของลักษณะต่างๆ ที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง

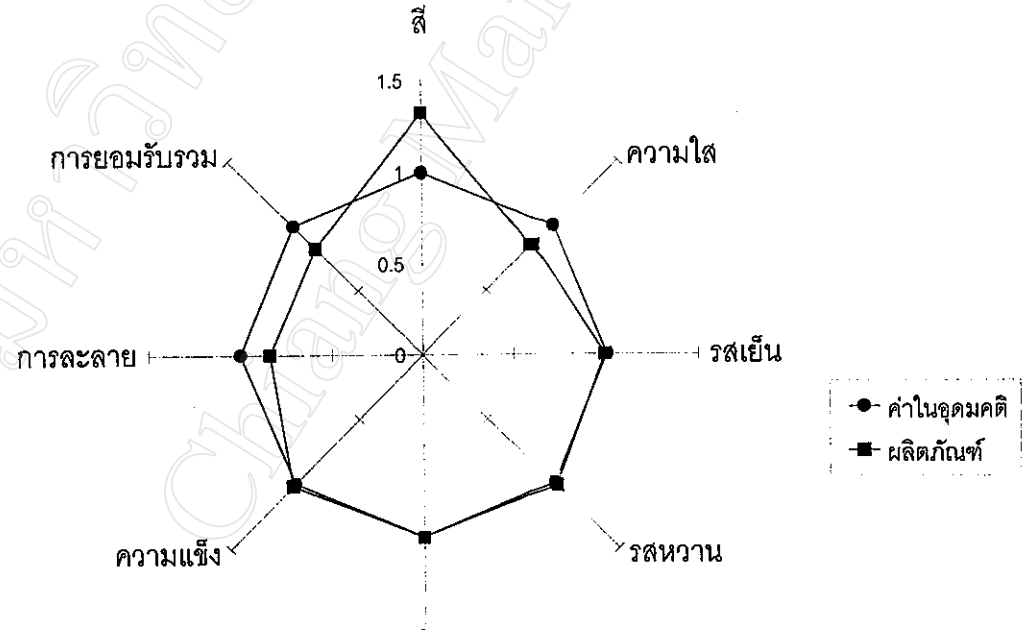
ลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์	Ideal		Sample		Ratio (S/I)	
	$\bar{X}$ (cm)	SD	$\bar{X}$ (cm)	SD	$\bar{X}$ (cm)	SD
1. ลักษณะปรากฏ						
- สี	7.08	1.60	5.69	1.90	1.32	0.37
- ความใส	5.62	1.63	6.61	1.20	0.85	0.16
2. กลิ่นและรสชาติ						
- รสเย็น	5.95	1.24	5.97	1.05	0.99	0.08
- รสหวาน	5.17	1.66	5.05	1.44	1.02	0.13
- กลิ่นสมุนไพร	6.79	1.65	6.71	1.08	1.00	0.14
3. ลักษณะเนื้อสัมผัส						
- ความแข็ง	7.33	1.33	7.21	1.27	1.02	0.05
- การละลาย	6.13	2.2	7.17	0.65	0.84	0.25
4. การยอมรับรวม	8.33	0.76	10.00	0.00	0.83	0.08

ตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าลักษณะของความใส รสเย็น การละลาย และการยอมรับรวม มีค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.85 ± 0.16 0.99 ± 0.08 0.84 ± 0.25 และ 0.83 ± 0.08 แสดงว่า ผลิตภัณฑ์ควรจะมีการปรับปรุงลักษณะทั้ง 4 ด้านเพิ่มขึ้น ลักษณะทางด้านสี รสหวาน และความแข็งมีค่าสัดส่วนเฉลี่ยและ

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.32 ± 0.37 1.02 ± 0.13 และ 1.02 ± 0.05 แสดงว่าผลิตภัณฑ์ควรจะมีการปรับปรุงลักษณะทั้ง 3 ด้านนี้ให้ลดน้อยลง ส่วนลักษณะทางด้านกลิ่นสมุนไพรจะเห็นว่ามีค่าสัดส่วนเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.00 ± 0.14 ซึ่งหมายความว่า ลักษณะนี้เป็นลักษณะที่ดีเท่ากับลักษณะที่ต้องการของผู้บริโภคในอุดมคติ ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องมีการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลง และจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของทุกลักษณะแสดงให้เห็นว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความเห็นต่อลักษณะต่างๆ แตกต่างกันบ้าง

เมื่อประมวลลักษณะที่สำคัญที่ได้จากการสอบถามผู้บริโภคแล้ว จะนำค่าสัดส่วนเฉลี่ยในแต่ละลักษณะและค่าอุดมคติซึ่งเป็นเค้าโครงลักษณะที่ต้องการ ซึ่งเป็นค่าสัดส่วนเท่ากับ 1.00 มาสร้างเป็นรูปเค้าโครงลักษณะเป็นกราฟใยแมงมุม (Profile) ดังภาพที่ 4.1

ภาพที่ 4.1 กราฟเค้าโครงลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง



กลิ่นสมุนไพร

จากการทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์ในครั้งแรก จะสามารถกำหนดค่าอุดมคติถาวร (Fixed ideals) ของแต่ละลักษณะได้ โดยการนำค่าอุดมคติของลักษณะเดียวกันมาหาค่าเฉลี่ย ซึ่งจุดอุดมคติถาวรนี้จะนำไปใช้ตลอดช่วงของการพัฒนาผลิตภัณฑ์

4.1 ผลการศึกษาปริมาณร้อยละของผลผลิตขององค์ประกอบและปริมาณของสารที่มีอยู่ในน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ทั้ง 9 ชนิด

4.1.1 ปริมาณร้อยละของผลผลิต (% yield) ของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากพืชสมุนไพรทั้ง 9 ชนิด

เมื่อนำพืชสมุนไพรทั้ง 9 ชนิด ซึ่งได้แก่ โรสแมรี่ บาล์ม คาร์โมมายล์ ทาย์ม เสจ ยูเอส - เอมินต์ สเปียร์มินต์ เปบเปอร์มินต์ และ เจแปนนีสมินต์ มาทำการสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธีการกลั่นด้วยน้ำ (Water distillation) นาน 3 - 5 ชั่วโมง จึงคำนวณหาปริมาณร้อยละของน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้ โดยการชั่งน้ำหนักน้ำมันหอมระเหยที่ได้เทียบกับน้ำหนักของสมุนไพรสดที่ใช้ ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ปริมาณร้อยละของผลผลิตของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากพืชสมุนไพรทั้ง 9 ชนิด

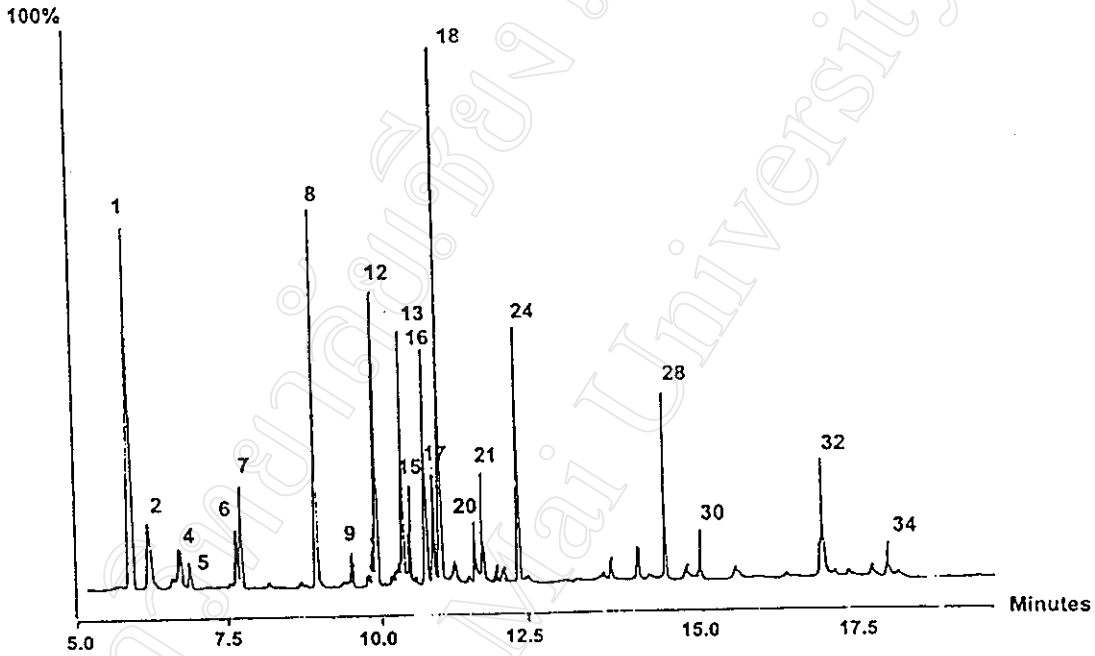
สมุนไพร	ปริมาณร้อยละของผลผลิต (% yield)	ข้อมูลปริมาณร้อยละของผลผลิตจากเอกสารอ้างอิง (% yield)
โรสแมรี่	0.44 ± 0.02	0.5 [1]
เสจ	0.37 ± 0.09	2.8 [2]
สเปียร์มินต์	0.35 ± 0.03	0.25 [3]
เจแปนนีสมินต์	0.47 ± 0.03	2.0 [4]
คาร์โมมายล์	0.09 ± 0.02	0.24 - 1.9 [1]
ทาย์ม	0.38 ± 0.03	0.8 - 2.6 [1]
บาล์ม	0.12 ± 0.02	0.1 - 0.2 [2]
ยูเอสเอมินต์	0.31 ± 0.06	0.1 - 2.0 [3]
เปบเปอร์มินต์	0.15 ± 0.02	0.1 - 2.0 [3]

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[1] (Newall, et al., 1996), [2] (Keville, 1991), [3] (Merory, 1968), [4] (Prakash, 1990)

4.1.2 ปริมาณและองค์ประกอบของสารที่มีอยู่ในน้ำมันหอมระเหย

นำน้ำมันหอมระเหยทั้ง 9 ชนิด ที่ได้จาก 4.1 มาทำการวิเคราะห์หาปริมาณและองค์ประกอบของสารที่มีอยู่ในน้ำมันหอมระเหยโดยการใช้เทคนิคทาง GC - MS ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 4.2 - 4.10 และตารางที่ 4.3 - 4.11



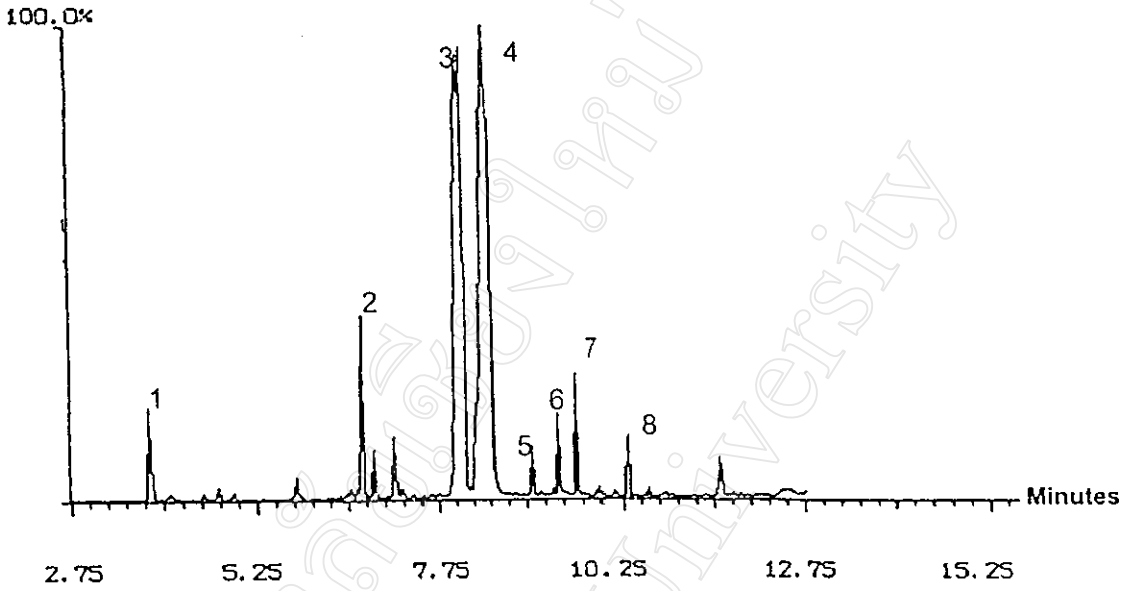
ภาพที่ 4.2 โครมาโตแกรมของน้ำมันหอมระเหยจากโรสแมรี่

ตารางที่ 4.3 สารประกอบที่พบในน้ำมันหอมระเหยของโรสแมรี่จากโครมาโตแกรม

Peak Number	Compounds	Percent Relative	Reference
1	α - Pinene	27.04	12.5 [2]
6	Limonene	2.12	3 [2]
7	1,8 - Cineole	2.08	27 - 30 [1]
8	Sabinene	5.61	- [2]
12	2 - Bornanone	7.57	- [2]
13	Borneol	15.87	20 [1]
15	4 - Terpineol	1.65	1.3 [2]
24	Bornyl acetate	6.13	2 - 7 [1]

หมายเหตุ : - หมายถึง พบว่าเป็นองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยแต่ไม่มีการระบุถึงปริมาณ

ที่มา : [1] (Prakash, 1990) , [2] (Duke, 1985)



ภาพที่ 4.3 โครมาโตแกรมของน้ำมันหอมระเหยจากบาล์ม

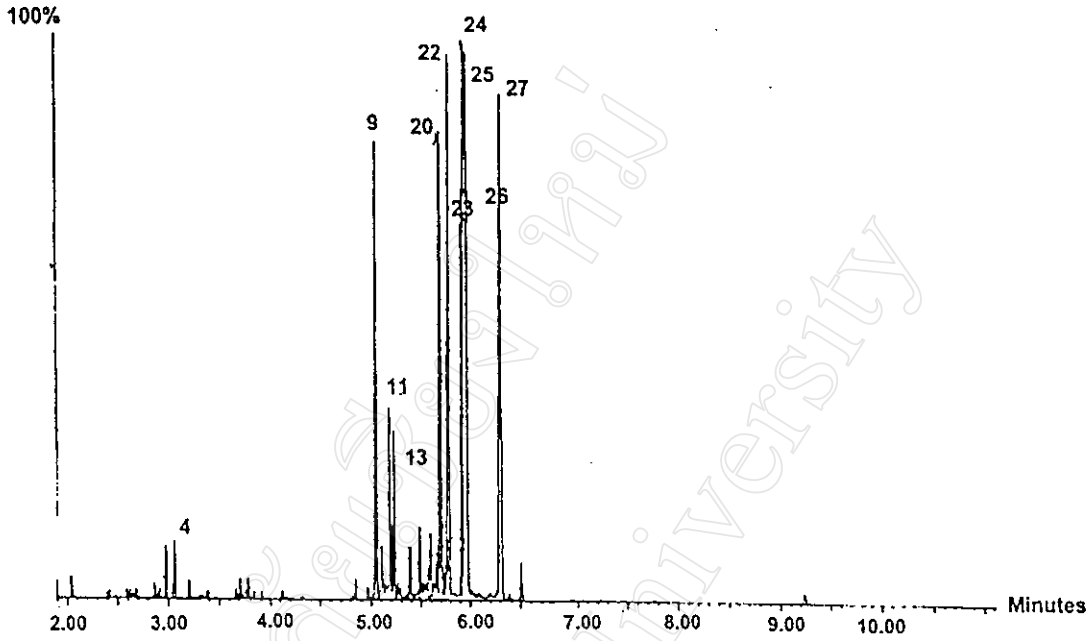
ตารางที่ 4.4 สารประกอบที่พบในน้ำมันหอมระเหยของบาล์มจากโครมาโตแกรม

Peak Number	Compounds	Percent Relative	Reference
2	Citronellal	2.63	39.47 [1]
3	Citral a	34.06	10 - 30 [1]
4	Citral b	47.66	10 - 30 [1]
6	Menthol	1.25	-

หมายเหตุ : - หมายถึง พบว่าเป็นองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยแต่ไม่มีการระบุถึงปริมาณ

ที่มา : [1] (Carnat, et al., 1998)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University



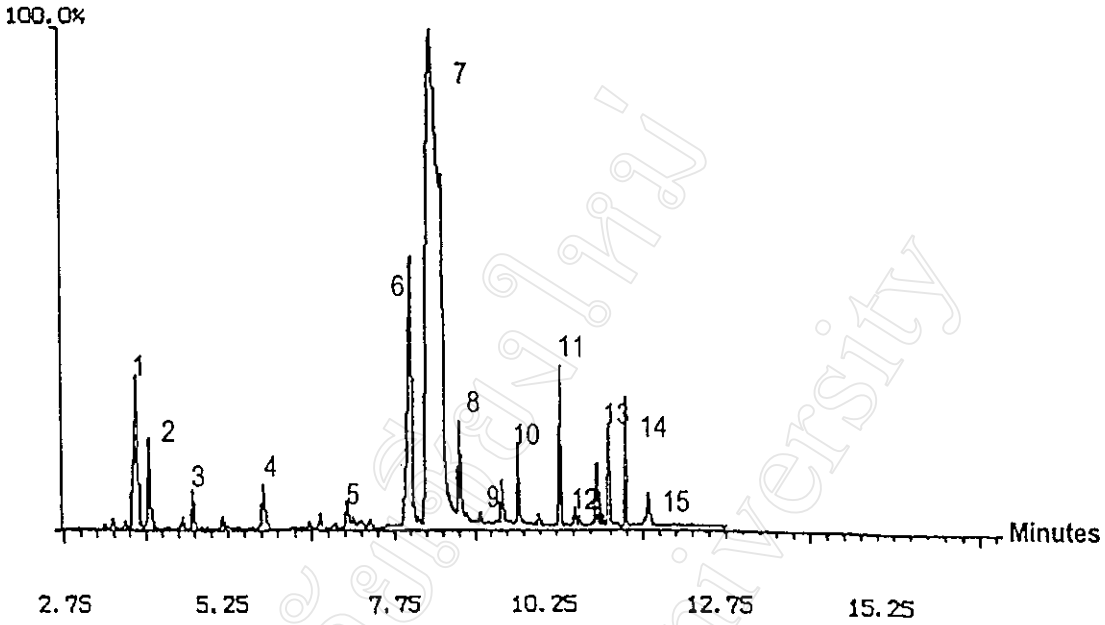
ภาพที่ 4.4 โครมาโตแกรมของน้ำมันหอมระเหยจากคาร์โมมายล์

ตารางที่ 4.5 สารประกอบที่พบในน้ำมันหอมระเหยของคาร์โมมายล์จากโครมาโตแกรม

Peak Number	Compounds	Percent Relative	Reference
9	Trans - β - Farnesene	8.91	12.8 [1]
11	Germacrene - D	2.53	*
13	Bicyclogermacrene	2.05	*
20	Bisabolol oxide B	8.5	7.8 [1]
22	α - Bisabolol	3.20	3.6 [1]
23	Bisabolone oxide	12.15	9.2 [1]
24	Azulene หรือ Chamazulene	5.48	1 - 15 [2]
25	Bisabolol oxide A	29.84	36.6 [1]
27	En - in – dicycoether	17.17	2.7 [1]

หมายเหตุ : * หมายถึง พบว่าเป็นองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ แต่ไม่พบว่ามีการกล่าวถึงในเอกสารอ้างอิง

ที่มา : [1] (Scalia, et al., 1999) , [2] (Newall, et al., 1996)



ภาพที่ 4.5 โครมาโตแกรมของน้ำมันหอมระเหยจากทาย์ม

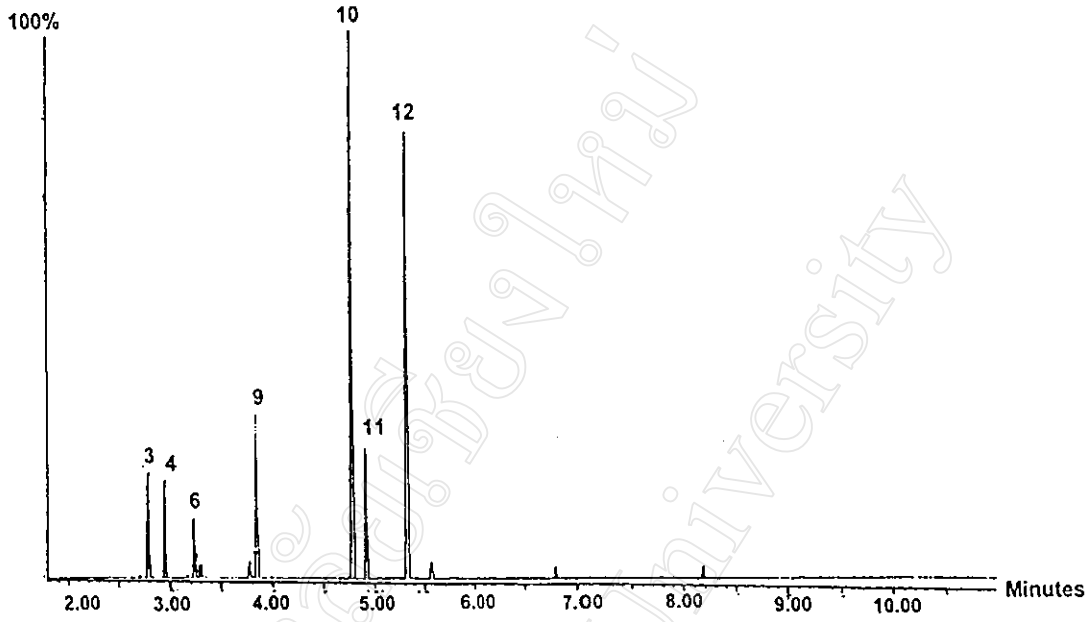
ตารางที่ 4.6 สารประกอบที่พบในน้ำมันหอมระเหยของทาย์มจากโครมาโตแกรม

Peak Number	Compounds	Percent Relative	Reference
1	Octanone	3.83	*
2	Octanol	1.45	*
3	Cineole	0.61	- [2]
4	Linalool	0.91	- [2]
5	Borneol	0.74	- [2]
6	Citral	5.90	- [2]
7	Thymol	73.34	20 - 80 [1]
10	Menthol	0.5	*

หมายเหตุ : - หมายถึง พบว่าเป็นองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยแต่ไม่มีการระบุถึงปริมาณ

* หมายถึง พบว่าเป็นองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ แต่ไม่พบว่ามีการกล่าวถึงในเอกสารอ้างอิง

ที่มา : [1] (Newall, et al., 1996), [2] (Duke, 1985)

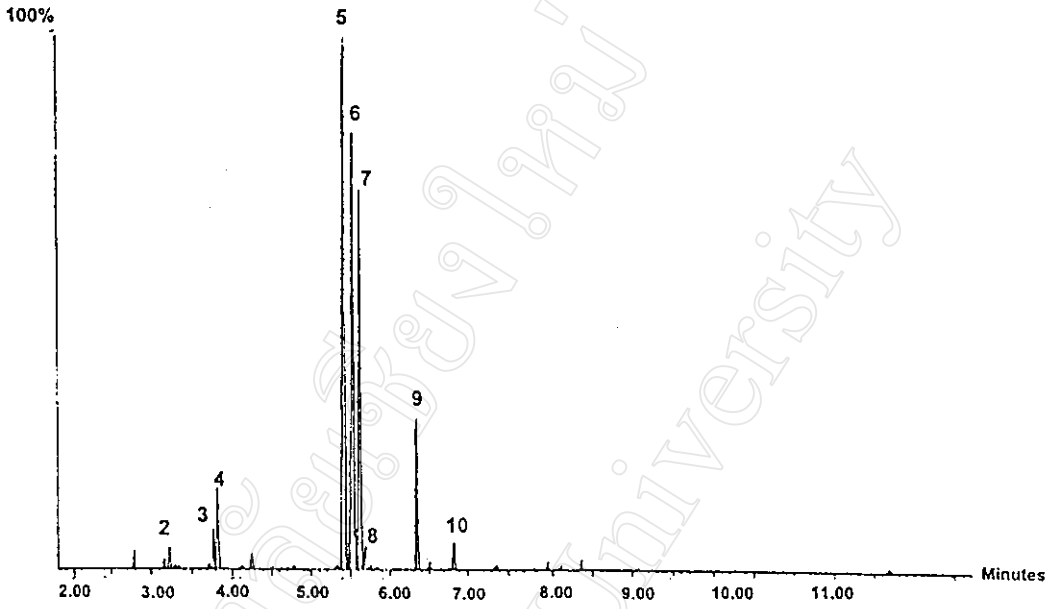


ภาพที่ 4.6 โครมาโตแกรมของน้ำมันหอมระเหยจากเสจ

ตารางที่ 4.7 สารประกอบที่พบในน้ำมันหอมระเหยของเสจจากโครมาโตแกรม

Peak Number	Compounds	Percent Relative	Reference
3	α - Pinene	5.12	1.5 [1]
4	Camphene	4.53	3.3 [1]
6	β - Pinene	2.63	1.4 [1]
9	1,8 - Cineole	9.42	9.3 [1]
10	α - Thujone	36.51	29.1 [1]
11	β - Thujone	7.71	5.5 [1]
12	Camphor	29.92	26.3 [1]

ที่มา : [1] (Duke, 1985)



ภาพที่ 4.7 โครมาโตแกรมของน้ำมันหอมระเหยจากยูเอสเอมินต์

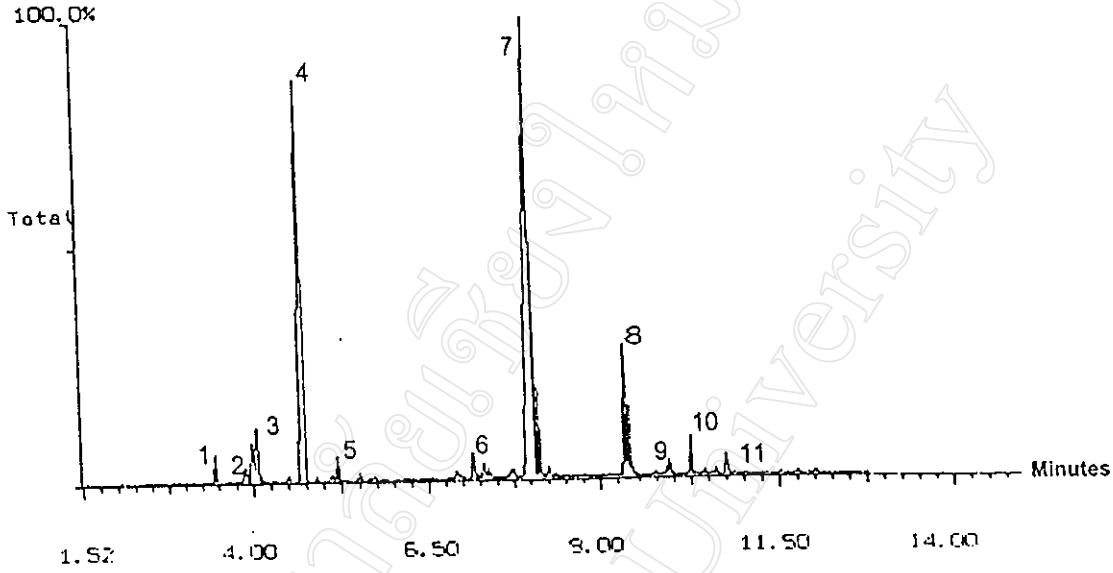
ตารางที่ 4.8 สารประกอบที่พบในน้ำมันหอมระเหยของยูเอสเอมินต์จากโครมาโตแกรม

Peak Number	Compounds	Percent Relative	Reference
3	Limonene	1.62	3.5 [1]
4	1,8 – Cineole	3.34	4.0 [1]
5	L – Menthone	37.29	- [2]
6	Menthofuran	27.09	0.7 [1]
7	Menthol	21.68	60.6 [1]
8	Terpinene - 4 – ol	1.03	- [2]
9	Pulegone	5.51	1.5 [1]
10	Cycohexanol	1.02	*

หมายเหตุ : - หมายถึง พบว่าเป็นองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยแต่ไม่มีการระบุถึงปริมาณ

* หมายถึง พบว่าเป็นองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ แต่ไม่พบว่ามีการกล่าวถึงในเอกสารอ้างอิง

ที่มา : [1] (Prakash, 1990), [2] (Farrell, 1990)



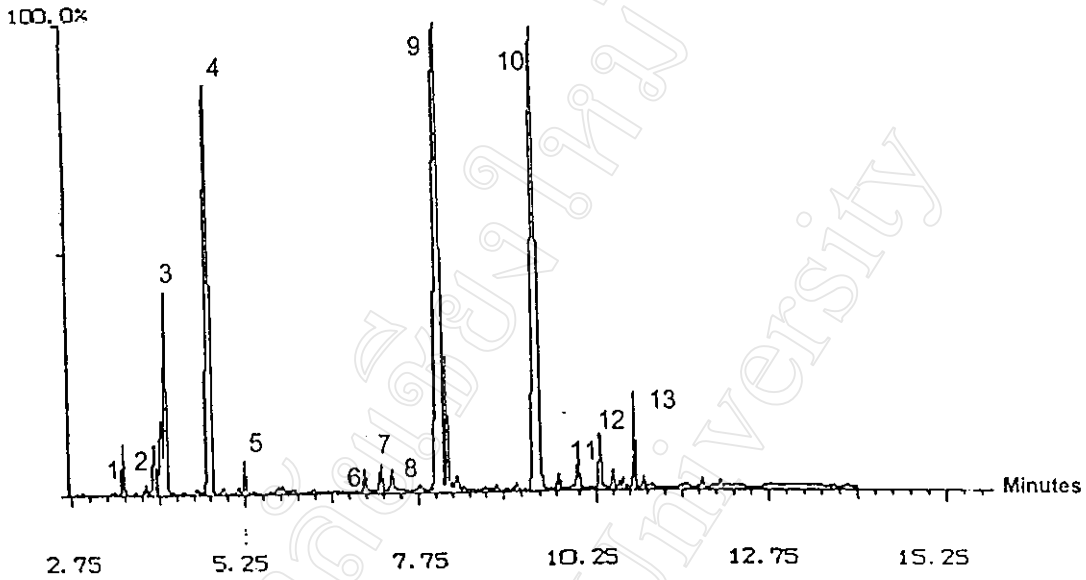
<u>ภาพที่ 4.8</u> โครมาโตแกรมของน้ำมันหอมระเหยจากสเปียร์มินต์

<u>ตารางที่ 4.9</u> สารประกอบที่พบในน้ำมันหอมระเหยของสเปียร์มินต์จากโครมาโตแกรม

Peak Number	Compounds	Percent Relative	Reference
4	Limonene	23.1	17.5 [1]
7	Carvone	52.69	55.8 [1]
8	Menthol	5.17	*

หมายเหตุ : * หมายถึง พบว่าเป็นองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ แต่ไม่พบว่ามีการกล่าวถึงในเอกสารอ้างอิง

ที่มา : [1] (Prakash, 1990)



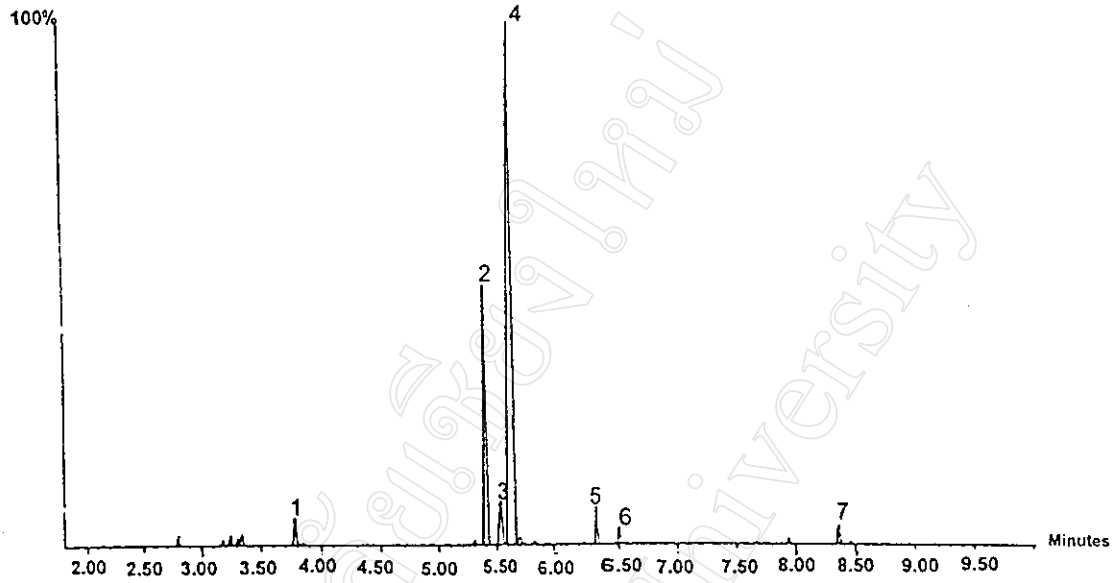
ภาพที่ 4.9 โครมาโตแกรมของน้ำมันหอมระเหยจากเปบเปอร์มินต์

ตารางที่ 4.10 สารประกอบที่พบในน้ำมันหอมระเหยของเปบเปอร์มินต์จากโครมาโตแกรม

Peak Number	Compounds	Percent Relative	Reference
4	Limonene	30.89	3.5 [1]
9	Carvone	26.24	*
10	Menthol	18.71	60.6 [1]

หมายเหตุ : * หมายถึง พบว่าเป็นองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ แต่ไม่พบว่ามีการกล่าวถึงในเอกสารอ้างอิง

ที่มา : [1] (Prakash, 1990)



ภาพที่ 4.10 โครมาโตแกรมของน้ำมันหอมระเหยจากเจแปนนีสมินต์

ตารางที่ 4.11 สารประกอบที่พบในน้ำมันหอมระเหยของเจแปนนีสมินต์จากโครมาโตแกรม

Peak Number	Compounds	Percent Relative	Reference
1	Limonene	1.58	1.7 [2]
2	L – Menthone	18.76	- [1]
3	Menthone	4.11	5.22 [2]
4	L – Menthol	71.48	46 [1]
5	Pulegone	2.10	1.25 [2]
7	Germacrence – D	1.02	*

หมายเหตุ : - หมายถึง พบว่าเป็นองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยแต่ไม่มีการระบุถึงปริมาณ

* หมายถึง พบว่าเป็นองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ แต่ไม่พบว่ามีการกล่าวถึงในเอกสารอ้างอิง

ที่มา : [1] (Prakash, 1990), [2] (Duke, 1985)

ตารางที่ 4.2 แสดงถึง ปริมาณผลผลิตเป็นร้อยละของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากพืชสมุนไพรทั้ง 9 ชนิด และตารางที่ 4.3 - 4.11 แสดงถึง ชนิดและปริมาณของสารประกอบที่พบในน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากพืชสมุนไพรแต่ละชนิดที่ได้จากโครมาโตแกรม จะเห็นได้ว่าปริมาณร้อยละผลผลิตรวมทั้งชนิดและปริมาณของสารประกอบที่พบในน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้เมื่อเปรียบเทียบจากเอกสารอ้างอิงแล้ว พบว่า พืชสมุนไพรบางชนิดจะมีปริมาณผลผลิตคิดเป็นร้อยละและปริมาณของสารประกอบในปริมาณที่แตกต่างกันกับที่มีรายงานในเอกสารอ้างอิง โดยอาจจะมีในปริมาณที่มากกว่าหรือน้อยกว่าซึ่งก็แล้วแต่ชนิดของสมุนไพรและชนิดของสารประกอบ อีกทั้งสารประกอบบางชนิดที่ไม่มีการกล่าวถึงในเอกสารอ้างอิงแต่มีการพบในน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากการวิจัยครั้งนี้ด้วย ทั้งนี้อาจมีสาเหตุจากปัจจัยในการเพาะปลูกและการเก็บเกี่ยวได้แก่

1. ฤดูกาล นอกจากจะเป็นปัจจัยในการเจริญเติบโตของพืชสมุนไพรแล้วยังมีผลต่อปริมาณร้อยละของผลผลิตของน้ำมันหอมระเหยอีกด้วย เช่น ในฤดูฝนพืชสมุนไพรส่วนใหญ่จะเจริญงอกงามได้ดีและให้ผลผลิตต่อไร่สูง แต่ในทางตรงกันข้ามจะให้ปริมาณร้อยละของผลผลิตของน้ำมันหอมระเหยต่ำ ทั้งนี้เพราะพืชอวบน้ำเกินไปจึงให้ปริมาณร้อยละของผลผลิตของน้ำมันหอมระเหยน้อยกว่าในฤดูแล้ง

2. แสงแดด นอกจากจะมีความสำคัญต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชสมุนไพร แสงแดดยังช่วยเพิ่มปริมาณน้ำมันหอมระเหยซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของผลผลิตเนื่องจากการสังเคราะห์แสง เช่น เจแปนนีสมินต์ ถ้าได้รับแสงแดดอย่างเพียงพอจะทำให้น้ำมันที่สกัดได้มีร้อยละของเมนทอลในปริมาณสูง แต่ถ้ามีฝนตกหนักๆในระยะเก็บเกี่ยวจะเกิดการชะล้างน้ำมันและเมนทอลออกจากต่อมที่ใบเป็นส่วนมาก (Prakash, 1990)

3. สภาพการเพาะปลูก เช่น สภาพดินที่เหมาะสม อุณหภูมิที่เหมาะสม การให้น้ำ ใส่ปุ๋ย ระยะห่างระหว่างต้น เช่น การปลูกในระยะที่ถี่เกินไปก็จะทำให้ได้ผลผลิตที่ไม่ดี การดูแลรักษาเรื่องโรคและแมลง และตัดแต่งลำต้น เป็นต้น (สุวรรณ, 2528)

4. สภาพทางภูมิศาสตร์ หมายถึง สถานที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ ซึ่งรวมถึงระยะห่างจากเส้นศูนย์สูตรซึ่งเกี่ยวข้องในเรื่องของอุณหภูมิและช่วงแสง ทิศทางลมและฝน ความสูงของพื้นที่ล้วนแล้วแต่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตและปริมาณผลผลิตของพืชสมุนไพร

5. การเก็บเกี่ยว ซึ่งจะต้องเก็บเกี่ยวในเวลาที่เหมาะสม เช่น เปบเปอร์มินต์จะต้องทำการเก็บเกี่ยวในช่วงที่ดอกเริ่มบานซึ่งจะให้ปริมาณร้อยละผลผลิตของน้ำมันหอมระเหยสูงสุดและมีปริมาณเมนทอลมากที่สุด แต่หากดอกบานเต็มที่แล้วปริมาณร้อยละของผลผลิตของน้ำมันหอมระเหยจะลดลงอย่างรวดเร็ว (Newall, et al., 1996)

4.2 การหาอัตราส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยทั้ง 9 ชนิด ที่เหมาะสมต่อการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง

4.2.1 การทดสอบความชอบของผู้บริโภคต่อกลิ่นของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากพืชสมุนไพรทั้ง 9 ชนิด

เมื่อได้น้ำมันหอมระเหยทั้ง 9 ชนิด จากการทดลองที่ 4.1 แล้ว จากนั้นนำน้ำมันหอมระเหยที่ได้ไปทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อทำการเรียงลำดับความชอบของผู้บริโภคต่อกลิ่นของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ เพื่อใช้เป็นแนวทางหรือทิศทางในการกำหนดปริมาณการใช้น้ำมันหอมระเหยที่เหมาะสมขึ้นมาใหม่ ซึ่งการกำหนดปริมาณการใช้น้ำมันหอมระเหยนี้จะอาศัยความพึงพอใจและการยอมรับของผู้บริโภคต่อกลิ่นของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้เป็นเกณฑ์ โดยน้ำมันหอมระเหยที่ผู้บริโภคให้การยอมรับน้อยที่สุดจะถูกกำหนดให้ใช้ในระดับต่ำและน้ำมันหอมระเหยที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุดจะถูกกำหนดให้ใช้ในระดับสูง ผลแสดงดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ค่าเฉลี่ยของคะแนนความชอบของผู้บริโภคต่อกลิ่นของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากสมุนไพรทั้ง 9 ชนิด

ชนิดของสมุนไพร	ค่าคะแนนความชอบ
ยูเอสเอมินต์	$8.3^{a} \pm 0.82$*
สเปียร์มินต์	$7.6^{ab} \pm 1.26$
เปบเปอร์มินต์	$6.7^{b} \pm 1.64$
ทาย์ม	$5.2^{c} \pm 1.69$
เจแปนนีสมินต์	$5.0^{c} \pm 2.31$
คาร์โมมายล์	$4.4^{c} \pm 2.07$
เสจ	$4.1^{cd} \pm 1.73$
บาล์ม	$3.8^{cd} \pm 1.48$
โรสแมรี่	$2.9^{d} \pm 1.29$

หมายเหตุ : * ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลที่แตกต่างกันแสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $P \leq 0.05$

ตารางที่ 4.12 แสดงผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อกลิ่นของน้ำมันหอมระเหยทั้ง 9 ชนิด ด้วยวิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัสและการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนคะแนนความชอบของผู้บริโภคต่อกลิ่นของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้พบว่า กลิ่นของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ทั้ง 9 ชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และจากการทดสอบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยของน้ำมันหอมระเหยทั้ง 9 ชนิด โดยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับนัยสำคัญ $P \leq 0.05$ ทำให้ทราบว่า ยูเอสเอมินต์ เป็นกลิ่นที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด รองลงมาคือ สเปียร์มินต์ เปบเปอร์มินต์ ทาย์ม เจแปนนีสมินต์ คาร์โม - มายล์ เสจ บาล์ม และ โรสแมรี่ ตามลำดับ

ผู้บริโภคให้ความเห็นว่า ยูเอสเอมินต์และสเปียร์มินต์ มีกลิ่นหอม เย็น ทำให้รู้สึก สดชื่น โล่งจมูก ผู้บริโภคให้ความเห็นเกี่ยวกับเปบเปอร์มินต์ว่า กลิ่นคล้ายกับยูเอสเอมินต์และสเปียร์มินต์ แต่ความเย็นน้อยกว่า ทาย์ม เจแปนนีสมินต์ และ คาร์โมมายล์ ผู้บริโภคให้ค่าคะแนนความชอบอยู่ในระดับเดียวกันและให้ความเห็นต่อกลิ่นทั้ง 3 ดังนี้ คือ ผู้บริโภคให้ความเห็นเกี่ยวกับทาย์มว่า มีกลิ่นหอม เอียน เจแปนนีสมินต์ มีกลิ่นมินต์ที่รุนแรง ฉุน แสบจมูก คาร์โมมายล์มีกลิ่นหอมอ่อน ๆ แต่ไม่โดดเด่น ส่วนเสจและบาล์ม ผู้บริโภคให้ค่าคะแนนความชอบอยู่ในระดับเดียวกัน ซึ่งน้อยกว่าทาย์ม เจแปนนีสมินต์ และคาร์โมมายล์ โดยผู้บริโภคให้ความเห็นว่า เสจ มีกลิ่นเหม็น บาล์ม มีกลิ่นคล้ายกลิ่นตะไคร้ ส่วนโรสแมรี่เป็นกลิ่นที่ผู้บริโภคให้การยอมรับน้อยที่สุดเนื่องจากผู้บริโภคให้ความเห็นว่า มีกลิ่นฉุนและเหม็นเขียว

ดังนั้นทำให้สามารถจัดลำดับปริมาณการใช้น้ำมันหอมระเหยทั้ง 9 ชนิด โดยแบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 คือ ยูเอสเอมินต์จะกำหนดให้ใช้อยู่ในระดับสูงสุด
กลุ่มที่ 2 คือ สเปียร์มินต์จะกำหนดให้ใช้อยู่ในช่วงของกลุ่มที่ 1 และ 3
กลุ่มที่ 3 คือ เปบเปอร์มินต์ จะกำหนดให้ใช้อยู่ในระดับกลาง
กลุ่มที่ 4 คือ ทาย์ม เจแปนนีสมินต์ และคาร์โมมายล์จะกำหนดให้ใช้อยู่ในระดับต่ำ
กลุ่มที่ 5 คือ เสจและบาล์ม จะกำหนดให้ใช้อยู่ในช่วงของกลุ่มที่ 4 และ6
กลุ่มที่ 6 คือ โรสแมรี่จะกำหนดให้ใช้อยู่ในระดับต่ำสุด

4.2.2 การหาอัตราส่วนของน้ำมันหอมระเหยทั้ง 9 ชนิดที่เหมาะสมต่อการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง

4.2.2.1 หาอัตราส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยของพืชตระกูลมินต์ที่เหมาะสม

เนื่องจากสมุนไพรที่ใช้ในการทดลองนี้มีจำนวนมากถึง 9 ชนิด และมี 4 ชนิด ด้วยกันที่เป็นพืชตระกูลมินต์ ดังนั้นเพื่อความเหมาะสมของการทดลองและเป็นการลดจำนวนปัจจัยเพื่อให้ระบบมีขนาดเล็กลง จึงจำเป็นที่จะต้องทำการกำหนดปริมาณการใช้น้ำมันหอมระเหยของพืชตระกูลมินต์เสียก่อน โดยวางแผนการทดลองแบบ Mixture design (ไพโรจน์ , 2536) ได้สิ่งทดลองทั้งหมด 9 สิ่งทดลอง

เมื่อทำการผสมน้ำมันหอมระเหยทั้ง 4 ชนิด ตามอัตราส่วนของแต่ละสิ่งทดลองทั้ง 9 สิ่งทดลองแล้ว นำสิ่งทดลองที่ได้ไปทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยวิธีแบบ Hedonic scale scoring test (ไพโรจน์ , 2536) จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรม Statistix version 4.0 เพื่อหาสมการความสัมพันธ์เชิงเส้น (Linear regression) ระหว่างสัดส่วนของน้ำมันหอมระเหยในแต่ละสิ่งทดลองกับค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบของผู้บริโภคต่อกลิ่นของน้ำมันหอมระเหย รวมถึงความสัมพันธ์ของระหว่างสัดส่วนในแต่ละสิ่งทดลองด้วยกัน (Interaction) และใช้โปรแกรม POM ซึ่งเป็นโปรแกรมเชิงเส้น (Linear programming) ในการหาอัตราส่วนที่ดีที่สุดของน้ำมันหอมระเหยของพืชสมุนไพรตระกูลมินต์ ผลแสดงดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำมันหอมระเหยผสมของพืชสมุนไพรตระกูลมินต์ที่ได้จากการวางแผนการทดลองแบบ Mixture design

สิ่งทดลองที่	ค่าคะแนนความชอบทางด้านกลิ่นของน้ำมันหอมระเหย
1	6.1 ± 2.33^{ab}
2	5.7 ± 2.11^{ab}
3	6.8 ± 1.03^{a}
4	5.4 ± 1.89^{b}
5	6.0 ± 1.49^{ab}
6	5.9 ± 1.37^{ab}
7	6.4 ± 1.58^{ab}
8	5.5 ± 1.51^{ab}
9	5.7 ± 1.64^{ab}

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $P \leq 0.05$

ตารางที่ 4.13 แสดงให้เห็นว่า ค่าคะแนนความชอบของผู้บริโภคต่อกลิ่นของน้ำมันหอมระเหยของพืชตระกูลมินต์ อยู่ในช่วง 5.4 ± 1.89 ถึง 6.8 ± 1.03 และผู้บริโภคพบว่าสิ่งทดลองที่ 3 และ 4 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยสิ่งทดลองที่ 3 เป็นสิ่งทดลองที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด ซึ่งพบว่าสิ่งทดลองดังกล่าวประกอบด้วย สัดส่วนของยูเอสเอมินต์ สเปียร์มินต์ เจแปนนีสมินต์ และ เปบเปอร์มินต์ เท่ากับ ร้อยละ 30, 40, 10 และ 20 ตามลำดับ ส่วนสิ่งทดลองที่ 4 เป็นสิ่งทดลองที่ผู้บริโภคให้การยอมรับน้อยที่สุด ซึ่งสิ่งทดลองนี้ประกอบด้วยสัดส่วนของยูเอสเอมินต์ สเปียร์มินต์ เจแปนนีสมินต์ และเปบเปอร์มินต์ เท่ากับ ร้อยละ 50, 20, 20 และ 10 ตามลำดับ ส่วนสิ่งทดลองที่ 7, 1, 5, 6, 2, 9, และ 8 นั้น ไม่มีความแตกต่างจากสิ่งทดลองที่ 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ในการวิเคราะห์หาอัตราส่วนของส่วนผสมน้ำมันหอมระเหยของพืชตระกูลมินต์ที่เหมาะสมทำได้โดยการนำค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบของผู้บริโภคต่อกลิ่นของน้ำมันหอมระเหยที่ได้ในแต่ละสิ่งทดลองมาหาสมการความสัมพันธ์เชิงเส้น (Linear regression) ระหว่างสัดส่วนของ

น้ำมันหอมระเหยในแต่ละสิ่งทดลองกับค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบของผู้บริโภคต่อกลิ่นของน้ำมันหอมระเหย รวมถึงความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนในแต่ละสิ่งทดลองด้วยกัน (Interaction) จะได้สมการความสัมพันธ์เชิงเส้น 6 สมการ ดังนี้

ค่าความชอบกลิ่น = 16.6316 S + 31.6118 P - 82.6974 SP ------- (1)

ค่าความชอบกลิ่น = 18.824 S + 12.8226 U - 41.2731 SU ------- (2)

ค่าความชอบกลิ่น = 20.7567 S + 26.6917 J - 100.57 SJ ------- (3)

ค่าความชอบกลิ่น = 38.4206 P + 13.3412 U - 85.9216 PU ------- (4)

ค่าความชอบกลิ่น = 15.7349 U + 29.7514 J - 83.5686 UJ ------- (5)

ค่าความชอบกลิ่น = 40.5069 P + 24.1172 J - 168.345 PJ ------- (6)

หมายเหตุ : S คือ สเปียร์มินต์, P คือ เปปเปอร์มินต์, U คือ ยูเอสเอมินต์, J คือ เจแปนนีสมินต์

นำสมการที่ได้ไปทำ Partial derivative สมการที่ได้หลังจากทำ Partial derivative แล้วจะต้องนำมาลบกับค่า Lag range (λ) จากนั้นนำสมการที่ได้ไปหาอัตราส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยของพืชตระกูลมินต์ที่เหมาะสม โดยใช้โปรแกรมเชิงเส้น POM ภายใต้ข้อจำกัดที่ว่าผลรวมของส่วนประกอบทั้งหมดต้องเท่ากับ 1.00 หรือ ร้อยละ 100 ตัวอย่างของสมการข้อจำกัด แสดงดังต่อไปนี้

$41.2731S - \lambda = 12.8226$

$85.9216P - \lambda = 13.3412$

$100.578J - \lambda = 20.7567$

$83.569U - \lambda = 29.7514$

$S + P + J + U = 1.00$

เมื่อ λ = Lag range multiplier

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า อัตราส่วนของส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรตระกูลมินต์ทั้ง 4 ชนิด ที่เหมาะสมที่สุดประกอบด้วย สเปียร์มินต์ ร้อยละ 0.27 เปปเปอร์มินต์ ร้อยละ 0.16 ยูเอสเอมินต์ ร้อยละ 0.38 และ เจแปนนีสมินต์ ร้อยละ 0.23

4.2.2.2 การหาอัตราส่วนของส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรทั้ง 9 ชนิด

เมื่อได้อัตราส่วนของส่วนผสมน้ำมันหอมระเหยของพืชสมุนไพรตระกูลมินต์ที่เหมาะสมจากข้อ 4.2.2.1แล้ว จากนั้นทำการหาอัตราส่วนของส่วนผสมน้ำมันหอมระเหยของพืชสมุนไพรทั้ง 9 ชนิด ที่เหมาะสมต่อการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งต่อไป โดยอัตราส่วนของส่วนผสมน้ำมันหอมระเหยของพืชสมุนไพรทั้ง 9 ชนิดที่เหมาะสมนั้นประกอบด้วยน้ำมันหอมระเหยของ โรสแมรี่ เสจ ทาย์ม บาล์ม คาร์โมมายล์ และน้ำมันหอมระเหยผสมของพืชตระกูลมินต์ ที่ได้จากการทดลองที่ 4.2.2.1 โดยวางแผนการทดลองแบบ Mixture design (ไพโรจน์, 2536) ได้สิ่งทดลองทั้งหมด 12 สิ่งทดลอง

เมื่อทำการผสมน้ำมันหอมระเหยทั้ง 9 ชนิด ตามอัตราส่วนของแต่ละสิ่งทดลองทั้ง 12 สิ่งทดลองแล้ว นำสิ่งทดลองที่ได้ไปทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยวิธีแบบ Hedonic scale scoring test (ไพโรจน์ , 2536) จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรม Statistix version 4.0 เพื่อหาสมการความสัมพันธ์เชิงเส้น (Linear regression) ระหว่างสัดส่วนของน้ำมันหอมระเหยในแต่ละสิ่งทดลองกับค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบของผู้บริโภคต่อกลิ่นของน้ำมันหอมระเหย รวมถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้วยกัน (Interaction) และใช้โปรแกรม POM ซึ่งเป็นโปรแกรมเชิงเส้น (Linear programming) ในการหาอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุดของน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรทั้ง 9 ชนิด ผลแสดงดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำมันหอมระเหยผสมของพืชสมุนไพรทั้ง 12 ชนิด ที่ได้จาก Mixture design

สิ่งทดลองที่	ค่าคะแนนความชอบทางด้านกลิ่นของน้ำมันหอมระเหย
1	5.3 ± 2.00^{ab}
2	5.7 ± 1.77^{ab}
3	5.0 ± 1.41^{b}
4	6.4 ± 1.71^{a}
5	4.9 ± 1.79^{b}
6	5.0 ± 1.41^{b}
7	4.9 ± 2.33^{b}
8	5.4 ± 1.84^{ab}
9	5.2 ± 1.99^{ab}
10	5.5 ± 1.84^{ab}
11	4.5 ± 1.72^{b}
12	5.5 ± 1.51^{ab}

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $P \leq 0.05$

ตารางที่ 4.14 แสดงให้เห็นว่า ค่าคะแนนความชอบของผู้บริโภคต่อกลิ่นของน้ำมันหอมระเหยผสมของพืชสมุนไพรทั้ง 9 ชนิด อยู่ในช่วง 4.5 ±1.72 ถึง 6.4 ± 1.71 และผู้บริโภคพบว่าสิ่งทดลองที่ 4 กับสิ่งทดลองที่ 3, 5, 6, 7 และ 11 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยสิ่งทดลองที่ 4 เป็นสิ่งทดลองที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด ซึ่งสิ่งทดลองดังกล่าวประกอบด้วยสัดส่วนของพืชสมุนไพรตระกูลมินต์ทั้ง 4 ชนิดที่ได้จากการทดลองที่ 4.2.2.1 และเสจในสัดส่วนที่สูง ส่วนสิ่งทดลองที่ 3, 5, 6, 7 และ11 เป็นสิ่งทดลองที่ผู้บริโภคให้การยอมรับน้อยที่สุด ซึ่งประกอบด้วยสัดส่วนของบาล์ม และคาร์โมมายล์ ในสัดส่วนที่สูง สำหรับสิ่งทดลองที่ 1, 2, 8, 9, 10, 12 พบว่า ไม่แตกต่างจากสิ่งทดลองที่ 3, 4, 5, 6, 7 และ 11 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ในการวิเคราะห์หาอัตราส่วนผสมน้ำมันหอมระเหยของพืชสมุนไพรทั้ง 9 ชนิด ทำได้โดยการนำค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบของผู้บริโภคต่อกลิ่นของน้ำมันหอมระเหยที่ได้ในแต่ละสิ่งทดลองมาหาสมการความสัมพันธ์เชิงเส้น (Linear regression) ระหว่างสัดส่วนของน้ำมันหอมระเหยในแต่ละสิ่งทดลองกับค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบของผู้บริโภคต่อกลิ่นของน้ำมันหอมระเหย รวมถึงความสัมพันธ์ของระหว่างสัดส่วนในแต่ละสิ่งทดลองด้วยกัน (Interaction) จะได้สมการความสัมพันธ์เชิงเส้น จำนวน 15 สมการ ดังนี้

ค่าความชอบกลิ่น = 25.3472 B + 21.8906 C - 122.018 BC ------- (1)

ค่าความชอบกลิ่น = 20.8383 B + 22.7437 N - 96.0456 BN ------- (2)

ค่าความชอบกลิ่น = 19.8472 B + 32.0155 R - 124.534 BR ------- (3)

ค่าความชอบกลิ่น = 21.6478 B + 28.5157 S - 199.124 BS ------- (4)

ค่าความชอบกลิ่น = 53.7667 B + 56.2000 T - 557.667 BT ------- (5)

ค่าความชอบกลิ่น = 22.7455 C + 24.4500 N - 123.633 CN ------- (6)

ค่าความชอบกลิ่น = 20.2956 C + 32.4003 R - 130.336 CR ------- (7)

ค่าความชอบกลิ่น = 50.4244 C + 53.3535 S - 514.520 CS ------- (8)

ค่าความชอบกลิ่น = 52.5769 C + 54.6923 T - 539.615 CT ------- (9)

ค่าความชอบกลิ่น = 24.4458 M + 28.9679 R - 134.321 MR ------- (10)

ค่าความชอบกลิ่น = 19.3708 M + 25.1730 S - 88.5262 MS ------- (11)

ค่าความชอบกลิ่น = 24.1846 M + 26.6923 T - 136.615 MT ------- (12)

ค่าความชอบกลิ่น = 30.0970 R + 25.7258 S - 146.789 RS ------- (13)

ค่าความชอบกลิ่น = 30.7600 R + 23.8571 T - 137.543 RT ------- (14)

ค่าความชอบกลิ่น = 48.1502 S + 46.8272 T - 449.897 ST ------- (15)

หมายเหตุ : R คือ โรสแมรี่, B คือ บาล์ม, T คือ ทายม์, S คือ เสจ, C คือ คาร์โมมายล์, M คือ น้ำมันหอมระเหยผสมของพืชสมุนไพรตระกูลมินต์ทั้ง 4 ชนิดรวมกันที่ได้จากการทดลองที่ 4.2.2.1

นำสมการที่ได้ไปทำ Partial derivative สมการที่ได้หลังจากทำ Partial derivative แล้วจะต้องนำมาลบกับค่า Lag range (λ) จากนั้นนำสมการที่ได้ไปหาอัตราส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยของพืชสมุนไพรทั้ง 9 ชนิดที่เหมาะสม โดยใช้โปรแกรมเชิงเส้น POM ภายใต้ข้อจำกัดที่ว่าผลรวมของส่วนประกอบทั้งหมดต้องเท่ากับ 1.00 หรือ ร้อยละ 100 ตัวอย่างของสมการข้อจำกัดแสดงดัง ต่อไปนี้

$124.54R-\lambda = 19.8472$

$119.12S-\lambda = 21.6478$

$557.67B-\lambda = 56.2000$

$557.67T-\lambda = 53.7667$

$123.63C-\lambda = 24.4511$

$123.63M-\lambda = 22.7455$

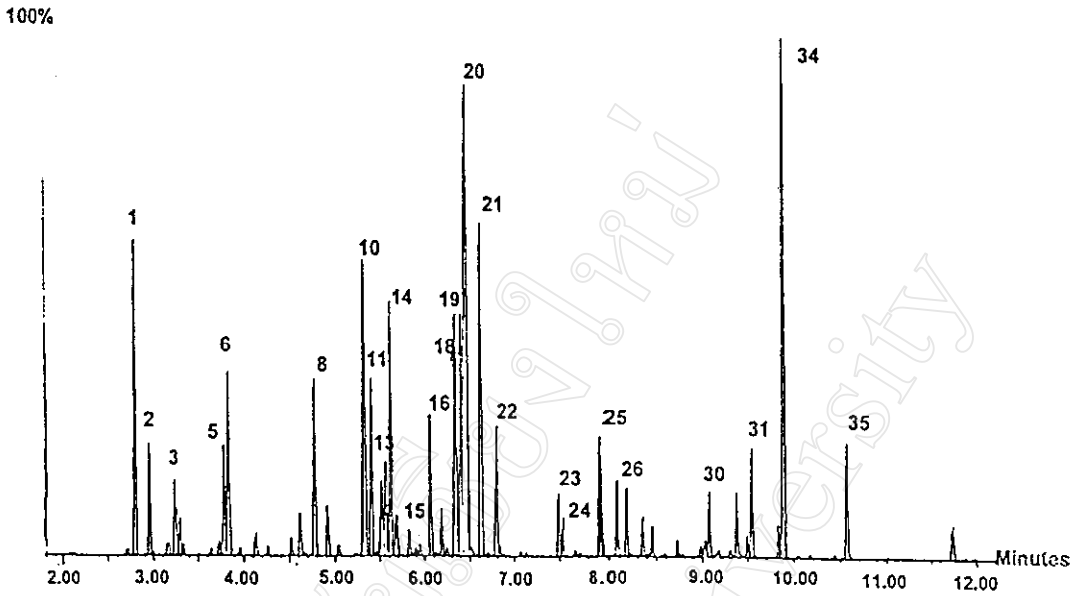
$S+P+J+U = 1.00$

เมื่อ λ = Lagrange multiplier

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า อัตราส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยของพืชสมุนไพรทั้ง 9 ชนิด ที่เหมาะสมต่อการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง จะประกอบด้วย โรสแมรี่ ร้อยละ 0.18 เสจ ร้อยละ 0.12 บาล์ม ร้อยละ 0.16 ทาย์ม ร้อยละ 0.21 คาร์โมมายล์ ร้อยละ 0.12 และ น้ำมันหอมระเหยผสมของพืชตระกูลมินต์ทั้ง 4 ชนิดรวมกัน ที่ได้จากการทดลองที่ 4.2.2.1 ร้อยละ 0.21

องค์ประกอบและปริมาณของสารที่มีอยู่ในน้ำมันหอมระเหยผสมของพืชสมุนไพรทั้ง 9 ชนิด ที่เหมาะสมต่อการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง

เมื่อได้น้ำมันหอมระเหยผสมของพืชสมุนไพรทั้ง 9 ชนิด ที่เหมาะสมต่อการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง จากการทดลองที่ 4.2.2.2 แล้ว จากนั้นนำน้ำมันหอมระเหยผสมที่ได้ไปทำการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคทาง GC-MS เพื่อทราบปริมาณและองค์ประกอบของสารที่มีอยู่ในน้ำมันหอมระเหยผสมนั้นก่อนที่จะใช้เติมลงไปในผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง ผลแสดงดังภาพที่ 4.11 และตารางที่ 4.15



<u>ภาพที่ 4.11</u> โครมาโตแกรมของน้ำมันหอมระเหยของสมุนไพรทั้ง 9 ชนิดที่เหมาะสมต่อการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง

<u>ตารางที่ 4.15</u> สารประกอบที่พบในน้ำมันหอมระเหยของสมุนไพรทั้ง 9 ชนิดที่เหมาะสมต่อการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งจากโครมาโตแกรม

Peak Number	Compounds	Percent Relative
1	α - Pinene	4.75
6	1 , 8 - Cineole	3.29
8	α - Thujone	3.43
10	Camphor	6.47
11	L - Menthone	3.31
14	Menthol	5.18
18	Neral	5.18
19	Carvone	4.53
20	Geraniol	15.36
21	Geranial	7.12
34	Bisabolol oxide A	9.34

4.3 ผลการศึกษาแนวทางในการพัฒนาสูตรที่เหมาะสมของลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง

4.3.1 ผลการทดลองหาสัดส่วนของส่วนผสมที่เป็นปัจจัยหลักที่เหมาะสมต่อการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง

ในการทดลองที่ผ่านมาทำให้ทราบถึงอัตราส่วนของน้ำมันหอมระเหยผสมจากสมุนไพรทั้ง 9 ชนิด ที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด ในการทดลองนี้จะเป็นการหาสัดส่วนของส่วนผสมที่เป็นปัจจัยหลักที่เหมาะสมต่อการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง ส่วนผสมที่เป็นปัจจัยหลักดังกล่าว ได้แก่ น้ำตาล กลูโคสไซรัป และน้ำมันหอมระเหยผสมที่ได้จากการทดลองที่ 4.2 เมื่อทำการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งตามอัตราส่วนที่ได้กำหนดไว้ในสิ่งทดลองครบทุก 11 สิ่งทดลอง โดยกำหนดให้ปริมาณของ เมนทอล และสีเขียว (บริลเลียนท์บลู เอฟซีเอฟ 0.5%) ซึ่งเป็นปัจจัยรอง คงที่ในทุกสิ่งทดลอง จากนั้นนำสิ่งทดลองที่ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีกายภาพ รวมถึงคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ ผลแสดงดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งที่ผลิตจากการใช้ระดับของ น้ำตาล กลูโคสไซรัป และน้ำมันหอมระเหยผสมในปริมาณที่แตกต่างกัน

สิ่งทดลอง	ค่าสี L	ค่าสี a*	ค่าสี b*
1 (1)	70.28 ± 1.01*	- 32.04 ± 0.38	38.79 ± 0.34
2 (a)	72.71 ± 3.38	- 28.69 ± 0.39	37.29 ± 0.74
3 (b)	70.55 ± 0.87	- 31.63 ± 0.43	38.54 ± 0.42
4 (ab)	73.78 ± 1.19	- 28.63 ± 0.78	38.06 ± 0.83
5 (c)	71.53 ± 0.97	- 30.50 ± 0.12	37.92 ± 0.35
6 (ac)	70.74 ± 0.33	- 28.66 ± 0.14	36.59 ± 0.33
7 (bc)	70.07 ± 2.19	- 28.89 ± 0.94	36.72 ± 0.34
8 (abc)	73.65 ± 1.63	- 26.32 ± 0.94	35.47 ± 1.03
9 (Cp1)	66.55 ± 0.51	- 29.32 ± 1.33	35.83 ± 1.14
10 (Cp2)	71.29 ± 0.92	- 29.90 ± 2.46	37.47 ± 1.77
11 (Cp3)	71.80 ± 1.13	- 30.98 ± 0.49	38.24 ± 0.55

หมายเหตุ : * ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1. (1) = ควบคุม ; a = น้ำตาล ; b = กลูโคสไซรัป ; c = น้ำมันหอมระเหยผสม ; cp = จุดกึ่งกลาง

ตารางที่ 4.17 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งที่ระดับการใช้ น้ำตาล กลูโคสไซรัป และน้ำมันหอมระเหยผสมในปริมาณที่แตกต่างกัน

สิ่งทดลอง	ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์	ความเป็นกรด - ด่าง	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (ร้อยละ)	เถ้าซัลเฟต (ร้อยละ)	ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด(ร้อยละ)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์(ร้อยละ)	ปริมาณน้ำตาลซูโครส(ร้อยละ)	ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด(ร้อยละ)
1 (1)	0.17 ± 0.02*	5.34 ± 0.04	87.38 ± 2.85	0.18 ± 0.11	0.041 ± 0.02	13.78 ± 0.01	62.90 ± 0.18	76.68 ± 0.20
2 (a)	0.16 ± 0.12	5.44 ± 0.01	90.31 ± 2.85	0.12 ± 0.09	0.038 ± 0.02	10.37 ± 0.12	69.16 ± 0.53	79.53 ± 0.57
3 (b)	0.16 ± 0.01	5.27 ± 0.02	89.28 ± 1.82	0.13 ± 0.08	0.047 ± 0.01	17.10 ± 0.21	53.09 ± 0.74	70.19 ± 0.57
4 (c)	0.16 ± 0.02	5.25 ± 0.01	90.66 ± 4.52	0.03 ± 0.01	0.029 ± 0.01	13.48 ± 0.06	61.07 ± 0.19	74.55 ± 0.21
5 (ab)	0.17 ± 0.02	4.75 ± 0.01	86.86 ± 2.16	0.13 ± 0.10	0.025 ± 0.01	15.15 ± 0.10	56.68 ± 0.29	71.83 ± 0.36
6 (ac)	0.17 ± 0.02	5.25 ± 0.02	87.03 ± 1.87	0.14 ± 0.07	0.035 ± 0.01	10.59 ± 0.10	68.51 ± 0.46	79.11 ± 0.56
7 (bc)	0.16 ± 0.01	4.95 ± 0.02	90.66 ± 6.47	0.21 ± 0.14	0.027 ± 0.01	18.30 ± 0.10	55.16 ± 2.16	73.46 ± 2.06
8 (abc)	0.16 ± 0.01	5.40 ± 0.02	95.50 ± 0.30	0.15 ± 0.10	0.455 ± 0.09	14.65 ± 0.14	52.42 ± 0.62	67.07 ± 0.76
9 (Cp1)	0.15 ± 0.01	5.14 ± 0.02	91.87 ± 2.95	0.26 ± 0.10	0.069 ± 0.01	15.07 ± 0.25	57.77 ± 0.52	72.84 ± 0.35
10 (Cp2)	0.16 ± 0.01	5.40 ± 0.01	89.80 ± 1.30	0.06 ± 0.03	0.075 ± 0.03	15.31 ± 0.01	58.36 ± 0.69	73.67 ± 0.61
11 (Cp3)	0.15 ± 0.004	5.35 ± 0.02	91.35 ± 2.09	0.12 ± 0.01	0.053 ± 0.01	15.33 ± 0.01	57.02 ± 0.01	72.35 ± 0.01

หมายเหตุ : * ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1 (1) = ควบคุม ; a = น้ำตาล ; b = กลูโคสไซรัป ; c = น้ำมันหอมระเหยผสม ; cp = จุดกึ่งกลาง

ตารางที่ 4.16 แสดงให้เห็นถึงค่าทางกายภาพที่ได้ของผลิตภัณฑ์เมื่อแปรระดับของน้ำตาลกลูโคสไซรัป และน้ำมันหอมระเหยผสม ในปริมาณที่แตกต่างกัน พบว่า ค่าสี L (ค่าความสว่าง) มีค่าอยู่ในช่วง 66.55 - 73.78 จากการพิจารณาพบว่า สิ่งทดลองที่มีค่าสี L สูงสุดจะมีสัดส่วนของน้ำตาลและกลูโคสไซรัปในระดับสูงคือ ร้อยละ 70 และ50 ตามลำดับ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า น้ำตาลและกลูโคสไซรัปเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความใสมาก เมื่อนำมาผลิตผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งโดยใช้สัดส่วนในอัตราที่สูงจึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่างสูงตามไปด้วย สำหรับค่าสี a* (สีแดง - เขียว) มีค่าอยู่ในช่วง (-26.32) - (-32.04) ค่าสี b* (เหลือง - น้ำเงิน) มีค่าอยู่ในช่วง 35.47 - 38.79 จะเห็นได้ว่าสิ่งทดลองที่มีค่า สี a* (สีเขียว) และค่าสี b* (สีเหลือง) สูงสุดจะประกอบด้วยสัดส่วนของ น้ำตาล กลูโคสไซรัป และน้ำมันหอมระเหยอยู่ในระดับต่ำ คือ ร้อยละ 50 30 และ 0.1 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.17 แสดงถึงค่าทางเคมีของสิ่งทดลองทั้ง 11 สิ่งทดลอง ซึ่งพบว่า ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ที่ได้อยู่ในช่วง 0.15 - 0.17 ความเป็นกรด - ด่าง มีค่าอยู่ในช่วง 4.75 - 5.44 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด พบว่ามีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 86.86 - 95.50 ปริมาณเถ้าซัลเฟต มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.06 - 0.26 ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.03 - 0.46 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 10.37 - 18.30 ปริมาณน้ำตาลซูโครส มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 52.42 - 69.16 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 67.07 - 79.53

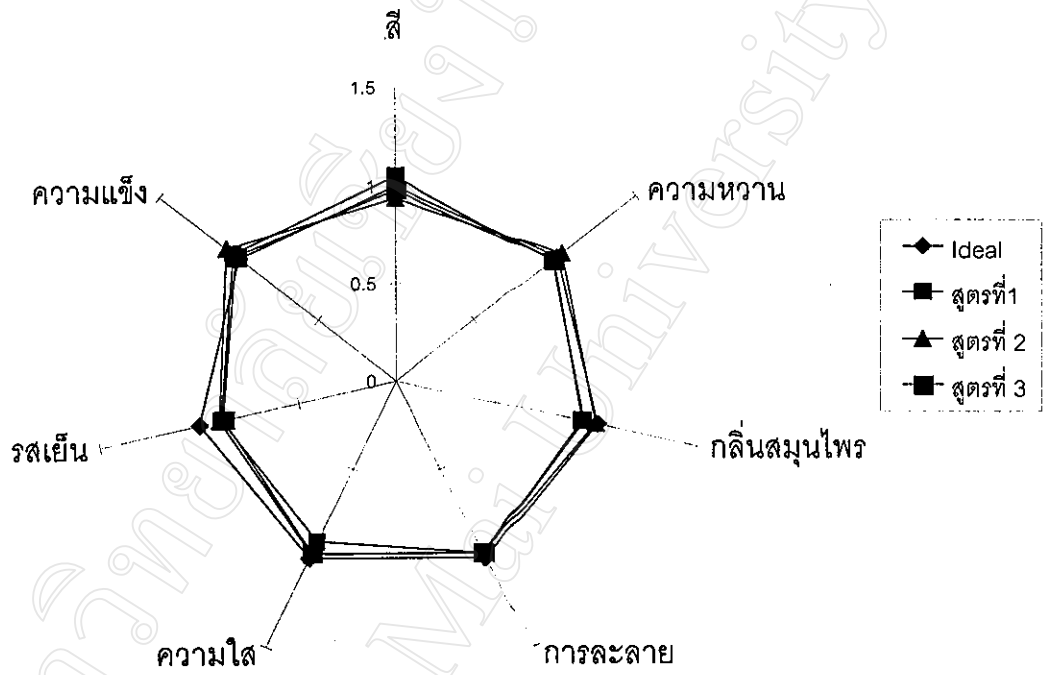
ตารางที่ 4.18 ค่าสัดส่วนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะของผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งที่ ระดับการใช้ น้ำตาล กลูโคสไซรัป และน้ำมันหอมระเหยผสมในปริมาณที่แตกต่างกัน

สิ่งทดลอง	สี	ความใส	ความหวาน	รสเย็น	กลิ่นสมุนไพร	ความแข็ง	การละลาย	การยอมรับรวม
1 (1)	1.05 ± 0.15*	0.91 ± 0.13	0.97 ± 0.11	0.89 ± 0.24	0.93 ± 0.15	1.04 ± 0.08	0.97 ± 0.07	0.78 ± 0.15
2 (a)	0.94 ± 0.16	0.98 ± 0.13	1.03 ± 0.13	0.90 ± 0.13	0.99 ± 0.11	1.08 ± 0.10	0.97 ± 0.05	0.75 ± 0.10
3 (b)	0.98 ± 0.14	0.97 ± 0.05	0.98 ± 0.15	0.88 ± 0.22	0.92 ± 0.14	1.02 ± 0.07	0.97 ± 0.15	0.78 ± 0.13
4 (c)	1.02 ± 0.17	0.95 ± 0.05	0.97 ± 0.09	0.91 ± 0.25	1.04 ± 0.17	0.98 ± 0.08	0.98 ± 0.07	0.76 ± 0.12
5 (ab)	0.91 ± 0.14	0.98 ± 0.06	1.03 ± 0.12	0.90 ± 0.18	0.95 ± 0.16	1.07 ± 0.10	0.96 ± 0.06	0.77 ± 0.14
6 (ac)	1.05 ± 0.16	0.97 ± 0.07	0.95 ± 0.14	0.91 ± 0.20	0.94 ± 0.18	1.08 ± 0.09	0.97 ± 0.10	0.74 ± 0.11
7 (bc)	1.08 ± 0.07	0.94 ± 0.09	0.92 ± 0.17	0.94 ± 0.29	0.98 ± 0.23	1.06 ± 0.07	0.92 ± 0.14	0.75 ± 0.15
8 (abc)	0.96 ± 0.10	0.95 ± 0.07	0.93 ± 0.13	0.94 ± 0.23	1.01 ± 0.19	1.14 ± 0.11	0.94 ± 0.12	0.73 ± 0.13
9 (Cp1)	1.03 ± 0.16	0.97 ± 0.07	1.00 ± 0.17	0.93 ± 0.19	0.95 ± 0.18	1.02 ± 0.09	0.96 ± 0.09	0.81 ± 0.14
10 (Cp2)	1.01 ± 0.07	0.96 ± 0.04	1.02 ± 0.15	0.93 ± 0.15	1.05 ± 0.15	1.04 ± 0.08	0.98 ± 0.05	0.81 ± 0.12
11 (Cp3)	1.03 ± 0.15	0.98 ± 0.04	0.97 ± 0.18	0.92 ± 0.27	0.97 ± 0.22	1.01 ± 0.07	0.97 ± 0.06	0.76 ± 0.14

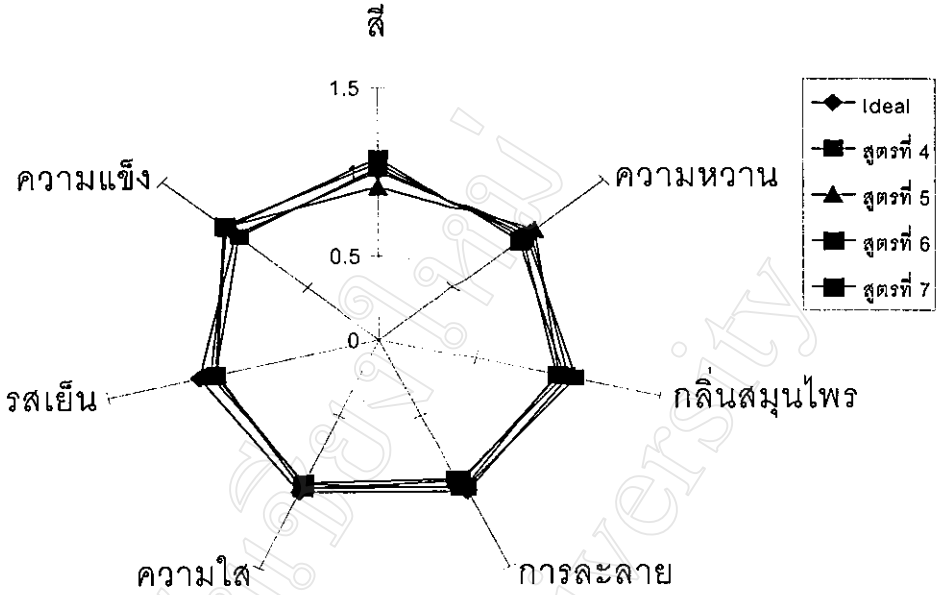
หมายเหตุ : * ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1 (1) = ควบคุม ; a = น้ำตาล ; b = กลูโคสไซรัป ; c = น้ำมันหอมระเหยผสม ; cp = จุดกึ่งกลาง

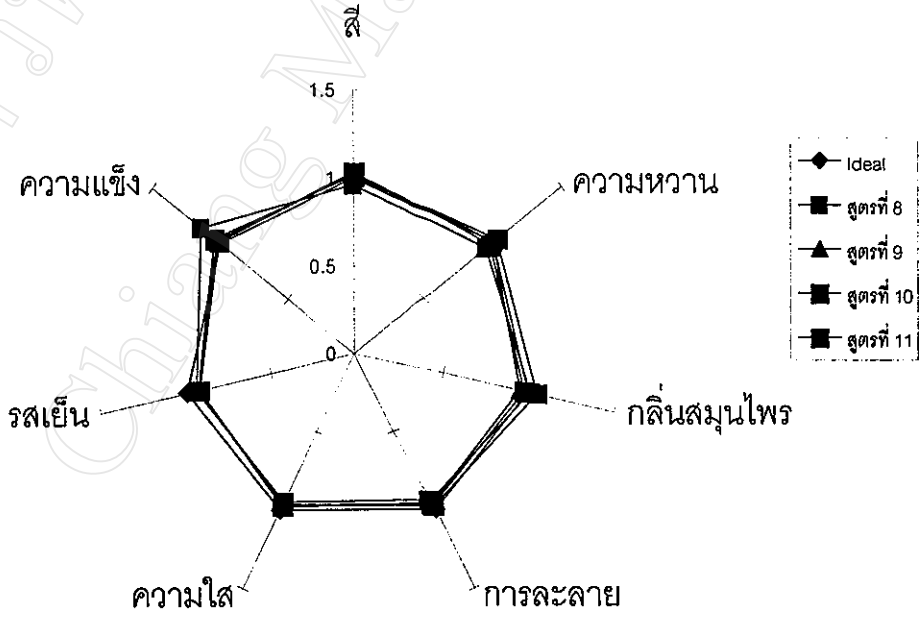
ตารางที่ 4.18 นำค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) ของลักษณะต่างๆ ในทุกสิ่งทดลองมา สร้างเป็นรูปเค้าโครงลักษณะเป็นกราฟใยแมงมุม โดยสร้างเป็น 3 ภาพ เพื่อง่ายต่อการพิจารณาและเพื่อการเปรียบเทียบ ดังแสดงในภาพที่ 4.12 4.13 และ 4.14 ตามลำดับ



<u>ภาพที่ 4.12</u> กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งสูตรที่ 1 - 3 เมื่อทำการผันแปรระดับของน้ำตาล กลูโคสไซรัป และน้ำมันหอมระเหยผสม



ภาพที่ 4.13 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งสูตรที่ 4 - 7 เมื่อทำการผันแปรระดับของน้ำตาล กลูโคสไซรัป และน้ำมันหอมระเหยผสม



ภาพที่ 4.14 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งสูตรที่ 8 - 11 เมื่อทำการผันแปรระดับของน้ำตาล กลูโคสไซรัป และน้ำมันหอมระเหยผสม

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และทางด้านประสาทสัมผัส มาทำการวิเคราะห์ในรูปสมการถดถอย (Multiple regression) เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างค่าตอบสนอง (Y) กับปริมาณส่วนผสม (น้ำตาล กลูโคสไซรัป และน้ำมันหอมระเหย) ที่เติมลงไป พบว่า ระดับการใช้น้ำตาล กลูโคสไซรัป และน้ำมันหอมระเหยในปริมาณที่เปลี่ยนแปลงไปมีผลตอบสนองต่อค่าการยอมรับของผลิตภัณฑ์ในลักษณะต่างๆ ที่แตกต่างกัน โดยสามารถแสดงในรูปสมการ (Code equation) ดังแสดงในตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 สมการรูปแบบหุ่นทางคณิตศาสตร์ของคุณลักษณะต่างๆ ที่มีนัยสำคัญต่อผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งเมื่อทำการผันแปรปริมาณของ น้ำตาล กลูโคสไซรัป และน้ำมันหอมระเหย

สมการ (Code)	ความสัมพันธ์กับตัวแปร	R^2
ปริมาณน้ำตาลซูโครส	57.7167 + 1.8179(น้ำตาล) - 5.5371(กลูโคสไซรัป) - 1.6054 (น้ำตาล)(กลูโคสไซรัป) + 2.1579 (กลูโคสไซรัป)^2	95.60
รสเย็น	0.9267 + 0.0063 (กลูโคสไซรัป) + 0.0088 (กลูโคสไซรัป)(น้ำมันหอระเหย) +0.01625 (น้ำมันหอมระเหย) - 0.0179 (กลูโคสไซรัป)^2	86.98
ความแข็ง	1.0233 + 0.0338 (น้ำตาล) + 0.0138 (กลูโคสไซรัป) + 0.0113 (น้ำตาล)(น้ำมันหอมระเหย) + 0.0213 (กลูโคสไซรัป)(น้ำมันหอมระเหย) + 0.0354 (กลูโคสไซรัป)^2	90.43

สมการที่ได้เป็นสมการรูปแบบหุ่นทางคณิตศาสตร์ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของระดับการใช้ปัจจัยต่างๆ ที่ศึกษากับค่าผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีและทางด้านประสาทสัมผัส ค่า R^2 จะบ่งบอกถึง ความสัมพันธ์ของสมการว่ามีความเหมาะสมกับผลที่ได้อย่างไร ซึ่งสมการรูปแบบหุ่นทางคณิตศาสตร์นี้ต้องนำไปทำการถอดรหัส (Decoding) ของตัวแปรในแต่ละสมการเพื่อให้ได้สมการที่แท้จริง ดังแสดงในตารางที่ 4.20

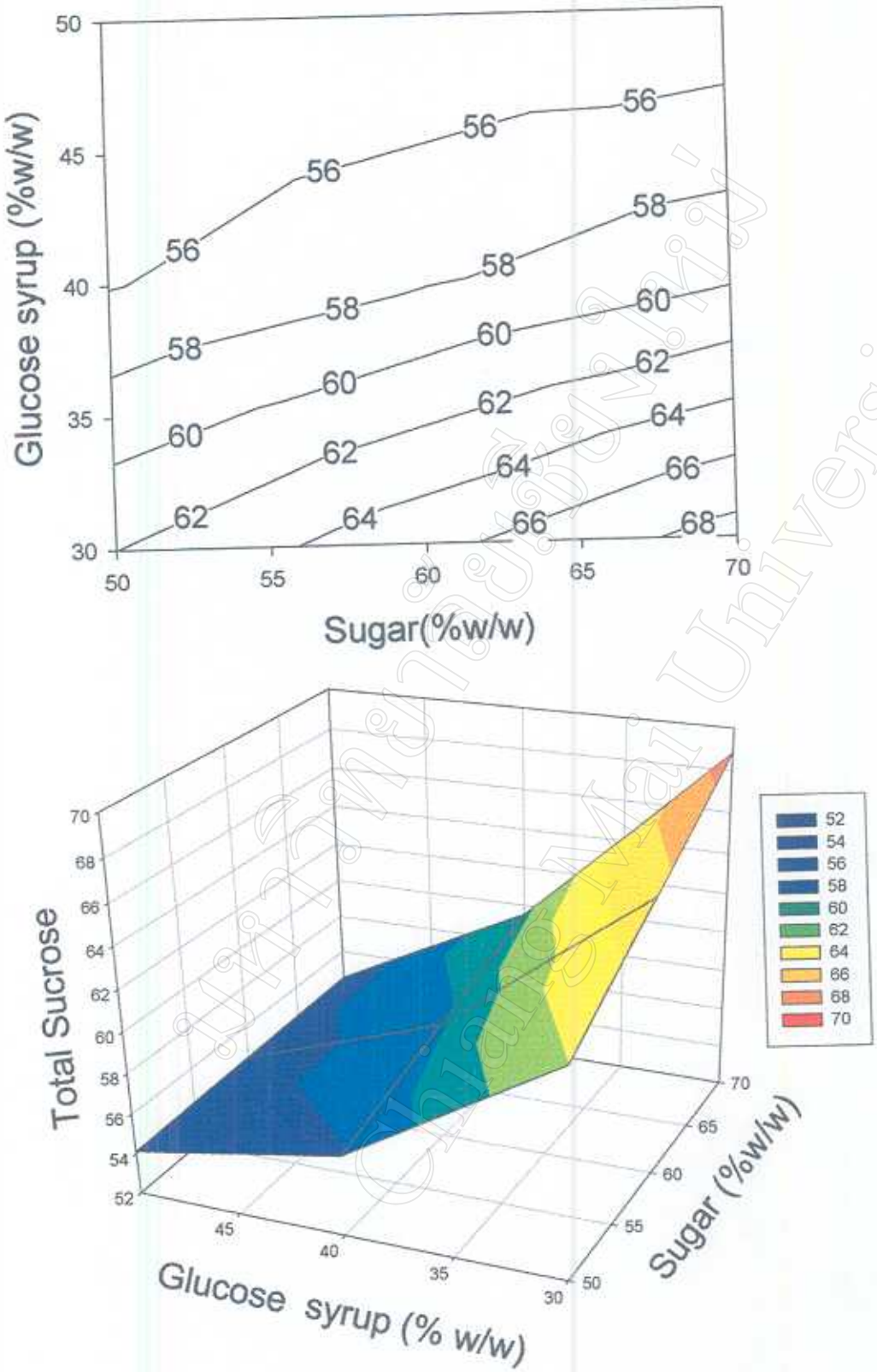
ตารางที่ 4.20 สมการถอดรหัสของคุณลักษณะต่างๆ ที่มีนัยสำคัญต่อผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งเมื่อทำการผันแปรปริมาณของ น้ำตาล กลูโคสไซรัป และน้ำมันหอมระเหย

สมการ (Code)	ความสัมพันธ์กับตัวแปร	R^2
ปริมาณน้ำตาลซูโครส	57.7167 + 1.81788(น้ำตาล) - 5.53712(กลูโคสไซรัป) - 1.6054 (น้ำตาล)(กลูโคสไซรัป) + 2.1579 (กลูโคสไซรัป)^2	95.60
รสเย็น	0.9392 - 0.0011 (กลูโคสไซรัป) - 0.1875(น้ำมันหอระเหย) +0.0088 (กลูโคสไซรัป)(น้ำมันหอมระเหย)	86.98
ความแข็ง	1.0757 + 0.0034 (น้ำตาล) - 0.0029 (กลูโคสไซรัป) - 2.2668 (น้ำมันหอมระเหย)+ 0.0213 (กลูโคสไซรัป)(น้ำมันหอมระเหย) + 3.542 (น้ำมันหอมระเหย)^2	90.43

ตารางที่ 4.20 พบว่า คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ ซึ่งได้แก่ ปริมาณน้ำตาลซูโครส ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำตาลและปริมาณกลูโคสไซรัปที่เติมลงไป รวมถึงความสัมพันธ์ร่วม (interaction) ระหว่างน้ำตาลและกลูโคสไซรัป จากการทดลองพบว่าการใช้น้ำตาลที่ระดับ ร้อยละ 70 และกลูโคสไซรัปที่ระดับ ร้อยละ 30 จะให้ค่าปริมาณน้ำตาลซูโครสสูงสุดเท่ากับ 69.16 ± 0.53 และการตอบสนองของค่าปริมาณน้ำตาลซูโครสเมื่อใช้น้ำตาลและกลูโคสไซรัปในปริมาณที่เปลี่ยนแปลงไปสามารถนำมาสร้างเป็นกราฟพื้นที่การตอบสนองได้ ดังแสดงในภาพที่ 4.15

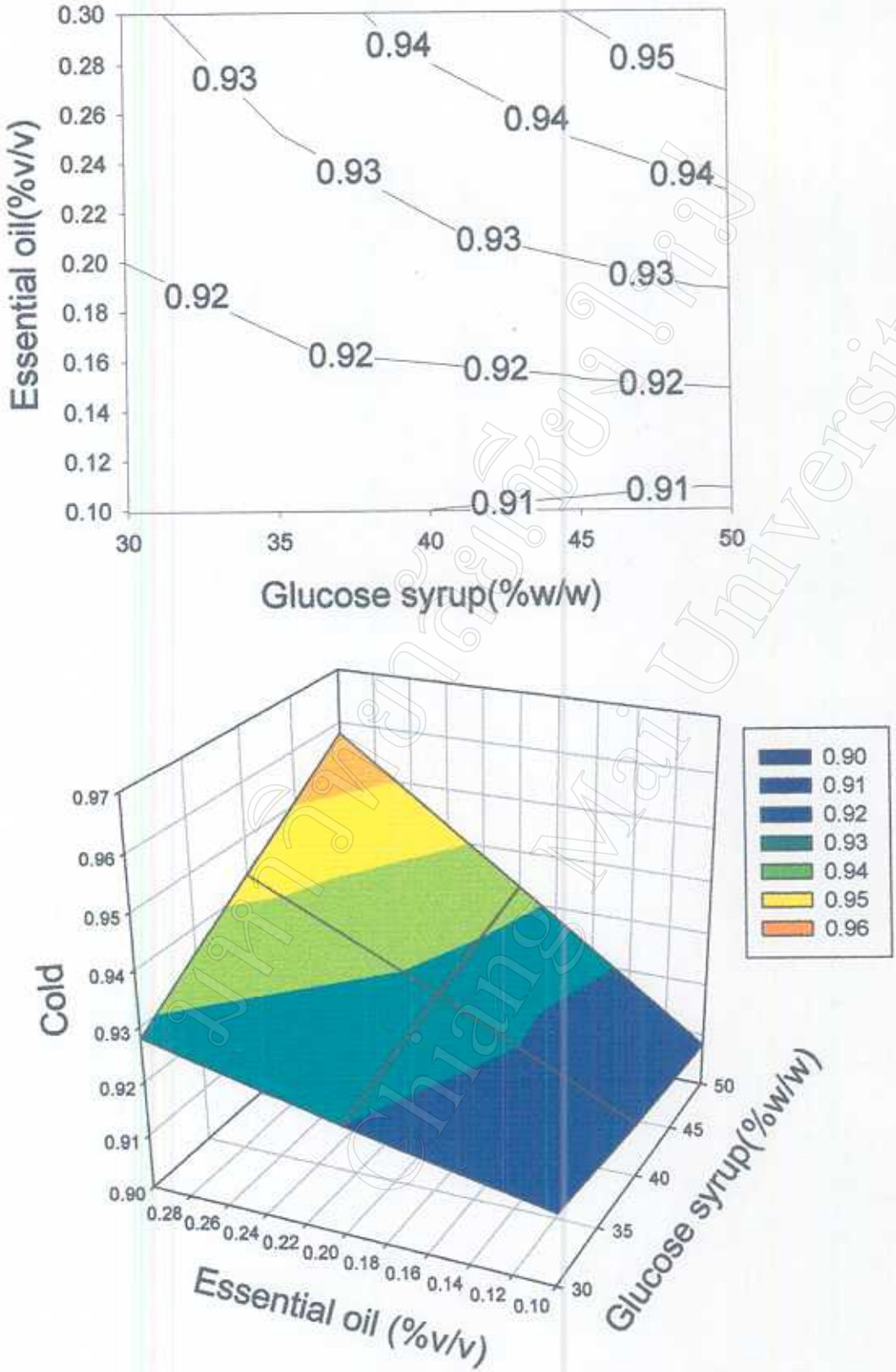
คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ซึ่งได้แก่ รสเย็น พบว่าขึ้นอยู่กับปริมาณกลูโคสไซรัปและน้ำมันหอมระเหยที่เติมลงไป รวมถึงความสัมพันธ์ร่วม (interaction) ระหว่างกลูโคสไซรัปและน้ำมันหอมระเหย จากการทดลองพบว่าการใช้กลูโคสไซรัปที่ระดับ ร้อยละ 50 และน้ำมันหอมระเหยที่ระดับ ร้อยละ 0.3 จะให้ค่าจริงที่ใกล้เคียงกับลักษณะที่เป็นอุดมคติมากที่สุด(ค่าเข้าใกล้ 1) และการตอบสนองของรสเย็นเมื่อใช้กลูโคสไซรัปและน้ำมันหอมระเหยในปริมาณที่เปลี่ยนแปลงไปสามารถนำมาสร้างเป็นกราฟพื้นที่การตอบสนองได้ แสดงดังภาพที่ 4.16

ความแข็ง พบว่าขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำตาล กลูโคสไซรัปและน้ำมันหอมระเหยที่เติมลงไป รวมถึงความสัมพันธ์ร่วม (interaction) ระหว่างกลูโคสไซรัปและน้ำมันหอมระเหย จากการทดลองพบว่าการใช้น้ำตาลที่ระดับ ร้อยละ 50 กลูโคสที่ระดับ ร้อยละ 50 และน้ำมันหอมระเหยที่ระดับ ร้อยละ 0.1 จะให้ค่าจริงที่ใกล้เคียงกับลักษณะที่เป็นอุดมคติมากที่สุด



<u>ภาพที่ 4.15</u> กราฟพื้นที่การตอบสนองของค่าปริมาณน้ำตาลซูโครสทั้งหมดเมื่อมีการแปรระดับปริมาณการใช้น้ำตาลและกลูโคสไซรัป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ภาพที่ 4.16 กราฟพื้นที่การตอบสนองของลักษณะรสเย็นเมื่อมีการแปรระดับปริมาณการใช้กลูโคสไซรัปและน้ำมันหอมระเหย

ในการคำนวณหาปริมาณที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย ซึ่งได้แก่ น้ำตาล กลูโคสไซรัปและน้ำมันหอมระเหย ซึ่งทำได้โดยการนำระดับของปริมาณการใช้น้ำตาล กลูโคสไซรัปและน้ำมันหอมระเหยในช่วงที่ทำการศึกษาแทนค่าลงในสมการที่มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ได้จากการถอดรหัสแล้ว เพื่อให้ได้ค่าการตอบสนองของแต่ละลักษณะให้มีค่า Mean ideal ratio profile เข้าใกล้ 1.00 มากที่สุด

สมการคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ทำการถอดรหัสแล้วนำมาแทนค่าระดับการใช้น้ำตาล กลูโคสไซรัปและน้ำมันหอมระเหย ในช่วงที่ทำการศึกษา เพื่อให้ได้ค่า Mean ideal ratio profile เข้าใกล้ 1.00 มากที่สุด สามารถแสดงผลได้ดังนี้

รสเย็น = 0.9392 - 0.0011 (กลูโคสไซรัป) - 0.1875(น้ำมันหอระเหย) R^2 = 86.98%
+ 0.0088 (กลูโคสไซรัป)(น้ำมันหอมระเหย)

แทนค่า f (กลูโคสไซรัป, น้ำมันหอมระเหย) ได้ผลดังนี้

f(30,0.1) = 0.91
f(30,0.3) = 0.93
f(40,0.2) = 0.93
f(50,0.1) = 0.91
f(50,0.3) = 0.96

จากการแทนค่าในสมการความสัมพันธ์ของระดับกลูโคสไซรัปและน้ำมันหอมระเหยต่อคุณภาพทางด้านรสเย็น พบว่าการใช้กลูโคสไซรัปที่ระดับ ร้อยละ 50 และน้ำมันหอมระเหย ร้อยละ 0.3 จะให้ค่าการตอบสนองของคุณภาพทางด้านรสเย็นใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติมากที่สุด คือ มีค่าเท่ากับ 0.96

ความแข็ง = 1.0757 + 0.0034 (น้ำตาล) - 0.0029 (กลูโคสไซรัป) R^2 = 90.43%
- 2.2668 (น้ำมันหอมระเหย)+ 0.0213 (กลูโคสไซรัป)(น้ำมันหอมระเหย)
+ 3.542 (น้ำมันหอมระเหย)^2

แทนค่า f (น้ำตาล,กลูโคสไซรัป, น้ำมันหอมระเหย) ได้ผลดังนี้

f(50,30,0.1) = 1.03
f(50,30,0.3) = 0.99
f(50,50,0.1) = 1.00
f(50,50,0.3) = 1.06
f(60,40,0.2) = 1.02
f(70,30,0.1) = 1.10
f(70,30,0.3) = 1.06
f(70,50,0.1) = 1.09
f(70,50,0.3) = 1.13

เมื่อทำการแทนค่าในสมการความสัมพันธ์ของระดับน้ำตาล กลูโคสไซรัป และน้ำมันหอมระเหย ต่อคุณภาพทางด้านความแข็ง พบว่าการใช้น้ำตาลที่ระดับ ร้อยละ 50 กลูโคสไซรัปที่ระดับร้อยละ 50 และน้ำมันหอมระเหย ร้อยละ 0.1 จะให้ค่าการตอบสนองของคุณภาพทางด้านรสเย็นใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติมากที่สุด คือ มีค่าเท่ากับ 1.00

นำปริมาณของส่วนผสมแต่ละชนิดที่ได้ในทุกลักษณะมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อให้ได้ปริมาณของน้ำตาล กลูโคสไซรับ และน้ำมันหอมระเหยที่เหมาะสมที่สุดต่อการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง ซึ่งผลที่ได้แสดงในตารางที่ 4.21

ตารางที่ 4.21 ปริมาณของน้ำตาล กลูโคสไซรับ และน้ำมันหอมระเหยที่เหมาะสมที่สุดต่อการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง

ลักษณะ	ปริมาณ (ร้อยละ)		
	น้ำตาล	กลูโคสไซรัป	น้ำมันหอมระเหย
รสเย็น	50	50	0.3
ความแข็ง	50	50	0.1
ค่าเฉลี่ย	50	50	0.2

จากตารางที่ 4.22 จะเห็นได้ว่า ระดับของน้ำตาลและกลูโคสไซรัปที่เหมาะสมในการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง คือ ร้อยละ 50 สำหรับน้ำมันหอมระเหยนั้นสามารถใช้ได้ทั้ง 2 ระดับ คือ ร้อยละ 0.1 และ 0.3 แต่ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการทำการทดลองขั้นต่อไปจึงเลือกใช้ที่ระดับของค่าเฉลี่ย ซึ่งเท่ากับ ร้อยละ 0.2

ดังนั้นเมื่อพิจารณาโดยรวมถึงระดับการใช้ปริมาณของน้ำตาล กลูโคสไซรัป และน้ำมันหอมระเหยในระดับเปลี่ยนแปลงไป หลังจากทำการถอดรหัสและทำการแทนค่าในสมการเพื่อหาระดับการใช้ที่เหมาะสม สามารถสรุปได้ดังนี้

น้ำตาล ควรใช้ที่ระดับ ร้อยละ 50
กลูโคสไซรัป ควรใช้ที่ระดับ ร้อยละ 50
น้ำมันหอมระเหย ควรใช้ที่ระดับ ร้อยละ 0.2

4.3.2 ผลการทดลองในการหาสัดส่วนของส่วนผสมที่เหมาะสมซึ่งเป็นปัจจัยรองต่อการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง

เมื่อทราบสัดส่วนของส่วนผสมที่เหมาะสมที่เป็นปัจจัยหลักจากการทดลองที่ผ่านมา ในขั้นตอนนี้จะเป็นการหาสัดส่วนของส่วนผสมที่เหมาะสมซึ่งเป็นปัจจัยรอง อันประกอบด้วย เมนทอล และสีเขียว (บริลเลียนท์บลู เอฟซีเอฟ 0.5%) เมื่อทำการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งตามอัตราส่วนที่ได้กำหนดไว้ในสิ่งทดลองครบทั้ง 7 สิ่งทดลอง โดยกำหนดให้ใช้ปริมาณของน้ำตาล กลูโคสไซรัป และน้ำมันหอมระเหยในสัดส่วนที่ผ่านการพัฒนามาแล้วในขั้นตอนที่ผ่านมา โดยกำหนดให้ใช้ในอัตราส่วนที่คงที่ในทุกสิ่งทดลอง จากนั้นนำสิ่งทดลองที่ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี กายภาพ รวมถึงคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ ผลการทดลองแสดงดัง ตารางที่ 4.22 4.23 และ 4.24

<u>ตารางที่ 4.22</u> ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งที่ระดับการใช้ เมนทอล และสีเขียวในปริมาณที่แตกต่างกัน

สิ่งทดลอง	ค่าสี L	ค่าสี a*	ค่าสี b*
1 (1)	64.38 ± 1.07*	- 23.38 ± 0.88	35.54 ± 0.33
2 (a)	63.41 ± 1.26	- 23.49 ± 0.49	36.23 ± 0.33
3 (b)	49.75 ± 1.54	- 34.67 ± 0.88	32.59 ± 0.51
4 (ab)	50.92± 0.85	- 36.69 ± 0.59	32.64 ± 0.28
5 (Cp_1)	58.15 ± 1.64	- 32.61 ± 1.05	35.74 ± 0.54
6 (Cp_2)	56.41 ± 1.30	- 33.41 ± 0.64	36.05 ± 0.34
7 (Cp_3)	58.39 ± 1.02	- 34.06 ± 0.77	36.48 ± 0.28

หมายเหตุ : * ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1. (1) = ควบคุม ; a = น้ำตาล ; b = กลูโคสไซรัป ; c = น้ำมันหอมระเหยผสม ; cp = จุดกึ่งกลาง

ตารางที่ 4.23 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งที่ระดับการใช้ เมนทอล และสีเขียว ในปริมาณที่แตกต่างกัน

สิ่งทดลอง	ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์	ความเป็นกรด - ด่าง	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (ร้อยละ)	เถ้าซัลเฟต (ร้อยละ)	ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด (ร้อยละ)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์(ร้อยละ)	ปริมาณน้ำตาลซูโครส(ร้อยละ)	ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด(ร้อยละ)
1 (1)	0.15 ± 0.01*	4.70 ± 0.02	90.09 ± 1.50	0.32 ± 0.02	0.11 ± 0.50	17.30 ± 0.30	53.41 ± 0.16	70.71 ± 0.42
2 (a)	0.14 ± 0.02	4.81 ± 0.01	93.03 ± 0.60	0.20 ± 0.04	0.02 ± 0.01	17.36 ± 0.13	50.52 ± 0.22	67.88 ± 0.28
3 (b)	0.15 ± 0.01	4.72 ± 0.04	90.78 ± 0.52	0.17 ± 0.06	0.04 ± 0.01	17.62 ± 0.07	53.07 ± 0.82	70.69 ± 0.76
4 (ab)	0.15 ± 0.01	4.71 ± 0.03	92.86 ± 1.56	0.05 ± 0.02	0.04 ± 0.01	17.47 ± 0.22	54.28 ± 0.14	71.75 ± 0.36
5 (Cp_1)	0.14 ± 0.01	4.66 ± 0.02	91.99 ± 3.04	0.05 ± 0.01	0.05 ± 0.03	17.58 ± 0.09	52.64 ± 1.59	70.22 ± 1.61
6 (Cp_2)	0.14 ± 0.01	4.89 ± 0.01	91.13 ± 0.79	0.21 ± 0.01	0.04 ± 0.02	17.74 ± 0.10	51.86 ± 0.60	69.61 ± 0.53
7 (Cp_3)	0.14 ± 0.01	4.63 ± 0.01	90.61± 1.20	0.26 ± 0.01	0.04 ± 0.02	17.47 ± 0.09	51.66 ± 0.70	69.12 ± 0.65

หมายเหตุ : * ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1 (1) = ควบคุม ; a = น้ำตาล ; b = กลูโคสไซรัป ; c = น้ำมันหอมระเหยผสม ; cp = จุดกึ่งกลาง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ตารางที่ 4.22 แสดงให้เห็นถึงค่าทางกายภาพที่ได้ของผลิตภัณฑ์เมื่อแปรระดับของเมนทอล และสีเขียว ในปริมาณที่แตกต่างกัน พบว่า ค่าสี L (ค่าความสว่าง) มีค่าอยู่ในช่วง 49.75 - 64.3.8 ซึ่งจากการพิจารณาพบว่าในสิ่งทดลองที่มีค่าความสว่างสูงสุด จะมีปริมาณของสีเขียวและเมนทอลที่เติมลงไปอยู่ในระดับต่ำ คือ ร้อยละ 0.1 จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีความสว่างมาก ค่าสี a* (แดง - เขียว) มีค่าอยู่ในช่วง (-23.38) - (-36.69) พบว่า สิ่งทดลองที่มีค่าสี a* สูงสุดหรือมีสีเขียวมาก จะมีปริมาณของเมนทอลและสีเขียวอยู่ในระดับสูง คือ ร้อยละ 0.3 ค่าสี b* (เหลือง - น้ำเงิน) มีค่าอยู่ในช่วง 32.59 - 36.48 พบว่า สิ่งทดลองที่มีค่าสี b* สูงสุดหรือมีสีเหลือง จะประกอบด้วยสัดส่วนของเมนทอลและสีเขียวที่ใช้ในระดับกลาง คือ ร้อยละ 0.2 ซึ่งเมื่อพิจารณาโดยรวมอาจกล่าวได้ว่าปริมาณ เมนทอล และสีเขียวที่เติมลงไปมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าสีดังกล่าว

ตารางที่ 4.23 แสดงถึงค่าทางเคมีของสิ่งทดลองทั้ง 7 สิ่งทดลอง ซึ่งพบว่า ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ที่ได้อยู่ในช่วง 0.14 - 0.15 ความเป็นกรด - ด่าง มีค่าอยู่ในช่วง 4.63 - 4.89 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด พบว่ามีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 90.09 - 92.86 และปริมาณเถ้าซัลเฟตมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.05 - 0.32 ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.02 - 0.11 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 17.30 - 17.74 ปริมาณน้ำตาลซูโครส มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 50.52 - 54.28 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 67.88 - 71.75

ตารางที่ 4.24 ค่าสัดส่วนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะของผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งที่ระดับการใช้ เมนทอล และสีเขียวในปริมาณที่แตกต่างกัน

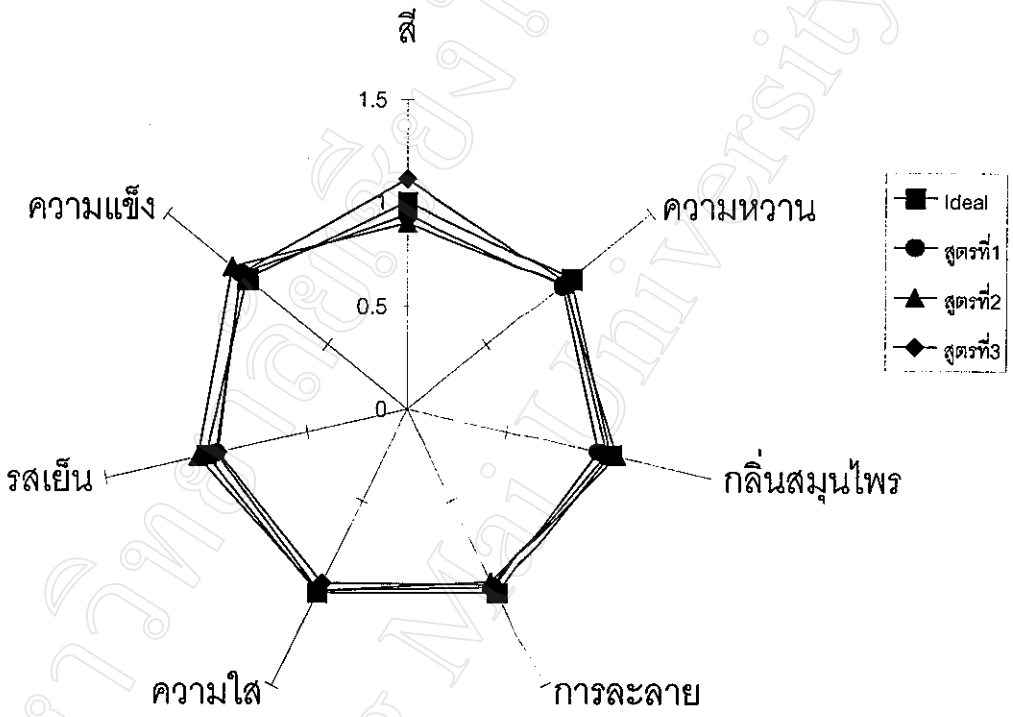
สิ่งทดลอง	สี	ความใส	ความหวาน	รสเย็น	กลิ่นสมุนไพร	ความแข็ง	การละลาย	การยอมรับรวม
1 (1)	0.94 ± 0.06*	0.99 ± 0.03	0.95 ± 0.13	0.95 ± 0.11	0.94 ± 0.15*	1.04 ± 0.06	0.97 ± 0.07	0.78 ± 0.10
2 (a)	0.90 ± 0.09	0.99 ± 0.04	0.96 ± 0.09	1.04 ± 0.13	1.03 ± 0.11	1.09 ± 0.11	0.94 ± 0.08	0.79 ± 0.14
3 (b)	1.11 ± 0.09	0.95 ± 0.06	0.97 ± 0.16	0.94 ± 0.10	0.98 ± 0.05	1.04 ± 0.06	0.96 ± 0.07	0.80 ± 0.05
4 (ab)	1.12 ± 0.08	0.93 ± 0.07	0.93 ± 0.12	1.11 ± 0.09	1.07 ± 0.07	1.02 ± 0.04	0.98 ± 0.04	0.79 ± 0.05
5 (Cp_1)	1.05 ± 0.10	0.91 ± 0.12	0.95 ± 0.13	1.04 ± 0.13	1.01 ± 0.09	1.04 ± 0.09	0.97 ± 0.06	0.81 ± 0.10
6 (Cp_2)	1.06 ± 0.09	0.87 ± 0.16	0.96 ± 0.10	0.99 ± 0.07	0.99 ± 0.09	1.02 ± 0.08	0.98 ± 0.03	0.83 ± 0.11
7 (Cp_3)	1.04 ± 0.08	0.88 ± 0.17	0.96 ± 0.18	1.02 ± 0.11	1.01 ± 0.12	1.03 ± 0.06	0.98 ± 0.04	0.81± 0.10

หมายเหตุ : * ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

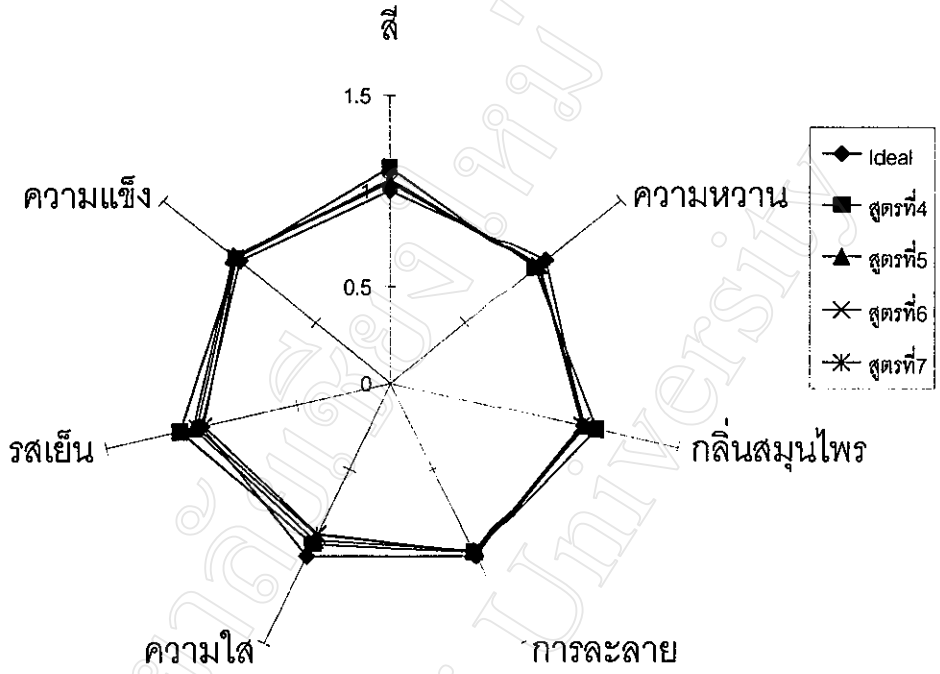
1 (1) = ควบคุม ; a = น้ำตาล ; b = กลูโคสไซรัป ; c = น้ำมันหอมระเหยผสม ; cp = จุดกึ่งกลาง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ตารางที่ 4.24 นำค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) ของลักษณะต่างๆ ในทุกสิ่งทดลองจะถูกนำมาสร้างเป็นรูปเค้าโครงลักษณะเป็นกราฟใยแมงมุม โดยสร้างเป็น 2 ภาพ เพื่อให้ง่ายต่อการพิจารณาและเปรียบเทียบ ผลแสดงดังภาพที่ 4.17 และ 4.18



ภาพที่ 4.17 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งสูตรที่ 1 - 3 เมื่อทำการผันแปรระดับของเมนทอล และสีเขียว



ภาพที่ 4.18 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งสูตรที่ 4 - 7 เมื่อทำการผันแปรระดับของเมนทอล และสีเขียว

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และทางด้านประสาทสัมผัส มาทำการวิเคราะห์ในรูปสมการถดถอย (Multiple Regression) เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างค่าตอบสนอง (Y) กับปริมาณส่วนผสม (เมนทอล และสีเขียว) ที่เติมลงไป พบว่า ระดับการใช้เมนทอล และสีเขียวในปริมาณที่เปลี่ยนแปลงไป มีผลตอบสนองต่อค่าการยอมรับของผลิตภัณฑ์ในลักษณะต่างๆ ที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถแสดงในรูปสมการ (Code equation) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.25

ตารางที่ 4.25 สมการรูปแบบหุ่นทางคณิตศาสตร์ของคุณลักษณะต่างๆ ที่มีนัยสำคัญต่อผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งเมื่อทำการผันแปรปริมาณของ เมนทอล และ สีเขียว

สมการ (Code)	ความสัมพันธ์กับตัวแปร	R^2
ค่าสี L	57.34 - 6.78(สีเขียว)	97.46
ค่าสี a*	-33.36 - 6.1225(สีเขียว) + 3.8025(เมนทอล)^2	97.38
ค่าสี b*	36.09 - 1.845(สีเขียว) - 1.64(เมนทอล)^2	95.49
ความใส	0.88667 - 0.025(สีเขียว) + 0.0783 (เมนทอล)^2	88.64
สี	1.05 + 0.0975(สีเขียว) + 0.0125(เมนทอล)(สีเขียว) - (เมนทอล)^2	97.92
กลิ่นสมุนไพร	1.0043 + 0.045(เมนทอล) + 0.02(สีเขียว)	95.92
การละลาย	0.9767 + 0.0075(เมนทอล) + 0.0125(เมนทอล)(สีเขียว) - 0.0142(เมนทอล)^2	85.74
ความหวาน	0.9543 - 0.0075(เมนทอล) - 0.0125(เมนทอล)	81.25

สมการที่ได้เป็นสมการรูปแบบหุ่นทางคณิตศาสตร์ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของระดับการใช้ปัจจัยต่างๆ ที่ศึกษากับผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพและด้านประสาทสัมผัส ค่าR^2 จะบ่งบอกถึงความสัมพันธ์ของสมการว่ามีความเหมาะสมกับผลที่ได้อย่างไร ซึ่งสมการรูปแบบหุ่นทางคณิตศาสตร์นี้ต้องนำไปทำการถอดรหัส (Decoding) ของตัวแปรในแต่ละสมการเพื่อให้ได้สมการที่แท้จริง ดังแสดงในตารางที่ 4.26

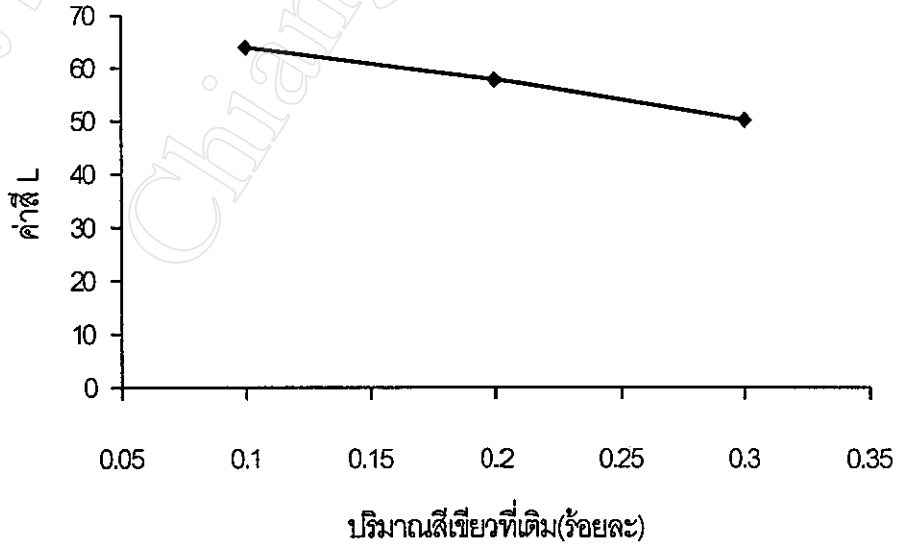
ตารางที่ 4.26 สมการถอดรหัสของคุณลักษณะต่างๆ ที่มีนัยสำคัญต่อผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งเมื่อทำการผันแปรปริมาณของ น้ำตาล กลูโคสไซรัป และน้ำมันหอมระเหย

สมการ (Code)	ความสัมพันธ์กับตัวแปร	R^2
ค่าสี L	70.9043 - 67.8 (สีเขียว)	97.46
ค่าสี a*	-5.905 - 6.1225(สีเขียว) + 3.8025(เมนทอล)^2	97.38
ค่าสี b*	36.09 - 1.845(สีเขียว) - 1.64(เมนทอล)^2	95.49
ความใส	1.2499 - 0.25(สีเขียว) - 3.1332(เมนทอล) + 7.833 (เมนทอล)^2	88.64
สี	1.225 - 1.2(เมนทอล) - 1.525(สีเขียว) + 12.5(เมนทอล)(สีเขียว) - 3.2(เมนทอล)^2	97.92
กลิ่นสมุนไพร	0.8743 + 0.45(เมนทอล) + 0.2(สีเขียว)	95.92
การละลาย	0.95499 + 0.3168(เมนทอล) - 0.175(สีเขียว)+ 0.125(เมนทอล)(สีเขียว) - 1.417(เมนทอล)^2	85.74
ความหวาน	0.9043 + 0.25(เมนทอล) + 0.25(สีเขียว) - 1.25(เมนทอล)(สีเขียว)	81.25

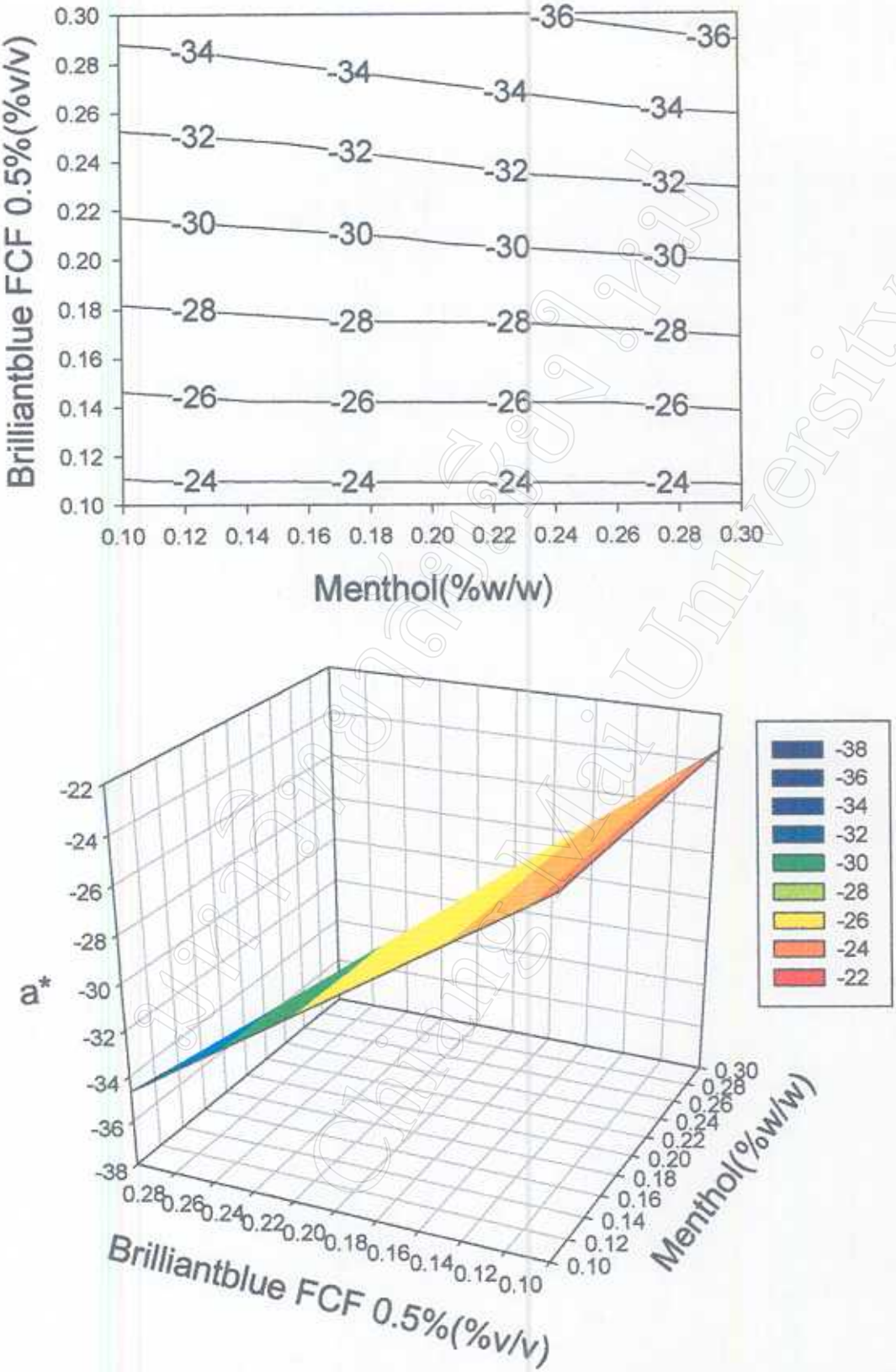
ตารางที่ 4.26 พบว่า สมการค่าสี L และกลิ่นสมุนไพร อยู่ในรูปสมการถดถอยเชิงเส้น (Linear regression) แสดงว่า ค่าสี L มีความสัมพันธ์กับปริมาณสีเขียวที่เติมลงไปเป็นแบบเส้นตรง ส่วนกลิ่นสมุนไพร พบว่า มีความสัมพันธ์กับปริมาณเมนทอลและสีเขียวที่เติมลงไปเป็นแบบเส้นตรงเช่นกัน

สำหรับ ค่าสี a* ค่าสี b* ความใส สี การละลาย และความหวาน มีความสัมพันธ์กับปริมาณเมนทอลและสีเขียวที่เติมลงไป รวมถึงความสัมพันธ์ร่วม (Interaction) ระหว่างปริมาณเมนทอลและสีเขียว ซึ่งสามารถอธิบายได้จากสมการถดถอยในรูปสมการยกกำลังสอง (Quadratic equation) โดยพบว่าการใช้ปริมาณเมนทอลและสีเขียวที่ระดับสูงคือ ร้อยละ 0.3 จะให้ ค่าสี a* สูงสุด คือ -36.69 $\pm$ 0.59 และทำให้ลักษณะความหวานและการละลายของผลิตภัณฑ์มีค่าจริงที่ใกล้เคียงกับลักษณะที่เป็นอุดมคติมากที่สุด การใช้ปริมาณเมนทอลและสีเขียวที่ระดับกลางคือ ร้อยละ 0.2 จะทำให้ ค่าสี b* สูงสุดคือ 36.48 $\pm$ 0.28 และลักษณะความชอบด้านสีและความใสของผลิตภัณฑ์มีค่าจริงที่ใกล้เคียงกับลักษณะที่เป็นอุดมคติมากที่สุด

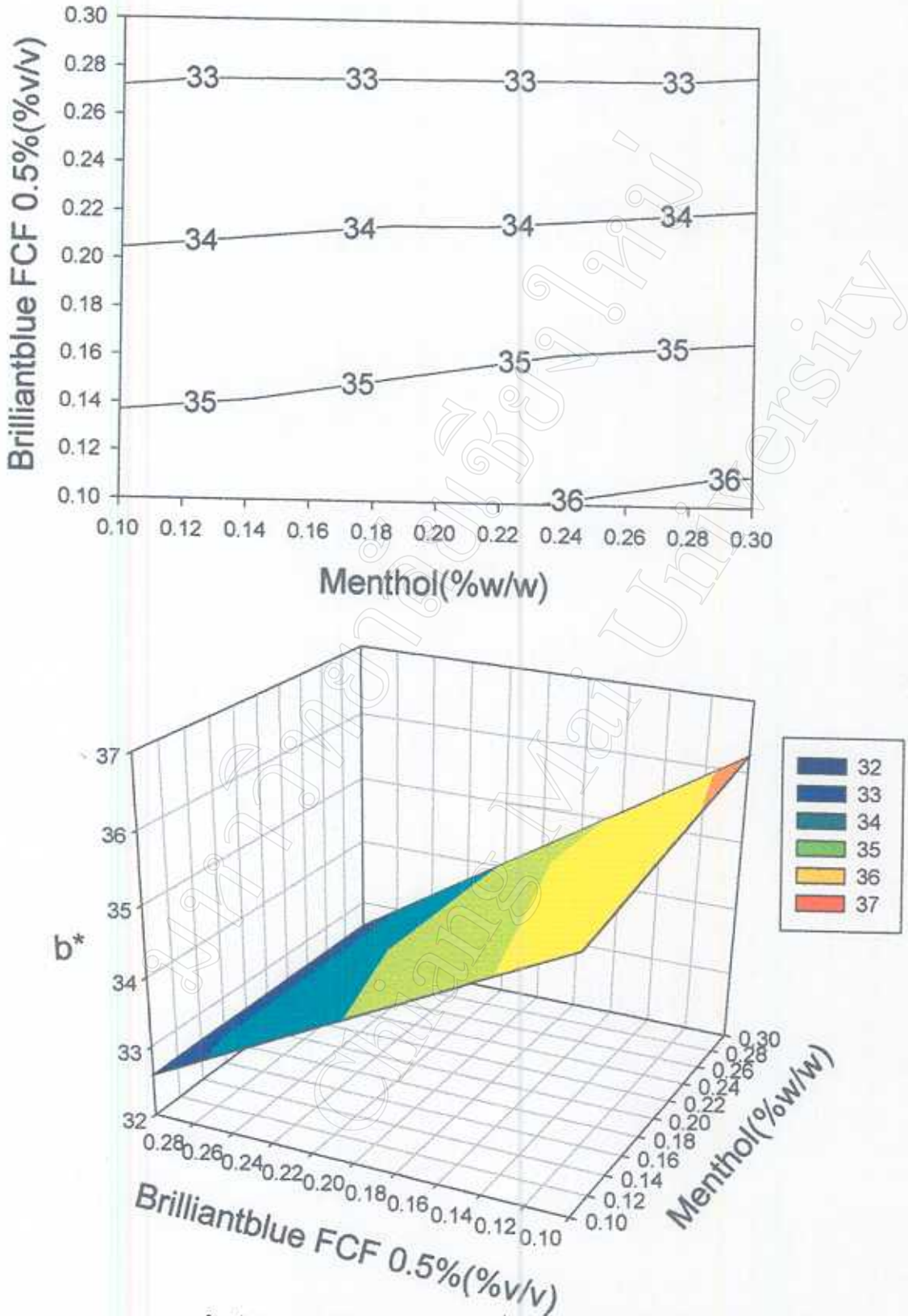
การตอบสนองของค่าลักษณะต่างๆ เมื่อใช้เมนทอลและสีเขียวในปริมาณที่เปลี่ยนแปลงไปสามารถนำมาสร้างเป็นกราฟพื้นที่การตอบสนองได้ แสดงดังภาพที่ 4.19 - 4.26



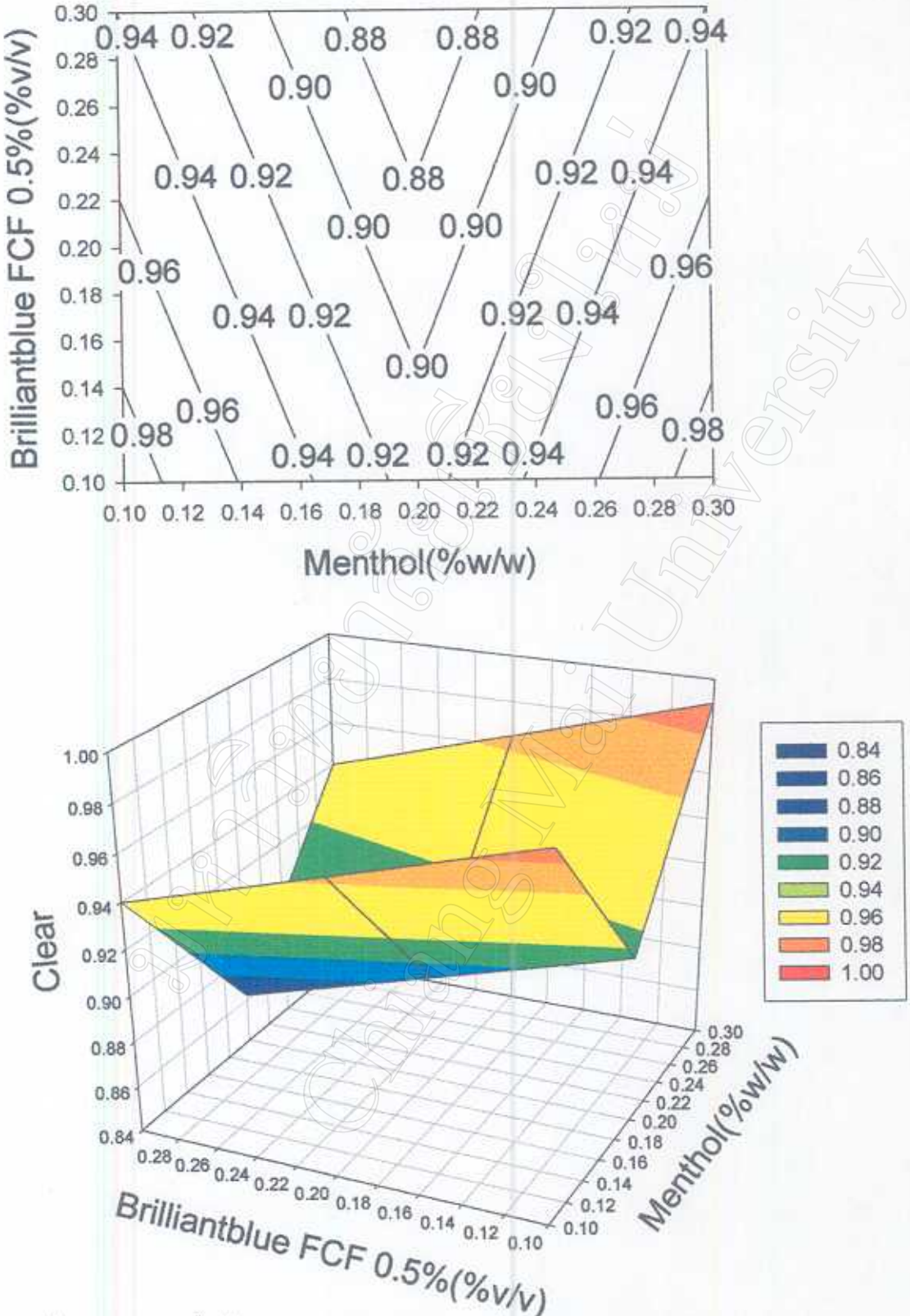
ภาพที่ 4.19 กราฟพื้นที่การตอบสนองของค่าสี L เมื่อมีการแปรระดับปริมาณการใช้เมนทอลและสีเขียว



<u>ภาพที่ 4.20</u> กราฟพื้นที่การตอบสนองของค่าสี a* เมื่อมีการแปรระดับปริมาณการใช้เมนทอล และสีเขียว

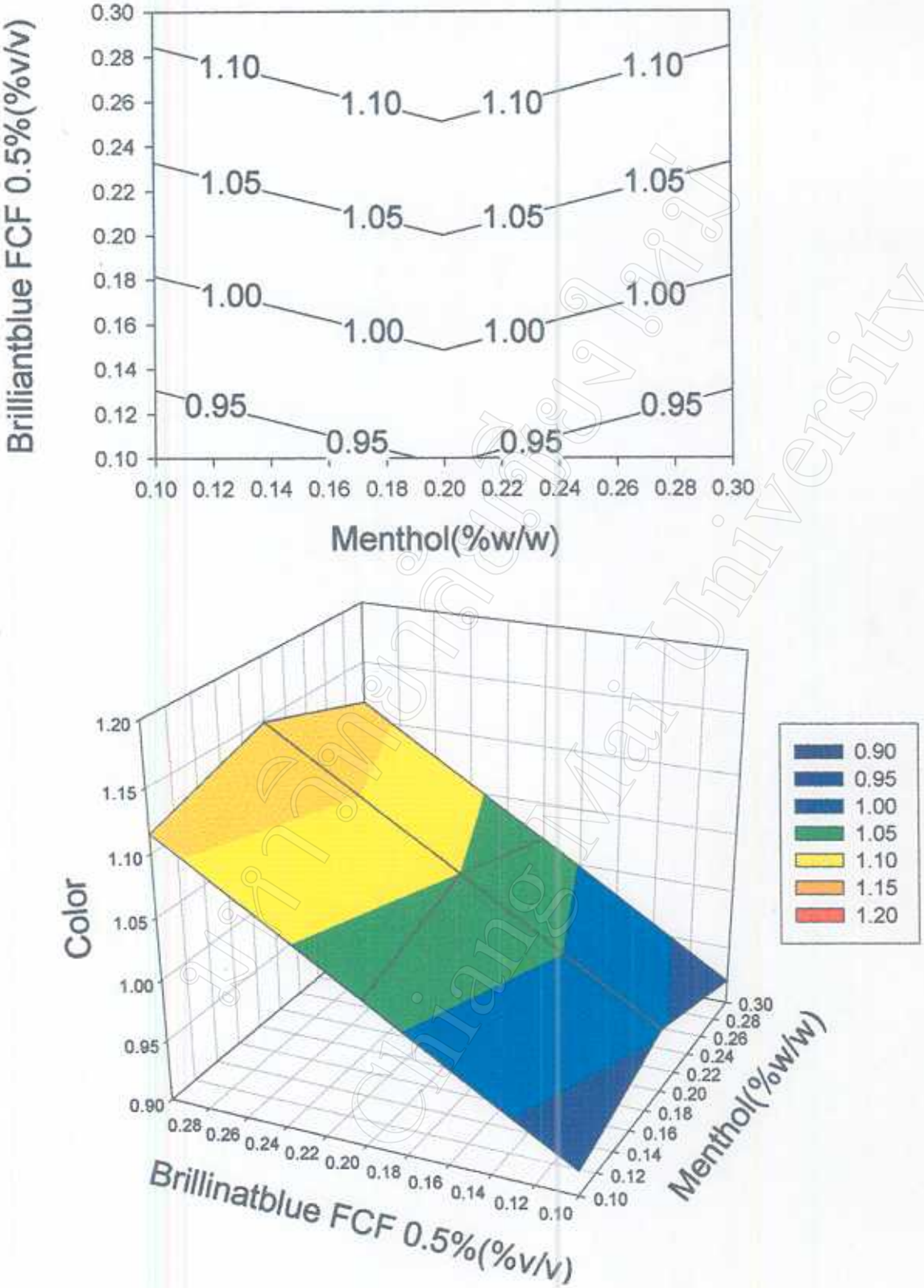


ภาพที่ 4.21 กราฟพื้นที่การตอบสนองของค่าสี b* เมื่อมีการแปรระดับปริมาณการใช้เมนทอลและสีเขียว



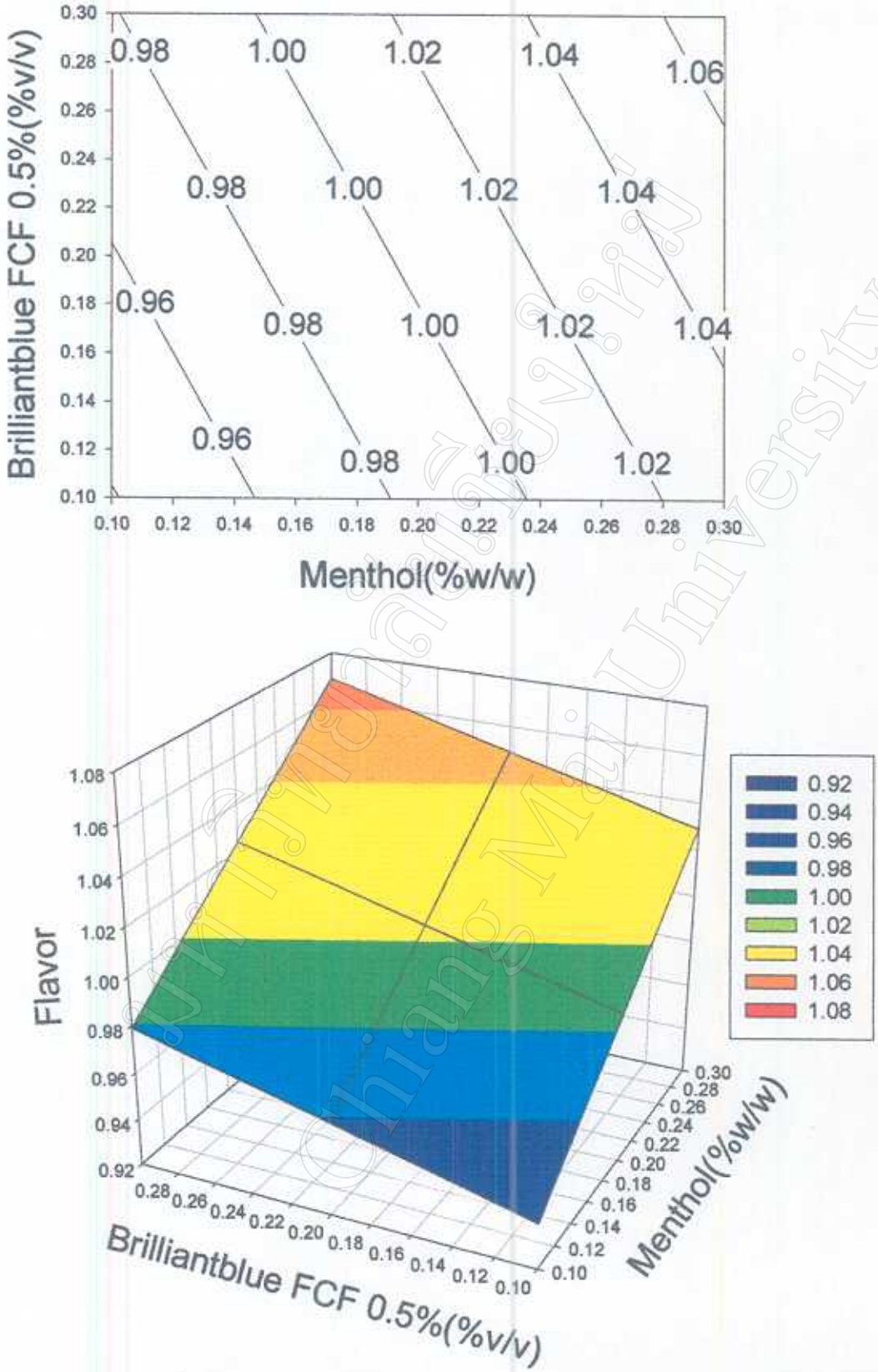
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ภาพที่ 4.22 กราฟพื้นที่การตอบสนองของความใสเมื่อมีการแปรระดับปริมาณการใช้เมนทอล และสีเขียว



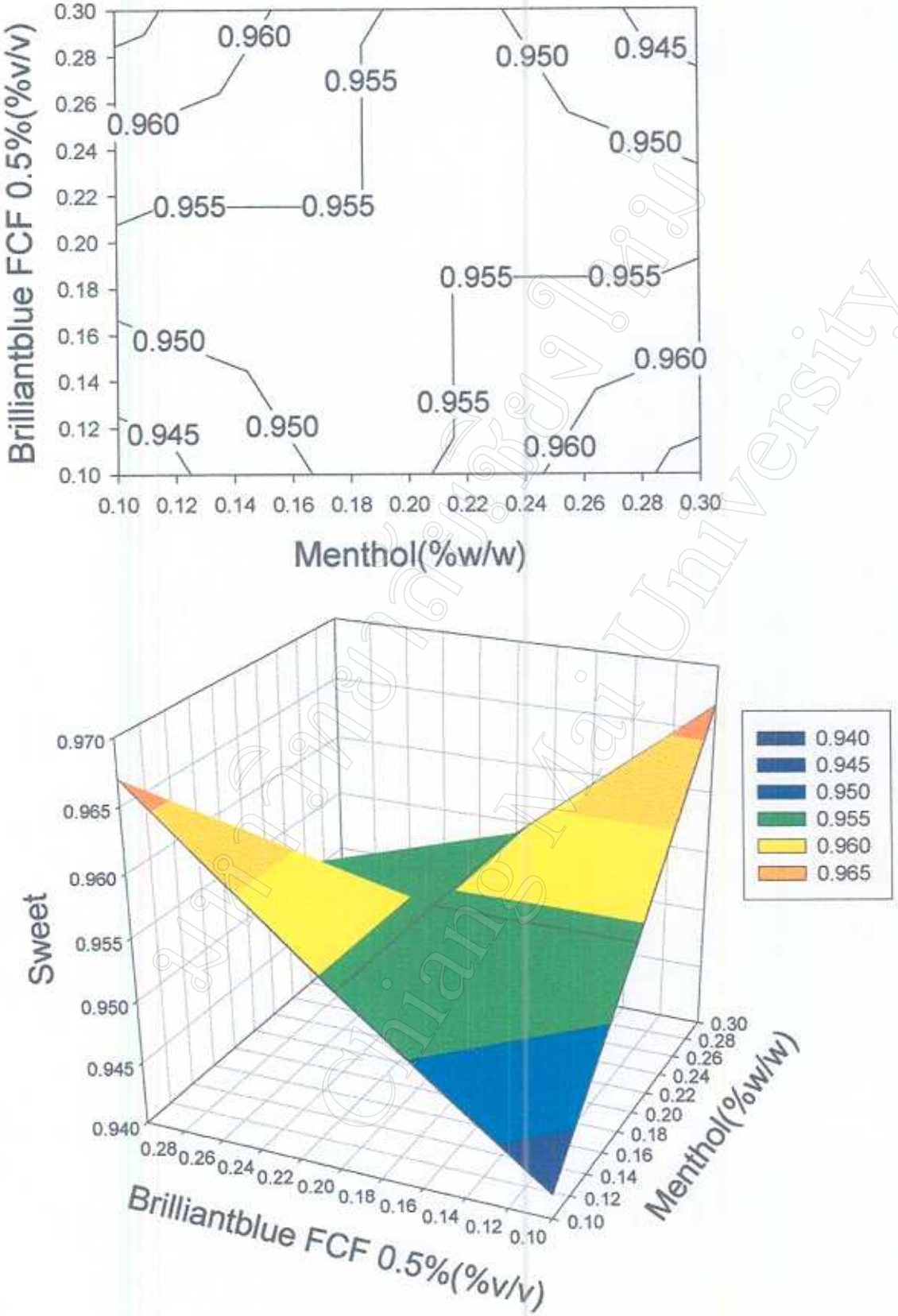
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

<u>ภาพที่ 4.23</u> กราฟพื้นที่การตอบสนองของความชอบทางด้านสีเมื่อมีการแปรระดับปริมาณการใช้เมนทอลและสีเขียว



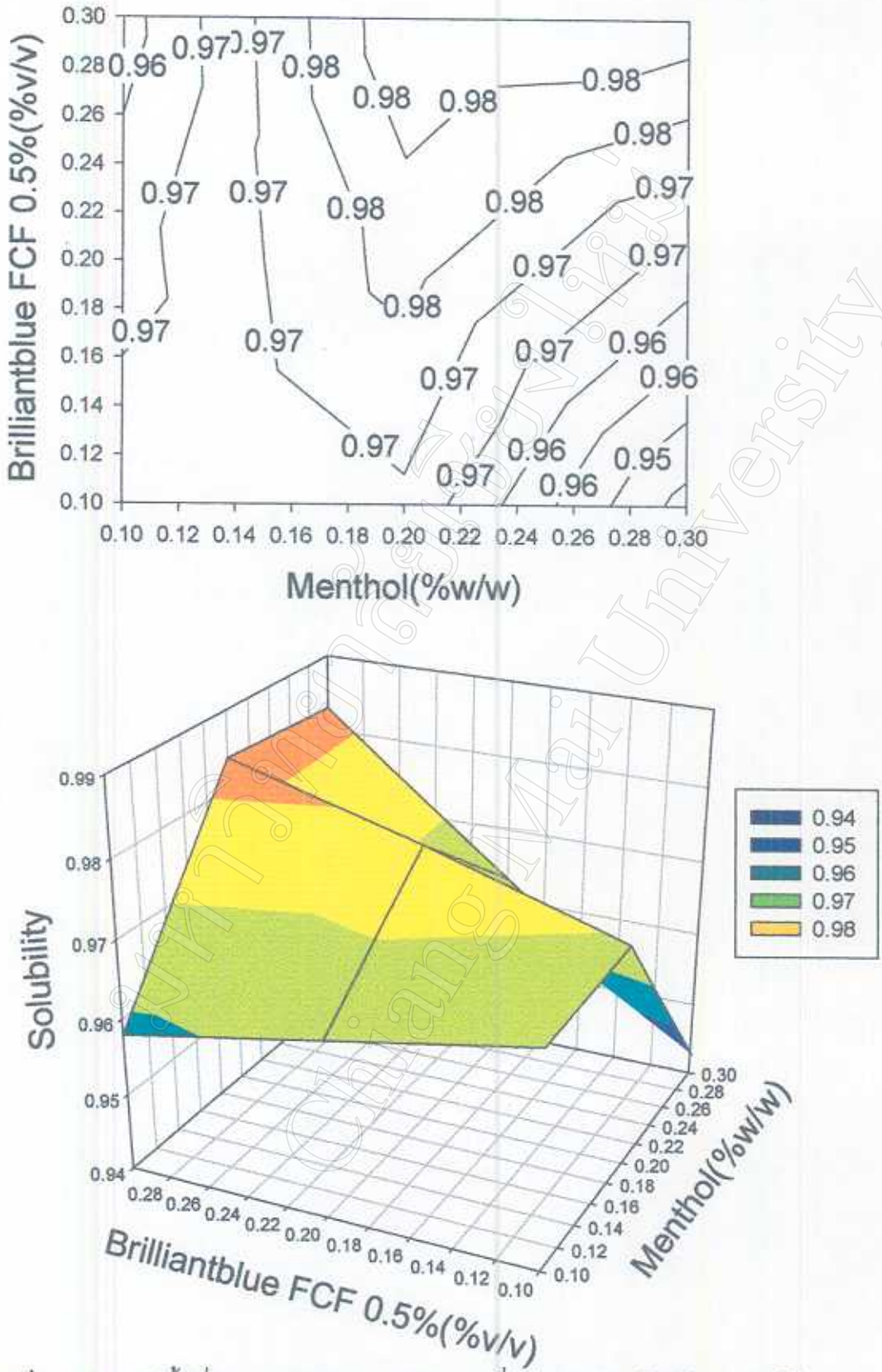
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ภาพที่ 4.24 กราฟพื้นที่การตอบสนองของกลิ่นเมื่อมีการแปรระดับปริมาณการใช้เมนทอลและสีเขียว



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University

<u>ภาพที่ 4.25</u> กราฟพื้นที่การตอบสนองของความหวานเมื่อมีการแปรระดับปริมาณการใช้เมนทอลและ สีเขียว



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ภาพที่ 4.26 กราฟพื้นที่การตอบสนองของการละลายเมื่อมีการแปรระดับปริมาณการใช้เมนทอลและ สีเขียว

ในการคำนวณหาปริมาณที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย ซึ่งได้แก่ เมนทอล และสีเขียว ทำได้โดยการนำระดับของปริมาณการใช้เมนทอลและสีเขียวในช่วงที่ทำการศึกษาแทนค่าลงในสมการที่มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ได้จากการถอดรหัสแล้ว เพื่อให้ได้ค่าการตอบสนองของแต่ละลักษณะให้มีค่า Mean ideal ratio profile เข้าใกล้ 1.00 มากที่สุด

สมการคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ทำการถอดรหัสแล้วนำมาแทนค่าระดับการใช้เมนทอลและสีเขียว ในช่วงที่ทำการศึกษา เพื่อให้ได้ค่า Mean ideal ratio profile เข้าใกล้ 1.00 มากที่สุด สามารถแสดงผลได้ดังนี้

ความใส = 1.2499 - 3.1332 (เมนทอล) - 0.25(สีเขียว) + 7.833 (เมนทอล)^2 R^2 = 88.64%

แทนค่า f (เมนทอล , สีเขียว) ได้ผลดังนี้

f(0.1,0.1) = 0.99
f(0.1,0.3) = 0.94
f(0.2,0.2) = 0.89
f(0.3,0.1) = 0.99
f(0.3,0.3) = 0.94

จากการแทนค่าในสมการความสัมพันธ์ของระดับเมนทอลและสีเขียวต่อคุณภาพทางด้านความใส พบว่าการใช้เมนทอลที่ระดับ ร้อยละ 0.1 และ 0.3 สีเขียวที่ระดับ ร้อยละ 0.1 จะให้ค่าการตอบสนองของคุณภาพทางด้านรสเย็นใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติมากที่สุด คือ มีค่าเท่ากับ 0.99 ดังนั้นคุณภาพทางด้านความใส สามารถเลือกใช้เมนทอลที่ระดับ ร้อยละ0.1 หรือ 0.3 ก็ได้ และใช้สีเขียวที่ระดับ ร้อยละ 0.1

สี = 1.225 - 1.2(เมนทอล) - 1.525(สีเขียว) + 12.5 (เมนทอล)(สีเขียว) R^2 = 97.92%

แทนค่า f (เมนทอล , สีเขียว) ได้ผลดังนี้

f(0.1,0.1) = 1.05
f(0.1,0.3) = 0.99
f(0.2,0.2) = 1.05
f(0.3,0.1) = 0.80
f(0.3,0.3) = 1.24

ในการแทนค่าสมการความสัมพันธ์ระหว่างระดับของเมนทอลและสีเขียวต่อคุณภาพทางด้านความใส พบว่าการใช้เมนทอลที่ระดับ ร้อยละ 0.1 สีเขียวที่ระดับ ร้อยละ 0.3 จะให้ค่าการตอบสนองของคุณภาพทางด้านรสเย็นใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติมากที่สุด คือ มีค่าเท่ากับ 0.99

กลิ่นสมุนไพร = 0.8743 + 0.45(เมนทอล) + 0.2(สี) R^2 = 95.92%

แทนค่า f (เมนทอล , สีเขียว) ได้ผลดังนี้

f(0.1,0.1) = 0.94
f(0.1,0.3) = 0.98
f(0.2,0.2) = 1.00
f(0.3,0.1) = 1.03
f(0.3,0.3) = 1.07

การแทนค่าในสมการความสัมพันธ์ของระดับเมนทอลและสีเขียวต่อคุณภาพทางด้านความใส พบว่าการใช้เมนทอลที่ระดับ ร้อยละ 0.2 สีเขียวที่ระดับ ร้อยละ 0.2 จะให้ค่าการตอบสนองของคุณภาพทางด้านรสเย็นใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติมากที่สุด คือ มีค่าเท่ากับ 1.00

ความหวาน = 0.9043 + 0.25(เมนทอล) +0.25(สีเขียว) - 1.25(เมนทอล)(สีเขียว) R^2 = 81.25%

แทนค่า f (เมนทอล , สีเขียว) ได้ผลดังนี้

f(0.1,0.1) = 0.94
f(0.1,0.3) = 0.97
f(0.2,0.2) = 0.95
f(0.3,0.1) = 0.97
f(0.3,0.3) = 0.94

การแทนค่าในสมการความสัมพันธ์ระหว่างระดับเมนทอลและสีเขียวต่อคุณภาพทางด้านความใส พบว่าการใช้เมนทอลที่ระดับ ร้อยละ 0.1และ 0.3 สีเขียวที่ระดับ ร้อยละ 0.1 และ 0.3 จะให้ค่าการตอบสนองของคุณภาพทางด้านรสเย็นใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติมากที่สุด คือ มีค่าเท่ากับ 0.97 ดังนั้นสามารถเลือกใช้เมนทอลและสีเขียวที่ระดับใดก็ได้ ระหว่างร้อยละ 0.1 กับ 0.3

การละลาย = 0.9549 + 0.3168(เมนทอล) - 0.175(สีเขียว) + 1.25(เมนทอล)(สีเขียว) - 1.417(เมนทอล)^2 R^2 = 85.74%

แทนค่า f (เมนทอล , สีเขียว) ได้ผลดังนี้

f(0.1,0.1) = 0.97
f(0.1,0.3) = 0.96
f(0.2,0.2) = 0.97
f(0.3,0.1) = 0.94
f(0.3,0.3) = 0.98

การแทนค่าในสมการความสัมพันธ์ระหว่างระดับเมนทอลและสีเขียวต่อคุณภาพทางด้านความใส พบว่าการใช้เมนทอลที่ระดับ ร้อยละ 0.3 สีเขียวที่ระดับ ร้อยละ 0.3 จะให้ค่าการตอบสนองของคุณภาพทางด้านรสเย็นใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติมากที่สุด คือ มีค่าเท่ากับ 0.98

นำค่าปริมาณส่วนผสมของแต่ละชนิดในทุกลักษณะมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อให้ได้ปริมาณของเมนทอลและสีเขียวที่เหมาะสมที่สุดต่อการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง ซึ่งได้ผลดังตารางที่ 4.27

ตารางที่ 4.27 ปริมาณของเมนทอลและสีเขียวที่เหมาะสมที่สุดต่อการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง

ลักษณะ	ปริมาณ (ร้อยละ)	
	เมนทอล	สีเขียว
ความใส	0.1	0.1
สี	0.1	0.3
กลิ่นสมุนไพร	0.2	0.2
ความหวาน	0.3	0.1
การละลาย	0.3	0.3
ค่าเฉลี่ย	**0.2**	**0.2**

จากตารางที่ 4.27 จะเห็นได้ว่า ระดับของปริมาณการใช้เมนทอลและสีเขียวนั้นสามารถใช้เป็นระดับที่เหมาะสมในการนำไปผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งได้ทุกระดับ แต่ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการทำการทดลองขั้นต่อไปจึงเลือกใช้ที่ระดับของค่าเฉลี่ย ซึ่งเท่ากับ ร้อยละ 0.2

ดังนั้นเมื่อพิจารณาโดยรวมถึงระดับการใช้ปริมาณของเมนทอลและสีเขียวที่ระดับเปลี่ยนแปลงไป หลังจากทำการถอดรหัสและทำการแทนค่าในสมการเพื่อหาระดับการใช้ที่เหมาะสม สามารถสรุปได้ดังนี้

เมนทอล ควรใช้ที่ระดับ ร้อยละ 0.2
สีเขียว ควรใช้ที่ระดับ ร้อยละ 0.2

4.4 ผลการศึกษากรรมวิธีการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง

การพัฒนาสูตรการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งในการทดลองที่ผ่านมา ทำให้สามารถสรุปสูตรที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งที่เหมาะสมและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ในขั้นตอนนี้จะเป็นการทดลองหากระบวนการผลิตที่เหมาะสม ซึ่งในขั้นตอนการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งนั้นมีปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์มากที่สุด คือ อุณหภูมิที่ใช้ในการผลิต จึงทำการผันแปรระดับของอุณหภูมิที่ใช้เป็น 3 ระดับ คือ ที่อุณหภูมิ 140, 150 และ 160 องศาเซลเซียสและทุกระดับได้ทำการทดลองโดยมีจำนวนทั้งหมด 3 ซ้ำ เมื่อทำการผสมส่วนผสมต่างๆ ตามสูตรที่ผ่านการพัฒนามาแล้วในการทดลองขั้นต้นจนครบ 9 สิ่งทดลอง นำไปเคี่ยวที่อุณหภูมิระดับต่างๆ จากนั้นนำสิ่งทดลองที่ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี กายภาพ รวมถึงคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ ผลแสดงดังตารางที่ 4.28 4.29 และ4.30

ตารางที่ 4.28 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งเมื่อทำการเคี่ยวที่อุณหภูมิระดับต่าง ๆ

สิ่งทดลอง	ค่าสี L	ค่าสี a*	ค่าสี b*
1 (140)	60.97 ± 1.48*	- 34.47^{b} ± 0.94	36.89 ± 0.89
2 (150)	60.02 ± 1.02	- 33.84^{b} ± 0.86	36.64 ± 0.93
3 (160)	59.49 ± 1.82	- 32.32^{a} ± 0.97	36.33 ± 0.66

หมายเหตุ : * ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $P \leq 0.05$

ตารางที่ 4.29 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งเมื่อทำการเคี่ยวที่อุณหภูมิระดับต่าง ๆ

สิ่งทดลอง	ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์	ความเป็นกรด - ด่าง	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด(ร้อยละ)	เถ้าซัลเฟต (ร้อยละ)	ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด(ร้อยละ)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์(ร้อยละ)	ปริมาณน้ำตาลซูโครส(ร้อยละ)	ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (ร้อยละ)
1 (140)	$0.13^{a} \pm 0.01$*	4.97 ± 0.02	$89.45^{b} \pm 1.53$	0.09 ± 0.03	0.06 ± 0.30	$17.76^{c} \pm 0.13$	51.36 ± 0.74	69.13 ± 0.64
2 (150)	$0.11^{ab} \pm 0.01$	4.45 ± 0.12	$92.10^{a} \pm 0.85$	0.05 ± 0.03	0.06 ± 0.01	$18.22^{b} \pm 0.11$	51.02 ± 0.91	69.24 ± 0.84
3 (160)	$0.09^{b} \pm 0.01$	4.25 ± 0.06	$92.21^{a} \pm 1.24$	0.07 ± 0.03	0.06 ± 0.02	$19.09^{a} \pm 0.29$	50.94 ± 0.44	69.96 ± 0.69

หมายเหตุ : * ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $P \leq 0.05$

ตารางที่ 4.30 ค่าสัดส่วนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะของผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งเมื่อทำการเคี่ยวที่อุณหภูมิระดับต่าง ๆ

สิ่งทดลอง	ความใส	ความหวาน	รสเย็น	กลิ่นสมุนไพร	ความแข็ง	การละลาย	การยอมรับรวม
1 (140)	0.98 ± 0.01*	0.97 ± 0.01	1.06 ± 0.01	1.01 ± 0.01	$1.07^{a} \pm 0.01$	$0.95^{b} \pm 0.01$	0.79 ± 0.01
2 (150)	0.98 ± 0.02	0.97 ± 0.03	1.06 ± 0.01	1.01 ± 0.01	$1.02^{b} \pm 0.01$	$0.99^{a} \pm 0.03$	0.83 ± 0.02
3 (160)	0.98 ± 0.02	0.95 ± 0.03	1.05 ± 0.01	1.00 ± 0.01	$1.01^{b} \pm 0.01$	$0.99^{a} \pm 0.01$	0.82 ± 0.01

หมายเหตุ : * ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ + ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $P \leq 0.05$

ตารางที่ 4.28 แสดงถึงระดับของอุณหภูมิที่ใช้ในการผลิตที่แตกต่างกันทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี a* (แดง - เขียว) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $P \leq 0.05$ ส่วนคุณภาพทางด้านค่าสี L (ค่าความสว่าง) และ ค่าสี b* (เหลือง - น้ำเงิน) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $P > 0.05$

คุณภาพทางด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์จะแปรผันกับระดับของอุณหภูมิที่ใช้ในการเคี่ยว กล่าวคือ เมื่อระดับของอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะทำให้คุณภาพทางด้านกายภาพลดลง จากตารางจะเห็นได้ว่า ที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์จะมี ค่าสี L (ค่าความสว่าง) ค่าสี a* (แดง - เขียว) และ ค่าสี b* (เหลือง - น้ำเงิน) อยู่ในระดับสูง คือ จะมีความสว่างมาก แต่มีสีเขียวและสีเหลืองที่ซีดจางกว่า ในทางตรงกันข้ามที่ระดับอุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์จะมีค่าดังกล่าวต่ำกว่า ซึ่งหมายความว่ามีความสว่างน้อยกว่าแต่มีสีค่อนข้างเป็นสีเขียวและสีเหลืองเข้มกว่า ทั้งนี้อาจมีสาเหตุเนื่องมาจากการใช้อุณหภูมิที่สูงเกินไปทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากความร้อน ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีค่อนข้างออกสีน้ำตาลไหม้ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความสว่างน้อยและมีสีเข้มมากขึ้น

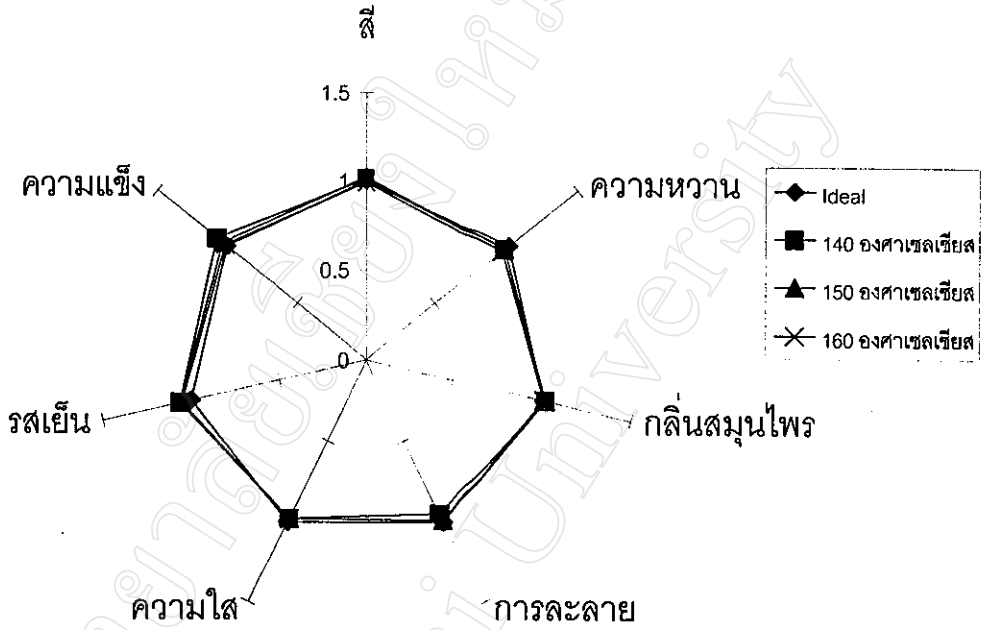
ตารางที่ 4.29 พบว่า ระดับของอุณหภูมิที่ใช้ในการผลิตที่แตกต่างกันทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $P \leq 0.05$ โดยพบว่า การเคี่ยวที่อุณหภูมิ 140 และ 150 องศาเซลเซียส มีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีผลต่อค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่การเคี่ยวที่ระดับอุณหภูมิ 150 และ 160 องศาเซลเซียส จะมีผลต่อค่าน้ำที่เป็นประโยชน์และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีผลต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับการเคี่ยวที่ระดับอุณหภูมิ 140 และ 160 องศาเซลเซียสนั้น พบว่ามีผลต่อค่าต่างๆ ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ระดับอุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส จะมีค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ต่ำสุด คือ 0.09 ± 0.01 มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้สูงสุด คือ 92.21 ± 1.24 และมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงสุด คือ 19.09 ± 0.29

สำหรับปริมาณเถ้าซัลเฟต ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด ปริมาณน้ำตาลซูโครส และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ $P > 0.05$

ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์เป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อคุณภาพและการเน่าเสียของอาหาร เนื่องจากค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ซึ่งเป็นต้นเหตุที่ทำให้อาหารเน่าเสีย จุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะเจริญเติบโตได้ดีเมื่อค่าน้ำที่เป็นประโยชน์อยู่ในช่วง 0.6 - 1 โดยเฉพาะยีสต์และราซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ลูกกวาดเกิดการเสื่อมเสียนั้นจะเจริญเติบโตได้ดีเมื่อค่าน้ำที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำ คือ 0.6 ในทางตรงกันข้ามเชื้อแบคทีเรียจะเจริญได้ดีเมื่อค่าน้ำที่เป็นประโยชน์สูงกว่า 0.75 และมีเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคเพียงบางชนิดเท่านั้นที่สามารถเจริญได้เมื่อค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ต่ำกว่า 0.86 (Macrae, et al., 1993) ดังนั้นการลดปริมาณน้ำในอาหารให้น้อยลงเพื่อให้ได้ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ลดต่ำลงจึงเป็นการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ วิธีการลดปริมาณน้ำอาจใช้วิธีการทำแห้งหรือการเติมตัวถูกละลายลงไป เช่น การเติมน้ำตาล หรือการเติมเกลือลงไปในผลิตภัณฑ์ (นิธิยา, 2539) สำหรับผลิตภัณฑ์ลูกกวาดนั้น นอกจากจะมีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบหลักแล้วยังมีการเติมกลูโคสไซรัปลงไปในส่วนผสมเพื่อช่วยให้น้ำตาลละลายได้มากขึ้นแล้วยังช่วยป้องกันการเสื่อมเสียจากเชื้อจุลินทรีย์ได้ด้วย โดยทั้งนี้ผลิตภัณฑ์จะต้องมีความเข้มข้นสูงกว่าร้อยละ 75 ขึ้นไป (สายสนม และสิรี, 2539)

เมื่อพิจารณาโดยรวมจากคุณภาพทางเคมีแล้ว พบว่า อุณหภูมิทั้ง 3 ระดับ สามารถใช้เป็นปัจจัยในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพได้ อย่างไรก็ตามควรต้องนำข้อมูลคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสมาร่วมในการพิจารณาด้วย

ตารางที่ 4.30 นำค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) ของลักษณะต่างๆ ในทุกสิ่งทดลอง จะถูกนำมาสร้างเป็นรูปเค้าโครงลักษณะเป็นกราฟใยแมงมุม ดังแสดงในภาพที่ 4.27



<u>ภาพที่ 4.27</u> กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งเมื่อทำการเคี่ยวที่อุณหภูมิระดับต่างๆ

ในการพิจารณาหาระดับของอุณหภูมิในการเคี่ยวที่เหมาะสมนั้น สามารถทำได้โดยการนำข้อมูลทางด้านประสาทสัมผัสมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน เพื่อทราบถึงอุณหภูมิที่ใช้ในการเคี่ยวที่ระดับต่างๆ มีผลต่อคุณลักษณะใดของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญบ้างซึ่งผลแสดงในตารางที่ 4.31

<u>ตารางที่ 4.31</u> ค่า Mean ideal ratio score ของคุณลักษณะต่างๆ ที่มีนัยสำคัญต่อผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งเมื่อทำการเคี่ยวที่อุณหภูมิระดับต่างๆ

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความแข็ง	การละลาย	สี
140	$1.07^{a} \pm 0.01$	$0.95^{b} \pm 0.01$	$1.01^{ab} \pm 0.02$
150	$1.02^{b} \pm 0.01$	$0.99^{a} \pm 0.03$	$1.02^{a} \pm 0.01$
160	$1.01^{b} \pm 0.01$	$0.99^{a} \pm 0.01$	$0.99^{b} \pm 0.04$

หมายเหตุ : * ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $P \leq 0.05$

ตารางที่ 4.31 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ของอุณหภูมิที่ใช้ในการเคี่ยวที่ระดับต่างๆ ต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ ทำให้ทราบว่า อุณหภูมิมีผลต่อ คุณลักษณะทางด้านความแข็ง การละลาย และสี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Significant Difference (LSD) พบว่า การใช้อุณหภูมิที่ระดับ 150 และ 160 องศาเซลเซียส จะให้ค่าการตอบสนองของคุณลักษณะทางด้านความแข็งที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) และให้ค่าการตอบสนองใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติมากที่สุด คือ มีค่าเท่ากับ 1.01 และ 1. 02 ตามลำดับ เช่นเดียวกับคุณลักษณะทางด้านการละลาย ซึ่งพบว่าการใช้อุณหภูมิที่ระดับ 150 และ 160 องศาเซลเซียส จะให้ค่าการตอบสนองของคุณลักษณะทางด้านการละลายที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) และให้ค่าการตอบสนองใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติมากที่สุด คือ มีค่าเท่ากับ 0.99 สำหรับคุณลักษณะทางด้านสี พบว่า อุณหภูมิทั้ง 3 ระดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยการใช้อุณหภูมิที่ระดับ 140 และ 160 องศาเซลเซียส ให้ค่า การตอบสนองใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติมากที่สุด คือ มีค่าเท่ากับ 0.99 และ 1.01

ดังนั้นเมื่อพิจารณาโดยรวมถึงระดับของอุณหภูมิที่ใช้ในการเคี่ยวทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ 140 150 และ 160 องศาเซลเซียส หลังจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส สามารถสรุปได้ว่า ระดับของอุณหภูมิที่ใช้ในการเคี่ยวที่แตกต่างกัน มีผลทำให้คุณภาพทางด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งการเคี่ยวที่ระดับอุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพโดยรวมดีกว่าที่ระดับ 140 และ150 องศาเซลเซียส

4.5 การผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งโดยใช้สูตรและกรรมวิธีที่เหมาะสมที่ผ่านกระบวนการพัฒนามาแล้วในขั้นตอนที่ 1 2 3 และ 4

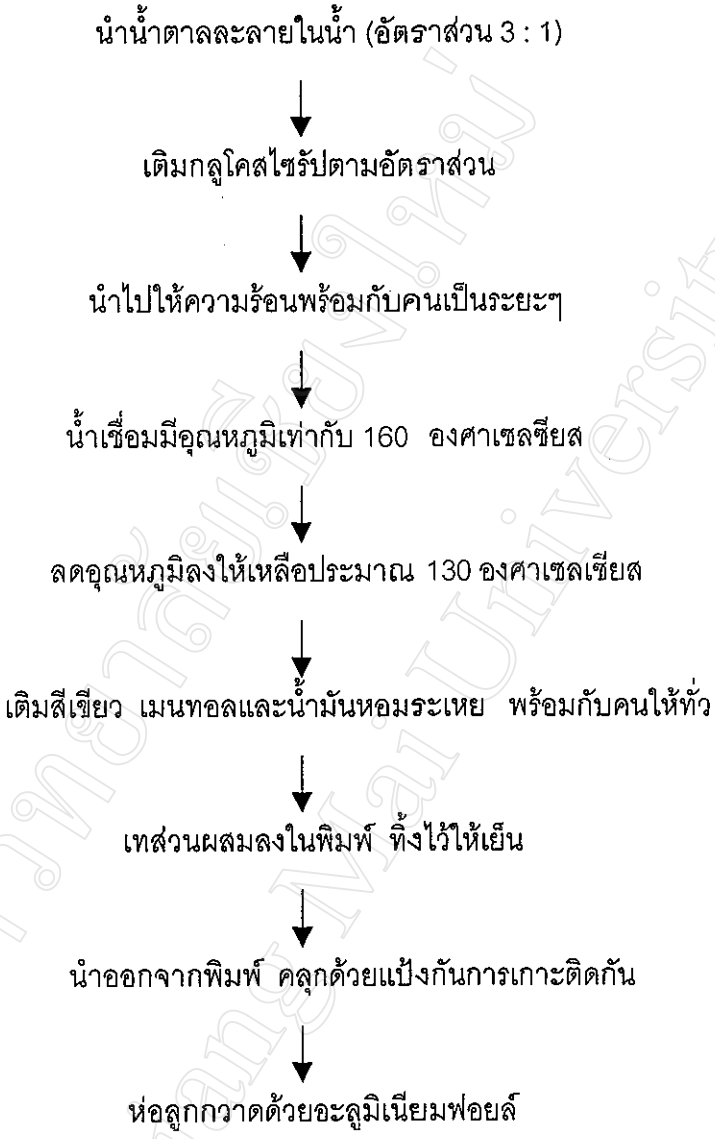
เมื่อได้สูตรและกระบวนการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งที่เหมาะสมจากการทดลองในขั้นตอนต่างๆ ที่ได้ทำการพัฒนามาแล้วข้างต้น ขั้นตอนนี้เป็นการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งตามสูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสมแล้วทำการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ ประสาทสัมผัส เคมี และจุลชีววิทยา เพื่อทำการสรุปผลการทดลองต่อไป

<u>สูตรการผลิต</u>

น้ำตาล	ร้อยละ 50
กลูโคสไซรัป	ร้อยละ 50
น้ำมันหอมระเหย	ร้อยละ 0.2
เมนทอล	ร้อยละ 0.2
สีเขียว	ร้อยละ 0.2

<u>กระบวนการผลิต</u> แสดงดังภาพที่ 4.28

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



ภาพที่ 4.28 แผนภาพแสดงกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง

เมื่อทำการผลิตผลิตภัณฑ์ตามสูตรและกระบวนการผลิตข้างต้นเรียบร้อยแล้วจากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปทำการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา และทางด้านประสาทสัมผัส ผลแสดงดังตารางที่ 4.32, 4.33, 4.34 และภาพที่ 4.29, 4.30

ตารางที่ 4.32 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งที่ผลิตโดยใช้สูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสม

คุณภาพ	ผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง	มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมลูกกวาดชนิดแข็ง ✉
ค่าสี L (ความสว่าง)	58.32 ± 1.08*	-
ค่าสี a* (สีแดง - เขียว)	-32.35 ± 0.40	-
ค่าสี b* (สีเหลือง - น้ำเงิน)	36.04 ± 0.48	-
ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์	0.09 ± 0.34	-
ความชื้นสัมพัทธ์ของผลิตภัณฑ์	9.00 ± 0.34	-
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	3.58 ± 0.07	ไม่เกิน ร้อยละ 3
ค่าความเป็นกรด - ด่าง	4.24 ± 0.04	-
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด(ร้อยละ)	92.21 ± 1.43	-
ปริมาณเถ้าซัลเฟต (ร้อยละ)	0.04 ± 0.03	ไม่เกิน ร้อยละ 1.5
ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด (ร้อยละ)	0.05 ± 0.02	ไม่เกิน ร้อยละ 0.2
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (ร้อยละ)	18.94 ± 0.22	-
ปริมาณน้ำตาลซูโครส (ร้อยละ)	51.98 ± 0.49	-
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (ร้อยละ)	70.92 ± 0.56	-
เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด	< 30 โคโลนี / กรัม	-
ยีสต์และรา	ไม่พบ	-
Escherichia Coli.	ไม่พบ	-

หมายเหตุ : * ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ที่มา : ✉ มอก., 2530

ตารางที่ 4.32 เป็นค่าคุณภาพทางด้านเคมี ซึ่งได้แก่ ปริมาณเถ้าซัลเฟตและปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรดของผลิตภัณฑ์ มีปริมาณเป็นไปตามที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำหนด กล่าวคือ ต่ำกว่า ร้อยละ 1.5 และ 0.2 ตามลำดับ สำหรับปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่วิเคราะห์ได้ พบว่ามีค่าสูงกว่าที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำหนด คือ มากกว่าร้อยละ 3 การที่ผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นสูงกว่าร้อยละ 3 นี้จะมีผลกระทบต่ออายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ โดยผลิตภัณฑ์จะเกิดการดูดความชื้นส่งผลให้มีค่าความชื้นเพิ่มขึ้นและทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง

ของผลิตภัณฑ์โดยมีลักษณะที่เยิ้มเปียก ยืดเหนียว และเกิดการตกผลึก ซึ่งเป็นลักษณะที่บ่งชี้ถึงการเสื่อมเสียทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้อาจเกิดจากสาเหตุ 3 ประการ คือ

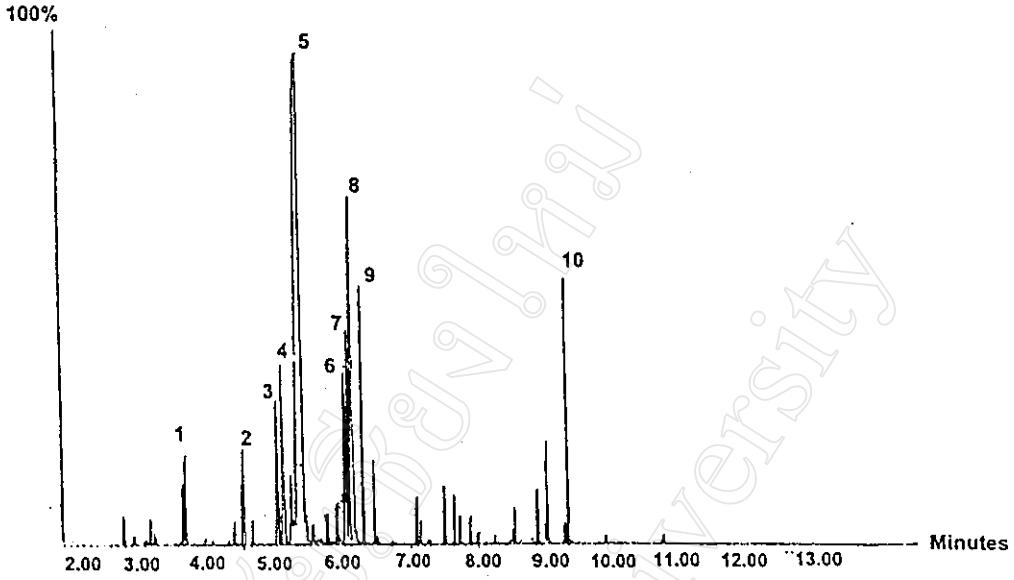
กระบวนการผลิตที่ไม่เหมาะสม เนื่องจากกระบวนการที่ใช้ในการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งเป็นกระบวนการผลิตแบบดั้งเดิม (Open fire cooking) ซึ่งเหมาะกับการผลิตในปริมาณไม่มากและเป็นวิธีการผลิตที่ง่าย ไม่ต้องอาศัยอุปกรณ์จำนวนมาก แต่มีข้อเสีย คือ จำเป็นจะต้องผลิตที่อุณหภูมิสูง คือ 160 - 165.5 องศาเซลเซียส เพื่อช่วยรักษาปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ให้อยู่ในระดับต่ำ แต่ที่ระดับอุณหภูมิสูงก็จะทำให้เกิดการสลายตัว(Inversion) ของน้ำตาล ทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำตาลอินเวอร์ตสูงซึ่งส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ดูดความชื้นได้ง่าย (Minifie, 1989) Hess (1995) ได้กล่าวว่า การผลิตลูกกวาดชนิดแข็งด้วยวิธี Open fire cooking จะให้ผลผลิตและคุณภาพต่ำและทำให้เกิดปัญหามาก แต่การผลิตด้วยวิธี Batch vacuum cooking จะให้ผลผลิตและคุณภาพสูงกว่าแบบ Open fire cooking ส่วนการผลิตแบบวิธี Universal cooker (Faster cooking) จะเป็นการปรับปรุงให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความใสมากขึ้น ลดขบวนการเกิด inversion และเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้น สำหรับวิธี Continuous batch cooker มีการแลกเปลี่ยนความร้อนได้รวดเร็วและเป็นระบบ Vacuum อย่างต่อเนื่อง ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความใสมากขึ้น การเกิด inversion และความชื้นลดลง แต่วิธี Continuous cooker และ Continuous coil cooker จะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความใสมากกว่าระบบ Batch ส่วนผสมต่างๆ สามารถผสมลงไปในระบบที่เป็นแบบปิดได้ ทำให้ลดการสูญเสียสารประเภท Volatile

วิธีการขึ้นรูป โดยการใช้วิธีการหยอดลงพิมพ์ ลูกกวาดชนิดแข็งที่ขึ้นรูปด้วยวิธีนี้จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อแข็ง ใสเพราะน้ำตาลละลายได้อย่างสมบูรณ์ ผิวเนียน เรียบลื่น แต่มีข้อเสียคือมักเหนียวติดมือง่าย ทั้งนี้เพราะการต้มเคี่ยวต้องใช้อุณหภูมิสูง ทำให้เกิดน้ำตาลรีดิวซ์ในรูปน้ำตาลอินเวอร์ตในปริมาณมาก ซึ่งนับว่าเป็นจุดด้อยของผลิตภัณฑ์เพราะจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บที่สั้นลง แต่สามารถแก้ไขได้ด้วยการใช้วัสดุบรรจุที่ดี และรีบทำการห่อให้รวดเร็ว (สุวรรณา, 2543)

ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ขณะทำการผลิตและการบรรจุสูงเกินไป ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์จะมีผลต่อปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ หากผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ผลิตภัณฑ์จะไม่สูญเสียความชื้นหรือเกิดการตกผลึก แต่หากผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศก็จะทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการดูดความชื้นและเกิดการตกผลึก โดยปกติปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของผลิตภัณฑ์ไม่ควรเกิน ร้อยละ 30 (Lees and Jackson, 1973) ดังนั้นถ้าทำการผลิต บรรจุหรือเก็บผลิตภัณฑ์ในบรรยากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงกว่านี้ ลูกกวาดจะเกิดการดูดซับไอน้ำเข้าไป ยิ่งถ้าความชื้นสูงๆ ผลิตภัณฑ์ก็จะยิ่งดูดความชื้นจนทำให้น้ำตาลรอบๆ เม็ดละลายเป็นชั้นเหนียวเยิ้ม ซึ่งจากการทดลองจะเห็นได้ว่า ถึงแม้ว่าจะทำการทดลองในห้องที่มีการควบคุมอุณหภูมิที่ 20 องศาเซลเซียสแล้ว แต่พบว่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในห้องที่ทำการทดลองยังคงอยู่ที่ระดับสูงคือ ร้อยละ 42 กล่าวได้ว่า ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศยังคงอยู่ในระดับที่สูงกว่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของผลิตภัณฑ์ค่อนข้างมาก จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการดูดความชื้นได้อย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณความชื้นที่สูงกว่าตามที่ทางมาตรฐานอุตสาหกรรมกำหนดไว้

สำหรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ถ้าหากผลิตภัณฑ์มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่ำกว่า ร้อยละ 75 จะทำให้เกิดการตกผลึก และอาจเกิดการเสื่อมเสียเนื่องมาจากยีสต์และราได้ (Lees and Jackson, 1973) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ในระดับที่สามารถป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ คือ ร้อยละ 92.21 $\pm$ 1.43 ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลชีววิทยา กล่าวคือ ตรวจพบจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 30 โคโลนีต่อกรัม และไม่พบยีสต์และราในผลิตภัณฑ์

เมื่อนำผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งที่ผ่านการพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตมาละลายน้ำแล้วนำไปสกัดน้ำมันหอมระเหยเพื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณและองค์ประกอบของสารที่มีอยู่ในน้ำมันหอมระเหยหลังเติมลงในผลิตภัณฑ์ ผลการวิเคราะห์ แสดงดังภาพที่ 4.29 และตารางที่ 4.33 และผลการเปรียบเทียบปริมาณและองค์ประกอบของสารที่มีอยู่ในน้ำมันหอมระเหยก่อนและหลังเติมลงในผลิตภัณฑ์ แสดงดังตารางที่ 4.34



<u>ภาพที่ 4.29</u> โครมาโตแกรมของน้ำมันหอมระเหยของสมุนไพรทั้ง 9 ชนิด ที่สกัดได้จากผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งที่ผลิตด้วยสูตรและกรรมวิธีที่เหมาะสม

<u>ตารางที่ 4.33</u> สารประกอบที่พบในน้ำมันหอมระเหยของสมุนไพรทั้ง 9 ชนิดที่สกัดได้จากผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งที่ผลิตด้วยสูตรและกรรมวิธีที่เหมาะสมจากโครมาโตแกรม

Peak Number	Compounds	Percent Relative
1	1,8 - Cineole	1.61
2	β - Thujone	1.96
3	Camphor	3.42
4	L - Limonene	3.89
5	L - Menthol	43.65
6	Neral	4.23
7	L - Carvone	4.16
8	Geraniol	9.81
9	Citral a	4.77
10	Bisabolol oxide A	3.68

ตารางที่ 4.34 การเปรียบเทียบปริมาณของสารประกอบที่พบในน้ำมันหอมระเหยของสมุนไพรทั้ง 9 ชนิด ก่อนทำการเติมลงในผลิตภัณฑ์และหลังจากทำการผลิตผลิตภัณฑ์ในสูตรและกรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสมแล้ว

Compounds	Percent Relative Before Process	Percent Relative After Process
α - Pinene	4.75	0.42
1,8 - Cineole	3.29	1.61
α - Thujone	3.43	0.47
β - Thujone	0.94	1.96
Limonene	1.97	-
Camphor	6.47	3.42
L – Menthone	3.31	3.89
L – Menthol	-	43.65
Menthol	5.18	-
Neral	5.18	4.23
Carvone	4.53	-
L – Carvone	-	4.16
Geraniol	15.36	9.81
Citral a	7.12	4.77
Bisabolol oxide A	9.34	3.68

ตารางที่ 4.34 เมื่อทำการเปรียบเทียบชนิดและปริมาณของสารประกอบที่มีอยู่ในน้ำมันหอมระเหยก่อนทำการเติมลงไปในผลิตภัณฑ์และหลังจากเติมลงไปในผลิตภัณฑ์ พบว่า ชนิดของสารประกอบมีความแตกต่างกันบ้างเล็กน้อย ทั้งนี้อาจมีสาเหตุจากการสูญเสียโครงสร้างเนื่องจากความร้อนหรือการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น นอกจากนี้ยังสังเกตเห็นว่า Geraniol ซึ่งเป็นสารประกอบที่พบในน้ำมันหอมระเหยก่อนเติมลงไปในผลิตภัณฑ์และเมื่อเติมลงไปในผลิตภัณฑ์นั้นแล้ว แต่ไม่ปรากฏอยู่ในน้ำมันหอมระเหยของพืชสมุนไพรทั้ง 9 ชนิด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากงานวิจัยนี้มีการใช้อุปกรณ์เครื่องมือในการวิเคราะห์องค์ประกอบและปริมาณของสารประกอบของน้ำมันหอมระเหยจำนวน 2 เครื่องด้วยกัน ซึ่งเครื่อง GC-MS ของบริษัท Hewlett packgard รุ่น 5973 เป็นเครื่องมือที่ทันสมัยและมีประสิทธิภาพในการตรวจสอบและจำแนกชนิดของสารได้ดีกว่าเครื่องของบริษัท Shimadzu (Model GCMS -QP2000 , Japan) ซึ่งเป็นเครื่องที่

มีอายุการใช้งานมากกว่า จึงทำให้สามารถตรวจพบและทราบปริมาณของ Geraniol ในน้ำมันหอมระเหยได้ด้วย เครื่อง GC-MS ของบริษัท Hewlett packgard รุ่น 5973

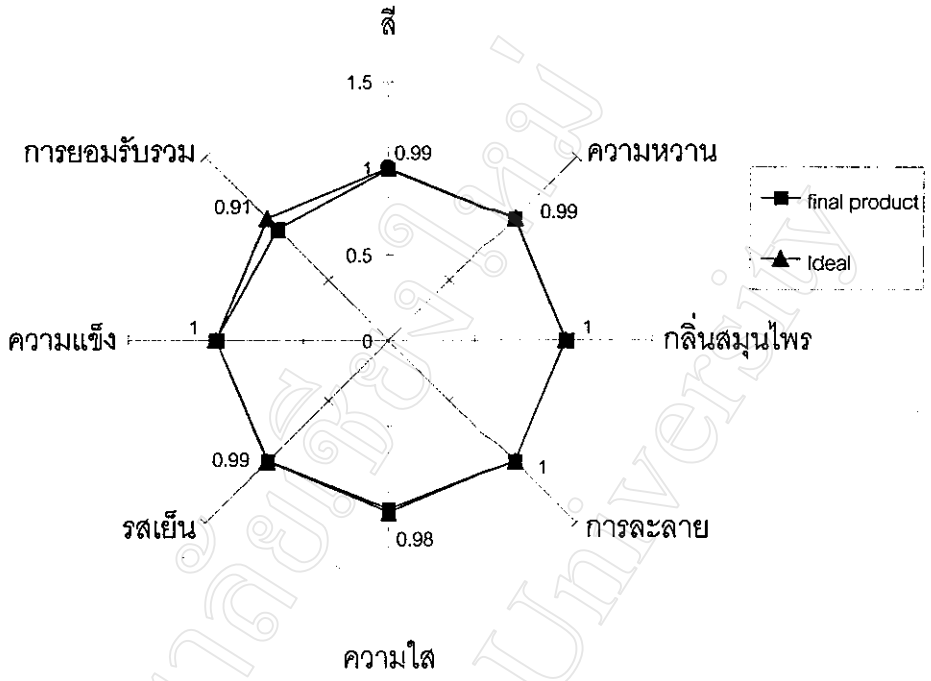
จะเห็นได้ว่า สารประกอบบางชนิดมีปริมาณที่เพิ่มขึ้นบางชนิดมีปริมาณลดลง การเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารประกอบ อาจเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบโครงสร้างของสารประกอบ เช่น α - Thujone เปลี่ยนเป็น β - Thujone เป็นต้น นอกจากนี้ปริมาณของเมนทอลที่เพิ่มขึ้นนี้ เป็นผลเนื่องมาจากการเติมเมนทอลแบบเกล็ดซึ่งเป็นวัตถุดิบตัวหนึ่งที่ใช้ในการผลิตลูกกวาดสมุนไพร ดังนั้นเมื่อทำการสกัดน้ำมันหอมระเหยออกมาจึงทำให้มีปริมาณของเมนทอลในสัดส่วนที่สูงขึ้น

ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสด้วยวิธี Ideal ratio profile technique ของผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรที่ผลิตจากสูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสม แสดงดังตารางที่ 4. 36 และกราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพร แสดงดังภาพที่ 4.31

<u>ตารางที่ 4.35</u> ค่าสัดส่วนเฉลี่ยจากผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งเมื่อผลิตโดยใช้สูตรและกรรมวิธีที่เหมาะสม

ลักษณะ	สัดส่วนเฉลี่ย
สีของผลิตภัณฑ์	0.99 $\pm$ 0.04
ความใส	0.98 $\pm$ 0.04
กลิ่นสมุนไพร	1.00 $\pm$ 0.05
ความหวาน	0.99 $\pm$ 0.05
รสเย็น	0.99 $\pm$ 0.03
ความแข็ง	1.00 $\pm$ 0.01
การละลาย	1.00 $\pm$ 0.03
การยอมรับรวม	0.91 $\pm$ 0.07

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน



ภาพที่ 4.30 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังการพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิต

เมื่อนำสัดส่วนเฉลี่ย(ที่แสดงไว้ในตารางที่ 4.36) มาสร้างกราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งที่ผลิตโดยการใช้สูตรและกรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสม พบว่า ค่าสัดส่วนเฉลี่ยของลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ ซึ่งประกอบด้วย สีของผลิตภัณฑ์ ความใส ความหวาน รสเย็น กลิ่นสมุนไพร ความแข็ง การละลาย และการยอมรับรวม มีค่าใกล้เคียงกับค่าอุดมคติมากที่สุด คือ มีค่าสัดส่วนเฉลี่ยทางด้านสีของผลิตภัณฑ์ 0.99 $\pm$ 0.04 ความใส 0.98 $\pm$ 0.04 ความหวาน 0.99 $\pm$ 0.05 รสเย็น 0.99 $\pm$ 0.03 กลิ่นสมุนไพร 1.00 $\pm$ 0.05 ความแข็ง 1.00 $\pm$ 0.01 การละลาย 1.00 $\pm$ 0.03 และการยอมรับรวม 0.91 $\pm$ 0.07

เมื่อนำข้อมูลทางด้านประสาทสัมผัสที่ได้มาหาความสัมพันธ์ระหว่างการยอมรับรวมกับลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ โดยใช้ Multiple Regression ได้สมการความสัมพันธ์ดังนี้

การยอมรับรวม = - 319.22 + 8.83 (ความใส) - 6.382 (ความใส^2) + 27.83 (ความหวาน) - 2.84(ความหวาน^2) - 0.034 (กลิ่นสมุนไพร^2) R^2 = 93.23 %

ในสมการข้างต้นจะเห็นได้ว่า การตัดสินใจในการยอมรับผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็งที่ทำการพัฒนาขึ้นนี้ ผู้บริโภคส่วนใหญ่จะพิจารณาคุณลักษณะทางกายภาพ คือ ความใสของผลิตภัณฑ์ ทางด้านกลิ่นและรสชาติ คือ กลิ่นสมุนไพร และความหวานเป็นคุณลักษณะที่สำคัญ