

## บทที่ 4

### ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

#### 4.1 การกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกเลมอน

ปอกเปลือกผลเลมอนที่ได้จากสถานีวิจัยโครงการหลวงแม่หลอด จ.เชียงใหม่ นำเปลือกที่ได้กลั่นน้ำมันหอมระเหย จากนั้นนำน้ำมันหอมระเหยที่ได้ศึกษาคุณภาพทางกายภาพและเคมี ได้ผลการทดลองดังนี้

ปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกเลมอนที่กลั่นด้วยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ ทุกๆ 30 นาที เป็นเวลา 6 ชั่วโมง พบว่า ในช่วงเวลาการกลั่นเริ่มต้นจะได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยมากที่สุด คือ 13 มิลลิลิตร ซึ่งคิดเป็นร้อยละของน้ำมันหอมระเหยคือ 0.25 จากนั้นจะลดลงเรื่อยๆ ตามระยะเวลาที่กลั่น โดยระยะเวลาในการกลั่น มีผลต่อปริมาณของน้ำมันหอมระเหยที่ได้รับ (ตารางที่ 4.1) ซึ่งสอดคล้องกับ สุภากร และคณะ (2550) ที่รายงานว่า การสกัดน้ำมันหอมระเหย โดยการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากตระไคร้หอม มะนาว ส้ม มะกรูด และขิง เป็นเวลา 4 5 และ 6 ชั่วโมง โดยพบว่าเวลาที่เหมาะสมคือ 6 ชั่วโมง ส่วนปริมาณของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกเลมอนที่กลั่นได้ทั้งหมด และคำนวณปริมาณร้อยละผลผลิตที่ได้ แสดงดังตารางที่ 4.2 ซึ่งพบว่าน้ำหนักของตัวอย่างมีผลต่อปริมาณของน้ำมันหอมระเหยที่ได้รับ (สุภากร และคณะ, 2550)

ตารางที่ 4.1 ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้ใน 6 ชั่วโมง

เวลา (นาที)	ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้ (มิลลิลิตร)	ปริมาณร้อยละของน้ำมันหอมระเหย
30	13.0	0.25
60	10.0	0.19
90	5.0	0.10
120	5.0	0.10
150	4.0	0.08
180	2.4	0.05
210	3.2	0.06
240	2.4	0.05
270	2.6	0.05
300	2.2	0.04

ตารางที่ 4.1 ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้ใน 6 ชั่วโมง (ต่อ)

เวลา (นาท)	ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้ (มิลลิลิตร)	ปริมาณร้อยละของน้ำมันหอมระเหย
330	2.0	0.04
360	2.0	0.04

ตารางที่ 4.2 ปริมาณร้อยละผลผลิตของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากเปลือกเลมอน

ตัวอย่าง	น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)	ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้ (มิลลิลิตร)	ปริมาณร้อยละผลผลิต (wet weight)
เปลือกเลมอน	5,240	80	1.53



ภาพที่ 4.1 ผลเลมอน



ภาพที่ 4.2 เปลือกเลมอน



ภาพที่ 4.3 เครื่องกลั่นน้ำมันระเหย (ขนาด 30 ลิตร)



ภาพที่ 4.4 น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกเลมอน

ตารางที่ 4.3 คุณภาพทางกายภาพ และเคมีของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากเปลือกเลมอน

การวิเคราะห์	ผลการวิเคราะห์
คุณภาพทางกายภาพ	
- คุณลักษณะภายนอก	ใส ไม่มีตะกอน มีสีเหลืองอ่อน กลิ่นเลมอน ไม่ฉุน
- ค่ากรดสี ( $H^{\circ}$ )	43.00±1.97
- ค่าความเข้มข้น ( $C^*$ )	0.34±0.01
คุณภาพทางเคมี	
- ค่าดัชนีการหักเห	1.107±0.01

จากตารางที่ 4.3 พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกเลมอน มีลักษณะใส ไม่มีตะกอน มีสีเหลืองอ่อน และไม่มีกลิ่นฉุน โดยค่ากรดสี ( $H^+$ ) มีค่า  $43.00 \pm 1.97$  อยู่ในเขตสีส้มถึงเหลือง ค่าความเข้มข้น ( $C^*$ ) อยู่ที่  $0.34 \pm 0.01$  อยู่ในค่าเข้าใกล้สีขาว ส่วนค่าดัชนีการหักเห มีค่า  $1.107 \pm 0.01$  ที่ 20 องศาเซลเซียส โดยมาตรฐานการวิเคราะห์ มีค่า 1.474-14.75 ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ซึ่งพบว่าค่าดัชนีการหักเหที่วัดได้ มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานการวิเคราะห์เล็กน้อย อาจเนื่องมาจากเครื่องมือการกลั่น และเครื่องมือการวัดค่าดัชนีการหักเหต่างกัน ทำให้มีค่าแตกต่างกัน



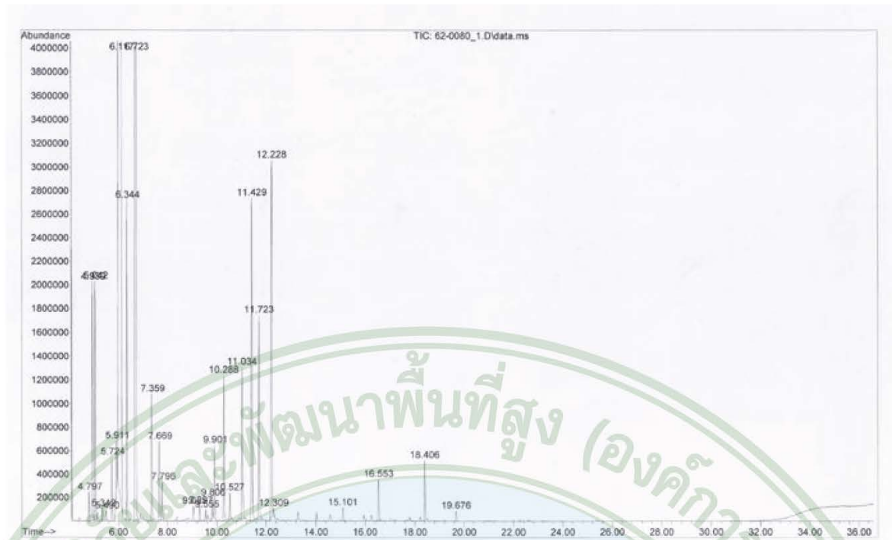
ภาพที่ 4.5 การวัดค่าดัชนีการหักเหแสง

ผลการวิเคราะห์สารระเหยโดยวิธี Gas Chromatography-Mass spectrometry (GC-MS) แสดงดังตารางที่ 4.4 พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกเลมอนประกอบด้วยสารระเหยทั้งหมด 26 ชนิด คือ Sabinene, Pinene, Beta-myrcene, Octanal, Alpha-phellandrene, Alpha-terpine, P-cymene, Alpha-limonene, Beta-ocimene, Gamma-terpinene, Alpha-terpinolen, Beta-linalool, Nonanal, Beta-citronellal, 1-Hydroxynonane, Terpinen-4-ol, Alpha-terpineol, Decanal, Nerol, Cis-citral, Guaniol, Citral, Geraniol acetate, Alpha-bergamotene, Beta-bisabolene, 1,5-Cyclodecadiene ซึ่งพบว่าในน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกเลมอนมีปริมาณสารระเหยชนิด Alpha-limonene มากที่สุด (ร้อยละ 63.89)

ตารางที่ 4.4 ปริมาณสารระเหยจากน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกเลมอน โดยวิธี Gas

Chromatography -Mass spectrometry (GC-MS)

RT	Volatile Compounds	Peak area (%)	CAS No.
4.796	Sabinene	0.17	003387-41-5
4.939	Pinene	1.43	000127-91-3
5.042	Beta-myrcene	1.37	000123-35-3
5.346	Octanal	0.09	000124-13-0
5.494	Alpha-phellandrene	0.08	000099-83-2
5.723	Alpha-terpine	0.51	000099-86-5
5.912	P-cymene	0.99	000099-87-6
6.118	Alpha-limonene	63.89	000138-86-3
6.341	Beta-ocimene	1.87	003779-61-1
6.725	Gamma-terpinene	16.07	000099-85-4
7.360	Alpha-terpinolen	0.84	000586-62-9
7.669	Beta-linalool	0.53	000078-70-6
7.795	Nonanal	0.28	000124-19-6
9.053	Beta-citronellal	0.13	000106-23-0
9.557	1-Hydroxynonane	0.07	000143-08-8
9.900	Terpinen-4-ol	0.57	020126-76-5
10.289	Alpha-terpineol	1.08	010482-5-1
10.524	Decanal	0.18	000112-31-2
11.033	Nerol	1.34	000106-25-2
11.428	Cis-citral	2.59	000106-26-3
11.726	Guaniol	1.56	000106-24-1
12.229	Citral	3.04	000141-27-5
15.102	Geraniol acetate	0.11	000105-87-3
16.555	Alpha-bergamotene	0.31	017699-05-7
18.403	Beta-bisabolene	0.44	000495-61-4
19.673	1,5-Cyclodecadiene	0.08	015423-57-1



ภาพที่ 4.6 โครมาโทแกรมสารระเหยของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกเลมอน

#### 4.2 การศึกษาการลดความขมน้ำเลมอน

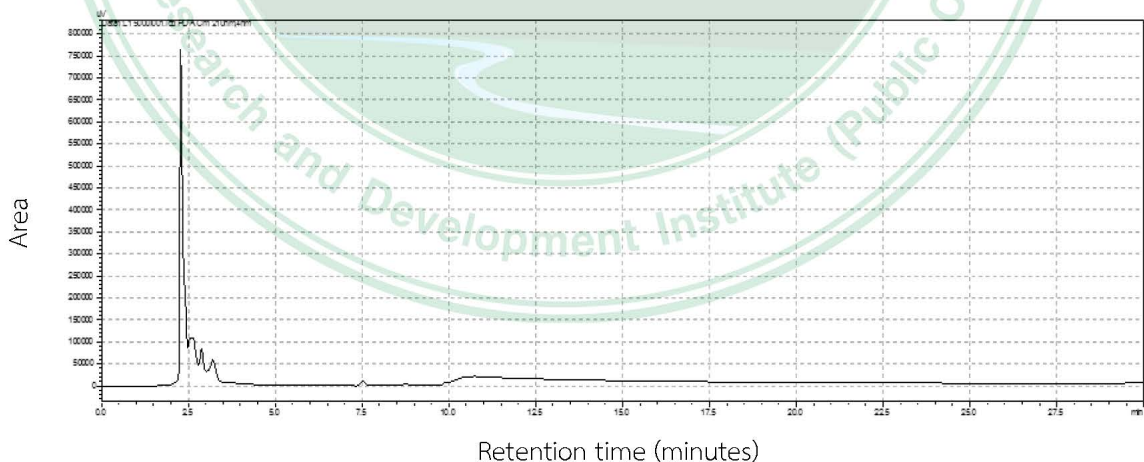
จากการศึกษา และเปรียบเทียบวิธีการลดความขมน้ำเลมอน โดยวิธีการลวก การใช้เบตาไซโคลเดคซทรีน และการใช้เอนไซม์ จากนั้นนำน้ำเลมอนที่ได้ในแต่ละวิธี วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส ได้ผลดังตารางที่ 4.5 และ 4.6

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ และทางเคมีของน้ำเลมอนที่ลดความขมทั้ง 3 วิธี

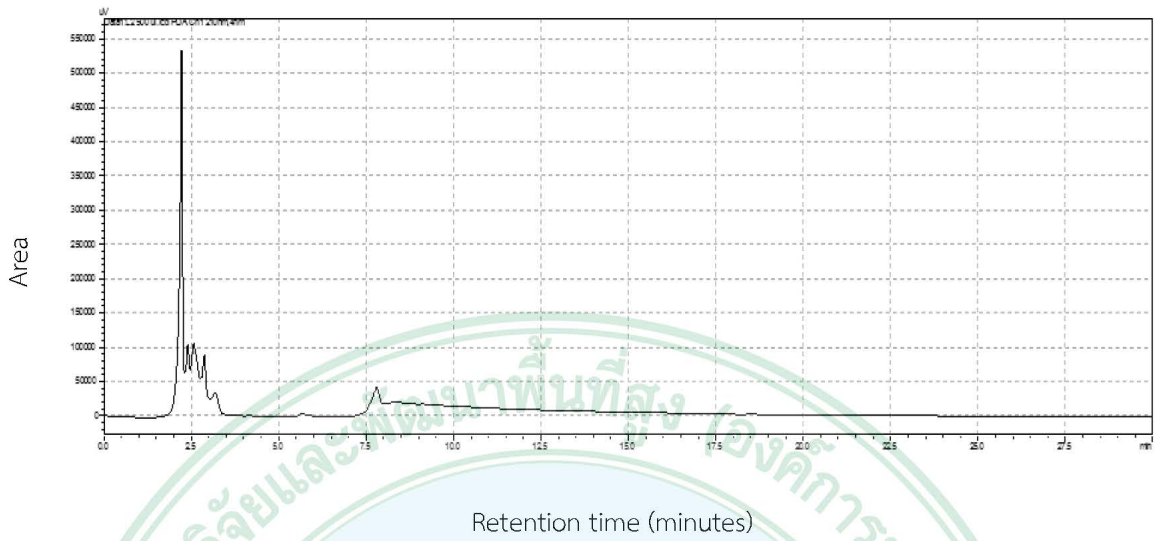
การวิเคราะห์	ผลการวิเคราะห์		
	การลวก	การใช้เบตาไซโคลเดคซทรีน	การใช้เอนไซม์
คุณภาพทางกายภาพ			
- ค่ากรดสี (H°)	111.86±0.48 <sup>a</sup>	111.81±0.91 <sup>b</sup>	97.76±2.90 <sup>c</sup>
- ค่าความเข้มข้นสี (C*)	0.98±0.02 <sup>c</sup>	1.03±0.02 <sup>b</sup>	1.11±0.04 <sup>a</sup>
- ค่าความใส (ร้อยละ)	4.50±0.14 <sup>b</sup>	4.28±0.09 <sup>c</sup>	8.14±0.10 <sup>a</sup>
คุณภาพทางเคมี			
- ปริมาณกรดซิตริกทั้งหมด (ร้อยละ)	8.44±0.20 <sup>a</sup>	8.19±0.03 <sup>a</sup>	6.29±0.34 <sup>b</sup>
- ปริมาณลิโมนิน (mg/mL)	0.02±0.01 <sup>a</sup>	0.01±0.01 <sup>b</sup>	0.01±0.01 <sup>b</sup>
- ปริมาณนารินจิน (mg/mL)	0.003±0.01 <sup>a</sup>	0.003±0.01 <sup>ab</sup>	0.002±0.01 <sup>b</sup>

หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b และ c ที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึงสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

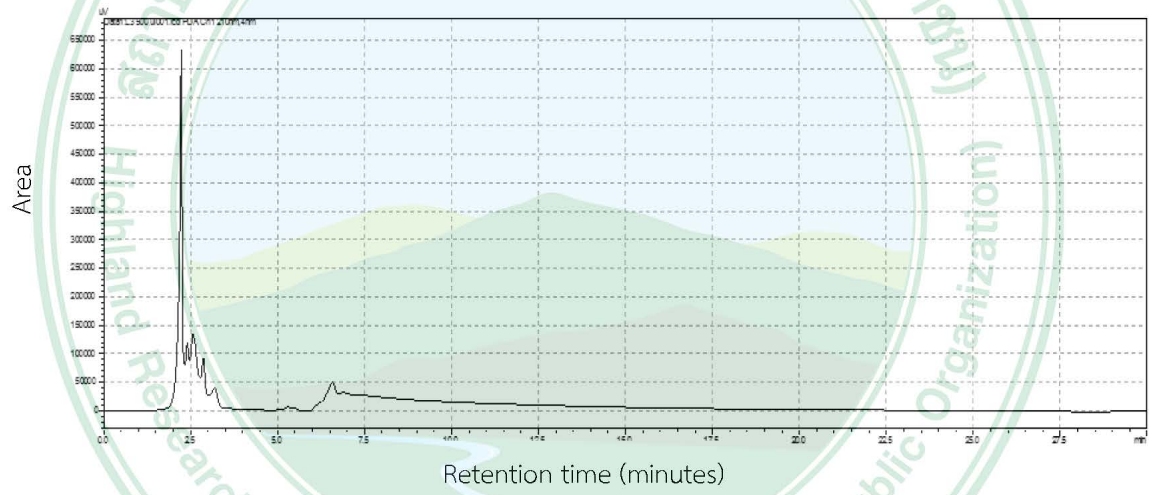
จากผลการวิเคราะห์ค่ากรดสี ( $H^+$ ) น้ำเลมอนที่ผ่านการลดความขม ด้วยการเปรียบเทียบวิธีการลวก วิธีการใช้เบตาไซโคลเดคซ์ทรีน และวิธีการใช้เอนไซม์ พบว่ามีค่า  $111.86 \pm 0.48$ ,  $111.81 \pm 0.91$  และ  $97.76 \pm 2.90$  ตามลำดับ ซึ่งหมายถึง มีค่ากรดอยู่ในช่วง สีเหลืองถึงสีเหลืองอมเขียว และพบว่า วิธีการใช้เอนไซม์ มีค่ากรดสีเข้าใกล้สีเหลืองมากที่สุด ส่วนค่าความเข้มข้นสีของทั้งสามวิธีมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ คือ มีค่าความเข้มข้นสีเข้าใกล้สีเทา ค่าความใส พบว่าน้ำเลมอนที่ใช้วิธีการใช้เอนไซม์ มีค่าความใสสูงที่สุดคือ ร้อยละ 8.14 เนื่องจากเอนไซม์เพคตินเนสทำให้ผนังของเซลล์หลุดออก ซึ่งมีผลต่อเนื้อเยื่อเลมอนโดยทำให้น้ำเลมอนใสขึ้น (Ni *et al.*, 2014) แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของค่ากรดสีจะเข้าใกล้สีเหลืองมากขึ้น เนื่องจากตัวอย่างมีความใสมากขึ้น สังเกตได้จากตัวอย่างที่ลดความขมโดยการใช้อินไซม์ ส่วนค่าความเข้มข้นสีของทั้งสามตัวอย่างมีค่าใกล้เคียงกัน และพบว่าปริมาณกรดซิตริกของวิธีการใช้เอนไซม์มีปริมาณน้อยที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัย Ni *et al.* (2014) ซึ่งพบว่า การใช้อินไซม์มีผลทำให้เกิดการเจือจางของน้ำส้มโอ จึงทำให้ปริมาณกรดซิตริกลดลง แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของปริมาณกรดและความขม พบว่า เมื่อตัวอย่างมีปริมาณกรดลดลง จะทำให้มีความขมลดลงเช่นเดียวกัน ในส่วนของการวิเคราะห์ปริมาณลิโมนิน และนารินจิน โดยวิธี HPLC พบว่าการลดความขมด้วยการลวกมีปริมาณลิโมนินและนารินจินสูงที่สุด ส่วนวิธีการลดความขมด้วยเอนไซม์มีปริมาณลิโมนินและนารินจินน้อยที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย Ni *et al.* (2014) ที่พบว่าเอนไซม์นารินจินเนสช่วยย่อยนารินจินที่ให้รสขมทำให้มีรสขมลดลง ส่วนเบตาไซโคลเดคซ์ทรีนสามารถห่อหุ้มลิโมนิน ทำให้มีปริมาณลิโมนินลดลงช่วยลดความขมในน้ำส้ม (Susana *et al.*, 2018)



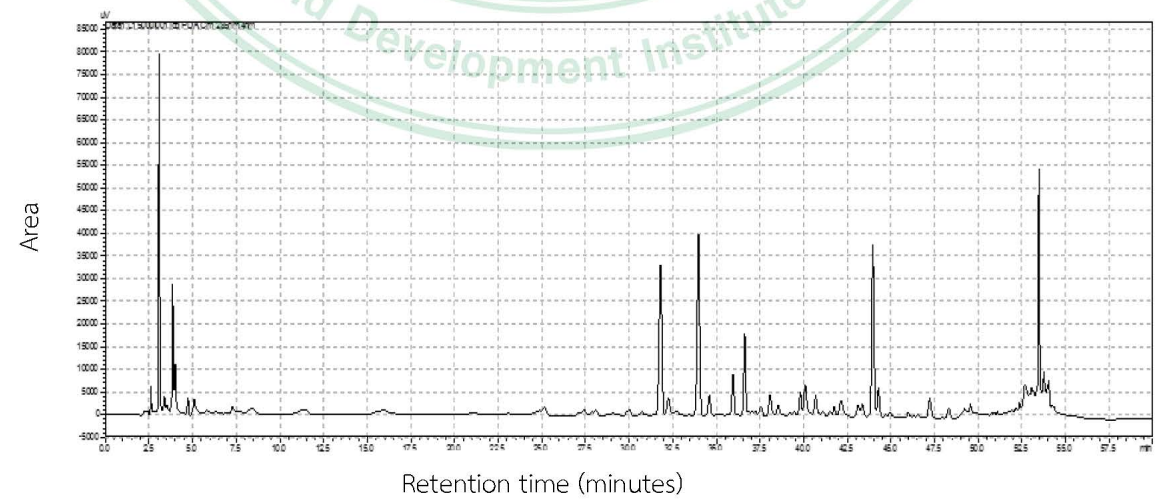
ภาพที่ 4.7 ปริมาณลิโมนินในวิธีการลดความขมโดยการลวก



ภาพที่ 4.8 ปริมาณลิโมนินในวิธีการลดความขมโดยใช้เบตาไซโคลเดกซ์ทริน

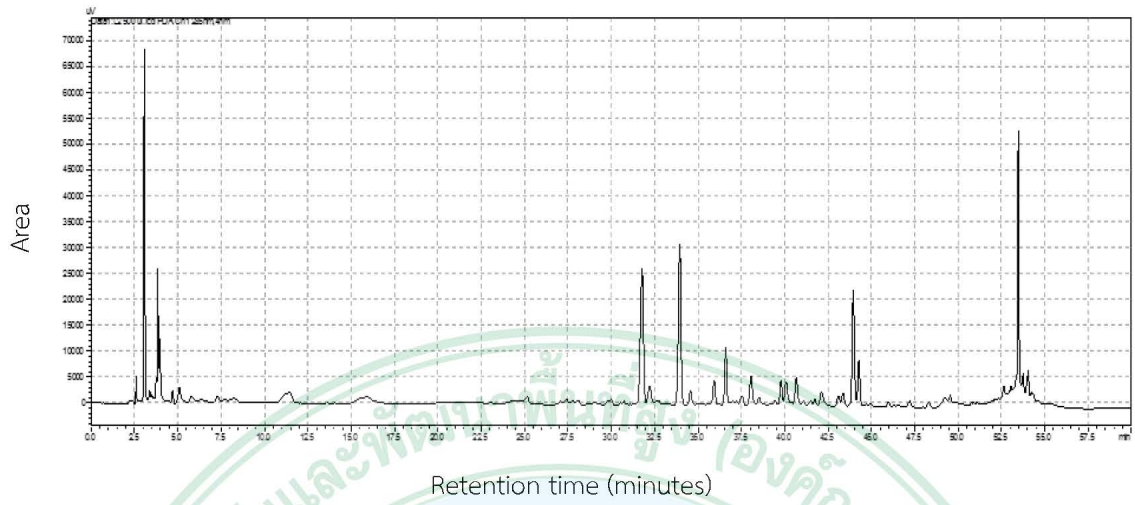


ภาพที่ 4.9 ปริมาณลิโมนินในวิธีการลดความขมโดยใช้เอนไซม์

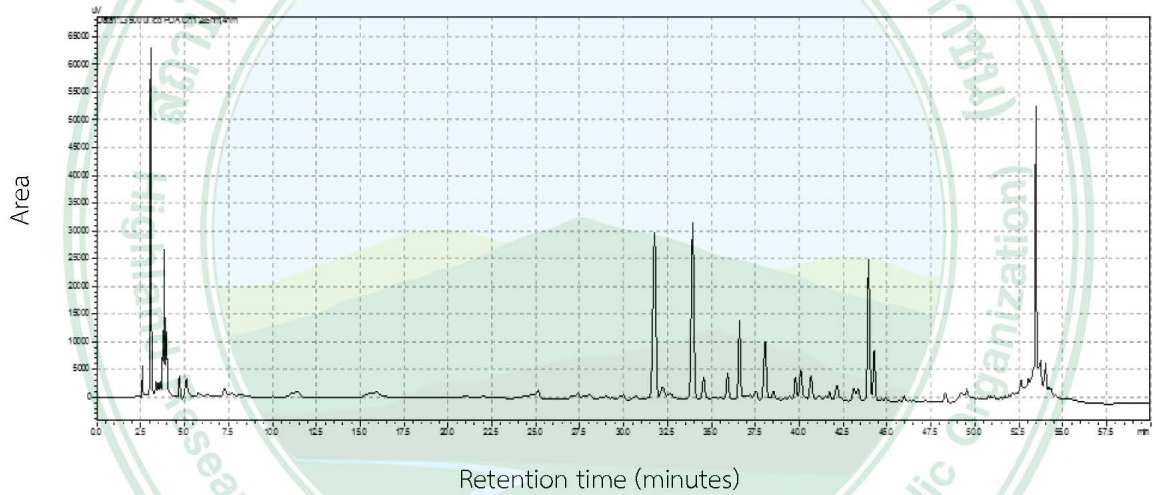


ภาพที่ 4.10 ปริมาณนารินจินในวิธีการลดความขมโดยการลวก





ภาพที่ 4.11 ปริมาณนารินจินในวิธีการลดความขมโดยใช้เบตาไซโคลเดกซ์ทรีน



ภาพที่ 4.12 ปริมาณนารินจินในวิธีการลดความขมโดยใช้เอนไซม์



ภาพที่ 4.13 น้ำเลมอนที่ผ่านการลดความขม ด้วยวิธีต่างๆ;  
(ก) วิธีลวก (ข) วิธีการใช้เบตาไฮโคลเดกซ์ทริน (ค) วิธีการใช้เอนไซม์

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสของน้ำเลมอนที่ผ่านการลดความขมจากทั้ง 3 วิธี

วิธีการลดขม	การทดสอบทางประสาทสัมผัส				ความชอบโดยรวม
	สี	กลิ่น	รสเปรี้ยว	รสขม	
การลวก	5.40±1.25 <sup>c</sup>	4.36±1.34 <sup>c</sup>	3.98±1.71 <sup>b</sup>	4.24±1.44 <sup>b</sup>	3.96±1.44 <sup>b</sup>
การใช้เบตาไฮโคลเดกซ์ทริน	5.56±1.09 <sup>b</sup>	4.40±1.26 <sup>b</sup>	3.80±1.59 <sup>c</sup>	3.92±1.26 <sup>c</sup>	3.88±1.32 <sup>c</sup>
การใช้เอนไซม์	5.58±1.09 <sup>a</sup>	4.60±1.37 <sup>a</sup>	4.54±1.70 <sup>a</sup>	4.34±1.52 <sup>a</sup>	4.52±1.61 <sup>a</sup>

หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b และ c ที่แตกต่างกันในแนวดิ่ง หมายถึงสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

: ทดสอบแบบ 7 – Points Hedonic Scale โดยระดับคะแนน 1 หมายถึงไม่ชอบมากที่สุด และระดับคะแนน 7 หมายถึง ชอบมากที่สุด

จากการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสของน้ำเลมอนที่ลดความขมทั้งสามวิธี (ตารางที่ 4.6) พบว่า การลวก มีคะแนนความชอบด้าน สี กลิ่น รสเปรี้ยว รสขม และความชอบโดยรวม อยู่ในช่วง 3.96-5.40 และการใช้เบตาไฮโคลเดกซ์ทริน มีคะแนนความชอบด้าน สี กลิ่น รสเปรี้ยว รสขม และความชอบโดยรวม อยู่ในช่วง 3.80-5.56 ส่วนการใช้เอนไซม์เพคตินเนส และเอนไซม์นาริงจินเนส มีคะแนนความชอบด้าน สี กลิ่น รสเปรี้ยว รสขม และความชอบโดยรวม อยู่ในช่วง 4.34-5.58 ซึ่งพบว่าผู้ทดสอบชิมส่วนใหญ่ ให้คะแนนความพึงพอใจในน้ำเลมอนที่ลดความขมโดยการใช้เอนไซม์เพคตินเนส และเอนไซม์นาริงจินเนสสูงที่สุด ดังนั้นจึงเลือกวิธีการลดความขมด้วยการใช้เอนไซม์สำหรับการทดลองต่อไป


### 4.3 การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น

#### 4.3.1 การสำรวจข้อมูลของผลิตภัณฑ์

##### 4.3.1.1 การสำรวจผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด



เมื่อทำการสำรวจผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนในท้องตลาด พบว่า ผลิตภัณฑ์น้ำเลมอน มีความหลากหลายมาก เช่น ผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น ผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนอัดแก๊ส เป็นต้น ซึ่งบางผลิตภัณฑ์ใช้สารควบคุมความเป็นกรด คือ กรดซิตริก (INS330) สารให้ความคงตัว คือ โซเดียมซิเตรท (INS331), เพกติน (INS440) และโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (INS466) ใช้วัตถุกันเสีย คือ โซเดียมซัลไฟต์ (INS211), โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (INS223) และโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (INS224) ใส่สีธรรมชาติ คือ คาโรทีน (INS160a(ii)) และคลอโรฟิลล์คอปเปอร์คอมเพล็กซ์ (INS141) สารให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ คือ คาร์บอนไดออกไซด์ (INS290) และสารให้ความหวานแทนน้ำตาล คือ ซูคราโลส (INS444) ซึ่งสอดคล้องกับประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (2557) ในเรื่อง ข้อกำหนดการใช้วัตถุเจือปนอาหาร ได้กำหนดไว้ว่าให้ใส่ในปริมาณที่เหมาะสม เมื่อเปรียบเทียบราคาผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนที่จำหน่ายอยู่ในท้องตลาด พบว่า แต่ละยี่ห้อมีราคาที่แตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุดิบ ปริมาณ และส่วนประกอบของแต่ละผลิตภัณฑ์ โดยจากการสำรวจผลิตภัณฑ์น้ำเลมอน จำนวน 5 ยี่ห้อ พบว่า มีอายุการเก็บประมาณ 1 ปี ขนาดบรรจุ 400 กรัม มีราคาเฉลี่ย 57 บาท

ตารางที่ 4.7 การสำรวจผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายในท้องตลาด

ผลิตภัณฑ์	ราคา/ขนาดบรรจุ	ส่วนประกอบ	ปริมาณ (ร้อยละ)	อายุการเก็บรักษา	ผลทางคุณภาพ
เลมอนไลม์ ตรา มาลี	 20 บาท/330 มิลลิลิตร	<ul style="list-style-type: none"> <li>- น้ำแร่ธรรมชาติ</li> <li>- น้ำอุ่นขาว</li> <li>- น้ำเลมอน (จากน้ำเลมอนเข้มข้น)</li> <li>- น้ำมะนาว</li> <li>- น้ำตาล</li> <li>- ฟรุคโตส</li> <li>- เกลือ</li> <li>- วิตามินซี</li> <li>- สารสกัดจากเห็ดหูหนูขาว</li> <li>- สารให้ความคงตัว (INS331, INS466), สารควบคุมความเป็นกรด (INS330), ใส้สีธรรมชาติ (INS160aai, INS141)</li> </ul>	69.16 14.00 5.00 1.00 8.95 1.50 0.01 0.01 0.001	วันผลิต ไม่ระบุ วันหมดอายุ 1 กันยายน 2562	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ลักษณะของเหลว สีขาวอมเหลือง ชุ่น มีกลิ่นเลมอน ไม่มีตะกอน</li> <li>- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 11.7°Brix</li> <li>- ปริมาณเกลือ ร้อยละ 10.1</li> <li>- ค่าความเป็นกรดต่าง 3.22</li> <li>- ค่าสี (C*, H°) 1.80, 103.34</li> </ul>



หมายเหตุ: ข้อมูลจากการสำรวจ ณ วันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2562

ตารางที่ 4.7 การสำรวจผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายในท้องตลาด (ต่อ)

ผลิตภัณฑ์	ราคา/ขนาดบรรจุ	ส่วนประกอบ	ปริมาณ (ร้อยละ)	อายุการเก็บรักษา	ผลทางคุณภาพ
ชาขาวฮันนี่ เลมอน ตรา เพียวริค	 12 บาท/350 มิลลิลิตร	- น้ำชาขาว - ซูโครส - ฟรุคโตสไซรัป - น้ำเลมอน (จากน้ำเลมอนเข้มข้น) - วิตามินซี - น้ำผึ้งนิวซีแลนด์ - สารให้ความหวานแทนน้ำตาล (INS444)	91.00 4.75 3.75 0.15 0.02 0.01	วันผลิต ไม่ระบุ วันหมดอายุ 14 กันยายน 2562	- ลักษณะของเหลว สีเหลืองใส มีกลิ่น เลมอน และน้ำผึ้ง ไม่มีตะกอน - ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 9.1°Brix - ปริมาณเกลือ ร้อยละ 7.9 - ค่าความเป็นกรดต่าง 3.23 - ค่าสี (C*, H°) 4.27, 96.49
น้ำเลมอน ตรา อีทอล เลมอน	 59 บาท/200 มิลลิลิตร	- น้ำ - น้ำเลมอน (จากน้ำเลมอนเข้มข้น) - สารควบคุมความเป็นกรด (INS330) และ สารกันเสีย (INS224)	79.69 15	วันผลิต ไม่ระบุ วันหมดอายุ 28 กันยายน 2562	- ลักษณะของเหลว สีขาว ชุ่น มีกลิ่น เลมอน ไม่มีตะกอน - ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 5.6°Brix - ปริมาณเกลือ ร้อยละ 5.1 - ค่าความเป็นกรดต่าง 1.94 - ค่าสี (C*, H°) 1.43, 99.30

หมายเหตุ: ข้อมูลจากการสำรวจ ณ วันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2562

ตารางที่ 4.7 การสำรวจผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายในท้องตลาด (ต่อ)

ผลิตภัณฑ์	ราคา/ขนาดบรรจุ	ส่วนประกอบ	ปริมาณ (ร้อยละ)	อายุการเก็บรักษา	ผลทางคุณภาพ
น้ำหวาน กลิ่นเลมอน อัดก๊าซ ตรา บันดา เบิร์ก	 65 บาท/375 มิลลิลิตร	- น้ำ - น้ำตาลอ้อย - น้ำเลมอน (จากน้ำเลมอนเข้มข้น) - ส่วนผสมเลมอน (น้ำ, เนื้อเลมอน, น้ำตาลอ้อย, ยีสต์) - สารให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (INS290), สารควบคุมความเป็นกรด (INS330) และวัตถุกันเสีย (INS211)	76.68 10.60 5.00 4.50	วันผลิต ไม่ระบุ  วันหมดอายุ 3 พฤษภาคม 2562	- ลักษณะของเหลว สีขาว ชุ่น มีกลิ่น เลมอน มีตะกอน - ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 11.3°Brix - ปริมาณเกลือ ร้อยละ 10.1 - ค่าความเป็นกรดต่าง 2.65 - ค่าสี (C*, H°) 1.42, 96.86
น้ำรสเลมอน เข้มข้น ตรา บิกฟอร์ด	 129 บาท/750 มิลลิลิตร	- น้ำเลมอน (จากน้ำเลมอนเข้มข้น) - น้ำตาล - สารควบคุมความเป็นกรด (INS330), สารให้ความคงตัว (INS440) และ วัตถุกันเสีย (INS223)	25.00 13.60	วันผลิต ไม่ระบุ  วันหมดอายุ 18 พฤศจิกายน 2563	- ลักษณะของเหลว สีขาว ชุ่น มีกลิ่น เลมอน ไม่มีตะกอน - ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 41.3°Brix - ปริมาณเกลือ > ร้อยละ 28.0 - ค่าความเป็นกรดต่าง 2.26 - ค่าสี (C*, H°) 1.33, 88.45

หมายเหตุ: ข้อมูลจากการสำรวจ ณ วันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2562

#### 4.3.1.2 การสำรวจความต้องการของผู้บริโภค

ทดสอบความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น โดยใช้การทดสอบแบบ Consumer survey บริเวณร้านโครงการหลวง สาขาสุเทพ ศูนย์อาหารเทศบาลตำบลสุเทพ และคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล แบ่งเป็น ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ ได้แก่ เพศ อายุ อาชีพ รายได้ต่อเดือน ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรม การบริโภค และความต้องการของผู้บริโภค ได้แก่ การรับประทาน เหตุผลในการรับประทาน และไม่รับประทาน ประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ รูปแบบในการจำหน่าย รสชาติของผลิตภัณฑ์ และความคิดเห็นในการนำผลิตภัณฑ์ไปจำหน่าย

ตารางที่ 4.8 ร้อยละของข้อมูลทางประชากรศาสตร์

ข้อมูลทางประชากรศาสตร์	ร้อยละ
1. เพศ	
- ชาย	35.00
- หญิง	65.00
2. ช่วงอายุ	
- ต่ำกว่า 15 ปี	0.00
- 15-20 ปี	10.00
- 21-30 ปี	53.00
- 31-40 ปี	16.00
- 41-50 ปี	4.00
- มากกว่า 50 ปี	17.00
3. การศึกษา	
- ประถมศึกษา	0.00
- มัธยมศึกษา	3.00
- ปวช.-ปวส.	5.00
- ปริญญาตรี	69.00
- ปริญญาโท	20.00
- สูงกว่าปริญญาโท	3.00

ตารางที่ 4.8 ร้อยละของข้อมูลทางประชากรศาสตร์ (ต่อ)

ข้อมูลทางประชากรศาสตร์	ร้อยละ
4. อาชีพ	
- นักเรียน	0.00
- นักศึกษา	40.00
- พนักงานบริษัท	17.00
- พนักงานรัฐวิสาหกิจ	5.00
- ข้าราชการ	9.00
- รับจ้าง	13.00
- ธุรกิจส่วนตัว/ค้าขาย	5.00
- อื่นๆ	11.00
5. ช่วงรายได้เฉลี่ยต่อเดือน (บาท/เดือน)	
- ต่ำกว่า 10,000 บาท	40.00
- 10,000-20,000 บาท	36.00
- 20,001-30,000 บาท	15.00
- มากกว่า 30,000 บาท	9.00

จากตารางที่ 4.8 แสดงร้อยละของข้อมูลทางประชากร โดยผู้บริโภคนั้นเพศหญิงร้อยละ 65.00 เพศชายร้อยละ 35.00 สองอันดับแรกของผู้บริโภคอยู่ในช่วงอายุ 21-30 ปี ร้อยละ 53.00 และช่วงอายุ มากกว่า 50 ปี ร้อยละ 17.00 การศึกษาของผู้บริโภคระดับ ปริญญาตรี ร้อยละ 69.00 และปริญญาโท ร้อยละ 20.00 อาชีพของผู้บริโภคเป็นนักศึกษา ร้อยละ 40.00 และพนักงานบริษัท ร้อยละ 17.00 ส่วนรายได้เฉลี่ยต่อเดือนของผู้บริโภค มีรายได้ ต่ำกว่า 10,000 บาท ร้อยละ 40.00 และ รายได้ 10,000 - 20,000 บาท ร้อยละ 36.00 ส่วนข้อมูลพฤติกรรมผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ น้ำเลมอน แสดงดังตารางที่ 4.9



ตารางที่ 4.9 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภค และความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น

ข้อมูลพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์	ร้อยละ
1. ท่านเคยรับประทานผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนมาก่อนหรือไม่	
- เคย	69.00
- ไม่เคย	31.00
2. เหตุผลที่ท่านไม่ซื้อผลิตภัณฑ์น้ำเลมอน	
- รสชาติไม่อร่อย	21.86
- มีรสขม	9.38
- ราคาแพง	9.38
- สีไม่น่ารับประทาน	9.38
- คุณค่าทางโภชนาการน้อย	9.38
- หาซื้อยาก และไม่เป็นที่รู้จัก	40.62
3. เหตุผลที่ท่านเลือกซื้อผลิตภัณฑ์น้ำเลมอน	
- รสชาติอร่อย	49.54
- เป็นสินค้าแปลกใหม่	13.76
- บรรจุภัณฑ์สวย	8.26
- คุณค่าทางโภชนาการสูง	23.85
- อื่นๆ	4.59
4. ท่านคิดว่าประโยชน์ที่ได้รับจากผลิตภัณฑ์น้ำเลมอน คือ	
- เลมอนมีสารต้านอนุมูลอิสระและสร้างภูมิคุ้มกันโรค	35.15
- เป็นทางเลือกใหม่ แทนการรับประทานน้ำเลมอนที่แต่งกลิ่นรสสังเคราะห์	21.21
- เพิ่มความหลากหลายในการเลือกรับประทานน้ำผลไม้	40.61
- อื่นๆ	3.03
5. ท่านอยากให้มีผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้นจำหน่ายรูปแบบใด	
- ขวดแก้ว	46.00
- ขวดพลาสติก	40.00
- ซอง	10.00
- อื่นๆ	4.00

ตารางที่ 4.9 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมกรรมการบริโภค และความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น (ต่อ)

ข้อมูลพฤติกรรมกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์	ร้อยละ
6. ท่านต้องการให้ผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้นมีความหวานเพียงใด	
- น้อย	19.00
- ปานกลาง	71.00
- มาก	10.00
7. ท่านต้องการให้ผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้นมีความเปรี้ยวมากน้อยเพียงใด	
- น้อย	3.00
- ปานกลาง	72.00
- มาก	25.00
8. หากมีผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้นจำหน่ายในร้านโครงการหลวง ท่านเห็นด้วยหรือไม่	
- เห็นด้วย	100.00
- ไม่เห็นด้วย	0.00

จากตารางที่ 4.9 แสดงข้อมูลพฤติกรรมกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนของผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคเคยรับประทานผลิตภัณฑ์น้ำเลมอน ร้อยละ 69.00 และไม่เคยรับประทาน ร้อยละ 31.00 เหตุผลที่ผู้บริโภค ไม่ซื้อผลิตภัณฑ์น้ำเลมอน เพราะหาซื้อยาก และไม่เป็นที่รู้จัก ร้อยละ 40.62 และมีรสชาติที่ไม่อร่อย ร้อยละ 21.86 เหตุผลที่ผู้บริโภคซื้อผลิตภัณฑ์น้ำเลมอน เพราะรสชาติอร่อย ร้อยละ 49.54 และคุณค่าทางโภชนาการสูง ร้อยละ 23.85 ผู้บริโภคคิดว่าประโยชน์ที่ได้รับจากผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเพื่อเพิ่มความหลากหลายในการเลือกรับประทานน้ำผลไม้ ร้อยละ 40.61 และทราบว่าเลมอนมีสารต้านอนุมูลอิสระ และสร้างภูมิคุ้มกันโรค ร้อยละ 35.15 ผู้บริโภคต้องการให้ผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนจำหน่ายในรูปแบบขวดแก้ว ร้อยละ 46.00 และขวดพลาสติก ร้อยละ 40.00 ผู้บริโภคต้องการให้ผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้นมีความหวานปานกลาง ร้อยละ 71.00 และหวานน้อย ร้อยละ 19.00 ผู้บริโภคต้องการให้ผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้นมีความเปรี้ยวปานกลาง ร้อยละ 72.00 และเปรี้ยวมาก 25.00 ผู้บริโภค ร้อยละ 100 เห็นด้วยหากมีผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้นจัดจำหน่ายในร้านโครงการหลวง



ภาพที่ 4.14 การสำรวจความต้องการของผู้บริโภค

#### 4.3.2 การสำรวจเค้าโครงผลิตภัณฑ์

การสำรวจเค้าโครงผลิตภัณฑ์โดยใช้หลักการ Ideal ratio profile (ไพโรจน์, 2555) เพื่อดูลักษณะของผลิตภัณฑ์ด้วยค่าสัดส่วน โดยใช้สเกลเส้นตรงแบบ Horizontal line scale และให้ผู้ทดสอบเป็นผู้กำหนดลักษณะต่างๆ แบ่งออกเป็น ลักษณะปรากฏภายนอก, กลิ่นและรสชาติ, ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยจะใช้ผลิตภัณฑ์ต้นแบบในการทดสอบ ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 15 คน ได้ผลดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์น้ำเลมอน

ลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์	จำนวนผู้ทดสอบชิมที่ให้ความสำคัญ (คน)
ลักษณะปรากฏภายนอก	
- สี	10
- ความขุ่น	10
กลิ่นและรสชาติ	
- กลิ่นเลมอน	13
- กลิ่นรสเลมอน	2
- รสเปรี้ยว	15
- รสขม	11
- รสหวาน	15
- รสเค็ม	6

ตารางที่ 4.10 ลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์น้ำเลมอน (ต่อ)

ลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์	จำนวนผู้ทดสอบชิมที่ให้ความสำคัญ (คน)
ลักษณะเนื้อสัมผัส	
- ความหนืด	10
- เนื้อเลมอน	1
ความชอบโดยรวม	15

การเลือกลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ เลือกจากผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความสำคัญที่มีค่าเท่ากับ หรือมากกว่าร้อยละ 67 (จำนวนผู้ชิมเท่ากับหรือมากกว่า 10 คน) เนื่องจากลักษณะดังกล่าวเป็นลักษณะพื้นฐานที่สำคัญต่อการปรับปรุงพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำเลมอน ดังนั้นจากข้อมูลในตารางที่ 4.10 สามารถคัดเลือกลักษณะที่สำคัญของตัวอย่างได้ 8 ลักษณะ ดังนี้

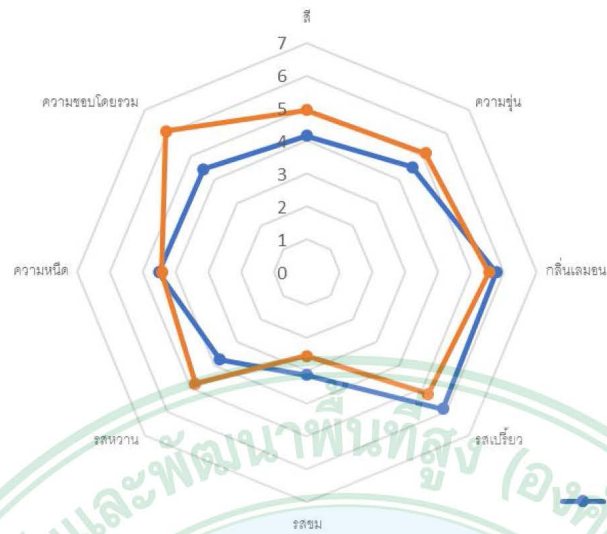
1. คุณลักษณะด้านสี
2. คุณลักษณะด้านความชุ่ม
3. คุณลักษณะด้านกลิ่นเลมอน
4. คุณลักษณะด้านรสเปรี้ยว
5. คุณลักษณะด้านรสขม
6. คุณลักษณะด้านรสหวาน
7. คุณลักษณะด้านความหนืด
8. คุณลักษณะด้านความชอบโดยรวม

เมื่อนำคุณลักษณะที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญ มาแสดงค่าสัดส่วนของลักษณะ ลักษณะที่มีค่าเท่ากับ 1 หมายความว่า ตัวอย่างมีลักษณะตามที่ผู้บริโภคต้องการ แต่ถ้าค่าสัดส่วนน้อยหรือมากกว่า 1 หมายความว่า ต้องทำการพัฒนาลักษณะนั้นให้มีค่ามากขึ้นหรือน้อยลง เพื่อให้ได้ตามความต้องการของผู้บริโภค แสดงค่าสัดส่วนดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ค่าสัดส่วนเฉลี่ยของลักษณะต่างๆ ที่สำคัญของผลิตภัณฑ์น้ำเลมอน

ลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์	ตัวอย่างต้นแบบ	ค่าในอุดมคติ	ค่าสัดส่วนเฉลี่ย
1. ลักษณะปรากฏ			
- สี	4.16±1.60	4.95±1.58	0.86±0.23
- ความขุ่น	4.55±1.79	5.13±1.77	0.92±0.26
2. กลิ่นและรสชาติ			
- กลิ่นเลมอน	5.78±1.50	5.56±2.15	1.16±0.48
- รสเปรี้ยว	5.87±1.65	5.23±1.65	1.15±0.21
- รสขม	3.12±1.65	2.55±1.47	1.34±0.54
- รสหวาน	3.75±1.04	4.80±0.75	0.78±0.17
3. ลักษณะเนื้อสัมผัส			
- ความหนืด	4.51±1.84	4.41±1.97	1.04±0.13
4. ความชอบโดยรวม	4.45±2.03	6.08±1.92	0.78±0.33

จากค่าสัดส่วนเฉลี่ยของลักษณะด้านสี ความขุ่น รสหวาน และความชอบโดยรวม มีค่าสัดส่วนเฉลี่ยที่น้อยกว่า 1 ดังนั้นต้องปรับปรุงผลิตภัณฑ์ในลักษณะด้านดังกล่าวให้เพิ่มมากขึ้น แต่ค่าสัดส่วนเฉลี่ยของลักษณะด้านกลิ่นเลมอน รสเปรี้ยว และรสขม มีค่าสัดส่วนเฉลี่ยที่มากกว่า 1 ดังนั้นต้องปรับปรุงผลิตภัณฑ์ในลักษณะด้านดังกล่าวให้ลดลง ส่วนในลักษณะด้านความหนืดมีค่าสัดส่วนที่ใกล้เคียงกับ 1 ซึ่งหมายถึงลักษณะด้านความหนืดเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค สามารถแสดงเป็นกราฟใยแมงมุมได้ดังภาพที่ 4.15



ภาพที่ 4.15 กราฟใยแมงมุมแสดงสัดส่วนของตัวอย่างต้นแบบและค่าในอุดมคติของผลิตภัณฑ์น้ำเลมอน

#### 4.3.3 การกลั่นกรองปัจจัยผลิตที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์

เนื่องจากปัจจัยที่ต้องการศึกษามี 5 ปัจจัย จึงวางแผนการทดลองแบบ Plackett and Burman (ไพโรจน์, 2555) เพื่อกลั่นกรองปัจจัยที่เหลือเพียงปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อกระบวนการผลิตน้ำเลมอนเข้มข้น เมื่อปัจจัยการทดลองมี 5 ปัจจัย จึงวางแผนการทดลองแบบ  $N = 8$  หน่วยการทดลอง โดย A = น้ำเลมอน B = น้ำเชื่อมฟรุ๊ตโตส C = น้ำเปล่า D = เกลือ E = น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกเลมอน ส่วนที่เหลืออีก 2 ตัวจะเป็น Dummy variables คือ F และ G เพื่อใช้ในการหาค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error)

ตารางที่ 4.12 การวางแผนการทดลองแบบ Plackett and Burman

สิ่งทดลอง	ปัจจัยที่ต้องการกลั่นกรอง						
	A	B	C	D	E	F	G
1	+	+	+	-	+	-	-
2	+	+	-	+	-	-	+
3	+	-	+	-	-	+	+
4	-	+	-	-	+	+	+
5	+	-	-	+	+	+	-
6	-	-	+	+	+	-	+
7	-	+	+	+	-	+	-
8	-	-	-	-	-	-	-

ระดับปัจจัยที่ทำการศึกษาสวนประกอบของปัจจัยที่ระดับต่ำ (-) และระดับสูง (+) ดังนี้

ปัจจัย	ระดับต่ำ (-)	ระดับสูง (+)
A = น้ำเลมอน (กรัม)	30	45
B = น้ำเชื่อมฟรุคโตส (กรัม)	10	30
C = กรดแอสคอร์บิก (กรัม)	0.1	0.3
D = เกลือ (กรัม)	0.1	0.3
E = น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกเลมอน (กรัม)	0.01	0.03
F และ G แทน Dummy variable		

โดย Dummy variable เป็นปัจจัยที่อยู่ในแผนการทดลองเพื่อลดความคลาดเคลื่อนของผลการทดลอง โดยใน 1 การทดลอง ต้องมี Dummy variable อย่างน้อย 2 ตัว

นำมาศึกษาคุณภาพทางกายภาพ ด้านค่าเจดสี ( $H^{\circ}$ ) ค่าความเข้มสี ( $C^*$ ) และค่าความหนืดคุณภาพทางเคมี ด้านค่าความเป็นกรดต่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และปริมาณกรดแอสคอร์บิก และคุณภาพทางประสาทสัมผัส ดังตารางที่ 4.13-4.15

ตารางที่ 4.13 คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น

สิ่งทดลอง	ค่าเจดสี ( $H^{\circ}$ )	ค่าความเข้มสี ( $C^*$ )	ค่าความหนืด (cps)
1	93.77±0.64	1.89±0.01	9.40±0.34
2	94.99±1.17	2.06±0.01	10.80±0.60
3	95.07±3.20	1.46±0.05	3.20±0.35
4	92.13±0.32	2.64±0.01	13.40±0.35
5	106.06±1.00	0.90±0.03	4.80±0.01
6	101.05±0.70	1.17±0.03	5.00±0.35
7	95.58±0.30	2.23±0.01	13.40±0.35
8	95.67±0.94	1.95±0.02	5.00±0.35

ตารางที่ 4.14 คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น

สิ่งทดลอง	ค่าความเป็นกรดต่าง (pH)	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)	ปริมาณกรดแอสคอร์บิก (กรัม/100กรัม)
1	2.32±0.02	35.00±0.01	0.59±0.09
2	2.29±0.01	35.00±0.28	0.22±0.02
3	2.44±0.01	20.00±0.14	0.61±0.04
4	2.36±0.02	36.00±0.01	0.29±0.04
5	2.29±0.01	21.00±0.01	0.25±0.03
6	2.22±0.01	24.00±0.14	0.93±0.04
7	2.18±0.02	42.00±0.14	0.73±0.03
8	2.39±0.01	25.00±0.14	0.40±0.03

ตารางที่ 4.15 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น

สิ่งทดลอง	คุณลักษณะ							ความชอบโดยรวม
	สี	ความขุ่น	กลิ่นเลมอน	รสเปรี้ยว	รสขม	รสหวาน	ความหนืด	
1	0.84±0.25	0.90±0.17	0.84±0.32	1.11±0.25	1.37±0.75	0.93±0.16	0.92±0.30	0.76±0.21
2	0.94±0.20	0.99±0.28	0.93±0.29	1.01±0.29	1.42±1.06	0.98±0.22	0.92±0.33	0.82±0.20
3	0.87±0.18	0.97±0.30	0.94±0.25	1.34±0.39	1.76±1.00	0.64±0.28	0.83±0.32	0.58±0.26
4	0.81±0.22	0.87±0.28	0.88±0.23	1.01±0.23	1.13±0.57	1.01±0.32	0.88±0.34	0.85±0.33
5	0.94±0.16	0.98±0.17	0.98±0.27	1.37±0.34	2.03±0.52	0.50±0.23	0.85±0.32	0.52±0.19
6	0.99±0.21	1.18±0.26	1.03±0.21	1.30±0.27	1.84±0.74	0.66±0.41	0.84±0.27	0.51±0.21
7	0.89±0.22	0.85±0.26	0.88±0.26	1.00±0.28	1.39±0.60	1.03±0.19	0.89±0.38	0.80±0.27
8	0.96±0.12	1.04±0.20	0.90±0.36	1.30±0.23	1.81±0.87	0.65±0.24	0.84±0.32	0.58±0.16

หมายเหตุ: ค่าสัดส่วนเฉลี่ยในอุดมคติเท่ากับ 1

นำผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัส ในทั้ง 5 ปีวิจัยที่ต้องการศึกษา ไปศึกษาผลกระทบของปัจจัยส่วนผสมในการผลิตน้ำเลมอนเข้มข้นที่มีผลต่อคุณภาพในด้านต่างๆ เพื่อถ่วงดุลให้ได้ปัจจัยหลักที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น ดังตารางที่ 4.16-4.19



ตารางที่ 4.16 ผลกระทบ (Effect) ของปัจจัยส่วนผสมในการผลิตน้ำเลมอนเข้มข้นที่มีผลต่อคุณภาพทางกายภาพ

ปัจจัย	ค่าเฉลี่ย (H°)		ค่าความเข้มข้น (C*)		ค่าความหนืด (cps)	
	Effect	Calculated	Effect	Calculated	Effect	Calculated
	t-test		t-test		t-test	
A = น้ำเลมอน (กรัม)	1.368	0.907	-0.419	-5.974**	-0.850	-0.991
B = น้ำเชื่อมฟรุคโตส (กรัม)	-5.343	-3.543**	0.836	11.929**	-2.169	-2.528**
C = กรดแอสคอร์บิก (กรัม)	-0.848	-0.562	-0.201	-2.871**	-0.516	-0.602
D = เกลือ (กรัม)	5.260	3.488**	-0.394	-5.617**	1.955	2.279
E = น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกเลมอน (กรัม)	2.928	1.942	-0.271	-3.869**	0.552	0.643

หมายเหตุ: ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 85

ตารางที่ 4.17 ผลกระทบ (Effect) ของปัจจัยส่วนผสมในการผลิตน้ำเลมอนเข้มข้นที่มีผลต่อคุณภาพทางเคมี

ปัจจัย	ค่าความเป็นกรดต่าง (pH)		ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)		ปริมาณกรดแอสคอร์บิก (กรัม/100กรัม)	
	Effect	Calculated	Effect	Calculated	Effect	Calculated
	t-test		t-test		t-test	
A = น้ำเลมอน (กรัม)	-0.635	-1.567	-0.743	-1.176	-0.170	-3.535**
B = น้ำเชื่อมฟรุคโตส (กรัม)	-0.666	-1.645	-1.418	-2.246	-0.090	-1.872
C = กรดแอสคอร์บิก (กรัม)	-0.359	-0.886	-0.438	-0.693	0.425	8.838**
D = เกลือ (กรัม)	0.781	1.928	1.368	2.167	0.060	1.248
E = น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกเลมอน (กรัม)	0.140	0.347	0.346	0.549	0.025	0.520

หมายเหตุ: ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 85

**ตารางที่ 4.18** ผลกระทบ (Effect) ของปัจจัยส่วนผสมในการผลิตน้ำเลมอนเข้มข้นที่มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ปัจจัย	สี		ความขุ่น		กลิ่นเลมอน		รสเปรี้ยว	
	Effect	Calculated	Effect	Calculated	Effect	Calculated	Effect	Calculated
	t-test		t-test		t-test		t-test	
A = น้ำเลมอน (กรัม)	-0.015	-0.370	-0.025	-0.282	0.000	0.000	0.055	2.593**
B = น้ำเชื่อมฟรุกโตส (กรัม)	-0.070	-1.766	-0.140	-1.580	-0.080	-2.499**	-0.295	-13.906**
C = กรดแอสคอร์บิก (กรัม)	-0.015	-0.370	0.005	0.056	0.000	0.000	0.015	0.707
D = เกลือ (กรัม)	0.070	1.766	0.055	0.621	0.065	2.030	-0.020	-0.943
E = น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกเลมอน (กรัม)	-0.020	-0.497	0.020	0.226	0.020	0.625	0.035	1.650

หมายเหตุ: ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 85

**ตารางที่ 4.18** ผลกระทบ (Effect) ของปัจจัยส่วนผสมในการผลิตน้ำเลมอนเข้มข้นที่มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส (ต่อ)

ปัจจัย	รสขม		รสหวาน		ความหนืด		ความชอบโดยรวม	
	Effect	Calculated	Effect	Calculated	Effect	Calculated	Effect	Calculated
	t-test		t-test		t-test		t-test	
A = น้ำเลมอน (กรัม)	0.103	1.238	-0.075	-2.301**	0.018	1.300	-0.015	-0.663
B = น้ำเชื่อมฟรุกโตส (กรัม)	-0.533	-6.431**	0.375	11.504**	0.063	4.642**	0.260	11.485**
C = กรดแอสคอร์บิก (กรัม)	-0.008	-0.091	0.030	0.920	-0.002	-0.186	-0.030	-1.325
D = เกลือ (กรัม)	0.153	1.842	-0.015	-0.460	0.008	0.557	-0.030	-1.325
E = น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกเลมอน (กรัม)	-0.002	-0.030	-0.050	-1.534	0.002	0.186	-0.035	-1.546

หมายเหตุ: ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 85

ตารางที่ 4.19 ผลกระทบของปัจจัยต่อค่าสังเกต และจำนวนผลกระทบที่มีต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์น้ำเลมอน ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 85

ปัจจัย	ผลกระทบปัจจัยด้านกายภาพ และเคมี							ผลกระทบปัจจัยด้านประสาทสัมผัส					จำนวนผลกระทบ			
	ค่า เกณฑ์	ค่า ความ เข้มสี	ค่า ความ หนืด	pH	TSS	กรด แอสคอร์บิก	สี ความ ขุ่น	กลิ่น เลมอน	รส เปรี้ยว	รส ขม	รส หวาน	ความ หนืด	ความชอบ โดยรวม	ด้าน บวก	ด้าน ลบ	รวม
น้ำเลมอน	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	1	3	4
น้ำเชื่อมฟรุทโตส	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	4	5	9
กรดแอสคอร์บิก	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	1	1	2
เกลือ	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	2
น้ำมันหอมระเหย	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	1

จากตาราง 4.19 พบว่าปัจจัยที่มีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น คือ น้ำเชื่อมฟรุทโตส และน้ำเลมอน โดยน้ำเชื่อมฟรุทโตสมีผลกระทบด้านบวก 4 ด้าน คือ ค่าความเข้มข้น ความหวาน ความหนืด และความชอบโดยรวม ซึ่งหมายถึง เมื่อมีน้ำเชื่อมฟรุทโตสในปริมาณที่เพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าความเข้มข้น ความหวาน ความหนืด และความชอบโดยรวม เพิ่มขึ้นตามไปด้วย และมีผลกระทบด้านลบ 5 ด้าน คือ ค่าเฉลี่ย ค่าความหนืด กลิ่นเลมอน รสเปรี้ยว และรสขม ซึ่งหมายถึง เมื่อมีปริมาณน้ำเชื่อมฟรุทโตสลดลง จะทำให้ค่าเฉลี่ย ค่าความหนืด กลิ่นเลมอน รสเปรี้ยว และรสขม ลดลงตามไปด้วย และอีกปัจจัยที่ส่งผลกระทบคือ น้ำเลมอน โดยน้ำเลมอนมีผลกระทบด้านบวก 1 ด้าน คือ รสเปรี้ยว ซึ่งหมายถึง เมื่อมีน้ำเลมอนในปริมาณที่เพิ่มขึ้น จะทำให้รสเปรี้ยวเพิ่มขึ้นตามไปด้วย และมีผลกระทบด้านลบ 3 ด้าน คือ ค่าความเข้มข้น กรดแอสคอร์บิก และรสหวาน ซึ่งหมายถึง เมื่อมีปริมาณน้ำเลมอนลดลง จะทำให้ค่าความเข้มข้น กรดแอสคอร์บิก และรสหวาน ลดลงตามไปด้วย

#### 4.3.4 การศึกษาอัตราส่วนของส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม

จากการกลั่นกรองปัจจัยการผลิต พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำเลมอน คือ น้ำเลมอน และน้ำเชื่อมฟรุทโตส จึงนำปัจจัยที่กลั่นกรองได้มาศึกษารายละเอียด เพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย โดยวางแผนการทดลองแบบ  $2^2$  Factorial experiments in Central Composite Design with 2 center points โดยผันแปรปริมาณดังตารางที่ 4.20 และได้สิ่งทดลองดังตารางที่ 4.21

ตารางที่ 4.20 ปัจจัยหลัก และระดับที่ต้องการศึกษากระบวนการฆ่าเชื้อ

ปัจจัยหลัก	ระดับต่ำ (-)	ระดับกลาง (0)	ระดับสูง (+)
น้ำเลมอน	15	25	35
น้ำเชื่อมฟรุทโตส	10	20	30

ตารางที่ 4.21 สิ่งทดลองที่ได้จากการผันแปรปริมาณน้ำเลมอน และปริมาณน้ำเชื่อมฟรุ๊กโตส

สิ่งทดลอง	รหัส	น้ำเลมอน	น้ำเชื่อมฟรุ๊กโตส
1	(1)	15	10
2	a	35	10
3	b	15	30
4	Ab	35	30
5	- $\alpha$ a	10.86	20
6	+ $\alpha$ a	39.14	20
7	- $\alpha$ b	25	5.86
8	+ $\alpha$ b	25	34.14
9	Cp1	25	20
10	Cp2	25	20

นำสิ่งทดลองที่ผันแปรปริมาณน้ำเลมอน และปริมาณน้ำเชื่อมฟรุ๊กโตส จากตารางที่ 4.21 ไปวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัส ได้ผลดังตารางที่ 4.22-4.24

ตารางที่ 4.22 คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น

สิ่งทดลอง	ค่าเจดสี ( $H^\circ$ )	ค่าความเข้มสี ( $C^*$ )	ค่าความหนืด (cps)
1	93.29 $\pm$ 0.67	2.05 $\pm$ 0.04	1.13 $\pm$ 0.12
2	98.09 $\pm$ 0.03	1.52 $\pm$ 0.03	28.40 $\pm$ 0.35
3	98.16 $\pm$ 0.49	1.92 $\pm$ 0.01	2.80 $\pm$ 0.35
4	95.16 $\pm$ 1.99	2.11 $\pm$ 0.01	12.33 $\pm$ 0.31
5	94.88 $\pm$ 0.29	3.28 $\pm$ 0.01	26.87 $\pm$ 0.70
6	98.28 $\pm$ 2.47	2.10 $\pm$ 0.06	6.00 $\pm$ 0.60
7	105.70 $\pm$ 1.97	1.14 $\pm$ 0.04	0.80 $\pm$ 0.35
8	93.48 $\pm$ 0.30	3.06 $\pm$ 0.01	17.80 $\pm$ 0.35
9	94.22 $\pm$ 0.51	1.79 $\pm$ 0.01	9.20 $\pm$ 0.35
10	96.70 $\pm$ 0.16	2.05 $\pm$ 0.01	9.20 $\pm$ 0.35

ตารางที่ 4.23 คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น

สิ่งทดลอง	ค่าความเป็นกรดต่าง	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้	ปริมาณกรดแอสคอร์บิก
	(pH)	ทั้งหมด (°Brix)	(กรัม/100กรัม)
1	2.35±0.01	36.00±0.01	0.46±0.01
2	2.46±0.01	24.40±0.01	0.26±0.03
3	2.36±0.01	53.70±0.14	0.25±0.01
4	2.44±0.01	39.70±0.14	0.17±0.01
5	2.30±0.02	52.70±0.14	0.39±0.01
6	2.46±0.01	32.10±0.14	0.20±0.01
7	2.45±0.01	21.10±0.14	0.34±0.01
8	2.43±0.01	48.00±0.01	0.21±0.01
9	2.38±0.01	39.00±0.01	0.27±0.02
10	2.39±0.01	39.00±0.01	0.28±0.01

ตารางที่ 4.24 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น

สิ่งทดลอง	คุณลักษณะ							ความชอบโดยรวม
	สี	ความขุ่น	กลิ่นเลมอน	รสเปรี้ยว	รสขม	รสหวาน	ความหนืด	
1	0.94±0.09	0.88±0.23	1.00±0.20	1.12±0.21	1.47±0.55	0.91±0.20	0.89±0.21	0.82±0.19
2	0.96±0.13	0.90±0.20	0.87±0.30	1.38±0.28	1.82±0.62	0.57±0.34	0.88±0.17	0.49±0.22
3	0.90±0.17	0.88±0.22	0.93±0.14	0.89±0.19	1.21±0.53	1.20±0.21	0.99±0.14	0.86±0.18
4	0.94±0.17	0.90±0.25	0.97±0.14	1.06±0.14	1.33±0.44	0.84±0.31	0.98±0.11	0.78±0.18
5	0.91±0.17	0.87±0.22	0.94±0.19	0.94±0.19	1.24±0.57	1.13±0.28	0.98±0.15	0.85±0.22
6	0.96±0.21	0.88±0.27	0.89±0.23	1.09±0.23	1.47±0.48	0.92±0.19	0.96±0.12	0.79±0.15
7	0.97±0.22	0.90±0.30	0.96±0.21	1.31±0.25	1.74±0.71	0.63±0.35	0.93±0.15	0.54±0.21
8	0.98±0.15	0.91±0.23	0.99±0.12	0.97±0.16	1.37±0.59	1.06±0.18	0.99±0.10	0.87±0.16
9	0.91±0.19	0.84±0.23	0.90±0.20	1.06±0.17	1.36±0.63	0.97±0.22	0.94±0.13	0.83±0.21
10	0.96±0.14	0.98±0.27	0.99±0.23	1.11±0.16	1.47±0.56	0.95±0.24	0.97±0.13	0.78±0.22

หมายเหตุ: ค่าสัดส่วนเฉลี่ยในอุดมคติเท่ากับ 1

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัส มาคำนวณโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ Design Expert (multiple regression) เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างค่าตอบสนอง (Y) กับปริมาณน้ำเลมอน และน้ำเชื่อมฟรุกโตส ดังตารางที่ 4.25

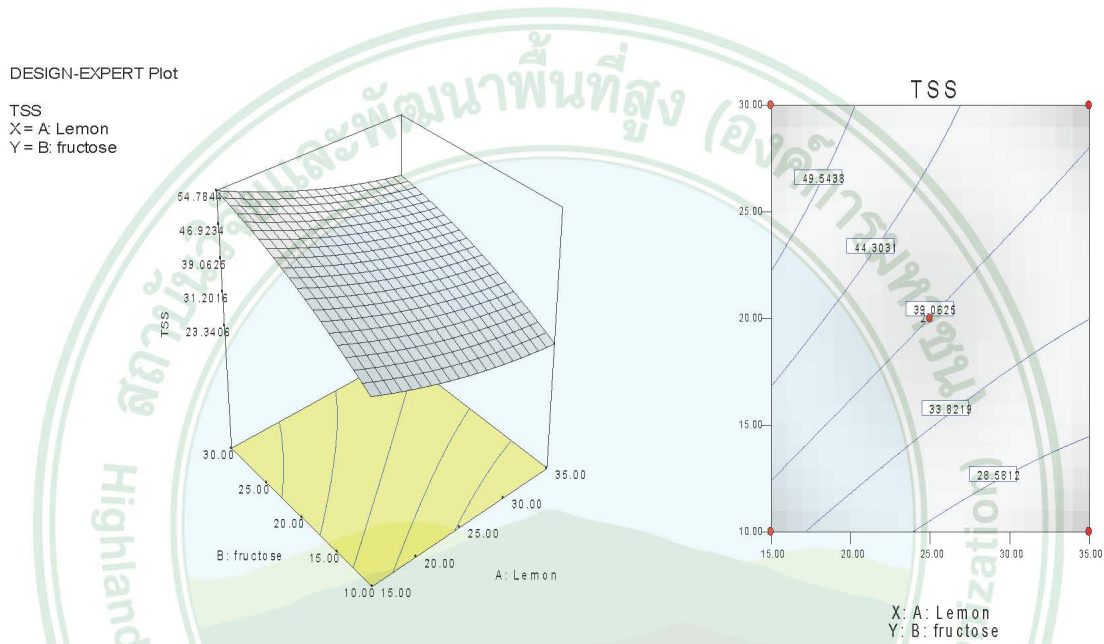
ตารางที่ 4.25 สมการความสัมพันธ์เชิงเส้นของปริมาณน้ำเลมอน และน้ำเชื่อมฟรุกโตส ที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น

คุณภาพ	ความสัมพันธ์กับตัวแปร	P-Value	R <sup>2</sup>
<b>คุณภาพทางเคมี</b>			
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด	$= 37.00 - 1.41(\text{Lemon}) + 1.93(\text{Fructose}) + 0.02(\text{Lemon})^2 - 0.02(\text{Fructose})^2 - 6.0 \times 10^{-3}(\text{Lemon})(\text{Fructose})$	0.0001	0.9956
- ค่าความเป็นกรดต่าง	$= 2.30 + 8.77 \times 10^{-3}(\text{Lemon}) - 8.60 \times 10^{-3}(\text{Fructose}) - 5.31 \times 10^{-5}(\text{Lemon})^2 + 2.34 \times 10^{-4}(\text{Fructose})^2 - 5.00 \times 10^{-5}(\text{Lemon})(\text{Fructose})$	0.0005	0.9891
- ปริมาณกรดแอสคอร์บิก	$= 0.71 - 0.01(\text{Lemon}) - 0.01(\text{Fructose}) + 2.87 \times 10^{-4}(\text{Lemon})(\text{Fructose})$	0.0001	0.9680
<b>คุณภาพทางประสาทสัมผัส</b>			
- รสเปรี้ยว	$= 1.15 + 8.03 \times 10^{-3}(\text{Lemon}) - 0.01(\text{Fructose})$	0.0008	0.8680
- รสขม	$= 1.51 + 9.94 \times 10^{-3}(\text{Lemon}) - 0.02(\text{Fructose})$	0.0037	0.7986
- รสหวาน	$= 0.94 - 0.01(\text{Lemon}) + 0.01(\text{Fructose})$	0.0024	0.8222
- ความหนืด	$= 0.89 - 6.04 \times 10^{-4}(\text{Lemon}) + 3.56(\text{Fructose})$	0.0116	0.7201
- ความชอบโดยรวม	$= 0.73 - 4.88 \times 10^{-3}(\text{Lemon}) + 8.13(\text{Fructose})$	0.0137	0.7064

จากตารางที่ 4.25 สามารถอธิบายได้ดังนี้ ปริมาณน้ำเลมอน และปริมาณน้ำเชื่อมฟรุกโตสที่ใช้มีผลต่อค่าคุณภาพทางเคมีด้านปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่าความเป็นกรดต่าง และปริมาณกรดแอสคอร์บิก ค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสเปรี้ยว รสขม รสหวาน ความหนืด และความชอบโดยรวม ( $p \leq 0.05$ ) แต่ไม่มีผลต่อคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าเจดสี ค่าความเข้มข้น และค่าความหนืด และไม่มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ความขุ่น และกลิ่นเลมอน ( $p > 0.05$ )

โดยจากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำเลมอน และปริมาณน้ำเชื่อมฟรุกโตสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) การตอบสนองของ

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด เมื่อผันแปรระดับปริมาณน้ำเลมอน และน้ำเชื่อมฟรุกโตสที่เปลี่ยนไป พบว่า เมื่อใช้ปริมาณน้ำเลมอนเพิ่มขึ้น จะทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดลดลง และเมื่อใช้ปริมาณน้ำเชื่อมฟรุกโตสเพิ่มขึ้น จะทำให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้น ส่วนอิทธิพลร่วม (Interaction) ของปริมาณน้ำเลมอน และน้ำเชื่อมฟรุกโตส ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดลดลงเล็กน้อย (ภาพที่ 4.16)



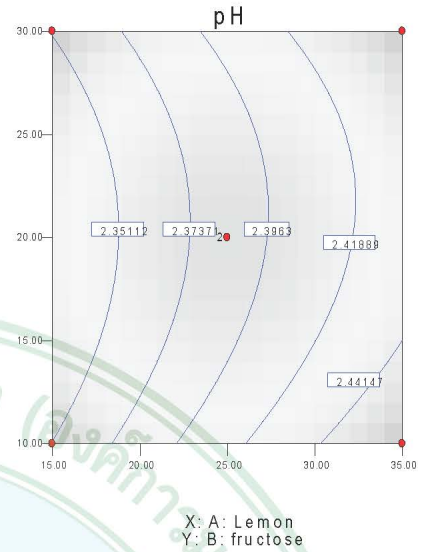
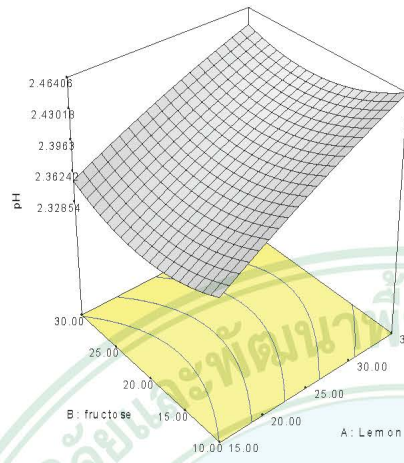
ภาพที่ 4.16 พื้นที่ตอบสนองของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด เมื่อผันแปรปริมาณน้ำเลมอน และน้ำเชื่อมฟรุกโตส

ค่าความเป็นกรดต่าง ขึ้นกับปริมาณน้ำเลมอน และปริมาณน้ำเชื่อมฟรุกโตสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) การตอบสนองของค่าความเป็นกรดต่าง เมื่อผันแปรระดับปริมาณน้ำเลมอน และน้ำเชื่อมฟรุกโตสที่เปลี่ยนไป พบว่า เมื่อใช้ปริมาณน้ำเลมอนเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าความเป็นกรดต่างเพิ่มขึ้น และเมื่อใช้ปริมาณน้ำเชื่อมฟรุกโตสเพิ่มขึ้น จะทำให้มีค่าความเป็นกรดต่างลดลง อิทธิพลร่วม (Interaction) ของปริมาณน้ำเลมอน และน้ำเชื่อมฟรุกโตส ทำให้ค่าความเป็นกรดต่างลดลงเช่นกัน (ภาพที่ 4.17)



DESIGN-EXPERT Plot

pH  
X = A: Lemon  
Y = B: fructose

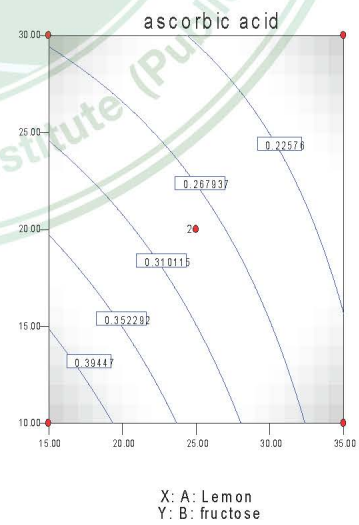
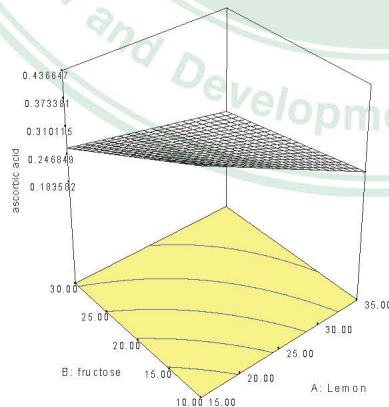


ภาพที่ 4.17 พื้นที่ตอบสนองของค่าความเป็นกรดต่าง  
เมื่อผันแปรปริมาณน้ำเลมอน และน้ำเชื่อมฟรุคโตส

ปริมาณกรดแอสคอร์บิก ขึ้นกับปริมาณน้ำเลมอน และปริมาณน้ำเชื่อมฟรุคโตสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) การตอบสนองของปริมาณกรดแอสคอร์บิก เมื่อผันแปรระดับปริมาณน้ำเลมอน และน้ำเชื่อมฟรุคโตสที่เปลี่ยนไป พบว่า เมื่อใช้ปริมาณน้ำเลมอนเพิ่มขึ้น จะทำให้ปริมาณกรดแอสคอร์บิก ลดลง และเมื่อใช้ปริมาณน้ำเชื่อมฟรุคโตสเพิ่มขึ้น จะทำให้ปริมาณกรดแอสคอร์บิก ลดลงเช่นเดียวกัน อิทธิพลร่วม (Interaction) ของปริมาณน้ำเลมอน และน้ำเชื่อมฟรุคโตส ทำให้ปริมาณกรดแอสคอร์บิก เพิ่มขึ้นเล็กน้อย (ภาพที่ 4.18)

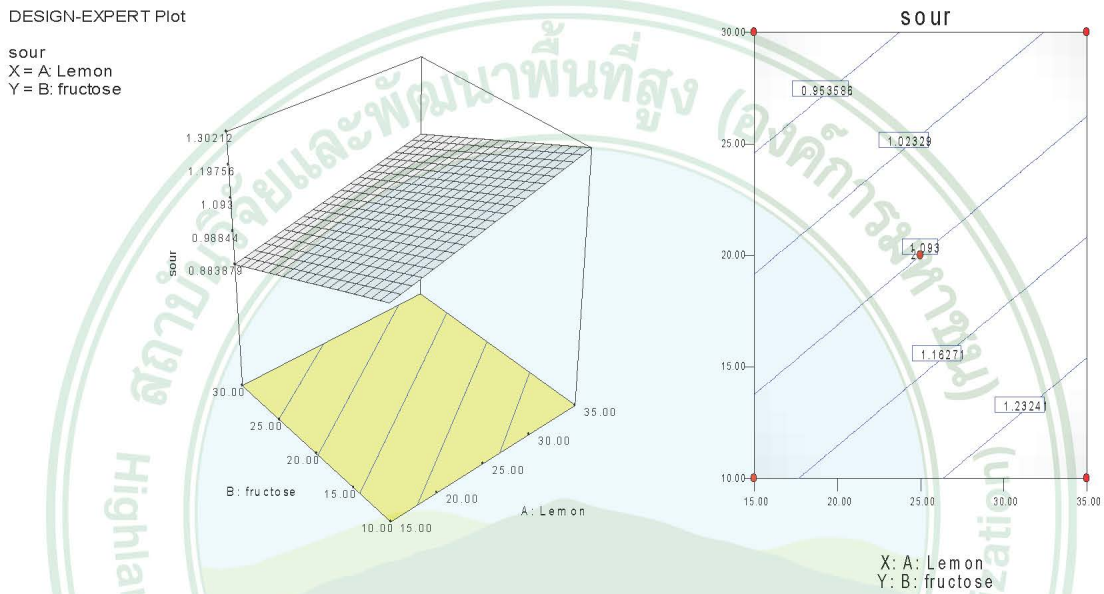
DESIGN-EXPERT Plot

ascorbic acid  
X = A: Lemon  
Y = B: fructose



ภาพที่ 4.18 พื้นที่ตอบสนองของปริมาณกรดแอสคอร์บิก  
เมื่อผันแปรปริมาณน้ำเลมอน และน้ำเชื่อมฟรุคโตส

คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสเปรี้ยว ขึ้นกับปริมาณน้ำเลมอน และปริมาณน้ำเชื่อมฟรุคโตสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) การตอบสนองของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสเปรี้ยว เมื่อผันแปรระดับปริมาณน้ำเลมอน และน้ำเชื่อมฟรุคโตสที่เปลี่ยนไป พบว่า เมื่อใช้ปริมาณน้ำเลมอนเพิ่มขึ้น จะทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสเปรี้ยวเพิ่มขึ้น และเมื่อใช้ปริมาณน้ำเชื่อมฟรุคโตสเพิ่มขึ้น จะทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสเปรี้ยวลดลง (ภาพที่ 4.19)

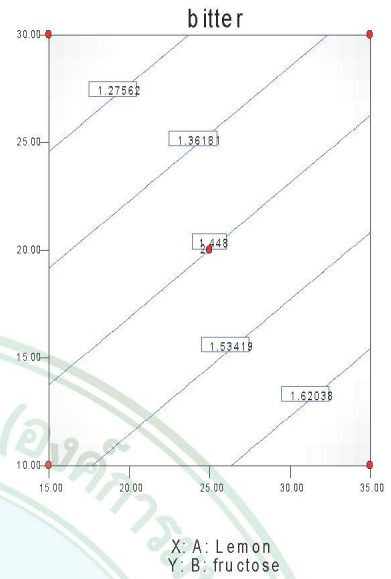
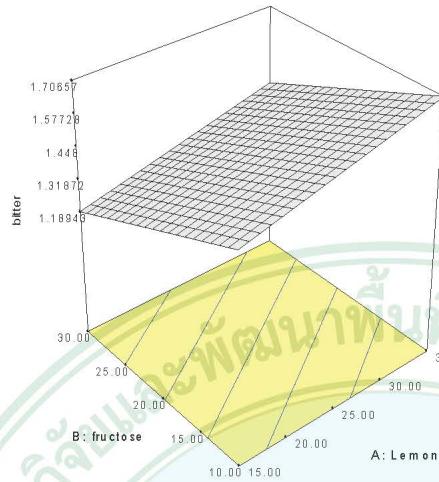


ภาพที่ 4.19 พื้นที่ตอบสนองของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสเปรี้ยว เมื่อผันแปรปริมาณน้ำเลมอน และน้ำเชื่อมฟรุคโตส

คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสขม ขึ้นกับปริมาณน้ำเลมอน และปริมาณน้ำเชื่อมฟรุคโตสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) การตอบสนองของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสขม เมื่อผันแปรระดับปริมาณน้ำเลมอน และน้ำเชื่อมฟรุคโตสที่เปลี่ยนไป พบว่า เมื่อใช้ปริมาณน้ำเลมอนเพิ่มขึ้น จะทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสขมเพิ่มขึ้น และเมื่อใช้ปริมาณน้ำเชื่อมฟรุคโตสเพิ่มขึ้น จะทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสขมลดลง (ภาพที่ 4.20)

DESIGN-EXPERT Plot

bitter  
X = A: Lemon  
Y = B: fructose

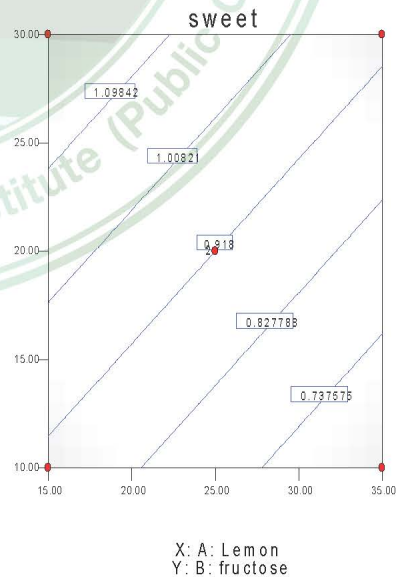
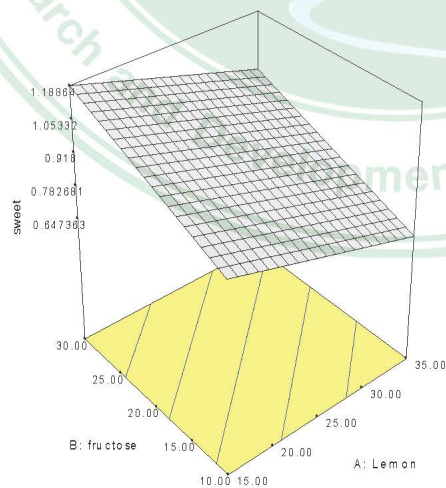


ภาพที่ 4.20 พื้นที่ตอบสนองของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสขม เมื่อผันแปรปริมาณน้ำเลมอน และน้ำเชื่อมฟรุคโตส

คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสหวาน ขึ้นกับปริมาณน้ำเลมอน และปริมาณน้ำเชื่อมฟรุคโตสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) การตอบสนองของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสหวาน เมื่อผันแปรระดับปริมาณน้ำเลมอน และน้ำเชื่อมฟรุคโตสที่เปลี่ยนไป พบว่า เมื่อใช้ปริมาณน้ำเลมอนเพิ่มขึ้น จะทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสหวานลดลง และเมื่อใช้ปริมาณน้ำเชื่อมฟรุคโตสเพิ่มขึ้น จะทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสหวานเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4.21)

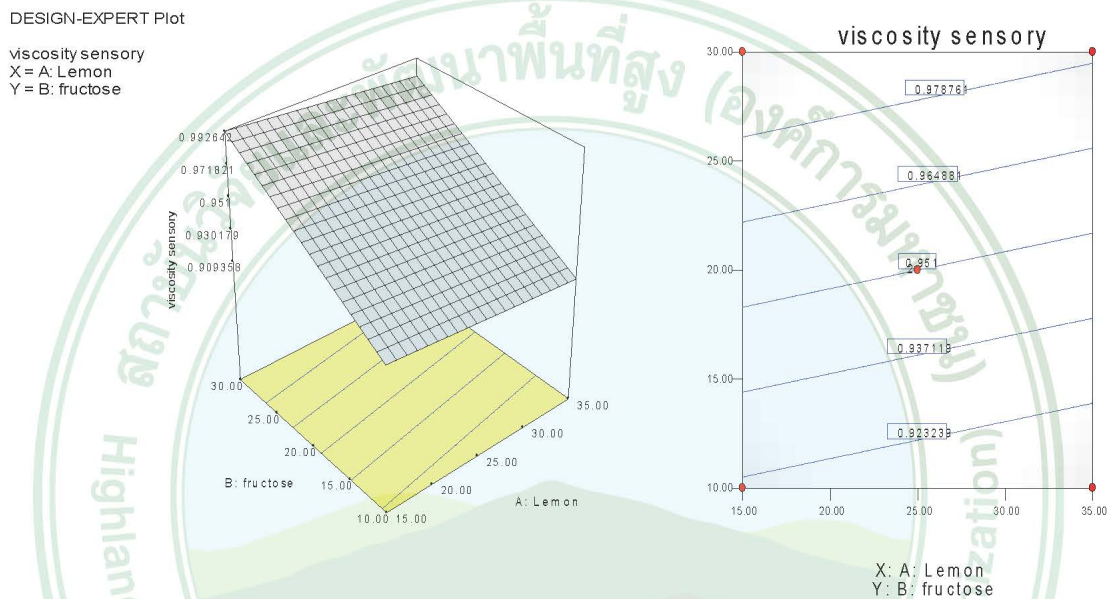
DESIGN-EXPERT Plot

sweet  
X = A: Lemon  
Y = B: fructose



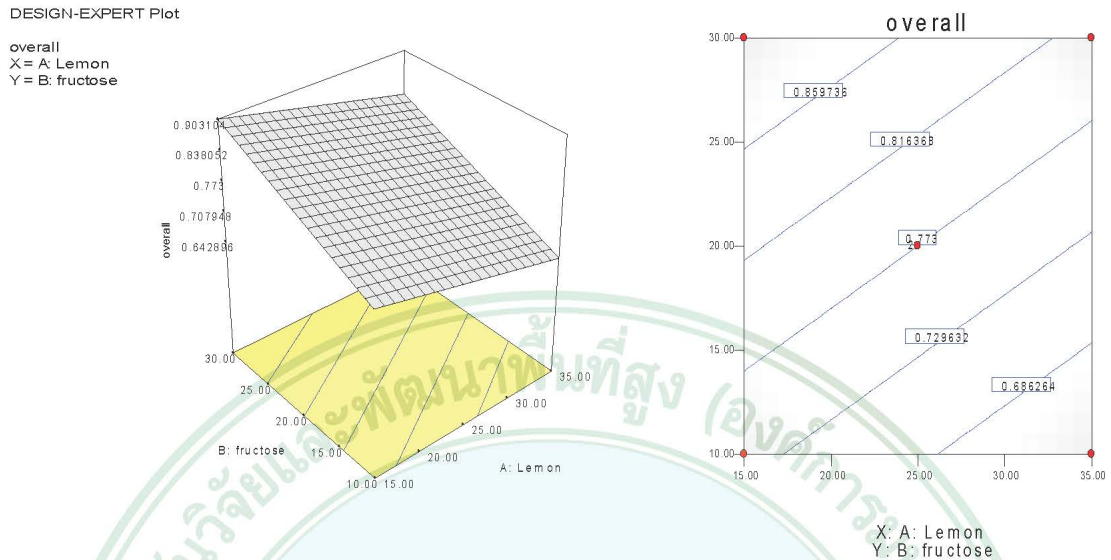
ภาพที่ 4.21 พื้นที่ตอบสนองของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสหวาน เมื่อผันแปรปริมาณน้ำเลมอน และน้ำเชื่อมฟรุคโตส

คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความหนืด ขึ้นกับปริมาณน้ำเลมอน และปริมาณน้ำเชื่อมฟรุคโตสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) การตอบสนองของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความหนืด เมื่อผันแปรระดับปริมาณน้ำเลมอน และน้ำเชื่อมฟรุคโตสที่เปลี่ยนไป พบว่า เมื่อใช้ปริมาณน้ำเลมอนเพิ่มขึ้น จะทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความหนืดลดลง และเมื่อใช้ปริมาณน้ำเชื่อมฟรุคโตสเพิ่มขึ้น จะทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความหนืดเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4.22)



ภาพที่ 4.22 พื้นที่ตอบสนองของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความหนืด  
เมื่อผันแปรปริมาณน้ำเลมอน และน้ำเชื่อมฟรุคโตส

คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวม ขึ้นกับปริมาณน้ำเลมอน และปริมาณน้ำเชื่อมฟรุคโตสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) การตอบสนองของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวม เมื่อผันแปรระดับปริมาณน้ำเลมอน และน้ำเชื่อมฟรุคโตสที่เปลี่ยนไป พบว่า เมื่อใช้ปริมาณน้ำเลมอนเพิ่มขึ้น จะทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมลดลง และเมื่อใช้ปริมาณน้ำเชื่อมฟรุคโตสเพิ่มขึ้น จะทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4.23)



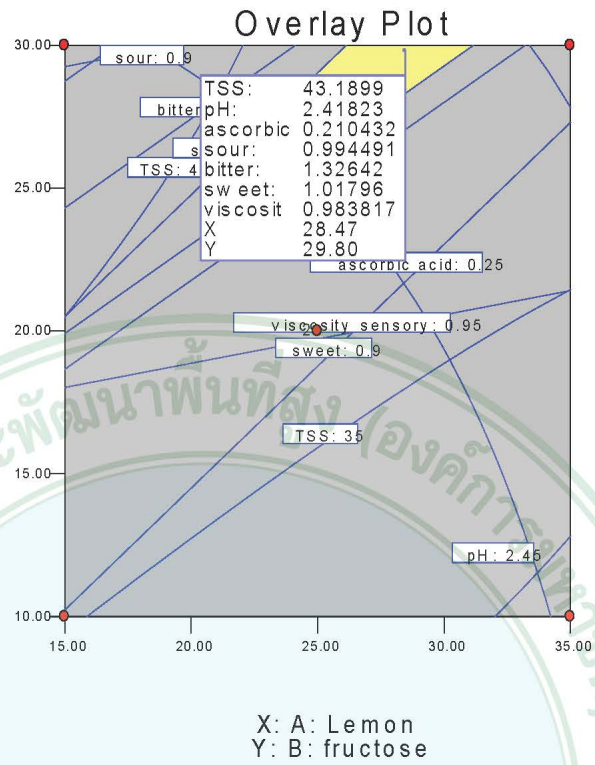
ภาพที่ 4.23 พื้นที่ตอบสนองของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวม เมื่อผันแปรปริมาณน้ำเลมอน และน้ำเชื่อมฟรุคโตส

จากสมการความสัมพันธ์และพื้นที่ตอบสนอง โดยคัดเลือกเฉพาะค่าตอบสนองที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) และค่า Adjusted R-square ตั้งแต่ร้อยละ 75 ขึ้นไป คือ คุณภาพทางเคมีด้านปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่าความเป็นกรดต่าง และปริมาณกรดแอสคอร์บิก และคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสเปรี้ยว รสขม รสหวาน ความหนืด และความชอบโดยรวม (ตารางที่ 4.25 และภาพที่ 4.16-4.23) นำมาวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม Design Expert เพื่อหาสัดส่วนของปริมาณน้ำเลมอน และน้ำเชื่อมฟรุคโตสที่เหมาะสม (optimization) เมื่อสร้างพื้นที่ตอบสนองจากค่าตอบสนองที่กำหนดข้างต้น พบว่า สัดส่วนของปริมาณน้ำเลมอน และน้ำเชื่อมฟรุคโตสที่เหมาะสม (พื้นที่สี่เหลี่ยม) คือปริมาณน้ำเลมอน 28.47 มิลลิลิตร และปริมาณน้ำเชื่อมฟรุคโตส 29.80 มิลลิลิตร ดังภาพที่ 4.24

DESIGN-EXPERT Plot

Overlay Plot  
 ● Design Points

X = A: Lemon  
 Y = B: fructose



ภาพที่ 4.24 กระบวนการที่ดีที่สุด (Optimization) สำหรับการศึกษ ปริมาณน้ำเลมอน และปริมาณ น้ำเชื่อมฟรุกโตส ในผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น

#### 4.4 การศึกษากระบวนการฆ่าเชื้อในผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม

ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์น้ำเลมอน คือ อุณหภูมิ และเวลา ดังนั้นเพื่อหาอุณหภูมิ และเวลาในการฆ่าเชื้อที่เหมาะสม วางแผนการทดลองแบบ  $2^2$  Factorial experiments in Central Composite Design with 2 center points จากการทดลองระดับของอุณหภูมิที่เหมาะสม จึงได้มีการปรับเปลี่ยนระดับของอุณหภูมิ จากเดิม 80-100 องศาเซลเซียส เป็น 70-90 องศาเซลเซียส โดยระดับของอุณหภูมิ และเวลา ดังตารางที่ 4.26 และได้สิ่งทดลองดังตารางที่ 4.27

ตารางที่ 4.26 ปัจจัยหลัก และระดับที่ต้องการศึกษากระบวนการฆ่าเชื้อ

ปัจจัยหลัก	ระดับต่ำ (-)	ระดับกลาง (0)	ระดับสูง (+)
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	70.00	80.00	90.00
เวลา (นาที)	15.00	22.50	30.00

ตารางที่ 4.27 สิ่งทดลองที่ได้จากการผันแปรอุณหภูมิ และเวลา ในกระบวนการฆ่าเชื้อ

สิ่งทดลอง	รหัส	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)
1	(1)	70.00	15.00
2	a	90.00	15.00
3	b	70.00	30.00
4	Ab	90.00	30.00
5	$-\alpha a$	65.86	22.50
6	$+\alpha a$	94.14	22.50
7	$-\alpha b$	80.00	11.86
8	$+\alpha b$	80.00	33.11
9	Cp1	80.00	22.50
10	Cp2	80.00	22.50

หมายเหตุ: (1) = ควบคุม, a = อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส), b = เวลา (นาที), Cp = จุดกึ่งกลาง

นำสิ่งทดลองที่แปรผันอุณหภูมิ และเวลาในกระบวนการฆ่าเชื้อ จากตารางที่ 4.27 ไปวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัส ได้ผลดังตารางที่ 4.28-4.31

ตารางที่ 4.28 คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้นในการศึกษากระบวนการฆ่าเชื้อที่เหมาะสม

สิ่งทดลอง	ค่าเจดสี (H°)	ค่าความเข้มสี (C*)	ค่าความหนืด (cps)
1	96.36±0.21	3.01±0.01	15.20±0.35
2	93.58±0.30	3.82±0.01	15.27±0.46
3	93.51±0.17	4.31±0.01	16.27±0.12
4	92.97±0.54	4.70±0.05	16.47±0.31
5	95.12±0.62	3.69±0.01	14.80±0.35
6	94.60±0.42	4.03±0.01	14.67±0.31
7	95.12±0.35	3.36±0.01	15.07±0.12
8	93.36±0.18	4.23±0.01	16.20±0.60
9	93.87±0.03	3.96±0.01	14.87±0.42
10	93.82±0.25	4.24±0.06	14.87±0.42

ตารางที่ 4.29 คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้นในการศึกษากระบวนการฆ่าเชื้อที่เหมาะสม

สิ่งทดลอง	ค่าความเป็นกรด	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้	ปริมาณกรดแอสคอร์บิก
	ต่าง (pH)	ทั้งหมด (°Brix)	(กรัม/100กรัม)
1	2.39±0.01	45.10±0.14	0.25±0.01
2	2.35±0.01	47.10±0.14	0.22±0.01
3	2.36±0.01	46.10±0.14	0.23±0.01
4	2.36±0.01	46.50±0.14	0.23±0.01
5	2.36±0.01	45.50±0.14	0.21±0.03
6	2.36±0.01	46.20±0.01	0.23±0.01
7	2.35±0.01	46.00±0.01	0.22±0.02
8	2.36±0.01	46.70±0.14	0.25±0.02
9	2.34±0.01	47.00±0.01	0.25±0.01
10	2.34±0.01	45.10±0.14	0.25±0.02



ตารางที่ 4.30 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้นในการศึกษากระบวนการฆ่าเชื้อที่เหมาะสม

สิ่งทดลอง	คุณลักษณะ							ความชอบโดยรวม
	สี	ความขุ่น	กลิ่นเลมอน	รสเปรี้ยว	รสขม	รสหวาน	ความหนืด	
1	0.87±0.19	0.95±0.21	0.97±0.16	1.02±0.14	1.18±0.44	0.99±0.22	0.94±0.10	0.88±0.18
2	0.94±0.17	0.96±0.18	1.03±0.19	1.07±0.18	1.09±0.29	0.96±0.17	0.94±0.07	0.88±0.21
3	1.04±0.13	1.02±0.08	0.90±0.24	1.01±0.14	1.26±0.31	0.94±0.19	0.97±0.04	0.86±0.16
4	1.08±0.13	1.04±0.13	0.90±0.24	1.00±0.16	1.22±0.32	0.90±0.31	0.96±0.05	0.85±0.17
5	0.97±0.15	0.99±0.10	0.87±0.24	1.03±0.13	1.26±0.33	0.99±0.21	0.97±0.07	0.87±0.10
6	0.97±0.15	0.98±0.13	0.87±0.20	1.00±0.09	1.21±0.20	1.02±0.20	0.95±0.06	0.87±0.12
7	0.89±0.17	0.97±0.14	0.87±0.14	1.01±0.13	1.19±0.30	0.94±0.21	0.95±0.07	0.86±0.15
8	0.98±0.12	1.02±0.10	0.92±0.22	1.04±0.12	1.18±0.35	0.94±0.22	0.93±0.07	0.86±0.13
9	0.95±0.15	0.94±0.12	0.94±0.16	0.99±0.09	1.02±0.22	0.98±0.20	0.92±0.09	0.90±0.10
10	0.97±0.17	0.98±0.13	0.88±0.17	1.06±0.24	1.25±0.28	0.94±0.25	0.94±0.05	0.86±0.13

หมายเหตุ: ค่าสัดส่วนเฉลี่ยในอุดมคติเท่ากับ 1

ตารางที่ 4.31 คุณภาพทางเชื้อจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้นในการศึกษากระบวนการฆ่าเชื้อที่เหมาะสม

สิ่งทดลอง	ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อกรัม)	ปริมาณยีสต์ รา (โคโลนีต่อกรัม)
1	<10	<10
2	<10	<10
3	<10	<10
4	<10	<10
5	<10	<10
6	<10	<10
7	<10	<10
8	<10	<10
9	<10	<10
10	<10	<10

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัสมาคำนวณโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ Design Expert (multiple regression) เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างค่าตอบสนอง (Y) กับอุณหภูมิ และเวลาในกระบวนการฆ่าเชื้อ ได้ผลดังตารางที่ 4.32

ตารางที่ 4.32 สมการความสัมพันธ์เชิงเส้นของอุณหภูมิ และเวลา ที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น

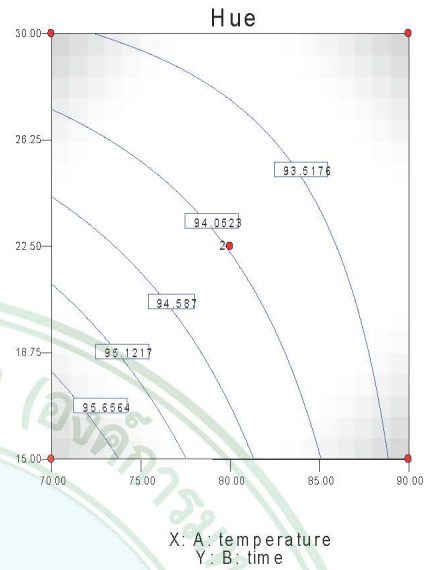
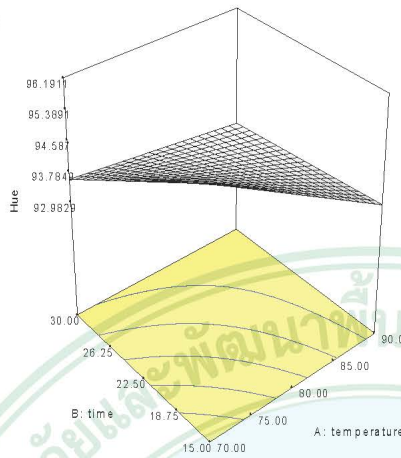
คุณภาพ	ความสัมพันธ์กับตัวแปร	P-Value	R <sup>2</sup>
คุณภาพทางเคมี			
- ค่ากรดสี (H°)	= 116.52-0.25(Temperature)- 0.69(Time)+7.43x10 <sup>-3</sup> (Temperature) (Time)	0.0001	0.9695
- ค่าความเข้มข้นสี (C*)	= 0.98+0.02(Temperature)+0.06(Time)	0.0020	0.8295
คุณภาพทางประสาทสัมผัส			
- สี	= 0.69+1.37x10 <sup>-3</sup> (Temperature)+7.29x10 <sup>-3</sup> (Time)	0.0097	0.7337

จากตารางที่ 4.32 สามารถอธิบายได้ดังนี้ อุณหภูมิ และเวลาในกระบวนการฆ่าเชื้อที่ใช้มีผลต่อค่าคุณภาพทางเคมีด้านค่ากรดสี (H°) และค่าความเข้มข้นสี (C\*) คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ( $p \leq 0.05$ ) แต่ไม่มีผลต่อคุณภาพทางกายภาพด้านค่าความหนืด ไม่มีผลต่อคุณภาพทางเคมีด้านค่าความเป็นกรดต่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และปริมาณกรดแอสคอร์บิก และไม่มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความขุ่น กลิ่นเลมอน รสเปรี้ยว รสหวาน รสขม ความหนืด และความชอบโดยรวม ( $p > 0.05$ )

โดยจากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ค่ากรดสี (H°) ขึ้นกับอุณหภูมิ และเวลาในการศึกษากระบวนการฆ่าเชื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) การตอบสนองของค่ากรดสี เมื่อผันแปรอุณหภูมิ และเวลาที่เปลี่ยนไป พบว่า เมื่อใช้อุณหภูมิเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่ากรดสีลดลง คืออยู่ในกรดสีเหลืองส้ม และเมื่อใช้เวลาในกระบวนการฆ่าเชื้อเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่ากรดสีลดลง คืออยู่ในกรดสีเหลืองส้ม อิทธิพลร่วม (Interaction) ของอุณหภูมิ และเวลา ทำให้ค่ากรดสีเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (ภาพที่ 4.25)

DESIGN-EXPERT Plot

Hue  
X = A: temperature  
Y = B: time

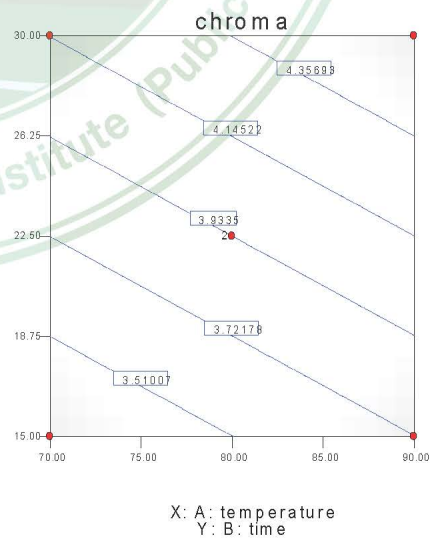
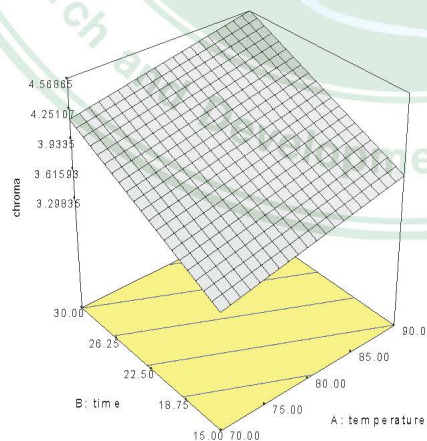


ภาพที่ 4.25 พื้นที่ตอบสนองของค่าเฉดสี (H°) เมื่อผันแปรอุณหภูมิ และเวลา ในการศึกษากระบวนการฆ่าเชื้อที่เหมาะสม

ค่าความเข้มสี (C\*) ขึ้นกับอุณหภูมิ และเวลาในการศึกษากระบวนการฆ่าเชื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) การตอบสนองของค่าความเข้มสี เมื่อผันแปรอุณหภูมิ และเวลาที่เปลี่ยนไป พบว่า เมื่อใช้อุณหภูมิเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าความเข้มสีเพิ่มขึ้น และเมื่อใช้เวลาในกระบวนการฆ่าเชื้อเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าความเข้มสีเพิ่มขึ้นเช่นกัน (ภาพที่ 4.26)

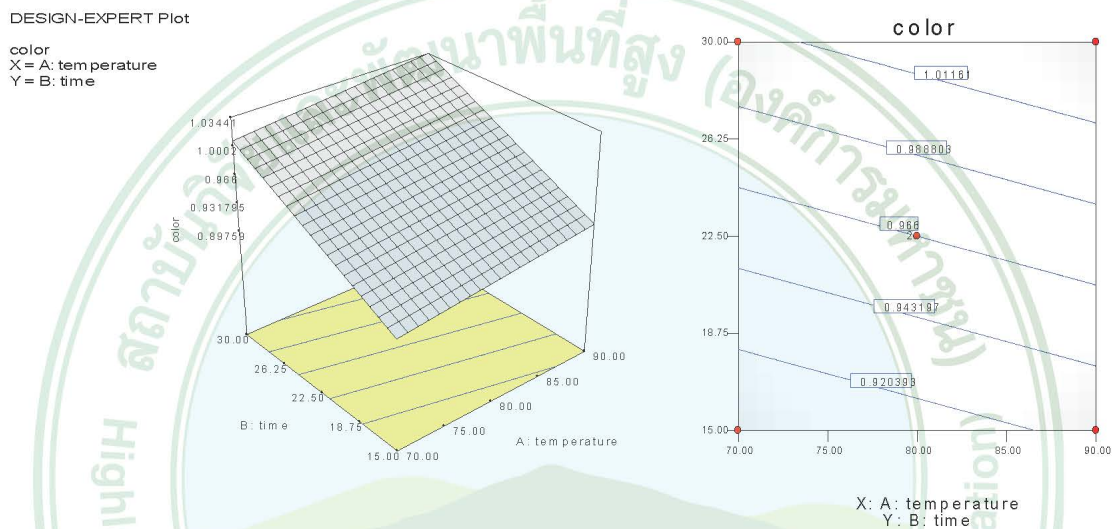
DESIGN-EXPERT Plot

chroma  
X = A: temperature  
Y = B: time



ภาพที่ 4.26 พื้นที่ตอบสนองของค่าความเข้มสี (C\*) เมื่อผันแปรอุณหภูมิ และเวลา ในการศึกษากระบวนการฆ่าเชื้อที่เหมาะสม

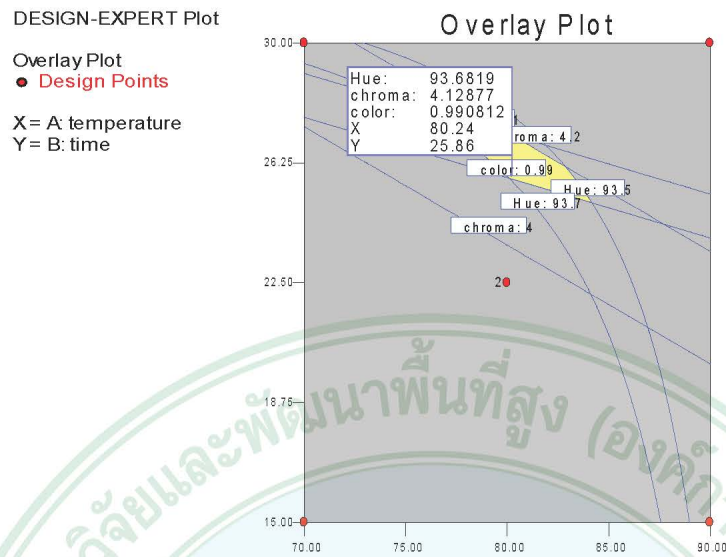
คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ขึ้นกับอุณหภูมิ และเวลาในกระบวนการฆ่าเชื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) การตอบสนองของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี เมื่อผันแปรอุณหภูมิ และเวลาที่เปลี่ยนไป พบว่า เมื่อใช้อุณหภูมิเพิ่มขึ้น จะทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีเพิ่มขึ้น และเมื่อใช้เวลาในกระบวนการฆ่าเชื้อเพิ่มขึ้น จะทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีเพิ่มขึ้นเช่นกัน (ภาพที่ 4.27)



ภาพที่ 4.27 พื้นที่ตอบสนองของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี

เมื่อผันแปรอุณหภูมิ และเวลาในการศึกษากระบวนการฆ่าเชื้อที่เหมาะสม

จากสมการความสัมพันธ์และพื้นที่ตอบสนอง โดยคัดเลือกเฉพาะค่าตอบสนองที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) และค่า Adjusted R-square ตั้งแต่ร้อยละ 75 ขึ้นไป คือ คุณภาพทางกายภาพด้านค่าเฉดสี ( $H^*$ ) และค่าความเข้มสี ( $C^*$ ) และคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี (ตารางที่ 4.32 และภาพที่ 4.25-27) นำมาวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม Design Expert เพื่อหาอุณหภูมิ และเวลาในกระบวนการฆ่าเชื้อที่เหมาะสม (optimization) เมื่อสร้างพื้นที่ตอบสนองจากค่าตอบสนองที่กำหนดข้างต้น พบว่า อุณหภูมิ และเวลาที่เหมาะสมในกระบวนการฆ่าเชื้อ (พื้นที่สีเหลือง) คือ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 นาที ดังแสดงในภาพที่ 4.28



ภาพที่ 4.28 กระบวนการที่ดีที่สุด (Optimization) สำหรับการศึกษาคูณภูมิ และเวลาที่เหมาะสม ในกระบวนการฆ่าเชื้อของผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น

#### 4.5 การศึกษาคูณภูมิของผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น

นำผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนที่ผ่านการพัฒนาสูตร และกระบวนการฆ่าเชื้อมาแล้วในข้อที่ 4.3 และ 4.4 มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี ประสาทสัมผัส และเชื้อจุลินทรีย์ ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4.33

ตารางที่ 4.33 คุณภาพทางกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น

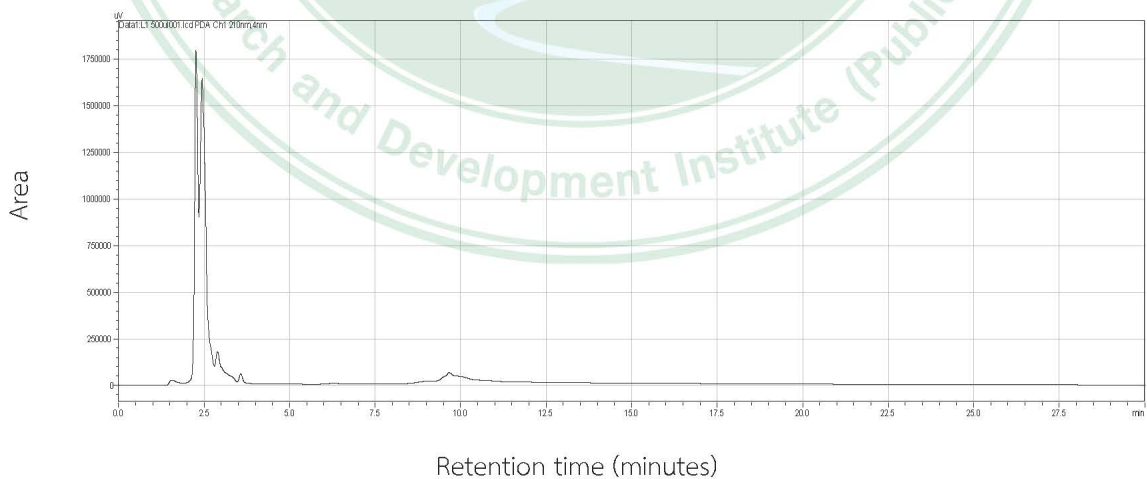
ลักษณะคุณภาพ	ผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น
คุณภาพทางด้านกายภาพ	
- ค่ากรดสี ( $H^\circ$ )	93.92±0.10
- ค่าความเข้มสี ( $C^*$ )	4.08±0.17
- ค่าความหนืด (cps)	14.70±0.42
คุณภาพทางด้านเคมี	
- ค่าความเป็นกรดต่าง (pH)	2.41±0.01
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ( $^\circ$ Brix)	45.10±0.14
- ปริมาณลิโมนิน (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)	ND
- ปริมาณนารินจิน (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)	0.007±0.01
- ปริมาณกรดแอสคอร์บิก (กรัม/100กรัม)	0.23±0.01

หมายเหตุ: ND หมายถึง ไม่พบ

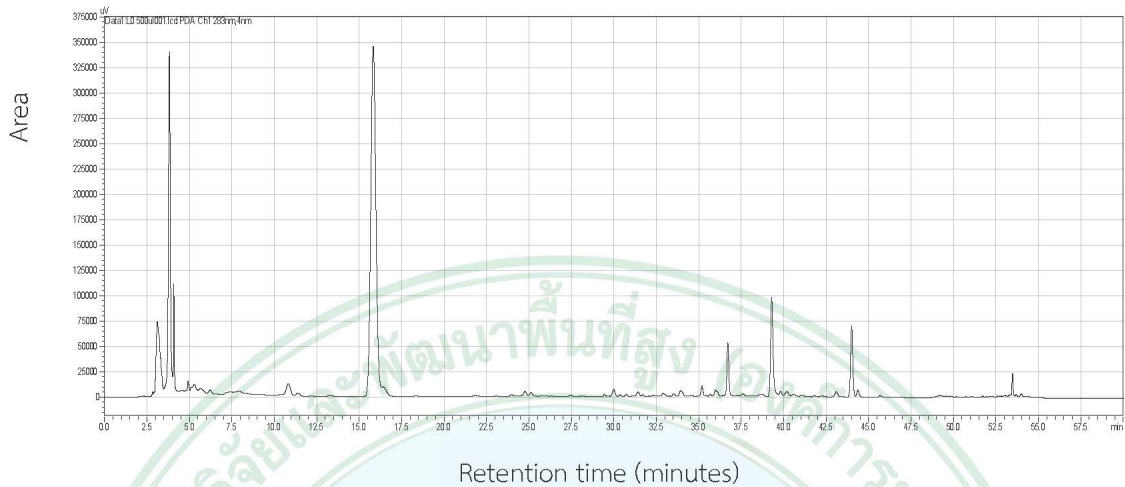
ตารางที่ 4.33 คุณภาพทางกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น (ต่อ)

คุณภาพ	ผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น
คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส (ค่าสัดส่วนเฉลี่ยในอุดมคติเท่ากับ 1)	
- สี	0.99±0.06
- ความขุ่น	1.02±0.09
- กลิ่นเลมอน	0.97±0.10
- รสเปรี้ยว	1.02±0.10
- รสขม	1.63±2.49
- รสหวาน	1.03±0.06
- ความหนืด	0.99±0.03
- ความชอบโดยรวม	1.05±0.11
คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์	
- เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อกรัม)	<10
- ยีสต์และรา (โคโลนีต่อกรัม)	<10
- อีโคไล (MPN/mL)	ND
- โคลิฟอร์ม (MPN/mL)	ND

หมายเหตุ: ND หมายถึง Not detected (ตรวจไม่พบ)



ภาพที่ 4.29 ปริมาณลิโมนีนในผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น



ภาพที่ 4.30 ปริมาณนารินจินในผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น ค่ากรดสี (H°) ค่าความเข้มข้น (C\*) และค่าความหนืดมีค่าเท่ากับ 93.92°, 4.08 และ 14.70 cps ตามลำดับ ซึ่งหมายถึงผลิตภัณฑ์มีค่ากรดสีอยู่ในเกณฑ์เหลือง ความเข้มข้นเข้าใกล้สีเทา และมีความหนืดเล็กน้อย คุณภาพทางเคมีด้านค่าความเป็นกรดต่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณนารินจิน และปริมาณกรดแอสคอร์บิก มีค่าเท่ากับ 2.41, 45.10°Brix, 0.007 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร, และ 0.23 กรัม/100กรัม ตามลำดับ โดยการเปลี่ยนแปลงของปริมาณนารินจินเกิดจากอายุของเลมอนที่ใช้ในการผลิต หากใช้เลมอนที่ยังไม่สุกจะทำให้มีปริมาณของนารินจินที่สูง ปริมาณของนารินจินจะลดลงเมื่อผลไม้สุก (Jourdan *et al.*, 1985) ผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้นที่พัฒนาได้ไม่พบลิโมนิน ส่วนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ความขุ่น กลิ่นเลมอน รสเปรี้ยว รสหวาน รสขม ความหนืด และความชอบโดยรวม มีค่าสัดส่วนเฉลี่ยเท่ากับ 0.99, 1.02, 0.97, 1.02, 1.63, 1.03, 0.99 และ 1.05 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าผลิตภัณฑ์มีค่าสัดส่วนเฉลี่ยใกล้เคียงกับค่าสัดส่วนเฉลี่ยในอุดมคติ แต่คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสขมยังคงต้องปรับลดลง ส่วนคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ได้แก่ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา น้อยกว่าสิบโคโลนีต่อกรัม และไม่พบอีโคไล และโคลิฟอร์ม

#### 4.6 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์

จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น โดยใช้การทดสอบแบบ Central Location Test บริเวณร้านโครงการหลวง สาขาสุเทพ และครัวโครงการหลวง ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูล แบ่งเป็น ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ ได้แก่ เพศ อายุ อาชีพ รายได้ต่อเดือน ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น ได้แก่ การรับประทาน ความถี่ในการบริโภค วัตถุประสงค์ในการเลือกซื้อ และข้อมูลระดับความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น ได้แก่ ระดับความชอบด้านสี กลิ่นเลมอน รสเปรี้ยว รสหวาน รสขม ความหนืด และความชอบโดยรวม ใช้การทดสอบแบบ 9-points hedonic scale (ไพโรจน์, 2561) โดยระดับคะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และระดับคะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด เสิร์ฟตัวอย่างน้ำเลมอนเข้มข้น (ปริมาณ 10 กรัม) ต่อ 1 คน ใช้ผู้ทดสอบ 100 คน วิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรมคำนวณทางสถิติแสดงผลเป็นร้อยละของระดับความชอบผลิตภัณฑ์ด้านต่างๆได้ผลดังตารางที่ 4.34 - 4.37

ตารางที่ 4.34 ร้อยละของข้อมูลทางประชากรศาสตร์ สำหรับการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น

ข้อมูลทางประชากรศาสตร์	ร้อยละ
1. เพศ	
- ชาย	28.00
- หญิง	72.00
2. ช่วงอายุ	
- ต่ำกว่า 15 ปี	1.00
- 15 - 30 ปี	47.00
- 31 - 45 ปี	42.00
- 46 - 60 ปี	9.00
- มากกว่า 60 ปี	1.00
3. อาชีพ	
- นักเรียน/นักศึกษา	24.00
- รับราชการ/รัฐวิสาหกิจ	13.00
- รับจ้าง	21.00
- ธุรกิจส่วนตัว/ค้าขาย	10.00
- พนักงานบริษัท	17.00
- อื่นๆ	15.00



ตารางที่ 4.34 ร้อยละของข้อมูลทางประชากรศาสตร์ สำหรับการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น (ต่อ)

ข้อมูลทางประชากรศาสตร์	ร้อยละ
4. รายได้เฉลี่ยต่อเดือน	
- ต่ำกว่า 10,000 บาท	21.00
- 10,000 - 15,000 บาท	20.00
- 15,001 - 20,000 บาท	23.00
- 20,001 - 25,000 บาท	11.00
- มากกว่า 25,000 บาท	25.00

ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ (ตารางที่ 4.34) พบว่าผู้บริโภคเป็นเพศหญิงร้อยละ 72.00 เพศชายร้อยละ 28.00 สองอันดับแรกของผู้บริโภคอยู่ในช่วงอายุ 15-30 ปี ร้อยละ 47.00 และช่วงอายุ 31-45 ปี ร้อยละ 42.00 อาชีพของผู้บริโภคเป็นนักเรียน/นักศึกษา ร้อยละ 24.00 และรับจ้าง ร้อยละ 21.00 ส่วนรายได้เฉลี่ยต่อเดือนของผู้บริโภค อยู่ในช่วงมากกว่า 25,000 บาท ร้อยละ 25.00 และช่วง 15,001-20,000 บาท ร้อยละ 23.00

ตารางที่ 4.35 ข้อมูลพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น

ข้อมูลพฤติกรรมการบริโภค	ร้อยละ
1. ปกติทานรับประทานผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้นหรือไม่	
- รับประทาน	45.00
- ไม่รับประทาน	55.00
2. ความถี่ในการบริโภคผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น	
- ทุกวัน	4.35
- 2 - 6 ครั้งต่อเดือน	13.04
- สัปดาห์ละครั้ง	10.87
- 2 - 3 ครั้งต่อเดือน	28.26
- 1 ครั้งต่อเดือน	19.57
- น้อยกว่า 1 ครั้งต่อเดือน	23.91

ตารางที่ 4.35 ข้อมูลพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น (ต่อ)

ข้อมูลพฤติกรรมการบริโภค	ร้อยละ
3. สาเหตุที่ทำให้ท่านตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น	
- บรรจุกัณท์	6.41
- พอใจในรสชาติ	43.59
- ปริมาณ	6.41
- ราคา	12.82
- คุณค่าทางอาหาร	30.77
- อื่นๆ	0.00

จากข้อมูลพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น (ตารางที่ 4.35) พบว่าปกติผู้บริโภครับประทานผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น ร้อยละ 45.00 ไม่รับประทานร้อยละ 55.00 ความถี่ในการบริโภคสองอันดับแรก คือ 2-3 ครั้งต่อเดือน ร้อยละ 28.26 และ น้อยกว่า 1 ครั้งต่อเดือน ร้อยละ 23.91 โดยเหตุผลที่ผู้บริโภคตัดสินใจเลือกบริโภคน้ำเลมอนเข้มข้นคือ พอใจในรสชาติ ร้อยละ 43.59 และคุณค่าทางอาหาร ร้อยละ 30.77 ส่วนระดับความพึงพอใจและความคิดเห็นของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้นแสดงดังตารางที่ 4.36

ตารางที่ 4.36 ระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น

ระดับความชอบ	คะแนนความชอบ (ร้อยละ)								
	ชอบมากที่สุด	ชอบมาก	ชอบปานกลาง	ชอบเล็กน้อย	เฉยๆ	ไม่ชอบเล็กน้อย	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบที่สุด
ลักษณะปรากฏ									
- สี	11.00	40.00	34.00	9.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00
กลิ่นและรสชาติ									
- กลิ่นเลมอน	7.00	31.00	35.00	17.00	9.00	1.00	0.00	0.00	0.00
- รสเปรี้ยว	21.00	32.00	34.00	7.00	1.00	3.00	2.00	0.00	0.00
- รสหวาน	11.00	32.00	31.00	15.00	6.00	5.00	0.00	0.00	0.00
- รสขม	10.00	15.00	33.00	16.00	20.00	2.00	2.00	1.00	1.00
เนื้อสัมผัส									
- ความหนืด	13.00	32.00	32.00	7.00	13.00	3.00	0.00	0.00	0.00
ความชอบโดยรวม	13.00	48.00	31.00	7.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00

จากตารางที่ 4.36 แสดงระดับความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น ในด้านต่างๆ โดยผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านสี รสหวาน ความหนืด และความชอบโดยรวม มีคะแนนอยู่ในระดับชอบมากร้อยละ 40.00, 32.00, 32.00 และ 48.00 ตามลำดับ ส่วนด้านกลิ่นเลมอน รสเปรี้ยว และรสขม มีคะแนนอยู่ในระดับชอบปานกลาง ร้อยละ 35.00, 34.00 และ 33.00 ตามลำดับ ซึ่งหมายถึง ผู้ทดสอบชิมชอบผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับชอบมาก

**ตารางที่ 4.37** ความคิดเห็นของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น

ความเห็นผู้บริโภค	ร้อยละ
1. ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้นนี้หรือไม่	
- ยอมรับ	96.00
- ไม่ยอมรับ	4.00
2. หากมีผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้นวางจำหน่าย ท่านต้องการซื้อหรือไม่	
- ซื้อ	96.00
- ไม่ซื้อ	4.00

จากตารางที่ 4.37 พบว่า เมื่อสอบถามการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค ผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น ร้อยละ 96.00 หากมีการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ พบว่า ผู้บริโภคตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น ร้อยละ 96.00

#### 4.7 การศึกษาต้นทุน และแนวทางในการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้นในเชิงพาณิชย์

ศึกษาต้นทุนในการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น ที่ผ่านกระบวนการพัฒนาแล้ว เปรียบเทียบกับราคาของผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น วัตถุประสงค์ในการผลิตน้ำเลมอนเข้มข้น ประกอบด้วย น้ำเลมอน น้ำเชื่อมฟรุคโตส กรดแอสคอร์บิก เกลือ และน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกเลมอน โดยราคาต้นทุนของส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้นแสดงดังตารางที่ 4.38

ตารางที่ 4.38 ต้นทุนของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น 1 สูตร (ส่วนผสมทั้งหมด 13.35 กิโลกรัม)

ส่วนผสม (วัตถุดิบจำนวน 1 ชุด)	ต้นทุนส่วนผสม 1 ชุดการผลิต (บาท)
น้ำเลมอน (6.54 กิโลกรัม × 76.45 บาท/กิโลกรัม)	499.98
น้ำเชื่อมฟรุคโตส (6.77 กิโลกรัม × 33.33 บาท/กิโลกรัม)	225.64
กรดแอสคอร์บิก (0.02 กิโลกรัม × 790 บาท/กิโลกรัม)	15.80
เกลือ (0.02 กิโลกรัม × 11.50 บาท/กิโลกรัม)	0.23
น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกเลมอน (0.002 ลิตร × 12,500 บาท/ลิตร)	25.00
เอนไซม์นาริงจินส (0.013 กิโลกรัม × 6,150 บาท/กิโลกรัม)	79.95
เอนไซม์เพคตินส (0.032 กิโลกรัม × 3,950 บาท/กิโลกรัม)	126.40

หมายเหตุ: ราคา ณ วันที่ 1 ตุลาคม 2562

รวมต้นทุนส่วนผสม 973.00 บาท/รอบผลิต

#### ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ

ค่าน้ำ 30 ลิตร × 0.30 บาท/ลิตร	= 9.00	บาท
ค่าไฟเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหย 6 ชั่วโมง × 7.30 กิโลวัตต์/ชั่วโมง × 3.70 บาท/หน่วย	= 162.06	บาท
ค่าแรงปอกเปลือกเลมอน 3 คน × 2 ชั่วโมง × 40.00 บาท	= 240.00	บาท
ค่าแรงคั้นน้ำเลมอน 1 คน × 3.17 ชั่วโมง × 40.00 บาท	= 126.80	บาท

#### ขั้นตอนการผลิต

ค่าแรงกรองน้ำเลมอน 1 คน × 0.20 ชั่วโมง × 40.00 บาท	= 8.00	บาท
--	--------	-----

ค่าไฟเครื่องควบคุมอุณหภูมิ 2 ชั่วโมง × 1.80 กิโลวัตต์/ชั่วโมง × 3.70 บาท/หน่วย	= 13.32	บาท
ค่าแก๊ส 7.44 กิโลกรัม × 24.46 บาท/กิโลกรัม	= 181.98	บาท
ค่าแรงฆ่าเชื้อ 1 คน × 1 ชั่วโมง × 40.00 บาท	= 40.00	บาท
ค่าแรงบรรจุขวด 3 คน × 0.17 ชั่วโมง × 40.00 บาท	= 20.40	บาท
ค่าแรงเช็ดฝา 1 คน × 0.12 ชั่วโมง × 40.00 บาท	= 4.80	บาท
ค่าขวด 43 ขวด × 7.00 บาท/ขวด	= 301.00	บาท
รวม	= 1,107.36	บาท
รวมต้นทุนทั้งหมด	2,080.36	บาท
ได้ผลผลิตทั้งหมด	43	ขวด

ต้นทุนในการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น 48.38 บาท/ขวด (ขนาดบรรจุ 350 มิลลิลิตร)

จากการสำรวจผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด พบว่า มีราคาขายเฉลี่ย 49.88 บาทต่อขวด ในขนาดบรรจุ 350 มิลลิลิตร ส่วนผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้นที่พัฒนาได้มีต้นทุนในการผลิตเท่ากับ 48.38 บาทต่อขวด ในขนาดบรรจุ 350 มิลลิลิตร ซึ่งผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้นที่พัฒนานี้มีส่วนผสมของวัตถุดิบเสีย ไม่แต่งสีและกลิ่นสังเคราะห์ และไม่ใส่สารให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เหมือนผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด ผลิตภัณฑ์นี้เป็นอีกทางเลือกหนึ่งของผู้บริโภคที่รักสุขภาพ ไม่ต้องการผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเติมแต่งสารสังเคราะห์



ภาพที่ 4.31 ผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย

#### 5.1 การกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกเลมอน

จากผลการทดลองพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกเลมอน มีลักษณะใส ไม่มีตะกอน และมีสีเหลืองอ่อน โดยจากการวัดค่ากรดสี ( $H^{\circ}$ ) อยู่ในเกณฑ์ส้มถึงเหลือง (43.00) และค่าความเข้มข้น ( $C^*$ ) อยู่ในช่วงเข้าใกล้ สีขาว (0.34) ซึ่งมีค่าดัชนีการหักเหอยู่ที่ 1.107 มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานการวิเคราะห์เล็กน้อย อาจเนื่องมาจากเครื่องมือการกลั่น และเครื่องมือการวัดค่าดัชนีการหักเหต่างกัน และจากการนำน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกเลมอนไปวิเคราะห์สารระเหยโดยวิธี Gas Chromatography-Mass spectrometry (GC-MS) พบว่า มีสารระเหยอยู่ทั้งหมด 26 ชนิด ซึ่งมีปริมาณสารระเหยชนิด Alpha-limonene มากที่สุด (ร้อยละ 63.89)

#### 5.2 การศึกษาวิธีการลดความขมน้ำเลมอน

เมื่อวิเคราะห์วิธีลดความขมน้ำเลมอน ทั้ง 3 วิธีคือ วิธีการลวก การใช้เบตาไซโคลเดกซ์ทริน และวิธีการใช้เอนไซม์ พบว่ามีค่ากรดสี ( $H^{\circ}$ ) อยู่ในช่วงสีเหลืองถึงเขียว ซึ่งวิธีการใช้เอนไซม์มีค่ากรดสี ( $H^{\circ}$ ) เข้าใกล้สีเหลืองมากที่สุด ค่าความเข้มข้น ( $C^*$ ) ของทั้งสามวิธีมีความเข้มข้นเข้าใกล้สีเทาจากการวิเคราะห์ ค่าความใส พบว่า วิธีการใช้เอนไซม์ มีค่าความใสสูงสุด (ร้อยละ 8.14) และปริมาณลิโมนิน และนารินจินที่เหลือจากการใช้วิธีลดความขมด้วยการใช้เบตาไซโคลเดกซ์ทริน และเอนไซม์มีปริมาณน้อยที่สุด โดยจากการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมพบว่าผู้ทดสอบชิมส่วนใหญ่ให้คะแนนความพึงพอใจในน้ำเลมอนที่ลดความขมด้วยการใช้เอนไซม์ (4.52) จากการพิจารณาพบว่า วิธีลดความขมที่เหมาะสมสำหรับน้ำเลมอน คือ วิธีการใช้เอนไซม์ เนื่องจากน้ำเลมอนมีความใสที่สูงที่สุด และมีคะแนนความพึงพอใจของผู้บริโภคสูงสุด ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นว่าสามารถลดความขมน้ำเลมอนได้ แม้ว่าจะมีปริมาณกรดซิตริกที่น้อยกว่าวิธีการลวก และวิธีการใช้เบตาไซโคลเดกซ์ทริน แต่มีประสิทธิภาพในการลดความขมที่สูงกว่า

#### 5.3 การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น

จากการสำรวจผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนในท้องตลาดพบว่า น้ำเลมอนส่วนใหญ่ในท้องตลาดมีส่วนผสมของสารเติมแต่ง ทั้งสารควบคุมความเป็นกรด สารให้ความคงตัว วัตถุกันเสีย สารเติมแต่งสี สารให้ความหวานแทนน้ำตาล เป็นต้น ซึ่งอาจจะเป็นอันตรายหากใช้ในปริมาณที่เกินกำหนดของประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (2557) ในเรื่อง ข้อกำหนดการใช้วัตถุเจือปนอาหาร ซึ่งระบุไว้ว่าให้ใช้ในปริมาณที่เหมาะสม และพบว่าน้ำเลมอนส่วนใหญ่ มีอายุการเก็บรักษาประมาณ 1 ปี ขนาดบรรจุ 400 กรัม มีราคาเฉลี่ย 57 บาท

จากการสำรวจความต้องการของผู้บริโภค ที่บริเวณร้านโครงการหลวง สาขาสุเทพ ศูนย์อาหารเทศบาลตำบลสุเทพ และคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ พบว่า ผู้ทดสอบส่วนใหญ่ เป็นเพศหญิง (ร้อยละ 65.00) อายุ 21-30 ปี (ร้อยละ 53.00) การศึกษาระดับปริญญาตรี (ร้อยละ 69.00) นักศึกษา (ร้อยละ 40.00) มีรายได้เฉลี่ยต่ำกว่า 10,000 บาท (ร้อยละ 40.00) ซึ่งพฤติกรรมผู้บริโภคน้ำเลมอน ผู้บริโภคเคยรับประทาน (ร้อยละ 69.00) สาเหตุที่ผู้บริโภคซื้อผลิตภัณฑ์น้ำเลมอน คือ รสชาติอร่อย (ร้อยละ 49.54) สิ่งที่ผู้บริโภคคาดหวังจากผลิตภัณฑ์คือ เพื่อเพิ่มความหลากหลาย ในการรับประทานน้ำผลไม้ (ร้อยละ 40.61) ถ้าหากมีการผลิตน้ำเลมอนจำหน่าย ผู้บริโภคส่วนใหญ่ต้องการให้จำหน่ายในรูปแบบขวดแก้ว (ร้อยละ 46.00) มีรสชาติหวานและเปรี้ยวปานกลาง (ร้อยละ 71.00 และ 72.00) และเห็นด้วยหากมีการจำหน่ายผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้นในร้านโครงการหลวง (ร้อยละ 100.00) จากการสำรวจค่าโครงการผลิตภัณฑ์พบว่า คุณลักษณะสำคัญที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญคือคุณลักษณะด้านสี ความขุ่น กลิ่นเลมอน รสเปรี้ยว รสขม รสหวาน ความหนืด และความชอบโดยรวม เมื่อกลิ่นกรองปัจจัยผลิตที่มีผลต่อกระบวนการผลิตน้ำเลมอนเข้มข้น พบว่า น้ำเลมอน และน้ำเชื่อมฟรุทโตส มีผลต่อการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น โดยสัดส่วนของปริมาณน้ำเลมอน และน้ำเชื่อมฟรุทโตสที่เหมาะสม คือ น้ำเลมอน ร้อยละ 48.68 และน้ำเชื่อมฟรุทโตสร้อยละ 50.96

#### 5.4 การศึกษากระบวนการฆ่าเชื้อในผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม

จากการศึกษากระบวนการฆ่าเชื้อโดยผันแปรอุณหภูมิ และเวลาในกระบวนการฆ่าเชื้อพบว่าอุณหภูมิ และเวลา มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้นในด้านเฉดสี และคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี โดยอุณหภูมิ และเวลาที่เหมาะสมในกระบวนการฆ่าเชื้อ คือ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 นาที

#### 5.5 การศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น พบว่า ผลิตภัณฑ์มีค่าเฉดสีอยู่ในเฉดสีเหลือง ความเข้มข้นสีเข้าใกล้สีเทา และมีความหนืดเล็กน้อย คุณภาพทางเคมีมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณนารินจิน และไม่พบปริมาณของลิโมนินในผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น คุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าผลิตภัณฑ์มีค่าสัดส่วนเฉลี่ยใกล้เคียงกับค่าสัดส่วนเฉลี่ยในอุดมคติ แต่คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสขมยังคงต้องปรับลดลง ส่วนคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา น้อยกว่าสิบโคโลนีต่อกรัม ไม่พบอีโคไล และโคลิฟอร์ม

#### 5.6 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์

จากข้อมูลทางประชากรศาสตร์ พบว่าผู้บริโภคเป็นเพศหญิง (ร้อยละ 72.00) เพศชาย (ร้อยละ 28.00) สองอันดับแรกของผู้บริโภคอยู่ในช่วงอายุ 15-30 ปี (ร้อยละ 47.00) และช่วงอายุ

31-45 ปี (ร้อยละ 42.00) อาชีพของผู้บริโภคเป็นนักเรียน/นักศึกษา (ร้อยละ 24.00) และรับจ้าง (ร้อยละ 21.00) ส่วนรายได้เฉลี่ยต่อเดือนของผู้บริโภค อยู่ในช่วงมากกว่า 25,000 บาท (ร้อยละ 25.00) และช่วง 15,001-20,000 บาท (ร้อยละ 23.00) ข้อมูลพฤติกรรมกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น พบว่า ปกติผู้บริโภครับประทานผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น ร้อยละ 45.00 ความถี่ในการบริโภคสองอันดับแรก คือ 2-3 ครั้งต่อเดือน (ร้อยละ 28.26) และ น้อยกว่า 1 ครั้งต่อเดือน (ร้อยละ 23.91) โดยเหตุผลที่ผู้บริโภคตัดสินใจเลือกบริโภคน้ำเลมอนเข้มข้นคือ พอใจในรสชาติ (ร้อยละ 43.59) และคุณค่าทางอาหาร (ร้อยละ 30.77) ระดับความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้นอยู่ในระดับชอบมาก การยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค ผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น (ร้อยละ 96.00) หากมีการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ พบว่า ผู้บริโภคตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น (ร้อยละ 96.00)

#### 5.7 การศึกษาต้นทุน และแนวทางในการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้นในเชิงพาณิชย์

จากการศึกษาต้นทุนในการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น พบว่ามีต้นทุนในการผลิตเท่ากับ 48.38 บาทต่อขวด (ขนาดบรรจุ 350 มิลลิลิตร)

#### ข้อเสนอแนะเพื่อต่อยอด

จากการศึกษาการแปรรูปผลิตผลเลมอนเป็นผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น สามารถนำความรู้ที่ได้จากการศึกษาเพื่อต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้อีก เช่น ผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนพร้อมดื่ม ผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนอัดแก๊ส นอกจากนี้ส่วนที่เหลือจากกระบวนการผลิตยังสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ เพื่อช่วยเพิ่มมูลค่า และลดของเสียที่เหลือจากกระบวนการผลิต ได้แก่

1. เปลือกเลมอนที่เหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำเลมอน สามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ชาเลมอน และเปลือกเลมอนกึ่งแห้ง เป็นต้น
2. กากเลมอนที่เหลือทิ้งจากกระบวนการคั้นน้ำเลมอน สามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น เลมอนเชื่อม และเลมอนอบแห้ง เป็นต้น