บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งชาเขียวด้วยไมโครเวฟสุญญากาศ

ตาราง 4.1 แสดง ค่าเคมีกายภาพของชาเขียวที่ผ่านการอบแห้งด้วยไมโครเวฟสุญญากาศ ที่ใช้กำลังไมโครเวฟที่ระดับ 3,200 3,600 4,000 วัตต์ และนาน 20 30 40 นาที โดยพบว่า มีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 1.66±0.12-58.06±0.16% ปริมาณของแข็งทั้งหมด 98.34±0.12-41.94±0.16% ค่า a_w 0.24±0.01-0.96±0.01 ค่าสี L*41.24±0.09-55.16±1.56 a*-1.46±0.16-3.43±0.63 b* 6.93±0.35 - 14.64±2.32 และปริมาณเถ้าทั้งหมด 6.08±0.05-2.34±0.01%

จากผลการอบแห้งชาเขียวที่สภาวะต่างๆ พบว่า กำลังไมโครเวฟที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ ความชื้น, a_w และ ค่าสี a* มีค่าลดลงแต่จะทำให้ ปริมาณของแข็ง, ค่าสี L*, b* และปริมาณเถ้าทั้งหมด เพิ่มขึ้น เนื่องจากกำลังไมโครเวฟที่เพิ่มทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น จึงทำให้น้ำที่มีอยู่ในใบชาระเหยออกไปอย่างรวดเร็ว (Kuljarachanan *et al.*, 2009) เช่นเดียวกันกับเมื่อเวลาที่ใช้ทำแห้งเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ ความชื้น, a_w และค่าสี a* มีค่าลดลงแต่จะทำให้ ปริมาณของแข็ง, ค่าสี L*, b* และปริมาณเถ้าทั้งหมด เพิ่มขึ้น ดังตาราง 4.2

ตาราง 4.1 ค่าเคมีกายภาพของชาเขียวที่ผ่านการอบแห้งด้วยไมโครเวฟสุญญากาศ

กำลังไมโครเวฟ (วัตต์)	เวลา (นาที)	ความชื้น (%)	ปริมาณของแข็งทั้งหมด (%)	a_w	L*	a*	b*	ปริมาณเถ้าทั้งหมด (%)
3200	20	58.06±0.16^{a}	41.94±0.16^{d}	0.96±0.01^{a}	42.50±0.12^{ef}	3.43±0.63^{a}	10.14 ±0.63^{b}	2.34±0.01^{g}
	30	13.80±0.31^{c}	86.20±0.31^{b}	0.82±0.06^{b}	44.80±1.24^{de}	0.37±1.38^{c}	9.24±0.765^{bc}	5.11±0.01^{e}
	40	1.81±0.05^{d}	98.52±0.63^{a}	0.33±0.01^{e}	50.98±3.32^{bc}	-0.83±0.22^{d}	12.24±2.30^{ab}	5.98±0.01^{b}
3600	20	48.61±3.99^{b}	52.06±4.44^{c}	0.94±0.01^{a}	41.24±0.09^{f}	1.57±0.59^{b}	6.93±0.35^{c}	3.96±0.01^{f}
	30	1.66±0.12^{d}	98.34±0.12^{a}	0.38±0.02^{d}	55.16±1.56^{a}	-1.46±0.16^{d}	14.21±2.01^{a}	6.08±0.05^{a}
	40	2.14±0.53^{d}	97.86±0.53^{a}	0.24±0.01^{g}	54.96±2.52^{a}	-1.04±0.09^{d}	13.91±2.40^{a}	5.48±0.05^{c}
4000	20	12.37±0.16^{c}	87.63±0.16^{b}	0.75±0.01^{c}	47.97±0.18^{cd}	-0.96±0.63^{d}	11.59±0.68b^{ab}	5.21±0.06^{d}
	30	2.08±0.60^{d}	97.92±0.60^{a}	0.25±0.02^{g}	54.76±2.51^{a}	-1.55±0.09^{d}	14.64±2.32^{a}	5.99±0.01^{b}
	40	1.73±0.04^{d}	98.72±0.04^{a}	0.29±0.02^{f}	53.67±2.54^{ab}	-1.41±0.04^{d}	13.86±1.88^{a}	6.02±0.06^{b}

ค่าของข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง 4.2 ผลของกำลังไมโครเวฟ และเวลาที่ใช้ในการอบแห้งที่มีต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพของชาเขียว

ปัจจัยหลัก		ความชื้น (%)	ปริมาณของแข็งทั้งหมด (%)	a_w	L*	a*	b*	ปริมาณเถ้าทั้งหมด (%)
กำลังไมโครเวฟ (วัตต์)	3200	24.56±25.66^{a}	75.56±25.77^{c}	0.70±0.29^{a}	46.10±4.19^{b}	0.99±2.05^{a}	10.54±1.83^{b}	4.48±1.64^{c}
	3600	17.47±23.44^{b}	82.75±23.13^{b}	0.52±0.32^{b}	50.45±7.07^{a}	-0.31±1.45^{b}	11.68±3.90^{b}	5.17±0.95^{b}
	4000	5.39±5.24^{c}	94.61±5.24^{a}	0.43±0.24^{c}	52.13±3.63^{a}	-1.31±0.42^{c}	13.36±2.06^{a}	5.74±0.40^{a}
เวลา (นาที)	20	39.68±20.98^{a}	60.54±20.90^{c}	0.88±0.10^{a}	43.90±3.10^{b}	1.35±1.98^{a}	9.55±2.12^{b}	3.84±1.25^{c}
	30	5.85±5.98^{b}	94.15±5.98^{b}	0.48±0.26^{b}	51.57±5.33^{a}	-0.88±1.17^{b}	12.70±3.04^{a}	5.73±0.46^{b}
	40	1.89±0.33^{c}	98.22±0.50^{a}	0.29±0.04^{c}	53.21±3.01^{a}	-1.10±0.28^{b}	13.34±2.08^{a}	5.83±0.26^{a}
Adjusted R^2		0.99	0.99	0.99	0.88	0.88	0.66	0.99

ค่าของข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง 4.3 ค่าคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค (n=150)

กำลังไมโครเวฟ (วัตต์)	เวลา (นาที)	ความชอบโดยรวม	สี	กลิ่นโดยรวม	กลิ่นรสโดยรวม
3200	20	6.07 ± 1.23^{a}	5.37 ± 1.49^{cd}	5.63 ± 1.29^{abc}	5.09 ± 1.63^{cd}
	30	5.47 ± 1.57^{b}	5.23 ± 1.34^{d}	5.40 ± 1.09^{cd}	4.85 ± 1.75^{de}
	40	5.09 ± 1.40^{c}	5.61 ± 1.10^{bc}	5.47 ± 1.08^{bcd}	5.29 ± 1.25^{bc}
3600	20	6.30 ± 1.17^{a}	5.49 ± 1.47^{bcd}	5.69 ± 1.24^{ab}	5.41 ± 1.52^{bc}
	30	5.60 ± 1.63^{b}	5.55 ± 1.01^{bc}	5.73 ± 1.14^{ab}	4.64 ± 1.69^{e}
	40	5.01 ± 1.79^{c}	5.69 ± 1.10^{b}	5.47 ± 1.13^{bcd}	5.35 ± 1.31^{bc}
4000	20	5.35 ± 1.35^{bc}	5.57 ± 1.02^{bc}	5.19 ± 0.99^{d}	5.10 ± 1.29^{cd}
	30	6.02 ± 1.53^{a}	5.96 ± 1.09^{a}	5.90 ± 1.21^{a}	6.09 ± 1.61^{a}
	40	5.08 ± 1.53^{c}	5.99 ± 1.10^{a}	5.89 ± 0.93^{a}	5.55 ± 1.29^{b}

ค่าของข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค จำนวน 150 คน ของน้ำชาที่ผ่านการผลิตโดยใช้เทคโนโลยีไมโครเวฟในสภาวะต่างๆ ซึ่งนำชาเขียวที่ผ่านการผลิตในสภาวะดังกล่าว มาชงด้วยน้ำร้อน พบว่า ผู้บริโภคยอมรับชาเขียวที่ผ่านการทำแห้งด้วยกำลังไมโครเวฟ 4000 วัตต์ (ตาราง 4.3) ในคุณลักษณะต่างๆ ดังนี้ ความชอบโดยรวม สี กลิ่น และกลิ่นรส และเวลาที่ใช้ในการอบแห้งที่ผู้บริโภคให้การยอมรับด้านความชอบโดยรวมและกลิ่นรสมากที่สุดคือ 30 นาที ส่วนความชอบด้านกลิ่นและสี ผู้บริโภคให้การยอมรับเวลาทำแห้งที่ 30 และ 40 นาที ซึ่งเวลาทำแห้งทั้งสองสภาวะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) จากการทดลองของ Gulati *et al.* (2003) พบว่าเมื่อนำชาที่ผลิตโดยใช้เทคโนโลยีไมโครเวฟมาชงจะให้สีที่สว่าง รสหวาน และยังคงรักษากลิ่นได้ดี

Wang *et al.* (2004) กล่าวว่า การทดสอบทางประสาทสัมผัสนี้มีความสำคัญในการจัดเกรดคุณภาพของชา โดยเฉพาะคุณภาพด้านสีและกลิ่นมีความสำคัญอย่างยิ่ง คุณลักษณะชาที่มีเกรดต่ำอาจเป็นผลมาจากกระบวนการผลิตหรือการเก็บรักษากำลังไมโครเวฟและเวลาในการทำแห้งมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค โดยที่กำลังไมโครเวฟที่สูงขึ้นจะทำให้คะแนนความชอบเพิ่มขึ้นดังตาราง 4.4 ซึ่งผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านสี, กลิ่นและกลิ่นรสแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) แต่คะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ในส่วนของเวลาทำแห้งพบว่า เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นคะแนนความชอบด้านสีเพิ่มขึ้น แต่ด้านความชอบโดยรวมที่มี

คะแนนความชอบสูงที่สุดเป็น 20 นาที และคะแนนความชอบในเรื่องกลิ่นที่ดีที่สุดพบว่าเป็นเวลา 30 นาที แต่คะแนนด้านกลิ่นรสไม่แตกต่างกันในแต่ละเวลาทำแห้ง

ตาราง 4.4 ผลของกำลังไมโครเวฟ และเวลาในการอบแห้งที่มีต่อการยอมรับของผู้บริโภค (n=150)

ปัจจัยหลัก		ความชอบโดยรวม	สี	กลิ่นโดยรวม	กลิ่นรสโดยรวม
กำลังไมโครเวฟ	3200	5.54±1.46^{ns}	5.40±1.33^{c}	5.50±1.16^{b}	5.08±1.56^{b}
(วัตต์)	3600	5.64±1.63^{ns}	5.58±1.21^{b}	5.63±1.17^{ab}	5.13±1.55^{b}
	4000	5.48±1.52^{ns}	5.84±1.08^{a}	5.66±1.10^{a}	5.58±1.46^{a}
เวลา	20	5.91±1.31^{a}	5.48±1.35^{b}	5.50±1.20^{b}	5.20±1.49^{ns}
(นาที)	30	5.70±1.59^{b}	5.58±1.19^{b}	5.68±1.17^{a}	5.19±1.80^{ns}
	40	5.06±1.58^{c}	5.76±1.11^{a}	5.61±1.07^{ab}	5.40±1.28^{ns}

ค่าของข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตัวอักษร ns แสดงว่ามีค่าที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

การศึกษานี้สรุปได้ว่า การผลิตชาเขียวโดยเทคโนโลยีไมโครเวฟสภาวะที่เหมาะสมคือใช้กำลังไมโครเวฟ 4000 วัตต์นาน 30 นาที โดยคุณภาพของชาเขียวประกอบด้วย ความชื้น 2.08±0.60%, ปริมาณของแข็ง 97.92±0.60%, a_w 0.25±0.02, ค่าสี L* 54.76±2.51, a* -1.55±0.09, b* 14.64±2.32, ΔE^* 42.31±0.97 และปริมาณเถ้าทั้งหมด 5.99±0.01% และผลการยอมรับของผู้บริโภคมีค่าคะแนนความชอบโดยรวม, ความชอบด้านสี, กลิ่น และกลิ่นรส เท่ากับ 6.02±1.53, 5.96±1.09, 5.90±1.21, และ 6.09±1.61, ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพเบื้องต้นของวัตถุดิบชาเขียว

ตาราง 4.5 แสดงการวิเคราะห์คุณภาพของชาเขียวสายพันธุ์อัสสัมจากไร่ชาระมิงค์ จังหวัดเชียงใหม่ ที่ผ่านการอบแห้งด้วยไมโครเวฟสุญญากาศ ที่กำลังไมโครเวฟ 4000 วัตต์นาน 30 นาที พบว่า ความชื้นของชาที่ผ่านการอบแห้งด้วยไมโครเวฟสุญญากาศมีค่า 2.72% มีของแข็งทั้งหมด

97.27% มี a_w ต่ำโดยมีค่าเท่ากับ 0.237 เมื่อวิเคราะห์ปริมาณเถ้า พบว่า มีค่า 5.98% นอกจากนี้ยังมีปริมาณสารที่สกัดได้ด้วยน้ำและมีปริมาณแทนนิน เท่ากับ 9.78% และ 2.47% ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีโนลิกทั้งหมด โดยเปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดชาตัวอย่าง (absorbance) กับกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารมาตรฐาน Gallic acid โดยรายงานผลในหน่วย mg GAE (Gallic acid equipvalents)/ g dry basis จากการวิเคราะห์พบว่า ในตัวอย่างชาเขียวที่ผ่านการอบแห้งด้วยไมโครเวฟสุญญากาศมีปริมาณฟีโนลิกทั้งหมดอยู่ในช่วง 36.45 mg GAE/ g dry basis ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านออกซิเดชันโดยวิธี DPPH ซึ่งใช้ reagent คือ 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl เป็น stable radical ในตัวทำละลาย methanol รายงานผลการทดลองเป็นค่า 50% effective concentration (EC_{50}) ซึ่งหมายถึง ปริมาณสารต้านออกซิเดชันที่ทำให้ความเข้มข้นของ DPPH เหลืออยู่ 50% พบว่า ความสามารถในการยับยั้งสารอนุมูลอิสระของชาเขียวมีค่า 6.51 mg/L

ตาราง 4.5 การวิเคราะห์คุณภาพเบื้องต้นของชาเขียว

คุณภาพ	ค่าที่วัดได้
ความชื้น (%)	2.72±0.10
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (%)	97.27±0.10
ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้	0.237±0.026
ปริมาณเถ้าทั้งหมด (%)	5.98±0.06
ปริมาณสารที่สกัดได้ด้วยน้ำ (%)	9.78±0.02
ปริมาณแทนนิน (%)	2.469±0.56
ปริมาณสารฟีนอลลิกทั้งหมด (mg GAE/ g dry basis)	36.45±6.42
ปริมาณสารต้านออกซิเดชัน (EC_{50}) (mg/L)	6.51±3.94
ปริมาณ EGCG (mg/g)	62.82±2.04
ปริมาณ EGC (mg/g)	25.52±0.97
ปริมาณ ECG (mg/g)	44.72±1.33
ปริมาณคาเทชิน (mg/g)	48.79±2.94
ปริมาณ EC (mg/g)	92.84±2.89

ค่าของข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4.2 การศึกษาผลของปริมาณสารสกัดตะไคร้และชะเอมที่มีต่อปริมาณคาเทชินในชาเขียว

การศึกษาผลของสารสกัดตะไคร้และชะเอมต่อปริมาณสารสำคัญในสารสกัดชาเขียว ออกแบบการทดลองแบบ 3^2 Factorial ได้สิ่งทดลองออกมาทั้งหมด 9 สิ่งทดลอง จากนั้นนำแต่ละสิ่งทดลองมาวิเคราะห์ปริมาณฟีโนลิกทั้งหมด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (EC_{50}) ปริมาณคาเทชิน EC ECG EGCG EGC พบว่า ปริมาณฟีโนลิกทั้งหมดอยู่ในช่วง 44.86-13.70 mg GAE/ g และวิเคราะห์ของชาผสมตะไคร้และชะเอมอยู่ในช่วง 3.24-37.20 mg/L ปริมาณคาเทชิน 0.82±0.26-10.85±0.22 EC 0.52±0.69-14.08±0.11 ECG 6.9±0.14-70.08±0.11 EGCG 5.01±0.01-25.97±0.001 EGC 0.29±0.30-89.53±0.66 (ตาราง 4.6)

Aroshima *et al.* (2007) ทำการศึกษาปริมาณฟีโนลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในชาสมุนไพร ตัวอย่างเช่น ตะไคร้ ชะเอม และชาเขียว โดยมีปริมาณฟีโนลิกทั้งหมดเท่ากับ0.57, 0.48 และ 4.03 ตามลำดับ และมีความสามารถในการต้านออกซิเดชัน 8.3%, 0.9% และ 73.1% ตามลำดับ Yoo *et al.* (2008) ทำการศึกษาสมุนไพร 17 ชนิด ได้แก่ Chamomile, Rosehip, Lemon grass และ Peppermint เป็นต้น ในเรื่องของปริมาณโพลีฟีนอล และสารแอนติออกซิแดนซ์ พบว่าในสมุนไพรทุกชนิดมีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดอยู่ในช่วง 464- 870 (GAE) mg/100 g และมีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในทุกตัวอย่าง 212 - 494 mg/100 g โดยที่ปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ที่สามารถพบได้ทั่วไปทั้งในผัก ผลไม้ สมุนไพร เครื่องเทศ จะมีปริมาณไม่เท่ากัน ทำให้ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระไม่เท่ากัน (Maisuthisakul *et al.*, 2007)

ตาราง 4.6 ปริมาณคาเทชิน ค่า EC_{50} และปริมาณฟีโนลิกในสิ่งทดลองทั้ง 9 สิ่งทดลอง

สิ่งทดลอง[1]	ส่วนประกอบ (กรัม)		การต้านอนุมูลอิสระ (EC_{50}) (mg/L)	ปริมาณฟีโนลิคทั้งหมด (mg/g)	ปริมาณสารสำคัญ				
	ตะไคร้	ชะเอม			Catechin (mg/g)	EC (mg/g)	ECG (mg/g)	EGCG (mg/g)	EGC (mg/g)
1	0	0	8.03±0.04^{f}	44.86±0.19^{a}	10.85±0.21^{a}	7.78±0.31^{c}	12.03±0.04^{e}	25.97±0.001^{b}	6.86±0.21^{e}
2	0	1	9.82±0.26^{d}	43.14±0.20^{b}	0.93±0.11^{d}	11.16±0.23^{b}	9.87±0.18^{f}	19.83±0.24^{e}	89.53±0.66^{a}
3	0	2	37.20±0.28^{a}	21.82±0.25^{e}	0.82±0.26^{d}	14.08±0.11^{a}	6.90±0.14^{g}	24.71±0.42^{c}	35.35±0.49^{c}
4	1	0	4.14±0.20^{b}	26.90±0.15^{d}	10.83±0.25^{a}	2.71±0.41^{e}	18.20±0.28^{c}	14.72±0.40^{f}	0.62±0.54^{f}
5	1	1	3.24±0.34^{i}	32.75±0.35^{c}	10.82±0.26^{a}	3.06±0.08^{e}	13.87±0.19^{d}	10.95±0.07^{g}	9.58±0.60^{d}
6	1	2	9.18±0.25^{e}	22.25±0.35^{e}	7.10±0.14^{c}	3.00±0.01^{e}	11.84±0.23^{e}	5.01±0.01^{h}	53.74±0.37^{b}
7	2	0	5.10±0.14^{g}	13.70±0.43^{g}	10.85±0.22^{a}	6.13±0.18^{d}	27.17±0.24^{b}	27.97±0.04^{a}	0.35±0.22^{f}
8	2	1	11.87±0.19^{c}	21.83±0.24^{e}	8.11±0.15^{b}	0.52±0.69^{g}	9.96±0.06^{f}	15.15±0.21^{f}	0.29±0.30^{f}
9	2	2	18.77±0.33^{b}	16.13±0.18^{f}	10.75±0.36^{a}	1.72±0.40^{f}	70.08±0.11^{a}	22.87±0.18^{d}	0.57±0.62^{f}

ค่าของข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

[1]สิ่งทดลอง 1-9 อ้างอิง ตาราง 3.3

เมื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้สถิติ Multivariate analysis variant (MANOVA) เพื่อทำการศึกษาผลของสารสกัดตะไคร้ สารสกัดชะเอม และอิทธิพลร่วมระหว่างสารสกัดตะไคร้และสารสกัดชะเอม ต่อปริมาณฟีโนลิกทั้งหมด ค่า EC_{50} ปริมาณคาเทชิน EC ECG EGCG EGC จากตาราง 4.7 และ 4.8 และพบว่าปริมาณฟีโนลิกทั้งหมด ค่า EC_{50} ปริมาณคาเทชิน EC ECG EGCG EGC มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งแสดงว่าสารสกัดตะไคร้ สารสกัดชะเอม และอิทธิพลร่วมระหว่างสารสกัดตะไคร้และสารสกัดชะเอม ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มีอิทธิพลต่อปริมาณฟีโนลิกทั้งหมด ค่า EC_{50} ปริมาณคาเทชิน EC ECG EGCG EGC

ผลของสารสกัดตะไคร้ที่มีผลต่อปริมาณคาเทชินในชาเขียว พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณสารสกัดตะไคร้สูงขึ้น มีผลให้ ปริมาณ คาเทชิน ECG EGCG เพิ่มมากขึ้น แต่จะส่งผลให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณฟีโนลิก EC EGC ต่ำลง สารสกัดจากตะไคร้ประกอบไปด้วยซาโปนิน แทนนิน อัลคาลอยด์ (Onabanjo *et al.*, 1993) จึงส่งผลต่อปริมาณคาเทชินในชาเขียวให้มีปริมาณที่ต่ำลง

ผลของสารสกัดชะเอมที่มีผลต่อปริมาณคาเทชินในชาเขียว พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณสารสกัดชะเอมสูงขึ้น มีผลให้ ปริมาณ EC ECG EGCG EGC เพิ่มมากขึ้น แต่จะส่งผลให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณฟีโนลิก ปริมาณคาเทชิน ต่ำลง

โดยอาจสรุปได้ว่า เมื่อทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอม ปริมาณตะไคร้และชะเอมมีผลต่อปริมาณฟีโนลิกในชาเขียว ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณคาเทชินในชาเขียว ดังนั้นจึงควรคำนึงถึงสัดส่วนของตะไคร้และชะเอมในการที่จะนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอม เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอมที่ผู้บริโภคให้การยอมรับและมีประโยชน์ต่อสุขภาพ

ตาราง 4.7 ผลของสารสกัดตะไคร้ต่อปริมาณคาเทชินในชาเขียว

		EC_{50} (mg/L)	ปริมาณฟีโนลิค (mg GAE/ g d.b.)	C (mg/g)	EC (mg/g)	ECG (mg/g)	EGCG (mg/g)	EGC (mg/g)
ตะไคร้	**0**	8.35 ± 14.63^{a}	36.61 ± 11.48^{a}	4.20 ± 5.16^{c}	11.01 ± 2.82^{a}	9.60 ± 2.31^{c}	23.50 ± 2.91^{a}	43.91 ± 37.57^{a}
	1	10.52 ± 2.87^{c}	27.30 ± 4.71^{b}	9.58 ± 1.93^{b}	2.92 ± 0.25^{b}	14.63 ± 2.91^{b}	10.23 ± 4.38^{c}	21.31 ± 25.44^{b}
	2	11.91 ± 6.11^{b}	17.22 ± 3.74^{c}	9.90 ± 1.40^{a}	2.79 ± 2.67^{c}	35.74 ± 27.70^{a}	22.00 ± 5.78^{b}	0.40 ± 0.35^{c}

ค่าของข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง 4.8 ผลของสารสกัดชะเอมต่อปริมาณคาเทชินในชาเขียว

		EC_{50} (mg/L)	ปริมาณฟีโนลิค (mg GAE/ g)	C (mg/g)	EC (mg/g)	ECG (mg/g)	EGCG (mg/g)	EGC (mg/g)
ชะเอม	**0**	5.76 ± 1.81^{c}	28.49 ± 13.99^{b}	10.84 ± 0.18^{a}	5.54 ± 2.33^{b}	19.13 ± 6.81^{b}	22.89 ± 6.39^{a}	2.61 ± 3.31^{c}
	1	8.31 ± 4.04^{b}	22.58 ± 9.53^{a}	6.62 ± 4.57^{b}	4.91 ± 4.98^{c}	11.23 ± 2.05^{c}	15.31 ± 3.98^{c}	33.13 ± 43.88^{a}
	2	21.71 ± 12.74^{a}	20.07 ± 3.07^{c}	6.22 ± 4.50^{c}	6.26 ± 6.08^{a}	29.61 ± 31.43^{a}	17.53 ± 9.73^{b}	29.88 ± 24.16^{b}

ค่าของข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอม

4.3.1 การหาสูตรพื้นฐานการพัฒนาชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอม

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพของชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอมทั้ง 4 สูตร (ตาราง4.9) พบว่า ความชื้น ปริมาณของแข็ง a_w ค่าสี L*, a*, b*, ΔE^* และปริมาณเถ้าทั้งหมด มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตาราง 4.9) โดยมีค่าความชื้น (7.39±0.36-8.09±0.30) ปริมาณของแข็งทั้งหมด (91.73±0.49-92.61±0.36) a_w (0.57±0.01-0.61±0.002) ค่าสี L*(47.51±0.68-58.38±0.49) a*(1.29±0.18-2.69±0.02) b* (20.39±0.45-30.34±0.08) ΔE^* (46.39±0.26-51.16±0.44) และปริมาณเถ้าทั้งหมด (5.74±0.08-7.30±0.01)

ผลการยอมรับของผู้บริโภค มีค่าคะแนนความชอบโดยรวม สี กลิ่นโดยรวม กลิ่นรสชา กลิ่นรสตะไคร้ กลิ่นรสชะเอม รสชาติโดยรวม ความรู้สึกหลังชิม เท่ากับ 5.51±1.67-6.02±1.50, 6.05±1.15-6.31±1.15, 5.63±1.72-5.86±1.50, 5.47±1.54-5.89±1.25, 5.36±1.40-5.73±1.40, 5.52±1.20-6.09±1.53, 5.38±1.57-6.13±1.46, 5.40±1.50-6.06±1.27 ตามลำดับ และจากการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคพบว่า คุณลักษณะความชอบโดยรวม กลิ่นรสชะเอม รสชาติโดยรวม และความรู้สึกหลังกลืน ในแต่ละสูตรมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดคือ ชาเขียว 50% ชะเอม 40% และตะไคร้ 10% (ตาราง 4.10)

ตาราง 4.9 ค่าคุณภาพทางเคมีกายภาพของชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอม

สูตร[1]	ความชื้น (%)	ของแข็งทั้งหมด(%)	a_w	L*	a*	b*	ΔE^*	เถ้าทั้งหมด (%)
1	8.09±0.30^{a}	91.91±0.30^{b}	0.57±0.01^{c}	58.38±0.49^{a}	1.29±0.18^{d}	29.16±0.45^{b}	46.39±0.26^{c}	6.03±0.06^{b}
2	7.72±0.20^{ab}	92.28±0.20^{ab}	0.59±0.01^{b}	57.07±0.48^{b}	1.68±0.17^{c}	29.96±0.18^{a}	47.93±0.31^{b}	5.74±0.08^{c}
3	8.27±0.49^{a}	91.73±0.49^{b}	0.60±0.004^{ab}	56.94±0.27^{b}	2.09±0.10^{b}	30.34±0.08^{a}	48.29±0.21^{b}	5.84±0.01^{c}
4	7.39±0.36^{b}	92.61±0.36^{a}	0.61±0.002^{a}	47.51±0.68^{c}	2.69±0.02^{a}	20.39±0.45^{c}	51.16±0.44^{a}	7.30±0.01^{a}

ค่าของข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

[1] สิ่งทดลอง 1-4 อ้างอิง ตาราง 3.4

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

ตาราง 4.10 คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอม (n=100)

สูตร[1]	ความชอบโดยรวม	สี	กลิ่นโดยรวม	กลิ่นรสชา	กลิ่นรสตะไคร้	กลิ่นรสชะเอม	รสชาติโดยรวม	ความรู้สึกหลังชิม
1	5.51±1.67^{b}	6.07±1.29^{ns}	5.63±1.72^{ns}	5.47±1.54^{ns}	5.42±1.71^{ns}	5.52±1.33^{b}	5.38±1.57^{b}	5.40±1.50^{b}
2	5.52±1.59^{b}	6.29±1.23^{ns}	5.78±1.51^{ns}	5.55±1.57^{ns}	5.36±1.40^{ns}	5.77±1.24^{ab}	5.52±1.42^{b}	5.54±1.29^{b}
3	6.02±1.50^{a}	6.31±1.15^{ns}	5.86±1.50^{ns}	5.83±1.32^{ns}	5.73±1.40^{ns}	6.09±1.53^{a}	6.13±1.46^{a}	6.06±1.27^{a}
4	5.77±1.30^{ab}	6.05±1.15^{ns}	5.83±1.32^{ns}	5.89±1.25^{ns}	5.61±1.38^{ns}	5.52±1.20^{b}	5.55±1.11^{b}	5.58±1.09^{b}

ค่าของข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

[1] สิงทดลอง 1-4 อ้างอิง ตาราง 3.4

การศึกษาทิศทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอม ในการศึกษาจะใช้ตัวอย่างน้ำชาผสมตะไคร้และชะเอม 4 สูตร (ตาราง 3.4) พบว่า ผู้บริโภคมีทิศทางในการปรับปรุงด้านกลิ่นรสชา กลิ่นรสตะไคร้ กลิ่นรสชะเอม ให้เพิ่มมากขึ้นโดยต้องการความเข้มมากขึ้น ในสูตรที่ 1 (ตาราง 4.11) แต่ต้องมีการปรับความเข้มด้านรสชาติโดยรวมและความรู้สึกหลังชิมให้เพิ่มขึ้น สูตรที่ 2 (ตาราง 4.12) และสูตรที่ 3 ผู้บริโภคให้พอดีในทุกคุณลักษณะ ยกเว้นกลิ่นรสตะไคร้ (ตาราง 4.13)และสูตรที่ 4 ที่มีปริมาณชาเขียว 80% ทิศทางของคุณลักษณะทางด้านกลิ่นรสชะเอมและความรู้สึกหลังชิมมีค่าอ่อนเล็กน้อย ดังนั้นจากการหาทิศทางในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอม จึงควรต้องปรับลดสัดส่วนของตะไคร้ให้ลดลง ลดปริมาณชาเขียวลง และเพิ่มสัดส่วนของชะเอมให้เพิ่มขึ้นเนื่องจากสามารถเพิ่มความชอบและการยอมรับของผู้บริโภคได้ โดยดูจากคะแนนความชอบทางด้านประสาทสัมผัสที่ผู้บริโภคให้การยอมรับสูตรที่ 3 ที่มีสัดส่วนชาเขียว 50% ตะไคร้ 10% และชะเอม 40% มากกว่าสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง 4.11 การหาทิศทางการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอมสูตร 1

คุณลักษณะ	ทิศทางการปรับปรุงพัฒนาผลิตภัณฑ์				
	อ่อนมาก (%)	อ่อนเล็กน้อย (%)	พอดี (%)	เข้มเล็กน้อย (%)	เข้มมาก (%)
สี	3	18	74	5	0
กลิ่นโดยรวม	3	16	42	37	2
กลิ่นรสชา	6	31	26	35	2
กลิ่นรสตะไคร้	3	25	32	37	3
กลิ่นรสชะเอม	3	31	38	25	3
รสชาติโดยรวม	3	11	40	44	2
ความรู้สึกหลังชิม	3	17	41	37	2

ตาราง 4.12 การหาทิศทางการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอมสูตร 2

คุณลักษณะ	ทิศทางการปรับปรุงพัฒนาผลิตภัณฑ์				
	อ่อนมาก (%)	อ่อนเล็กน้อย (%)	พอดี (%)	เข้มเล็กน้อย (%)	เข้มมาก (%)
สี	3	9	71	17	0
กลิ่นโดยรวม	3	20	38	39	0
กลิ่นรสชา	0	38	26	26	10
กลิ่นรสตะไคร้	6	22	33	31	8
กลิ่นรสชะเอม	3	22	33	33	9
รสชาติโดยรวม	3	19	29	47	2
ความรู้สึกหลังชิม	0	31	29	35	5

ตาราง 4.13 การหาทิศทางการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอมสูตร 3

คุณลักษณะ	ทิศทางการปรับปรุงพัฒนาผลิตภัณฑ์				
	อ่อนมาก (%)	อ่อนเล็กน้อย (%)	พอดี (%)	เข้มเล็กน้อย (%)	เข้มมาก (%)
สี	0	26	62	9	3
กลิ่นโดยรวม	0	16	61	20	3
กลิ่นรสชา	6	25	45	21	3
กลิ่นรสตะไคร้	6	29	26	28	11
กลิ่นรสชะเอม	0	12	46	31	11
รสชาติโดยรวม	0	18	56	21	5
ความรู้สึกหลังชิม	0	17	60	17	6

ตาราง 4.14 การหาทิศทางการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอมสูตร 4

คุณลักษณะ	ทิศทางการปรับปรุงพัฒนาผลิตภัณฑ์				
	อ่อนมาก (%)	อ่อนเล็กน้อย (%)	พอดี (%)	เข้มเล็กน้อย (%)	เข้มมาก (%)
สี	2	9	71	18	0
กลิ่นโดยรวม	5	37	34	21	3
กลิ่นรสชา	5	30	30	32	3
กลิ่นรสตะไคร้	16	35	28	15	6
กลิ่นรสชะเอม	19	27	27	24	3
รสชาติโดยรวม	2	35	28	29	6
ความรู้สึกหลังชิม	2	36	29	27	6

ผลการวิเคราะห์ logistic regression พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับและการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอมของผู้บริโภคคือ รสชาติโดยรวม (ตาราง 4.15-4.16) ซึ่งรสชาติโดยรวมมีค่า Wald's Chi square สูงสุดคือ 17.029 (p=0.00004) เมื่อพิจารณาค่า odd ratio ของการวิเคราะห์ด้านการยอมรับต่อผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอมของผู้บริโภคพบว่าคุณลักษณะด้านรสชาติโดยรวมมีค่า odd ratio สูงที่สุด (odd ratio=2.713) ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่มีผล

ต่อการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอมมากที่สุด ซึ่งหมายถึงถ้ามีการปรับปรุงให้คะแนนความชอบด้านรสชาติโดยรวมเพิ่มขึ้น 1 คะแนน จะสามารถทำให้การยอมรับผลิตภัณฑ์เพิ่มสูงขึ้น 2.713 เท่า

ตาราง 4.15 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคโดยใช้สถิติโลจิสติกรีเกรสชัน

คุณลักษณะ	Beta	Wald's Chi square	Significant ($p \leq 0.05$)	Odd ratio [Exp (B)]
สี	.026	.048	.826	1.026
กลิ่นโดยรวม	-.140	1.212	.271	.869
กลิ่นรสชา	.004	.001	.974	1.004
กลิ่นรสตะไคร้	.179	1.448	.229	1.196
กลิ่นรสชะเอม	-.095	.353	.552	.909
รสชาติโดยรวม	**.998**	**17.029**	**.00004***	**2.713**
ความรู้สึกหลังชิม	.367	3.043	.081	1.444
ค่าคงที่	-7.039	58.623	.000	.001

(Hit rate = 78.8 %)

สมการของการยอมรับของผู้บริโภค

Y= -7.039 + 0.026 สี -0.140 กลิ่นโดยรวม + 0.004 กลิ่นรสชา + 0.179 กลิ่นรสตะไคร้ - 0.095 กลิ่นรสชะเอม + **0.998 รสชาติโดยรวม** *+ 0.367 ความรู้สึกหลังชิม

ตาราง 4.16 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคโดยใช้สถิติโลจิสติกรีเกรสชัน

คุณลักษณะ	Beta	Wald's Chi square	Significant ($p \leq 0.05$)	Odd ratio [Exp (B)]
สี	.109	.994	.319	1.116
กลิ่นโดยรวม	-.122	1.193	.275	.885
กลิ่นรสชา	.008	.004	.951	1.008
กลิ่นรสตะไคร้	.042	.104	.747	1.043
กลิ่นรสชะเอม	-.0001	.0000004	1.000	1.000
รสชาติโดยรวม	**.762**	**14.338**	**.0002***	**2.144**
ความรู้สึกหลังชิม	.096	.298	.585	1.101
ค่าคงที่	-5.207	44.812	.000	.005

(Hit rate = 72.8 %)

สมการของการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค

Y = -5.207 + 0.109 สี -0.122 กลิ่นโดยรวม + 0.008 กลิ่นรสชา + 0.042 กลิ่นรสตะไคร้ -0.0001 กลิ่นรสชะเอม + **0.762 รสชาติโดยรวม** * + 0.096 ความรู้สึกหลังชิม

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพของชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอม พบว่า สูตรที่มีปริมาณชาเขียว 80% มีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด a_w ค่าสี a* ΔE* และปริมาณเถ้าทั้งหมด มากกว่าสูตรที่มีปริมาณชาเขียว 50 % เป็นส่วนประกอบ แต่มีค่าความชื้น ค่าสี L* b* น้อยกว่าสูตรที่มีปริมาณชาเขียว 50% แสดงให้เห็นว่ายิ่งมีชาเขียวมากขึ้น ค่าความสว่าง L* และ b* จะลดน้อยลง แต่ค่า a* เพิ่มมากขึ้น ความชื้นมากที่สุดในสูตรที่มีชะเอม 40% เนื่องจากชะเอมอบแห้งมีความชื้นเริ่มต้นมากกว่าชาเขียวที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟสุญญากาศ เมื่อนำมาพัฒนาเป็นชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอมจึงทำให้ปริมาณความชื้นเพิ่มสูงขึ้น

การทดสอบทางประสาทสัมผัส สูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดเป็นสูตรที่ 3 ซึ่งมีชาเขียว 50% ชะเอม 40% และตะไคร้ 10% โดยเป็นสูตรที่มีคะแนนความชอบในเรื่องของรสชาติมากที่สุด เนื่องจากชะเอมมีรสชาติที่หวานโดยมีความหวานมากกว่าน้ำตาลถึง 50 เท่า (พเยาว์, 2537) นอกจากนั้นยังมีสรรพคุณช่วยรักษาอาการระคายเคืองในลำคอ แก้กระหายช่วยให้ชุ่มคอ (พิสุทธิพร, 2549) จึงส่งผลต่อคะแนนความชอบด้านรสชาติและความรู้สึกหลังกลืนทำให้ผู้บริโภคยอมรับและให้คะแนนมากกว่าสูตรอื่นที่มีชะเอมน้อยกว่า มีงานวิจัยของ Chung and Vickers (2007) ที่ศึกษาช่วงระยะเวลาของการยอมรับและการเลือกชาที่ความหวานแตกต่างกัน ซึ่งจากการบริโภคครั้ง

แรก ผู้บริโภคพึงพอใจกับชาที่มีรสชาติหวานพอดี เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงระดับความหวานในการบริโภคครั้งต่อๆมา พบว่า คะแนนความชอบของชาที่หวานน้อยจะเพิ่มมากขึ้น แต่ความถี่ในการเลือกไม่มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเท่ากับชาที่มีรสชาติหวานพอดี เห็นได้ว่าชาที่มีรสชาติที่ดี มีความหวานพอเหมาะจะได้รับคะแนนความชอบมากกว่าชาที่มีความหวานน้อย นอกจากนั้นสูตร 4 ที่มีปริมาณชาเขียว 80% จะมีกลิ่นรสชาเขียวสูงที่สุดเนื่องจากมีปริมาณชาเขียวมากกว่าสูตร 3 ที่มีปริมาณชาเขียว 50% แต่ไม่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคเนื่องจากมีคะแนนความชอบของกลิ่นรสตะไคร้กลิ่นรสชะเอม รวมถึงรสชาติโดยรวมและความรู้สึกหลังชิมน้อยกว่า

ผลการวิเคราะห์การตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอม สอดคล้องกับการ ศึกษาของ Utama-ang *et al.* (2007) ในการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรของผู้บริโภค โดยในการศึกษาจะเน้นไปที่ชาสมุนไพร 10 ชนิดที่มีจำหน่ายในท้องตลาด พบว่าปัจจัยที่มีผลให้การตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคเพิ่มขึ้น คือ ความชอบโดยรวม ($p=0.001$, odd ratio = 1.45) รสชาติ ($p=0.006$, odd ratio = 1.29) กลิ่นรสสมุนไพร ($p=0.030$, odd ratio = 1.23) และความรู้สึกหลังชิม ($p=0.001$, odd ratio = 1.84) โดยมีปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อแตกต่างจากการศึกษาครั้งนี้ 3 ปัจจัย คือ ความชอบโดยรวม กลิ่นรสสมุนไพร และความรู้สึกหลังชิม การนำเอาข้อมูลด้านพฤติกรรมการบริโภคมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จะช่วยเพิ่มการยอมรับและการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคได้ เช่นเดียวกันกับ Lin and Hong (2009) ที่นำข้อมูลที่ได้จากการจัดกลุ่มลูกค้าและศึกษาพฤติกรรมการบริโภคชาของผู้บริโภคมาเพิ่มยอดขายให้แก่ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชา

การทดสอบผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับในสูตรที่มีปริมาณ ชาเขียว 50 % ชะเอม 40% และตะไคร้ 10% แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq 0.05$) โดยผู้บริโภคให้คะแนนความชอบอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยในบางคุณลักษณะ และเฉยๆในเรื่องของกลิ่นโดยรวม กลิ่นรสชา และกลิ่นรสตะไคร้ ผลจากการวิเคราะห์ด้วย logistic regression พบว่า รสชาติโดยรวมมีผลต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์ ($p = 0.00004$, odd ratio = 2.713) และการตัดสินใจซื้อ ($p = 0.0002$, odd ratio = 2.143) เป็นประโยชน์ต่อแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอมจึงควรมีการปรับปรุงด้านรสชาติโดยรวม ซึ่งจะมีผลต่อการยอมรับและการซื้อผลิตภัณฑ์นี้ และพบว่าการตัดสินใจซื้อยากกว่าการยอมรับของผู้บริโภคโดยสังเกตจากค่า odd ratio ของการตัดสินใจซื้อจะต่ำกว่าค่า odd ratio ของการยอมรับ หมายถึง โอกาสที่ผู้บริโภคให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์มีสูงกว่าโอกาสการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค เนื่องจากการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ใดผลิตภัณฑ์หนึ่งนั้น มีองค์ประกอบอื่นๆ ที่เป็นตัวกำหนดพฤติกรรมในการซื้อ เช่น การศึกษา อายุ เพศ และรายได้ รวมถึงเหตุผลในเชิงการตลาดด้วย (Lin and Hong, 2009)

4.3.2 การพัฒนาสูตรที่เหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอม

การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอม โดยวางแผนการทดลอง Mixture design แบบ D-optimal เพื่อศึกษาสัดส่วนของ ชาเขียว ตะไคร้ และชะเอม ทำการผันแปรส่วนผสมต่างๆในระดับต่ำ และระดับสูงได้สิ่งทดลองทั้งหมด 12 สูตร (ตาราง 3.5)

คุณภาพทางเคมีกายภาพ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอมทั้ง 12 สูตรจากแผนการทดลองแบบ mixture design ดังตาราง 4.13 พบว่า ค่าสี L*, a*, b*, ΔE^* เถ้า a_w มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ค่าความชื้นและปริมาณของแข็งทั้งหมดไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าความชื้น (7.39±0.16-8.29±0.30) ปริมาณของแข็งทั้งหมด (91.71±0.30-92.61±0.16) a_w (0.587±0.001-0.613±0.005) ค่าสี L* (46.96±0.04-58.64±0.28) a* (-1.66±0.04-2.69±0.01) b* (12.37±0.28-29.02±0.06) ΔE^* (41.19±0.14-51.51±0.19) และปริมาณเถ้าทั้งหมด (5.43±0.12-6.10±0.03)

ตาราง 4.17 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพของสิ่งทดลองในการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอม

สิ่งทดลอง[1]	L*	a*	b*	ΔE*	ความชื้น (%)	ปริมาณของแข็งทั้งหมด (%)	ปริมาณเถ้าทั้งหมด (%)	a_w
1	54.83±0.04^{d}	-.58±0.01^{e}	14.84±0.30^{f}	42.42±0.59^{fg}	8.09±0.20^{ns}	91.91±0.20^{ns}	5.92±0.37^{abc}	0.604±0.008^{abc}
2	47.79±0.04^{fg}	-.23±0.04^{d}	12.37±0.28^{h}	48.89±0.13^{c}	7.70±0.05^{ns}	92.30±0.05^{ns}	6.04±0.05^{ab}	0.613±0.005^{a}
3	53.52±0.04^{e}	-.98±0.01^{f}	12.53±0.11^{gh}	42.71±0.16^{f}	7.79±0.23^{ns}	92.21±0.23^{ns}	5.85±0.001^{abcd}	0.611±0.001^{abcd}
4	46.96±0.04^{h}	2.71±0.04^{a}	20.05±0.34^{c}	51.51±0.19^{a}	7.43±0.00^{ns}	92.57±0.00^{ns}	6.10±0.03^{a}	0.603±0.006^{abcd}
5	56.10±.071^{c}	-1.46±0.01^{g}	15.89±0.35^{e}	41.31±0.06^{h}	8.09±0.15^{ns}	91.91±0.15^{ns}	5.72±0.13^{abcd}	0.608±0.002^{abc}
6	57.64±0.09^{b}	-1.66±0.04^{h}	17.05±0.03^{d}	41.19±0.14^{h}	7.83±0.70^{ns}	92.17±1.07^{ns}	5.84±0.27^{abcd}	0.587±0.001^{g}
7	53.26±0.06^{e}	-1.50±0.07^{gh}	12.43±0.28^{h}	42.87±0.07^{f}	8.29±0.30^{ns}	91.71±0.30^{ns}	5.55±0.17^{cd}	0.590±0.011^{fg}
8	54.26±0.01^{d}	-1.37±0.04^{g}	13.03±0.43^{g}	42.16±0.13^{g}	7.96±0.36^{ns}	92.04±0.36^{ns}	5.43±0.12^{d}	0.600±0.008^{bcdef}
9	48.24±0.18^{f}	2.67±0.22^{a}	20.89±0.16^{b}	50.66±0.14^{b}	7.39±0.16^{ns}	92.61±0.16^{ns}	5.80±0.01^{abcd}	0.591±0.001^{fg}
10	58.64±0.28^{a}	1.09±0.08^{c}	29.02±0.06^{a}	46.05±0.06^{e}	7.67±0.31^{ns}	92.33±0.31^{ns}	5.60±0.28^{bcd}	0.591±0.003^{efg}
11	47.34±0.21^{gh}	2.69±0.01^{a}	20.23±0.01^{c}	51.30±0.03^{a}	7.55±0.14^{ns}	92.45±0.14^{ns}	5.94±0.01^{abc}	0.595±0.001^{defg}
12	57.71±0.42^{b}	1.34±0.03^{b}	28.78±0.04^{a}	46.60±0.25^{d}	7.96±0.46^{ns}	92.04±0.46^{ns}	5.50±0.23^{cd}	0.598±0.002^{cdefg}

ค่าของข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

[1] สิ่งทดลอง 1-12 อ้างอิง ตาราง 3.5

ตาราง 4.18 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของสิ่งทดลองในการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอม

สิ่งทดลอง[1]	ค่าที่วัดได้						
	ฟีโนลิค (mg/g)	สารต้านอนุมูลอิสระ (g/1 g tea leave)	คาเทชิน (mg/g)	EGCG (mg/g)	EC (mg/g)	EGC (mg/g)	ECG (mg/g)
1	24.87±0.18^{h}	0.63±0.04^{bc}	18.38±0.18^{e}	28.68±0.14^{c}	82.13±0.18^{b}	68.09±0.12^{a}	23.06±0.08^{e}
2	39.71±0.08^{b}	0.57±0.02^{de}	15.55±0.28^{g}	22.37±0.14^{d}	75.83±0.24^{c}	67.14±0.20^{b}	18.42±0.10^{g}
3	37.77±0.38^{d}	0.73±0.02^{a}	18.89±0.07^{e}	21.30±0.28^{e}	72.86±0.20^{d}	19.70±0.42^{e}	20.93±0.09^{f}
4	38.61±0.49^{c}	0.55±0.01^{e}	24.64±0.01^{c}	31.02±0.11^{b}	50.93±0.10^{j}	21.12±0.17^{d}	24.18±0.26^{d}
5	23.63±0.52^{i}	0.63±0.02^{bc}	3.70±0.57^{k}	5.68±0.35^{k}	44.89±0.16^{l}	12.72±0.39^{h}	6.89±0.16^{l}
6	34.53±0.66^{f}	0.61±0.03^{cd}	20.53±0.42^{d}	19.26±0.28^{fg}	64.15±0.22^{f}	18.02±0.03^{f}	26.43±0.13^{b}
7	20.84±0.06^{j}	0.58±0.01^{cde}	6.13±0.07^{j}	14.86±0.07^{i}	59.85±0.21^{i}	12.71±0.41^{h}	11.82±0.26^{j}
8	39.26±0.08^{bc}	0.67±0.02^{b}	16.19±0.14^{f}	9.34±0.57^{j}	48.01±0.02^{k}	14.42±0.59^{g}	8.90±0.14^{k}
9	48.52±0.69^{a}	0.55±0.01^{e}	9.72±0.21^{i}	18.87±0.28^{g}	60.71±0.41^{h}	14.56±0.34^{g}	16.01±0.01^{h}
10	48.63±0.39^{a}	0.73±0.01^{a}	12.30±0.21^{h}	18.27±0.21^{h}	63.30±0.43^{g}	20.47±0.03^{d}	14.86±0.19^{i}
11	35.59±0.03^{e}	0.56±0.02^{e}	37.53±0.07^{a}	42.29±0.07^{a}	89.04±0.06^{a}	23.60±0.14^{c}	33.56±0.36^{a}
12	30.15±0.01^{g}	0.77±0.01^{a}	27.85±0.14^{b}	19.51±0.21^{f}	65.33±0.38^{e}	21.10±0.15^{d}	25.09±0.13^{c}

ค่าของข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

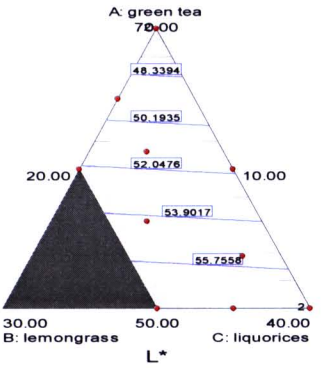
ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

[1] สิ่งทดลอง 1-12 อ้างอิง ตาราง 3.5

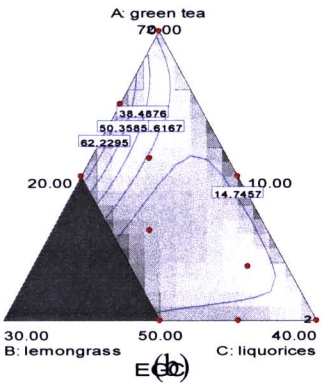
ตาราง 4.19 โมเดลรีเกรสชันของคุณภาพทางเคมีกายภาพ

คุณภาพด้านเคมีกายภาพ	โมเดล	ค่า p-value (≤ 0.05)	ค่า R^2	Lack of fit (p>0.05)
ค่า L*	$Y = 0.299 X_1+0.872 X_2+0.839 X_3$	<0.0001	0.88	0.100
ค่า ΔE*	$Y = 0.951X_1-9.784X_2 +1.850X_3$ $+0.123X1X2-0.049X1X3 +0.140X2X3$	0.039	0.80	0.642
เถ้าทั้งหมด (%)	$Y = 0.0658 X_1+0.054 X_2+0.043 X_3$	0.015	0.61	0.518
EGCG (mg/g)	$Y = 0.601X_1- 0.158X_2- 0.416X_3$	0.016	0.60	0.819
EGC (mg/g)	$Y = -15.566X_1-152.535X_2-50.278X_3$ $+3.282X_1X_2+1.308X_1X_3+0.6.72776X_2X_3$ $-0.13084X_1X_2X_3)$	0.005	0.95	0.247

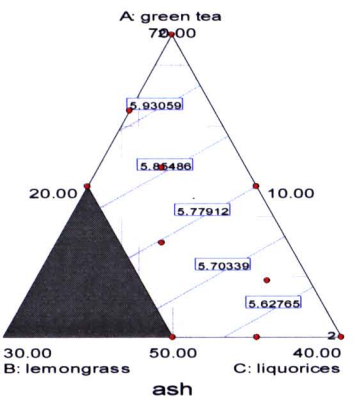
หมายเหตุ X_1 คือ ชาเขียว X_2 คือ ตะไคร้ X_3 คือ ชะเอม



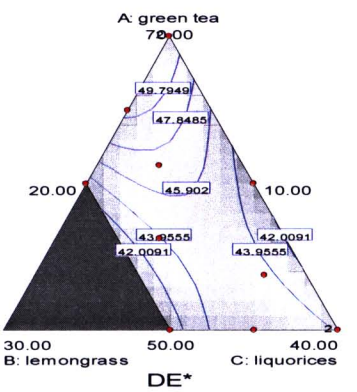
(a)



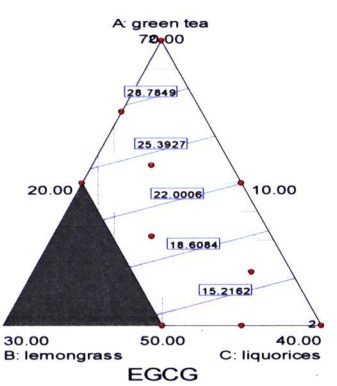
(b)



(c)

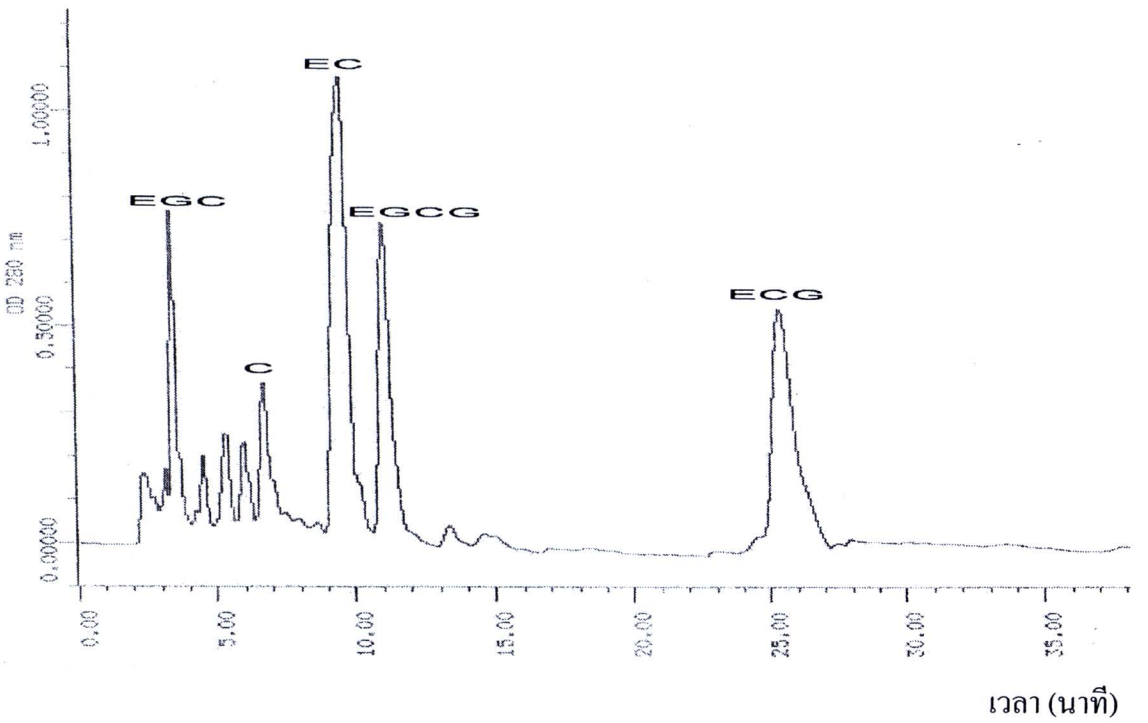


(d)



(e)

ภาพ 4.1 กราฟ contour plot ค่าสี L* (a) ค่า ΔE^* (b) เถ้าทั้งหมด (c) EGC (d) EGCG (e)



ภาพ 4.2 โครมาโตแกรมขององค์ประกอบคาเทชินในชาเขียว

คุณภาพทางเคมี

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอม12 สูตร พบว่า ปริมาณฟีโนลิค ค่า EC_{50} ปริมาณคาเทชิน ปริมาณ EGCG ปริมาณ EC ปริมาณ EGC ปริมาณ ECG มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าปริมาณฟีโนลิค (20.84±0.06-48.63±0.39) ค่า EC_{50} (6.01±0.28-9.77±0.16) ปริมาณคาเทชิน (3.03±0.01-34.53±0.02) EGCG (5.45±0.10-38.64±0.11) EC (41.16±0.06-81.88±0.11) EGC (292.26±0.08-540.72±0.28) ECG (6.23±0.04-30.61±0.10) (ตาราง 4.18) วิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญที่พบในตัวอย่างชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอมโดยใช้เครื่อง high performance liquid chromatography (HPLC) ภาพ 4.2 แสดงระยะเวลาที่พีก (peak) ปรากฏ (retention time) ของสารมาตรฐาน โดยมีลำดับเวลาดังนี้(ภาพ 4.3) EGC (RT=3.4 นาที), C (RT=6.6 นาที), EC (RT=9.5 นาที), EGCG (RT=11 นาที) และ ECG (RT=25.3 นาที) Sharma *et al.* (2005) ศึกษาเกี่ยวกับคาเทชิน โดยเฉพาะ EGCG EGC และ EC พบว่า เมื่อเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่สกัดเวลาในการ rentention time ก็จะเปลี่ยนไป มีงานวิจัยอีกมากมายที่แสดงว่าชาเขียวมีปริมาณคาเทชินสูงกว่าชาดำ (Gramza *et al.*, 2006; Khokhar and Magnusdottir, 2002) Mukhtar and Ahmad (1999) กล่าวว่า ปริมาณฟีโนลิกที่พบในสารสกัดชาเขียวที่ได้จากชาเขียว 1 ถ้วย หรือ 237 มิลลิลิตร ประกอบไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ 400 มิลลิกรัม และ 200 มิลลิกรัมพบว่าเป็นสาร EGCG Chen *et al.* (2003) รายงานว่า ใบอ่อนชาเขียวมีปริมาณคาเฟอีน EGCG และ ECG สูงกว่าใบชาที่แก่จัด Yao *et al.* (2004) กล่าวว่า EGCG เป็น ฟลาโวนอยด์หลักในยอดอ่อนใบชาของออสเตรเลียโดยมีปริมาณสูงถึง 115 มิลลิกรัมต่อกรัม ปริมาณของสารคาเทชินมีรายงานที่สอดคล้องกันของผู้วิจัยมากมายเช่น Rusak *et al.* (2008) ที่รายงานถึงคาเทชินในชาเขียว Long Jing โดยพบว่ามีปริมาณ EGC 32.8–58.0 mg/g EGCG 70.9–118.0 mg/g GCG 4.0–8.5 mg/g ECG 14.9–24.5 mg/g การวิเคราะห์ปริมาณคาเทชินในตัวอย่างชาเขียวที่รายงานโดย Reto *et al.* (2007) พบว่าน้ำชาเขียวที่เตรียมจากน้ำร้อนมีปริมาณคาเทชินทั้งหมดอยู่ 398.0–1127.0 mg/L Wang *et al.* (2000) ได้ทำการศึกษาหาปริมาณคาเทชินในชาเขียวที่สกัดด้วยน้ำร้อนรายงานว่า ซึ่งพบว่าปริมาณคาเทชินที่ได้นั้นมีปริมาณต่ำกว่าเล็กน้อยคืออยู่ในช่วง 33.4-846.0 mg/L อย่างไรก็ตาม ปริมาณคาเทชินที่พบอาจไม่สอดคล้องกัน เนื่องจากชาเขียวนั้นมาจากหลากหลายประเทศ ฤดูกาลที่เก็บเกี่ยวมีความแตกต่าง ดังนั้นปริมาณคาเทชินที่ได้จึงไม่เท่ากัน มีการศึกษาเกี่ยวกับต้นชาที่ได้รับแสงแดดมาก ซึ่งทำให้มีปริมาณคาเทชินมากกว่าต้นชาที่ได้รับแสงน้อย (Kumamoto and Sonda, 1998)

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์ชาเขียว นำผลที่ได้มาวิเคราะห์หารูปแบบสมการถดถอยที่เหมาะสม โดยสมการที่ได้จะอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (ปริมาณชาเขียว ปริมาณตะไคร้ และปริมาณชะเอม) และตัวแปรตาม (คุณภาพด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์) ทำการเลือกตัวแปรอิสระเข้ามาในโครงสร้างของสมการ แล้วคัดเลือกตัวแปรอิสระที่มีผลต่อตัวแปรตามอย่างนัยสำคัญทางสถิติเท่านั้น ส่วนตัวแปรอิสระที่ไม่มีผลต่อตัวแปรตามจะถูกตัดออกไป เพื่อให้สมการที่มีนัยสำคัญทางสถิติ และสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามได้อย่างถูกต้องและมีค่า R^2 (coefficient of determination) สูง ซึ่งเป็นค่าที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามที่ศึกษา เพื่อให้ผลลัพธ์ที่น่าเชื่อถือมากที่สุด และจากการวิเคราะห์หาสมการถดถอย พบว่า ปริมาณชาเขียว ปริมาณตะไคร้ และปริมาณชะเอมมีความสัมพันธ์กับบางคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ ดังแสดงใน ตาราง 4.19

จากสมการถดถอยทั้ง 5 สมการ พบว่า ตัวแปรตามที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เขียว ได้แก่ ค่าสี L* และค่า ΔE^* ปริมาณเถ้าทั้งหมด ความเข้มข้นของสารสกัดจากชาเขียวเทียบเท่ากับสารมาตรฐานได้แก่ EGCG, EGC ดังนั้น เมื่อนำสมการถดถอยของตัวแปรดังกล่าวข้างต้น ไปสร้างกราฟพื้นที่ตอบสนอง (Response Surface) ที่ผันแปรปริมาณชาเขียว ปริมาณตะไคร้ และปริมาณชะเอมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอม ได้ดัง ภาพ 4.1

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา

ในการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาใช้ผู้ทดสอบ 10 คน สามารถพัฒนาคำศัพท์ได้ทั้งหมด 13 คุณลักษณะ (ตาราง 4.20) ซึ่งประกอบด้วยคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ 1 คุณลักษณะ (สีเหลือง) กลิ่น 4 คุณลักษณะ (กลิ่นชะเอม กลิ่นไม้ กลิ่นตะไคร้ และกลิ่นหอมหวาน) รสชาติ 3 คุณลักษณะ (รสหวาน รสขม และความฝาดเฝื่อน) กลิ่นรส 3 คุณลักษณะ (กลิ่นรสชะเอม กลิ่นรสตะไคร้ และกลิ่นรสชา) และความรู้สึกหลังกลืน 2 (รสหวาน ความชุ่มคอ) จากนั้นผู้ทดสอบก็หาข้อสรุปเกี่ยวกับตัวอย่างที่จะใช้อ้างอิง (ตาราง 4.21)

จากตาราง 4.22 แสดงค่าเฉลี่ยความเข้มของคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ด้วยการใช้มาตราเส้น 150 มิลลิเมตร พบว่า คุณลักษณะด้านสีเหลือง (4.54±0.45-6.70±0.85) กลิ่นชะเอม (5.37±0.37-7.52±0.82) กลิ่นไม้ (2.86±0.72-4.18±0.95) กลิ่นตะไคร้ (3.27±0.74-4.41±0.89) กลิ่นหอมหวาน (2.30±0.30-3.14±0.18) กลิ่นรสชะเอม (5.06±0.63-6.93±0.43) กลิ่นรสตะไคร้ (4.04±0.23-5.12±0.04) กลิ่นรสชา (4.09±0.26-5.02±0.96) รสหวาน (2.01±0.18-2.79±0.76) รสขม (1.86±0.05-2.25±0.31) ความฝาดเฝื่อน (1.50±0.04-1.70±0.45)

ความรู้สึกหลังกลืน รสหวาน (1.28±0.05-1.99±0.25) และความรู้สึกหลังกลืน ความชุ่มคอ (2.87±0.59-4.14±0.36)

Togari *et al.* (1995) ศึกษาชา 3 ชนิด คือ ชาเขียว ชาอู่หลง และชาดำ ซึ่งสามารถหาคำอธิบายคุณลักษณะของชาได้ถึง 16 คุณลักษณะ ซึ่งรวมถึง กลิ่นหอมหวาน (sweet flora) ด้วย โดยมีความเข้มของกลิ่นหอมหวานในชาเขียวน้อยกว่าชาอู่หลงและชาดำถึง 4 เท่า ความเข้มของชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอมทั้ง 12 สูตรแสดงในกราฟรูปใยแมงมุม (ภาพ 4.3) โดยที่ความขมและความฝาดเฝื่อนพบได้ในทุกสูตร จากการศึกษาของ Chen *et al.* (2002) ชี้ว่าสารคาเทชินที่พบในชามีผลต่อความขมและความฝาดเฝื่อน อย่างไรก็ตามยังพบว่าคาเฟอีนและซาโปนีนมีส่วนต่อความขมที่พบได้ในชาเขียว นอกจากนั้น Wang *et al.* (2000) รายงานถึง EC และ EGCG ที่มีส่วนเกี่ยวข้องต่อการเพิ่มความขมและความฝาดเฝื่อน และยังเป็นตัวชี้บ่ง ถึงอายุการเก็บของชาเขียวที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อนซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นหลังการเด็ดยอดใบชา

ตาราง 4.20 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสและคำจำกัดความของผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอม

คุณลักษณะ	คำจำกัดความ
ลักษณะปรากฏ	ความเข้มสีเหลืองทองจากสีเหลืองไปเป็นสีน้ำตาล
สี	
กลิ่น	ลักษณะกลิ่นของสมุนไพร
กลิ่นชะเอม	ลักษณะกลิ่นที่ทำให้นึกถึงไม้ที่แห้ง
กลิ่นไม้	ลักษณะกลิ่นที่ทำให้นึกถึงกลิ่นฉุนของตะไคร้
กลิ่นตะไคร้	ลักษณะกลิ่นที่เกี่ยวข้องกับความหอมหวานของดอกไม้
กลิ่นหอมหวาน	
กลิ่นรส	กลิ่นรสเฉพาะของชะเอม
กลิ่นรสชะเอม	กลิ่นรสเฉพาะของตะไคร้
กลิ่นรสตะไคร้	กลิ่นรสเฉพาะของชาเขียว
กลิ่นรสชา	
รสชาติ	รสที่ลิ้นสามารถรับรู้ได้จากการกระตุ้นของน้ำตาล
รสหวาน	รสที่ลิ้นสามารถรับรู้ได้จากการกระตุ้นของคาเฟอีน
รสขม	รสที่ลิ้นสามารถรับรู้ได้จากการกระตุ้นของอัลลัม
ความฝาดเฝื่อน	
ความรู้สึกหลังกลืน	รสที่ลิ้นสามารถรับรู้ได้จากการกระตุ้นของน้ำตาลภายหลังการกลืน
รสหวานชุ่มคอ	ความรู้สึกหลังกลืนที่สามารถรับรู้ได้จากการกระตุ้นของน้ำชะเอมภายหลังการกลืน

ตาราง 4.21 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ตัวอย่างอ้างอิงและความเข้มของผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอม

คุณลักษณะ	อ้างอิง	ความเข้ม (มิลลิเมตร)
ลักษณะปรากฏ	ผสมสีตาร์ตราซีน 0.0030 กรัม : ซันเซ็ทเยลโล่ว์ เอ็ฟซีเอ็ฟ	20
สีเหลืองปนน้ำตาล	$7.2x10^{-5}$กรัม: คาราเมล 0.0197 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร	
	ผสมสีตาร์ตราซีน 0.0003 กรัม : ซันเซ็ทเยลโล่ว์ เอ็ฟซีเอ็ฟ	130
	$9x10^{-6}$ กรัม : คาราเมล 0.0024 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร	
กลิ่น		
กลิ่นชะเอม	ชะเอมที่ผ่านการอบแห้งนำมาปั่นให้เป็นผง จำนวน 2 กรัม	120
กลิ่นไม้	ไม้จิ้มฟันตรากิ่งไผ่ จำนวน 4 กรัม	125
กลิ่นตะไคร้	ตะไคร้ที่ผ่านการอบแห้งนำมาปั่นให้ละเอียด จำนวน 5 กรัม	112
กลิ่นหอมหวาน	Geraniol 1 หยดในน้ำ 200 มิลลิลิตร	55
กลิ่นรส	ชะเอมอบแห้ง 1 กรัม แช่ 4 นาทีในน้ำเดือด 98 องศาเซลเซียส 100 มิลิลิตร	25
กลิ่นรสชะเอม	ชะเอมอบแห้ง 3 กรัม แช่ 4 นาทีในน้ำเดือด 98 องศาเซลเซียส 100 มิลิลิตร	50
กลิ่นรสตะไคร้	ตะไคร้อบแห้ง 1 กรัม แช่ 4 นาทีในน้ำเดือด 98 องศาเซลเซียส 100 มิลิลิตร	30
	ตะไคร้อบแห้ง 3 กรัม แช่ 4 นาทีในน้ำเดือด 98 องศาเซลเซียส 100 มิลิลิตร	110
กลิ่นรสชา	ชงชาเขียว ตราบันชา ในน้ำอุณหภูมิ 98°C ใช้ชาเขียว 1.0 กรัม/น้ำ 100 มิลลิลิตร แช่นาน 3 นาที (8ซอง/ 800ml)	25
รสชาติ	ชงชาเขียว ตราบันชา ในน้ำอุณหภูมิ 98°C ใช้ชาเขียว1.87	130
รสหวาน	กรัม/น้ำ 100 มิลลิลิตร แช่นาน 3 นาที (12ซอง/ 800ml)	

ตาราง 4.21 (ต่อ)

คุณลักษณะ	**อ้างอิง**	**ความเข้ม (มิลลิเมตร)**
	2% น้ำตาลละลายในน้ำ	20
	5% น้ำตาลละลายในน้ำ	50
	10% น้ำตาลละลายในน้ำ	100
	16% น้ำตาลละลายในน้ำ	150
รสขม	0.05% คาเฟอีนละลายในน้ำ	20
	0.35% คาเฟอีนละลายในน้ำ	50
	0.50% คาเฟอีนละลายในน้ำ	85
ความฝาดเฝื่อน	0.03% อัลลัมละลายในน้ำ	15
	0.10% อัลลัมละลายในน้ำ	50
ความรู้สึกหลังกลืน		
หวาน	5% น้ำตาลละลายในน้ำ	3
	10% น้ำตาลละลายในน้ำ	10
	16% น้ำตาลละลายในน้ำ	20
ชุ่มคอ	ชะเอมอบแห้ง 1 กรัม แช่ 4 นาทีในน้ำเดือด 98 องศาเซลเซียส 100 มิลิลิตร	20
	ชะเอมอบแห้ง 3 กรัม แช่ 4 นาทีในน้ำเดือด 98 องศาเซลเซียส 100 มิลิลิตร	90

ตาราง 4.22 ค่าเฉลี่ยความเข้มของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาของผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอม

สิ่งทดลอง[1]	ค่าที่วัดได้						
	สีเหลือง	กลิ่นชะเอม	กลิ่นไม้	กลิ่นตะไคร้	กลิ่นหอมหวาน	กลิ่นรสชะเอม	กลิ่นรสตะไคร้
1	5.56±0.72^{b}	5.86±0.68^{efg}	3.48±0.51^{bcde}	4.22±0.02^{ab}	2.43±0.19^{c}	5.56±0.13^{bcd}	5.12±0.04^{a}
2	6.44±0.05^{a}	6.46±0.55^{cde}	3.42±0.37^{bcde}	3.78±0.04^{abc}	3.04±0.28^{ab}	5.06±0.63^{d}	4.54±0.03^{bc}
3	6.69±0.45^{a}	5.64±0.80^{fg}	3.13±0.04^{cde}	3.70±0.23^{bc}	2.30±0.30^{c}	5.16±0.67^{cd}	4.04±0.23^{c}
4	6.36±0.39^{a}	6.04±0.06^{def}	2.86±0.72^{e}	3.72±0.79^{bc}	2.69±0.20^{abc}	4.97±0.04^{d}	4.37±0.23^{bc}
5	4.89±0.71^{cd}	6.82±0.45^{bc}	3.51±0.41^{abcde}	4.03±0.66^{ab}	3.05±0.04^{ab}	5.46±0.11^{bcd}	4.85±0.60^{ab}
6	6.44±0.54^{a}	7.52±0.82^{a}	3.46±0.47^{bcde}	4.19±0.90^{ab}	2.89±0.54^{abc}	6.93±0.43^{a}	4.73±0.43^{ab}
7	5.64±0.42^{b}	6.40±0.77^{cde}	4.18±0.95^{a}	4.25±0.88^{ab}	2.59±0.12^{abc}	5.32±0.66^{cd}	4.41±0.99^{bc}
8	4.54±0.45^{d}	5.37±0.37^{g}	3.64±0.33^{abcd}	3.27±0.74^{c}	2.54±0.55^{abc}	5.27±0.21^{cd}	4.33±0.23^{bc}
9	5.45±0.46^{bc}	6.67±0.42^{bcd}	3.74±0.84^{abc}	3.65±0.70^{ab}	2.66±0.50^{abc}	5.80±0.66^{bc}	4.44±0.73^{bc}
10	5.14±0.57^{bcd}	7.09±0.01^{ab}	3.84±0.01^{ab}	4.08±0.96^{ab}	2.52±0.26^{bc}	5.37±0.26^{bcd}	4.54±0.09^{bc}
11	6.31±0.78^{a}	6.19±0.44^{cdef}	3.82±0.97^{abc}	4.41±0.89^{a}	2.74±0.74^{abc}	5.07±0.16^{d}	4.09±0.52^{c}
12	6.70±0.85^{a}	6.39±0.37^{cde}	3.03±0.92^{de}	4.20±0.83^{ab}	3.14±0.18^{a}	5.99±0.01^{b}	4.26±0.86^{bc}

ค่าของข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

[1] สิ่งทดลอง 1-12 อ้างอิง ตาราง 3.5

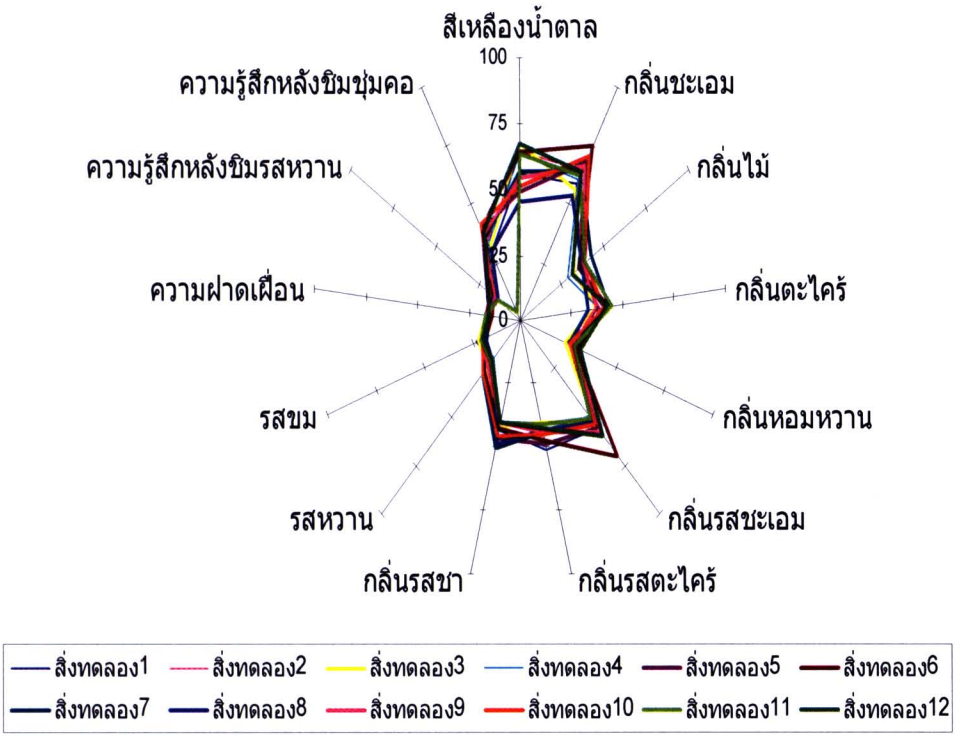
ตาราง 4.22 (ต่อ)

สิ่งทดลอง[1]	ค่าที่วัดได้					
	กลิ่นรสชา	รสหวาน	รสขม	ความฝาดเฝื่อน	ความรู้สึกหลังกลืนรสหวาน	ความชุ่มคอ
1	4.36±0.91^{abc}	2.11±0.60^{bc}	2.25±0.31^{ns}	1.69±0.33^{ns}	1.36±0.08^{cde}	2.87±0.59^{f}
2	4.62±0.26^{abc}	2.31±0.23^{abc}	1.90±0.19^{ns}	1.50±0.16^{ns}	1.55±0.20^{bcde}	3.36±0.01^{bcdef}
3	4.20±0.96^{bc}	2.43±0.85^{abc}	2.22±0.75^{ns}	1.67±0.26^{ns}	1.78±0.35^{abc}	3.13±0.58^{def}
4	4.09±0.26^{c}	2.01±0.18^{c}	2.02±0.30^{ns}	1.50±0.05^{ns}	1.37±0.08^{cde}	3.30±0.08^{cdef}
5	4.65±0.32^{abc}	2.57±0.01^{abc}	2.00±0.09^{ns}	1.50±0.04^{ns}	1.99±0.25^{a}	3.93±0.11^{abc}
6	4.26±0.39^{bc}	2.61±0.56^{abc}	1.86±0.13^{ns}	1.34±0.17^{ns}	1.59±0.50^{abcde}	3.99±0.60^{ab}
7	5.02±0.96^{a}	2.72±0.61^{ab}	1.76±0.09^{ns}	1.70±0.45^{ns}	1.61±0.51^{abcde}	3.61±0.05^{abcd}
8	4.86±0.51^{ab}	2.07±0.29^{c}	1.86±0.05^{ns}	1.62±0.22^{ns}	1.28±0.05^{e}	2.99±0.17^{ef}
9	4.02±0.02^{c}	2.37±0.33^{abc}	2.06±0.13^{ns}	1.52±0.21^{ns}	1.55±0.48^{bcde}	3.69±0.44^{abcd}
10	4.58±0.20^{abc}	2.79±0.76^{a}	1.99±0.16^{ns}	1.65±0.06^{ns}	1.72±0.40^{abcd}	4.14±0.36^{a}
11	4.08±0.43^{c}	2.17±0.78^{abc}	2.08±0.33^{ns}	1.67±0.17^{ns}	1.30±0.02^{de}	3.56±0.27^{abcde}
12	4.04±0.14^{c}	2.09±0.03^{bc}	1.97±0.68^{ns}	1.52±0.20^{ns}	1.91±0.04^{ab}	3.80±0.42^{abc}

ค่าของข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

[1] สิ่งทดลอง 1-12 อ้างอิง ตาราง 3.5



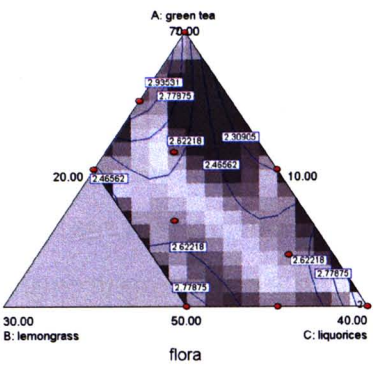
ภาพ 4.3 กราฟใยแมงมุมที่ได้จากการวิเคราะห์คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาในแต่ละสิ่งทดลองของการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอม

ผลการวิเคราะห์โมเดลและค่า R^2 ในแต่ละคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาของผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอมจากทั้งหมด 13 คุณลักษณะมี 3 คุณลักษณะที่สามารถทำนายออกมาได้เป็นสมการ รายงานไว้ว่าโมเดลที่สามารถทำนายได้ดี ควรจะมีค่า R^2 มากกว่า 0.80 ในการศึกษาโมเดลของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาทุกค่ามีค่ามากกว่า 0.80 (ตาราง 4.23) และมีกราฟ contour plot แสดงความสัมพันธ์ของแต่ละคุณลักษณะไว้ใน ภาพ 4.4

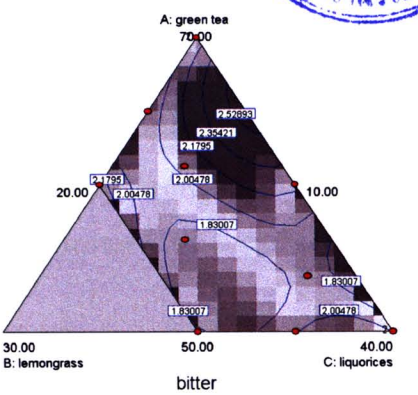
ตาราง 4.23 โมเดลรีเกรสชันของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา

คุณลักษณะ	โมเดล	p-value ($p \leq 0.05$)	R^2
กลิ่นหอมหวาน	$Y = 0.092X_1+1.345X_2-0.334X_3-0.046X_1X_2+ 0.0096X_1X_3+0.0151X_2X_3+0.0005X_1X_2(X_1-X_2)-0.0002 X_1X_3(X_1-X_3)+0.0008 X_2X_3(X_2-X_3)$	0.003	0.99
รสขม	$Y = -0.446 X_1+13.650 X_2+2.341 X_3-0.214 X_1X_2-0.041 X_1X_3 -0.259 X_2X_3+0.002X_1X_2X_3+0.001X_1X_2(X_1-X_2) +0.0005 X_1X_3(X_1-X_3) - 0.002X_2X_3(X_2-X_3)$	0.037	0.99
ความรู้สึกหลังกลืน รสหวาน	$Y=-0.2019X_1-34.3564X_2+1.4101X_3+0.5941X_1X_2-0.0161 X_1X_3+0.6137 X_2X_3$	0.043	0.99

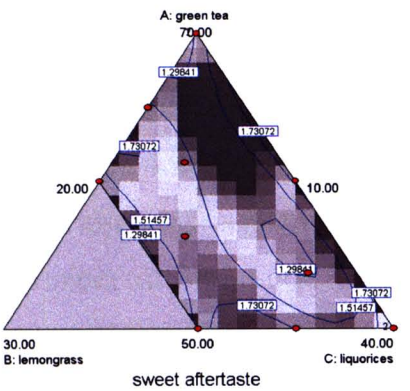
หมายเหตุ X_1 คือ ชาเขียว X_2 คือ ตะไคร้ X_3 คือ ชะเอม



(a)



(b)



(c)

ภาพ4.4 กราฟ contour plots ของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา (a) กลิ่นหอมหวาน (b) ความขม (c) ความรู้สึกหลังกลืน รสหวาน

การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

คะแนนความชอบในคุณลักษณะต่างๆของชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอมแสดงในตาราง 4.24 โดยสูตรที่ 5 และ 12 เป็นสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดจากคะแนนความชอบที่มากกว่า 6 คะแนนในคุณลักษณะความชอบโดยรวม สี กลิ่นโดยรวม กลิ่นรสชา กลิ่นรสตะไคร้ กลิ่นรสชะเอม กลิ่นรสโดยรวม ความฝาดเฝื่อน และความรู้สึกหลังชิม แต่คุณลักษณะด้านสีและกลิ่นโดยรวมมีคะแนนความชอบมากกว่า 6 ในทุกสิ่งทดลอง

ผลการยอมรับของผู้บริโภค มีค่าคะแนนความชอบโดยรวม สี กลิ่นโดยรวม กลิ่นรสชา กลิ่นรสตะไคร้ กลิ่นรสชะเอม รสชาติโดยรวม ความฝาดเฝื่อน ความรู้สึกหลังชิม เท่ากับ 5.54±1.58-6.77±1.03, 5.67±1.61-6.77±1.23, 5.07±1.30-6.61±1.57, 5.48±1.16-6.65±1.53, 5.36±1.13-6.55±1.67, 5.30±1.14-6.55±1.67, 5.26±1.49-7.44±1.15, 5.48±1.09-6.60±1.66, 5.34±1.21-6.91±1.05 ตามลำดับ จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส สูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดเป็นสูตรที่มีปริมาณชะเอมเป็นส่วนประกอบสูง ซึ่งมีคะแนนความชอบในเรื่องของรสชาติและความรู้สึกหลังกลืนมากที่สุด เนื่องจากชะเอมมีรสชาติที่หวานโดยมีความหวานมากกว่าน้ำตาลถึง 50 เท่า (พเยาว์, 2537) นอกจากนั้นยังมีสรรพคุณช่วยรักษาอาการระคายเคืองในลำคอ แก้กระหายช่วยให้ชุ่มคอ (พิสุทธิพร, 2549) จึงส่งผลต่อคะแนนความชอบด้านรสชาติและความรู้สึกหลังกลืนทำให้ผู้บริโภคยอมรับและให้คะแนนมากกว่าสูตรอื่นที่มีชะเอมน้อยกว่า มีงานวิจัยของ Chung and Vickers (2007) ที่ศึกษาช่วงระยะเวลาของการยอมรับและการเลือกชาที่ความหวานแตกต่างกัน ซึ่งจากการบริโภคครั้งแรก ผู้บริโภคพึงพอใจกับชาที่มีรสชาติหวานพอดี เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงระดับความหวานในการบริโภคครั้งต่อๆมา พบว่า คะแนนความชอบของชาที่หวานน้อยจะเพิ่มมากขึ้น แต่ความถี่ในการเลือกไม่มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเท่ากับชาที่มีรสชาติหวานพอดี เห็นได้ว่าชาที่มีรสชาติที่ดี มีความหวานพอเหมาะจะได้รับคะแนนความชอบมากกว่าชาที่มีความหวานน้อย และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชญานิศ และคณะ (2550) ที่พัฒนาชาสมุนไพรที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ พบว่า ชาสมุนไพรที่ประกอบด้วย มะตูม: ขิง: ชะเอมเทศ (6:2:2 โดยน้ำหนัก) ได้รับการยอมรับมากที่สุด เนื่องจาก มีรสชาติหวาน ชุ่มคอ มีสีและกลิ่นที่น่ารับประทาน

ตาราง 4.24 คะแนนความชอบในคุณลักษณะต่างๆของสิ่งทดลองในการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอม

สิ่งทดลอง	ค่าที่วัดได้								
	ความชอบรวม	สี	กลิ่นโดยรวม	กลิ่นรสชา	กลิ่นรสตะไคร้	กลิ่นรสชะเอม	รสชาติโดยรวม	ความฝาดเฝื่อน	ความรู้สึกหลังชิม
1	6.06±1.07^{cd}	6.24±1.37^{bcd}	5.86±1.17^{bcd}	5.72±1.52^{cd}	5.81±1.64^{bc}	5.80±1.30^{c}	5.26±1.49^{d}	5.68±1.38^{cde}	5.66±1.34^{cd}
2	6.00±0.82^{cd}	6.14±0.92^{cd}	5.90±0.80^{bcd}	5.85±0.88^{cd}	5.81±0.81^{bc}	5.85±0.72^{bc}	5.99±0.72^{bc}	5.92±0.77^{bcd}	5.93±0.84^{c}
3	6.02±1.34^{cd}	6.58±1.36^{ab}	6.16±1.23^{b}	6.28±1.35^{b}	5.70±1.57^{bcd}	5.86±1.42^{bc}	7.44±1.15^{a}	5.95±1.59^{bcd}	5.78±1.47^{c}
4	5.73±0.96^{de}	6.07±0.95^{de}	5.88±0.94^{bcd}	6.05±1.00^{bc}	5.84±0.92^{bc}	5.72±0.95^{cd}	5.47±1.08^{d}	5.62±1.12^{de}	5.34±1.21^{d}
5	6.77±1.03^{a}	6.77±1.23^{a}	6.07±1.08^{bc}	6.02±1.01^{bc}	6.08±0.99^{b}	6.21±0.95^{ab}	6.01±0.94^{bc}	6.25±0.93^{b}	6.91±1.05^{a}
6	6.03±1.08^{cd}	6.23±1.35^{bcd}	5.75±1.56^{cd}	5.77±1.39^{cd}	5.67±1.30^{bcd}	5.91±1.09^{bc}	5.88±1.39^{bc}	5.89±1.35^{bcd}	6.03±1.20^{c}
7	5.78±1.19^{de}	5.68±1.28^{e}	5.76±1.02^{bcd}	5.80±1.10^{cd}	5.62±1.24^{cd}	5.62±1.08^{cde}	5.64±1.26^{cd}	5.48±1.09^{e}	5.66±1.08^{cd}
8	6.48±1.24^{ab}	6.54±1.29^{abc}	6.08±1.45^{bc}	6.04±1.27^{bc}	6.02±1.20^{bc}	6.30±1.16^{a}	5.90±1.34^{bc}	6.04±1.36^{bc}	6.42±1.33^{b}
9	5.54±1.58^{e}	5.67±1.61^{e}	5.07±1.30^{e}	5.49±1.59^{d}	5.63±1.54^{cd}	5.39±1.59^{de}	5.46±1.53^{d}	5.49±1.16^{e}	5.40±1.39^{d}
10	6.21±1.62^{bc}	5.98±1.59^{de}	5.50±1.64^{d}	5.48±1.53^{d}	5.60±1.45^{cd}	5.70±1.38^{cd}	6.15±1.60^{b}	6.18±1.31^{b}	5.94±1.34^{c}
11	5.80±1.26^{de}	5.99±1.37^{de}	5.60±1.26^{d}	5.48±1.16^{d}	5.36±1.13^{d}	5.30±1.14^{e}	5.33±1.45^{d}	5.62±1.27^{de}	5.35±1.28^{d}
12	6.68±1.46^{a}	6.59±1.65^{ab}	6.61±1.57^{a}	6.65±1.53^{a}	6.55±1.67^{a}	6.51±1.65^{a}	6.24±1.57^{b}	6.60±1.66^{a}	6.61±1.57^{ab}

ค่าของข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

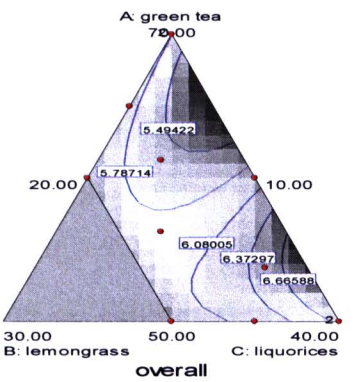
ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

[1] สิ่งทดลอง 1-12 อ้างอิง ตาราง 3.5

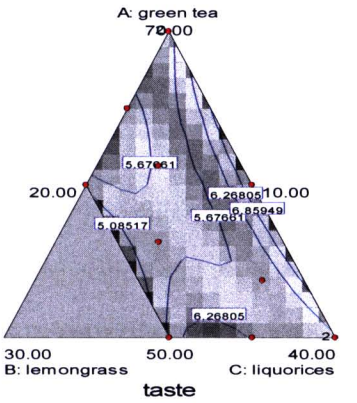
ตาราง 4.25 โมเดลรีเกรสชันของการยอมรับของผู้บริโภคทางด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัส

คุณลักษณะ	โมเดล	ค่า p-value ($p \leq 0.05$)	R^2	Lack of fit ($p>0.05$)
ความชอบโดยรวม	$Y = 0.595X_1 - 0.493X_2 - 3.633X_3 - 0.017X_1X_2 + 0.064X_1X_3 + 0.030X_2X_3 - 0.0007\ X_1X_3 (X_1-X_3)$	0.0008	0.97	0.222
รสชาติโดยรวม	$Y = -0.425\ X_1 - 67.973\ X_2 - 2.204\ X_3 + 1.1881\ X_1X_2 + 0.067X_1X_3 + 1.361X_2X_3 - 0.016X_1X_2X_3 - 0.0049\ X_1X_2(X_1-X_2) + 0.0055\ X_2X_3(X_2-X_3)$	0.020	0.97	0.259
ความฝาดเฝื่อน	$Y=-0.127X_1 - 1.854X_2 - 0.530X_3 + 0.039291X_1X_2 + 0.016X_1X_3 + 0.086X_2X_3 + 0.0016\ X_1X_2\ X_3$	0.008	0.93	0.857
ความรู้สึกหลังชิม	$Y=0.049X_1 + 0.063X_2 + 0.259X_3 + 0.0013X_1X_2 - 0.0027X_1X_3 - 0.0047X_2X_3$	0.018	0.85	0.203

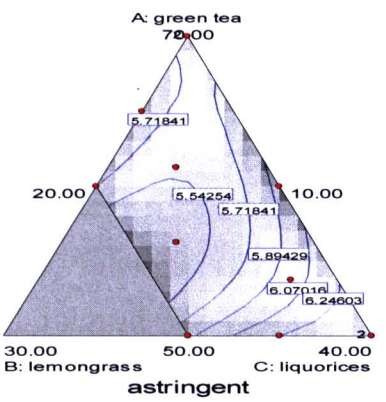
หมายเหตุ X_1 คือ ชาเขียว X_2 คือ ตะไคร้ X_3 คือ ชะเอม



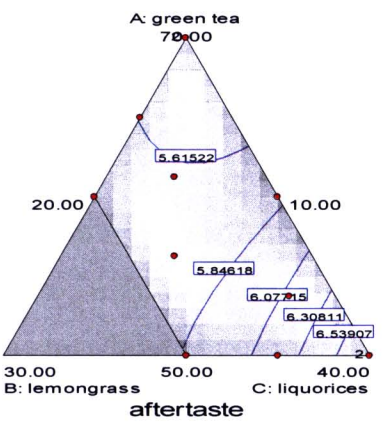
(a)



(b)



(c)

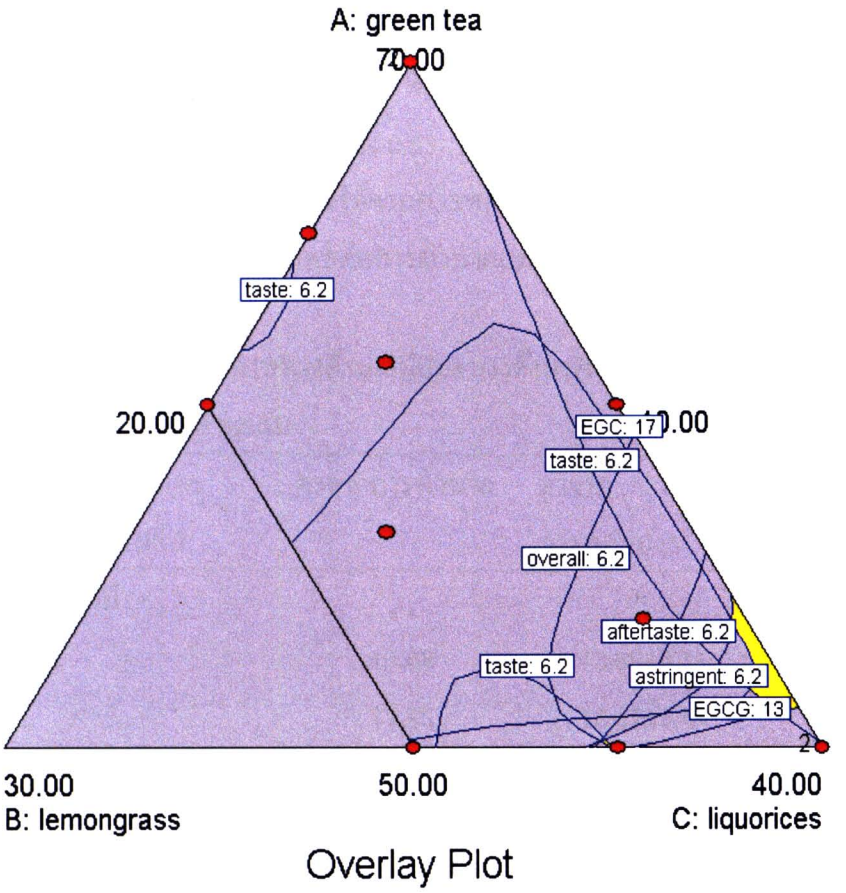


(d)

ภาพ 4.5 กราฟ contour plots ของการยอมรับของผู้บริโภค(a) ความชอบโดยรวม(b) รสชาติโดยรวม (c) ความฝาดเฝื่อน(d) ความรู้สึกหลังกลืน

การ Optimization ชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอม

จากพื้นที่ตอบสนอง (ภาพ 4.1,4.4,4.5) และสมการถดถอยที่แสดงความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างตัวแปรอิสระ (ได้แก่ ปริมาณชาเขียว ปริมาณตะไคร้ และปริมาณชะเอม) กับตัวแปรตาม พบว่า ในการทำนายสูตรในการผลิตชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอมที่มีคุณภาพที่เหมาะสม ได้กำหนดคุณภาพด้านต่างๆของผลิตภัณฑ์ ดังนี้ ค่าสี L* และค่า ΔE^* ปริมาณเถ้าทั้งหมด กำหนดให้ใช้ค่าที่อยู่ในช่วงที่ทดสอบได้ (in range) ความเข้มข้นเทียบเท่าสารมาตรฐานEGCG และ EGC มีค่าสูงสุด คะแนนความชอบด้านความชอบโดยรวม กลิ่นรสชะเอม รสชาติโดยรวม ความฝาดเฝื่อน และความรู้สึกหลังกลืน กำหนดให้มีค่ามากกว่า 6 ขึ้นไป ส่วนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา ได้แก่ กลิ่นหอมหวาน กลิ่นรสชะเอม รสขม ความรู้สึกหลังกลืนด้านรสหวาน กำหนดให้ใช้ค่าที่อยู่ในช่วงที่ทดสอบได้ (in range) จากนั้นนำค่าที่กำหนดไว้ข้างต้นทั้งหมดมาทำนายสภาวะที่เหมาะสม พบว่า ประกอบด้วยปริมาณชาเขียว 52% ตะไคร้ 10% และชะเอม 38% ภาพ 4.6 แสดงช่วงที่เหมาะสม (บริเวณพื้นที่สีเหลือง) ของสูตรที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมชะเอมและตระไคร้ซึ่งช่วงดังกล่าวทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าสี L* และค่า ΔE^* ปริมาณเถ้าทั้งหมด เท่ากับ 56.29, 42.70, 5.59 ตามลำดับ ความเข้มข้นเทียบเท่าสารมาตรฐานEGCG คือ 13.0 และมีความเข้มข้นเทียบสารมาตรฐาน EGC เท่ากับ 17.0 คะแนนความชอบด้านความชอบโดยรวม กลิ่นรสชะเอม รสชาติโดยรวม ความฝาดเฝื่อน และความรู้สึกหลังกลืน เท่ากับ 6.9, 6.2, 6.9, 6.3, 6.6 ตามลำดับ ส่วนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา ได้แก่ กลิ่นหอมหวาน กลิ่นรสชะเอม รสขม ความรู้สึกหลังกลืนด้านรสหวาน มีค่าเท่ากับ 2.9, 5.5, 1.8 และ 1.5 ตามลำดับ



ภาพ 4.6 ระดับของชาเขียว ตะไคร้ และชะเอม (พื้นที่สีเหลือง) ในการพัฒนาสูตรชาเขียวสมตะไคร้และชะเอมที่ให้คะแนนการยอมรับในค่าความชอบโดยรวม กลิ่นรสชะเอมรสชาติโดยรวม ความฝาดเฝื่อน และความรู้สึกหลังกลืน เท่ากับ 6 คะแนน

การตรวจสอบสมการที่ใช้ทำนายในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอม

ในการตรวจสอบสมการ regression ในตาราง 4.26 ที่ใช้ในการทำนายผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอม เลือกสูตรเพื่อใช้ในการทำนาย 1 สูตร คือสูตรที่มีองค์ประกอบของชาเขียว 52% ตะไคร้ 10% และชะเอม 38% ทำการทดลองและเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการทำนายด้วยสมการ ผลการทดลองแสดงในตาราง 4.26 ซึ่งจะเห็นได้ว่าร้อยละความคลาดเคลื่อนของตัวแปรตามต่างๆ นั้นมีความแตกต่างกันอยู่ในช่วง 0.63 % ถึง 4.39 % Hu (1999) ได้เสนอแนะว่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของค่าที่ได้จากการทดลอง และค่าที่ได้จากการทำนายนั้นจะต้องแตกต่างกันน้อยกว่า 10 % จึงจะเพียงพอต่อการทำนายสมการ

ตาราง 4.26 เปรียบเทียบค่าคุณภาพทางด้านเคมีและทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอม

ค่าคุณภาพทางเคมีและทางประสาทสัมผัส	ค่าจากการทำนาย	ค่าจากการทดลอง*	ความคลาดเคลื่อน** (%)
คุณภาพทางด้านเคมี			
EGCG	13.68	13.60±0.15	0.63
EGC	17.85	18.67±0.89	4.57
คุณภาพด้านประสาทสัมผัส			
ความชอบโดยรวม	6.99	6.76±0.74	3.41
รสชาติโดยรวม	6.88	6.68±0.95	2.91
ความฝาดเฝื่อน	6.32	6.4±1.14	1.27
ความรู้สึกหลังกลืน	6.56	6.78±0.93	3.35
คุณภาพด้านประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา			
กลิ่นหอมหวาน	2.96	2.83±0.55	4.39
ความขม	1.76	1.8±0.64	2.27

* ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวัดค่า 3 ซ้ำ

** คำนวณเปอร์เซ็นต์จากสูตร เปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อน = (ค่าจากการทดลอง- ค่าจากการทำนาย)x100 / ค่าจากการทดลอง

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาของผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอม สามารถจำแนกได้ทั้งหมด 13 คุณลักษณะ โดยผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน ประกอบด้วยคุณลักษณะ สีเหลือง, กลิ่นชะเอม, กลิ่นไม้, กลิ่นตะไคร้, กลิ่นหอมหวาน, กลิ่นรสชะเอม, กลิ่นรสตะไคร้, กลิ่นรสชา, รสหวาน, รสขม, ความฝาดเฝื่อน, ความรู้สึกหลังกลืนของรสหวาน และความชุ่มคอ จากการ optimization เพื่อหาสูตรที่เหมาะสมโดยใช้ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี เคมีกายภาพ ประสาทสัมผัส และค่าเฉลี่ยการยอมรับของผู้บริโภคที่มีคะแนนสูงกว่า 6.0 จนได้สูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอม ประกอบด้วยชาเขียว 52% ตะไคร้ 10% และชะเอม 38%

4.4 การทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์สุดท้ายของผู้บริโภค

จากการพัฒนาสูตรในการทดลองข้างต้นทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอม โดยทำการตรวจวัดคุณภาพทางด้านต่างๆ ซึ่งสูตรสุดท้ายที่ใช้ในการทดสอบคือสูตรที่มีองค์ประกอบ ดังนี้ ชาเขียว 52% ตะไคร้ 10% และชะเอม 38%

ตาราง 4.27 คะแนนความชอบของคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอมที่ผ่านการพัฒนา (n=200)

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบเฉลี่ย
ความชอบโดยรวม	6.55±0.82
สี	6.47±0.99
กลิ่นโดยรวม	6.34±1.03
กลิ่นรสชา	6.38±1.06
กลิ่นรสตะไคร้	6.33±1.13
กลิ่นรสชะเอม	6.58±0.99
รสชาติโดยรวม	6.65±0.91
ความฝาดเฝื่อน	6.29±1.17
ความรู้สึกหลังกลืน	6.8±0.94

จากตาราง 4.27 พบว่า การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์สุดท้าย ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบอยู่ในช่วงชอบปานกลาง โดยมีค่าคะแนนความชอบโดยรวม (6.55±0.82) สี (6.47±0.99) กลิ่นโดยรวม (6.34±1.03) กลิ่นรสชา (6.38±1.06) กลิ่นรสตะไคร้

(6.33±1.13) กลิ่นรสชะเอม (6.58±0.99) รสชาติโดยรวม (6.65±0.91) ความฝาดเฝื่อน (6.29±1.17) ความรู้สึกหลังกลืน (6.8±0.94)

ตาราง 4.28 คุณภาพทางกายภาพ เคมี ของผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอมที่พัฒนาได้

คุณภาพ	ค่าที่วัดได้
ค่าสี L*	54.79±0.85
ค่าสี a*	2.17±0.64
ค่าสี b*	30.41±0.27
ค่าความแตกต่างของสี ΔE^*	42.23±0.89
ความชื้น (%)	6.99±0.09
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (%)	93.00±0.09
ปริมาณน้ำอิสระ	0.57±0.02
ปริมาณเถ้าทั้งหมด (%)	5.16±0.34
ปริมาณสารฟีโนลิกทั้งหมด (mg GAE/ g dry basis)	25.43±0.66
ปริมาณสารต้านออกซิเดชัน (EC_{50}) (g/g)	0.59±0.36
ปริมาณ EGCG (mg/g)	14.30±0.15
ปริมาณ EGC (mg/g)	19.07±0.89
ปริมาณ ECG (mg/g)	11.61±0.41
ปริมาณ คาเทชิน (mg/g)	1.20±0.13
ปริมาณ EC (mg/g)	38.68±0.07

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้ในตาราง 4.28 พบว่า ค่าสี L* a* b* และ ΔE^* คือ 54.79±0.85, 2.17±0.64, 30.41±0.27, 42.23±0.89 ตามลำดับ มีความชื้นเท่ากับ 6.99 % มีของแข็งทั้งหมด 93 % มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้เท่ากับ 0.57 เมื่อวิเคราะห์ปริมาณเถ้า พบว่า มีค่า 5.16 % นอกจากนี้ยังมีปริมาณ ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีโนลิกทั้งหมด 25.43 mg GAE/ g dry basis EC_{50} ของชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอมมีค่า 0.59 g/g ปริมาณ EGCG 14.30±0.15 mg/g ปริมาณ EGC 19.07±0.89 mg/g ปริมาณ ECG 11.61±0.41 mg/g ปริมาณคาเทชิน 1.20±0.13 mg/g ปริมาณ EC 38.68±0.07 mg/g

4.5 การกำหนดคุณลักษณะจำเพาะของผลิตภัณฑ์

การกำหนดลักษณะจำเพาะ (Specification) ของผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอม ซึ่งสิ่งที่สำคัญที่สุดคือ ต้องมีความชัดเจนในการจำกัดการออกแบบอย่างรัดกุมเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์จำเพาะ (ไพโรจน์, 2545) มีรายละเอียดดังนี้

4.5.1 วัตถุดิบ

1. ใบชาสด

ทำการเก็บเกี่ยวยอดและใบอ่อนสองใบแรกของชาสายพันธุ์อัสสัม (*Camellia sinensis* Var. *assamica*)จากไร่ชาระมิงค์ จ.เชียงใหม่นำมาทำแห้งด้วยไมโครเวฟสุญญากาศ ที่กำลังไมโครเวฟ 4000 วัตต์ นาน 30 นาที อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียสวิเคราะห์คุณภาพ พบว่าความชื้นเริ่มต้นของชาที่ผ่านการอบแห้งด้วยไมโครเวฟสุญญากาศมีค่า 2.72% มีของแข็งทั้งหมด 97.27% มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ต่ำเท่ากับ 0.237 ปริมาณเถ้า มีค่า 5.98% ปริมาณสารที่สกัดได้ด้วยน้ำและมีปริมาณแทนนิน เท่ากับ 9.78% และ 2.47% ตามลำดับ ปริมาณสารประกอบฟีโนลิกทั้งหมด 36.45 mg GAE/ g ความสามารถในการยับยั้งสารอนุมูลอิสระ (EC_{50}) มีค่า 6.51 mg/L

2. ตะไคร้

1.1 เป็นตะไคร้พันธุ์พื้นเมืองที่นิยมนำมาปรุงแต่งกลิ่นรสให้กับอาหาร ซึ่งสามารถหาซื้อได้ทั่วไป

1.2 ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำ 2 รอบ คัดแยกสิ่งแปลกปลอม หั่นเป็นแว่นขนาดเล็ก

1.3 คุณภาพของตะไคร้อบแห้ง ความชื้นของตะไคร้อบแห้งมีค่าเท่ากับ 6.69% มีปริมาณของแข็งทั้งหมดคือ 92.41% มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้เท่ากับ 0.363 เมื่อวิเคราะห์ปริมาณเถ้า พบว่า มีค่า 4.74% นอกจากนี้ยังมีปริมาณสารที่สกัดได้ด้วยน้ำเท่ากับ 4.46% มีปริมาณฟีโนลิกทั้งหมดอยู่ในช่วง 16.74 mg GAE/g ความสามารถในการยับยั้งสารอนุมูลอิสระ (EC_{50}) ของตะไคร้มีค่า 47.87 mg/L

3. ชะเอม

1.1 เป็นชะเอมเทศที่ผ่านการอบแห้งมาแล้ว โดยสามารถซื้อได้ตามร้านขายยาแผนโบราณหรือร้านเครื่องยาจีน ซึ่งใช้ในส่วนของลำต้นหรือราก

1.2 โดยมีคุณภาพดังนี้ความชื้นเริ่มต้นของชะเอมอบแห้งมีค่าเท่ากับ 7.59% มีปริมาณของแข็งทั้งหมดคือ 92.41% มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้เท่ากับ 0.5 เมื่อวิเคราะห์ปริมาณเถ้า พบว่ามีค่า 4 % นอกจากนี้ยังมีปริมาณสารที่สกัดได้ด้วยน้ำเท่ากับ 6.23% มีปริมาณฟีโนลิกทั้งหมดอยู่ในช่วง 27.05 mg GAE/g ความสามารถในการยับยั้งสารอนุมูล-อิสระ (EC_{50}) ของชะเอมมีค่า 82 mg/L

4.5.2 สูตรของผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอม

ผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมตะไคร้และชะเอมต้องมีส่วนผสมคงที่ประกอบด้วย ชาเขียว 52% ตะไคร้ 10% และชะเอม 38% โดยมีคุณภาพดังนี้ ค่าสี L* a* b* และ ΔE^* คือ 54.79±0.85, 2.17±0.64, 30.41±0.27, 42.23±0.89 ตามลำดับ มีความชื้นเท่ากับ 6.99% มีของแข็งทั้งหมด 93% มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้เท่ากับ 0.57 เมื่อวิเคราะห์ปริมาณเถ้า พบว่า มีค่า 5.16% ปริมาณสารประกอบฟีโนลิกทั้งหมด 25.43 mg GAE/g ความสามารถในการยับยั้งสารอนุมูลอิสระ(EC_{50}) มีค่า 0.59 g/g มีค่าคะแนนความชอบโดยรวม สี กลิ่นโดยรวม กลิ่นรสชา กลิ่นรสตะไคร้ กลิ่นรสชะเอม รสชาติโดยรวม ความฝาดเฝื่อน ความรู้สึกหลังชิม เท่ากับ 6.55±0.82, 6.47±0.99, 6.34±1.03, 6.38±1.06, 6.33±1.13, 6.58±0.99, 6.65±0.91, 6.29±1.1, 6.8±0.94 ตามลำดับ

4.5.3 กรรมวิธีการผลิต

นำส่วนผสมทั้งสามได้แก่ ชาเขียวผง ตะไคร้ผง และชะเอมผง บรรจุลงซองชาปริมาณ 1 กรัม ปิดผนึก เก็บรักษาในที่แห้ง ไม่มีความชื้น

4.5.4 การรับประทาน

1. ชาผสมตะไคร้และชะเอมจำนวน 1 กรัม บรรจุในซองชา
2. แช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 98 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที นำซองชาออก
3. แต่หากต้องการให้ชามีรสเข้ม ควรเพิ่มเวลาให้มากขึ้นอีก
4. รับประทานในช่วงอุณหภูมิ 65-70 องศาเซลเซียส