บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ศึกษาถึงคุณภาพเบื้องต้นของผลหม่อน

ผลการวิเคราะห์ค่าคุณภาพทั่วไปของผลหม่อนที่สองระยะการสุก ดังแสดงใน ตาราง 4.1 พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณความเป็นกรดทั้งหมด ค่าสี a*, b* และค่าดัชนีชี้วัดการสุก (TSS/TA) ของผลหม่อนทั้งสองระยะการสุกมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ค่าสี L* มีค่าที่ไม่แตกต่างกัน โดยผลหม่อนที่ระยะการสุกปานกลาง (ม่วงแดง) มีค่าสี a* ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงค่าสีแดงมากกว่า อีกทั้งยังมีค่า pH ที่ต่ำกว่าผลหม่อนที่ระยะการสุกจัด (ม่วงดำ) ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะตามธรรมชาติของผลหม่อน ที่ประกอบด้วยแอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นเม็ดสีตามธรรมชาติที่มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง และสีตามปริมาณความเป็นกรดในผลไม้ โดยในสภาวะที่ pH ต่ำ แอนโทไซยานินจะมีสีแดง และจะมีการเปลี่ยนแปลงจนเป็นสีน้ำเงินม่วงในสภาวะที่ pH เพิ่มขึ้น (Wageningen University, 2008)

ตาราง 4.1 ค่าคุณภาพเบื้องต้นของผลหม่อน ที่ระยะการสุก 2 ระยะ

ค่าคุณภาพ	ระยะการสุกของผลหม่อน	
	ระยะสุกปานกลาง (สีม่วงแดง)	ระยะสุกจัด (สีม่วงดำ)
ค่าสี L*	19.49±0.95	19.59±0.19
ค่าสี a*	4.26±0.13a	3.08±0.57b
ค่าสี b*	1.00±0.06a	0.64±0.18b
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	3.99±0.14b	4.55±0.06a
ความเป็นกรดทั้งหมด (TA, %as citric acid)	0.95±0.19a	0.31±0.032b
ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS, °Brix)	9.82±0.88	10.88±0.10
ดัชนีชี้วัดการสุก (TSS/TA)	10.29±2.05b	34.65±3.67a

* ค่าคุณภาพเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วัดค่า 3 ซ้ำ โดยค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวเดียวกันที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษแตกต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และเมื่อพิจารณาค่า TSS/TA ซึ่งเป็นค่าดัชนีชี้วัดการสุก โดยหากตัวอย่างใดมีค่า TSS/TA น้อย หมายความว่ามีอัตราการสุกต่ำ แต่ตัวอย่างใดมีค่า TSS/TA สูง หมายความว่า ตัวอย่างนั้นมีอัตราการสุกมาก ซึ่งพบว่าผลหม่อนสีม่วงดำมีค่า TSS/TA มากกว่าผลหม่อนสีม่วงแดง แสดงว่าผลหม่อนสีม่วงดำมีอัตราการสุกที่มากกว่า

เมื่อพิจารณาปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ใน ตารางที่ 4.2 พบว่าผลหม่อนทั้งสองระยะการสุกมีปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ และความสามารถในการต้านออกซิเดชันที่แตกต่างกัน โดยผลหม่อนที่ระยะการสุกจัด (ม่วงดำ) มีปริมาณสารประกอบฟีโนลิกทั้งหมดในรูปกรดแกลลิก ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในรูปควอเซอทิน และปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด ที่มากกว่าผลหม่อนที่ระยะการสุกปานกลาง (ม่วงแดง) และมีค่า EC_{50} ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความเข้มข้นของตัวอย่างที่สามารถลดปริมาณสารอนุมูลอิสระลงได้ร้อยละ 50 โดยตัวอย่างใดที่มีค่า EC_{50} มาก แสดงว่ามีความสามารถในการต้านออกซิเดชันต่ำและ ตัวอย่างใดที่มีค่า EC_{50} น้อยแสดงว่ามีความสามารถในการต้านออกซิเดชันที่สูง โดยผลหม่อนที่ระยะการสุกจัด (ม่วงดำ) มีค่า EC_{50} ต่ำกว่าผลหม่อนที่ระยะการสุกปานกลาง (ม่วงแดง) แสดงว่ามีความสามารถในการต้านออกซิเดชันที่สูงกว่า เมื่อเปรียบเทียบผลที่ได้กับงานวิจัยอื่น เช่น Sezai and Emine (2007) ได้ศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมีในผลหม่อน (*M. alba*) ที่ปลูกในประเทศตุรกี พบว่า มีปริมาณของสารประกอบฟีโนลิก เท่ากับ 181 mg GAE/100g และปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ เท่ากับ 29 mg QE/100g ตามลำดับ Jin and Ching (2007) พบว่า ผลหม่อนที่ปลูกในประเทศไต้หวัน (*M. alba*) มีปริมาณของสารประกอบฟีโนลิก เท่ากับ 1,515.9 mg GAE/100g และปริมาณของสารประกอบฟลาโวนอยด์ เท่ากับ 250.1 mg QE/100g เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณสารประกอบที่วัดได้ในผลหม่อนที่นำมาทดลองพบว่า ผลหม่อนในงานทดลองนี้มีปริมาณสารประกอบฟีโนลิกและฟลาโวนอยด์ที่ต่างจากงานวิจัยของ Sezai and Emine (2007) และ Jin and Ching (2007) สาเหตุอาจเนื่องมาจากสายพันธุ์ และพื้นที่ในการเพาะปลูกที่แตกต่างกันนอกจากนั้น ผลการทดลองในงานวิจัยนี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของสุรินทร์ (2548) ที่ทำการศึกษาผลของระยะความสุกของหม่อนที่มีต่อคุณภาพไวน์ โดยพบว่าหม่อนที่ระยะการสุกสีม่วงดำจะมีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด และค่าความสามารถ ในการต้านอนุมูลอิสระ ที่มากกว่าผลหม่อนสีม่วงแดง ดังนั้นผลหม่อนที่ระยะการสุกจัด (ม่วงดำ) จึงมีความเหมาะสมในการนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ เนื่องจากมีระยะการสุก และปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ที่มากกว่าผลหม่อนที่ระยะการสุกปานกลาง (ม่วงแดง)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.2 ปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ และความสามารถในการต้านออกซิเดชันของผลหม่อนที่ระยะการสุก 2 ระยะ

ค่าคุณภาพ	ระยะการสุกของผลหม่อน	
	ระยะสุกปานกลาง (สีม่วงแดง)	ระยะสุกจัด (สีม่วงดำ)
ฟีโนลิกทั้งหมด (mg GAE/100 g mass fresh)	739.93±10.40b	922.73±8.14a
ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (mg QE/100 g mass fresh)	47.19±0.15b	65.17±0.27a
แอนโทไซยานินทั้งหมด (mg/100 g mass fresh)	113.70±1.43b	249.98±5.11a
EC_{50} (mg/100ml)	4665.00±318.28a	2621.84±113.57b

* ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าคุณภาพต่างๆ วัดค่า 3 ซ้ำ โดยค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวเดียวกันที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษแตกต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

4.2 ผลของกระบวนการหมักที่มีต่อปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ในน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อน

4.2.1 ขั้นตอนกระบวนการหมักเพื่อให้ได้แอลกอฮอล์

ในกระบวนการผลิตแอลกอฮอล์โดยใช้น้ำผลหม่อนเป็นวัตถุดิบตั้งต้น พบว่าในระหว่างกระบวนการหมักจะมีการเปลี่ยนแปลงของค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) น้ำตาลรีดิวซ์ และแอลกอฮอล์ ดังแสดงในตาราง 4.3 โดยเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้นแอลกอฮอล์จะมีปริมาณเพิ่มขึ้น ในขณะที่ ค่า TSS pH และน้ำตาลรีดิวซ์ มีปริมาณลดลง สาเหตุเนื่องมาจากในระหว่างกระบวนการหมักนั้น ยีสต์จะทำการย่อยสลายน้ำตาลผ่านวิถีไกลโคไลซิสทำให้ได้แอลกอฮอล์ คาร์บอนไดออกไซด์ และสารอื่นๆที่ให้กลิ่นรสเฉพาะตัว (สมใจ, 2547) ด้วยสาเหตุนี้จึงทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ TSS และ pH มีค่าที่ลดลง ในขณะที่ปริมาณแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้น โดยการหมักที่ระยะเวลา 2 3 และ 4 วัน จะทำให้ได้ปริมาณแอลกอฮอล์เท่ากับร้อยละ 6.40±0.05 9.22±0.21 และ 11.91±0.03 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.3 ปริมาณแอลกอฮอล์ ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด(TSS) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และน้ำตาลรีดิวซ์ ใน กระบวนการผลิตแอลกอฮอล์ แต่ละระดับ

สิ่งทดลอง	แอลกอฮอล์ (ร้อยละ)	TSS (°Brix)	pH	น้ำตาลรีดิวซ์ (mg glucose/ml)
1 (ควบคุม)	0.00±0.00d	19.23±0.03a	3.74±0.01a	306.82±9.67a
2 (แอลกอฮอล์ ร้อยละ 6)	6.40±0.05c	11.47±0.13b	3.12±0.01b	107.93±8.90b
3 (แอลกอฮอล์ ร้อยละ 9)	9.22±0.21b	8.92±0.15c	3.12±0.01b	71.26±1.74c
4 (แอลกอฮอล์ ร้อยละ 12)	11.91±0.03a	6.55±0.05d	3.12±0.01b	11.25±0.89d

* ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วัดค่า 3 ซ้ำ โดยค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษแตกต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ และความสามารถในการต้านออกซิเดชันของน้ำผลหม่อนที่มีปริมาณแอลกอฮอล์ที่ต่างกัน เปรียบเทียบกับตัวอย่างน้ำผลหม่อนเริ่มต้นที่ไม่ได้ผ่านการหมัก (ตัวอย่างควบคุม) ดังแสดงในตาราง 4.4 พบว่า ตัวอย่างที่ผ่านการหมักทุกตัวอย่างมีปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ ต่ำกว่าน้ำผลหม่อนเริ่มต้นที่ไม่ได้ผ่านการหมัก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สอดคล้องกับความสามารถในการต้านออกซิเดชันที่ลดลง โดยมีค่า EC_{50} ที่มีค่าเพิ่มขึ้นในทุกตัวอย่างที่ผ่านการหมัก สาเหตุที่ทำให้ปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ลดลงเนื่องจากในระหว่างกระบวนการหมัก ยีสต์จะปล่อยความร้อนออกมา โดยมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 36-38 องศาเซลเซียส (สมใจ, 2547) ส่งผลให้สารแอนติออกซิแดนซ์ถูกทำลายลงไปบางส่วน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Alighourchi and Barzegar (2009) ศึกษาถึงปฏิกิริยาการสลายของแอนโทไซยานินของน้ำทับทิมที่อุณหภูมิการเก็บ 3 ระดับ (4 20 และ 37 องศาเซลเซียส) ว่าที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส จะมีอัตราการสูญเสียแอนโทไซยานินมากที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบน้ำหม่อนที่มีปริมาณความเข้มข้นแอลกอฮอล์ที่ร้อยละ 6 9 และ 12 จะเห็นได้ว่าปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ และความสามารถในการต้านออกซิเดชันในแต่ละตัวอย่างมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งสรุปได้ว่า กระบวนการหมักน้ำผลหม่อนที่ทำให้ได้ปริมาณความเข้มข้นแอลกอฮอล์ร้อยละ 6 9 และ 12 ไม่มีผลต่อปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์และความสามารถในการต้านออกซิเดชัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.4 ปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ และความสามารถในการต้านออกซิเดชัน ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการหมักแอลกอฮอล์แต่ละระดับ

สิ่งทดลอง	ฟีโนลิกทั้งหมด (mg GAE/100ml)	ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (mg QE/100ml)	แอนโทไซยานินทั้งหมด (mg/100ml)	EC_{50} (ml/100ml)
1 (ควบคุม)	227.30±8.40a	19.27±0.98a	16.43±0.11a	10.95±0.51b
2 (แอลกอฮอล์ร้อยละ 6)	214.90±1.15b	9.96±0.32b	11.90±0.25b	18.41±1.23a
3 (แอลกอฮอล์ร้อยละ 9)	214.13±1.07b	10.66±0.18b	12.05±0.08b	17.25±1.23a
4 (แอลกอฮอล์ร้อยละ 12)	210.85±2.60b	10.72±0.45b	11.91±0.23b	18.37±1.15a

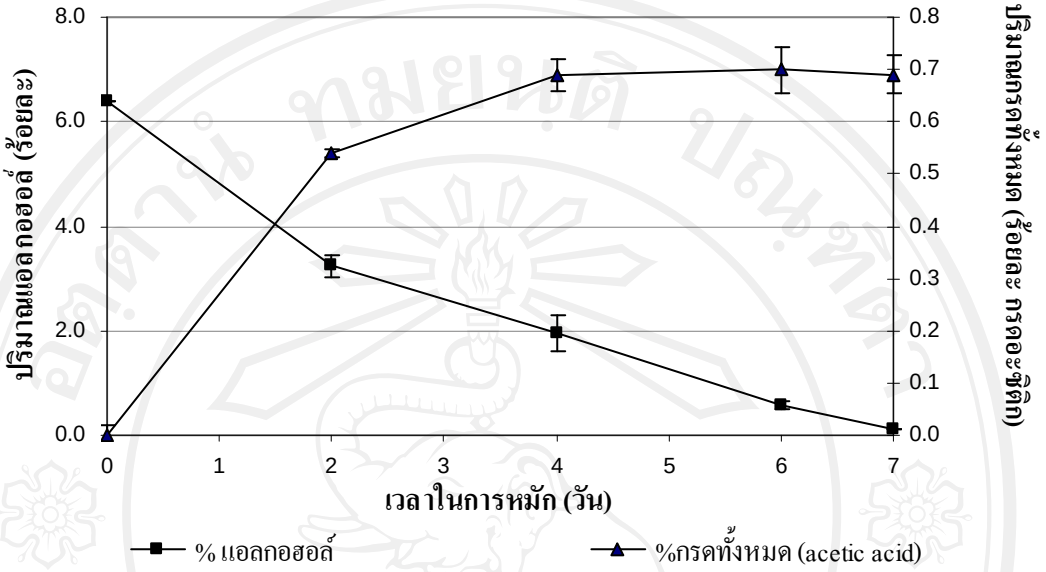
* ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วัดค่า 3 ซ้ำ โดยค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษแตกต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

4.2.2 ขั้นตอนกระบวนการหมักเพื่อให้ได้กรดอะซิติก

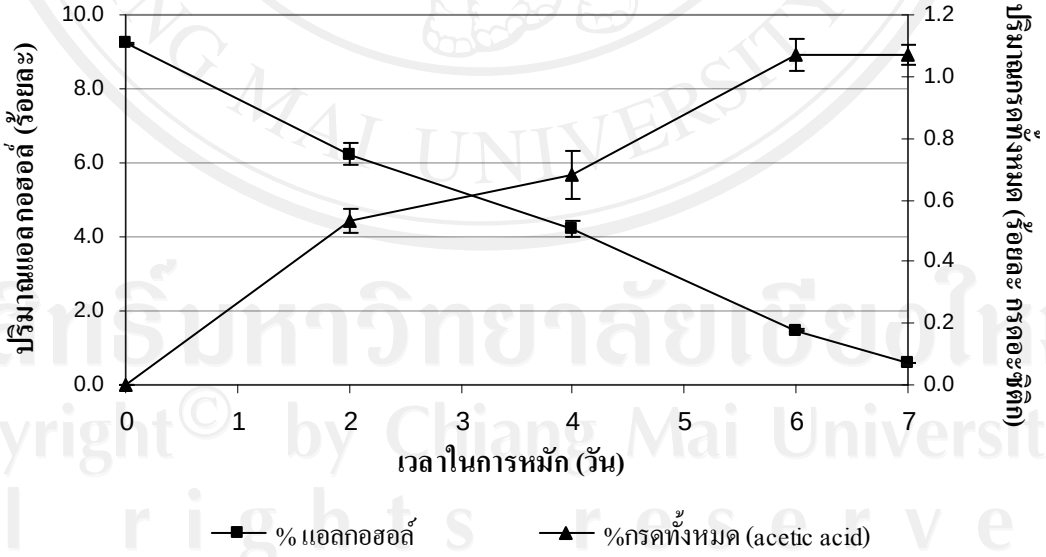
ในขั้นตอนการหมักเพื่อให้ได้กรดอะซิติก ได้นำน้ำหมอนที่ผ่านการหมักในขั้นตอนแรกที่มีปริมาณความเข้มข้นแอลกอฮอล์เริ่มต้นในระดับที่ต่างกัน มาหมักเป็นเวลา 7 วัน ทำการติดตามการเปลี่ยนแปลงของ ปริมาณกรดอะซิติก แอลกอฮอล์ และปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ โดยมีผลการทดลองแสดงดัง ภาพ 4.1-4.4 ซึ่งในระหว่างกระบวนการผลิตกรดอะซิติก พบว่าความสัมพันธ์ของปริมาณแอลกอฮอล์ และปริมาณกรดอะซิติกมีทิศทางที่ตรงข้ามกันดังแสดงในภาพ 4.1- 4.3 โดยเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น ปริมาณแอลกอฮอล์ในทุกตัวอย่างจะมีค่าลดลง ในขณะที่ปริมาณกรดอะซิติกมีค่าเพิ่มขึ้น สาเหตุเนื่องมาจากเชื้อ *Acetobacter aceti* ที่ใช้ในกระบวนการหมักขั้นตอนนี้ จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยเปลี่ยนแอลกอฮอล์ที่มีอยู่ในน้ำหมักเป็นกรดอะซิติก (Tesfaye *et al*., 2002) และเมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดอะซิติกของตัวอย่าง ที่มีปริมาณแอลกอฮอล์เริ่มต้นในระดับต่างๆ (ภาพ 4.4) พบว่าในตัวอย่างทุกการทดลองจะมีปริมาณกรดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการหมัก โดยตัวอย่างที่มีปริมาณความเข้มข้นแอลกอฮอล์เริ่มต้นร้อยละ 6 และ 12 ปริมาณกรดอะซิติกที่ผลิตได้จะเริ่มคงที่ตั้งแต่วันที่ 4 ของการหมัก โดยมีปริมาณกรดเท่ากับร้อยละ 0.69±0.04 และ 0.60±0.01 ตามลำดับ สำหรับตัวอย่าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ที่มีปริมาณแอลกอฮอล์เข้มข้นเริ่มต้นร้อยละ 9 ปริมาณกรดจะเริ่มคงที่ในวันที่ 6 ของการหมัก โดยจะผลิตกรดได้เท่ากับร้อยละ 1.07±0.01 ซึ่งมีปริมาณกรดมากที่สุดในการทดลองนี้

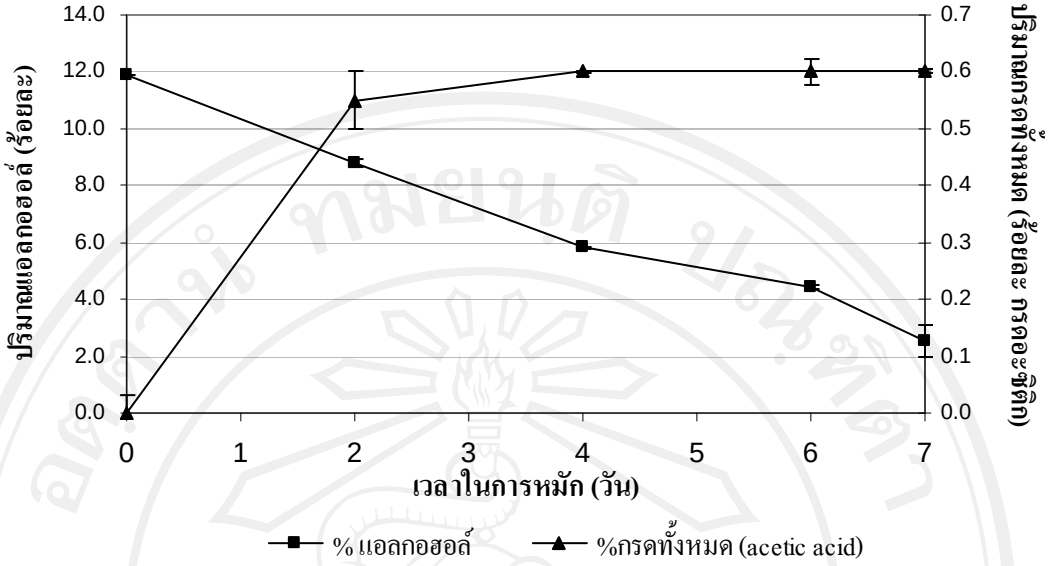


ภาพ 4.1 ปริมาณแอลกอฮอล์และกรดอะซิติกระหว่างกระบวนการหมักกรดอะซิติกของน้ำผลหม่อนที่มีปริมาณแอลกอฮอล์เริ่มต้นร้อยละ 6

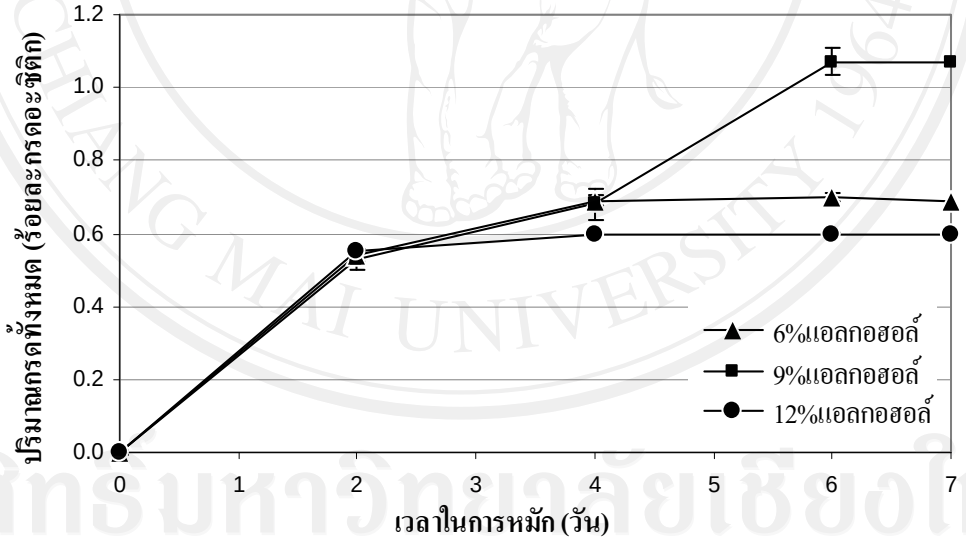


ภาพ 4.2 ปริมาณแอลกอฮอล์และกรดอะซิติกระหว่างกระบวนการหมักกรดอะซิติกของน้ำผลหม่อนที่มีปริมาณแอลกอฮอล์เริ่มต้นร้อยละ 9

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.3 ปริมาณแอลกอฮอล์และกรดอะซิติกระหว่างกระบวนการหมักกรดอะซิติกของน้ำผลหม่อนที่มีปริมาณแอลกอฮอล์เริ่มต้นร้อยละ 12



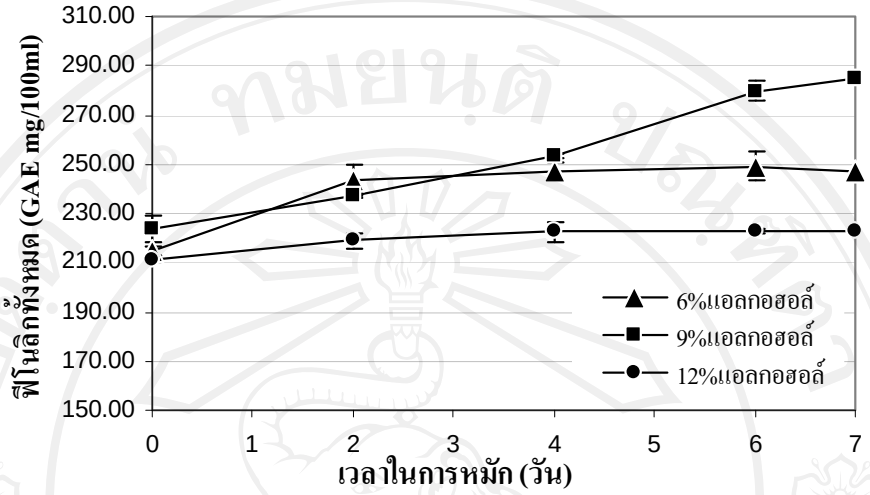
ภาพ 4.4 ปริมาณความเป็นกรดทั้งหมด ของน้ำผลหม่อนที่ระดับแอลกอฮอล์เริ่มต้นต่างกันในขั้นตอนการหมักกรดอะซิติก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

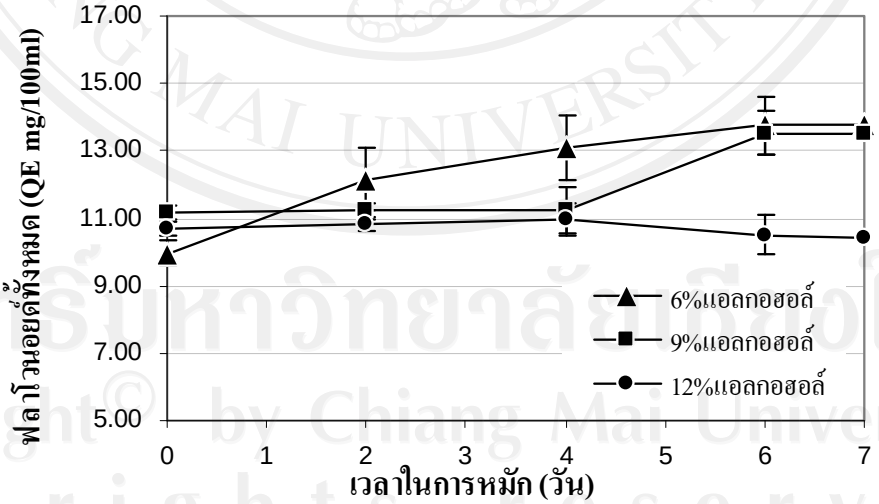
ผลที่ได้ต่างจากงานวิจัยของ วราวุฒิ และนภสร (2545) และ นภมณฑล (2547) ที่ได้ทำการศึกษาถึง ความเข้มข้นเริ่มต้นที่เหมาะสมของแอลกอฮอล์ในการผลิตกรดอะซิติกจากน้ำอ้อย พบว่าแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 6 ให้ปริมาณกรดอะซิติกสูงที่สุด อาจเนื่องมาจากสายพันธุ์ของ *A. aceti* และวัตถุดิบที่ใช้ในการหมักแตกต่างกัน อีกทั้งสภาวะในการหมักทำให้มีการสูญเสียปริมาณแอลกอฮอล์ในระหว่างกระบวนการหมัก มีผลทำให้ *A. aceti* ไม่สามารถผลิตกรดอะซิติกได้ดีเท่าที่ควร

ผลของการหมักกรดอะซิติกต่อปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ แสดงในภาพ 4.5-4.8 พบว่าปริมาณสารประกอบฟีโนลิกในรูปกรดแกลลิก และปริมาณฟลาโวนอยด์ในรูปควอเซอทิน ของตัวอย่างที่มีปริมาณความเข้มข้นแอลกอฮอล์เริ่มต้นต่างกัน มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อผ่านกระบวนการหมักในช่วงระยะเวลาหนึ่ง หลังจากนั้นจะคงที่ ดังภาพ 4.5 และ 4.6 ซึ่งสอดคล้องกับทิศทางการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดอะซิติก ที่จะเห็นได้ว่าเมื่อปริมาณกรดอะซิติกเพิ่มขึ้น ปริมาณของกรดแกลลิก และควอเซอทินก็จะเพิ่มสูงขึ้น จากนั้นมีแนวโน้มคงที่ตามทิศทางของกรดอะซิติก (ภาพ 4.4) ในขณะที่ปริมาณแอนโทไซยานิน มีค่าลดลงหลังผ่านกระบวนการหมักดังแสดงในภาพ 4.7 สำหรับผลของความสามารถในการต้านออกซิเดชัน (EC_{50}) ในทุกตัวอย่าง พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันในตัวอย่างที่มีความเข้มข้นแอลกอฮอล์เริ่มต้นร้อยละ 6 และ 12 ยกเว้นตัวอย่างที่มีความเข้มข้นแอลกอฮอล์เริ่มต้นร้อยละ 9 (ภาพ 4.8) จากผลการทดลองที่ได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Velicanski *et al.* (2007) ที่ได้ทำการศึกษาถึงความสามารถในการต้านออกซิเดชันของ Lemon Balm Kombucha ซึ่งเป็นเครื่องดื่มชนิดหนึ่ง ที่มีการหมักเพื่อให้ได้กรดอะซิติก โดยพบว่าเครื่องดื่มที่ผ่านการหมักแล้วจะมีความสามารถในการต้านออกซิเดชันที่สูงกว่า เครื่องดื่มที่ยังไม่ได้ผ่านการหมัก เนื่องจาก อาจมีสารแอนติออกซิแดนซ์บางชนิดเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการหมัก แต่ในทางกลับกัน Su and Chien (2007) ที่ได้ทำการศึกษาถึงความสามารถในการต้านออกซิเดชัน สารแอนโทไซยานิน และสารประกอบฟีโนลิกในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่ทำจาก rabbiteye blueberry พบว่าในผลิตภัณฑ์ที่เป็นน้ำส้มสายชูหมักนั้น จะมีปริมาณแอนโทไซยานิน ปริมาณสารประกอบฟีโนลิก และความสามารถในการต้านออกซิเดชันลดลงเมื่อผ่านการหมัก เนื่องจากกรดอะซิติกที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการหมักจะไปทำลายโครงสร้างของสารแอนติออกซิแดนซ์ทำให้เสียสภาพไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

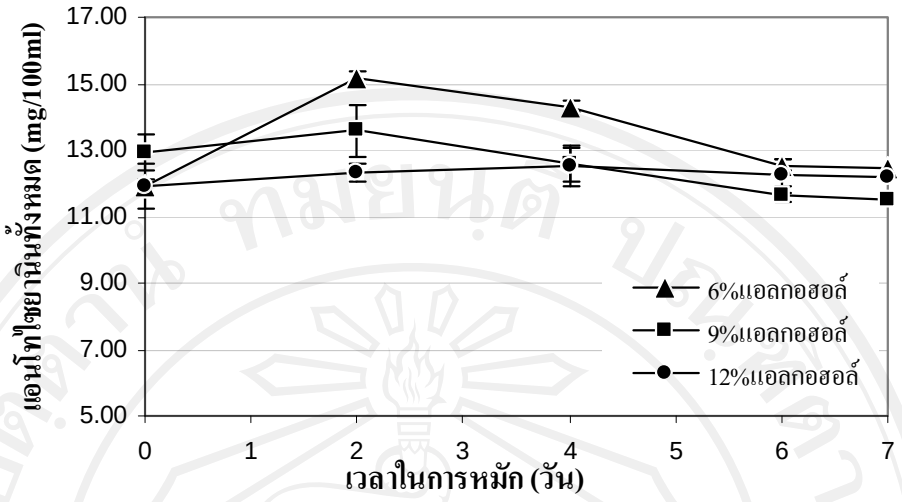


ภาพ 4.5 ปริมาณสารประกอบฟีโนลิกของน้ำส้มสายชูหมักที่ระดับแอลกอฮอล์เริ่มต้นต่างกัน

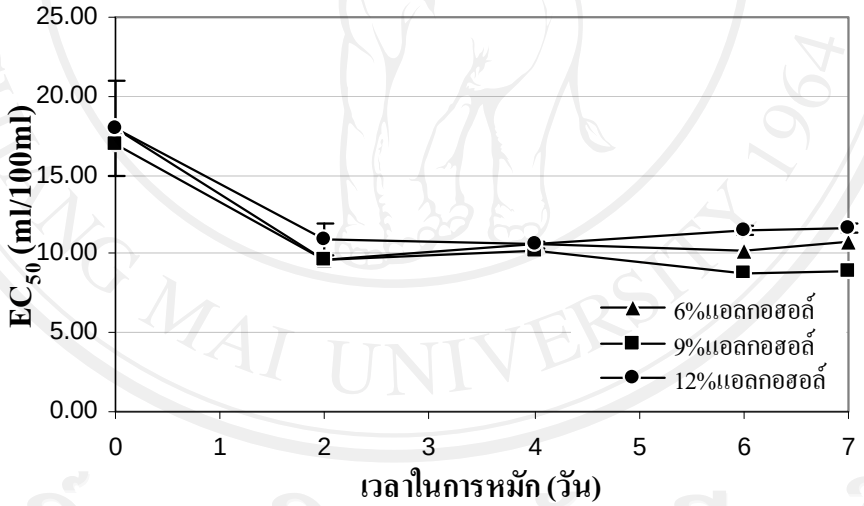


ภาพ 4.6 ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ของน้ำส้มสายชูหมักที่ระดับแอลกอฮอล์เริ่มต้นต่างกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.7 ปริมาณแอนโทไซยานินของน้ำส้มสายชูหมักที่ระดับแอลกอฮอล์เริ่มต้นต่างกัน



ภาพ 4.8 EC_{50} ของน้ำส้มสายชูหมักที่ระดับแอลกอฮอล์เริ่มต้นต่างกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากผลของปริมาณกรดทั้งหมด และสารแอนติออกซิแดนซ์ของตัวอย่างน้ำหมัก หลังสิ้นสุดกระบวนการหมักดังแสดงในตาราง 4.5 พบว่ากระบวนการหมักที่มีความเข้มข้นแอลกอฮอล์เริ่มต้นร้อยละ 9 เป็นกระบวนการหมักที่เหมาะสมที่สุดสำหรับผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อน เนื่องจากได้ปริมาณกรดอะซิติก และปริมาณสารประกอบฟีโนลิกทั้งหมดในปริมาณที่มากที่สุดคือ ร้อยละ 1.07±0.01 และ 285.20±6.10 mg GAE/100ml ตามลำดับ และมีความสามารถในการต้านออกซิเดชันมากที่สุด โดยมีค่า EC_{50} เท่ากับ 8.92±0.85 ml/100ml

ตาราง 4.5 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณความเป็นกรดทั้งหมด และสารแอนติออกซิแดนซ์ของน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อนแต่ละสิ่งทดลองหลังสิ้นสุดกระบวนการหมัก

ค่าคุณภาพ	สิ่งทดลอง			
	1 (ควบคุม)	2 (แอลกอฮอล์ ร้อยละ 6)	3 (แอลกอฮอล์ ร้อยละ 9)	4 (แอลกอฮอล์ ร้อยละ 12)
pH	3.74±0.01a	3.11±0.06c	3.13±0.01bc	3.21±0.01b
ปริมาณความเป็นกรดทั้งหมด (% acetic acid)	0.31±0.01d**	0.69±0.04b	1.07±0.01a	0.60±0.01c
ฟีโนลิกทั้งหมด (mg GAE/100ml)	227.30±8.40b	247.37±0.40ab	285.20±6.10a	222.80±0.70b
ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (mg QE/100ml)	19.27±0.98a	13.77±2.14b	13.51±0.63bc	10.41±0.61c
แอนโทไซยานินทั้งหมด (mg/100ml)	16.43±0.11a	12.48±0.17b	11.50±0.25c	12.16±0.51bc
EC_{50} (ml/100ml)	10.95±0.51	10.84±0.53a	8.92±0.85b	11.57±0.27a

* ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วัดค่า 3 ซ้ำ โดยค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวเดียวกันที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษแตกต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

** ปริมาณความเป็นกรดทั้งหมดในรูปของกรดซิตริก (% citric acid)

4.3 ศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อน

4.3.1 การสำรวจความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อชนิดของน้ำผลไม้ที่เป็นส่วนผสมในเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อน

จากการสำรวจผู้บริโภคจำนวน 400 คน ทำการใช้แบบสอบถามเพื่อถามถึงความต้องการของผู้บริโภค ที่มีต่อชนิดของน้ำผลไม้ที่เป็นส่วนผสมในเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อน โดยผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมดเป็นผู้ที่รู้จักผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมัก ผลการสอบถามข้อมูลลักษณะทางประชากรศาสตร์ดังภาพ 4.9 – 4.12 พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามเป็นเพศชายทั้งสิ้น 116 คน (ร้อยละ 29) เป็นเพศหญิง 284 คน (ร้อยละ 71) ส่วนใหญ่มีช่วงอายุ 15-30 ปี จำนวน 339 คน รองลงมาคือ 31-45 ปี มีทั้งหมด 34 คน 36-40 ปี มี 16 คน ช่วงอายุน้อยกว่า 15

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปี และ มากกว่า 60 ปี มีเท่ากับ 6 คนและ 5 คน ตามลำดับ สำหรับอาชีพของผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่คือ นักเรียน-นักศึกษา ซึ่งมีจำนวน 301 คนคิดเป็นร้อยละ 74 โดยอีกร้อยละ 26 ที่เหลือเป็นข้าราชการ พนักงานเอกชน และอาชีพอื่นๆ ตามลำดับ โดยผู้บริโภค ทั้งหมด 400 คน มีจำนวนผู้ที่เคยบริโภคเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักเป็นจำนวน 168 คน และไม่เคยบริโภค 232 คน ซึ่งสาเหตุที่มีผู้เคยบริโภคเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักเป็นจำนวนน้อยกว่าผู้ที่ไม่เคยบริโภค อาจเนื่องจากผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ในประเทศไทย โดยมีผู้ผลิตในขณะนี้เพียง 2 รายเท่านั้นคือ บริษัททิปโก้ เอฟแอนด์บี จำกัด และ บริษัทสามพรานฟู้ดส์ จำกัด

ในการสอบถามถึงความต้องการของน้ำผลไม้ ที่จะใช้ผสมในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อน โดยให้ผู้บริโภคทำการเลือกน้ำผลไม้ 3 ชนิด ได้แก่ น้ำผลหม่อน น้ำลิ้นจี่ และน้ำเสาวรส โดยเรียงลำดับความต้องการ 1-3 (1 คือ น้ำผลไม้ที่ต้องการให้ใส่ลงในผลิตภัณฑ์มากที่สุด และ 3 คือ น้ำผลไม้ที่ต้องการให้ใส่ลงในผลิตภัณฑ์น้อยที่สุด) ผลการสำรวจพบว่า น้ำผลหม่อน เป็นน้ำผลไม้ ที่ผู้บริโภคต้องการให้ผสมในเครื่องดื่ม เป็นลำดับ 1 มากที่สุด (ร้อยละ 54.25) ลำดับต่อมาคือ น้ำลิ้นจี่ โดยถูกเลือกเป็นลำดับที่ 1 เท่ากับ ร้อยละ 32.50 ส่วนน้ำผลไม้ที่ถูกเลือกเป็นลำดับที่ 1 น้อยที่สุดคือ เสาวรส โดยมีอัตราส่วนร้อยละ 13.25 ดังตารางที่ 4.6

เมื่อสอบถามถึงเหตุผลที่มีต่อการตัดสินใจซื้อ เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อนของผู้บริโภค (ตาราง 4.7) เพื่อนำไปเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยเรียงเหตุผลตามลำดับความต้องการ 1-4 (1 คือเหตุผลที่สำคัญมากที่สุด และ 4 คือเหตุผลที่สำคัญน้อยที่สุด) พบว่า เหตุผลที่มีผู้เลือกเป็นลำดับที่ 1 มากที่สุดคือ ความมีประโยชน์ต่อสุขภาพของผลิตภัณฑ์ (ร้อยละ 57) รองลงมาคือ ความแปลกใหม่ และรสชาติอร่อยโดยมีผู้เลือกเป็นลำดับที่ 1 เท่ากันคือ (ร้อยละ 19.50) ส่วนเรื่องสีสันสวยงามนั้น มีผู้บริโภคเห็นว่าเหตุผลนี้มีความสำคัญเป็นลำดับ 1 เพียงร้อยละ 4 แต่มีผู้ให้ความสำคัญเป็นอันดับที่ 4 ถึงร้อยละ 62.25 จึงถือได้ว่าเรื่องสีสันสวยงามของตัวเครื่องดื่มนั้น ผู้บริโภคให้ความสำคัญเป็นลำดับสุดท้ายในทั้งหมด 4 เหตุผล ที่จะส่งผลต่อการเลือกซื้อเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อน และเมื่อสอบถามถึงความต้องการในการซื้อเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อนพบว่ามีผู้ที่สนใจต้องการซื้อทั้งสิ้น 355 คน คิดเป็นร้อยละ 88.75 และไม่ต้องการซื้อ 45 คน คิดเป็นร้อยละ 11.25

จากผลสำรวจแสดงให้เห็นว่าผู้บริโภคต้องการน้ำผลหม่อน มาเป็นส่วนผสมในตัวผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมัก โดยผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคต้องการจะต้องเน้นในลักษณะของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความมีประโยชน์ต่อสุขภาพ ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยที่เน้นในการพัฒนาเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อนให้คงปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์มากที่สุด หลังจากผ่านกระบวนการผลิต เพื่อเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภค ในขณะเดียวกันยังต้องพัฒนาให้มีรสชาติเป็นที่ถูกใจผู้บริโภค สำหรับความต้องการซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคมีถึงร้อยละ 88.75 สื่อให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์นี้มีโอกาส และศักยภาพในการนำผลิตภัณฑ์ออกสู่ท้องตลาด แต่ทั้งนี้ยังต้องพิจารณาปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องอีกด้วย

ตาราง 4.6 การเรียงลำดับชนิดน้ำผลไม้ที่ผู้บริโภคต้องการให้ผสมใน เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อน(n = 400)

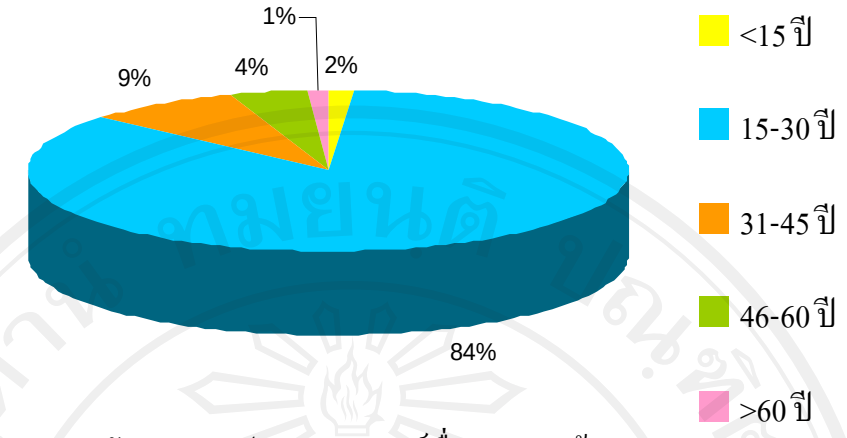
ชนิดของน้ำผลไม้	**ลำดับความชอบ* (ร้อยละ)****		
	ลำดับที่ 1	**ลำดับที่ 2**	**ลำดับที่ 3**
น้ำผลหม่อน	54.25	26.00	19.75
น้ำลิ้นจี่	32.50	41.75	25.75
น้ำเสาวรส	13.25	32.00	54.50

* การเรียงลำดับวัตถุดิบที่ต้องการให้ใส่ลงในเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อนโดยให้เรียงลำดับความต้องการวัตถุดิบ 1-3 โดย 1 คือน้ำผลไม้ที่ต้องการให้ใส่ลงไปมากที่สุด และ 3 คือน้ำผลไม้ที่ต้องการให้ใส่น้อยที่สุด

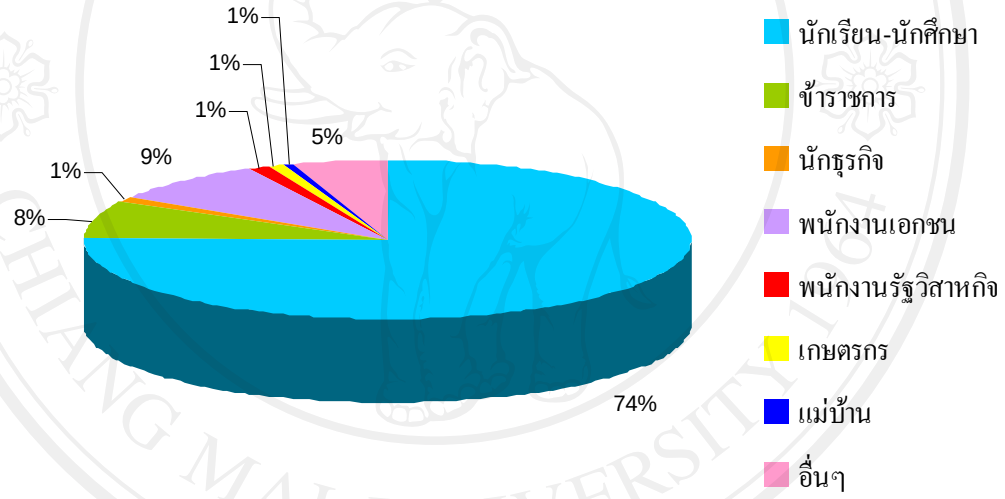
**คำนวณร้อยละจากสูตร ร้อยละของผู้เลือกลำดับนั้น = (จำนวนผู้บริโภคที่เลือกลำดับนั้น/จำนวนผู้บริโภคทั้งหมด)×100

ภาพ 4.9 ลักษณะทางประชากรศาสตร์เรื่องเพศของผู้ตอบแบบสอบถาม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.10 ลักษณะทางประชากรศาสตร์เรื่องอายุของผู้ตอบแบบสอบถาม



ภาพ 4.11 ลักษณะทางประชากรศาสตร์เรื่องอาชีพของผู้ตอบแบบสอบถาม

ภาพ 4.12 สัดส่วนผู้ที่เคยและไม่เคยบริโภคเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมัก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.7 การเรียงลำดับความสำคัญของเหตุผล ที่จะมีต่อการตัดสินใจซื้อเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อนของผู้บริโภค (n = 400)

เหตุผล	ลำดับความสำคัญ* (ร้อยละ)**			
	ลำดับที่ 1	ลำดับที่ 2	ลำดับที่ 3	ลำดับที่ 4
1. ความแปลก ใหม่	19.50	19.25	38.00	23.25
2. มีประโยชน์ต่อสุขภาพ	57.00	29.25	8.50	5.25
3. รสชาติอร่อย	19.50	45.00	26.25	9.25
4. สีสันสวยงาม	4.00	6.50	27.25	62.25

*การเรียงลำดับความสำคัญของเหตุผลโดยการให้เรียงลำดับความสำคัญ 1-4 โดย 1 คือเหตุผลที่สำคัญมากที่สุด และ 4 คือเหตุผลที่สำคัญน้อยที่สุด

**ลำดับที่ คำนวณร้อยละจากสูตร ร้อยละของผู้เลือกลำดับนั้น = (จำนวนผู้บริโภคที่เลือกลำดับนั้น/จำนวนผู้บริโภคทั้งหมด)×100

4.3.2 การศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการพัฒนาเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อนผสมน้ำผลไม้

ในการศึกษาสูตรที่เหมาะสม ในการพัฒนาเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อน ได้มีการวัดคุณภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำผลไม้ในท้องตลาดจำนวน 10 ชนิด ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อน เพื่อใช้กำหนดทิศทางในการพัฒนา ได้ผลดังตาราง 4.8 โดยผลการวิเคราะห์พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง(pH) ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มทั้ง 10 ชนิดอยู่ในช่วง 3.61-3.83 และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด อยู่ในช่วง 9.06-14.60 °Brix โดยได้นำข้อมูลเหล่านี้ไปใช้เป็นส่วนหนึ่งในการกำหนดขอบเขตของค่าคุณลักษณะของเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมัก ที่จะทำการพัฒนาให้มีค่า pH อยู่ในช่วงประมาณ 3.6-3.8 และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด อยู่ในช่วงประมาณ 9-15 °Brix และมีข้อกำหนดคือ ปริมาณน้ำส้มสายชูหมักที่ใช้ต้องมีปริมาณไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50 ซึ่งได้ระดับสูง-ต่ำของปริมาณส่วนผสมของเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อน ดังแสดงในตาราง 3.1 หลังจากนั้น วางแผนการทดลองแบบ Mixture design แบบ D-Optimal โดยแปรผันส่วนผสม 3 ชนิด ได้แก่ น้ำส้มสายชูหมักจากผลหม่อน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

น้ำผึ้ง และน้ำผลหม่อนความเข้มข้นร้อยละ 35 ได้จำนวนสูตรในการทดลองทั้งหมด 10 สูตร รายละเอียดของแต่ละสูตรแสดงในตาราง 3.2

ตาราง 4.8 คุณภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่มีลักษณะใกล้เคียงกับเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากผลหม่อน

ชนิดน้ำผลไม้	pH	ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)
1.น้ำผลหม่อนตราดอยคำ	3.67±0.14	14.50±0.06
2.น้ำอุ่นแดงผสม มิกซ์เบอร์รี่ตราแบร์รี่ ซันเบลสท์	3.68±0.23	12.40±0.04
3.น้ำรสมัลเบอร์รี่ผสมอุ่นตรา มาลี	3.74±0.09	14.60±0.07
4. น้ำผลไม้ผสมทับทิม เบอร์รี่ อุ่น100%ตราชบา	3.71±0.02	12.60±0.13
5. น้ำเบอร์รี่มิกซ์ ตรา ทิปโก้	3.67±0.31	10.40±0.17
6. น้ำเบอร์รี่รวม 60 % ตรา มาลี	3.63±0.12	12.80±0.52
7. น้ำแอปเปิ้ลไซเดอร์ผสมน้ำผึ้งป่าและน้ำมะนาว ตราเฮลท์ตี้เมท	3.61±0.02	9.54±0.06
8. น้ำแอปเปิ้ลไซเดอร์ผสมน้ำผึ้งฟาร์มและน้ำมะนาว ตราเฮลท์ตี้เมท	3.66±0.04	9.06±0.09
9. น้ำแอปเปิ้ลไซเดอร์ผสมน้ำผึ้งและน้ำมะนาว ตราทิปโก้	3.81±0.03	10.90±0.04
10. น้ำแอปเปิ้ลไซเดอร์ผสมน้ำทับทิม ตราทิปโก้	3.83±0.15	11.00±0.02

*ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานต่างๆ วัดค่า 3 ซ้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นำเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อนที่ผ่านการผันแปรสูตร ทั้งหมด 10 สูตร ไปวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี กายภาพ ปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ และการทดสอบทางประสาทสัมผัส ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพ และปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ของเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักที่ได้ในแต่ละสูตร แสดงในตาราง 4.9 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงในตาราง 4.10 จากนั้นนำค่าที่วัดได้ของสูตรทั้ง 10 สูตรไปวิเคราะห์ด้วยวิธี Response surface methodology (RSM) ได้กราฟ contour plot แสดงในภาพ 4.13 และ 4.14

ตาราง 4.9 ปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ของเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อนจำนวน 10 สูตร

สูตร	pH	ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (° Brix)	ฟีโนลิกทั้งหมด (mg GAE/100ml)	แอนโทไซยานินทั้งหมด (mg/100ml)
1	3.81±0.34	10.16±0.97	148.65±0.78	13.07±0.22
2	3.78±0.23	14.52±1.03	150.60±0.85	12.43±0.13
3	3.94±0.76	9.10±0.97	151.65±0.78	13.53±0.41
4	3.95±0.16	15.03±0.84	146.05±0.64	13.12±0.03
5	3.84±0.71	11.14±0.97	149.65±1.90	14.28±0.36
6	3.75±0.56	15.06±0.46	152.15±0.78	12.24±0.75
7	3.71±0.93	9.82±0.13	152.85±0.64	12.48±0.19
8	3.91±0.12	9.60±0.34	148.45±6.72	13.11±0.06
9	3.96±0.11	15.61±0.04	146.90±0.14	13.13±0.09
10	3.72±0.43	9.84±0.09	151.20±0.57	12.56±0.51

ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าคุณภาพต่างๆ วัดค่า 3 ซ้ำ

ผลการวิเคราะห์เมื่อพิจารณาจากตาราง 4.9 พบว่าค่า pH และ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) จะมีทิศทางที่ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำส้มสายชูหมัก และปริมาณน้ำผึ้ง โดยมีค่า pH อยู่ในช่วง 3.71 – 3.96 และมีค่า TSS อยู่ในช่วง 9.10 – 15.61 °Brix โดยพบว่าสูตรใดที่มีปริมาณน้ำส้มสายชูหมักมาก ก็จะมี ปริมาณ pH ต่ำ และสูตรใดที่มีปริมาณน้ำผึ้งสูงก็จะมีค่า TSS สูงตามไปด้วย ซึ่งมีค่าสอดคล้องกับกราฟ contour plot ในภาพที่ 4.13c และ 4.13d

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

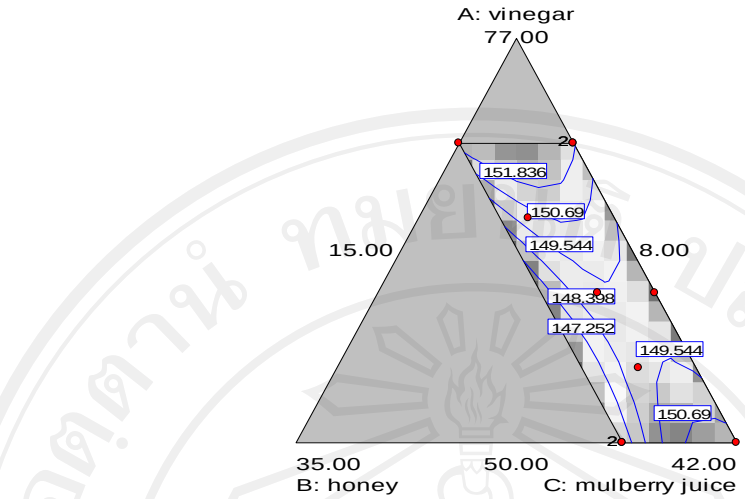
ตาราง 4.10 คะแนนความชอบของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส* เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อนจำนวน 10 สูตร

สูตร	ความชอบโดยรวม	กลิ่นน้ำส้มสายชู	รสเปรี้ยว	รสหวาน	ความรู้สึกหลังชิม
1	5.1±1.4	5.0±1.4	4.8±1.4	4.8±1.4	4.8±1.3
2	5.8±1.7	5.4±1.7	5.7±1.7	6.0±1.4	5.5±2.0
3	5.1±1.2	5.2±1.5	5.1±1.3	4.9±1.2	4.9±1.5
4	6.7±1.2	5.9±1.4	6.2±1.6	6.4±1.4	6.4±1.4
5	5.9±1.1	5.6±1.5	5.7±1.4	5.8±1.1	5.6±1.5
6	5.8±1.4	5.3±1.5	5.2±1.7	5.6±1.5	5.6±1.6
7	5.1±1.5	4.9±1.5	4.6±1.8	4.4±1.4	4.8±1.4
8	5.9±1.2	5.4±1.6	5.7±1.4	5.6±1.3	5.5±1.5
9	6.7±1.1	6.1±1.6	6.4±1.2	6.7±0.9	6.5±1.4
10	4.8±1.4	4.8±1.7	4.3±1.7	4.3±1.4	4.4±1.4

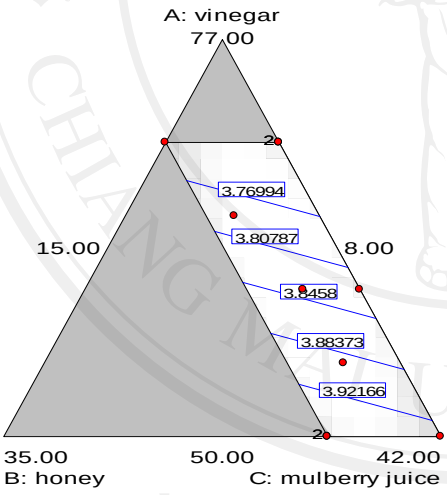
* ค่าเฉลี่ยของคะแนนความชอบของผู้บริโภคจำนวน 60 คน ทดสอบโดยใช้ 9-point hedonic scale โดย คะแนน 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด 5 คือ ตอบไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ และคะแนน 9 คือชอบมากที่สุด

** หมายเลขของสูตรในการทดลอง อ้างอิงตามสูตร แสดงใน**ตาราง** 3.2

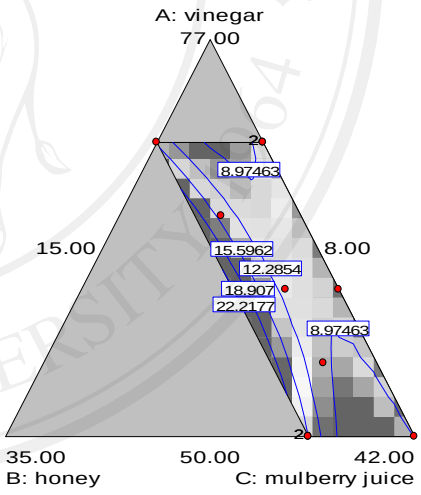
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



a) ปริมาณฟีโนลิกทั้งหมด



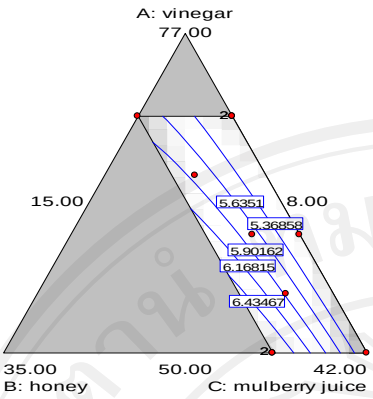
c) ความเป็นกรด-ด่าง (pH)



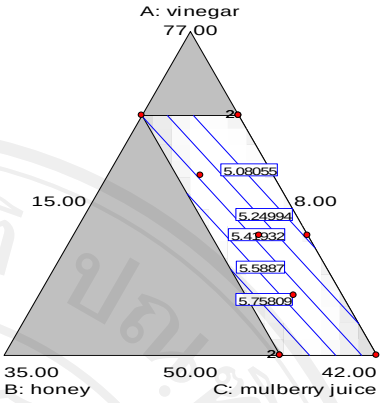
d) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด(TSS)

ภาพ 4.13 contour plot ของ pH TSS และสารแอนติออกซิแดนซ์ของเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อนจากสมการ regression ระหว่างอัตราส่วนของส่วนผสม 3 ชนิด

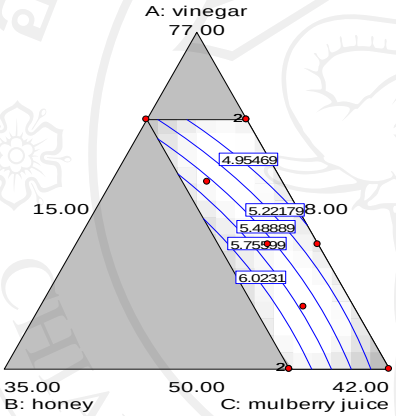
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



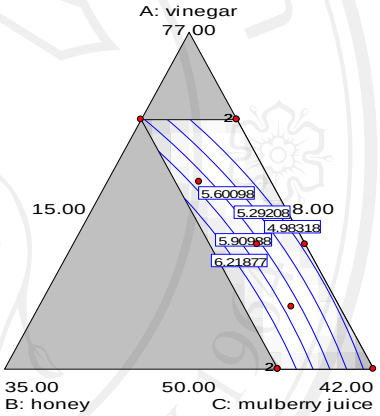
a) ความชอบโดยรวม



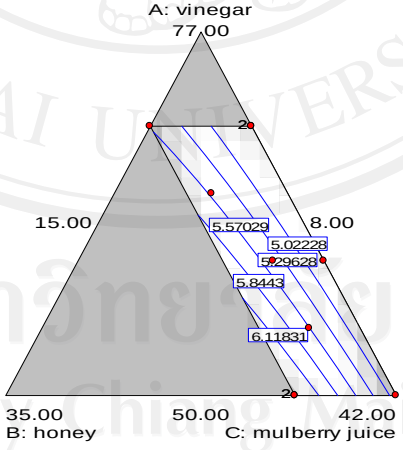
b) กลิ่นน้ำส้มสายชู



c) รสเปรี้ยว



d) รสหวาน



e) ความรู้สึกหลังชิม

ภาพ 4.14 contour plot ของคุณภาพทางประสาทสัมผัสของของเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อน จากสมการ regression ระหว่างอัตราส่วนของส่วนผสม 3 ชนิด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับปริมาณสารประกอบฟีโนลิกในรูปกรดแกลลิก จากตาราง 4.9 และภาพ 4.13a นั้นมีค่าอยู่ในช่วง 146.05 – 152.85 mg GAE/100ml ซึ่งปริมาณสารประกอบฟีโนลิกในรูปกรดแกลลิก จะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำส้มสายชูหมักและปริมาณน้ำหม่อน โดยพบว่าในสูตรที่มีปริมาณน้ำส้มสายชูหมักและปริมาณน้ำหม่อนสูง ปริมาณสารประกอบฟีโนลิกในรูปกรดแกลลิก ก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

ผลคะแนนความชอบทางด้านประสาทสัมผัสจากผู้บริโภค 60 คน โดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 1 ถึง 9 (9-point hedonic scale) มีค่าคะแนนแสดงดังตาราง 4.10 และกราฟ contour plot ในภาพ 4.14a – 4.14e พบว่าค่าคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในช่วง 4.8 – 6.7 ค่าคะแนนความชอบด้านกลิ่นน้ำส้มสายชูอยู่ในช่วง 4.8 – 6.1 คะแนนความชอบด้านรสเปรี้ยวอยู่ในช่วง 4.3 – 6.4 คะแนนความชอบด้านรสหวานอยู่ในช่วง 4.3 – 6.7 และ คะแนนความชอบความรู้สึกหลังชิมอยู่ในช่วง 4.4 – 6.5 โดยพิจารณากราฟ contour plotในภาพ 4.14a – 4.14e พบว่าคะแนนความชอบทุกคุณลักษณะ มีค่าที่สอดคล้องกันคือ ค่าคะแนนความชอบที่มากจะอยู่ในช่วงบริเวณกราฟที่มีปริมาณน้ำส้มสายชูหมักน้อย มีปริมาณน้ำผึ้ง และน้ำผลหม่อนในปริมาณที่มาก สาเหตุอาจเนื่องมากจาก ผู้บริโภคส่วนใหญ่ยังไม่สามารถยอมรับกลิ่นของน้ำส้มสายชูหมักที่มีกลิ่นแรง ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะตัวของน้ำส้มสายชูได้ ดังนั้นจึงมีความต้องการให้ผลิตภัณฑ์มีน้ำส้มสายชูในปริมาณที่น้อย

เมื่อนำผลการทดลองทั้งหมดมาวิเคราะห์หาสมการ regression เพื่อหาความสัมพันธ์ของสัดส่วนของน้ำส้มสายชูหมักจากผลหม่อน น้ำผึ้ง และน้ำผลหม่อน ที่ส่งผลต่อคุณภาพทางด้านต่างๆ จะได้สมการ regression ดังแสดงในตาราง 4.11 จากสมการพบว่าปริมาณสัดส่วนของน้ำส้มสายชูหมักจากผลหม่อน น้ำผึ้ง และน้ำผลหม่อน มีส่งผลต่อค่า pH TSS ปริมาณสารประกอบฟีโนลิกในรูปกรดแกลลิก คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวม ด้านกลิ่นน้ำส้มสายชู รสเปรี้ยว รสหวาน และความรู้สึกหลังชิม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และสมการ regression ที่ได้นี้มีค่า R^2_{adj} อยู่ในช่วงร้อยละ 86.86 ถึง 99.22 โดยการที่ค่า R^2_{adj} ยิ่งสูงจะหมายความว่าสมการนั้นสามารถทำนายผลการตอบสนองได้ดี (สุจินดา, 2548)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.11 สมการ regression เพื่อใช้ทำนายคุณภาพทางด้านต่างๆจากอิทธิพลของอัตราส่วนของส่วนผสม 3 ชนิดในการพัฒนาสูตรเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อน

ตัวแปรตาม	สมการทำนาย*	R^2_{adj} (%)	P
ฟีโนลิกทั้งหมด (mg GAE/100ml)	(1.71201×V) - (10.02002×H) + (2.56698×M) + (0.13871×V×H) - (0.028941×V×M)+ (0.12934×H×M)	86.86	0.0141
pH	(0.033557 ×V) + (0.048337 ×H) + (0.044504×M)	98.67	<0.0001
TSS (°Brix)	(1.11362×V) + (46.58511× H) + (3.43748×M) - (0.63977×V×H) - (0.066090×V ×M) - (0.95892×H ×M) + (9.12262×10^{-3}×V×H×M)	99.22	0.0006
คะแนนความชอบโดยรวม	(0.044807×V) + (0.085143×H) + (6.67842×10^{-3} ×M)+ (5.71143×10^{-3}×H×M)	96.50	<0.0001
คะแนนความชอบกลิ่นน้ำส้มสายชู	(0.032620×V) + (0.14932×H) + (0.059404 ×M)	87.08	0.0003
คะแนนความชอบรสหวาน	(-0.019862×V) + (0.32743×H) - (0.090415×M) + (3.31576×10^{-3}×V×M)	97.02	<0.0001
คะแนนความชอบรสเปรี้ยว	(-0.014538×V) + (0.27644×H) - (0.075110×M) + (3.16176×10^{-3}×V×M)	93.26	0.0002
คะแนนความชอบความรู้สึกหลังชิม	(0.035033×V) + (0.12720×H) + (0.018557×M) + (4.05873×10^{-3}×H× M)	96.15	<0.0001

*ตัวอักษร V คือ น้ำส้มสายชูหมักจากผลหม่อน M คือ น้ำผลหม่อน และ H คือ น้ำผึ้ง

จากสมการ regression ของปริมาณค่า pH และ คะแนนความชอบด้านกลิ่นน้ำส้มสายชู มีสมการแบบหุ่นเส้นตรง (linear model) ซึ่งสามารถอธิบายว่าปริมาณน้ำส้มสายชูหมัก

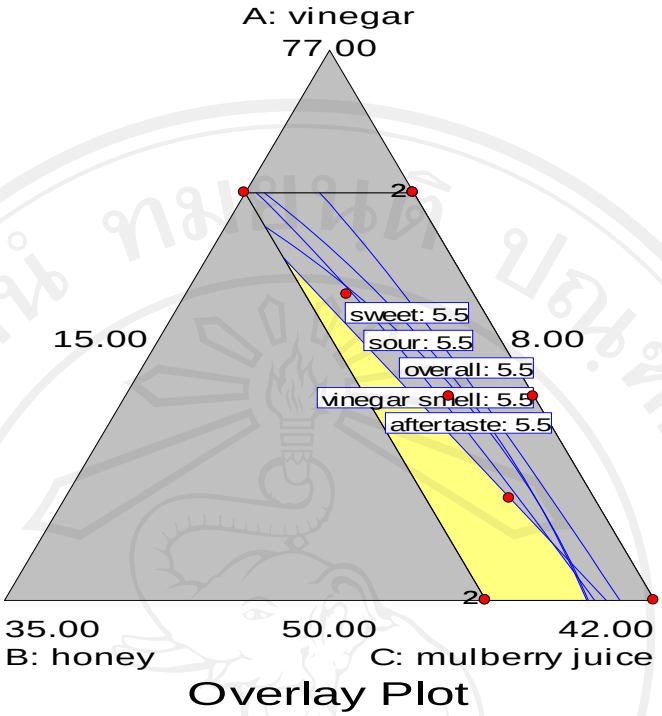
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากผลหม่อน น้ำผึ้ง และ น้ำผลหม่อนมีผลต่อปริมาณ pH และ คะแนนความชอบด้านกลิ่นน้ำส้มสายชู โดยแต่ละส่วนผสมมีความสัมพันธ์อย่างเป็นอิสระต่อกัน ส่วนสารประกอบฟีโนลิกในรูปกรดแกลลิก ค่าคะแนนความชอบโดยรวม รสเปรี้ยว รสหวาน และความรู้สึกหลังชิม มีสมการความสัมพันธ์เป็นแบบหุ่นกำลังสอง (quadratic model) ซึ่งสามารถอธิบายความสัมพันธ์เพิ่มเติมได้ว่า มีปริมาณของส่วนผสม 2 ชนิดที่ใส่ในเครื่องดื่ม ที่ส่งผลต่อค่าคุณลักษณะร่วมกัน ตัวอย่างเช่น สมการ regression ของค่าคะแนนความชอบโดยรวมที่พบว่า ปริมาณน้ำส้มสายชูหมักจากผลหม่อน น้ำผึ้ง และ น้ำผลหม่อน มีผลต่อค่าคะแนนโดยแต่ละส่วนผสมมีความสัมพันธ์อย่างเป็นอิสระต่อกัน พร้อมกันนั้น น้ำผลหม่อน และน้ำผึ้งก็ยังมีผลต่อค่าคะแนนความชอบโดยรวมร่วมกันด้วย สำหรับสมการทำนาย TSS ที่เป็นแบบหุ่นกำลังสามแบบพิเศษ (Special cubic model) นั้น แสดงถึงความสัมพันธ์ว่า ปริมาณของส่วนผสมทั้ง 3 ชนิดที่ใส่ในเครื่องดื่มจะส่งผลต่อค่า TSS ร่วมกัน

ในการทดลองนี้ใช้คะแนนการยอมรับค่าคะแนนความชอบโดยรวม กลิ่นน้ำส้มสายชู รสเปรี้ยว รสหวาน และความรู้สึกหลังชิมเท่ากับ 5.5 ขึ้นไป (จากการใช้วิธี 9-point hedonic scale) เป็นเกณฑ์ที่ใช้ในการหาสูตรที่เหมาะสมของเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อน เนื่องจากต้องการให้ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาออกมา ได้รับคะแนนความชอบจากผู้บริโภคที่สูงขึ้น โดยในการเลือกใช้ระดับคะแนนทางด้านการทดสอบการยอมรับ มีการเลือกใช้ค่าที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับผู้วิจัย เช่น งานวิจัยของ Silva *et al.* (2009) ที่ทำการคัดเลือกสายพันธุ์ของ *S. cerevisiae* ที่ใช้ในการหมักเครื่องดื่มพื้นเมืองของประเทศอิตาลี โดยได้ให้การยอมรับเครื่องดื่มที่มีคะแนนความชอบ 5.0 ขึ้นไป เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Deshpande *et al.* (2008) ได้ใช้ระดับคะแนนที่ 5.0 ในการหาสูตรที่เหมาะสมที่สุดของเครื่องดื่มจากถั่วลิสง และถั่วเหลือง

เมื่อนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์หาระดับของส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุด (optimization) วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Design-Expert (Statease Inc.) ผลการวิเคราะห์ได้ overlay plot แสดงในภาพ 4.15 พบว่าใช้ปริมาณของส่วนผสมที่เหมาะสม ประกอบด้วย น้ำส้มสายชูหมักจากผลหม่อน ร้อยละ 50 ถึงร้อยละ 66.5 น้ำผึ้งร้อยละ 11 ถึงร้อยละ 15 และ น้ำผลหม่อน ร้อยละ 18.80 ถึงร้อยละ 39.10 จึงจะได้เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อน ที่มีคะแนนการยอมรับความชอบโดยรวม กลิ่นน้ำส้มสายชู รสเปรี้ยว รสหวาน และความรู้สึกหลังชิม อย่างน้อย 5.5 คะแนน เมื่อใช้วิธีทดสอบแบบ 9-point hedonic scale

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.15 ระดับของน้ำส้มสายชูหมักจากผลหม่อน น้ำผึ้ง และ น้ำผลหม่อน (พื้นที่สีอ่อน) ในการพัฒนาสูตรเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อน ที่ให้คะแนนการยอมรับในค่าความ ชอบโดยรวม กลิ่นน้ำส้มสายชู รสเปรี้ยว รสหวาน และความรู้สึกหลังชิมเท่ากับ 5.5 คะแนน

4.3.3 การตรวจสอบสมการที่ใช้ทำนายในการพัฒนาเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อน

ในการตรวจสอบสมการ regression ในตาราง 4.11 ที่ใช้ในการทำนายเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อนนั้น ได้ทำการสุ่มเลือกสูตรเพื่อใช้ในการทำนาย 1 สูตรคือสูตรที่มีองค์ประกอบของ น้ำส้มสายชูหมักจากผลหม่อน ร้อยละ 55 น้ำผึ้งร้อยละ 13 และ น้ำผลหม่อน ร้อยละ 32 ทำการทดลอง และเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการทำนายด้วยสมการ ผลการทดลองแสดงในตาราง 4.12 และ 4.13 ซึ่งจะเห็นได้ว่าร้อยละความคลาดเคลื่อนของตัวแปรตามต่างๆ นั้นมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย คือ อยู่ในช่วงร้อยละ 0.00 ถึง ร้อยละ 1.75 Hu (1999) ได้เสนอแนะว่าร้อยละความคลาดเคลื่อนของค่าที่ได้จากการทดลอง และค่าที่ได้จากการทำนายนั้นจะต้องแตกต่างกันน้อยกว่าร้อยละ 10 จึงจะเพียงพอต่อการทำนายของสมการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.12 เปรียบเทียบค่าคุณภาพทางเคมีของเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อนที่ได้จากการทำนายและจากการทดลอง

คุณภาพทางเคมี	ค่าจากการทดลอง*	ค่าจากการทำนาย	ความคาดเคลื่อน** (ร้อยละ)
ฟีโนลิกทั้งหมด (mg GAE/100ml)	149.72±4.38	148.08	1.09
pH	3.87±0.07	3.89	0.52
TSS (°Brix)	13.14±0.31	12.97	1.29

*ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวัดค่า 3 ซ้ำ

**คำนวณร้อยละจากสูตร ร้อยละของความคาดเลื่อน = |ค่าจากการทดลอง - ค่าจากการทำนาย|× 100 / ค่าจากการทดลอง

ตาราง 4.13 เปรียบเทียบค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อนที่ได้จากการทำนายและจากการทดลอง

ค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัส	ค่าจากการทดลอง*	ค่าจากการทำนาย	ความคาดเคลื่อน** (ร้อยละ)
คะแนนความชอบโดยรวม	6.1±1.4	6.2	1.64
คะแนนความชอบกลิ่นน้ำส้มสายชู	5.7±1.6	5.6	1.75
คะแนนความชอบรสหวาน	6.2±1.3	6.1	1.61
คะแนนความชอบรสเปรี้ยว	5.9±1.9	6.0	1.69
คะแนนความชอบความรู้สึกหลังชิม	5.9±1.1	5.9	0.00

*ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงมาตรฐานของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส ทดสอบโดยใช้วิธี 9-point hedonic scale กับผู้ทดสอบจำนวน 100 คน

**คำนวณร้อยละจากสูตร ร้อยละของความคาดเลื่อน = |ค่าจากการทดลอง - ค่าจากการทำนาย|× 100 / ค่าจากการทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากผลการศึกษาสูตรที่เหมาะสม ในการผลิตเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อนพบว่าช่วงของสูตรที่เหมาะสมที่สุด (optimization) คือน้ำส้มสายชูหมักจากผลหม่อน ร้อยละ 50 ถึง ร้อยละ 66.5 น้ำผึ้งร้อยละ 11 ถึงร้อยละ 15 และ น้ำผลหม่อน ร้อยละ 18.80 ถึงร้อยละ 39.10 จึงจะได้เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อน ที่มีคะแนนการยอมรับความชอบโดยรวม กลิ่นน้ำส้มสายชู รสเปรี้ยว รสหวาน และความรู้สึกหลังชิม อย่างน้อย 5.5 คะแนน โดยสูตรที่ให้คะแนนความชอบในทุกด้านมากที่สุด คือสูตรที่มีส่วนประกอบดังนี้คือ น้ำส้มสายชูหมักจากผลหม่อน ร้อยละ 50 น้ำผึ้งร้อยละ 15 และน้ำผลหม่อน ร้อยละ 35

4.4 ศึกษากระบวนการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมในเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อน

4.4.1 ผลการหาระยะเวลาในการพาสเจอร์ไรซ์โดยเครื่องวัด F_0 (Ellab, Denmark)

ผลการหาระยะเวลาในการพาสเจอร์ไรซ์ โดยนำเครื่องดื่มบรรจุในขวดแก้ว ให้ความร้อนในอ่างน้ำร้อนที่ควบคุมอุณหภูมิ เท่ากับ 80 85 และ 90 องศาเซลเซียส กำหนดให้มีค่า $D_{75°c}$ เท่ากับ 1.50 ซึ่งเป็นค่าอ้างอิงที่ใช้ในการทำลายยีสต์ *Candida pelliculosa* ที่ทำให้น้ำผลไม้เกิดการเน่าเสีย (Tchango *et al.*, 1997) ได้ผลดังตารางที่ 4.14 และมีกราฟ process time แสดงในภาคผนวก ค โดยพบว่าระยะเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อจะผันแปรตามอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อ ซึ่งการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิต่ำ จะมีระยะเวลาในการฆ่าเชื้อที่นานกว่าการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิสูง เนื่องจากการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิต่ำจะใช้เวลาในการพาความร้อนเข้าสู่ใจกลางผลิตภัณฑ์ที่นานกว่าการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิสูง

ตารางที่ 4.14 ระยะเวลาที่ใช้ในการพาสเจอร์ไรซ์เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากผลหม่อนที่อุณหภูมิแต่ละระดับ

กระบวนการ	ระยะเวลาที่ใช้ ($D_{75°c}$=1.50)
พาสเจอร์ไรซ์ที่ 80 °C	4 นาที
พาสเจอร์ไรซ์ที่ 85 °C	3 นาที 32 วินาที
พาสเจอร์ไรซ์ที่ 90 °C	2 นาที 20 วินาที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4.2 ผลกระบวนการฆ่าเชื้อต่อเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อนที่ระยะการเก็บเริ่มต้น (วันที่ 0)

ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด(TSS) ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์ รา ของเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อนที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อที่แตกต่างกัน (ตาราง 4.15) พบว่าค่า pH และ TSS ของตัวอย่างเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากผลหม่อน มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในขณะที่ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์ รา ของตัวอย่างที่ไม่ได้ผ่านการฆ่าเชื้อ มีค่าที่แตกต่างจากตัวอย่างที่ผ่านการฆ่าเชื้อในทุกๆกระบวนการ โดยกระบวนการฆ่าเชื้อที่วิธีต่างๆกันจะสามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้ในระดับเดียวกัน โดยมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์ รา เหลือรอดอยู่น้อยกว่า 10 CFU/ml ซึ่งเป็นปริมาณที่อยู่ในระดับที่กำหนดไว้ตามข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำหม่อน มผช. 851-2548 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2548) (ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด มีไม่เกิน 1x 10^4 CFU/ml และมียีสต์ รา เหลือรอดอยู่ไม่เกิน 100 CFU/ml) ข้อกำหนด มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำผลไม้ : น้ำส้ม มอก. 99-2549 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2549) (ไม่พบปริมาณยีสต์ รา ในตัวอย่าง)

ตาราง 4.15 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์ รา ของเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อนที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อที่แตกต่างกัน ที่ระยะการเก็บ 0 วัน

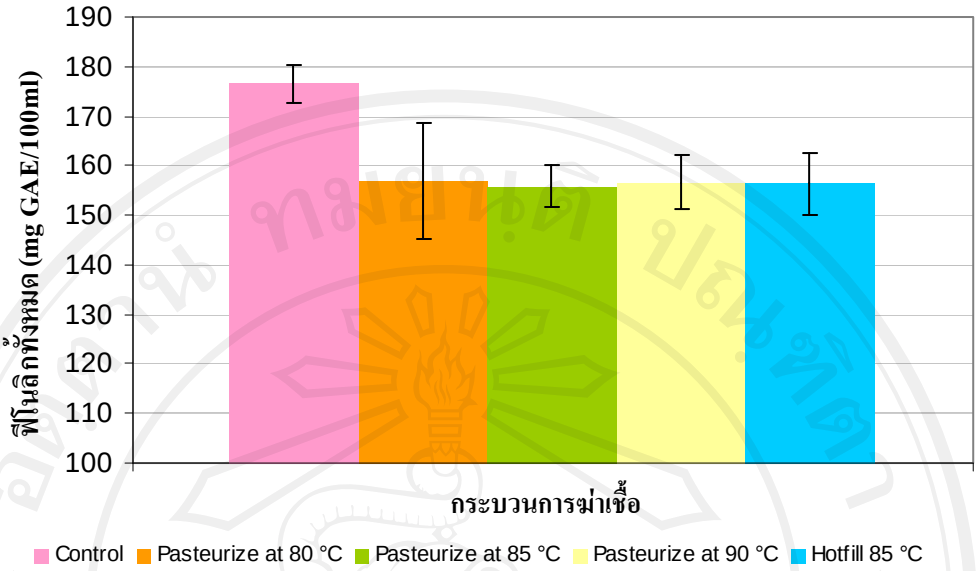
กระบวนการฆ่าเชื้อ	pH	TSS (°Brix)	จุลินทรีย์ทั้งหมด CFU/ml	ยีสต์-รา CFU/ml
ควบคุม	3.94±0.01	9.22±0.07	$2.2x10^4$	$17.3x10^3$
พาสเจอร์ไรซ์ 80 °C	3.93±0.01	9.15±0.05	< 10	< 10
พาสเจอร์ไรซ์ 85 °C	3.92±0.02	9.20±0.09	< 10	< 10
พาสเจอร์ไรซ์ 90 °C	3.93±0.01	9.17±0.06	< 10	< 10
บรรจุขณะร้อน 85°C	3.92±0.01	9.15±0.05	< 10	< 10

*ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าคุณภาพต่างๆ วัดค่า 3 ซ้ำ โดยค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวเดียวกันที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษ แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

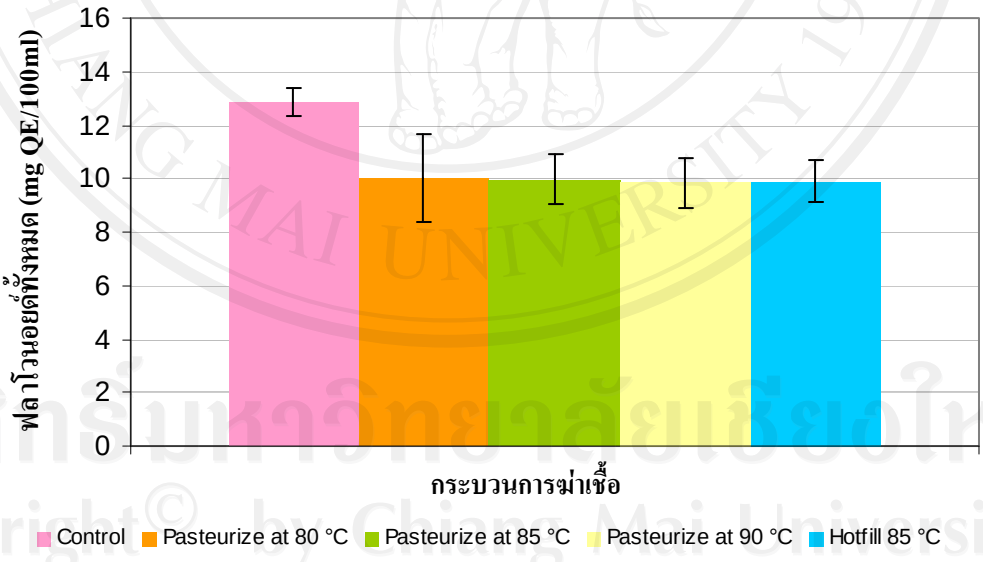
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จาก ภาพ 4.16 – 4.19 แสดงปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์และความสามารถในการต้านออกซิเดชันของเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากผลหม่อน ที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อที่ต่างกัน พบว่า ตัวอย่างทุกการทดลอง มีปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์และความสามารถในการต้านออกซิเดชันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยตัวอย่างที่ไม่ได้ผ่านการฆ่าเชื้อ จะมีปริมาณสารประกอบฟีโนลิกในรูปกรดแกลลิก (176.53±3.92 mg GAE/100ml) ปริมาณฟลาโวนอยด์ในรูปควอเซอทิน (12.84±0.54 mg QE/100ml) ปริมาณแอนโทไซยานิน (16.21±1.04 mg/100ml) และความสามารถในการต้านออกซิเดชัน (11.93±0.52 ml/100ml) ที่มากที่สุด ตัวอย่างที่ผ่านการฆ่าเชื้อแบบพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ยังคงมีปริมาณฟลาโวนอยด์ในรูปควอเซอทิน (9.85±0.92 mg QE/100ml) และความสามารถในการต้านออกซิเดชัน(13.85±1.41 ml/100ml) มากกว่าตัวอย่างที่ผ่านการฆ่าเชื้อแบบอื่นๆ โดยกระบวนการฆ่าเชื้อแบบพาสเจอร์ไรซ์ และการบรรจุขณะร้อน (hot fill) ที่อุณหภูมิต่างกัน จะทำให้ปริมาณสารประกอบฟีโนลิกในรูปกรดแกลลิกลดลงจากเริ่มต้นอยู่ในช่วงร้อยละ 10.97 ถึง 11.74 ปริมาณฟลาโวนอยด์ในรูปควอเซอทินลดลงร้อยละ 21.96 ถึง 23.28 ปริมาณแอนโทไซยานินลดลงเท่ากับ ร้อยละ 17.95 ถึง 23.87 และความสามารถในการต้านออกซิเดชัน มีค่าลดลงจากเริ่มต้นเท่ากับร้อยละ 16.09 ถึง 22.88 โดย Brownmiller *et al.* (2008) ได้ทำการศึกษาถึงผลของกระบวนการแปรรูป และการเก็บรักษา ที่มีต่อแอนโทไซยานินในผลิตภัณฑ์จากบลูเบอร์รี่ โดยพบว่าในกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำบูลเบอร์รี่ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 นาที จะทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินลดลงจากเริ่มต้นประมาณร้อยละ 20 และในงานวิจัยที่ศึกษาถึงผลของกระบวนการแปรรูป ที่มีต่อองค์ประกอบเรื่องกลิ่นและแอนโทไซยานินในน้ำแบลคเคอร์แรนท์ (Mikkelsen and Poll, 2002) พบว่าปริมาณแอนโทไซยานินในน้ำแบลคเคอร์แรนท์ ถูกทำลายไปประมาณร้อยละ 25 เมื่อผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 98 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 นาที ซึ่งมีค่าที่สอดคล้องและใกล้เคียงกับผลการทดลองที่ได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

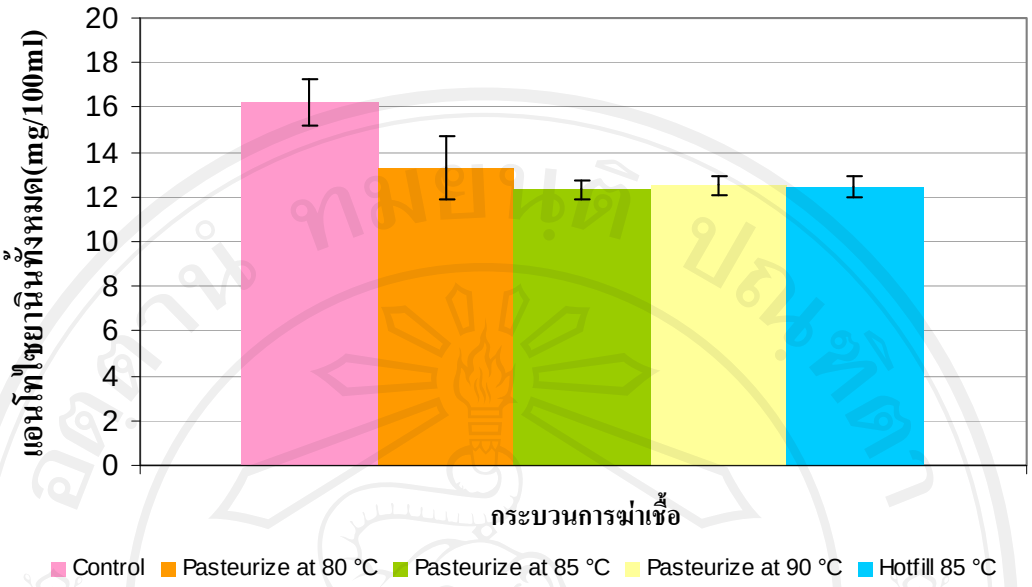


ภาพ 4.16 ปริมาณฟีโนลิกทั้งหมดของเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักที่กระบวนการฆ่าเชื้อที่แตกต่างกันที่ระยะการเก็บ 0 วัน

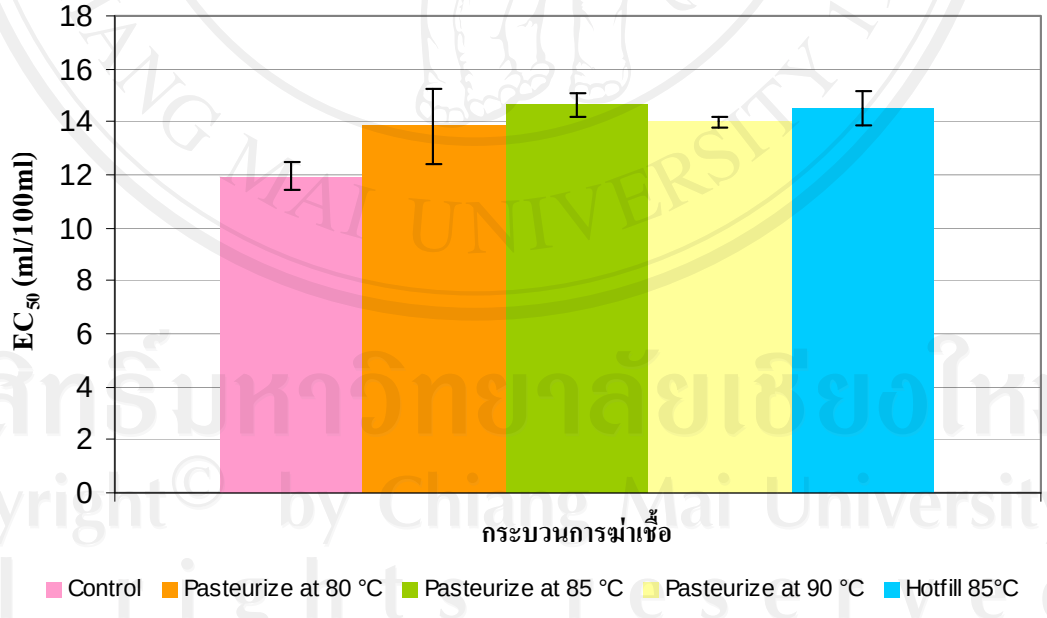


ภาพ 4.17 ปริมาณ ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ของน้ำส้มสายชูหมักที่กระบวนการฆ่าเชื้อที่แตกต่างกันที่ระยะการเก็บ 0 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.18 ปริมาณ แอนโทไซยานินทั้งหมดของเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักที่กระบวนการฆ่าเชื้อที่แตกต่างกันที่ระยะการเก็บ 0 วัน



ภาพ 4.19 ปริมาณ EC_{50} ของเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักที่กระบวนการฆ่าเชื้อที่แตกต่างกันที่ระยะการเก็บ 0 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4.2 ผลกระบวนการฆ่าเชื้อต่อเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อนที่ระยะการเก็บ 30 วัน

ผลการวิเคราะห์ค่า pH TSS ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์ รา ของเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากผลหม่อนที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อที่แตกต่างกัน ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน (ตาราง 4.16) พบว่าค่าค่า pH TSS ของตัวอย่างเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากผลหม่อน มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์ ราของทุกตัวอย่างต่ำกว่า 10 CFU/ml ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับผลของตัวอย่างที่ระยะการเก็บวันที่ 0 พบว่าไม่มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณจุลินทรีย์และยีสต์ รา แสดงให้เห็นว่าเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากผลหม่อน ยังมีคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ที่อยู่ในเกณฑ์ปลอดภัยเมื่อผ่านการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 วัน

ผลของปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ และความสามารถในการต้านออกซิเดชัน ของตัวอย่างเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมัก (ตาราง 4.17) ที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อแต่ละกระบวนการ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน พบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในทุกตัวอย่าง โดยตัวอย่างที่ผ่านการฆ่าเชื้อแบบพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสจะมีปริมาณสารประกอบฟีโนลิกในรูปกรดแกลลิก ปริมาณฟลาโวนอยด์ในรูปควอเซอทิน ปริมาณแอนโทไซยานิน และความสามารถในการต้านออกซิเดชันหลงเหลือมากกว่าตัวอย่างที่ผ่านการฆ่าเชื้อแบบอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในวันที่ 0 ที่พบว่าตัวอย่างเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อนที่ผ่านการฆ่าเชื้อแบบพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ และความสามารถในการต้านออกซิเดชันมากกว่าตัวอย่างที่ผ่านการฆ่าเชื้อโดยกระบวนการอื่น

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ และความสามารถในการต้านออกซิเดชันของตัวอย่างเครื่องดื่มที่ผ่านการเก็บรักษาที่ 0 วัน และ 30 วันพบว่าหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน ปริมาณสารประกอบฟีโนลิกในรูป กรดแกลลิก (ภาพ 4.20) ปริมาณฟลาโวนอยด์ในรูปควอเซอทิน (ภาพ 4.21) และปริมาณแอนโทไซยานิน (ภาพ 4.22) ของเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อทุกการทดลอง มีปริมาณลดลงโดยมีค่าแตกต่างจากวันที่ 0 อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) สำหรับความสามารถในการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ต้านออกซิเดชัน (ภาพ 4.23) ของตัวอย่างทุกการทดลองมีค่าลดลงโดยแตกต่างจากวันที่ 0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตาราง 4.16 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด(TSS) เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และ ยีสต์ รา ของเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อนที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อที่ต่างกัน เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 30 วัน

กระบวนการฆ่าเชื้อ	pH	TSS (°Brix)	จุลินทรีย์ทั้งหมด CFU/ml	ยีสต์-รา CFU/ml
พาสเจอร์ไรซ์ 80 °C	3.93±0.01	9.15±0.05	< 10	< 10
พาสเจอร์ไรซ์ 85 °C	3.92±0.01	9.17±0.08	< 10	< 10
พาสเจอร์ไรซ์ 90 °C	3.93±0.02	9.15±0.05	< 10	< 10
บรรจุขณะร้อน 85°C	3.93±0.01	9.13±0.03	< 10	< 10

* ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วัดค่า 3 ซ้ำ โดยค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษแตกต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตาราง 4.17 ปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ และความสามารถในการต้านออกซิเดชันของเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อนที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อที่ต่างกัน เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 30 วัน

กระบวนการฆ่าเชื้อ	ฟีโนลิกทั้งหมด (mg GAE/100ml)	ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (mg QE/100ml)	แอนโทไซยานินทั้งหมด (mg/100ml)	EC_{50} (ml/100ml)
พาสเจอร์ไรซ์ 80 °C	147.97±9.62	9.17±1.39	11.29±0.63	15.06±0.98
พาสเจอร์ไรซ์ 85 °C	146.79±6.60	8.98±0.62	10.57±1.10	16.33±0.53
พาสเจอร์ไรซ์ 90 °C	145.31±5.48	8.93±0.94	10.47±0.69	15.29±0.46
บรรจุขณะร้อน 85°C	146.54±6.85	9.10±0.98	10.46±1.15	15.94±0.76

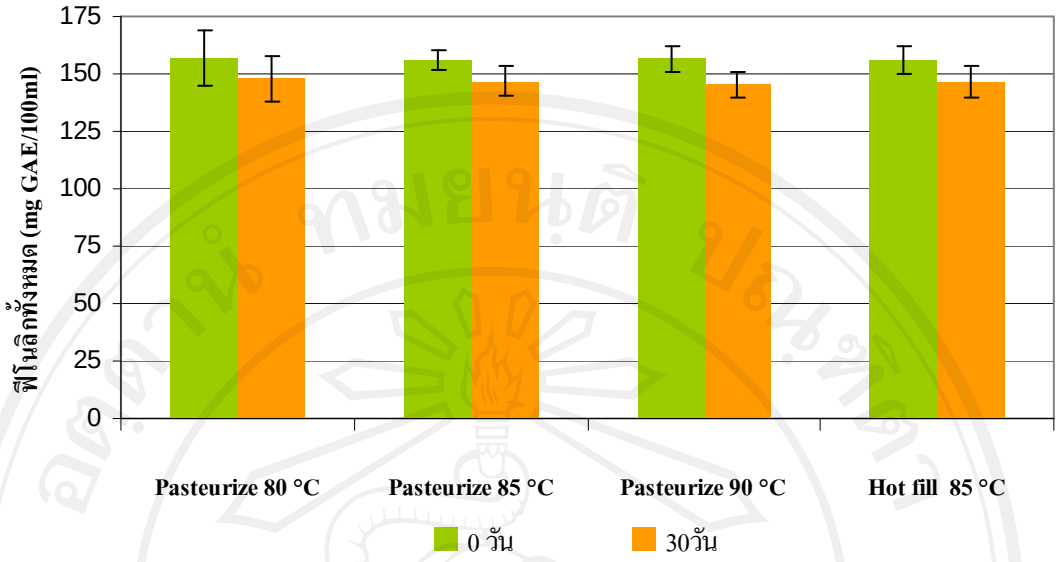
* ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วัดค่า 3 ซ้ำ โดยค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษแตกต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

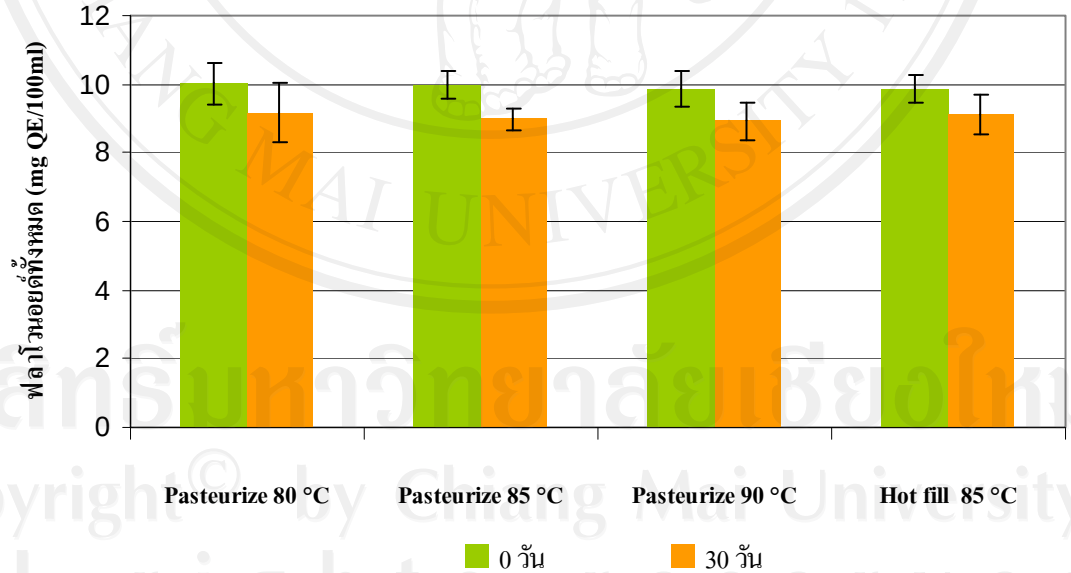
ซึ่งปริมาณสารประกอบฟีโนลิกในรูป กรดแกลลิก ลดลงจากเริ่มต้นอยู่ในช่วงร้อยละ 5.73 ถึง 7.22 ปริมาณฟลาโวนอยด์ในรูปควอเซอทินลดลงร้อยละ 7.98 ถึง 9.93 ปริมาณแอนโทไซยานินลดลงเท่ากับร้อยละ 14.34 ถึง 16.44 และความสามารถในการต้านออกซิเดชันมีค่าลดลงจากเริ่มต้นเท่ากับร้อยละ 8.03 ถึง 10.22 โดยอัตราการลดลงของปริมาณแอนโทไซยานินมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Aligourchi and Barzegar (2009) ที่ได้ทำการศึกษาถึงปฏิกิริยาการสลายตัวของแอนโทไซยานินระหว่างการเก็บรักษาของน้ำทับทิม พบว่าแอนโทไซยานินมีปริมาณลดลงร้อยละ 16.67 ระหว่างการเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน

จากการทดลองข้างต้นพบว่า กระบวนการฆ่าเชื้อ และการเก็บรักษามีผลต่อสารแอนติออกซิแดนซ์ โดยอาจมีสาเหตุของการเสื่อมสลายของสารแอนติออกซิแดนซ์หลายสาเหตุ เช่นการสลายตัวของสารประกอบฟีนอลิก เนื่องจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส หรือเพอร์ออกซิเดส (Zhang *et al*., 2008) ในระหว่างกระบวนการเตรียมวัตถุดิบและการเก็บรักษา การเกิดปฏิกิริยาระหว่างแอนโทไซยานินกับแทนนิน (Remy *et al*., 2000) การเกิดปฏิกิริยา condensation ของแอนโทไซยานิน และสารประกอบฟีโนลิก ในระหว่างกระบวนการฆ่าเชื้อ (Brownmiller *et al.* 2008 ; Hager *et al*., 2008) หรือระยะเวลา และอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในกระบวนการฆ่าเชื้อ ก็สามารถส่งผลต่อของปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ และความสามารถในการต้านอนุมูลที่ลดลงได้ (อนุพงษ์ และคณะ, 2548) โดยในการทดลองนี้พบว่ากระบวนการฆ่าเชื้อเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 นาที ยังคงปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ และความสามารถในการต้านออกซิเดชันไว้ได้มากที่สุด โดยไม่ทำให้เกิดอันตรายทางด้านจุลินทรีย์ต่อผู้บริโภค และการเก็บรักษาเครื่องดื่มที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน ไม่ได้ส่งผลกระทบต่อปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ และคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

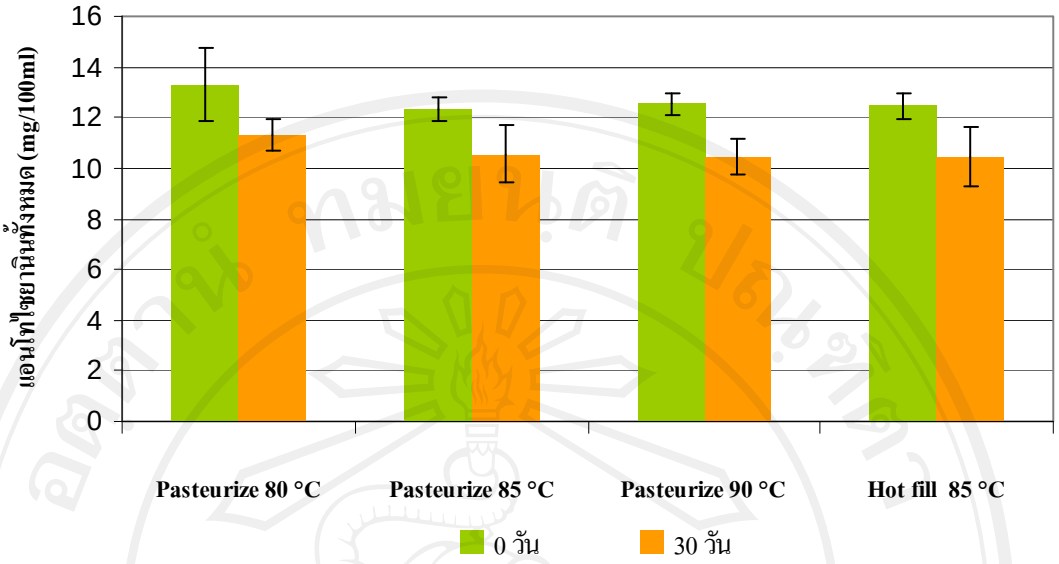


ภาพ 4.20 ปริมาณฟีโนลิกทั้งหมดของเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักที่กระบวนการฆ่าเชื้อต่างกันที่ระยะการเก็บ 0 และ 30 วัน

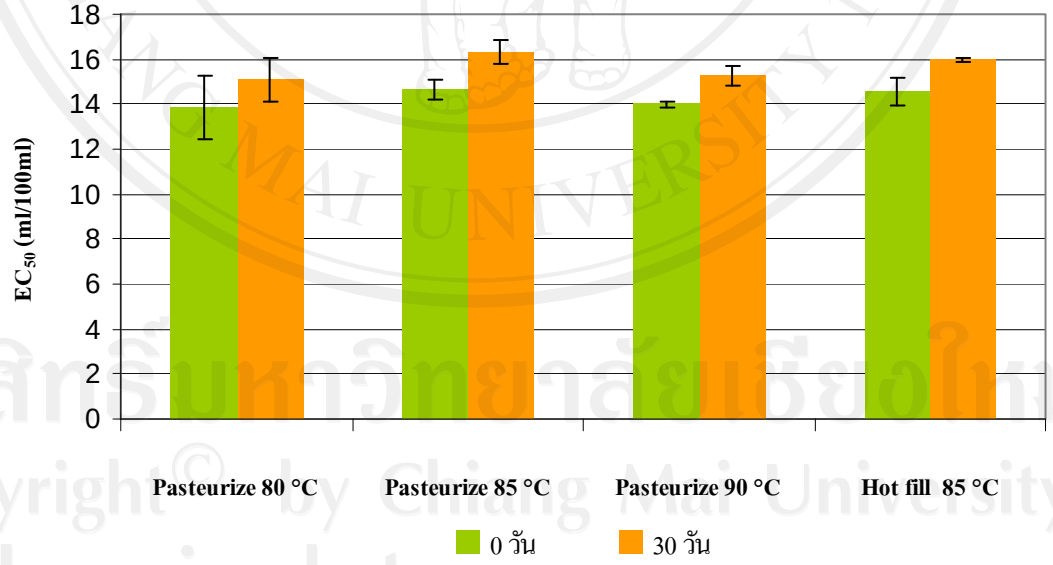


ภาพ 4.21 ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักที่กระบวนการ ฆ่าเชื้อต่างกันที่ระยะการเก็บ 0 และ 30 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.22 ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดของเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักที่กระบวนการฆ่าเชื้อต่างกันที่ระยะการเก็บ 0 และ 30 วัน



ภาพ 4.23 EC_{50} ของเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักที่กระบวนการฆ่าเชื้อต่างกันที่ระยะการเก็บ 0 และ 30 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.5 การวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์สุดท้าย

จากการพัฒนาสูตร และกระบวนการผลิตในการทดลองข้างต้น ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อนดังภาพ 4.24 ได้ทำการตรวจวัดคุณภาพทางด้านต่างๆ โดยสูตรสุดท้ายที่ใช้ในการทดสอบคือสูตรที่มีองค์ประกอบ ดังนี้คือ น้ำส้มสายชูหมักจากผลหม่อนร้อยละ 50 น้ำผึ้งร้อยละ 15 และ น้ำผลหม่อนร้อยละ 35

ภาพ 4.24 เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อนที่ผ่านการพัฒนาแล้ว

การตรวจวัดคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมีและจุลินทรีย์ได้ผลดังตาราง 4.18 พบว่ามีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 3.92±0.02 ซึ่งจัดเป็นอาหารในกลุ่มที่มีลักษณะเป็นกรด (acid food) และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณแอลกอฮอล์ที่หลงเหลือในเครื่องดื่ม ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์ รา กับข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำหม่อน มผช. 851-2548 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2548) ข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำผลไม้:น้ำส้ม มอก. 99-2549 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2549) (ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดไม่ต่ำกว่า 10 °Brix) และประกาศกระทรวงสาธารณสุขเรื่องน้ำส้มสายชู ฉบับที่ 204 - 2543 (กระทรวงสาธารณสุข, 2543) (มีแอลกอออล์ตกค้างไม่เกินร้อยละ 0.5) พบว่าผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อนที่พัฒนาได้มีคุณภาพที่ปลอดภัยเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.18 คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมีและจุลินทรีย์ของเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อนที่ผ่านการพัฒนาแล้ว

ค่าคุณภาพ	ปริมาณ
คุณภาพทางกายภาพและเคมี	
ค่าสี L*	18.90±0.75
ค่าสี a*	1.67±0.17
ค่าสี b*	0.51±0.11
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	3.92±0.02
ความเป็นกรดทั้งหมด (TA, %as acetic acid)	0.73±0.01
ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS, °Brix)	15.73±0.11
แอลกอฮอล์ (ร้อยละโดยปริมาตร)	0.35±0.04
น้ำตาลรีดิวซ์ (g/100ml)	16.57±0.94
คุณภาพทางจุลินทรีย์	
จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/ml)	< 10
ยีสต์-รา (CFU/ml)	< 10

* ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าคุณภาพต่างๆ วัดค่า 3 ซ้ำ

จากผลการเปรียบเทียบปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ และความสามารถในการต้านออกซิเดชันของเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อนที่พัฒนาได้ และผลิตภัณฑ์ที่ใกล้เคียงกันในท้องตลาดที่มีในปัจจุบันได้แก่ น้ำผลหม่อนตราดอยคำ น้ำแอปเปิ้ลไซเดอร์ผสมน้ำผึ้งป่าและน้ำมะนาวตราทิปโก้ และน้ำแอปเปิ้ลไซเดอร์ผสมน้ำผึ้งป่าและน้ำมะนาวตราเฮลท์ตี้เมท ดังแสดงในตาราง 4.19 พบว่าเครื่องดื่มแต่ละชนิด มีปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ และความสามารถในการต้านออกซิเดชันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้นั้นมีปริมาณฟลาโวนอยด์ในรูปควอเซอทินมากที่สุด (11.27±0.44 mgQE/100ml) โดยมีค่าใกล้เคียงกับน้ำแอปเปิ้ลไซเดอร์ผสมน้ำผึ้งป่าและน้ำมะนาวตราเฮลท์ตี้เมท แต่มีปริมาณแอนโทไซยานินต่ำกว่าน้ำผลหม่อนตราดอยคำ และมีปริมาณสารประกอบฟีโนลิกในรูปกรดแกลลิก ต่ำกว่าน้ำแอปเปิ้ลไซเดอร์ตราเฮลท์ตี้เมท และตราทิปโก้ ถึงแม้ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้จะมีปริมาณสารประกอบฟีโนลิกในรูปกรดแกลลิก ต่ำกว่าน้ำแอปเปิ้ลไซเดอร์ทั้ง 2 ตรายี่ห้อ แต่กลับมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความสามารถในการต้านออกซิเดชัน (EC_{50}) ที่มากที่สุด (14.18±0.41 ml/100ml) สาเหตุเนื่องจากปริมาณฟลาโวนอยด์ในรูปควอเซอทิน และปริมาณแอนโทไซยานินที่มีมากกว่า

ตาราง 4.19 ปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์และความสามารถในการต้านออกซิเดชันในเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อนที่พัฒนาได้และผลิตภัณฑ์ที่ใกล้เคียงกันในท้องตลาด

ค่าคุณภาพ	เครื่องดื่ม น้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อน	ผลิตภัณฑ์ 1	ผลิตภัณฑ์ 2	ผลิตภัณฑ์ 3
ฟีโนลิกทั้งหมด (mg GAE/100ml)	143.53±1.89c	131.21±2.64d	149.74±3.06b	157.63±6.75a
ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (mgQE/100ml)	11.27±0.44a	10.76±0.79ab	10.01±0.36b	11.01±0.36a
แอนโทไซยานินทั้งหมด (mg/100ml)	13.25±0.17b	16.53±0.24a	2.49±0.58c	2.03±0.71c
EC_{50} (ml/100ml)	14.18±0.41d	17.72±0.53b	21.61±0.47a	15.57±0.92c

*ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าคุณภาพต่างๆ วัดค่า 3 ซ้ำ โดยค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวเดียวกันที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษแตกต่างกัน จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ผลิตภัณฑ์ 1 คือ น้ำผลหม่อนตราดอยคำ มูลนิธิโครงการหลวงดอยคำ ประเทศไทย

ผลิตภัณฑ์ 2 คือ น้ำแอปเปิ้ลไซเดอร์ผสมน้ำผึ้งป่าและน้ำมะนาวตราทิปโก้ บริษัททิปโก้ เอฟแอนด์บี จำกัด ประเทศไทย

ผลิตภัณฑ์ 3 คือ น้ำแอปเปิ้ลไซเดอร์ผสมน้ำผึ้งป่าและน้ำมะนาวตราเฮลท์ตี้เมท บริษัทสามพราน ฟู้ดส์ จำกัด ประเทศไทย

ผลคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ดังแสดงในตาราง 4.20 ซึ่งทำการทดสอบกับผู้บริโภคจำนวน 200 คนโดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 1 ถึง 9 (9-point hedonic scale) ในการให้คะแนนคุณลักษณะในด้านความชอบโดยรวม กลิ่นน้ำส้มสายชู ความเปรี้ยว ความหวาน ความรู้สึกหลังชิม ได้ค่าคะแนนตามลำดับดังนี้คือ 6.6±1.1, 5.9±1.6, 6.3±1.3, 6.1±1.6 และ 6.3±1.2 ตามลำดับ ซึ่งค่าคะแนนอยู่ในระดับ ความชอบเล็กน้อย แสดงว่าผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อนนั้นเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.20 คะแนนความชอบของคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อนที่ผ่านการพัฒนา (n = 200)

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	**คะแนน**
ความชอบโดยรวม	6.6±1.1
กลิ่นน้ำส้มสายชู	5.9±1.6
ความเปรี้ยว	6.3±1.3
ความหวาน	6.1±1.6
ความรู้สึกหลังชิม	6.3±1.2

* ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงมาตรฐานของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส ทดสอบโดยใช้วิธี 9-point hedonic scale กับผู้ทดสอบจำนวน 200 คน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved