ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ)

ปริญญา

เทคโนโลยีชีวภาพ	เทคโนโลยีชีวภาพ
สาขา	**ภาควิชา**

เรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากขมิ้นชัน

Development of Fermented Vinegar Products from Tumeric (*Curcuma longa* L.)

นามผู้วิจัย นางสาวทิวาพร ปานพรม

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(รองศาสตราจารย์วิเชียร ลีลาวัชรมาศ, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิเชียร กีรตินิจกาล, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุทธิพันธุ์ แก้วสมพงษ์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากขมิ้นชัน

Development of Fermented Vinegar Products from Tumeric (*Curcuma longa* L.)

โดย

นางสาวทิวาพร ปานพรม

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ)
พ.ศ. 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทิวาพร ปานพรม 2557: การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากขมิ้นชัน ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ) สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์วิเชียร ลีลาวัชรมาศ, Ph.D. 113 หน้า.

การศึกษาเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากขมิ้นชัน มีจุดประสงค์เพื่อเพิ่มมูลค่าและเป็นทางเลือกใหม่สำหรับการใช้ประโยชน์จากขมิ้นชันมาผลิตเป็นน้ำส้มสายชูหมักเพื่อสุขภาพ ในการศึกษานี้ขมิ้นชันแห้งที่ใช้ได้จากการอบอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง มีปริมาณสารเคอร์คูมิน 207.66 µg/ml โดยขั้นตอนการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนแรก เป็นการหมักไวน์จากขมิ้นชันแห้ง ปริมาณ 75 กรัม ด้วยเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* EC1118 เป็นเวลา 14 วัน เติม สาร di-Ammonium phosphate (DAP) จะได้ไวน์ขมิ้นชันที่มีปริมาณแอลกอฮอล์เท่ากับร้อยละ 11.67±0.10 และมีปริมาณสารเคอร์คูมิน เท่ากับ 89.60±0.40 µg/ml ขั้นตอนที่สองคือ การหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์ ด้วยปริมาณกล้าเชื้อ *Acetobacter aceti* TISTR 102 ร้อยละ 20 โดยใช้ปริมาตรของไวน์ขมิ้นชันต่อไวน์สับปะรดอัตราส่วน 1:1 จากนั้นปรับปริมาณแอลกอฮอล์เริ่มต้นให้เป็นร้อยละ 5 เป็นเวลา 4 วัน จะได้น้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรดที่มีลักษณะใส สีเหลืองอ่อน มีปริมาณกรดอะซิติกเท่ากับร้อยละ 3.35±0.03 ค่า pH เท่ากับ 3.70±0.01 และมีปริมาณสารเคอร์คูมิน เท่ากับ 10.67±0.18 µg/ml เมื่อนำน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรดที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักผสมน้ำสับปะรดโดยใช้เป็นส่วนประกอบในเครื่องดื่มประมาณร้อยละ 6 ไปทดสอบกับผู้บริโภค พบว่าผู้บริโภคมีความชอบรวมอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.30 ส่วนน้ำสลัดใสที่มีส่วนประกอบของน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรดประมาณร้อยละ 52 เมื่อทดสอบกับผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคมีความชอบรวมอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.00 และจากการทำการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ทั้งหมด พบว่า ส่วนใหญ่ผู้บริโภคให้การยอมรับต่อผลิตภัณฑ์ ผู้บริโภคมีข้อเสนอแนะว่า มีกลิ่นของขมิ้นที่แรง ควรต้องปรับปรุงเรื่องกลิ่นให้น่ารับประทานเพิ่มมากขึ้นนี้

_____ _____ ___ /___ /___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Tiwaporn Panprom 2014: Development of Fermented Vinegar Products from Tumeric (*Curcuma longa* L.). Master of Science (Biotechnology), Major Field: Biotechnology, Department of Biotechnology. Thesis Advisor: Associate Professor Vichien Leelawatcharamas, Ph.D. 113 pages.

Study of drinking vinegar from turmeric (*Curcuma longa* L.) was the objective of this research in new order to value added of drinking vinegar from turmeric. Dry turmeric made by hot air dry at 80·°C for 4 hours and curcumin content 207.66 µg/ml. There are two steps of making fermented vinegar. The first step, turmeric wine from dry turmeric 75 g. was fermented by *Saccharomyces cerevisiae* EC1118 and added di-Ammonium phosphate (DAP) to after fermentation for 14 days obtained alcohol of 11.67±0.10 % and curcumin content 89.60±0.40 µg/ml. Secondly, vinegar was fermented by using amount of *Acetobacter aceti* TISTR 102 about 20 % as starter and fermented with turmeric wine mix pineapple wine at ratio 1:1, with 5 % alcohol content for 4 days. The turmeric wine mixwith pineapple wine was clear, light yellow color and contained acetic acid 3.35% with pH 3.70 and curcumin content 6.67±0.18 µg/ml. The application of turmeric and pineapple vinegar was used as drinking vinegar using 6% turmeric and pineapple vinegar mixed with pineapple juice.After consumer's testing, the overall liking score as 6.30. And slad dressing made from 52% turmeric and pineapple vinegar. After consumer's testing, the overall liking score as 6.00. They were agreeable and accepted both products with some suggestions: the products had smelly of turmeric and wanted to approve the flavor.

_____ _____ ___/___/___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร. วิเชียร ลีลาวัชรมาศ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผศ. ดร. วิเชียร กีรตินิจกาล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และดร.อุลัยวรรณ์ อุสันสา ประธานการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำในระหว่างดำเนินการวิจัย และผศ.ดร.อพัชชา จินดาประเสริฐ ที่สละเวลาเพื่อเป็นผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ตลอดทั้งตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณพระคุณท่านอาจารย์ทุกๆ ท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ ขอบคุณบริษัทสยามไบโอเทคและอุตสาหกรรมเภสัชจำกัดที่สนับสนุนทุนวิจัย สารเคมีและคำปรึกษาต่างๆ รวมทั้งขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพทุกท่าน ที่ช่วยอำนวยความสะดวกและให้คำแนะนำในการปฏิบัติงาน ขอขอบคุณ พี่ปุ้ม พี่ยุ้ยและพี่แวว ทุกคนที่ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตรแห่งชาติที่ให้คำแนะนำ การช่วยเหลือ ทั้งเรื่องการใช้เครื่องมือน้ำใจคอยให้กำลังใจเสมอมา ขอบคุณเพื่อนแพร หวาน โอ๊ย เพื่อนร่วมห้องแลปปุ๊กปิ๊ก บุษย์และพี่แอม ที่ให้คำแนะนำ น้ำใจ กำลังใจและความช่วยเหลือต่างๆ และขอบคุณหนึ่งกำลังใจสำคัญจากโอ๊ค ที่คอยให้กำลังเสมอ ปลอบใจในวันที่ท้อ ทำให้มีกำลังใจ แม้ว่าจะมีอุปสรรคบ้าง แต่ด้วยทุกกำลังใจ ทุกความช่วยเหลือทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา น้องและญาติทั้งหลาย สำหรับความรัก ความห่วงใย กำลังใจและกำลังทรัพย์สนับสนุนการศึกษาที่มีให้มาตลอดจนสำเร็จการศึกษานี้ รวมทั้งขอบคุณผู้มีพระคุณที่มิได้เอ่ยนามไว้ ณ ที่นี้ทุกท่านด้วยและสุดท้ายข้าพเจ้าขอมอบส่วนที่ดีของวิทยานิพนธ์ให้แก่ ครูบาอาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่าน หากมีความผิดพลาดประการใด ข้าพเจ้าขออภัย และขอน้อมรับไว้แต่เพียงเดียว

ทิวาพร ปานพรม

พฤศจิกายน 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	30
อุปกรณ์	30
วิธีการ	31
ผลและวิจารณ์	41
สรุปและข้อเสนอแนะ	62
สรุป	62
ข้อเสนอแนะ	64
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	65
ภาคผนวก	77
ภาคผนวก ก การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ	78
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ทางเคมี	80
ภาคผนวก ค ผลการทดลอง	88
ภาคผนวก ง แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส	110
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	113

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	หมู่ฟังก์ชันที่แตกต่างกันของเคอร์คูมินอยด์	9
2	อายุการเก็บเกี่ยวต่อปริมาณสารเคอร์คูมิน	12
3	ข้อกำหนดมาตรฐานของขมิ้นชัน	13
4	ส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์จากน้ำส้มสายชูหมักทางการค้า	36
5	ส่วนประกอบของเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมัก	38
6	ส่วนประกอบของน้ำสลัดใสผสมน้ำส้มสายชูหมัก	39
7	การวิเคราะห์องค์ประกอบของไวน์ขมิ้นชันที่วัตถุดิบที่แตกต่างกันและหมักเป็นเวลา 14 วัน	43
8	การวิเคราะห์องค์ประกอบของไวน์ขมิ้นชันแห้งที่ปริมาณแตกต่างกัน ที่หมักเป็นเวลา 14 วัน	45
9	การวิเคราะห์องประกอบของไวน์ขมิ้นชัน ที่หมักเป็นเวลา 25 วัน	46
10	การวิเคราะห์องค์ประกอบของไวน์ขมิ้นชันโดยใช้แหล่งไนโตรเจนที่แตกต่างกัน ที่หมักเป็นเวลา 14 วัน	48
11	ค่าปริมาณกรดอะซิติกของน้ำส้มสายชูขมิ้นชันต่อปริมาณกล้าเชื้อที่หมักเป็นเวลา 15 วัน	49
12	อัตราส่วนของไวน์ขมิ้นชันและสับปะรดที่เหมาะสมต่อการผลิตกรดอะซิติกที่หมักเป็นเวลา 12 วัน	50
13	ผลการวิเคราะห์ปริมาณเอทานอลเริ่มต้นที่เหมาะสมต่อการผลิตกรดอะซิติกที่หมักเป็นเวลา 7 วัน	51
14	ผลการวิเคราะห์น้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรด ที่หมักเป็นเวลา 7 วัน	53
15	ค่าคุณภาพทางกายภาพและเคมีของน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรด	54
16	คะแนนความชอบเฉลี่ยในคุณลักษณะด้านต่างๆและค่าคุณภาพของตัวอย่างเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักผสมน้ำสับปะรดที่ได้ปรับปรุงสูตรใหม่	57

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
17	คะแนนความชอบเฉลี่ยในคุณลักษณะด้านต่างๆและค่าคุณภาพของตัวอย่างน้ำสลัดใสผสมน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรด	60

ตารางผนวกที่

ค1	การเปลี่ยนแปลงความชื้นของการอบขมิ้นชันที่อุณหภูมิ 60, 80 และ 100 องศาเซลเซียส	89
ค2	การยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคทั้งด้านเพศ อายุ ที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากขมิ้นชัน	90
ค3	ข้อมูลดิบการให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มผสมน้ำสับปะรดของตัวอย่างที่ 1	91
ค4	ข้อมูลดิบการให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มผสมน้ำสับปะรดของตัวอย่างที่ 2	92
ค5	ข้อมูลดิบการให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มผสมน้ำสับปะรดของตัวอย่างที่ 3	93
ค6	ข้อมูลดิบการให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มผสมน้ำสับปะรดของตัวอย่างที่ 4	95
ค7	ข้อมูลดิบการให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มผสมน้ำสับปะรดของตัวอย่างที่ 5	96
ค8	ข้อมูลดิบการให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มผสมน้ำสับปะรดของตัวอย่างที่ 6	97
ค9	ข้อมูลดิบการให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักผสมน้ำราสเบอร์รี่	99
ค10	ข้อมูลดิบการให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดใสผสมน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและสับปะรดของตัวอย่างที่ 1	100

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่ **หน้า**

ค11	ข้อมูลดิบการให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดใสผสมน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและสับปะรดของตัวอย่างที่ 2	101
ค12	ข้อมูลดิบการให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดใสผสมน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและสับปะรดของตัวอย่างที่ 3	103
ค13	ข้อมูลดิบการให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดใสผสมน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและสับปะรดของตัวอย่างที่ 4	104
ค14	ข้อมูลดิบการให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดใสผสมน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและสับปะรดของตัวอย่างที่ 5	105
ค15	ข้อมูลดิบการให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดใสผสมน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและสับปะรดของตัวอย่างที่ 6	107
ค16	ข้อมูลดิบการให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดใส ตรา เบสท์ฟู้ด	108

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะทั่วไปของขมิ้นชัน	3
2	ลักษณะทางมหภาคของขมิ้นชัน	5
3	จุลกายวิภาคของสมุนไพรขมิ้นชัน	6
4	ผงสมุนไพรขมิ้นชัน	7
5	โครงสร้างทางเคมีของ curcuminoids	9
6	การเปลี่ยนแปลงของความชื้นของการอบขมิ้นชันที่อุณหภูมิ 60, 80 และ 100 องศาเซลเซียส	41
7	อุณหภูมิของการอบขมิ้นชันที่ส่งผลต่อปริมาณสารเคอร์คูมิน	42
8	การหมักไวน์ขมิ้นที่ปริมาณของขมิ้นชันแห้งที่แตกต่างกัน	44
9	เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มผสมน้ำสับปะรด	55
10	น้ำสลัดใสผสมน้ำส้มสายชูหมักไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรด	58

ภาพผนวกที่

ข1	เครื่อง Ebuliometer	84
ข2	HPLC Chromatogram ของสารเคอร์คูมินมาตรฐาน	85
ข3	Development ของแผ่น TLC	87
ค1	ผลการวิเคราะห์โครมาโทกราฟีแผ่นบางของผลิตภัณฑ์เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน	90

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากขมิ้นชัน

Development of Fermented Vinegar Products from Tumeric (*Curcuma longa* L.)

คำนำ

ในปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสำคัญกับการบริโภคอาหารและเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพเพิ่มมากขึ้น ซึ่งน้ำส้มสายชู (vinegar) เป็นผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่งที่ผลิตขึ้นมาจากกระบวนการหมัก ที่ใช้บริโภคกันมานานแล้ว อีกทั้งในปัจจุบันยังมีการบริโภคในรูปแบบของเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ น้ำส้มสายชูมีประโยชน์มากมายในเรื่องของการช่วยลดระดับของคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ (Fushimi *et al.*, 2006) โดยเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูจากทับทิม ช่วยลดไขมันในผู้ที่มีน้ำหนักเกินได้ (Ji *et al.*, 2014) นอกจากนี้ Cortesia *et al.* (2014) พบว่าน้ำส้มสายชู มีความสามารถในการฆ่าเชื้อ *Mycrobacterium tuberculosis* (เชื้อที่ก่อให้เกิดวัณโรค) ซึ่งสารประกอบหลักที่พบในน้ำส้มสายชูคือ กรดอะซิติก โดยน้ำส้มสายชูสามารถผลิตได้จากแหล่งวัตถุดิบหลายชนิดเช่น ผลไม้ ธัญพืช ข้าว เป็นต้น โดยขมิ้นชันเป็นสมุนไพรที่สามารถนำมาใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักได้ และเป็นการนำมาผลิตน้ำส้มสายชูที่แปลกใหม่ ขมิ้นชันมีสารสำคัญที่เป็นองค์ประกอบหลักคือ สารเคอร์คูมินอยด์ (curcuminoids) (Chattopadhyay *et al.*, 2004) ซึ่งมีประโยชน์อย่างมากต่อสุขภาพ เช่น ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพความจำในโรคอัลไซเมอร์ (Ahmed and Gilani, 2009) ช่วยยับยั้งไวรัสตับอักเสบชนิดบี (Rechtman *et al.*, 2010) และป้องกันและรักษาไวรัสไข้หวัดใหญ่ได้ (Dao *et al.*, 2012) มีศักยภาพในการจำเพาะต่อเซลล์มะเร็งต้นกำเนิดได้ (cancer stem cells) (Yanyan and Zhang, 2014) ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการรักษาเส้นประสาทไขสันหลัง (Hongbin *et al.*, 2014) รวมทั้งช่วยลดและป้องกันความเสียหายของตับที่เกิดจากโลหะหนัก (Wylly and Pedraza-Chaverri, 2014) ทั้งนี้การปลูกขมิ้นชันในปัจจุบัน มีการปลูกอย่างกว้างขวาง โดยสามารถใช้ประโยชน์จากขมิ้นชันได้หลากหลาย โดยขมิ้นชันเป็นหนึ่งในส่วนประกอบสำคัญทางด้านอาหาร เครื่องสำอาง (cosmetics) รวมทั้งในการการแพทย์ ประเภทใช้เป็นยารักษาโรค

งานวิจัยนี้จึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อผลิตเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักเพื่อสุขภาพ ทั้งยังช่วยพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ผลิตน้ำส้มสายชูจากสมุนไพรและช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับขมิ้นชันที่เป็นวัตถุดิบที่เป็นประโยชน์ รวมทั้งช่วยส่งเสริมให้ผู้บริโภคมีสุขภาพที่ดีขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษา bioactive compound จากขมิ้นชันที่ละลายได้ในไวน์ขมิ้นชัน

2. เพื่อศึกษาขั้นตอนและกรรมวิธีการผลิตแอลกอฮอล์จากขมิ้นชัน

3. เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำส้มสายชูจากขมิ้นชัน

4. สามารถผลิตเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักและน้ำสลัดใสผสมน้ำส้มสายชูหมักเพื่อสุขภาพได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

1. ขมิ้นชัน

1.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับขมิ้นชัน ลักษณะทั่วไปของขมิ้นชัน ดังแสดงในภาพที่ 1 โดยมีชื่อไทยคือ ขมิ้น ขมิ้นแกง ขมิ้นหยอก ขมิ้นหัว ขี้มิ้น หมิ้น ตายอ หรือ สะยอ ชื่ออื่นๆคือ Turmeric มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Curcuma longa* L. ชื่อพ้องคือ *Curcuma domestica* Valeton ซึ่งอยู่ในวงศ์ Zingiberaceae

ภาพที่ 1 ลักษณะทั่วไปของขมิ้นชัน

ที่มา: ปราณี และคณะ (2544)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 ลักษณะพืช (ปราณี และคณะ, 2544) เป็นพืชล้มลุกอายุ 1-2 ปี ลำต้นใต้ดินเป็นเหง้า มีทั้งเหง้าหลักที่เจริญชูตั้ง รูปไข่ หรือรูปไข่แกมรี บางครั้งเรียกเหง้าหลักว่า หัว ด้านข้างของเหง้าหลักแตกแขนงในแนวระนาบ แต่ละแขนงมักแตกย่อยต่อไปได้อีก 1-2 ครั้ง เหง้าแขนงรูปคล้ายทรงกระบอกหรือ คล้ายนิ้วมือ ตรงหรือโค้งเล็กน้อย บางครั้งเรียกเหง้าแขนงว่า แง่ง เนื้อเหง้าสีส้ม และมีกลิ่นเฉพาะ ลำต้นเหนือดินเป็นลำต้นเทียมที่มีกาบใบเรียงซ้อนอัดแน่น สูงได้ถึง 1 เมตร หรือมากกว่า มีใบ 6-10 ใบต่อต้น ใบเดี่ยวออกสลับถี่ กาบใบยาว 40-60 เซนติเมตร แผ่นใบรูปรีหรือรีแกมขอบขนาน กว้าง 10-20 เซนติเมตร ยาว 30-70 เซนติเมตร โคนใบสอบแคบหรือมน ปลายใบแหลมมาก ช่อดอกรูปทรงกระบอก กว้าง 5-9 เซนติเมตร ยาว 10-20 เซนติเมตร มีใบประดับจำนวนมาก รูปรีแกมขอบขนาน เรียงเวียนถี่รอบแกนช่อดอก ใบประดับที่อยู่บริเวณโคนช่อดอกมีสีเขียวอ่อนหรือสีขาวแกมเขียว ยาว 5-6 เซนติเมตร กว้าง 2-3 เซนติเมตร ขอบโคนใบประดับประกบติดกับใบประดับที่อยู่ใกล้เคียงและติดกับแกนช่อดอกเกิดเป็นซอกคล้ายกระเปาะ ใบประดับที่อยู่บริเวณปลายช่อดอกมีสีขาวแกมเขียวอ่อน ปลายใบประดับมีแถบสีเขียวอ่อนหรือแถบสีชมพูอ่อน โคนใบประดับไม่ประกบติดกันเป็นกระเปาะ ดอกออกในซอกกระเปาะใบประดับ 3-5 ดอกต่อซอก และทยอยบาน ดอกยาวประมาณ 5 เซนติเมตร กลีบเลี้ยงสีขาวใส ติดกันเป็นหลอดสั้น ปลายหยักไม่เท่ากัน กลีบดอกสีขาว โคนติดกันเป็นหลอดยาว ปลายผายและแยกเป็น 3 กลีบ เกสรตัวผู้ที่เป็นหมันแผ่เป็นกลีบขนาดใหญ่ 3 กลีบ กลีบกลางรูปไข่กลับ เกสรตัวผู้ที่เป็นหมันแผ่เป็นกลับขนาดใหญ่ 3 กลีบ กลีบกลางรูปไข่กลับ สีเหลืองอ่อนและมีแถบสีเหลืองเข้มบริเวณกลางกลีบ สองกลีบข้างรูปรีแกมขอบขนานสีเหลืองอ่อน เกสรตัวผู้ที่สมบูรณ์ มีก้านสั้นอับเรณูเล็กเรียวและมีจงอย โอบรอบก้านชูยอดเกสรตัวเมีย รังไข่ 3 ห้อง ผลกลมหรือรี แต่มักไม่ติดผล

1.2.1 ลักษณะทางมหภาค เหง้าขมิ้นชันมีรูปกลมรีเกือบเป็นรูปไข่ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2-3 เซนติเมตร ยาวประมาณ 3 เซนติเมตร ผิวนอกมีสีน้ำตาลปนเทา มีรอยเป็นวงรอบๆ และมีรอยแผลเป็นของรากที่หลุดออกไป แขนงของเหง้าเป็นรูปทรงกระบอก เรียวตรงปลายเล็กน้อย เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร ผิวนอกของแขนงมีสีเหลืองถึงน้ำตาลเหลือง มีรอยเป็นวงรอบๆ เมื่อหั่นตามขวางจะเห็นเนื้อในสีเหลืองส้มถึงเหลือง เห็นวงของเอนโดเดอร์มิส (endodermis) ชัดเจน แสดงดังภาพที่ 2

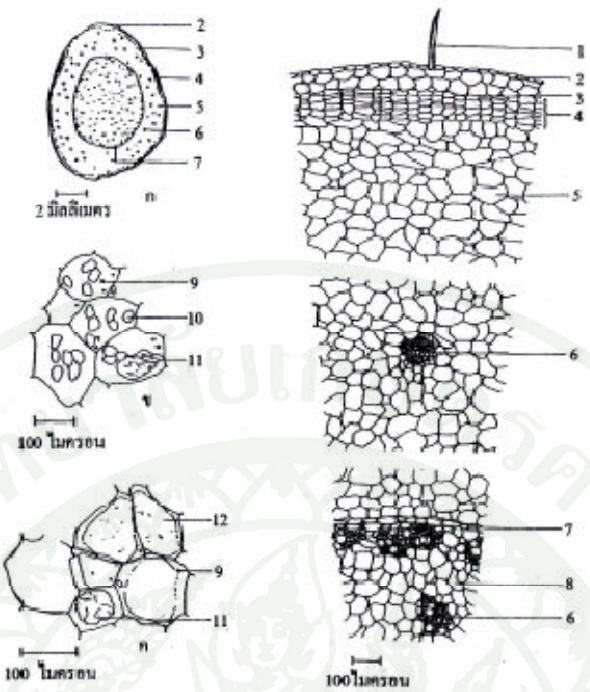
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 2 ลักษณะทางมหภาคของขมิ้นชัน

ที่มา: ปราณี และคณะ (2544)

1.2.2 ลักษณะทางจุลภาค เหง้าขมิ้นชันภาคตัดขวาง พบเนื้อเยื่อชั้นต่างๆ ดังนี้ แสดงดังภาพที่ 3 โดยเนื้อเยื่อชั้นผิว (epidermis) ประกอบด้วยเซลล์ที่เรียงตัวแถวเดียว รูปร่างเกือบเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีขนแบบเซลล์เดียวปลายแหลม (unicellular trichome) ยาวประมาณ 280 ไมครอน ในส่วนของเหง้าแก่จะพบเนื้อเยื่อชั้นรองจากผิว (hypodermis) 3-6 แถว อยู่บริเวณใต้เนื้อเยื่อชั้นผิว คอร์ก (cork) ประกอบด้วยเซลล์รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าประมาณ 4-6 แถว คอร์เทกซ์ (cortex) ประกอบด้วยพาเรงคิมา (parenchyma) ผนังบาง มีกลุ่มมัดท่อลำเลียง (vascular bundle) กระจัดกระจายภายในพาเรงคิมาพบเม็ดแป้ง (starch grain) จำนวนมาก บางเซลล์มีสารสีน้ำตาลปนส้ม เวสเซล (vessel) เป็นแบบไม่มีลิกนิน เนื้อเยื่อชั้นในสุด (endodermis) เป็นเซลล์แถวเดียวเซลล์มีผนังบาง และสตีล (stele) ประกอบด้วยพาเรงคิมาเหมือนในคอร์เทกซ์แต่มีมัดท่อลำเลียงมากกว่า โดยเฉพาะใต้แนวเนื้อเยื่อชั้นในสุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 3 จุลกายวิภาคของสมุนไพรขมิ้นชัน

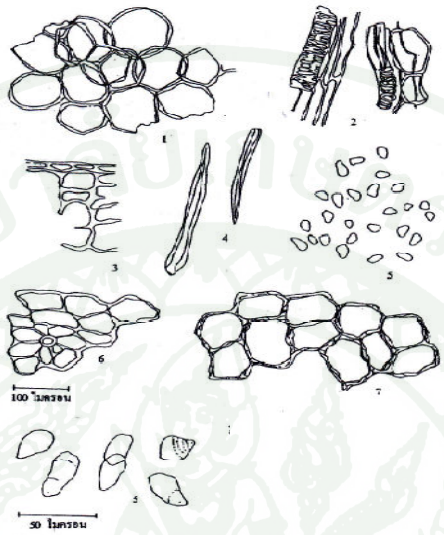
ที่มา: ปราณี และคณะ (2544)

ก. ไดอะแกรมของสมุนไพรภาคตัดขวาง
ข. พาเรงคิมาของเหง้าสด
ค. พาเรงคิมาของสมุนไพร
1. ขนของเซลล์เดียวปลายแหลม
2. เนื้อเยื่อชั้นผิว
3. เนื้อเยื่อชั้นรองจากผิว
4. คอร์ก
5. พาเรงคิมาของคอร์เทกซ์
6. มัดท่อลำเลียง
7. เนื้อเยื่อชั้นในสุด
8. พาเรงคิมาของสตีล
9. หยดน้ำมัน
10. เม็ดแป้ง
11. สารสีเหลืองส้ม
12. ก้อนแป้งสีเหลือง

ส่วนลักษณะผงสมุนไพร เป็นผงสีส้ม มีกลิ่นเฉพาะ มีรสมันปนเผ็ดและขมเล็กน้อย ลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์พบเนื้อเยื่อและเซลล์ชนิดต่างๆ มากน้อยตามลำดับดังนี้ แสดงดังภาพที่ 4 โดยพาเรงคิมา รูปร่างค่อนข้างกลม เม็ดแป้งจำนวนมากอยู่เดี่ยว รูปร่างกลมกึ่งรูปไข่ รูปรีและรูปร่างไม่แน่นอน ส่วนใหญ่มีจงอยตรงปลาย มีลายตามขวางจางๆ บางอันมองไม่ชัด เม็ดแป้งมีขนาดยาว 9-40 ไมครอน กว้าง 7-20 ไมครอน ส่วนของเวสเซลมีทั้งแบบขั้นบันได แบบเกลียวกึ่งวง -

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แหวน และแบบร่างแห ไม่มีลิกนิน มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 30-45 ไมครอน ส่วนของเนื้อเยื่อชั้นผิวด้านพื้นผิว ส่วนของคอร์กด้านพื้นผิว ขนชนิดเซลล์เดียวปลายแหลม และส่วนของเนื้อเยื่อชั้นผิว และเนื้อเยื่อชั้นรองผิวด้าน



ภาพที่ 4 ผงสมุนไพรขมิ้นชัน

ที่มา: ปราณี และคณะ (2544)

1.3 แหล่งกระจายพันธุ์และสภาพแวดล้อม มีถิ่นกำเนิดในประเทศแถบเอเชียใต้และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ไม่ปรากฏหลักฐานที่ชัดเจนเกี่ยวกับแหล่งธรรมชาติในสภาพพืชป่า มีข้อสันนิษฐานว่า ขมิ้นเป็นพืชปลูกที่เกิดจากกระบวนการผสมพันธุ์ตามธรรมชาติและมีโครโมโซม 3 ชุด ซึ่งเป็นหมัน มีการสืบทอดพันธุ์กันต่อมาโดยวิธีการคัดเลือกพันธุ์และปลูกขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ ปัจจุบันมีเขตการกระจายพันธุ์ปลูกทั่วไปในภูมิภาคที่มีอากาศร้อนหรือร้อนชื้นทั่วโลก แหล่งที่ปลูกขมิ้นชันเป็นการค้าขนาดใหญ่ของโลกคืออินเดีย มีแหล่งอื่นบ้างแถบเอเชียตะวันออก และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ซึ่งเป็นทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภค สภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องต่อขมิ้นชัน ประกอบด้วย

1.3.1 พื้นที่ ขมิ้นชัน เติบโตดีในดินเกือบทุกชนิดที่มีอินทรียวัตถุ อุดมสมบูรณ์ ร่วนซุย มีความชื้น และมีการระบายน้ำดี ไม่ทนทานต่อสภาพน้ำท่วมขัง ความเป็นกรด-ด่างของดินมีผลต่อผลผลิต โดยทั่วไปเติบโตดีในดิน pH ระหว่าง 5-7 ในสภาพดินที่มีความเป็นด่างจัด ดินเหนียวหรือดินลูกรังจะไม่เหมาะสมต่อการเติบโตหรือพัฒนาการของเหง้า ขมิ้นชันสามารถปลูกได้ทั้งที่ราบหรือที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลาดเอียง ตั้งแต่พื้นที่ระดับต่ำไปจนถึงพื้นที่ระดับสูง 1,200 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง มักปลูกกันมากในที่ระดับความสูง 450-900 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง

1.3.2 อากาศ ขมิ้นชันขึ้นได้ดีในสภาพอากาศร้อนไปจนถึงอบอุ่นที่มีความชื้นและปริมาณน้ำพอเพียง

1.3.3 น้ำ โดยทั่วไปปลูกได้ดีในพื้นที่เขตน้ำฝน โดยเฉพาะบริเวณที่มีปริมาณน้ำฝน 1,000-2,000 มิลลิเมตรต่อปี หรือที่มีปริมาณน้ำฝน 1,200-1,400 มิลลิเมตร ในเวลา 100-120 วัน ฉะนั้นถ้าปลูกในที่ที่มีปริมาณฝนน้อย ต้องใช้ระบบการให้น้ำหรือการชลประทานช่วย

1.3.4 แสงสว่าง ขมิ้นชันเติบโตดีทั้งในที่โล่งแจ้ง หรือมีแสงรำไรการปลูกในสภาพร่มผลผลิตจะลดลง ปลูกได้ทั้งแบบพืชเดี่ยว หรือปลูกแซมพืชไร่-พืชสวนอื่นๆ ถ้าปลูกแซมในสวนไม้ยืนต้น ต้องหลีกเลี่ยงที่ร่มจัดและบริเวณโคนไม้ใหญ่ เพราะจะทำให้การพัฒนาเหง้าไม่ดี

1.3.5 อุณหภูมิ โดยทั่วไปหน่องอกในช่วงอุณหภูมิ 30-35 องศาเซลเซียส การพัฒนาเหง้าในช่วงอุณหภูมิ 20-30 องศาเซลเซียส อุณหภูมิช่วงพักตัว 18-20 องศาเซลเซียส

1.3.6 ฤดูปลูกที่เหมาะสม คือ ฤดูฝน ควรเริ่มปลูกในช่วงต้นฤดูฝน ประมาณเดือนพฤษภาคม-กรกฎาคม และฤดูเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมคือ ฤดูหนาว เป็นช่วงพืชแก่และพักตัว เมื่อลำต้นเหนือดินเปลี่ยนสภาพเป็นสีเหลือแห้งหรือน้ำตาลและเหี่ยวโทรมประมาณเดือน มกราคม-มีนาคม

1.3.7 ส่วนที่ใช้เป็นยา เหง้า

1.4 สารสำคัญที่พบในขมิ้นชัน สารเคมีที่พบในขมิ้นชันจะพบในส่วนของน้ำมันหอมระเหยเป็นสำคัญ โดยทั่วไปแล้ว ขมิ้นชันจะมีน้ำมันหอมระเหยตั้งแต่ร้อยละ 2-6 มีสารสำคัญหลักคือ เทอร์เมโรน (termerone) ประมาณร้อยละ 58-59 รองลงมาคือ ซิงจิเบอรีน (zingiberene) ร้อยละ 25 นอกจากนี้สารกลุ่มเซสควิเทอร์ปีน (sesquiterpenes) และ โมโนเทอร์ปีน (monoterpenes) อื่นๆอีกหลายชนิด ได้แก่ ซาบินีน (sabinene), บอร์นีออล (borneol), ซินีออล (cineol), เทอร์มีรอล (termerol), เคอร์คิวโมน (curcumone) และฟิลแลนดรีน (phellandrene) นอกจากนี้ยังพบสารสำคัญที่เป็นองค์ประกอบหลักคือ สารเคอร์คูมินอยด์ (curcuminoid) ประมาณร้อยละ 1-5 ของขมิ้นชัน เป็นสารสีเหลืองประกอบด้วยเคอร์คูมิน (curcumin) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักที่พบมากที่สุดมีประมาณ ร้อยละ 75 – 80

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

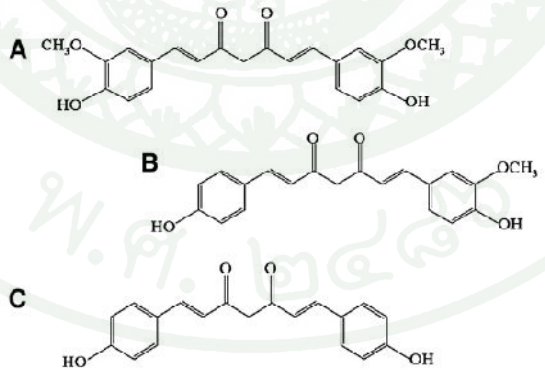
,เดสเมทอกซีเคอร์คูมิน (demethoxycurcurmin) ร้อยละ 15 – 20 และ บิสเดสเมทอกซีเคอร์คิวมิน (bisdemethoxycurcurmin) ร้อยละ 3 – 5 (Chattopadhyay *et al.*, 2004)

1.5 โครงสร้างทางเคมีของเคอร์คิวมินอยด์ (curcuminoid) ประกอบด้วย curcumin (C) [1,7-bis (4-hydroxy-3-methoxyphenyl) 1,6-heptadiene-3-dione] พบประมาณ 77 %, demethoxycurcumin (DMC) [1-(4-hydroxylphenyl-7-(4-hydroxy-3-metthoxyphenyl)-1,6-heptadiene-3,5 dione] พบประมาณ 17% และ bisdemethoxycurcumin (BDMC) [1,7-bis (4-hydroxyphenyl)-1,6-heptadiene-3,5 dione] พบประมาณ 3 % ซึ่งสารทั้ง 3 ชนิดมีหมู่ฟังก์ชันแตกต่างกัน ดังตารางที่ 1 และภาพที่ 5

ตารางที่ 1 หมู่ฟังก์ชันที่แตกต่างกันของเคอร์คิวมินอยด์

สาร	R1	R2
Curcumin	OMe	OMe
Demethoxycurcumin	H	OMe
Bisdemethoxycurcumin	H	H

ที่มา: Jayaprakasha *et al.* (2006)



ภาพที่ 5 โครงสร้างทางเคมีของ curcuminoids โดย curcumin (A) demethoxycurcurmin (B) bisdemethoxycurcurmin (C)

ที่มา: Ahmed and Gilani (2009)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.6 คุณสมบัติทางเคมีของเคอร์คูมิน (curcumin) เป็นผงสีเหลืองส้มไม่ละลายน้ำ ละลายได้เล็กน้อยในอีเทอร์ ละลายได้ดีในแอลกอฮอล์ อะซีโตน เบนซิน โพรพิลินไกลคอล มีสีเหลืองในกรด สีน้ำตาลแดงในด่าง โดยมีจุดหลอมเหลว 183 องศาเซลเซียส ซึ่งมีโครงสร้างโมเลกุลคือ $C_{21}H_{20}O_6$ และมีน้ำหนักโมเลกุล คือ 368.37 g/mol วัดค่าการดูดกลืนแสง ให้ค่าที่มากที่สุดของเคอร์คูมิน ในเมทานอลที่ 430 nm และในอะซีโตน 415-420 nm เคอร์คูมินมีช่วงเปลี่ยนสีเป็นสีเหลืองอ่อนที่ช่วง pH 2.5-7 และสีแดงที่ pH 7 (Aggarwal *et al.*, 2003)

1.7 การเตรียมวัตถุดิบ (ปราณี และคณะ, 2544)

1.7.1 การเพาะปลูก ปัจจุบันในประเทศไทย ยังไม่มีการปลูกและผลิตขมิ้นชันในระบบเกษตรอุตสาหกรรม และยังไม่มีข้อมูลการศึกษาวิจัยที่สมบูรณ์พอเพียงสำหรับจัดทำมาตรฐานการผลิตทางการเกษตรที่เหมาะสม (Good Agricultural Practice : GAP) อย่างไรก็ตามความรู้ทั่วไปและข้อมูลวิชาการที่เป็นประโยชน์ต่อการเพาะปลูกที่ควรทราบได้แก่ การขยายพันธุ์ โดยวิธีการขยายพันธุ์แบบไม่ใช้เพศ ส่วนที่ใช้ขยายพันธุ์ คือ ลำต้นใต้ดินหรือเหง้า ใช้ได้ทั้งหัว และแง่ง โดยทั่วไปเหง้าขมิ้น ที่เจริญเติบโตเต็มที่จะมีจำนวนหัวต่อกอน้อยกว่าแง่ง และหัวมีน้ำหนักรวมต่อกอน้อยกว่าแง่ง ประมาณ 2-10 เท่า โดยทั่วไปผลผลิตที่ได้จากการปลูกด้วยหัวย่อมมากกว่าการปลูกด้วยแง่ง ยกเว้นการปลูกด้วยแง่งที่มีขนาดใหญ่ การเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายอย่าง รวมถึง คุณภาพ, ขนาดและความอุดมสมบูรณ์ของเหง้าพันธุ์ด้วย

พันธุ์และการคัดเลือกพันธุ์ ขมิ้นชันที่ดีในตลาดโลกมีมากกว่า 50 สายพันธุ์ ส่วนมากมาจากอินเดีย ซึ่งจำแนกสายพันธุ์โดยใช้คุณสมบัติต่างๆ ทางด้านรูปร่าง ลักษณะ ขนาด สีกลิ่น และอายุเหง้าที่สมบูรณ์พร้อมเก็บเกี่ยว (maturity of rhizome) มีทั้งสายพันธุ์อายุพร้อมเก็บเกี่ยวสั้น 7 เดือน สายพันธุ์อายุพร้อมเกี่ยวยาว 9 เดือน และสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตดีมีปริมาณสารสำคัญสูง การคัดเลือกพันธุ์มีข้อที่ควรคำนึงถึงคือ ควรเลือกพันธุ์ที่มีคุณภาพด้านปริมาณสารสำคัญที่ใช้ประโยชน์ตรงตามกำหนดมาตรฐานการผลิตยา หรือมาตรฐานตลาดการค้าของโลก สำหรับตามข้อกำหนดในตำรายาสมุนไพรของไทย ระบุว่าต้องมีปริมาณเคอร์คูมินอยด์ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 5 และน้ำมันหอมระเหยไม่ต่ำกว่าร้อยละ 6 และควรเลือกพันธุ์ที่มีคุณลักษณะต่างๆ ได้แก่ เหง้าสมบูณ์ มีอายุเก็บเกี่ยวระหว่าง 7-9 เดือน หรือตั้งแต่ 7 เดือนขึ้นไป เหง้าที่ใช้ ทั้งหัวหรือแง่ง ควรมีตามากกว่า 2-5 ตาขึ้นไป และเหง้าสมบูรณ์ มีความแกร่งไม่เล็กลีบ ปราศจากโรค แมลง สัตว์ศัตรูพืช

การเก็บรักษาเหง้าพันธุ์หรือเหง้าสด โดยทั่วไปการเก็บเกี่ยวขมิ้นชันจะอยู่ในช่วงฤดูแล้ง ประมาณเดือนมกราคม ถึง มีนาคม และเริ่มปลูกใหม่ในช่วงต้นฤดูฝน จึงมีระยะทิ้งช่วงห่าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประมาณ 2-3 เดือน ฉะนั้นผู้ปลูกควรจัดเตรียมเหง้าพันธุ์โดยคัดเลือกและเก็บรักษาไว้สำหรับใช้ปลูกในฤดูกาลต่อไป หรือเพื่อเก็บเหง้าสดไว้ใช้ประโยชน์อื่น การเก็บรักษาที่เหมาะสมจะช่วยลดหรือหลีกเลี่ยงความเสียหายของเหง้าพันธุ์ได้ โดยทั่วไปนิยมเก็บ 2 วิธี ได้แก่ วางผึ่งไว้ในที่ร่ม สะอาด ปราศจากโรค แมลงและสัตว์ต่างๆ รบกวน มีอากาศถ่ายเทได้สะดวก ผิวสัมผัสหรือพื้นที่เก็ต้องแห้ง ปราศจากความชื้นและฝังในทรายหยาบที่สะอาด เย็น และชื้น ในที่ร่ม กรณีที่อาจมีโรคและแมลงติดมากับเหง้าที่จะเก็บทำพันธุ์ควรแช่ท่อนพันธุ์ด้วยสารป้องกันกำจัดแมลง หรือสารป้องกันกำจัดรา โดยระมัดระวังและต้องปฏิบัติตามคำแนะนำบนฉลากกำกับ ผึ่งท่อนพันธุ์ให้แห้งก่อนฝังทราย และการเตรียมเหง้าพันธุ์ จำนวนที่จะใช้ปลูกในแต่ละพื้นที่นั้น ขึ้นอยู่กับการเลือกระยะปลูกที่เหมาะสมตามสภาพพื้นที่ และขนาดของท่อนพันธุ์

1.7.3 การเตรียมดิน ขมิ้นชันขึ้นได้ในดินเกือบทุกชนิดที่มีอินทรียวัตถุอุดมสมบูรณ์และร่วนซุย มีความชื้น และระบายน้ำดี ไม่ทนต่อสภาพน้ำท่วมขัง ในดินร่วนที่น้ำและอากาศซึมผ่านถ่ายเทได้สะดวก พืชจะเจริญเติบโตและพัฒนาเหง้าได้ดี นอกจากนี้การเก็บเกี่ยวเหง้าที่ปลูกในดินร่วนจะสะดวกมากกว่าที่ปลูกในดินเหนียวจัด ดังนั้นในการเตรียมดินปลูกขมิ้นชันจำเป็นต้องขุดหรือไถพรวนเพื่อให้ดินร่วนซุยขึ้น ถ้าเป็นพื้นที่ที่มีวัชพืชมากและหน้าดินแข็ง ควรไถพรวนไม่น้อยกว่า 2 ครั้ง คือ ไถดะเพื่อกำจัดวัชพืช และเปิดหน้าดินให้ร่วนซุย แล้วตากดินไว้ 1-2 สัปดาห์ เพื่อทำลายไข่แมลง เชื้อโรคในดิน และไถแปร เพื่อกลับหน้าดิน ทำให้ดินร่วนซุยและละเอียดขึ้น พร้อมกับเก็บตอไม้ เศษไม้ และวัชพืชออกจากแปลงให้หมด การเตรียมการปลูก มี 2 รูปแบบ คือ แปลงปลูกสภาพพื้นราบเหมาะกับพื้นที่ที่มีการระบายน้ำดีและแปลงปลูกสภาพยกสันร่อง หรือยกแปลงให้สูงจากระดับดินเดิม และมีร่องระบายน้ำ เหมาะกับสภาพพื้นที่ลุ่มหรือพื้นที่ราบต่ำ มีการระบายน้ำไม่ดี เมื่อปลูกพืชแล้วอาจมีน้ำท่วมขัง ทำให้พืชเสียหายได้

1.7.4 การปลูก ฤดูปลูกและการเติบโต ควรปลูกในช่วงต้นฤดูฝนประมาณเดือนพฤษภาคม เป็นต้นไป พืชจะได้มีช่วงระยะการเจริญเติบโตและพัฒนาได้เต็มที่ตลอดฤดูฝน หน่อจะงอกประมาณ 2-4 สัปดาห์หลังปลูก และดอกจะออกในเดือน กรกฎาคม-กันยายน หรือพืชอายุปลูกได้ประมาณ 4-5 เดือน ลำต้นเหนือดินจะโทรมยุบในช่วงฤดูแล้ง และลำต้นใต้ดินเข้าสู่ระยะพักตัวพร้อมเก็บเกี่ยว ประมาณเดือนธันวาคม เป็นต้นไป อายุปลูกที่พร้อมเก็บเกี่ยวตามฤดูกาลประมาณ 7-9 เดือน

1.7.5 การเก็บเกี่ยว ขมิ้นชันมีการเจริญเติบโตตามฤดูกาลโดยเริ่มต้นปลูกในต้นฤดูฝนมีการเจริญเติบโตตลอดฤดูฝน และเข้าสู่ระยะพักตัวในฤดูแล้ง การเจริญเติบโตในหนึ่งฤดูปลูก ประมาณ 7-10 เดือน อายุปลูกหรืออายุเก็บเกี่ยวมีผลต่อคุณภาพผลผลิต ผลการศึกษาปริมาณเคอร์คูมินอยด์ที่ต่างกันในเหง้าขมิ้นชันที่มีอายุปลูกต่างกัน (ตารางที่2) พบอายุปลูก 4 เดือน มีปริมาณสาร 4 %อายุปลูก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6 เดือนมีปริมาณสาร 6.7 % อายุปลูก 8 เดือนมีปริมาณสาร 12.7 % และผลการศึกษาปริมาณน้ำมันหอมระเหยในเหง้า ขมิ้นชันที่มีอายุปลูกต่างกัน พบอายุปลูก 8-9 เดือน มีปริมาณน้ำมันหอมระเหยประมาณ 9 % ของน้ำหนักแห้ง อย่างไรก็ตามในบางพื้นที่เหง้าอายุปลูก 5 เดือน มีประมาณสารเคอร์คูมินอยด์ได้ถึง 10 %และในบางพื้นที่เหง้าอายุปลูก 6 เดือน มีการนำมาสกัดด้วยแอลกอฮอล์ โดยมีปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์มากพอที่จะนำไปพัฒนาเป็นครีมขมิ้นชันที่มีฤทธิ์ต้านการอักเสบได้ พันธุ์ สภาพแวดล้อม และวิธีปฏิบัติในการปลูกที่ต่างกันย่อมมีผลต่อคุณภาพผลผลิตและการกำหนดอายุเก็บเกี่ยว โดยทั่วไปขมิ้นชันที่ปลูกตามฤดูกาลควรเก็บเกี่ยวในช่วงอายุ 7-9 เดือน เพราะจะได้ผลผลิตดี เหง้ามีความสมบูรณ์เต็มที่ มีความแกร่งสามารถเก็บรักษาเหง้าสดไว้ในสภาพปกติได้นาน แต่ถ้าปล่อยทิ้งไว้หลังจากนั้นเป็นเวลานานแล้วอาจเกิดโรคเน่าและผลผลิตลดลง

ตารางที่ 2 อายุการเก็บเกี่ยวต่อปริมาณสารเคอร์คูมิน

อายุการเก็บเกี่ยว (เดือน)	ปริมาณสารเคอร์คูมิน (%)
4	4
6	6.7
8	12.7

ที่มา: พนิดา (2542)

วิธีการเก็บเกี่ยว ช่วงฤดูแล้งเป็นระยะเก็บเกี่ยวเหง้าขมิ้นชัน โดยทั่วไปสภาพพื้นดินจะแห้งและแข็งมากกว่าปกติ พื้นที่ปลูกที่เป็นดินร่วนหรือดินร่วนปนทราย จะเก็บเกี่ยวเหง้าได้ง่ายกว่าพื้นที่เป็นดินเหนียวจัด ซึ่งขณะแห้งจะแข็งมาก ถ้าดินแข็งควรให้น้ำจนดินชื้นและปล่อยทิ้งไว้ให้ดินแห้งหมาดแล้วจึงทำการเก็บเกี่ยว โดยวิธีขุดหรือไถ แปลงปลูกขนาดเล็กควรใช้จอบขุด แปลงปลูกขนาดใหญ่ควรใช้เครื่องทุ่นแรง เช่นรถแทรกเตอร์ติดพานไถอันเดียว และใช้แรงงานเดินตามเก็บเหง้าที่เก็บเกี่ยวแล้วควรตัดส่วนต่างๆ ของต้นพืชที่ติดค้างออก เคาะเอาดินออก นำไปเขย่าหรือแกว่งในน้ำอีกครั้ง โดยใส่ภาชนะที่มีรูเล็กๆ และน้ำไหลผ่านได้สะดวก เช่น เข่ง หรือ ตะกร้า และควรคัดเลือกเหง้าพันธุ์ไว้สำหรับใช้ในฤดูกาลต่อไป

กรรมวิธีหลังการเก็บเกี่ยว ทำความสะอาด คัดแยกหัวและแง่งออกจากกัน ตัดรากและส่วนต่างๆ ที่ไม่ต้องการทิ้ง อาจใช้แปรงช่วยขัดผิวหรือตัดทิ้งส่วนที่ไม่สามารถทำความสะอาดได้ทั่วถึง คัดเลือกส่วนที่สมบูรณ์ปราศจากโรคและแมลง นำมาล้างด้วยน้ำสะอาดหลายๆครั้ง ส่วนการเตรียมสมุนไพรก่อนทำให้แห้งและการทำแห้ง มี 2 รูปแบบคือ แบบชิ้น โดยหั่นหัวหรือแง่งเป็นชิ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บางๆ วางบนถาดหรือกระด้ง เกลี่ยให้บาง คลุมด้วยผ้าขาวบางเพื่อป้องกันฝุ่นละอองและป้องกันการปลิวของสมุนไพร นำไปทำแห้งโดยการตากแดด หมั่นกลับบ่อยๆ หรือโดยการอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส โดยอบเป็นเวลา 8 ชั่วโมง จากนั้นลดอุณหภูมิลงเป็น 40-45 องศาเซลเซียส หมั่นกลับบ่อยๆ อบจนแห้ง โดยทั่วไปขมิ้นชันสด 5-6 กิโลกรัม จะได้ขมิ้นชันแห้งประมาณ 1 กิโลกรัมและทั้งแง่งวัตถุดิบเครื่องเทศในตลาดการค้าระหว่างประเทศโดยเฉพาะวัตถุดิบจากอินเดีย นิยมซื้อขายมากในสภาพแง่งแห้ง โดยนำแง่งที่ทำความสะอาดแล้ว ต้มในน้ำเดือดนาน 1-2 ชั่วโมงหรือต้มในน้ำด่างอ่อน เช่น โซเดียมไบคาร์บอนเนต, โซเดียมคาร์บอเนต เป็นต้น ระยะเวลาที่ใช้ต้มแตกต่างตามความเหมาะสม เช่น ต้มในน้ำด่างแคลเซียมออกไซด์ร้อยละ 1 นาน 3 ชั่วโมง ต้มในโปแตสเซียมคาร์บอเนตร้อยละ 2.5 นาน 1 ชั่วโมง เป็นต้น แล้วนำไปตากแดดจนแห้ง ประมาณ 6-8 วัน หรือโดยใช้เครื่องเป่าลมร้อน 65-70 องศาเซลเซียส จนแห้ง วิธีการต้มในน้ำด่างอ่อนจะช่วยเพิ่มสีแดงและลดสีเหลือง อนึ่ง การทำแห้งโดยการตากแดดที่ใช้เวลานาน จะเปิดโอกาสให้มีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ได้มาก และสีของขมิ้นชันแห้งจากการอบจะสวยกว่าการตากแดด โดยบรรจุและการเก็บรักษา ขมิ้นชันที่แห้งแล้วควรบรรจุในภาชนะที่สะอาด ปิดให้สนิท เก็บในที่แห้งและสะอาด หากยังไม่ได้นำไปใช้ให้นำออกผึ่งในที่ร่มทุก 3-4 เดือน ไม่ควรเก็บวัตถุดิบขมิ้นชันไว้นาน เพราะจากการศึกษาพบว่า ปริมาณน้ำมันหอมระเหยจะลดลงประมาณร้อยละ 25 เมื่อเก็บไว้นาน 2 ปี

1.8 ข้อกำหนดมาตรฐานของขมิ้นชัน มีข้อกำหนดสรุปดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ข้อกำหนดมาตรฐานของขมิ้นชัน

รายการ	ไม่เกิน	ไม่น้อยกว่า
ปริมาณสิ่งแปลกปลอม (% w/w)	2.0	
ปริมาณความชื้น (% v/w)	10.0	
ปริมาณเถ้ารวม (% w/w)	8.0	
ปริมาณสารสกัดด้วยเอธานอล (% w/w)		10.0
ปริมาณสารสกัดด้วยน้ำ (% w/w)		9.0
ปริมาณน้ำมันหอมระเหย (% v/w)		6.0
ปริมาณเคอร์คูมินอยด์คำนวณเป็นเคอร์คูมิน (% w/w)		5.0

ที่มา: Thai Herbal Pharmacopoeia (1995)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.9 การใช้ประโยชน์และการรักษาโรคจากขมิ้นชัน

1.9.1 ฤทธิ์ต้านเชื้อจุลินทรีย์

ขมิ้นชันมีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย โดยยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ทำให้เกิดหนอง (Lutomoski *et al.*, 1974) ยับยั้งการเกิดกรดเนื่องจากเชื้อ *Lactobacillus acidophilus* และ *L. phantarum* ในหลอดทดลอง (Shankar and Murthy, 1978) สารเคอร์คูมิน มีฤทธิ์ต้านเชื้อ *Staphylococcus* spp. และ *Streptococcus* spp. (Wongseri and Siripong, 1995) โดยสารสกัดน้ำของขมิ้นชัน ที่ความเข้มข้น 0.3 มล. มีฤทธิ์ต้านเชื้อ*Escherichia coli*, *Salmonella paratyphi*, *Salmonella typhi* และ *Staptococcus aureus* สารเคอร์คูมิน, desmethoxycurcumin และ bisdesmethoxycurcumin มีฤทธิ์ยับยั้ง sortase A ซึ่งเป็น bacterial surface protein anchoring transpeptidase ของเชื้อ *S. aureus* และ curcumin ยังแสดงฤทธิ์ยับยั้งการเข้าจับกันของเชื้อดังกล่าวกับ fibronectin ด้วย (Park *et al.*, 2005) เชื้อแบคทีเรีย *Helicobacter* เป็นต้นเหตุของการเกิดแผลในกระเพาะอาหาร เนื่องจาก *Helicobacter pylori* ทำให้เยื่อบุกระเพาะอาหารถูกย่อยทำลายโดยกรดและน้ำย่อยได้ง่ายขึ้น สารสกัดเมทานอลออกฤทธิ์ในการยับยั้งได้ร้อยละ 50 (MIC_{50}) เท่ากับ 50 มคก./มล. ในหลอดทดลอง (Mahady *et al.*, 2000) สารสกัดเมทานอลจากเหง้าขมิ้นชันแห้งและสารเคอร์คูมิน จากขมิ้นชัน สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของ *H. pyroli* 19 สายพันธุ์ รวมทั้งสายพันธุ์ cagA+ 5 สายพันธุ์ ค่า MIC อยู่ระหว่าง 6.25-50 มคก./มล. (Mahady *et al.*, 2002)

ฤทธิ์ในการต้านเชื้อรา ขมิ้นชันสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตและฆ่าเชื้อราจำพวก dematophytes, black mold, white mold และ yeast ได้หลายชนิด น้ำมันหอมระเหยของขมิ้นชัน มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราที่เป็นสาเหตุของโรคกลาก เช่น *Microsporum, Trichophyton* และ *Epidermophyton* นอกจากนี้น้ำมันขมิ้นชันมีฤทธิ์ต้านเชื้อรา *T. rubrum* และเมื่อทดสอบกับเชื้อรา *T. mentagrophytes, M. gypseum* พบค่าความเข้มขนต่ำสุดที่สามารถยับยั้งเชื้อได้ (MIC) คือ 6.56, 3.28 และ 3.28 มก./มล. ตามลำดับ เมื่อทดสอบด้วยวิธี agar well diffusion และค่า MIC ต่อเชื้อ *T. rubrum*, *T. mentagrophytes, E. floccosum* และ *M. gypseum* คือ 0.82, 0.41, 0.21 และ 0.41 มก./มล. ตามลำดับ เมื่อทดสอบด้วยวิธี agar dilution และสังเกตได้ว่า ในสภาวะที่มีน้ำมันขมิ้นชัน เชื้อ *T. rubrum* จะมีการบวมของเซลล์ (อัมพวัน และคณะ, 2543)

ฤทธิ์ต้านยีสต์ (*Candida*) น้ำมันขมิ้นชันขนาด dilution 1:160 – 1:120 สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Candida albicans* ได้ 34 สายพันธุ์ ขนาด dilution 1:160 – 1:10 สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Cryptococcus neoformans* ได้ 33 สายพันธุ์ ขนาด dilution 1:160 – 1:40 สามารถ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Penicilium marneffei* ได้ 39 สายพันธุ์ โดยเชื้อราดังกล่าวเป็นเชื้อราที่ก่อให้เกิดการติอเชื้อฉวยโอกาสในผู้ป่วยโรคเอดส์ (อัมพวัน, 2543) สารเคอร์คูมิน จากสารสกัดเอทานอล (มี curcumin 0.8%) และเมทานอล (มี curcumin 1.02%) จากเหง้าขมิ้นชัน มีฤทธิ์ต้านเชื้อ *C. albicans* ในหลอดทดลอง

ฤทธิ์ต้านปรสิต Dhar *et al.* (1968) พบว่า สารสกัดด้วยแอลกอฮอล์และน้ำ (1:1) ความเข้มข้น 125 ไมโครกรัม/ซีซี มีผลในการฆ่าเชื้ออะมีบา (*Entamoeba histolytica*) ซึ่งเชื้อนี้เป็นสาเหตุของโรคบิดมีตัว

1.9.2 ฤทธิ์ป้องกันตับอักเสบ

Wylly and Pedraza-Chaverri (2014) ศึกษาพบว่าสารเคอร์คูมิน แสดงประสิทธิภาพในการรักษาโรคต่างๆของมนุษย์ ซึ่งสารเคอร์คูมิน ในขมิ้นชันนี้ช่วยลดและป้องกันความเสียหายของตับที่เกิดจากโลหะหนัก เช่นสารหนู แคดเมียม โครเมียม ทองแดง ตะกั่ว ปรอท เป็นต้น และยังช่วยรักษาเอนไซม์การต้านอนุมูลอิสระในตับ พร้อมทั้งช่วยป้องกันการทำหน้าที่ผิดปกติของอวัยวะภายในร่างกายอีกด้วย

นอกจากนี้สารสกัดเอทานอลของขมิ้นชันขนาด 100 มก./กก. สามารถป้องกันตับของหนูขาวที่ถูกทำลายจากการได้รับยาพาราเซตามอลขนาด 600 มก./กก. โดยพบว่าระดับของเอนไซม์ตับคือ alanin aminotransferase (ALT), aspartate aminotransferase (AST), และ alkaline phosphatase (ALP) ที่เพิ่มขึ้นจากการได้รับยาพาราเซตามอล ลดลงและเนื้อเยื่อตับของหนูมีสภาพปกติ (Somchit *et al.*, 2005) และสารสกัดเอทานอลของขมิ้นชันขนาด 500 มก./กก. สามารถป้องกันความเป็นพิษต่อตับหนูขาวของ D-galactosamine โดยสารสกัดดังกล่าวสามารถลดระดับของ transaminase ในเลือดได้เท่ากับยา silymarin ซึ่งเป็นยาที่ใช้ในการรักษาโรคที่เกี่ยวกับตับ (Phatvej *et al.*, 2004) สารเคอร์คูมิน จากขมิ้นชันสามารถป้องกันตับจากการทำลายด้วยเอทานอล เมื่อทดลองในหนูถีบจักร และ slice culture model ซึ่งเอทานอลจะทำให้ตับมีการหลั่ง lactate dehydrogenase (LDH) เพิ่มขึ้น 3.5 เท่า เร่งให้เกิดกระบวนการ lipid peroxidation รวมถึงการทำหน้าที่และระดับของเอนไซม์ในตับลดลง (Naik *et al.*, 2004) สารเคอร์คูมินอยด์ มีฤทธิ์ในการป้องกันเซลล์ตับของมนุษย์ (Hep G_2 cell) ที่ถูกชักนำให้เกิดพิษด้วย tacrine โดยมีค่าความเข้มข้นที่ยับยั้งพิษได้ร้อยละ 50 (EC_{50}) ที่ 86.9, 70.7 และ 50.2 ไมโครโมลาร์ ตามลำดับ สารสกัดจากขมิ้นชันชันช่วยลดระดับความเป็นพิษของ cabontetrachloride (CCl_4) ในหนูที่ตับเกิดความเสียหาย และช่วยป้องกันกิจกรรมจากความเสียหายของ CCl_4 ที่ส่งผลต่อการไม่ตอบสนองของเซลล์ host ในความเป็นพิษที่เนื้อเยื่อช่องท้องในหนู ดังนั้นสรุปได้ว่า จาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การศึกษาขมิ้นชันมีคุณสมบัติเป็นภูมิคุ้มกันที่ช่วยปรับความเป็นพิษในตับ (Sengupta *et al.*, 2011) โดย Turmeric Antioxidant Protein (TAP) จากขมิ้นชัน มีฤทธิ์ในการป้องกันเนื้อเยื่อตับของหนูขาวจากการถูกทำลายด้วย peroxide ที่ถูกชักนำด้วย CCl_4 โดยพบว่า TAP สามาถยับยั้งการทำลายตับได้ร้อยละ 40-70 และ TAP ทำให้ SOD, CAT, glutathione peroxidase (GPx), glutathione-S-transperase (GST), glutathione (GSH), total thyrotropin (TSH), protein thiol (PSH), non-protein thiol (NPSH) และ ascorbic acid ที่ลดลงเนื่องจาก CCl_4 มีระดับเพิ่มขึ้นมาใกล้เคียงกับระดับปกติ TAP ช่วยลดการทำหน้าที่ของ glucose-6-phosphate dehydrogenase (G6PD), LDH, ALT และ AST ได้ 50-80 % ซึ่งการเพิ่มดังกล่าวนี้เกิดขึ้นเนื่องจากการชักนำของ CCl_4 นอกจากนี้ TAP ยังช่วยรักษาระดับของ glucose-6-phosphatase (G6Pase) และ membrane bound ATPase ที่ลดลงเนื่องจาก CCl_4 ด้วย (Subramanian and Selvam, 1999)

1.9.3 ฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อไวรัส

Rechtman *et al.* (2010) ศึกษาสารเคอร์คูมิน ยับยั้งไวรัสตับชนิด B (HBV) ซึ่งจากการทดสอบสารประกอบฟีนอลใน curcumin สามารถยับยั้งการแสดงออกของยีน HBV โดยสารเคอร์คูมิน จะรักษาเซลล์ host ที่ติดเชื้อ HBV นอกจากนี้สารสกัดเคอร์คูมินอยด์ จากขมิ้นชันด้วยเมทานอล ซึ่งส่วนประกอบทั้งหมดของเคอร์คูมินอยด์ มีผลต่อการยับยั้งไวรัสไข้หวัดใหญ่สายพันธุ์ H1N1 และ H9N2 ซึ่งจากการศึกษา เคอร์คูมินอยด์จากขมิ้นชันอาจจะช่วยส่งเสริมโมเลกุลในการป้องกันและรักษาโรคจากไวรัสไข้หวัดใหญ่ได้ (Dao *et al.*, 2012)

1.9.4 ฤทธิ์ลดอาการแน่นจุกเสียดและการบีบตัวของลำไส้

กองวิจัยและพัฒนาสมุนไพร (2549) กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ศึกษาพบว่า ขมิ้นชันไม่มีพิษที่รุนแรง ทั้งในการใช้ระยะสั้นและระยะยาว นอกจากนี้ ยังวิเคราะห์พบว่า น้ำมันหอมระเหย เป็นสารสำคัญในการออกฤทธิ์รักษาอาการท้องอืด ท้องเฟ้อ โดยได้ทำการศึกษาทดลองในโรงพยาบาลชุมชน บริเวณลิ้นปี่ เนื่องจากมีลมในกระเพาะอาหาร จุกเสียดท้อง เนื่องจากมีลมในกระเพาะอาหารและลำไส้ ผลจากการรักษาเป็นที่น่าพอใจ ผู้ป่วยที่ได้รับขมิ้นชันมีอาการดีขึ้นและไม่พบผลแทรกซ้อนในการใช้ นอกจากนี้การทดลองทางคลินิกในคนไข้ 440 คน อายุเฉลี่ย 48.5 ปี โดยการให้รับประทานขมิ้นชันวันละ 162 มก. พบว่า มีฤทธิ์ลดการบีบตัวของลำไส้และยังช่วยในการขับลมและแก้อาเจียนด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.9.5 ป้องกันรังสีอุลตราไวโอแลต ชนิดบี (UVB) และอัลไซเมอร์

Sumitoshi and Kimura (2009) ศึกษาการสกัดขมิ้นชันในการช่วยปกป้องรังสีอุลตราไวโอแลต ชนิดบี (UVB) จากการฉายรังสีทำให้ผิวหนังเกิดความเสียหาย ซึ่งจากการศึกษาพบว่าจากการฉายรังสีอุลตร้าไวโอแลต ช่วยป้องกันการสร้างรอยเหี่ยวย่นและเมลานิน นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มความกว้างและความยาวของหลอดเลือดผิว นอกจากนี้ เคอร์คูมินอยด์ช่วยควบคุมการยับยั้ง acetylcholinesterase (AChE) ซึ่งได้มีการทดลองในหนู พบว่า เคอร์คูมินอยด์เกิดการยับยั้ง acetylcholinesterase ทั้งใน *in-vitro* และ *ex-vivo* ในโรคอัลไซเมอร์ และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพความจำอีกด้วย (Ahmed and Gilani, 2009)

1.9.6 ฤทธิ์ลดการอักเสบ, ต้านการเกิดแผลและสมานแผล

Hongbin *et al.* (2014) ศึกษาพบว่า ใช้สารเคอร์คูมิน สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการรักษาหลังจากเส้นประสาทไขสันหลังได้รับการบาดเจ็บในหนูตัวผู้ได้ โดยการอักเสบ การบวมของเส้นประสาทไขสันหลังและการตายของเซลล์ดีขึ้น

ผงขมิ้นชันที่นำมาผสมกับน้ำแล้วทาลงบนแผลพบว่า ช่วยเร่งให้แผลที่ไม่ติดเชื้อของกระต่ายและหนูขาวหายได้ร้อยละ 23.3 และ 24.2 ตามลำดับ และสามารถเร่งให้แผลติดเชื้อของหนูขาวหายได้ร้อยละ 26.2 (Gujral *et al.*, 1953) การทดลองทางคลินิก โดยทายาสมุนไพรซึ่งมีขมิ้นชันเป็นส่วนประกอบที่ผิวหนัง พบว่ามีฤทธิ์ในการสร้างเซลล์ผิวขึ้นใหม่ มีผู้ทดลองใช้สารเคอร์คูมิน จากขมิ้นชันในการรักษาแผลหลังผ่าตัด 40 ราย พบว่า ให้ผลลดการอักเสบได้เหมือน phenylbutazone การทดลองใช้ขมิ้นชันหรือยาปฏิชีวนะ ในการรักษาแผลผุพองในผู้ป่วยเด็ก 60 ราย โดยแบ่งเป็นกลุ่มที่ใช้ขมิ้นชัน และกลุ่มที่ให้ยาปฏิชีวนะ แล้วติดตามดูแผลพุพองหลังการรักษา 21 วัน พบว่า ผู้ป่วยทุกรายหายจากโรค และไม่พบภาวะแทรกซ้อนหรือข้อแตกต่างระหว่างการใช้ขมิ้นชันและยาปฏิชีวนะ (สมพร และคณะ, 2529)

Srimal and Dhawan (1973) พบว่าสารสกัดของขมิ้นชัน มีฤทธิ์ลดการอักเสบและเมื่อเปรียบเทียบกับ phenylbutazone พบว่ามีฤทธิ์ใกล้เคียงกันในกรณีของการอักเสบแบบเฉียบพลัน ส่วนกรณีของการอักเสบแบบเรื้อรังจะมีฤทธิ์เพียงครึ่งเดียวเท่านั้น โดยทำการทดลองฉีดสารสกัดขมิ้นชันขนาด 160 มก./กก. เข้าทางกระเพาะอาหารของหนูขาว พบว่ามีฤทธิ์ยับยั้งการอักเสบคิดเป็นร้อยละ 29.5 และสารเคอร์คูมิน เป็นสารออกฤทธิ์ นอกจากนี้ curcumin ยังช่วยให้เกิดแผลในกระเพาะอาหารได้น้อยกว่า phenylbutazone นอกจากนี้แล้วมีผลิตภัณฑ์ครีมขมิ้นชัน ซึ่งมีสารสำคัญคือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

curcumin, demethoxycurcumin, bisdemethoxycurcumin และ aromatic turmerone เท่ากับ 0.78, 0.19, 0.16 และ 0.87 %w/v ตามลำดับ มีฤทธิ์ต้านการอักเสบที่เกิดจาก bradykinin

จากการศึกษาทางคลินิกแบบ randomized, double-blind, placebo controlled, cross-over study ในผู้ป่วยกระดูกข้ออักเสบเรื้อรังจำนวน 42 คน โดยใช้ยาสมุนไพรที่มีส่วนประกอบของเหง้าขมิ้นชัน 50 มก./แคปซูล 650 มก. พบว่าการได้รับยาสมุนไพรดังกล่าวสามารถลดความเจ็บปวดที่รุนแรงได้ (นพมาศ, 2547)

นอกจากนี้ มีการนำสารสกัดร้อยละ 95 ของเอทานอลของขมิ้นชัน มาพัฒนาตำรับเป็นครีมป้ายปาก แล้วทำการทดลองเพื่อสังเกตฤทธิ์ในการสมานแผล โดยทำการทดลองในอาสาสมัคร 30 คน พบว่าครีมป้ายปากที่มีสารสกัดขมิ้นชันร้อยละ 1 มีผลทำให้แผลในปากหายภายใน 1 สัปดาห์ (อรัญญา, 2543)

ขมิ้นชันมีฤทธิ์สมานแผลในกระเพาะอาหาร (Nutakul, 1994) โดยเร่งการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อที่เป็นแผล ทำให้แผลหายเร็วขึ้น $\alpha\gamma$-turmerone จากน้ำมันหอมระเหยของขมิ้นชันและสารเคอร์คูมิน ขนาด 50 มก./กก. เป็นสารออกฤทธิ์ป้องกันและรักษาแผลในกระเพาะอาหาร โดยกระตุ้นการหลั่ง mucin มาเคลือบกระเพาะอาหาร อีกทั้งยังช่วยยับยั้งน้ำย่อยต่างๆได้อีกด้วย (Rafatullah *et al.*, 1999)

การทดสอบป้อนน้ำมันขมิ้นชันแก่หนูขาวในขนาด 0.075, 0.15 และ 0.3 ก./กก. ก่อนถูกกระตุ้นให้เกิดแผลในกระเพาะอาหารด้วย 0.6 N hydrochloric acid และ indomethacin 50 มก./กก. เป็นเวลา 30 นาที พบว่าน้ำมันขมิ้นชันช่วยทำให้ pH ในกระเพาะอาหารเพิ่มขึ้น ลดการทำงานของเอนไซม์เปปซินและเพิ่มการหลั่งสารเมือกของกระเพาะอาหาร ซึ่งฤทธิ์ดังกล่าว จะเพิ่มตามขนาดของน้ำมันที่ให้ และพบว่าที่ขนาด 0.3 ก./กก. ยังช่วยป้องกันการเกิดแผลในกระเพาะอาหารจาก hydrochloric acid และ indomethacin ได้ร้อยละ 97.4 และ 100 (นิตยา, 2545)

นอกจากนี้ยังมีการทดลองทางคลินิก ที่ใช้ขมิ้นชันในการรักษาผู้ป่วยที่มีอาการปวดท้องด้วยอาการโรคแผลในกระเพาะอาหาร โดยเปรียบเทียบกับการใช้ยาไตรซิลิเกต (trisilicate) ซึ่งเป็นยาลดกรดขององค์การเภสัชกรรม หลังการทดลองได้ผลดังนี้ คืออาการดีขึ้นมากหลังรักษาด้วยขมิ้นชันครบ 12 สัปดาห์ จำนวน 15 ราย คิดเป็นร้อยละ 60 หายเป็นปกติ 1 ราย คิดเป็นร้อยละ 5.8 อาการดีขึ้นมากหลังรักษาด้วยยาไตรซิลิเกต 5 ราย คิดเป็นร้อยละ 50 และหายเป็นปกติ 4 ราย คิดเป็นร้อยละ 40 (อัญชลี และคณะ, 2529) ต่อมาได้มีการทดลองในผู้ป่วย 10 คน เป็นชาย 8 คน หญิง 2 คน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อายุระหว่าง 16-60 ปี เป็นแผลในกระเพาะอาหารและลำไส้ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของแผล 0.5-1.5 ซม. ซึ่งมีอาการปวดท้องและอาการอื่นๆที่บ่งถึงภาวะแผลเปื่อยในกระเพาะอาหารและ/หรือลำไส้เล็ก ทำการทดสอบโดยให้รับประทานขมิ้นชันแคปซูลขนาด 250 มก. ครั้งละ 2 แคปซูล วันละ 4 ครั้ง คือ รับประทานก่อนอาหารครึ่งชั่วโมง 3 มื้อและรับประทานก่อนนอน เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ การตรวจสอบโดยการส่องกล้อง ทำในสัปดาห์ที่ 0, 4, 8 และ 12 สัปดาห์ หลังจากรักษา มีผู้ป่วยแผลหาย 7 ราย (70%) โดยแผลหายภายใน 4 สัปดาห์ 5 ราย (50%) แผลหายภายใน 8 สัปดาห์ 1 ราย (10%) และแผลหายภายใน 12 สัปดาห์ 1 ราย (10%) (Prucksunand *et al.*, 1986)

การทดลองทางคลินิก โดยให้ผู้ป่วยโรคกระเพาะชนิด gastric ulcer (GU) จำนวน 5 ราย และ duodenal ulcer (DU) จำนวน 20 ราย ได้รับยาแคปซูลขมิ้นชันขนาด 300 มก. ครั้งละ 2 แคปซูล วันละ 5 ครั้ง คือรับประทานก่อนอาหาร 0.5-1 ชั่วโมง 3 มื้อ รับประทานเวลา 16.00 น. และรับประทานก่อนนอน เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ พบว่า ผู้ป่วย 12 ราย (DU 9 รายและ GU 3 ราย) จาก 25 ราย คิดเป็น 48% แผลหายภายใน 4 สัปดาห์ ผู้ป่วย 18 ราย (DU 13รายและ GU 5 ราย)จาก 25 ราย คิดเป็น 72% แผลหายภายใน 8 สัปดาห์ ผู้ป่วย 19 ราย (DU 14รายและ GU 5 ราย) จาก 25 ราย คิดเป็น 76 % แผลหายภายใน 12 สัปดาห์ และผู้ป่วยที่แผลหายแล้ว จะไม่กลับมาเป็นแผลอีก (Prucksunand *et al.*, 2001)

1.9.7 ต้านการเกิดเนื้องอกและเซลล์ที่ก่อให้เกิดมะเร็ง

Yanyan and Zhang (2014) ศึกษาพบว่า สารเคอร์คูมิน ในขมิ้นชันมีศักยภาพในการจำเพาะต่อเซลล์มะเร็งต้นกำเนิดได้ (cancer stem cells) และได้มีการนำไปใช้ในทางคลินิกพบว่า สารเคอร์คูมิน อาจช่วยเสริมและมีแนวโน้มที่จะรักษาโรคมะเร็งได้ดีกว่าการรักษาแบบดั้งเดิม โดยขมิ้นชันเป็นพืชที่มีสารต้านอนุมูลอิศระได้ดี เพราะมีสารเคอร์คูมิน เป็นองค์ประกอบ ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสาร antioxidant เนื่องจากในสูตรโครงสร้างของสารเคอร์คูมินอยด์ มีวงเบนซินที่ต่อกับ OH group ซึ่งอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ตลอดเวลา ทำให้เกิดประจุที่สามารถจับกับอนุมูลอิสระได้ดี สารcurcumin, demethoxycurcumin และ bisdemethoxycurcumin สามารถต้านอนุมูลอิสระได้ดีทั้งสามชนิด (Jayaprakasha *et al.*, 2006) มีการศึกษาผลของการสกัดเคอร์คิวมินอยด์ จากขมิ้นชัน ได้แก่ สารสกัด curcumin, demethoxycurcumin, bisdemethoxycurcumin และ เคอร์คิวมินอยด์รวมต่อการยับยั้งการแสดงออกของยีน WT1 ในเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาว พบว่า curcumin เป็น เคอร์คูมินอยด์มีฤทธิ์ในการยับยั้งการแสดงออกของยีน WT1 ทั้งในระดับ mRNA และโปรตีนในเซล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวได้ดีที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่า ฤทธิ์การยับยั้งของเคอร์คูมินยังเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นและระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น (สิงห์คำ และคณะ, 2551) มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเซลล์รังไข่ในหนูแฮมเตอร์ และเป็นพิษต่อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เซลล์มะเร็งต่อมน้ำเหลืองที่ความเข้มข้น 0.4 mg/ml โดยการทดลองแรกเริ่มนี้ นำไปสู่การสกัดขมิ้นชันเพื่อช่วยลดและพัฒนาการรักษาเนื้องอกในสัตว์ต่อไป (Kuttan *et al.*, 1985)

ขมิ้นชันมีประโยชน์มากมายเป็นสารที่ดีต่อสุขภาพ ช่วยป้องกันเชื้อโรค ต้านการอักเสบ ต้านอนุมูลอิสระ ต้านสารก่อมะเร็ง ต้านไวรัส และช่วยยับยั้งการติดเชื้อ นอกจากนี้ยังช่วยในการล้างพิษ มีผลวิจัยอย่างกว้างขวางถึงการใช้ เคอร์คูมินในการรักษาโรคทางอายุรเวท (Joe *et al.*, 2004)

2. น้ำส้มสายชู

2.1 ความหมายน้ำส้มสายชู

น้ำส้มสายชู (vinegar) เป็นผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่งที่ผลิตขึ้นมาจากกระบวนการหมัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระบวนการหมักในอาหารเหลว น้ำส้มสายชูเป็นที่รู้จักกันมาตั้งแต่สมัยโบราณ เช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์ประเภทไวน์ โดยน้ำส้มสายชูเกิดจากการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ไวน์ที่มีการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียในสกุล *Acetobacter* ซึ่งก่อให้เกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงแอลกอฮอล์ที่มีอยู่ในไวน์ให้เป็นกรดอะซิติกในสภาพที่มีออกซิเจน ทำให้ไวน์ที่ได้นั้นมีรสเปรี้ยว ทำให้เรียกผลิตภัณฑ์นี้ว่า “น้ำส้มสายชู : Vinegar” มาจากภาษาฝรั่งเศสว่า “Vinaigre” ซึ่งมีความหมายว่าไวน์เปรี้ยว (Sour wine) (วราวุฒิ และ รุ่งนภา, 2532)

น้ำส้มสายชูเป็นของเหลวใส ซึ่งอาจจะไม่มีสีหรือมีสีของวัตถุที่ใช้ในการหมัก โดยส่วนประกอบของน้ำส้มสายชูจะขึ้นอยู่กับ สารละลายในวัตถุดิบที่ใช้ ความหนาแน่น จุดเดือด จุดเยือกแข็ง แรงตึงผิวและความหนืดของน้ำส้มสายชู อาจจะมากกว่าหรือน้อยกว่าของน้ำบริสุทธิ์ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของกรดอะซิติกและวัตถุดิบที่ใช้แต่ความเป็นกรดด่าง (pH) จะมีค่าระหว่าง 2-3.5

2.2 ประเภทของน้ำส้มสายชู ที่ได้จากการหมักจะมีลักษณะที่เฉพาะตัว จึงทำให้น้ำส้มสายชูหมักแตกต่างจากน้ำเจือจางกรดอะซิติก ประเภทของน้ำส้มสายชูจะขึ้นกับชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ ซึ่งน้ำส้มสายชูที่ผลิตขึ้นมาจากวัตถุดิบที่แตกต่างกันก็จะมีกลิ่นรสและคุณภาพโดยรวมที่แตกต่างกันไป (Hutkins, 2006) น้ำส้มสายชูที่แบ่งภายใต้การควบคุมของพระราชบัญญัติควบคุมคุณภาพอาหาร แบ่งน้ำสมสายชูออกเป็น 3 ชนิด คือ

2.2.1 น้ำส้มสายชูหมัก (fermented vinegar) น้ำส้มสายชูที่ได้จากการหมักธัญพืช ผลไม้ น้ำตาล หรือกากน้ำตาล ด้วยส่าเหล้าหรือยีสต์เพื่อให้ได้แอลกอฮอล์แล้วหมักต่อด้วยเชื้อน้ำส้มสายชู

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

น้ำส้มสายชูหมักจัดเป็นน้ำส้มสายชูที่มีกลิ่นหอมและรสชาติดี มีสีต่างกันตามสีของวัตถุดิบ กลิ่นหอมของน้ำส้มสายชูหมักนี้มาจากสารบางชนิดที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักและกลิ่นรสจะดียิ่งขึ้น เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลานานๆ

2.2.2 น้ำส้มสายชูกลั่น (distilled vinegar หรือ spirit vinegar) (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2527) หมายถึง น้ำส้มสายชูที่ได้จากการกลั่นน้ำส้มสายชูหมักหรือที่เรียกว่า distilled vinegar หรือหมายถึงน้ำส้มสายชูที่ได้จากการหมักเอทานอลเจือจางกับเชื้อน้ำส้มสายชูตามกรรมวิธีการผลิต โดยมีการเติมเกลือแร่และอาหารเสริมซึ่งจำเป็นต่อการเจริญของเชื้อน้ำส้มสายชู ได้แก่ แอมโมเนียมไนโตรเจนฟอสเฟส กลูโคส ออโตไลซ์ ยีสต์ (autolysed yeast) แพนโตธีเนต และเกลือของกรดอินทรีย์ แล้วนำน้ำส้มสายชูที่ได้ไปกลั่นหรือกรองต่อไปหรือที่เรียกว่า spirit vinegar น้ำส้มสายชูหมักแบบธรรมชาติจะมีความแตกต่างจากน้ำส้มสายชูกลั่นตรงที่นอกจากความเปรี้ยวที่ใช้ในการปรุงรส ประกอบอาหาร หรือใช้ในการถนอมอาหารแล้ว น้ำส้มสายชูหมักยังอุดมไปด้วยสารอาหารต่างๆ ซึ่งไม่มีในน้ำส้มสายชูกลั่น สารอาหารต่างๆ เหล่านี้ เช่น กรดอะมิโน เอนไซม์ แร่ธาตุต่างๆ เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส ทั้งนี้ขึ้นกับวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการหมัก (กองบรรณาธิการเกษตรกรรมธรรมชาติ, 2548)

2.2.3 น้ำส้มสายชูเทียม หมายถึง น้ำส้มสายชูที่ได้จากการนำเอากรดอะซิติกเข้มข้นมาทำให้เจือจางไม่น้อยกว่า 4 กรัมแต่ไม่เกิน 7 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส น้ำส้มสายชูเทียมเป็นน้ำส้มสายชูที่มีราคาถูก มีความบริสุทธิ์แต่ขาดกลิ่นรสที่ดี (ดุษณี, 2546) นอกจากนี้ยังมีน้ำส้มสายชูอีกชนิดหนึ่งเพิ่มขึ้นมาเรียกว่า น้ำส้มสายชูปลอม ซึ่งได้มาจากกรดอนินทรีย์ที่มีพิษร้ายแรง เช่น กรดกำมะถัน กรดเกลือ ซึ่งมีราคาถูก มาเจือจางกับน้ำแทนที่จะใช้หัวน้ำส้มพวกกรดอะซิติกล้วน (glacial acetic acid) ซึ่งมีราคาแพงมาผสมน้ำ ถ้ารับประทานจะบั่นทอนระบบประสาท ตลอดจนระบบการย่อยอาหารอีกด้วย ในน้ำส้มสายชูปลอม นอกจากจะมีอันตรายจากความเข้มข้นของกรดแล้ว ยังอาจมีสารปนเปื้อนอื่นๆ เช่น ปรอท ตะกั่ว สารหนู ซึ่งล้วนเป็นอันตรายทั้งสิ้น (ดุษณี, 2546)

นอกจากนี้ สามารถแบ่งประเภทของน้ำส้มสายชูที่ผลิตเป็นการค้าได้ (วราวุฒิ และรุ่งนภา, 2532) ดังนี้คือ

Ditilled vinegar เป็นน้ำส้มสายชูที่ผลิตขึ้นมา โดยใช้แอลกอฮอล์เป็นวัตถุดิบโดยตรง ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ใช้ในการหมักมีความเข้มข้น 10-14 % โดยปริมาตร ลักษณะของน้ำส้มสายชูชนิดนี้จะใส และมีกรดอะซิติก 4 % อีกทั้งมีปริมาณแอลกอฮอล์ที่เหลืออยู่ไม่ควรเกิน 0.5%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นอกจากนี้ยังอาจจะพบอะเซทัลดีไฮด์ อะซีโตน เอทิลอะซีเตทอีกด้วย เพราะสารเหล่านี้อาจมีอยู่ในแอลกอฮอล์ที่ใช้เป็นวัตถุดิบนั่นเอง

Cider vinegar เป็นน้ำส้มสายชูที่ผลิตจากน้ำแอปเปิ้ล โดยทำการหมักน้ำแอปเปิ้ลที่มีความหวานประมาณ 10 องศาบริกซ์ เป็นเวลา 1 ปี จะได้น้ำส้มสายชูที่มีกรดอะซีติก 5 %

Malt vinegar เป็นน้ำส้มสายชูที่ผลิตจากข้าวมอลท์ ตามปกติแล้วข้าวมอลท์นิยมใช้เป็นแหล่งของเอนไซม์อะไมเลสเพื่อย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาลในการทำเบียร์ ดังนั้นการผลิตน้ำส้มสายชูชนิดนี้ จึงต้องมีการย่อยสลายข้าวบาร์เลย์ หรือธัญพืชชนิดอื่นด้วยเอนไซม์ในข้าวมอลท์แล้วยีสต์นำน้ำตาลนั้นไปหมักเป็นแอลกอฮอล์ จากนั้นจึงจะหมักต่อไปเป็นกรดอะซิติกอีกต่อหนึ่ง โดยใช้แบคทีเรียในกลุ่ม acetic acid bacteria

Whey vinegar เป็นน้ำส้มสายชูที่ผลิตจากน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตเนยแข็ง หรือที่เรียกว่า เวย์ที่ถูกทำให้เข้มข้นแล้ว ในน้ำทิ้งจากโรงงานเนยแข็งนี้มักมีน้ำตาลแลคโตสเป็นองค์ประกอบ ดังนั้นในการหมักแอลกอฮอล์ในช่วงแรกจึงจำเป็นต้องใช้เชื้อยีสต์ที่สามารถหมักน้ำตาลแลคโตสได้เช่น *Kleyveromyces* อย่างไรก็ตาม *Acetobacter* ก็มีคุณสมบัติใช้น้ำตาลแลคโตสได้เช่นกัน

Rice vinegar เป็นน้ำส้มสายชูที่ผลิตจากข้าว กรรมวิธีในการผลิตเช่นเดียวกับน้ำส้มสายชูที่ทำจากข้าวมอลท์

Wine vinegar เป็นน้ำส้มสายชูที่ทำจากองุ่น กรรมวิธีการผลิตเช่นเดียวกับน้ำส้มสายชูที่หมักจากน้ำแอปเปิ้ล

Friut vinegar เป็นน้ำส้มสายชูที่หมักจากผลไม้ต่างๆ เช่น อินทผลัม ส้ม สับปะรด

Sugar vinegar เป็นการนำน้ำเชื่อมหรือกากน้ำตาลมาหมักให้ได้แอลกอฮอล์และหมักต่อให้ได้กรดอะซิติก

Glucose vinegar เป็นการหมักสารละลายกลูโคสให้เป็นแอลกอฮอล์และเป็นกรดอะซิติกในที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.3 ขั้นตอนการผลิตน้ำส้มสายชู

2.3.1 การเตรียมวัตถุดิบ (raw maerail preparation) วิธีการเตรียมวัตถุดิบให้เป็นสารละลายที่มีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบ ขึ้นอยู่กับลักษณะของวัตถุดิบที่ใช้ เช่น วัตถุดิบที่มีปริมาณน้ำตาลต่อจะมีปัญหาในการเก็บรักษาจึงจำเป็นต้องทำให้อยู่ในรูปเข้มข้นโดยใช้เทคนิครีเวิร์สออสโมซิส (reverse osmosis) ส่วนวัตถุดิบที่มีปริมาณน้ำตาลสูง เช่น โมลาส (molasses) น้ำเชื่อมข้าวโพด (corn syrup) และน้ำผึ้ง จะต้องเจือจางด้วยน้ำให้มีน้ำตาล 10-15 % และต้องการลดการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ด้วยการปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.5-5.0 ด้วยกรดและการพาสเจอไรส์ และอาจมีการเติมสารอาหารให้กับยีสต์ในรูปของแอมโมเนียมซัลเฟต การเติมสารอาหารจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ ซึ่งขึ้นอยู่กับส่วนประกอบที่มีอยู่ในวัตถุดิบที่ใช้ในการหมักด้วย เช่น การผลิตน้ำส้มสายชูจากไวน์ หรือ wine vinegar จำเป็นต้องเติมเกลือแอมโมเนียมฟอสเฟต ในระดับความเข้มข้น 0.4 กรัมต่อน้ำหมัก 1 ลิตร ซึ่งการเติมสารอาหารต่างๆอย่างเพียงพอ จะทำให้การหมักเพื่อผลิตกรดอะซิติก เกิดขึ้นอย่างน่าพอใจ (วราวุฒิ และ รุ่งนภา, 2532)

2.3.2 กลไกการผลิตน้ำส้มสายชู

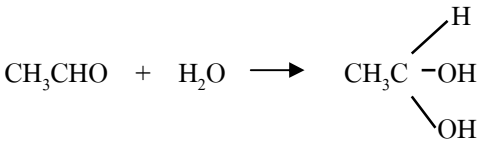
Conner and Allgeier (1976) ได้สรุปรายงานเกี่ยวกับปฏิกิริยาการเปลี่ยนเอทานอลเป็นกรดอะซิติกดังนี้

ขั้นตอนแรก เป็นการเปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้เป็นอะซีทัลดีไฮด์ (acetaldehyde) โดยอาศัยเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนส (alcohol dehyreogenase) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ดังสมการที่ 1

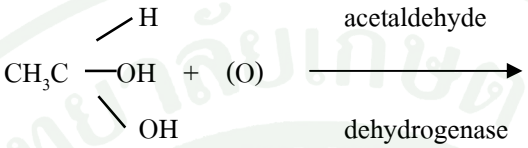
$$\underset{\text{ethanol}}{CH_3CH_2OH} + O \longrightarrow \underset{\text{acetaldehyde}}{CH_3CHO} + H_2O \qquad (1)$$

ขั้นตอนที่สอง เป็นการสร้างกรดอะซิตัลดีไฮด์ ปฏิกิริยาแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนแรกอะซิตัลดีไฮด์รวมกับน้ำเป็นไฮเดรตเตตอะซิตัลดีไฮด์ (hydrated acetaldehyde) ดังสมการที่ 2 จากนั้นเกิดปฏิกิริยาขั้นตอนที่ 2 ไฮเดรตเตตอะซิตัลดีไฮด์ถูกออกซิไดส์หรือดีไฮโดรจิเนท (dehydrogenate) เป็นกรดอะซิติกโดยเอนไซม์อะซิตัลดีไฮด์ดีไฮโดรจิเนส (acetaldehyde dehydrogenase) ทำให้โปรตอน (proton) 2 ตัวของไฮเดรตเตตอะซิตัลดีไฮด์ถูกส่งผ่านไปสู่อะตอมของออกซิเจน ดังสมการที่ 3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

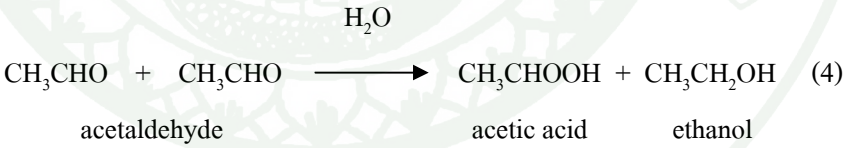


acetaldehyde hydratedacetaldehyde (2)



Hydratedacetaldehyde acetic acid (3)

อะซิตัลดีไฮด์อาจเปลี่ยนเป็นกรดอะซิติกได้อีกแนวทางหนึ่งโดยอะซีตัลดีไฮด์สองโมเลกุลจากสมการที่ 1 ทำปฏิกิริยากันเองได้กรดอะซิติกและเอทานอลดังสมการที่ 4 ซึ่งปฏิกิริยานี้เรียกว่าปฏิกิริยาแคนนิซซาโร (cannizaro reaction) ส่วนเอทานอลที่เกิดขึ้นจะเข้าสู่สมการที่ 1 อีกเป็นวัฏจักรจนกระทั่งกลายเป็นกรดอะซิติกทั้งหมด ในทางทฤษฎีพบว่า เอทานอล 1 กรัม สามารถเปลี่ยนเป็นกรดอะซิติกได้ 1.31 กรัม (Adams, 1985)



acetaldehyde acetic acid ethanol (4)

ในกระบวนการผลิตน้ำส้มสายชู จะต้องมีออกซิเจนอยู่เพียงพอ ซึ่งปริมาณออกซิเจนจะลดลงไปเนื่องจากกระบวนการหายใจของเซลล์ ถ้าปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอและมีความเข้มข้นของกรดอะซิติกและเอทานอลอยู่สูงจะทำให้เซลล์ตายได้ (วราวุฒิ และ รุ่งนภา, 2532) ดังนั้นระดับความเข้มข้นของกรดอะซิติกและเอทานอลจะต้องอยู่ในปริมาณที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของ *Acetobacter* ซึ่งปริมาณเอทานอลสูงที่สุด ไม่ควรเกิน 5 % ซึ่งบางครั้ง *Acetobacter* อาจต้องเจอกับเอทานอลเริ่มต้นสูงถึง 12 % หรือมากกว่า 2.5 M ถ้ามีการเจริญของเชื้อน้ำส้มสายชูจะสามารถผลิตกรดอะซิติกได้มากกว่า 7 % จากการทดลองของ Lasko *et al.* (2001) ได้ศึกษาสายพันธุ์ของแบคทีเรียที่สามารถต่อกรออะซิติกได้ โดย *Acetobacter aceti* DMR 2002 สามารถผลิตกรด (ทนต่อกรด) ได้สูงถึง 20 % ของกรดอะซิติก (3.3 M) โดยเป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการ ซึ่งคาดการว่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จะสามารถพัฒนาสายพันธุ์ของเชื้อแบคทีเรีย *Acetobacter* ให้มีความสามารถผลิตในระดับอุตสาหกรรมการหมักน้ำส้มสายชูทางการค้าได้

2.4 จุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชู เนื่องจากน้ำส้มสายชูเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมัก 2 ขั้นตอน คือ การเปลี่ยนน้ำตาลเป็นเอทิลแอลกอฮอล์และการออกซิไดส์เอทิลแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดอะซิติก ดังนั้นจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการหมักน้ำส้มสายชูจึงมี 2 ชนิดคือ ยีสต์และแบคทีเรีย

โดยยีสต์ที่ใช้สำหรับการผลิตเอทานอลระดับอุตสาหกรรมมีหลายสปีชีส์*เช่น* *Saccharomyces cerevisae, S uvarum* (*carlsbergensis*), *Schizosaccharomyces pombe* และ *Kluyveromyces fragilis* สำหรับ *S. cerevisiae* เป็นยีสต์ที่ทนต่อสภาวะแวดล้อมต่างๆ ที่ไม่เหมาะสมได้ดีกว่ายีสต์ชนิดอื่น ดังนั้นในปัจจุบันการผลิตเอทานอลส่วนใหญ่จึงใช้ยีสต์ *S. cerevisiae* นอกจากนั้นในปัจจุบันมีการพัฒนาการผลิตเอทานอลโดยใช้แบคทีเรีย *Zymomonas mobilis* และ *Clostridium thermocellum* ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่ไม่ต้องการออกซิเจนสามารถหมักเซลลูโลสและเจริญได้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 50 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามแบคทีเรียทั้งสองสกุลดังกล่าวมีความทนต่อเอทานอลต่ำกว่ายีสต์

หลังจากนั้นแบคทีเรียจะเปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดแอซิติกในสภาพที่มีออกซิเจน ที่อุณหภูมิระหว่าง 15-34 องศาเซลเซียส แบคทีเรียที่นิยมใช้คือ *Acetobacter* sp.ถึงแม้ว่าแบคทีเรียหลายชนิดสามารถผลิตกรดอะซิติกได้ แต่มีเพียงแบคทีเรียกลุ่มเดียวคือ acetic acid bacteria ที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำส้มสายชู แบคทีเรียในกลุ่ม acetic acid bacteria นี้ มี 2 สกุลด้วยกันคือ *Acetobacter* และ *Gluconobacter* (*Acetomonas*) แบคทีเรีย 2 สกุลนี้แตกต่างกันคือ *Gluconobacter* จะออกซิไดส์เอทานอลให้เป็นกรดอะซิติกแต่เพียงอย่างเดียว ในขณะที่ *Acetobacter* สามารถออกซิไดส์เอทานอลให้เป็นกรดอะซิติกและน้ำ *Acetobacter* จะเป็นแบคทีเรียใน Family Acetobacteriaceae เป็นแบคทีเรียแกรมลบ ทนกรดได้ดี ซึ่งการผลิตน้ำส้มสายชูส่วนใหญ่จะใช้เชื้อ *Acetobacter* โดยจะเลือกใช้เฉพาะเชื้อที่ให้กรดอะซิติกสูงกว่า 4 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร เท่านั้น โดยเชื้อน้ำส้มสายชูสายพันธุ์ที่นิยมนำมาใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชูในระดับอุตสาหกรรมได้แก่ *Acetobacter aceti*, *A. pasteurianus* และ *A. peroxidans* นอกจากนี้มีการนำเชื้อ *Gluconbacter oxydans* มาใช้ในการผลิตอีกด้วย เนื่องจากแบคทีเรียชนิดนี้ไม่ทำให้เกิดกระบวนการ overoxidation และในกระบวนการหมักน้ำส้มสายชูทุกกระบวนการจะเป็นกระบวนการหมักของเชื้อผสม ถึงแม้ว่าจะมีการใส่เชื้อในลักษณะเดี่ยวๆก็ตาม ซึ่งเชื้อแบคทีเรียที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแอลกอฮอล์เป็นกรดอะซิติกได้แก่ *A. schuetzenbachii*, *A. currvim*, *A.orleanense* และจุลินทรีย์อื่นๆ (รสสุคนธ์, 2528)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.5 กระบวนการหมักน้ำส้มสายชู

กระบวนการหมักแบบช้า (slow Orleans process) เป็นการผลิตที่ทำให้คุณภาพของน้ำส้มสายชูต่ำโดยเริ่มจากการนำไวน์ลงในถังไม้ขนาดใหญ่ ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ โดยการตั้งไวน์ทิ้งไว้ในภาชนะเปิด แล้วปล่อยทิ้งไว้ เชื้อน้ำส้มสายชูจะเจริญเป็นแผ่นฝ้าอยู่ที่ผิวหน้า ซึ่งจะเปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้กลายเป็นน้ำส้มสายชู โดยทิ้งไว้ 8 วัน หลังจากนั้นน้ำไวน์จะถูกถ่ายโอนไปยังถังต่อไปประมาณครึ่งหนึ่งหรือสองในสามของทั้งหมดจนเต็ม ซึ่งกระบวนการผลิตนี้ต้องใช้เวลานานประมาณสามเดือน

กระบวนการอื่นๆ มุ่งเน้นไปที่ระบบปิดของน้ำไวน์และจุลินทรีย์ ให้มีพื้นที่ผิวมากที่สุดเพื่อให้ออกซิเจนสามารถเข้าถึงได้ ถังหมักอาจเป็นไม้หรือเป็นสแตนเลสซึ่งมีระบบการให้ความเย็นและการระบายอากาศเพื่อการหมุนเวียนของอากาศ การหมักจะเสร็จสมบูรณ์ประมาณหนึ่งสัปดาห์ โดยผลได้ของน้ำส้มสายชูจะถูกระบายออกที่ก้นถึงและทนที่ด้วยน้ำไวน์เข้าไปใหม่ด้านบน

กระบวนการหมักในสภาพอาหารเหลว (submerged process) เป็นกระบวนการในปัจจุบัน ซึ่งไม่ใช้ถังไม้แต่ใช้ถังสแตนเลสหรือโพรพิลีนเสริมด้วยไฟเบอร์กลาส และมีความจุได้ถึง 120 hL. มีการให้อากาศอย่างสม่ำเสมอหมุนเวียนอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งมีระบบควบคุมอากาศให้อยู่ในช่วงประมาณ 30 องศาเซลเซียส ซึ่งกระบวนการนี้ได้ผลได้สูง (90-95 %) มีการสูญเสียน้อยมากกว่าในกระบวนการอื่นๆ อย่างไรก็ตามน้ำส้มสายชูมีแนวโน้มที่จะขุ่นมากขึ้นและมีกลิ่นหอมน้อยลง (Bamforth, 2006)

2.5.1 การทำน้ำส้มสายชูให้ใส ขึ้นอยู่กับกระบวนการหลักของการหมักน้ำส้มสายชู โดยน้ำส้มสายชูอาจจะใสในเคสของผลิตที่มีการบ่มในภาชนะเป็นเวลานาน หรือมีความขุ่นมาก ในเคสของกระบวนการหมักในสภาพอาหารเหลว ดังนั้น น้ำส้มสายชูจึงต้องมีการกรอง ย้ายเซลล์ออกจากผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีการเติมสารที่ช่วยทำให้ใส หรือสารช่วยกรองเพิ่มได้ เช่น ทรายละเอียด (diatomaceous earth) หรือดินเหนียว (bentonite) หรือกรองผ่านเครื่องกรอง เป็นการทำให้น้ำส้มสายชูใสอย่างรวดเร็ว (Hutkins, 2006)

2.5.2 การฆ่าเชื้อในน้ำส้มสายชู น้ำส้มสายชูที่ผลิตได้มักจะต้องนำมาฆ่าเชื้อแบบพลาสเจอไรซ์ก่อนการบรรจุหรือหลังการบรรจุขวด โดยความร้อนและเวลาที่ใช้จะแตกต่างกันออกไป แต่จะอยู่ในช่วง 60-66 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 วินาที หรืออาจฆ่าเชื้อโดยเติมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ลงไปซึ่งสามารถใช้ได้ถึง 70 มิลลิลิตรต่อลิตร โดยจะต้องเติมลงไปทันทีก่อนการบรรจุขวด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพราะซัลเฟอร์ไดออกไซด์ สามารถถูกออกซิไดซ์ได้อย่างรวดเร็ว มีผลทำให้สูญเสียประสิทธิภาพได้ (Adams, 1985)

2.5.3 การเสื่อมเสียของน้ำส้มสายชู โดยจุลินทรีย์เป็นสิ่งที่ยาก โดยจะทำให้กลิ่นรสผิดปกติ มักเกิดจากแบคทีเรีย *Lactobacillus* และ *Leuconostoc* โดยปะปนมากับน้ำผลไม้ที่ใช้ในการหมัก นอกจากนี้ยังมีฟิล์มยีสต์ รา และสาหร่ายบางชนิด ที่สามารถออกซิไดส์กรดอะซิติกให้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน แต่การเสื่อมเสียของน้ำส้มสายชูที่สำคัญที่สุดคือการสร้างเมือก ในปริมาณมากโดยแบคทีเรียที่ผลิตกรดอะซิติก ซึ่งเมือกที่เกิดขึ้นในปริมาณมากกว่าปกตินี้จะลดอัตราการผลิตกรดอะซิติกลง แม้ว่ากลุ่มของ fungi ที่มีความสามารถทนต่อกรด เช่น *Moniliella acetoabutens* ที่สามารถเจริญในน้ำส้มสายชู ปัญหาของการเสียมเสียที่น้อยที่สุดคือกระบวนการของการหมักแบบเปิดหรือกระบวนการหมักแบบราง (trickling type process) เป็นบางครั้งที่เกิดการปนเปื้อนด้วยเห็บไรหรือแมลงวัน ส่วนหนอนน้ำส้มสายชู (*Anguillula aceti*) ซึ่งพบทั่วไปในถังหมักของกระบวนการหมักแบบเร็วและแบบออร์ลีนส์ สามารถทำให้น้ำส้มสายชูเสื่อมเสียโดยทำให้เกิดความขุ่น นอกจากนี้ยังทำให้แบคทีเรียที่เกิดกรดอะซิติกจมลงสู่ก้นถึงหมัก ทำให้ไม่สามารถผลิตกรดอะซิติกได้ ชอบเจริญอยู่ในบริเวณที่ทำให้การหมักน้ำส้มสายชู ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของน้ำส้มสายชูนั้น ทำให้ผลิตภัณฑ์คุณภาพต่ำ หนอนน้ำส้มสายชูสามารถกำจัดได้โดยวิธีการกรองและการฆ่าด้วยความร้อน (Hutkins, 2006)

2.6 ประโยชน์ทางสุขภาพของน้ำส้มสายชูหรือกรดอะซิติก

ในปัจจุบันน้ำส้มสายชูเป็นสารอินทรีย์ที่สำคัญในอุตสาหกรรม โดยมีการผลิตน้ำส้มสายชูเพื่อการบริโภคกันทั่วโลก ซึ่งกระบวนการผลิตน้ำส้มสายชู เป็นกระบวนการหมักที่เก่าแก่ นอกจากจะใช้เป็นสารปรุงแต่งทำให้อาหารมีกลิ่นเฉพาะแล้ว ยังมีคุณสมบัติในการถนอมอาหาร ป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ที่สร้างสปอร์และสร้างสารพิษในอาหารต่างๆ นอกจากนี้น้ำส้มสายชูหรือกรดอะซิติกยังมีประโยชน์ทางการแพทย์อีกด้วย ดังนี้

2.6.1 การได้รับน้ำส้มสายชูปริมาณ 20 มิลลิลิตรหรือประมาณ 2 ช้อนโต๊ะ ที่ผสมในอาหารหรือดื่มควบคู่ไปกับมื้ออาหาร จะช่วยลดค่าดัชนีไกลซีมิก (Glycemic index) ได้ในผู้บริโภคทั่วไปและผู้บริโภคที่ป่วยเป็นโรคเบาหวาน โดยน้ำส้มสายชูทำให้ปริมาณน้ำตาลในร่างกายลดลง (Ebihara and Nakajima, 1988) ซึ่งค่า Glycemic index ลดลง 30 % ในอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต (Leeman *et al.*, 2005; Johnston *et al.*, 2004; Liljeberg and Bjorek, 1998) และค่า Gltcemix index ในอาหารญี่ปุ่นที่มีส่วนผสมของน้ำส้มสายชูหรืออาหารที่มีส่วนผสมกับผลิตภัณฑ์ที่เป็นของดองเช่น ซูชิ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มีค่าลดลง (Sugiyama *et al.*, 2003) และได้มีการเปรียบเทียบการบริโภคแตงกวาที่ดองในน้ำส้มสายชูที่มีกรดอะซิติกอยู่ 1.6 กรัมกับแตงกวาสดร่วมกับขนมปัง เนยสดและโยเกิร์ต ค่า Glycemic index จากการบริโภคแตงกวาดองมีค่าลดลงมากกว่า 30% (Ostman *et al.*, 2001)

2.6.2 เป็นแหล่งอาหารที่มีสารประกอบโพลีฟีนอล ซึ่งมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และลดอัตราเสี่ยงในการเป็นโรคมะเร็ง (Nishino *et al.*, 2005) โดย Sugar cane vinegar (Kibizu) ทำให้เซลล์ลูคีเมียในมนุษย์ตายได้โดยวิธี Apoptosis (เป็นการตายชนิดหนึ่งที่รูปร่างเฉพาะที่และเกิดการแตกหักของสายดีเอ็นเอ) (Mimura *et al.*, 2004) และ Kurosu ซึ่งเป็นน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ข้าวพื้นเมืองของประเทศญี่ปุ่น (Traditional Japanese rice vinegar) มีความสามารถในการยับยั้งการเพิ่มจำนวนของเซลล์มะเร็งในมนุษย์ได้ (Nanda *et al.*, 2004) ซึ่งสารเอทิลอะซิเตดที่สกัดได้จาก Kurosu มีความสามารถในการยับยั้งสาร azoxymethane ซึ่งเป็นสารที่ก่อให้เกิดมะเร็งได้ร้อยละ 60 และสารก่อมะเร็งชนิดอื่นๆ 50% เมื่อเปรียบเทียบกับสัตว์ทดลองควบคุมอื่นๆ (Shimoji *et al.*, 2004) อีกทั้งยังลดอัตรเสี่ยงการเกิดโรคมะเร็งทางเดินอาหาร (Esophageal cancer) (Xibib *et al.*, 2003) ซึ่งความสามารถในการลดอัตรเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็งนี้ เกิดจากเมื่อได้มีการบริโภคน้ำส้มสายชูแล้วกรดอะซิติกในน้ำส้มสายชูจะให้โปรตอนแก่กระเพาะอาหารเพื่อรวมตัวเป็นอะซิเตดอิออน ซึ่งเป็นสารที่อาจจะต่อต้านการเกิดเนื้องอกได้

2.6.3 ช่วยระบบการย่อยอาหารให้ดีขึ้น เนื่องจากน้ำส้มสายชูเป็นกรด ดังนั้นเมื่อรับประทานเข้าไปจะช่วยให้กระเพาะและลำไส้เป็นกรดอ่อนๆ ทำให้การย่อยอาหารมีประสิทธิภาพดีขึ้น อีกทั้งทำให้ร่างกายสามารถดูดซึมได้ดี เนื่องจากน้ำส้มสายชูมีขนาดโมเลกุลที่เล็กกว่าน้ำตาล ทำให้ผู้บริโภคไม่ค่อยหิว จึงเหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการลดความอ้วน หรือผู้ที่ต้องการอดอาหารและช่วยละลายไขมันในเส้นเลือด ผู้ที่ที่รับประทานน้ำส้มสายชูเป็นประจำจะไม่เป็นโรคไขข้ออักเสบ (Adams, 1985)

2.6.4 สามารถลดความดันโลหิตได้ จากการศึกษาในหนูที่ได้รับสูตรอาหารที่มีส่วนผสมของกรดอะซิติกจำนวน 51.6 มิลลิลิตร/วัน เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ซึ่งความดันโลหิตลดลง 30-40 % (Kondo *et al.*, 2001)

2.6.5 Cortesia *et al.* (2014) ศึกษาพบว่า กรดอะซิติกหรือน้ำส้มสายชู มีความสามารถในการฆ่าเชื้อ *Mycrobacterium tuberculosis* (เชื้อที่ก่อให้เกิดวัณโรค) หลังจากได้รับสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 6 % เป็นเวลา 30 นาที

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.6.6 Fushimi *et al.* (2006) พบว่าหนูที่ได้รับกรดอะซิติกซึ่งเป็นสารประกอบหลักที่พบในน้ำส้มสายชู จะมีระดับของคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับหนูไม่ได้รับกรดอะซิติก

2.6.7 ความเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจลดลง จากการศึกษากับผู้ป่วยในสถาบัน Nurses'Health Study ที่รับประทานน้ำสกัดที่มีส่วนผสมของน้ำมันและน้ำส้มสายชู 5-6 ครั้ง/สัปดาห์ มีความเสี่ยงในการเป็นโรคหัวใจลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับผู้ป่วยที่รับประทานน้ำสลัดได้น้อยกว่า 5-6 ครั้ง/สัปดาห์ (Hu *et al.*, 1999) อีกทั้ง กรดอะซิติกยังมีส่วนช่วยดูดซึมและกักเก็บแคลเซียม ซึ่งเป็นแร่ธาตุที่มีความจำเป็นต่อระบบความดันโลหิตของมนุษย์ (Trinidad *et al.*, 1996)

2.6.8 ความสามารถในการบริโภคอาหารลดลง เมื่อมีการบริโภคอาหารที่มีน้ำส้มสายชูเป็นส่วนผสม เนื่องจากน้ำส้มสายชูจะเพิ่มความรู้สึกอิ่มกับผู้บริโภค (Ostman *et al.*, 2005; Roberts, 2000) โดยให้ชายและหญิงที่มีสุขภาพแข็งแรงจำนวน 12 คน รับประทานขนมปังขาวเพียงอย่างเดียวเปรียบเทียบกับการรับประทานร่วมกับน้ำส้มสายชูที่แตกต่างกัน 3 ระดับคือ 20, 25 และ 30 มิลลิลิตร พบว่า ระดับการเพิ่มขึ้นของทั้งกลูโคสและอินซูลินต่างลดลงตามสัดส่วนของน้ำส้มสายชูที่รับประทานเข้าไป ซึ่งส่งผลดีต่อร่างกายคือ เมื่อระดับของกลูโคสลดลง ก็จะทำให้ระดับของอินซูลินลดลงตามไปด้วย เพราะอินซูลินมีหน้าที่ควบคุมดูแลน้ำตาลที่อยู่ในกระแสเลือด ในทางตรงกันข้าม ถ้าระดับของกลูโคสมาก ก็จะยิ่งทำให้ต้องใช้อินซูลินเข้าไปควบคุมระดับกลูโคสมากยิ่งขึ้น ซึ่งทำให้อินซูลินต้องทำงานหนักมาก จนอาจทำให้ระบบเกิดทำงานได้ไม่ดี ทำให้เกิดอาการของโรคตามมาเช่น โรคความดัน โรคเบาหวาน เป็นต้น ดังนั้น จึงควรรับประทานอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตต่ำ โดยการดื่มน้ำส้มสายชูก็ช่วยเพิ่มความอิ่มต่อผู้บริโภคด้วย นอกจากนี้ผู้เข้าทดลองต่างมีความหิวน้อยลงนานมากขึ้นถึง 2 ชั่วโมงหลังรับประทานขนมปังขาวพร้อมกับน้ำส้มสายชู 2 ช้อนโต๊ะ เมื่อเปรียบเทียบกับการรับประทานขนมปังแต่เพียงอย่างเดียว

2.6.9 Ji *et al.* (2014) ศึกษาเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูจากทับทิม ช่วยลดไขมันในผู้ที่มีน้ำหนักเกินได้โดยทดลองในผู้หญิงที่มีน้ำหนักเกิน 78 คน (BMI $\geq$ 5) ทำการทดลองแบบสุ่มของการได้รับเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูจากทับทิม (1.5 g acetic acid และ 700 µg ellagic acid/200ml/day) หรือการให้ยาที่ไม่มีฤทธิ์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ทางใดทางหนึ่ง พบว่าเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูจากทับทิมช่วยลดเนื้อเยื่อไขมันในอวัยวะภายใน รวมทั้งมีแนวโน้มการยับยั้งการแสดงออกของยีน เช่น การควบคุมส่วนประกอบที่เกี่ยวพันกับ protein-1c และ acetyl coenzyme caboxylase ในเนื้อเยื่อไขมัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. วัตถุดิบ

1.1 ขมิ้นชัน สายพันธุ์ B49-855-16 จากศูนย์วิทยาการเทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 สับปะรด พันธุ์ศรีราชา

1.3 เชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* EC1118

1.4 เชื้อแบคทีเรีย *Acetobacter aceti* TISTR 102

1.5 อาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

2. อุปกรณ์ในการผลิตและเตรียมวัตถุดิบ

2.1 หม้อนึ่งฆ่าเชื้อแบบไอน้ำ (autoclave)

2.2 เครื่องเขย่า (Shaker) ความเร็วรอบ 200 rpm

2.3 ห้องเขี่ยเชื้อ

2.4 ตู้บ่มเชื้อจุลินทรีย์ (Astell Hearson, UK)

2.5 ผ้าขาวบางและถุงพลาสติก

2.6 อุปกรณ์เครื่องแก้ว

2.7 ถาดแสตนเลส

3. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์

3.1 เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลาย (Hand Refractometer)

3.2 เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)

3.3 เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (High Performance Liquid Chromatography)

3.4 คอลัมน์ (Zorbax SB-C18 Column 4.6 x 150)

3.5 เครื่องวัดปริมาณแอลกอฮอล์ Ebulliometer

3.6 กล้องจุลทรรศน์

3.7 Haemacytometer

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการ

1. การวิเคราะห์วัตถุดิบ

โดยนำขมิ้นชันสดหั่นเป็นแว่น ให้มีความหนาประมาณ 2 มิลลิเมตร อบที่อุณหภูมิ 60, 80 และ 100 องศาเซลเซียส เก็บตัวอย่างทุกๆ 30, 60 นาทีและ 4 ชั่วโมงตามลำดับ จากนั้นเก็บในภาชนะปิดสนิทในโถดูดความชื้น เพื่อหาค่าความชื้น AOAC (2000) จากนั้นวิเคราะห์ปริมาณสารเคอร์คูมินด้วยเครื่อง High Perfermance Liquid Chromatography (HPLC) (Preecha *et al.*, 2006) แสดงวิธีการวิเคราะห์ดังภาคผนวก ค นำผลปริมาณของ เคอร์คูมิน ที่วิเคราะห์ได้ มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) สำหรับการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (RCBD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญของการทดสอบเท่ากับ 0.05 คัดเลือกอุณหภูมิของการอบขมิ้นชันที่มีสารเคอร์คูมินสูงที่สุด เพื่อนำไปใช้เป็นขมิ้นชันแห้ง

2. การศึกษาการผลิตไวน์จากขมิ้นชัน

2.1 การคัดเลือกชนิดของขมิ้นชันที่เหมาะสมในการผลิตไวน์

ใช้วัตถุดิบขมิ้นชัน ตัวอย่างละ 8.33 % ได้แก่ ขมิ้นชันสด หั่นให้มีความหนาประมาณ 2 มิลลิเมตร แล้วนำไปบด, ขมิ้นชันสดต้ม หั่นให้มีความหนาประมาณ 2 มิลลิเมตร นำไปบด จากนั้นนำไปต้ม ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที, ขมิ้นชันแห้ง หั่นขมิ้นชันสดเป็นแว่น ให้มีความหนาประมาณ 2 มิลลิเมตร อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง และขมิ้นชันผงบดด้วยเครื่องบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 40 mesh ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ปรับให้มีปริมาณของแข็งละลายได้ 20 องศาบริกซ์ จากนั้นเติม KMS (potassium metabisulfite) 0.02 % ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วเติมเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* EC1118 คิดเป็น 10 % ปริมาตร 600 มิลลิลิตร (แสดงวิธีการเตรียมกล้าเชื้อยีสต์แสดงดังภาคผนวก ก) หมักที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 14 วัน วิเคราะห์ปริมาณสารเคอร์คูมินที่ได้ (Preecha *et al.*, 2006) จากนั้นวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) สำหรับการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (RCBD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญของการทดสอบเท่ากับ 0.05 คัดเลือกชนิดของขมิ้นชันที่ทำให้ไวน์ขมิ้นชันมีปริมาณสารเคอร์คูมิน สูงที่สุด เพื่อศึกษาต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 ศึกษาปริมาณขมิ้นชันที่เหมาะสมต่อการหมักไวน์

ใช้วัตถุดิบที่คัดเลือกได้จากข้อ 2.1 แปรผันปริมาณขมิ้นชันเท่ากับ 4.16, 8.33, 12.5 และ 16.66 % ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ปรับให้มีปริมาณของแข็งละลายได้ 20 องศาบริกซ์ จากนั้นเติม KMS (potassium metabisulfite) 0.02 % ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วเติมเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* EC1118 คิดเป็น 10 % ปริมาตร 600 มิลลิลิตร (แสดงวิธีการเตรียมกล้าเชื้อยีสต์แสดงดังภาคผนวก ก) หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 14 วัน วิเคราะห์ปริมาณสารเคอร์คูมิน ที่ได้ (Preecha *et al.*, 2006) จากนั้นวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) สำหรับการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (RCBD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญของการทดสอบเท่ากับ 0.05 เลือกปริมาณขมิ้นชันที่เหมาะสมที่ทำให้ไวน์ขมิ้นชันมีปริมาณสารเคอร์คูมินสูงที่สุด เพื่อศึกษาต่อไป

2.3 ศึกษาการหมักไวน์ขมิ้นชันแห้ง

ทำการหมักไวน์ขมิ้นชัน โดยใช้วัตถุดิบขมิ้นชัน, ปริมาณที่เหมาะสมในการหมักไวน์ขมิ้นชันที่คัดเลือกได้จากข้อ 2.1 และ 2.2 ที่ความเข้มข้นของน้ำตาล 20 องศาบริกซ์ จากนั้นเติม KMS (potassium metabisulfite) 0.02 %ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วเติมเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* EC1118 คิดเป็น 10 % ปริมาตร 3.5 ลิตร หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 25 วัน ศึกษาองค์ประกอบต่างๆของการหมักไวน์ขมิ้นชัน ดังนี้คือ วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ด้วยวิธี Lane and Eynon (AOAC, 2000), วัดค่าปริมาณของแข็งละลายด้วย Refractometer, การวัดค่าความเป็นกรด-เบส ด้วยเครื่อง pH meter (AOAC, 2000), การวัดปริมาณกรดทั้งหมด (AOAC, 2000), วิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ด้วยวิธี Ebuliometer (AOAC, 2000) และการวิเคราะห์ปริมาณสารเคอร์คูมิน (Preecha *et al.*, 2006) จากนั้นวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) สำหรับการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (RCBD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญของการทดสอบเท่ากับ 0.05 เลือกเวลาที่เหมาะสมต่อการหมักที่ทำให้ไวน์ขมิ้นชันมีปริมาณสารเคอร์คูมิน สูงที่สุด เพื่อศึกษาต่อไป

2.4 ศึกษาการใช้แหล่งอาหารของยีสต์ที่เหมาะสมต่อการหมักไวน์

ใช้วัตถุดิบที่คัดเลือกได้จากข้อ 2.1 และปริมาณขมิ้นชันที่คัดเลือกได้จากข้อ 2.2 และเวลาที่เหมาะสมจากการหมักที่ได้จากข้อ 2.3 จากนั้นนำแหล่งอาหารของยีสต์ ที่เป็นปัจจัยในการทดลองโดยใช้แหล่งอาหารของยีสต์ปริมาณ 0.05 % ที่แตกต่างกัน คือ ไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(DAP), โปแตสเซียมฟอสเฟต, ยีสต์สกัดและเติมแหล่งอาหารทั้งสาม คือ แอมโมเนียมฟอสเฟต, โปแตสเซียมฟอสเฟต และยีสต์สกัด เปรียบเทียบกับคอนโทรลที่ไม่เติมแหล่งอาหารของยีสต์ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ปรับให้มีปริมาณของแข็งละลายได้ 20 องศาบริกซ์ จากนั้นเติม KMS (potassium metabisulfite) 0.02 %ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วเติมเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* EC1118 คิดเป็น 10 % ปริมาตร 600 มิลลิลิตร (แสดงวิธีการเตรียมกล้าเชื้อยีสต์แสดงดังภาคผนวก ก) หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 14 วัน วัดปริมาณสารเคอร์คูมินที่ได้ (Preecha *et al.*, 2006) จากนั้นวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) สำหรับการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (RCBD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญของการทดสอบเท่ากับ 0.05 เลือกการใช้แหล่งอาหารของยีสต์ที่เหมาะสมที่ทำให้ไวน์ขมิ้นชันมีปริมาณสารเคอร์คูมินสูงที่สุด เพื่อศึกษาการหมักน้ำส้มสายชูต่อไป

3. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการหมักน้ำส้มสายชูจากขมิ้นชัน

3.1 ปริมาณกล้าเชื้อ *Acetobacter aceti* TISTR 102 ที่เหมาะสมต่อการผลิตกรดอะซิติก

ทำการหมักน้ำส้มสายชู โดยใช้เชื้อ *A. aceti* TISTR 102 แปรผันปริมาณกล้าเชื้อ 10, 20 และ 30 % ทำการทดลอง 3 ซ้ำ (วิธีการเตรียมกล้าเชื้อน้ำส้มสายชู แสดงดังภาคผนวก ก) โดยนำไวน์ที่ได้จากข้อ 2.4 มาปรับให้มีปริมาณเอทานอลเริ่มต้นเท่ากับ 5 % เติมไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.02 % จากนั้นเติม KMS (potassium metabisulfite) 0.02 % ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นเติมกล้าเชื้อลงในถาดหมักปริมาตร 500 มิลลิลิตร เก็บตัวอย่างทุกๆ 3 วัน หมักที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลาทั้งหมด 15 วัน ทำการวัดปริมาณกรดอะซิติกที่ได้ตามวิธีการของ AOAC (1995) จากนั้นวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) วางแผนการทดลองเชิงแฟกทอเรียล (Factorial Design) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญของการทดสอบเท่ากับ 0.05 เลือกปริมาณกล้าเชื้อที่ให้ปริมาณกรดอะซิติกสูงที่สุด เพื่อศึกษาต่อไป

3.2 ศึกษาอัตราส่วนของไวน์ขมิ้นชันต่อไวน์สับปะรดที่เหมาะสมต่อการผลิตกรดอะซิติก

แปรผันอัตราส่วนของปริมาตรไวน์ขมิ้นชันต่อไวน์สับปะรด ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน คือ 1:1, 2:1 และ 3:1 เปรียบเทียบกับไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรด ทำการทดลอง 2 ซ้ำ โดยนำไวน์ที่ได้จากข้อ 2.4 และไวน์สับปะรด ที่มีปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักต่างกัน โดยนำมาผสมในอัตราส่วนต่างๆ จากนั้นจึงนำมาปรับให้มีปริมาณเอทานอลเริ่มต้น 5 % เติมไดแอมโมเนียมไฮโดรเจน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ฟอสเฟต 0.02 % จากนั้นเติม KMS (potassium metabisulfite) 0.02 % ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และเติมปริมาณกล้าเชื้อ *A. aceti* TISTR 102 ที่ได้จากข้อ 3.1 ลงในถาดหมักปริมาตร 500 มิลลิลิตร เก็บตัวอย่างทุกๆ 2 วัน หมักที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลาทั้งหมด 12 วัน ทำการวัดปริมาณกรดอะซิติกที่ได้ตามวิธีการของ AOAC (1995) จากนั้นวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) วางแผนการทดลองเชิงแฟกทอเรียล (Factorial Design) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญของการทดสอบเท่ากับ 0.05 เลือกอัตราส่วนปริมาตรไวน์ขมิ้นชันต่อไวน์สับปะรดที่ให้ปริมาณกรดอะซิติกสูงที่สุด เพื่อศึกษาต่อไป

3.3 ศึกษาปริมาณเอทานอลเริ่มต้นที่เหมาะสมต่อการผลิตกรดอะซิติก

นำอัตราส่วนปริมาตรไวน์ขมิ้นชันต่อไวน์สับปะรดที่คัดเลือกได้จากข้อ 3.2 ที่มีเอทานอลเข้มข้น 5, 7.5 และ 10 % เติมไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.02 % จากนั้นเติม KMS (potassium metabisulfite) 0.02 % ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และเติมปริมาณกล้าเชื้อ *A. aceti* TISTR 102 ที่ได้จากข้อ 3.1 ลงในถาดหมักปริมาตร 500 มิลลิลิตร เก็บตัวอย่างทุกวัน หมักที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลาทั้งหมด 7 วัน ทำการวัดปริมาณกรดอะซิติกที่ได้ตามวิธีการของ AOAC (1995) จากนั้นวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) วางแผนการทดลองเชิงแฟกทอเรียล (Factorial Design) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญของการทดสอบเท่ากับ 0.05 เลือกปริมาณเอทานอลเริ่มต้นที่ให้ปริมาณกรดอะซิติกสูงที่สุด เพื่อศึกษาต่อไป

3.4 ศึกษาคุณภาพของน้ำส้มสายชู

3.4.1 ศึกษาการหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์ขมิ้นชันผสมไวน์สับปะรด

นำอัตราส่วนปริมาตรไวน์ขมิ้นชันต่อไวน์สับปะรดที่คัดเลือกได้จากข้อ 3.2 ที่มีเอทานอลเริ่มต้นที่ได้จากข้อ 3.3 จากนั้นเติมไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.02 % จากนั้นเติม KMS (potassium metabisulfite) 0.02 % ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และเติมปริมาณกล้าเชื้อ *A. aceti* TISTR 102 ที่ได้จากข้อ 3.1 ลงในถาดหมักปริมาตร 500 มิลลิลิตร เก็บตัวอย่างทุกวัน หมักที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลาทั้งหมด 7 วัน ทำการวัดปริมาณกรดอะซิติกที่ได้ตามวิธีการของ AOAC (1995), วัดค่าความเป็นกรด-เบส ด้วยเครื่อง pH meter จากนั้นวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) สำหรับการทดลองแบบบล็อกสุ่ม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สมบูรณ์ (RCBD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญของการทดสอบเท่ากับ 0.05

3.4.2 ศึกษาค่าคุณภาพทางเคมีของน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรด

ทำการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากขมิ้นชัน ที่ได้จากข้อ 3.4 วิเคราะห์น้ำส้มสายชู ดังนี้คือ การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่อง pH meter, การวัดปริมาณกรดอะซิติก (AOAC, 1995 และ HPLC), การวิเคราะห์ปริมาณสารเคอร์คูมิน (Preecha *et al.*, 2006) และการวัดค่าสี L*a*b* โดยเครื่อง Spectrophotometer

4. การศึกษาการนำน้ำส้มสายชูหมักจากขมิ้นชันและสับปะรดไปประยุกต์ใช้

4.1 ทำการสำรวจผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักผสมน้ำผลไม้และน้ำสลัดใสในท้องตลาด (Product Survey)

ทำการสำรวจเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักผสมน้ำผลไม้และน้ำสลัดใสที่บิ๊กซีซุปเปอร์มาร์เกต สาขาสะพานใหม่, โลตัสซุปเปอร์มาเก็ตสาขาสะพานใหม่, ท๊อปส์ซุปเปอร์มาร์เกต สาขาเซ็นทรัลลาดพร้าว และสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ทำการสำรวจในระหว่างเดือน กรกฎาคม 2557 ข้อมูลที่ได้สำรวจ ได้แก่ ประเภท ตรายี่ห้อ ปริมาณน้ำส้มสายชู ขนาดบรรจุ และสถานที่ผลิต ซึ่งได้ระบุไว้บนบรรจุภัณฑ์ ทำการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่จะนำน้ำส้มสายชูหมักมาประยุกต์ใช้ โดยผลิตภัณฑ์นั้นเป็นที่นิยมในการบริโภค ที่ได้จากการสอบถามถึงการบริโภคของผู้บริโภคจากพนักงานขายต่างๆ มีกรรมวิธีในการผลิตไม่ซับซ้อนและมีต้นทุนการการผลิตต่ำ แสดงดังตารางที่ 4

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4 ส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์จากน้ำส้มสายชูหมักทางการค้า

ชื่อสินค้า	ตราสินค้า	ส่วนประกอบ (%)
Apple cider	ทิปโก้	น้ำทับทิมจากน้ำทับทิมเข้มข้น 30, น้ำ apple cider 6, สารสกัดจากเมล็ดองุ่น 0.02
เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักผสมน้ำแครอทและน้ำเสาวรส	เค ยู ฟู้ด สถาบันอาหาร	น้ำแครอทเข้มข้นผสมน้ำเสาวรส 21, น้ำเชื่อม ฟรุคโตส 13, น้ำส้มสายชูหมัก 3, น้ำผึ้ง 2
เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักผสมน้ำสตอเบอร์รี่	เค ยู ฟู้ด สถาบันอาหาร	น้ำสตอเบอร์รี่สกัด 27, น้ำเชื่อมฟรุคโตส 8, น้ำส้มสายชูหมัก 8, น้ำผึ้ง 2
เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักผสมน้ำราสเบอร์รี่	เค ยู ฟู้ด สถาบันอาหาร	น้ำราสเบอร์รี่สกัด 27, น้ำเชื่อมฟรุคโตส 11, น้ำส้มสายชูหมัก 6, น้ำผึ้ง 2
เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักผสมน้ำมิกซ์เบอร์รี่	เค ยู ฟู้ด สถาบันอาหาร	น้ำเบอร์รี่รวม 20, น้ำเชื่อมฟรุคโตส 10, น้ำส้มสายชูหมัก 6, น้ำผึ้ง 2
น้ำสลัดใส	เบสท์ฟู้ด	น้ำส้มสายชู 32, น้ำตาล 65, เกลือ 3
น้ำราดผัก	สุขุม	น้ำส้มสายชู 39.5, น้ำตาล 60, เกลือ 0.5
น้ำสลัดบัลซามิค	เฮลตี้เมท	น้ำส้มสายชูหมักบัลซามิค 70, น้ำมันมะกอก 29, เครื่องเทศ 1
น้ำราดผัก สูตรอิตาเลียน	สุขุม	น้ำส้มสายชู 37.5, น้ำตาล 60, เกลือ 0.5, พริกชี้ฟ้าแดงป่น 1
น้ำสลัดวีนีเกรท	เอส แอนด์ พี	น้ำส้มสายชู 30, เครื่องปรุงรส 50, น้ำมันพืช 10, มัสตาร์ด 5, กระเทียม 5
น้ำสลัดซีอิ้วญี่ปุ่น	เอส แอนด์ พี	น้ำส้มสายชู 25, เครื่องปรุงรส 40, ซอสปรุงรส 15, น้ำมันพืช 5, น้ำมันงา 5, มัสตาร์ด 5, กระเทียม 5
น้ำราดผัก	สุขุม	น้ำส้มสายชู 39.5, น้ำตาล 60, เกลือ 0.5

โดยผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักผสมน้ำราสเบอร์รี่สกัด ตรา เค ยู ฟู้ด และผลิตภัณฑ์น้ำสลัดใส ตราเบสท์ฟู้ด ผ่านเกณฑ์การคัดเลือก โดยเป็นที่นิยมในการบริโภค ดังนั้นจึงคัดเลือกทั้งสองผลิตภัณฑ์ เป็นตัวอย่างพื้นฐาน ในการนำมาประยุกต์ใช้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.2 การศึกษาประยุกต์ใช้น้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรด

4.2.1 เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมัก

ทำการศึกษาพื้นฐานสำหรับเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักผสมน้ำผลไม้ที่ได้ โดยใช้เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักผสมน้ำราสเบอร์รี่ ตรา เค ยู ฟู้ด ที่คัดเลือกได้จากข้อ 4.1 โดยมีส่วนประกอบหลักคือน้ำราสเบอร์รี่ 27 % เป็นตัวอย่างพื้นฐาน แต่เนื่องจากถ้าใช้น้ำสับปะรด ปริมาณที่เท่ากันจะทำให้กลบกลิ่นและรสชาติของส่วนผสมส่วนอื่นๆ อีกทั้งน้ำสับปะรดมีปริมาณของแข็งละลายค่อนข้างสูง รวมทั้งปริมาณซูคราโรสมีความหวานมากกว่าน้ำตาลซูโคสถึง 600 เท่า (พิมพ์เพ็ญ และคณะ, 2556) จึงอาจทำให้มีรสชาติหวานติดลิ้น ดังนั้นจึงวางแผนการทดลองแบบผสม ตามตัวอย่างพื้นฐาน โดยใช้ปริมาณน้ำสับปะรดอยู่ในช่วง 10-20 %, ปริมาณน้ำตาลซูคาโรส 0.001-0.005 %, ปริมาณน้ำส้มสายชูขมิ้นชันและสับปะรด 6 % และปริมาณน้ำผึ้ง 2 % แสดงดังตารางที่ 5

ทำการวัดค่าคุณภาพของเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรดผสมน้ำสับปะรด และทดสอบความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ทั้งหมด ทดสอบการให้คะแนนความชอบ ณ บริเวณคณะอุตสาหกรรมเกษตร อาคาร 3 ใช้ผู้ทดสอบซึ่งเป็นบุคลากรและนิสิตของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์จำนวน 30 คน คุณลักษณะความชอบที่ใช้ในการทดสอบความชอบได้แก่ กลิ่น ความเปรี้ยว ความหวาน และความชอบโดยรวม

จากนั้นวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) สำหรับการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (RCBD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญของการทดสอบเท่ากับ 0.05 ทำการคัดเลือกพื้นฐานเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรดผสมน้ำสับปะรดและน้ำสลัดใสผสมน้ำส้มสายชูหมักจากขมิ้นชันและสับปะรดที่ได้คะแนนความชอบรวมสูงที่สุด เพื่อเป็นข้อสรุปสำหรับแนวทางการนำน้ำส้มสายชูหมักมาประยุกต์ใช้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 5 ส่วนประกอบของเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมัก ทั้งหมด 7 ตัวอย่าง

ตัวอย่าง	ส่วนประกอบ (%)			
	น้ำสับปะรด	น้ำตาลซูคาโรส	น้ำส้มสายชูหมัก	น้ำผึ้ง
1	20	0.005	6	2
2	20	0.001	6	2
3	15	0.005	6	2
4	15	0.001	6	2
5	10	0.005	6	2
6	10	0.001	6	2
7	27 (น้ำราสเบอร์รี่)	11 (น้ำเชื่อมฟรุคโตส)	6	2

หมายเหตุ: ตัวอย่างที่ 7 หมายถึง เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักผสมน้ำราสเบอร์รี่ ตรา เค ยู ฟู้ด

4.2.2 น้ำสลัดใส

ทำการศึกษาพื้นฐานสำหรับน้ำสลัดใสผสมน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรด โดยใช้น้ำสลัดใสตราเบสท์ฟู้ด ที่ได้จากข้อ 4.1 เป็นตัวอย่างพื้นฐาน ซึ่งมีส่วนประกอบหลักที่ใช้คือน้ำส้มสายชู 32 % ดังนั้นจึงวางแผนการทดลองแบบผสม ตามตัวอย่างพื้นฐาน แต่เนื่องจากน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรด มีปริมาณกรดอะซิติกเพียง 3.15 % ดังนั้นจึงกำหนดช่วงปริมาณน้ำส้มสายชูจากไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรดเป็น 50-54 % และได้มีการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางการชิมกับผู้บริโภค โดยผู้บริโภคมีความชอบโดยรวมต่อ ปริมาณน้ำส้มสายชูจากไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรด 52 % ดังนั้นจึงกำหนดช่วงปริมาณน้ำตาลซูคาโรสเป็น 0.1-0.3 % และปริมาณเกลือ 3-4 % ซึ่งได้ผลิตภัณฑ์ทั้งหมดตัวอย่างละ 6 ผลิตภัณฑ์ แสดงดังตารางที่ 6

ทำการวัดค่าคุณภาพของเครื่องดื่มน้ำสลัดใสผสมน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรด และทดสอบความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ทั้งหมด โดยทดสอบการให้คะแนนความชอบ ณ บริเวณคณะอุตสาหกรรมเกษตร อาคาร 3 ใช้ผู้ทดสอบซึ่งเป็นบุคลากรและนิสิตของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์จำนวน 30 คน คุณลักษณะความชอบที่ใช้ในการทดสอบความชอบได้แก่ กลิ่น ความเปรี้ยว ความหวาน และความชอบโดยรวม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากนั้นวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) สำหรับการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (RCBD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญของการทดสอบเท่ากับ 0.05 ทำการคัดเลือกพื้นฐานเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักผสมน้ำสับปะรดและน้ำสลัดใสผสมน้ำส้มสายชูหมักจากขมิ้นชันและสับปะรดที่ได้คะแนนความชอบรวมสูงที่สุด เพื่อเป็นข้อสรุปสำหรับแนวทางการนำน้ำส้มสายชูหมักมาประยุกต์ใช้

ตารางที่ 6 ส่วนประกอบของน้ำสลัดใส ทั้งหมด 7 ตัวอย่าง

ตัวอย่าง	ส่วนประกอบ (%)		
	น้ำส้มสายชู	ซูคาโรส	เกลือ
1	52	0.10	3
2	52	0.10	4
3	52	0.20	3
4	52	0.20	4
5	52	0.30	3
6	52	0.30	4
7	32	65 (น้ำตาล)	3

หมายเหตุ: ตัวอย่างที่ 7 หมายถึง น้ำสลัดใส ตรา เบสท์ ฟู้ด

4.3 ทำแบบทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์

โดยทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสการชิมใช้ผู้ทดสอบซึ่งเป็นบุคลากรและนิสิตของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์จำนวน 30 คน โดยทดสอบผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 4 อย่างคือ

4.3.1 ไวน์ขมิ้นชัน

4.3.2 น้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรด

เป็นการทดสอบถึงการยอบรับผลิตภัณฑ์ทั้งสองนี้ และเสนอแนะเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.3.3 เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรดผสมน้ำสับปะรดเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ทางการค้าคือ เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักผสมน้ำราสเบอร์รี่ ตรา เค ยู ฟู้ด

4.3.4 น้ำสลัดใสผสมน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรดเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ทางการค้าคือ น้ำสลัดใสตราเบสท์ฟู้ด

เป็นการทดสอบว่ามีการยอมรับผลิตภัณฑ์ทั้งสองนี้หรือไม่เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า และเสนอแนะเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์

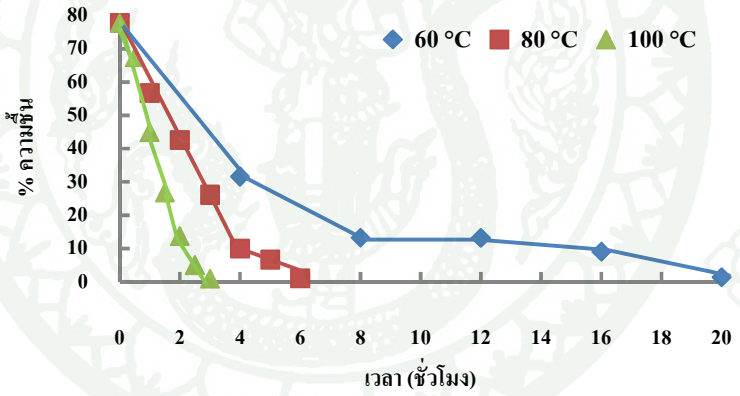
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

1. การวิเคราะห์วัตถุดิบ (ขมิ้นชัน)

1.1 ความชื้นของขมิ้นชัน

ขมิ้นชันสดมีความชื้น 79.91% และความชื้นของขมิ้นชันที่อบที่ 60, 80 และ 100 องศาเซลเซียส สรุปได้ดังนี้ ค่าความชื้นที่เหมาะสมของอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส คือ 9.09 % ที่เวลา 16 ชั่วโมง, อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีค่าความชื้นที่เหมาะสมคือ 10.05 % ที่เวลา 4 ชั่วโมงและอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส มีค่าความชื้นที่เหมาะสมคือ 5.05 % ที่เวลา 2.30 ชั่วโมง ตามลำดับ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมขมิ้นชันแห้ง. มอก. 890-2532 กำหนดให้ ขมิ้นชันแห้งควรมีความชื้นไม่เกิน 10 % ผลการทดลองดังภาพที่ 6



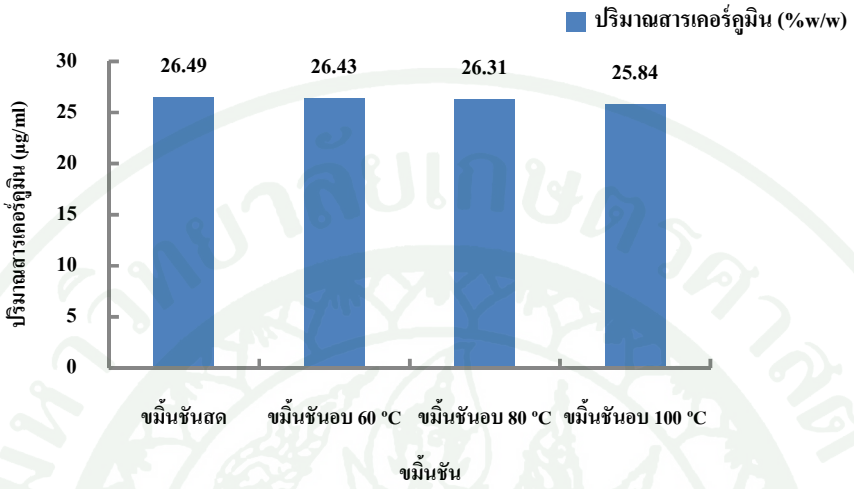
ภาพที่ 6 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของการอบขมิ้นชันที่อุณหภูมิ 60, 80 และ 100 องศาเซลเซียส

1.2 ปริมาณสารเคอร์คูมินจากขมิ้นชันอบแห้ง

เมื่อนำขมิ้นชันสดและขมิ้นชันที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 60, 80 และ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16, 4 และ 2.30 ชั่วโมงตามลำดับ นำไปวิเคราะห์หาปริมาณเคอร์คูมิน (curcumin) ด้วยเครื่อง HPLC แสดงดังภาพที่ 7 พบว่า น้ำขมิ้นชันสด มีปริมาณสารเคอร์คูมิน 26.49 %w/w, น้ำสกัดขมิ้นชันที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีปริมาณสารเคอร์คูมิน 26.43 %w/w, อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีปริมาณสารเคอร์คูมิน 26.31%w/w และที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส มีปริมาณสารเคอร์คูมิน 25.84%w/w โดยขมิ้นชันสดและขมิ้นชันอบที่อุณหภูมิ 60 และ 80 องศาเซลเซียส อุณหภูมิไม่ส่งผลต่อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาณสารเคอร์คูมิน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ส่งผลต่อสารโดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นจึงคัดเลือกนำขมิ้นชันที่อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง มาใช้ในการหมักไวน์ขมิ้นชัน



ภาพที่ 7 อุณหภูมิของการอบขมิ้นชันที่ส่งผลต่อปริมาณสารเคอร์คูมิน

2. ผลการศึกษากรรมวิธีผลิตไวน์จากขมิ้นชัน

2.1 ผลการศึกษาชนิดของขมิ้นชันที่เหมาะสมในการหมักไวน์ขมิ้นชัน

เมื่อได้ทำการศึกษาการหมักไวน์ขมิ้นชันในวัตถุดิบที่แตกต่างกันคือ ขมิ้นชันสด, ขมิ้นชันสดต้ม, ขมิ้นชันแห้งและขมิ้นชันผง ด้วยเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* EC1118 ปรับให้มีค่าของแข็งละลายเท่ากับ 20 องศาบริกซ์ ปริมาตร 600 มิลลิลิตร เป็นเวลา 14 วัน แสดงผลดังตารางที่ 7 พบว่าขมิ้นชันแห้งมีความสามารถในการหมักแอลกอฮอล์ได้ดีที่สุด คือมีปริมาณแอลกอฮอล์ 9.5 % และมีปริมาณสารเคอร์คูมินสูงที่สุดด้วยเช่นกันคือ 4.96 %w/w รองลงมาคือขมิ้นชันสดต้มและขมิ้นชันผงสามารถหมักแอลกอฮอล์และมีปริมาณสารเคอร์คูมินไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือขมิ้นชันสดต้ม มีปริมาณแอลกอฮอล์ 7.1 % และมีปริมาณสารเคอร์คูมิน 2.20 %w/w ส่วนขมิ้นชันผงมีปริมาณแอลกอฮอล์ 8 % และมีปริมาณสารเคอร์คูมิน 2.30 %w/w ส่วนขมิ้นชันสดนั้น มีความ-สามารถในการหมักแอลกอฮอล์ได้น้อยที่สุดด้วยคือ 5.6 % และมีปริมาณสารสารเคอร์คูมินน้อยที่สุดด้วยเช่นกันคือ 1.03 %w/w จะเห็นได้ว่า ปริมาณของแข็งละลายยังมีอยู่ในปริมาณสูง ทำให้ปริมาณแอลกอฮอล์ต่ำ ซึ่งส่งผลต่อปริมาณสารเคอร์คูมินให้น้อยลงด้วยเช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของกนกวรรณและคณะ (2551) ในการหมักไวน์ข่าด้วยเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* EC1118 หลังจากการหมัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เป็นเวลา 22 วัน ได้ปริมาณแอลกอฮอล์ค่อนข้างต่ำคือ 6.87 %และมีปริมาณของละลายเหลืออยู่ค่อน-ข้างสูงด้วยเช่นกันคือ 11.47 ชนิดของขมิ้นชันที่เหมาะสมต่อการหมักไวน์คือขมิ้นชันแห้งโดยสามารถหมักแอลกอฮอล์ได้ดีที่สุด ดังนั้นจึงคัดเลือกขมิ้นชันแห้ง เป็นวัตถุดิบเพื่อใช้ในการหมักไวน์ขมิ้นชันในขั้นตอนต่อไป

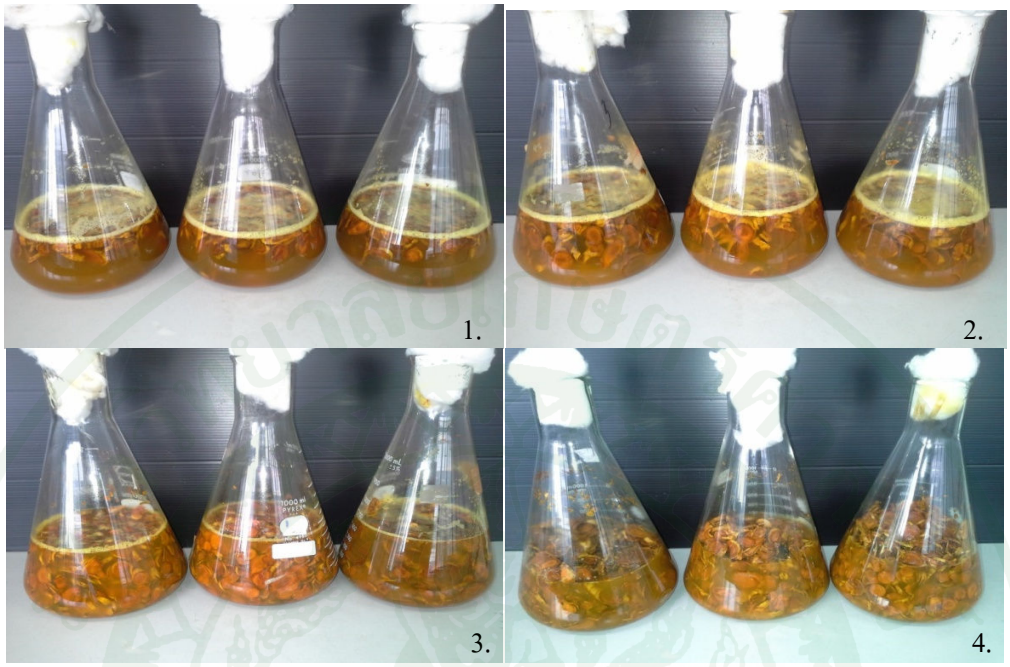
ตารางที่ 7 การวิเคราะห์องค์ประกอบของไวน์ขมิ้นชันที่วัตถุดิบแตกต่างกันและหมักเป็นเวลา 14 วัน

วัตถุดิบ	ปริมาณของแข็งละลาย	pH	ปริมาณกรดทั้งหมด (%w/v)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (%w/v)	ปริมาณแอลกอฮอล์ (%v/v)	ปริมาณ curcumin (%w/w)
ขมิ้นชันสด	14.4	4.04	0.29	0.77	5.6[a]	1.03±0.14[a]
ขมิ้นชันสดต้ม	11.4	4.20	0.29	0.61	7.1[b]	2.20±0.41[b]
ขมิ้นชันแห้ง	9.0	4.27	0.32	0.48	9.5[c]	4.96±0.45[c]
ขมิ้นชันผง	10.2	4.26	0.32	0.54	8.0[b]	2.30±0.24[b]

หมายเหตุ: อักษรที่ต่างกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในคอลัมน์เดียวกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 ผลการศึกษาปริมาณการใช้ขมิ้นชันที่เหมาะสมในการหมักไวน์ขมิ้นชัน



ภาพที่ 8 การหมักไวน์ขมิ้นที่ปริมาณของขมิ้นชันแห้งที่แตกต่างกัน โดย (1) ปริมาณ 4.16 %, (2) ปริมาณ 8.33 %, (3) ปริมาณ 12.5% และ (4) ปริมาณ 16.66 %

ใช้ขมิ้นชัน 4.16, 8.33, 12.5 และ 16.66 % ปรับให้มีค่าของแข็งละลายเท่ากับ 20 องศาบริกซ์ ปริมาตร 600 มิลลิลิตร ใช้เชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* EC1118 คิดเป็น 10% หมักเป็นเวลา 14 วัน แสดงผลดังตารางที่ 8 พบว่า ปริมาณการใช้ขมิ้นชัน 12.5 % ให้ปริมาณแอลกอฮอล์จากการหมักไวน์ได้ดีที่สุดคือ 9.6 % ซึ่งมีปริมาณสารเคอร์คูมินสูงที่สุดเท่ากับ 6.94 %w/w ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณการใช้ขมิ้นชันอื่น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก การใช้ขมิ้นชันแห้งปริมาณ 12.5 % มีพื้นที่ที่พอเหมาะต่อการเจริญของยีสต์ การใช้สารอาหารต่างๆและสามารถเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ได้ แต่การใช้ขมิ้นชันในปริมาณที่มากเกินไป อาจทำให้ยีสต์ไม่สามารถใช้สารอาหารได้ เช่นการใช้ขมิ้นชันในปริมาณ 16.66 % (แสดงดังภาพที่ 8) จึงทำให้ส่งผลต่อปริมาณแอลกอฮอล์จากการหมักไวน์และปริมาณสารเคอร์คูมิน ซึ่งไม่แตกต่างกับการใช้ขมิ้นชันปริมาณ 8.33 % อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รวมทั้งการใช้ขมิ้นชันในปริมาณ 4.16 % ให้ปริมาณสารเคอร์คูมิน และปริมาณแอลกอฮอล์น้อยที่สุด ดังนั้นจึงคัดเลือกขมิ้นชันแห้งที่ปริมาณ 12.5 % เป็นปริมาณเพื่อใช้ในการหมักไวน์ขมิ้นชันในขั้นตอนต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 8 การวิเคราะห์องค์ประกอบของไวน์ขมิ้นชันแห้งปริมาณแตกต่างกันและหมักเป็นเวลา 14 วัน

ปริมาณขมิ้นชัน (%w/v)	ปริมาณของแข็งละลาย	pH	ปริมาณกรดทั้งหมด (%w/v)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (%w/v)	ปริมาณแอลกอฮอล์ (%v/v)	ปริมาณ curcumin (%w/w)
4.16	11.4	3.72	0.30	0.58	7.5[a]	1.72±0.70[a]
8.33	9.8	3.94	0.38	0.50	8.75[b]	2.77±0.48[b]
12.5	9.3	4.30	0.45	0.45	9.6[c]	6.94±0.24[c]
16.66	9.8	4.51	0.46	0.50	8.3[b]	2.79±0.27[b]

หมายเหตุ: อักษรที่ต่างกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในคอลัมน์เดียวกัน

2.3 ผลการศึกษาการหมักไวน์ขมิ้นชันจากขมิ้นชันแห้ง

จากการศึกษาการหมักไวน์ขมิ้นชันแห้ง (ที่คัดเลือกได้จากข้อ 2.1) อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ปริมาณ 12.5 % (ที่คัดเลือกได้จากข้อ 2.2) ปริมาตร 3.5 ลิตร เป็นเวลา 25 วัน (ตารางที่ 9) พบว่า ปริมาณแอลกอฮอล์และปริมาณสารเคอร์คูมิน เพิ่มขึ้นเล็กน้อย หลังจากวันที่ 2 มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและคงที่ตั้งแต่วันที่ 14 ซึ่งไวน์ขมิ้นที่หมักได้มีปริมาณแอลกอฮอล์ 10.85 % ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณสารเคอร์คูมินที่เพิ่มขึ้น ที่วันสุดท้ายของการหมักมีปริมาณสารเคอร์คูมิน 7.96 %w/w ($P < 0.05$) ส่วนปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณของแข็งละลาย มีค่าลดลงตลอดเวลาตั้งแต่วันที่ 0 ถึงวันที่ 14 และคงที่ จนกระทั่งสิ้นสุดการหมัก โดยมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ 0.34 และปริมาณของแข็งละลายเท่ากับ 9 ส่วนปริมาณกรดทั้งหมดและพีเอชมีความสอดคล้องกันคือ เมื่อพีเอชลดลง ปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้น โดยปริมาณกรดทั้งหมด มีค่าเพิ่มขึ้น ตั้งแต่วันที่ 0 ถึง วันที่ 14 และลดลงหลังจากวันที่ 14 มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และลดลงอีกหลังจากวันที่ 17 ส่วนพีเอชจะมีค่าที่ลดลง ตั้งแต่วันที่ 0 ถึง วันที่ 14 เช่นกันและเพิ่มขึ้นหลังจากวันที่ 14 เล็กน้อยและลดลงอีกหลังจากวันที่ 17 จนกระทั่งสิ้นสุดการหมัก ซึ่งจะเห็นได้ว่า เมื่อปริมาณแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้น ทำให้สามารถสกัดสารเคอร์คูมินได้สูงขึ้นด้วย โดยสารเคอร์คูมิน มีสีเหลือง เป็นสารที่ไม่ละลายน้ำ แต่สามารถละลายได้ดีในแอลกอฮอล์ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Aggarwal *et al.* (2003) และเมื่อเปรียบเทียบกับไวน์กระชายดำ (Prapussara *et al.*, 2007) พบว่า ปริมาณองศาบริกซ์ลดลงและมีปริมาณแอลกอฮอล์ที่เพิ่มขึ้น จนคงที่และสิ้นสุดการหมัก ที่ระยะเวลา 20 วัน และไวน์กระชายดำได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แอลกอฮอล์สูงที่สุด 10.93 % ซึ่งมีปริมาณแอลกอฮอล์ไม่แตกต่างกับไวน์ขมิ้นชันที่มีแอลกอฮอล์สูงที่สุด 10.85 % อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นจึงสามารถนำขมิ้นชันแห้ง มาใช้ในการผลิตไวน์ขมิ้นชันเพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป

ตารางที่ 9 การวิเคราะห์องประกอบของไวน์ขมิ้นชัน ที่หมักเป็นเวลา 25 วัน

เวลา (วัน)	ปริมาณของแข็งละลาย	pH	ปริมาณกรดทั้งหมด (%w/v)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (%w/v)	ปริมาณแอลกอฮอล์ (%v/v)	ปริมาณ curcumin (%w/w)
0	20	4.73	0.30	3.83	0	0
2	19.2	4.69	0.32	3.26	1.1[a]	1.12±0.20[a]
4	16	4.48	0.38	2.40	5.1[b]	3.50±0.15[b]
6	14	4.44	0.44	1.91	6.8[c]	3.92±0.53[c]
8	11.2	4.43	0.48	1.29	9.9[d]	5.03±0.14[d]
10	10.2	4.40	0.51	0.97	10.6[e]	6.08±0.26[e]
14	9	4.39	0.56	0.34	10.85[e]	7.96±0.10[f]
17	9	4.41	0.46	0.34	10.85[e]	7.96±0.21[f]
20	9	4.38	0.47	0.34	10.85[e]	7.96±0.21[f]
25	9	4.36	0.48	0.35	10.85[e]	7.96±0.21[f]

หมายเหตุ: อักษรที่ต่างกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในคอลัมน์เดียวกัน

2.4 ผลการศึกษาการใช้แหล่งอาหารของยีสต์ที่เหมาะสมต่อการหมักไวน์

จากการศึกษาการหมักไวน์ขมิ้นชัน จากข้อ 2.3 จะเห็นได้ว่า เมื่อการหมักสิ้นสุดลง ยังคงได้ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ไม่สูงมากนัก ซึ่งส่งผลต่อปริมาณสารเคอร์คูมินด้วย โดยแหล่งอาหารของยีสต์เป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและผลิตแอลกอฮอล์ (Bamforth, 2006) ดังนั้นจึงนำแหล่งอาหารของยีสต์ทั้งสาม เป็นปัจจัยในการทดลอง โดยการเติมไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (DAP) ซึ่งเป็นสารประกอบไนโตรเจน จะทำให้ยีสต์เจริญเติบโตและสามารถเพิ่มผลได้ในการหมักแอลกอฮอล์ได้ดี (นิภา, 2546) ส่วนการเติมยีสต์สกัด (Amerine *et al.*, 1980) เพื่อกระตุ้นให้ยีสต์เจริญเติบโตและป้องกันการหมักหยุดชะงักและการเติมโปแตสเซียมฟอสเฟต (ธีรวัลย์, 2545) เพื่อเป็น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แหล่งอาหารเพื่อให้ยีสต์มีความแข็งแรง และแบ่งเซลล์ได้ในปริมาณที่เหมาะสมในการหมัก โดยการทดลองจะใช้แหล่งอาหารของยีสต์ปริมาณ 0.05 % ที่แตกต่างกัน คือ ไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (DAP), โปแตสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต, ยีสต์สกัดและเติมรวมแหล่งอาหารทั้งสาม คือ แอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต, โปแตสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต และยีสต์สกัด เปรียบเทียบกับการไม่เติมแหล่งอาหารเลย หมักด้วยเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* EC1118 ปรับให้มีค่าของแข็งละลายเท่ากับ 20 องศาบริกซ์ ปริมาตร 600 มิลลิลิตร หมักเป็นเวลา 14 วัน โดยใช้วัตถุดิบขมิ้นชันแห้ง ปริมาณ 12.5 % แสดงดังตารางที่ 10 พบว่า การเติมแหล่งอาหารของยีสต์ มีผลต่อกระบวนการหมัก โดยปริมาณแอลกอฮอล์และปริมาณสารเคอร์คูมิน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นการเติมแหล่งอาหารทั้งสามชนิดรวมกันและการเติม DAP ให้ปริมาณแอลกอฮอล์และปริมาณสารเคอร์คูมินสูงกว่าและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือการเติมแหล่งอาหาร ให้ปริมาณแอลกอฮอล์ 11.83 % และมีปริมาณสารเคอร์คูมิน 11.42 %w/w ส่วนการเติม DAP ให้ปริมาณแอลกอฮอล์ 11.67 % และมีปริมาณสารเคอร์คูมิน 11.35 %w/w ดังนั้นจึงคัดเลือกการเติม DAP เพื่อใช้ในการหมัก เนื่องจากการใช้แหล่งอาหารของยีสต์น้อยกว่าแต่ให้ผลของปริมาณแอลกอฮอล์และปริมาณสารเคอร์คูมิน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเพราะ การใช้ปริมาณ DAP ในปริมาณที่เหมาะสมคือ 0.5 – 1.0 กรัมต่อน้ำหมัก 1 ลิตร (ลูกจันทร์, 2551 และ Witayapan, 2006) ทำให้มีความพอเหมาะแก่การเจริญเติบโตของยีสต์ต่อการผลิตแอลกอฮอล์ ซึ่งเมื่อปริมาณแอลกอฮอล์มีปริมาณที่สูงขึ้น จึงมีผลต่อการสกัดสารเคอร์คูมินให้เพิ่มขึ้นด้วยเพราะสารเคอร์คูมินสามารถละลายได้ดีในแอลกอฮอล์ (Aggarwal *et al.*, 2003) และถ้าเติมแหล่งอาหารให้กับยีสต์ ในปริมาณที่ไม่เหมาะสม เช่นมากเกินไปหรือน้อยเกินไป อาจทำให้การหมักหยุดชะงักลงหรืออาจทำให้ยีสต์เจริญเติบโตได้ช้าลง จึงส่งผลให้การหมักเป็นไปได้ช้าลงและมีปริมาณแอลกอฮอล์รวมทั้งปริมาณสารเคอร์คูมินที่น้อยลงด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 การวิเคราะห์องค์ประกอบของไวน์ขมิ้นชันโดยใช้แหล่งอาหารของยีสต์แตกต่างกันและหมักเป็นเวลา 14 วัน

แหล่งอาหารของยีสต์	ปริมาณของแข็งละลาย	pH	ปริมาณกรดทั้งหมด (%w/v)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (%w/v)	ปริมาณแอลกอฮอล์ (%v/v)	ปริมาณ curcumin (%w/w)
คอนโทรล	9	4.39	0.56	0.34	10.88±0.34[a]	8.05±0.38[a]
DAP	8.4	4.30	0.59	0.33	11.67±0.10[b]	11.35±0.40[b]
ฟอสเฟตโปแตสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต	10.6	4.43	0.41	0.42	9.16±0.20[c]	3.10±0.30[c]
ยีสต์สกัด	10.2	4.40	0.45	0.38	9.55±0.10[d]	3.94±0.82[d]
รวมแหล่งไนโตรเจนทั้งสาม	8.25	4.24	0.61	0.31	11.83±0.10[b]	11.42±0.25[b]

หมายเหตุ: อักษรที่ต่างกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในคอลัมน์เดียวกัน

3. ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการหมักน้ำส้มสายชูจากขมิ้นชัน

3.1 ผลของปริมาณกล้าเชื้อ *Acetobacter aceti* TISTR 102 ที่เหมาะสมต่อการผลิตกรดอะซิติก

จากการหมักน้ำส้มสายชูด้วยไวน์ขมิ้นชัน ที่มีเอทานอลเริ่มต้นความเข้มข้น 5 % จากนั้นเติมกล้าเชื้อ *A. aceti* TISTR 102 ปริมาณ 10, 20 และ 30 % แสดงดังตารางที่ 11 พบว่า ปริมาณกล้าเชื้อเริ่มต้นที่แตกต่างกัน สามารถผลิตกรดอะซิติกได้ในเวลาที่ต่างกัน ซึ่งจะเห็นได้ว่า เมื่อใช้ปริมาณกล้าเชื้อเริ่มต้นปริมาณน้อย จะสามารถผลิตกรดได้ช้าและปริมาณต่ำ แต่เมื่อใช้เชื้อปริมาณสูง จะสามารถผลิตกรดได้ในเวลาที่รวดเร็วกว่า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ นภษร (2545) และ กุลวดี (2552) เมื่อดู

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากปริมาณกรดอะซิติกมีการผลิตกรดเพียงเล็กน้อย อาจเนื่องมาจากปริมาณแอลกอฮอล์และสารอาหารที่มีอยู่อย่างจำกัด โดยปริมาณกล้าเชื้อที่ 20 % สามารถผลิตกรดอะซิติกได้ 2.70 % ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันกับปริมาณกล้าเชื้อที่ 30 % อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในวันที่ 12 ของการหมัก และเพื่อเป็นการลดต้นทุนในการผลิตกล้าเชื้อในปริมาณสูง ดังนั้นจึงคัดเลือกกล้าเชื้อ *A. aceti* TISTR 102 ปริมาณ 20 % หมักเป็นเวลา 12 วัน เพื่อศึกษาต่อไป

ตารางที่ 11 ค่าปริมาณกรดอะซิติกของน้ำส้มสายชูขมิ้นชันต่อปริมาณกล้าเชื้อ ที่หมักเป็นเวลา 15 วัน

เวลา (วัน)	ปริมาณกรดอะซิติก (%)		
	ปริมาณกล้าเชื้อ 10%	ปริมาณกล้าเชื้อ 20%	ปริมาณกล้าเชื้อ 30%
0	0.20±0.01[a]	0.22±0.01[a]	0.23±0.01[a]
3	0.25±0.01[a]	0.60±0.01[b]	0.70±0.12[b]
6	0.87±0.70[c]	1.59±0.10[d]	2.03±0.50[f]
9	1.86±0.05[e]	2.37±0.04[g]	2.69±0.04[h]
12	2.38±0.08[g]	2.70±0.06[h]	2.80±0.01[h]
15	2.42±0.11[g]	2.74±0.07[h]	2.80±0.01[h]

หมายเหตุ: อักษรที่ต่างกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในตัวอย่างทั้งหมด

3.2 ผลของการศึกษาอัตราส่วนของไวน์ขมิ้นชันที่เหมาะสมต่อการผลิตกรดอะซิติก

เนื่องจากการใช้ไวน์ขมิ้นชัน ให้ปริมาณกรดอะซิติกค่อนข้างน้อยและใช้ระยะเวลานาน จึงใช้ไวน์ผลไม้ช่วยในการหมัก เพื่อเพิ่มสารอาหารและใช้ระยะเวลาในการหมักสั้นลงในการผลิตกรดอะซิติก ซึ่งไวน์ผลไม้ที่มีประโยชน์ทางด้านสารอาหารและมีสีเหลืองใกล้เคียงกับไวน์ขมิ้นชัน คือ ไวน์สับปะรด ดังนั้นจึงได้ใช้ไวน์สับปะรด เป็นตัวช่วยในการหมัก โดยใช้ไวน์ขมิ้นชันต่อไวน์สับปะรด ในอัตราส่วนที่แตกต่างกันคือ 1:1, 2:1, 3:1 และไวน์ขมิ้นชันกับไวน์สับปะรด ด้วยเชื้อ *A. aceti* TISTR 102 ปริมาณ 20 % เป็นเวลา 12 วัน แสดงดังตารางที่ 12 พบว่า เมื่อเพิ่มอัตราส่วนไวน์ขมิ้นชัน จะส่งผลต่อปริมาณกรดอะซิติกที่ลดลง ซึ่งแปรผกผันกับอัตราการส่วนไวน์สับปะรดคือ เมื่ออัตราส่วนไวน์สับปะรดเพิ่มขึ้น ในอัตราส่วน 3:1, 2:1 และ 1:1 ตามลำดับ จะส่งผลต่อปริมาณกรดอะซิติกที่เพิ่มขึ้น รวมทั้งให้ระยะเวลาในการผลิตกรดอะซิติกที่รวดเร็วกว่าด้วย โดยไวน์ขมิ้นชัน:ไวน์สับปะรด อัตราส่วน 1:1 สามารถหมักได้ปริมาณกรดอะซิติก 2.80 % ในวันที่ 4 ของการหมัก ซึ่งไม่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แตกต่างกับปริมาณกรดอะซิติกในวันที่ 12 ทางสถิติ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากไวน์สับปะรดมีสารอาหารมากกว่าไวน์ขมิ้นชัน โดยไวน์ขมิ้นชันนั้นไม่มีสารอาหารสำหรับเชื้อเลย แต่ไวน์สับปะรดมีสารอาหารจำพวกไนโตรเจนและวิตามินต่างๆ เช่น ไทอามีน ไรโบเฟลวิน ไนอาซิน กรดแพนโทเทนิก วิตามินบีหก โฟเลต วิตามินซี รวมทั้งแร่ธาตุต่างๆ เช่น แคลเซียม เหล็ก แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และสังกะสี เป็นต้น (Jessie, 2014) ซึ่งเป็นสารอาหารสำหรับเชื้อ จึงทำให้เมื่อมีการหมักน้ำส้มสายชูเชื้อสามารถเจริญเติบโตและผลิตกรดอะซิติกได้สูงกว่า และเมื่อเปรียบเทียบกับไวน์ขมิ้นชันล้วนกับอัตราส่วนอื่นๆ ปริมาณกรดอะซิติกมีความแตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นไวน์ขมิ้นชัน:ไวน์สับปะรด อัตราส่วน 3:1 มีปริมาณกรดอะซิติกไม่มีความแตกต่างกับไวน์ขมิ้นชันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ ศุภาวิชญ์ฐา (2551) ในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์สับปะรด ด้วยเชื้อ *A. aceti* TISTR 102 ให้ปริมาณกรดอะซิติกที่มากกว่าและระยะเวลาในการหมักที่รวดเร็วกว่าคือ ปริมาณกรดอะซิติก 5.20 % ในเวลา 96 ชั่วโมง ในการเพาะเลี้ยงแบบฟลาสก์ด้วยการเขย่า โดยไวน์ขมิ้นชัน: ไวน์สับปะรด อัตราส่วน 1:1 สามารถผลิตกรดอะซิติกได้สูงที่สุดคือ 2.80 % จึงคัดเลือกเพื่อศึกษาต่อไป

ตารางที่ 12 อัตราส่วนของไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรดที่เหมาะสมต่อการผลิตกรดอะซิติก ที่หมักเป็นเวลา 12 วัน

เวลา (วัน)	ปริมาณกรดอะซิติก (%)				
	ไวน์ขมิ้นชัน	ไวน์ขมิ้นชัน: ไวน์สับปะรด อัตราส่วน 1:1	ไวน์ขมิ้นชัน: ไวน์สับปะรด อัตราส่วน 2:1	ไวน์ขมิ้นชัน: ไวน์สับปะรด อัตราส่วน 3:1	ไวน์สับปะรด
0	0.24 ± 0.02^{a}	0.41 ± 0.1^{ab}	0.40 ± 0.01^{ab}	0.25 ± 0.2^{a}	0.41 ± 0.02^{ab}
2	0.49 ± 0.15^{ab}	2.03 ± 0.03^{fg}	1.19 ± 0.38^{cd}	1.62 ± 0.17^{e}	2.30 ± 0.02^{hi}
4	0.98 ± 0.06^{c}	2.80 ± 0.01^{lmn}	2.18 ± 0.30^{fgh}	2.00 ± 0.02^{fg}	2.90 ± 0.01^{n}
6	1.35 ± 0.24^{d}	2.83 ± 0.04^{mn}	2.25 ± 0.36^{ghi}	2.02 ± 0.05^{fg}	3.72 ± 0.09^{o}
8	1.92 ± 0.12^{f}	3.00 ± 0.03^{n}	2.61 ± 0.04^{jklm}	2.37 ± 0.06^{hij}	4.10 ± 0.02^{p}
10	2.30 ± 0.20^{hi}	3.00 ± 0.01^{n}	2.67 ± 0.04^{klm}	2.52 ± 0.04^{ijk}	4.11 ± 0.04^{p}
12	2.46 ± 0.01^{hijk}	3.00 ± 0.01^{n}	2.68 ± 0.02^{klm}	2.52 ± 0.04^{ijkl}	4.11 ± 0.02^{p}

หมายเหตุ: อักษรที่ต่างกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) ในตัวอย่างทั้งหมด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.3 ผลการศึกษาปริมาณเอทานอลเริ่มต้นที่เหมาะสมต่อการผลิตกรดอะซิติก

นำอัตราส่วนปริมาตรไวน์ขมิ้นชันต่อไวน์สัปปะรดที่คัดเลือกได้ ในอัตราส่วน 1:1 จากนั้นปรับเอทานอลเข้มข้น 5, 7.5 และ 10 % จากนั้นเติม DAP 0.02 % และเติมกล้าเชื้อ *A. aceti* TISTR 102 ปริมาณ 20 % ลงในถาดหมักปริมาตร 500 มิลลิลิตร เป็นเวลาทั้งหมด 7 วัน แสดงดังตารางที่ 13 พบว่า เมื่อปริมาณเอทานอลเริ่มต้นสูง จะทำให้ความสามารถในการผลิตกรดอะซิติกลดน้อยลงและช้ากว่าการใช้ปริมาณเอทานอลต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุภกาญจน์ (2553) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณเอทานอลในปริมาณสูง จะช่วยสกัดสารเคอร์คูมินให้ออกฤทธิ์ได้มากขึ้น ซึ่งอาจมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ จึงทำให้การผลิตกรดอะซิติกอาจเกิดขึ้นช้าและได้ผลผลิตปริมาณน้อย แม้ว่าเอทานอลจะเป็นสับสเตรทสำหรับเชื้อ โดยเชื้อ *A. aceti* จะเริ่มเปลี่ยนเอทานอลเป็นกรดอะซิก ประมาณวันที่ 2 ของการหมัก (มาลัย และ ฉกามาศ,2552 ; Sakurai *et al.*, 2012) โดยการใช้เอทานอลเริ่มต้น 5 % สามารถผลิตกรดได้สูงที่สุดคือ 3.04 % ดังนั้นจึงคัดเลือกเพื่อศึกษาต่อไป

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์ปริมาณเอทานอลเริ่มต้นที่เหมาะสมต่อการผลิตกรดอะซิติก ที่หมักเป็นเวลา 7 วัน

เวลา (วัน)	กรดอะซิติก (%)		
	เอทานอลเริ่มต้น5%	เอทานอลเริ่มต้น 7.5%	เอทานอลเริ่มต้น 10%
0	0.19±0.01^{a}	0.29±0.01^{ab}	0.31±0.02^{ab}
1	0.55±0.07^{b}	0.33±0.04^{ab}	0.48±0.11^{ab}
2	1.71±0.12^{e}	1.61±0.01^{de}	1.02±0.45^{c}
3	2.42±0.09^{g}	2.06±0.07^{f}	1.36±0.01^{d}
4	3.04±0.03^{h}	2.32±0.05^{fg}	1.48±0.02^{de}
5	2.95±0.05^{h}	2.32±0.10^{fg}	1.46±0. 04de
6	2.95±0. 13^{h}	2.20±0. 01^{fg}	1.46±0. 13de
7	2.90±0.02^{h}	2.12±0.30^{f}	1.39±0.01^{d}

หมายเหตุ: อักษรที่ต่างกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในตัวอย่างทั้งหมด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.4 ผลการศึกษาคุณภาพของน้ำส้มสายชู

3.4.1 ผลการศึกษาการหมักน้ำส้มสายชูจากขมิ้นชันผสมไวน์สับปะรด

นำอัตราส่วนปริมาตรไวน์ขมิ้นชันต่อไวน์สัปปะรดที่คัดเลือกได้ ในอัตราส่วน 1:1 จากนั้นปรับเอทานอลเข้มข้น 5 % จากนั้นเติม DAP 0.02 % และเติมกล้าเชื้อ *A. aceti* TISTR 102 ปริมาณ 20 % ลงในถาดหมักปริมาตร 500 มิลลิลิตร เป็นเวลาทั้งหมด 4 วัน โดยวิเคราะห์น้ำส้มสายชู ดังนี้คือ การวัดค่า pH, วัดปริมาณกรดอะซิติก แสดงดังตารางที่ 14 พบว่า เมื่อเวลาในการหมักเพิ่มมากขึ้น ค่า pH จะลดลงเรื่อยๆ แต่หลังจากนั้นจะมีค่าลดลง และมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในวันที่ 7 ของการหมัก ซึ่ง pH ในวันที่ 4 คือ 3.70 ส่วนปริมาณกรดอะซิติก เมื่อเวลาในการหมักเพิ่มขึ้น ปริมาณกรดจะเพิ่มขึ้นด้วย และลดลงหลังจากนั้น โดยวันที่ 4 ของการหมัก มีปริมาณกรดอะซิติกสูงที่สุดคือ 3.35 สอดคล้องกับงานวิจัยของ เอื้องพลอย (2552) ในการหมักน้ำส้มสายชูจากผลหม่อน โดยระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น ปริมาณกรดอะซิติกมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย และสาเหตุเนื่องมาจากเชื้อ *A. aceti* ที่ใช้ในกระบวนการหมักนี้ จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยเปลี่ยนเอทานอลที่มีอยู่ในน้ำหมักเป็นกรดอะซิติก (Tesfaye *et al.*, 2002) แต่จากการทดลอง ปริมาณกรดอะซิติกที่ได้มีปริมาณน้อย ซึ่งไม่เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2527) ที่ระบุไว้ว่า น้ำส้มสายชูหมักจะต้องมีปริมาณกรดอะซิติกไม่ต่ำกว่า 4 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ซึ่งในที่นี้ผลิตได้เพียง 3.35 % ซึ่งอาจปรับปรุงได้โดยการใช้จุลินทรีย์สายพันธุ์ที่มีความสามารถในการทนต่อเอทานอลปริมาณสูง อาจจะช่วยทำให้สามารถผลิตกรดอะซิติกได้ในปริมาณที่สูงขึ้น (Lasko *et al.*, 2001)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 14 ผลการวิเคราะห์น้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันผสมไวน์สับปะรด เมื่อหมักเป็นเวลา 7 วัน

เวลา (วัน)	ผลการวิเคราะห์	
	pH	ปริมาณกรดอะซิติก (%)
0	4.92±0.02[a]	0.18±0.01[a]
1	4.77±0.11[a]	0.23±0.20[a]
2	3.98±0.21[b]	1.61±0.45[b]
3	3.76±0.07[c]	2.44±0.12[c]
4	3.70±0.01[c]	3.35±0.03[d]
5	3.70±0.04[c]	3.34±0.05[d]
7	3.74±0.02[c]	3.30±0.02[d]

หมายเหตุ: อักษรที่ต่างกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

3.4.2 ผลการศึกษาค่าคุณภาพทางกายภาพและเคมีของน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันผสมไวน์สับปะรด

ผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากขมิ้นชันผสมไวน์สับปะรด เมื่อตรวจสอบคุณภาพ พบว่า มีคุณภาพเป็นไปตาม มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน น้ำส้มสายชูหมัก (มผช. 362/2527) โดยระบุไว้ว่า น้ำส้มสายชูหมักต้องมีลักษณะทั่วไปเป็นของเหลวใส ให้สีตามธรรมชาติของน้ำส้มสายชูหมัก ต้องมีกลิ่นของกรดอะซิติกหรืออาจมีกลิ่นของวัตถุดิบ และจากการตรวจวัดคุณภาพทางกายภาพและเคมี ได้ผลแสดงดังตารางที่ 15 พบว่า น้ำส้มสายชูที่ได้จะมีลักษณะใส สีเหลืองอ่อน มีกลิ่นหอม มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 3.70±0.01 ซึ่งจัดเป็นอาหารในกลุ่มที่มีลักษณะเป็นกรด (acid food) และมีปริมาณกรดอะซิติก เท่ากับร้อยละ 3.15±0.03

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 15 ค่าคุณภาพทางกายภาพและเคมีของน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรด

ค่าคุณภาพ	ปริมาณ
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	3.70±0.01
กรดอะซิติก (TA, %as acetic acid)	3.15±0.03
ปริมาณสารเคอร์คูมิน (%w/w)	0.84±0.18
ค่าสี L*	93.04±0.05
ค่าสี a*	-0.907±0.02
ค่าสี b*	13.14±0.06

4. ผลการศึกษาการนำน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันผสมไวน์สับปะรดไปประยุกต์ใช้

การผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันผสมไวน์สับปะรดเป็นทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภคที่บริโภคผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ แต่น้ำส้มสายชูหมักนั้นมีรสชาติที่เปรี้ยวและมีกลิ่นฉุน ซึ่งยากต่อการบริโภค ดังนั้นจึงนำน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันผสมไวน์สับปะรดมาปรุงแต่งกลิ่นรส โดยการทำเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มผสมน้ำผลไม้หรือเป็นน้ำสลัด เพื่อเพิ่มมูลค่า ง่ายต่อการบริโภค รวมทั้งมีประโยชน์ต่อสุขภาพอีกด้วย ซึ่งการประยุกต์ใช้น้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรด มีดังนี้คือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.1 เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมัก

ภาพที่ 9 เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มผสมน้ำสับปะรด

ผลการทดสอบความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มผสมน้ำสับปะรด 7 ตัวอย่าง ทดสอบตัวอย่างโดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ (hedonic scaling) ที่มีสเกลความชอบ 9 คะแนน ในคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ได้แก่กลิ่นของเครื่องดื่ม ความเปรี้ยว ความหวาน และความชอบโดยรวม ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 16 พบว่า ผู้บริโภคมีความชอบกลิ่นของเครื่องดื่มในตัวอย่างที่ 3 และ 6 ซึ่งมีความแตกต่างจากตัวอย่างพื้นฐานและตัวอย่างอื่น ($p \leq 0.05$) โดยตัวอย่างที่ 3 มีคะแนนความชอบสูงที่สุดเท่ากับ 6.70 ในด้านความเปรี้ยวพบว่า ผู้บริโภคมีความชอบต่อตัวอย่างที่ 3 ซึ่งไม่แตกต่างกับตัวอย่างพื้นฐาน ($p \geq 0.05$) โดยมีคะแนนความชอบสูงที่สุดเท่ากับ 6.13 ในด้านความหวานพบว่า ผู้บริโภคมีความชอบตัวอย่างที่ 3 และ 4 ซึ่งไม่แตกต่างกับตัวอย่างพื้นฐาน ($p \geq 0.05$) โดยตัวอย่างที่ 3 มีคะแนนความชอบสูงที่สุดเท่ากับ 6.16 และในด้านความชอบโดยรวม พบว่า ผู้บริโภคมีความชอบต่อตัวอย่างที่ 3-4 ไม่แตกต่างกับตัวอย่างพื้นฐาน ($p \geq 0.05$) โดยตัวอย่างที่ 3 มีคะแนนความชอบสูงที่สุดเท่ากับ 6.30

ดังนั้นตัวอย่างเครื่องดื่มที่เหมาะสมสำหรับการทำเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักผสมน้ำสับปะรดคือ ตัวอย่างที่ 3 ประกอบด้วย น้ำสับปะรด 15 %,น้ำตาลซูคาโรส 0.005 %, น้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นและไวน์สับปะรด 6% และน้ำผึ้ง 2 %

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลการวัดค่าคุณภาพของเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักผสมน้ำสับปะรดในด้านค่าความเป็นกรด-ด่าง, ปริมาณกรดอะซิติกและปริมาณของแข็งละลายของตัวอย่างเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักผสมน้ำสับปะรดทั้งหมด 6 ตัวอย่างและเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักผสมน้ำราสเบอร์รี่ ตราเค ยู ฟู้ด แสดงดังตารางที่ 16 พบว่า ตัวอย่างที่ 1-4 มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ไม่แตกต่างจากตัวอย่างพื้นฐาน ($p \geq 0.05$) ปริมาณกรดอะซิติก ตัวอย่างที่ 1, 2 และ 4 ไม่มีความแตกต่างจากตัวอย่างพื้นฐาน ($p \geq 0.05$) แต่ปริมาณของแข็งละลาย ทุกตัวอย่างมีความแตกต่างจากอย่างพื้นฐาน ($p \leq 0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบค่าความเป็นกรด-ด่าง, ปริมาณกรดอะซิติกและปริมาณของแข็งละลายระหว่างตัวอย่างเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรดผสมน้ำสับปะรดตัวอย่างที่ 3 ที่คัดเลือกเป็นแนวทางสำหรับการนำมาประยุกต์ใช้ ซึ่งมีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 3.50, กรดอะซิติก 0.78 % และปริมาณของแข็งละลายเท่ากับ 17.2 กับเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักผสมน้ำราสเบอร์รี่ ตราเค ยู ฟู้ด ซึ่งมีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 3.62, กรดอะซิติก 0.57 % และปริมาณของแข็งละลายเท่ากับ 11 พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง ไม่แตกต่างกัน ยกเว้น ปริมาณกรดอะซิติกและปริมาณของแข็งละลาย มีความแตกต่างกัน และเมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองของ เอื้องพลอย (2552) ในการผลิตเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อน ซึ่งมีปริมาณกรดอะซิติกในเครื่องดื่ม 0.73 %, ความเป็นกรด-ด่าง 3.92 และปริมาณของแข็งละลาย 15.73 % พบว่า มีความแตกต่างทางด้านค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณของแข็งละลายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นปริมาณกรดอะซิติก ไม่มีความแตกต่างกันกับเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักผสมน้ำสับปะรดตัวอย่างที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการใช้น้ำส้มสายชูที่เป็นสารตั้งต้นในการผลิตเครื่องดื่มต่างชนิดกัน สัดส่วนของส่วนประกอบต่างกัน รวมทั้งการใช้ซูคาโรสแทนความหวาน จึงอาจทำให้มีค่าคุณภาพ ทั้งทางด้านปริมาณกรดอะซิติก, ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณของแข็งละลาย มีความแตกต่างกัน แต่จากการทดลองของ Weerathunge and Wickramasinghe (2011) พบว่า การนำน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์สับปะรดที่มีปริมาณกรดอะซิติก 2 % มาใช้ในการทำเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักผสมน้ำผลไม้ มีความชอบทางประสาทสัมผัสมากที่สุดจากผู้บริโภค และเมื่อนำเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักผสมน้ำสับปะรด ทดสอบหาปริมาณสารเคอร์คูมินนั้นไม่พบปริมาณสาร (ยืนยันผลการทดลองโดยวิธี TLC แสดงดังภาคผนวก ค) อาจเนื่องมาจากกระบวนการผลิตในแต่ละขั้นตอนการหมักและส่วนประกอบของวัตถุดิบการผลิต จึงทำให้ปริมาณสารเคอร์คูมินลดน้อยลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 16 คะแนนความชอบเฉลี่ยในคุณลักษณะด้านต่างๆและค่าคุณภาพของตัวอย่างเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมัก

ตัวอย่าง	คุณลักษณะ				ค่าคุณภาพ		
	กลิ่น	ความเปรี้ยว	ความหวาน	ความชอบโดยรวม	ความเป็นกรด-ด่าง	ปริมาณกรดอะซิติก (%)	ปริมาณของแข็งละลาย (%)
1	4.70±1.69^{a}	4.50±1.22^{ab}	4.73±1.20^{a}	4.50±1.43^{b}	3.62±0.15^{b}	0.60±0.11^{a}	16.0±0.10^{b}
2	5.50±1.22^{b}	4.00±1.29^{a}	4.33±1.49^{a}	3.60±1.52^{a}	3.64±0.10^{b}	0.62±0.15^{a}	16.2±0.11^{b}
3	6.70±1.38^{c}	6.13±1.61^{d}	6.16±1.70^{b}	6.30±1.72^{e}	3.50±0.12^{ab}	0.78±0.10^{b}	17.2±0.15^{c}
4	4.50±1.38^{a}	5.20±1.32^{bc}	5.60±1.42^{b}	6.22±1.21^{de}	3.51±0.14^{ab}	0.74±0.13^{ab}	16.8±0.11^{bc}
5	4.70±1.70^{a}	4.60±1.49^{ab}	4.83±1.62^{a}	5.46±1.50^{cd}	3.47±0.12^{a}	0.86±0.18^{b}	17.6±0.13^{c}
6	6.20±1.34^{c}	4.40±1.42^{a}	4.73±1.22^{a}	5.03±1.56^{bc}	3.48±0.13^{a}	0.87±0.14^{b}	17.0±0.11^{c}
7	4.70±1.55^{a}	5.46±1.45^{cd}	5.66±1.37^{b}	5.63±1.24^{de}	3.62±0.13^{b}	0.57±0.15^{a}	11±0.13^{a}

หมายเหตุ: อักษรที่ต่างกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตัวอย่างที่ 7 (ตัวอย่างพื้นฐาน) หมายถึง เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักผสมน้ำราสเบอร์รี่ ตรา เค ยู ฟู้ด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.2 น้ำสลัดใส

ภาพที่ 10 น้ำสลัดใสผสมน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรด

ผลการทดสอบความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์น้ำสลัดใสผสมน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรด 6 ตัวอย่าง โดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ (hedonic scaling) ที่มีสเกลความชอบ 9 คะแนน ในคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ได้แก่กลิ่นของน้ำสลัด ความเปรี้ยว ความหวาน และความชอบโดยรวม ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 17 พบว่า ผู้บริโภคมีความชอบกลิ่นของน้ำสลัดและความเปรี้ยวต่อตัวอย่างที่ 4-6 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันกับตัวอย่างพื้นฐาน ($p \geq 0.05$) โดยตัวอย่างที่ 4 มีคะแนนความชอบสูงที่สุดเท่ากับ 6.13 และ 5.83 ตามลำดับ ในด้านความหวาน พบว่า ผู้บริโภคมีความชอบในตัวอย่างที่ 3-5 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันกับตัวอย่างพื้นฐาน ($p \geq 0.05$) โดยตัวอย่างที่ 4 มีคะแนนความชอบสูงที่สุดเท่ากับ 5.50 และในด้านความชอบโดยรวม พบว่า ผู้บริโภคมีความชอบรสชาติรวมของตัวอย่างที่ 4 ซึ่งไม่มีความแตกต่างจากตัวอย่างพื้นฐาน ($p \geq 0.05$) โดยตัวอย่างที่ 4 มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดเท่ากับ 6.0

ดังนั้นตัวอย่างน้ำสลัดใสที่เหมาะสมสำหรับการทำน้ำสลัดใสผสมน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรดคือตัวอย่างที่ 4 ประกอบด้วย น้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นและไวน์สับปะรด 52%, น้ำตาลซูคาโรส 0.2 % และเกลือ 4 %

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลการวัดค่าคุณภาพของน้ำสลัดใสผสมน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรดในด้าน ค่าความเป็นกรด-ด่าง, ปริมาณกรดอะซิติกและปริมาณของแข็งละลายของตัวอย่างทั้งหมด 6 ตัวอย่างและน้ำสลัดใส ตราเบสท์ฟู้ด พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง ในตัวอย่างที่ 4 ไม่มีความแตกต่างจากตัวอย่างพื้นฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ, ปริมาณกรดอะซิติกในตัวอย่างที่ 5 ไม่มีความแตกต่างจากตัวอย่างพื้นฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ปริมาณของแข็งละลาย ทุกตัวอย่างมีความแตกต่างจากตัวอย่างพื้นฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อเปรียบเทียบค่าความเป็นกรด-ด่าง, ปริมาณกรดอะซิติกและปริมาณของแข็งละลายระหว่างตัวอย่างน้ำสลัดใสผสมน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรดตัวอย่างที่ 4 ที่คัดเลือกเป็นแนวทางสำหรับการนำมาประยุกต์ใช้ ซึ่งมีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 3.08, กรดอะซิติก 1.54 % และปริมาณของแข็งละลายเท่ากับ 13.8 กับน้ำสลัดใส ตราเบสท์ ฟู้ด ซึ่งมีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 3.09, กรดอะซิติก 1.68 % และปริมาณของแข็งละลายเท่ากับ 17.8 พบว่า มีค่าคุณภาพแตกต่างกัน ยกเว้นค่าความเป็นกรด-ด่าง แต่เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของประวีณา (2554) ในน้ำสลัดใสจากข้าวกล้องดำ มีปริมาณกรดอะซิติกในน้ำสลัดใส 1.59 % และ ความเป็นกรด-ด่าง 3.05 พบว่ามีค่าคุณภาพไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากวัตถุดิบที่ใช้ โดยเฉพาะน้ำส้มสายชูที่เป็นส่วนประกอบหลักในตัวอย่างน้ำสลัดใส มีปริมาณกรดอะซิติกเริ่มต้นและชนิดในน้ำส้มสายชูที่แตกต่างกัน รวมถึงการใช้ซูคาโรสแทนความหวาน จึงอาจทำให้ได้ปริมาณของแข็งละลายที่แตกต่างกันด้วยเช่นกัน ส่วนการทดสอบทางประสาทสัมผัส จากงานวิจัยของ Chung *et al.* (2012) ในน้ำสลัดจากน้ำส้มสายชูหมักสไตล์เกาหลี ซึ่งมีความชอบโดยรวมจากกลุ่มผู้บริโภคชาวอเมริกาเท่ากับ 6.9 และงานวิจัยของประวีณา (2554) ในน้ำสลัดใสจากข้าวกล้องดำ ซึ่งคะแนนความชอบโดยรวมจากผู้บริโภคเท่ากับ 6.78 ซึ่งไม่แตกต่างกับน้ำสลัดใส ตัวอย่างที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งอยู่ในช่วงของคะแนนของความชอบเล็กน้อย และเมื่อนำน้ำสลัดใส ทดสอบหาปริมาณสารเคอร์คูมินนั้นไม่พบปริมาณสาร (ยืนยันผลการทดลองโดยวิธี TLC แสดงดังภาคผนวก ค) อาจเนื่องมาจากกระบวนการผลิตในแต่ละขั้นตอนการหมักและส่วนประกอบของวัตถุดิบการผลิต จึงทำให้ปริมาณสารเคอร์คูมินลดน้อยลงเช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักผสมน้ำสับปะรด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 17 คะแนนความชอบเฉลี่ยในคุณลักษณะด้านต่างๆและค่าคุณภาพของตัวอย่างน้ำสลัดใส

ตัวอย่าง	คุณลักษณะ				ค่าคุณภาพ		
	กลิ่นน้ำสลัด	ความเปรี้ยว	ความหวาน	ความชอบโดยรวม	ความเป็นกรด-ด่าง	ปริมาณกรดอะซิติก (%)	ปริมาณของแข็งละลาย (%)
1	4.20±1.64^{a}	4.20±1.09^{ab}	4.33±2.15^{a}	4.56±1.34^{ab}	3.01±0.13^{a}	1.52±0.16^{a}	11.4±0.13^{a}
2	4.63±1.21^{a}	3.86±1.45^{a}	4.73±1.25^{ab}	3.96±1.62^{a}	3.04±0.14^{b}	1.54±0.11^{ab}	11.6±0.14^{a}
3	4.80±1.03^{a}	4.80±1.47^{bc}	5.23±1.07^{bcd}	5.03±1.12^{b}	3.02±0.14^{a}	1.50±0.12^{a}	13.6±0.10^{b}
4	6.13±1.16^{b}	5.83±1.53^{d}	5.50±1.69^{cd}	6.00±1.48^{c}	3.08±0.15^{c}	1.54±0.13^{ab}	13.8±0.11^{bc}
5	5.66±1.18^{b}	5.36±1.56^{cd}	5.16±1.39^{bcd}	4.90±1.75b	3.02±0.11^{a}	1.57±0.10^{bc}	14.3±0.15^{c}
6	5.90±1.15^{b}	5.53±1.61^{cd}	4.60±1.42^{ab}	5.06±1.48^{b}	3.01±0.16^{a}	1.54±0.12^{ab}	14.8±0.13^{d}
7	5.50±1.00^{b}	5.56±1.93^{cd}	5.90±1.17^{d}	6.40±1.10^{c}	3.09±0.13^{c}	1.68±0.11^{c}	17.8±0.17^{e}

หมายเหตุ: อักษรที่ต่างกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตัวอย่างที่ 7 (ตัวอย่างพื้นฐาน) หมายถึง น้ำสลัดใส ตรา เบสท์ฟู้ด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.3 ทำแบบทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากขมิ้นชัน

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสการชิม ซึ่งเป็นบุคลากรและนิสิตของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 30 คน ทำการใช้แบบสอบถามเพื่อถามถึงการยอมรับของผู้บริโภคและข้อเสนอแนะต่างๆที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากขมิ้นชันทั้งหมด 4 ตัวอย่าง ดังนี้คือ

4.3.1 ไวน์ขมิ้นชัน ผู้บริโภคเป็นผู้ชายทั้งหมด 24 คนและผู้หญิงทั้งหมด 6 คน ซึ่งอยู่ในกลุ่มช่วงอายุ 25-30 ปี และ 35-50 ปี ซึ่งส่วนใหญ่ผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ไวน์ขมิ้นชัน คิดเป็น 90 % มีข้อเสนอแนะคือ มีกลิ่นของขมิ้นที่แรง และมีความต้องการให้เพิ่มความหวานมาก

4.3.2 น้ำส้มสายชูหมักไวน์ขมิ้นชันผสมไวน์สับปะรด ผู้บริโภคเป็นผู้ชายทั้งหมด 12 คนและผู้หญิงทั้งหมด 18 คน ซึ่งอยู่ในกลุ่มช่วงอายุ 25-35 ปีและ 40-55 ปี ซึ่งผู้บริโภคยอมรับกับผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมัก คิดเป็น 93.3 % ซึ่งส่วนใหญ่ให้ความคิดเห็นว่า สีสวย กลิ่นไม่ฉุนเกินไป มีกลิ่นหอมอ่อนๆ

4.3.3 เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรดผสมน้ำสับปะรดเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ทางการค้าคือ เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักผสมน้ำราสเบอร์รี่สกัด ตรา เค ยู ฟู้ด ผู้บริโภคเป็นผู้ชายทั้งหมด 6 คนและผู้หญิงทั้งหมด 24 คน ซึ่งอยู่ในช่วงกลุ่มอายุ 22-31 และ 53 ปี ซึ่งผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้การยอมรับกับผลิตภัณฑ์ คิดเป็น 83.3 % ให้ข้อเสนอแนะว่า ควรเพิ่มเนื้อสัมผัส เช่น เติมวุ้นมะพร้าวชิ้นเล็กๆหรือเนื้อว่านหางจระเข้ เพื่อให้มีเนื้อสัมผัสที่น่าทานยิ่งขึ้น

4.3.4 น้ำสลัดใสผสมน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรดเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ทางการค้าคือ น้ำสลัดใสตราเบสท์ฟู้ด ผู้บริโภคเป็นผู้ชายทั้งหมด 2 คนและผู้หญิงทั้งหมด 28คน ซึ่งอยู่ในช่วงกลุ่มอายุ 22-35 และ 53-55 ปี ซึ่งผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้การยอมรับกับผลิตภัณฑ์ คิดเป็น 80 % โดยให้ข้อเสนอแนะว่า มีกลิ่นที่ไม่ชวนรับประทาน อาจต้องมีการปรุงแต่งกลิ่นให้ดีขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

ค่าคุณภาพทางเคมีของวัตถุดิบขมิ้นชัน พบว่า ขมิ้นชันสดมีความชื้น 79.91 % และความชื้นของขมิ้นชันที่อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีค่าความชื้นที่เหมาะสมคือ 10.05 % ที่เวลา 4 ชั่วโมง และมีปริมาณสารเคอร์คูมิน 26.31%w/w

กรรมวิธีสำหรับการหมักไวน์จากขมิ้นชัน คือ การใช้ขมิ้นชันแห้ง ปริมาณ 12.5 % โดยเติมสาร di-Ammonium phosphate (DAP) 0.05 % ปรับให้มีค่าของแข็งละลายเท่ากับ 20 องศาบริกซ์ แล้วทำการหมักด้วยเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* EC1118 เป็นเวลาทั้งหมด 14 วัน จะได้ไวน์ขมิ้นชันที่มีปริมาณแอลกอฮอล์เท่ากับ 11.67 % และมีปริมาณสารเคอร์คูมินเท่ากับ 11.35 %w/w

สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการหมักน้ำส้มสายชูจากขมิ้นชัน คือ การหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์ด้วยกล้าเชื้อแบคทีเรีย *Acetobacter aceti* TISTR 102 ปริมาณ 20 % ใช้ปริมาตรของไวน์ขมิ้นชันต่อไวน์สับปะรดอัตราส่วน 1:1 ปรับปริมาณแอลกอฮอล์เริ่มต้นเท่ากับ 5 % เป็นเวลาทั้งหมด 4 วัน จะได้น้ำส้มสายชูหมักจากขมิ้นชันผสมไวน์สับปะรดที่มีปริมาณกรดอะซิติกเท่ากับร้อยละ 3.15

น้ำส้มสายชูหมักจากขมิ้นชันผสมไวน์สับปะรดที่ได้ มีลักษณะใส สีเหลืองอ่อน มีปริมาณกรดอะซิติกเท่ากับร้อยละ 3.15ค่า pH เท่ากับ 3.70 และมีปริมาณสารเคอร์คูมิน เท่ากับ 0.84 %w/w

ผลเกณฑ์ในการคัดเลือกผลิตภัณฑ์เพื่อเป็นสูตรพื้นฐานคือผลิตภัณฑ์นั้นเป็นที่นิยมในการบริโภค คือผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักผสมน้ำราสเบอร์รี่ ตรา เค ยู ฟู้ด และน้ำสลัดใสตราเบสท์ฟู้ด เป็นสูตรพื้นฐานในการนำน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรดมาประยุกต์ใช้ โดยเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักผสมน้ำราสเบอร์รี่สกัด ตราเค ยู ฟู้ด ซึ่งมีส่วนประกอบดังนี้ น้ำราสเบอร์รี่สกัด 27%, น้ำเชื่อมฟรุคโตส 11 %, น้ำส้มสายชูหมัก 6 % และน้ำผึ้ง 2 % ส่วนน้ำสลัดใสตราเบสท์ฟู้ด มีส่วนประกอบดังนี้ ปริมาณน้ำส้มสายชู 32 %, ปริมาณน้ำตาล 65 % และปริมาณเกลือ 3 %

ผลการประยุกต์ใช้น้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรดในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักผสมน้ำสับปะรด พบว่า สูตรที่เหมาะสมประกอบด้วย น้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรด 6 %, น้ำสับปะรด 15 %, น้ำตาลซูคาโรส 0.005 % และน้ำผึ้ง 2 % โดยได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คะแนนความชอบรวมจากผู้บริโภคเท่ากับ 6.30 ซึ่งเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรดมีปริมาณกรดอะซิติกเท่ากับ 0.78 % ส่วนผลิตภัณฑ์น้ำสลัดใส พบว่า สูตรน้ำสลัดใสที่เหมาะสมประกอบด้วย น้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรด 52 %, น้ำตาลซูคาโรส 0.2 % และเกลือ 4 % โดยได้คะแนนความชอบรวมจากผู้บริโภคเท่ากับ 6.00 ซึ่งน้ำสลัดใสผสมน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรดมีปริมาณกรดอะซิติกเท่ากับ 1.54 %

จากการทำแบบทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากขมิ้นชันทั้งหมด คือ ไวน์ขมิ้นชัน, น้ำส้มสายชูหมักไวน์ขมิ้นชันผสมไวน์สับปะรด, เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรดผสมน้ำสับปะรด และน้ำสลัดใสผสมน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรด โดยทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสการชิมทั้งหมด 30 คน ผู้บริโภคส่วนใหญ่ผู้บริโภคให้การยอมรับต่อผลิตภัณฑ์ ซึ่งผู้บริโภคมีข้อเสนอแนะว่า ผลิตภัณฑ์จากขมิ้นชัน มีกลิ่นแรงของขมิ้นที่ ทำให้ไม่ชวนรับประทาน และมีความต้องการให้ปรับปรุงเรื่องกลิ่นให้ดีขึ้นกว่านี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

ควรศึกษาพันธุ์ของขมิ้นชัน ที่มีปริมาณสารเคอร์คูมินสูง เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด

ควรเตรียมวัตถุดิบขมิ้นชัน ในช่วงระยะเวลาเก็บเกี่ยวคือ เดือนมกราคม ถึง มีนาคม และเมื่อเริ่มมีรากงอกเกิดขึ้น ไม่ควรนำไปใช้ เพราะปริมาณสารเคอร์คูมินจะลดน้อยลง

ควรมีการศึกษาการใช้สายพันธุ์และการผสมสายพันธุ์ยีสต์ที่มีความสามารถผลิตแอลกอฮอล์ได้ในปริมาณสูง และมีกลิ่นและรสชาติโดยรวมที่ดี เพื่อปริมาณแอลกอฮอล์จากการหมักที่สูงขึ้นจะช่วยสกัดสารเคอร์คูมินจากขมิ้นชันจากการหมักได้

ควรมีการศึกษาการใช้สายพันธุ์ของเชื้อแบคทีเรีย วิธีการหมัก สารอาหารที่จำเป็นต่อการหมักและการให้อากาศแก่เชื้อ *Acetobacter aceti* ที่เหมาะสม เพื่อทำให้สามารถผลิตน้ำส้มสายชูที่มีปริมาณกรดที่สูงขึ้น เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2547)

ควรมีการศึกษาและปรับปรุงกรรมวิธีการผลิตไวน์และน้ำส้มสายชูหมักจากขมิ้นชันสำหรับการนำไปผลิตในระดับอุตสาหกรรม ทั้งด้านอุปกรณ์และกรรมวิธีการผลิต

การปรับปรุงผลิตภัณฑ์ไวน์ขมิ้นชัน ควรปรับค่าของแข็งละลายเริ่มต้นให้เพิ่มสูงขึ้นเพื่อเพิ่มความหวานในไวน์ขมิ้นชันหรือลดปริมาณค่าของแข็งละลายเริ่มต้นให้น้อยลง เพื่อให้เชื้อยีสต์เปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์จนหมด แล้วปรุงแต่งด้วยน้ำผึ้ง เพื่อความหอมหวานและรสชาติที่ดีขึ้น หรืออาจกำจัดกลิ่นของขมิ้นชันที่ไม่ส่งผลต่อสารเคอร์คูมินก่อนนำมาผลิตไวน์ขมิ้นชัน

ควรมีการประชาสัมพันธ์สารสำคัญของขมิ้นชันและให้ผู้บริโภคคุ้นเคยกับกลิ่นของขมิ้นชันจะได้ยอมรับและพึงพอใจเรื่องกลิ่น ซึ่งเป็นคุณสมบัติของขมิ้นชันเอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กนกวรรณ สะอาด, ทองปอน หน่อแก้ว และ นภมณี มงคลประเสริฐ. 2551. การศึกษาสายพันธุ์ยีสต์ที่เหมาะสมในการหมักไวน์ข่า. **เกษตรราชภัฏ.** 7 (1): 1-9.

กองบรรณาธิการเกษตรกรรมธรรมชาติ. 2548. น้ำส้มสายชูหมักแบบธรรมชาติ. **เกษตรกรรมธรรมชาติ.** 11: 35.

กองวิจัยและพัฒนาสมุนไพร. 2549. **การศึกษาประสิทธิภาพของขมิ้นชันในการรักษาผู้ป่วย.** แหล่งที่มา: http://www.Thaihof.org/herb/abstract/mati545.htm, 10 สิงหาคม 2555.

กุลวดี คตชนะเลขา. 2552. **การผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำเวย์เต้าหู้และน้ำเวย์เนยแข็ง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

กำเนิด สุภัณวงษ์. 2534. **จุลชีวอุตสาหกรรม.** สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ.

ดุษณี ธนะบริพัฒน์. 2546. **จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม.** พิมพ์ครั้งที่ 3. ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์. คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

ธีรวัลย์ ชาญฤทธิเสน. 2545. **เรียนรู้การทำไวน์ผลไม้ด้วยตัวเอง.** บาร์โค้ดอินเตอร์เนชั่นแนล. กรุงเทพฯ.

นพาศ สุจทรเจริญนนท์. 2547. การพัฒนาสูตรตำรับครีมขมิ้นชัน, น. 2-3. ใน**สัมมนาเรื่อง สมุนไพรไทย: อาหาร ยา สารกำจัดศัตรูพืชและการส่งออก. ครั้งที่ 17** โรงแรมมิราเคิล แกรนด์ คอนแวนชั่น, กรุงเทพฯ.

นภษร บุญเพ็ชรแก้ว. 2545. **การผลิตน้ำส้มสายชูโดยการตรึงเซลล์ในถังหมักทรงสูงที่ให้อากาศอย่างต่อเนื่อง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

นิตยา กิจสุภา. 2545. ฤทธิ์ป้องกันการเกิดแผลในกระเพาะอาหารของน้ำมันขมิ้นชัน. **รายงานการวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.** 1-85.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นิภา นกแก้ว. 2546. **ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของยีสต์ในการหมักไวน์ละมุด.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี.

ประวีณา ลาภา. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากข้าวเหนียวดำกล้อง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปราณี ชวลิตธำรง, อัญชลี จูฑะพุทธิ, จารีย์ บัณสิทธิ์, กัลยา อนุลักขณาปกรณ์, ประนอม เดชวิศิษฏ์สกุล, ทรงพล ชีวะพัฒน์, เย็นจิตร เตชะดำรงสิน และ สุธิดา ไชยราช. 2544. **มาตรฐานสมุนไพรไทย ขมิ้นชัน.** สำนักพิมพ์บ้านสวนศิลป์. กรุงเทพฯ.

พนิดา อติเวทิน. 2542. อิทธิพลของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส และอายุเก็บเกี่ยวต่อผลผลิตและปริมาณสารเคอร์คูมินในขมิ้นชัน (*Curcuma longa* L.). **มหาวิทยาลัยขอนแก่น.** ขอนแก่น. หน้า 1-77.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, เกียรติคุณ รัตนาปนนท์ และ นิธิยา รัตนปนนท์. 2556. **ซูคราโลส.** แหล่งที่มา: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1548/sucralose-ซูคราโลส, 24 กันยายน 2557.

มาลัย บุญรัตนกรกิจ และ ฉกามาศ วงศ์ข้าหลวง. 2552. **การผลิตน้ำส้มสายชูหมักและน้ำส้มสายชูพร้อมดื่ม.** เอกสารประกอบการฝึกอบรม. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

รสสุคนธ์ เหล่าไพบูลย์. 2528. **การคัดเลือกสายพันธุ์เชื้อน้ำส้มสายชูที่เหมาะสมต่อวิธีการผลิตต่างๆ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ลูกจันทร์ ภัครัชพันธุ์. 2551. คู่มือการอบรมโครงการฝึกอบรมเพื่อพัฒนาคุณภาพสุราชนิดผลไม้และสุราพื้นบ้านที่มีแรงแอลกอฮอล์ไม่เกิน 15 ดีกรีและ ผลิตภัณฑ์จากผลผลิตทางการเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วราวุฒิ ครูส่ง และ รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2532. **เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม.** สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศุภาวิชญ์ฐา สุวรรณแพทย์. 2551. **การผลิตน้ำส้มสายชูหมักแบบต่อเนื่องจากไวน์สับปะรด.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมพร อาจริยะกุล, สุจินต์ ศรศรีวิชัย และ ดารณี ยิ่งพิศิษฐ์. 2529. การใช้ขมิ้นชันรักษาโรคผิวหนังพุพองในผู้ป่วยเด็ก. **รายงานวิจัยทุนวิจัยสมุนไพรกับสาธารณสุขมูลฐาน.** 1-62.

สิงห์คำ ธิมา, ประสิทธิ์ ชนะรัตน์, ชฎารัตน์ ดวงรัตน์, พรงาม ลิ้มตระกูล และ ทรงยศ อนุชปรีดา. 2551. ผลของเคอร์คิวมิน, ดีเมตทอกซีเคอร์คิวมิน และบีสดีเมตทอกซีเคอร์คิวมินต่อการยับยั้งการแสดงออกของยีน และการผลิตโปรตีนวิล์มทูเมอร์วันในเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวเพาะเลี้ยงชนิดต่างๆ. **สงขลานครินทร์เวชสาร.** 26 (1): 1-13.

สุภกาญจน์ พรหมขันธ์. 2553. **การผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากเม่าแดง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2527. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสหกรรมน้ำส้มสายชู.** มอก. 83-2527.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2532. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมขมิ้นชันแห้ง.** มอก. 890-2532.

อรพิน ภูมิภมร. 2526. **จุลินทรีย์ที่สำคัญต่ออุตสาหกรรมการเกษตรสิ่งแวดล้อม.** ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสาตร์. 1-46.

อรัญญา มโนสร้อย. 2543. **การพัฒนาตำรับครีมป้ายปากที่มีส่วนผสมของขมิ้นชัน.** รวมบัทคัดย่องานวิจัยการแพทย์แผนไทยและทิศทางการวิจัยในอนาคต, สถาบันการแพทย์แผนไทย. 2000: 45-46.

อัมพวัน อภิสริยะกุล. 2543. **การวิจัยและพัฒนาน้ำมันขมิ้นที่สกัดจากขมิ้นชัน เพื่อช่วยเหลือผู้ป่วยติดเชื้อเอดส์.** รายงานการวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อัมพวัน อภิสริยะกุล, อักษรากร คำมาสุข และ นงนุช วนิตย์ธนาคม. 2543. ผลของน้ำมันขมิ้นชันต่อเชื้อราที่ก่อให้เกิดโรคกลาก. **เชียงใหม่เวชสาร.** 39(3): 10.

อัญชลี อินทนนท์, สมเกียรติ เมธีวีรวงศ์, ประกาย วิบูลย์วิภา และ พยุงศรี เซียงตระกูล. 2529. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่อง **การใช้ขมิ้นชันรักษาอาการปวดท้อง.** โครงการสมุนไพรกับการสาธารณสุขมูลฐาน กระทรวงสาธารณสุข (โดยความช่วยเหลือขององค์การยูนิเซฟ). สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข.

เอื้องพลอย ใจลังกา. 2552. **การพัฒนาเครื่องน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Adams, M. R. 1985. Vinegar, pp. 1-47. *In* B.J.B. Wood, ed. **Microbiology of Fermented Foods** vol. 1. Elsevier Applied Science Publisher, London.

Aggarwal, B. B., A. Kumar and A. C. Bharti. 2003. Anticancer potential of curcumin: preclinical and clinical studies. **Anticancer Reserch.** 23: 363-398.

Ahmed, T. and A. H. Gilani. 2009. Inhibitory effect of curcuminoids on acetylcholinesterase activity and attenuation of scopolamine-induced amnesia may explain medicinal use of turmeric in Alzheimer's disease. **Pharmacology, Biochemistry and Behavior.** 91: 554–559.

Amerine, M. A., H. W. Berg, R. E. Kunkee, C. S. Ough, V. L. Singleton and A. D. Webb. 1980. **The Technology of Winemaking.** 4th ed. Westport: AVI Publishing.

AOAC. 2000. **Official Method of Analysis of AOAC International.** 17th ed. The Association of Official analytical Chemists, Virginia.

Bamfort, C. W. 2006. **Food Fermentation and Micro-organisms.** 1st ed. Blackwell Publising, USA.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Chattopadhyay, I., K. Biswas, U. Bandyopadhyay and R. K. Banerjee. 2004. Turmeric and curcumin: Biological actions and medicinal applications. **Current Science**. 87(1): 44–53.

Chung, L., S. J. Chung, J. Y. Kim, K. O. Kim, M. Mahony, Z. Vickers, S. M. Cha, R. Ishii, K. Baures and H. R. Kim. 2012. Comparing the liking for Korean style salad dressings and beverages between US and Korean consumers: Effects of sensory and non-sensory factors. **Food Quality and Preference.** 26: 105-118.

Conner, H. A. and R. J. Allgeier. 1976. Vinegar : Its History and Development. **Advance Application Microbiol.** 20: 81-133.

Cortesia, C., C. Bilcheze, A. Bernut, W. Contreras, K. Gomez, J. D. Waard, W. R. Jacobs, L. Kremer and H. Takiff. 2014. Acetic acid, the active component of vinegar, Is an effective *Tuberculocidal disinfectant*. **American Society for Microbiology.** 5(2): e00013-14.

Dao, T. T., P. H. Nguyen, H. K. Won, D. H. Kim, J. Park, B. Y. Won and W. K. Oh. 2012. Curcuminoids from *Curcuma longa* and their inhibitory activities on influenza A neuraminidases . **Food Chemistry.** 134: 21-28.

Dhar, M. L., M. M. Dhar, B. N. Dhawan, B. N. Mehhrota and C. Ray. 1968. Screening of Indian plants of biological activity. **Indian Journal of Experimental Biology**. 6: 232-247.

Ebihara, K. and A. Nakajima. 1988. Effect of acetic acid and vinegar on blood glucose and insulin responses to orally administered sucrose and starch. **Agriculture Biological Chemistry.** 52: 1311-1312.

Fushimi, T., K. Suruga, Y. Oshima, M. Fukiharu, Y. Tsukamoto and T. Goda. 2006. Dietary acetic acid reduces serum cholesterol and triacylglycerols in rats fed a cholesterol rich diet. **British Journal of Nutrition.** 95: 916-924.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Gujral, M. L., M. K. Chowdhury and P. N. Saxena. 1953. Effect of indigenous remedies on the healing of wounds and ulcers. 22(7): 273-276.

Hongbin, N., W. Jin, B. Yuan, T. Zhu, J. Wang, J. Jing, W. Liang and Z. Ma. 2014. Curcumin inhibits the increase of labile zinc and the expression of inflammatory cytokines after traumatic spinal cord injury in rats. **Journal of Surgical Research.** 87: 646-652.

Hornsey, I. S. 2012. **Alcohol and its Role in the Evolution of Human Society.** 1st ed. RSC Publishing. UK.

Hu, F. B., M. J. Stampfer and J. E. Manson. 1999. Dietary intake of alpha-linolenic acid and risk of fatal ischemic heart disease among women. **American Journal of Clinical Nutrition.** 69: 890-897.

Hutkins, R. W. 2006. **Microbiology and Technology of Fermented Foods.** 1st ed. Blackwell Publishing, Iowa.

Jayaprakasha, G. K., L. Jaganmohan Roa and K. K. Sakariah. 2006. Antioxidant activities of cucumin, demethoxycurcumin and bisdemethoxycurcumin. **Food Chemistry.** 98: 720 – 724.

Jessie, S. 2014. Pineapple: Health benefits, Risks and Nutrition facts. **Live science.** Available Source: http://www.livescience.com/45487-pineapple-nutrition.html, July 09, 2014.

Ji, E. P., J. Y. Kim, J. Kim, Y. J. Kim and M. J. Kim. 2014. Pomegranate vinegar beverage reduces visceral fat accumulation in association with AMPK activation in overweight women: A double-blind, randomized, and placebo-controlled trial. **Journal of Functional Food.** 8: 274-281.

Joe, B., M. Vijaykumar and B. R. Lokesh. 2004. Biological properties of curcumin-cellular and molecular mechanisms of action. **Food Science and Nutrition.** 44: 97-111.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Johnston, C., C. Kim and A. Buller. 2004. Vinegar improves insulin sensitivity to a high carbohydrate meal in subjects with insulin resistance or type 2 diabetes mellitus. **Diabetes Care.** 27: 281-282.

Kondo, S., K. Tayama, Y. Tsukamoto, K. Ikeda and Y. Yamori. 2001. Antihypertensive effects of acetic acid and vinegar on spontaneously hypertensive rats. **Biochemistry.** 65: 2690-2694.

Kuttan, R., P. Bhanumathy., K. Nirmala and M. C. George. 1985. Potential anticancer activity of turmeric. **Cancer Letters.** 29: 197-202.

Lasko, D. R., N. Zamboni and U. Sauer. 2001. Bacterial response to acetate challenge: a comparison of tolerance among species. **Application Microbiology Biotechnology.** 54: 243-247.

Leeman, M., E. Ostman and I. Bjorck. 2005. Vinegar dressing and cold storage of potatoes lowers postprandial glycemic and insulinaemic responses in healthy subjects. **European Journal of Clinical Nutrition.** 59: 1266-1271.

Liljeberg, H. and I. Bjorck. 1998. Delayed gastric emptying rate may explain improved glycemia in healthy subjects to a starchy meal with added vinegar. **European Journal of Clinical Nutrition.** 64: 886-893.

Lutomoski, V. J., B. Keazia and W. Debska. 1974. Effect of an alcohol extract and active ingredient from *Curcuma longa* on bacteria and fungi. **Planta Medicinal.** 26(1): 9-19.

Mahady, G. B., S. L. Pendland, A. Stoia and F. A. Hamill. 2000. *In vitro* susceptibility of *Helicobacter pyroli* to botanicals used traditionally for the treatment of gastrointestinal disorders. **Phytomedicine.** (Suppl ll): 95.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Mahady, G. B., S. L. Pendland, G. Yun and Z. Z. Lu. 2002. Turmeric (*Curcuma longa*) and curcumin inhibit the growth of *H. pyroli*, a group 1 carcinogen. **Anticancer Reserch.** 22(6c): 4179-4181.

Mimura, A., Y. Suzuki, Y. Toshima, S. Yazaki, T. Ohtxuki, S. Ui and F. Hyodoh. 2004. Induction of apoptosis in human leukemia cells by naturally fermented sugar cane vinegar (kibizu) of Amami Ohshima Island. **Biofactors.** 22: 93-97.

Naik, R. S., A. M. Mujumdar and S. Ghaskadbi. 2004. Protection of liver cells from ethanol cytotoxicity by curcumin in liver slice culture *in vitro.* **Journal of Ethnopharmacol.** 95: 31-37.

Nanda, K., N. Miyoshi and Y. Nakamura. 2004. Extract of vinegar "Kurosu" from unpolished rice inhibits the proliferation of human cancer cells. **Journal of Experimental and Clinical Cancer Research.** 23: 69-75.

Nishino, H., M. Murakoshi and X. Y. Mou. 2005. Cancer prevention by phytochemicals. **Oncology.** 69(1): 38-40.

Nutakul W. 1994. NMR analysis of antipeptic ulcer principle from *Curcuma longa* L. **Bulletin of the Department of Medical Sciences.** 36(4): 211-218.

Ostman, E. M., E. H. G. Liljeberg and I. M. Bjorck. 2001. Inconsistency between glycemic and insulinemic responses to regular and fermented milk products. **American Journal of Clinical Nutrition.** 74: 96-100.

_____, Y. Granfeldt, L. Persson and I. Bjorck. 2005. Vinegar supplementation lowers glucose and insulin responses and increases satiety after a bread meal in healthy subjects. **European Journal of Clinical Nutrition.** 59(9): 983-988.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Park, B. S., J. G. Kim and M. R. Kim. 2005. *Curcuma longa* L. Constituents inhibit sortase A and *Strephylococcus aureus* cell adhesion to fibronectin. **Journal of Agricultural and Food Chemistry.** 53(23): 9005-9009.

Phatvej, W., S. Thubthimthed, A. Khayungarnnawee, T. Suntorntanasat. 2004. Choleretic and antihepatitis effects of *Curcuma longa* L. and *Ipomoea aquatic* crude extract. **Thai Journal of Pharmaceutical Sciences.** 28: 26.

Prapussara S., S. Vichitphan and K. Vichitphan. 2007. Flavonoid content and antioxidant activity of krachai-dum (*Kaempferia parviflora)* wine. **KMITL Science Technology Journal.** 7(2): 97-105.

Preecha B., W. Saohin, B. Kittijarukhajohn, P. Kriyasin and S. Malithong. 2006. Quantitative analysis of major components in khamin chan and fathalai capsules by high performance liquid chromatography. **Thai Pharmaceutical and Health Science Journal.** 1(2): 45-55.

Prucksunand, C., B. Indrasukhsri, M. Leethochawalit, N. Nilvises, A. Prijavudhi and S. Wimolwattanapun. 1986. Effect of the long turmeric (*Curcuma longa* Linn.) on healing of peptic ulcer: a preliminary report of 10 case study. **Thai Journal of Pharmacology.** 8(3): 139-151.

_____, B. Indrasukhsri, M. Leethochawalit and K. Hungspreugs. 2001. Phase ll clinical trial on effect of the long turmeric (*Curcuma longa* Linn.) on healing of peptic ulcer. **Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health.** 32(1): 208-215.

Rafatullah, S., M. Tariq, M. A. Al-Yahya, J. S. Mossa and A. M. Ageel. 1999. Evaluation of turmeric (*Curcuma longa*) for gastric and duodenal antiulcer activity in rats. **Journal of Ethnopharmacology.** 29: 25-34.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Rechtman, M. M., I. Bar-Tishay, S. Fishman and Y. Adamovich. 2010. Curcumin inhibits hepatitis B virus via down-regulation of the metabolic coactivator PGC-1α. **FEBS Letters.** 584: 2485-2490.

Sakurai, K., A. Hiroyuki, I. Masaharu and I. Yasuo. 2012. Changes in the gene expression profile of *Acetobacter aceti* during growth on ethanol. **Journal of Bioscience and Bioengineering.** 113(3): 343-348.

Sengupta, M., G. D. Sharma and B. Chakraborty. 2011. Hepatoprotective and immunomodulatory properties of aqueous extract of *Curcuma longa* in carbon tetra chloride intoxicated Swiss albino mice. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine.** 1(3): 193 – 199.

Shankar, T. N. B. and V. S. Murthy. 1978. Effect of turmeric (*Curcuma longa*) on the growth of some intestinal bacteria *in vitro*. **Journal of Food Science and Technology.** 15(4): 152-153.

Shimoji, Y., H. Kohno and K. Nanda. 2004. Extract of Kurosu, a vinegar from unpolished rice, inhibits azoxymethane-induced colon carcinogenesis in male F344 rats. **Nutrition and Cancer.** 49: 170-173.

Somchit, M. N., A. Zuraini, A. A. Bustamam, N. Somchit, M. R. Sulaiman and R. Noratunlina. 2005. Protective activity of turmeric (*Curcuma longa* L.) in paracetamol-induced hepatotoxicity in rats. **International Journal of Pharmacology.** 1(3): 252-256.

Srimal, R. C., and B. N. Dhawan. 1973. Pharmacology of diferuloyl methane (curcumin), a non-steroidal anti-inflammatory analogs in rats. **Journal of Pharmacy Pharmacology.** 25(6): 508-515.

Subramanian, L. and R. Selvam. 1999. Prevention of CCl_4-induced hepatotoxicity by aqueous extract of turmeric. **Natrition Reserch.** 19(3): 429-441.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Sugiyama, M., A. C. Tang, Y. Wakaki and W. Koyama. 2003. Glycemic index of single and mixed meal foods among common Japansese foods with white rice as a reference food. **European Journal of Clinical Nutrition.** 57: 743-752.

Sumiyoshi, M. and Y. Kimura. 2009. Effects of a turmeric extract (*Curcuma longa*) on chronic ultraviolet B irradiation-induced skin damage in melanin-possessing hairless mice. **Phytomedicine.** 16: 1137 – 1143

Tesfaye, W., Morales, M. L., Garca-Parrilla, M. C. and Troncoso, A. M. 2002. Wine vinegar technology, authenticity and quality evaluation. **Trends in Food Science and Technology.** 13: 12-21.

Thai Herbal Pharmacopoeia. 1995. Vol.1 **Khamin Chan.** Prachachon Co., Ltd., Bangkok. P. 38-44.

Trinidad, T. P., T. M. Wolever and L. U. Thompson. 1996. Effect of actate and propionate on calcium absorption from the rectum and distal colon of humans. **American Journal of Clinical Nutrition.** 63: 574-579.

Weerathunge, W. A. P. P. and I. Wickramasinghe. 2011. Development of fermented fruit vinegar drink. **Proceeding of the 8th International Conference on Business Management.** vol. 8(2011): 323-328.

Witayapan, N. 2006. **Effects of ammoniacal nitrogen addition in wine fermentation.** Master of Science. Chiangmai University.

Wongseri, B. and P. Siripong. 1995. Antibacterial activity of curcuminoid compounds from *Curcuma zedoaria* Roscoe. rhizome. **Thai Cancer Journal.** 21(1): 17-24.

Wylly, R. G. and J. Pedraza-Chavrri. 2014. Protective effect of curcumin against heavy metals-induced liver damage. 2014. **Food and Chemical Toxicology.** 5: 1-19.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Xibib, S., H. Meilan and H. Moller. 2003. Risk factors for oesophageal cancer in Linzhou, China: a case-control study. **Asian Pacific Journal of Cancer Prevention.** 4: 119-124.

Yanyan, L. and T. Zhang. 2014. Targeting cancer stem cells by curcumin and clinical applications. **Cancer Letters.** 346: 197-205.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ก

การเตรียมกล้าเชื้อจุลินทรีย์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. การเตรียมกล้าเชื้อสำหรับหมักน้ำส้มสายชู แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ

1.1 การเตรียมกล้าเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* สำหรับการทำไวน์

บรรจุอาหาร YM broth 100 มิลลิลิตร ในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร นึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที หลังจากเย็นแล้วถ่ายเชื้อ *S. cerevisiae* EC 1118 ที่เลี้ยงบน YM Agar slant ที่บ่มเป็นเวลา 24 ชั่วโมง มาใส่ในอาหาร YM broth แล้วนำไปเข้าเครื่องเขย่าที่มีความเร็ว 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป (ดัดแปลงจาก นภษร, 2545)

1.2 การเตรียมกล้าเชื้อแบคทีเรีย *Acetobacter aceti* สำหรับการทำน้ำส้มสายชู

บรรจุอาหาร Glucose yeast extract (GYE) ปริมาณ 100 มิลลิลิตร ลงในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร นึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที หลังจากเย็นแล้วถ่ายเชื้อ *A. aceti* TISTR 102 ที่เลี้ยงบน GYEA slant ที่บ่มที่อุณหภูมิ 29±2 องศาเซียลเซียส 24-48 ชั่วโมง 1 ลูป ใส่ลงในฟาสก์ที่บรรจุอาหาร GYE broth 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปเข้าเครื่องเขย่าโดยใช้ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที บ่มที่อุณหภูมิ 29±2 องศาเซียลเซียส 24 ชั่วโมง เพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป (ดัดแปลงจาก นภษร, 2545)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ทางเคมี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. การวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด (AOAC, 2000)

1.1 สารเคมี

1.1.1 น้ำปลอดคาร์บอนไดออกไซด์ เตรียมโดยต้มน้ำกลั่นให้เดือด 20 นาที

1.1.2 สารละลายมาตรฐานโซเดียวไฮดรอกไซด์ (NaOH) 0.5 M เตรียมโดยชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 20 กรัม ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร นำมาหาความเข้มข้นก่อนใช้

การหาความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยชั่งโพแทสเซียมพาทาเลต ที่อบที่ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำมาทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วนำมาไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เตรียมได้จากข้อ 1.1.2

1.2 วิธีวิเคราะห์

นำสารละลายตัวอย่าง 2 มิลลิลิตร ทำการเจือจางด้วยน้ำต้มเดือดที่เย็นแล้วจนได้สารละลายที่มีสีอ่อน 10 มิลลิลิตร เติมสารฟีนอฟทาลีน (phenolphthalein) 1 มิลลิลิตร แล้วนำมาไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.5 M จดปริมาตรสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้

1.3 วิธีการคำนวณ

คำนวณหากรดอะซิติกเป็นกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร จากสูตรดังนี้

$$\text{กรดอะซิติก (กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร)} = \frac{\times\times 60\times 100}{2\times 1000}$$

เมื่อ V = ปริมาตรสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไทเทรต (ml)

N = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ (mol/dm^3)

2. วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ด้วยวิธี Lane and Eynon (AOAC, 2000)

2.1 วิธีการไทเทรต มีวิธีการไทเทรตเพื่อหาจุดยุติที่ถูกต้อง 2 ขั้นตอนคือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.1.1 วิธีการไทเทรตหาช่วงจุดยุติ (incremental method) เป็นการหาปริมาตรคร่าวๆ ของสารละลายที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับสารละลายซอคห์เล็ททำโดย

ตวงสารละลายซอคห์เล็ทปริมาตร 25 มิลลิลิตร โดยใช้ปิเปตตวงปริมาตรใส่ลงในขวดรูปกรวยขนาด 250 มิลลิลิตร บรรจุสารละลายที่ใช้ไทเทรตในบิวเรต เติมสารละลายที่ใช้ไทเทรต 15 มิลลิลิตร ลงในสารละลายซอคห์เล็ท วางขวดบนเตาไฟฟ้า ให้สารละลายเดือดปานกลางภายในเวลา 2 นาที เมื่อสารละลายเดือดแล้วเกิดตะกอนสีแดงอิฐแต่สารละลายยังคงมีสีฟ้า แสดงว่ายังไม่ถึงจุดยุติให้ไทเทรตโดยเติมสารละลายที่ใช้ไทเทรตครั้งละ 0.5 มิลลิลิตร จนสีฟ้าของสารละลายหายไป แล้วเติมเมทิลีนบลูอินดิเคเตอร์ 3-4 หยด ไทเทรตจนถึงจุดยุติซึ่งสีฟ้าของสารละลายหายไป (ใช้เวลาไทเทรตไม่เกิน 3 นาที และ ใช้ปริมาตรที่ใช้ในการไทเทรตอยู่ระหว่าง 15-50 มิลลิลิตร)

2.1.2 วิธีการไทเทรตมาตรฐาน (standard method) เป็นการหาปริมาตรที่แม่นยำของสารละลายมาตรฐานน้ำตาลหรือสารละลายตัวอย่าง ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับสารละลายซอคห์เล็ท 25 มิลลิลิตร ทำโดย

เติมสารละลายที่ใช้ไทเทรตปริมาตรน้อยกว่าปริมาตรที่ไทเทรตได้คร่าวๆ จากการไทเทรตหาช่วงจุดยุติประมาณ 0.5 มิลลิลิตร ลงในสารละลายซอคห์เล็ท 25 มิลลิลิตร ไทเทรตเช่นเดียวกับ วิธีข้อ 2.1.1 โดยค่อยๆ หยดทีละหยดจนถึงจุดยุติ

2.2 การเทียบมาตรฐาน (standardization) สารละลายซอคห์เล็ท 25 มิลลิลิตร กับสารละลายมาตรฐานกลูโคสร้อยละ 0.5

เป็นการหาปริมาตรของสารละลายกลูโคสมาตรฐานที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับสารละลายซอคห์เล็ท 25 มิลลิลิตร ให้ทำการทดลองตามวิธีข้อ 2.1 โดยใช้สารละลายมาตรฐานกลูโคสร้อยละ 0.5 เป็นสารละลายในการไทเทรต

ปริมาณกลูโคสเป็นมิลลิกรัมที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับสารละลายซอคห์เล็ท 25 มิลลิลิตร

= ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานกลูโคสที่ใช้ไทเทรต × ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกลูโคส

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีคำนวณปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในรูปของกลูโคสในตัวอย่าง

$$\text{ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในรูปของกลูโคสในตัวอย่าง (กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร)} = \frac{\text{ปริมาณน้ำตาลกลูโคสเป็นกรัมในสารละลายมาตรฐานที่พอดีกับสารละลายซอคห์เล็ท 25 มิลลิลิตร} \times 100}{\text{ปริมาตรเป็นมิลลิลิตรของสารละลายตัวอย่างที่ใช้ไทเทรต}}$$

3. วัดค่าปริมาณของแข็งละลายด้วย Refractometer

ใช้แท่งแก้วจุ่มสารละลายตัวอย่างหยดลงบนปริซึมของเครื่อง Refractometer ค่อยๆ ปิดแผ่นใสที่ให้แสงผ่าน สารละลายตัวอย่างต้องกระจายทั่วผิวปริซึมระวังอย่าให้มีฟองอากาศอยู่ใต้แผ่นใส ส่องดูสเกลในเครื่องผ่านช่องมองของเครื่องปรับโฟกัสโดยหมุนเลนส์ตาให้เห็นสเกลชัดเจน อ่านค่าปริมาณของแข็งละลายที่สเกลตรงรอยต่อระหว่างสีขาวและสีฟ้า ล้างด้วยน้ำสะอาดและเช็ดด้วยกระดาษทิชชูให้แห้ง

4. วัดค่าความเป็นกรด-เบส ด้วยเครื่อง pH meter (AOAC, 2000)

รินสารละลายตัวอย่างลงในบีกเกอร์ขนาดเล็กคาดคะเนให้เมื่อจุ่มแท่งพีเอชแล้วมีระดับสูงท่วมสะพานเกลือของแท่งพีเอช รอให้ตัวเลขบนหน้าปัดคงที่ประมาณ 5 วินาที อ่านค่าพีเอชที่ได้ นำแท่งวัดพีเอชออกจากสารละลายตัวอย่าง ฉีดน้ำกลั่นล้างกระเปาะของแท่งพีเอช เช็ดให้แห้ง แล้วจุ่มแท่งพีเอชแช่ไว้ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ให้ท่วมสะพานเกลือและให้ระดับของสารละลายอิเลคโตรไลท์ในแท่งพีเอชอยู่สูงกว่าระดับของสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ใช้แช่ไม่น้อยกว่า 2 เซนติเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. วิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ด้วยวิธี Ebuliometer (AOAC, 2000)

ภาพผนวกที่ ข1 เครื่อง Ebuliometer

5.1 การหาจุดเดือดของน้ำ

ล้าง Ebuliometer ให้สะอาดแล้วเติมน้ำให้ได้ปริมาตรที่ขีดไว้ตอนล่างของกระบอกตวง (25 มิลลิลิตร) โดยเติมลงในช่องใส่เทอร์โมมิเตอร์ ใส่เทอร์โมมิเตอร์ไว้ตามเดิม จุดไฟตะเกียงแอลกอฮอล์ใส่ไว้ใต้เครื่อง น้ำจะร้อนขึ้น จะเห็นปรอทของเทอร์โมมิเตอร์ขึ้นเมื่อน้ำเดือดและปรอทอยู่คงที่ อ่านค่าอุณหภูมิที่ได้จะเป็นจุดเดือดของน้ำ ข้อสังเกต ไม่ต้องเติมน้ำในส่วนคอนเดนเซอร์ข้างบนในขณะที่หาจุดเดือดของน้ำ

5.2 การหาจุดเดือดของตัวอย่าง

เทน้ำออกแล้วใช้ตัวอย่างล้างและเททิ้งให้หมด ตวงตัวอย่างด้วยกระบอกตวง 50 มิลลิลิตร เติมน้ำลงในคอนเดนเซอร์ จุดตะเกียงแอลกอฮอล์สังเกตปรอทที่เริ่มขึ้นสูงจนกระทั่งปรอทหยุดคงที่อ่านค่าอุณภูมิที่ได้

ข้อสังเกต จุดเดือดที่ถูกต้องจะคงที่อยู่ระยะหนึ่ง ถ้าปล่อยไว้นานขึ้นจุดเดือดจะสูงขึ้นไปเรื่อย ๆ เพราะน้ำในคอนเดนเซอร์ร้อน ค่าที่อ่านได้จะผิดไป จำเป็นต้องเฝ้าสังเกตให้ดี เครื่องมือนี้เหมาะสำหรับหาตัวอย่างที่มีแอลกอฮอล์ไม่เกินร้อยละ 20 ถ้าสูงกว่านั้นจำเป็นต้องทำให้เจือจางลงตามอัตราส่วน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

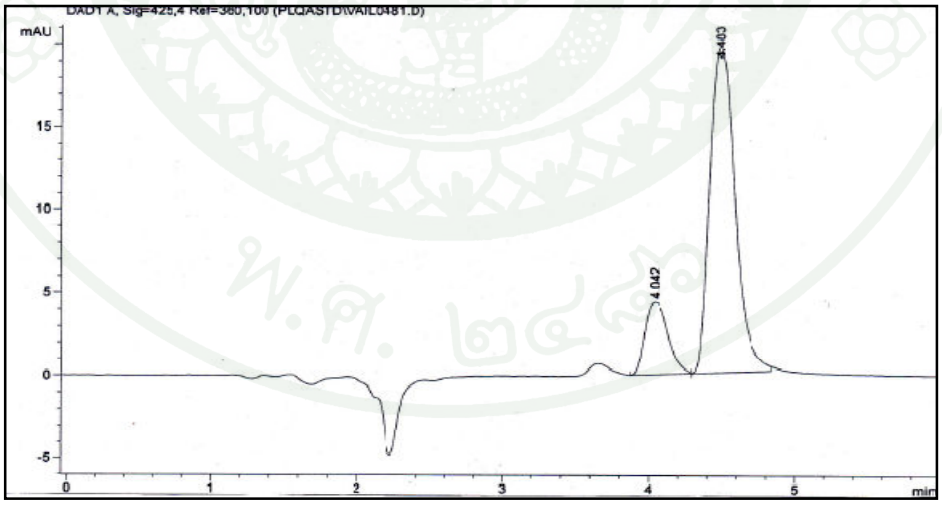
5.3 การอ่านค่าแอลกอฮอล์

อ่านค่าได้โดยใช้แป้นกลม หมุนปุ่มวงกลมให้จุดเดือดของน้ำตรงกับค่าแอลกอฮอล์ที่ 0 ดีกรี จากนั้นอ่านค่าจุดเดือดของตัวอย่างและด้านตรงข้ามจะเป็นค่าแอลกอฮอล์ที่มีอยู่ในตัวอย่างโดย วิธีนี้ก็อ่านค่าได้โดยตรงไม่ตรงไม่ต้องปรับค่าของอุณหภูมิทำให้สะดวกและรวดเร็วขึ้น

Ebuliometer จะวัดค่าแอลกอฮอล์ได้แม่นยำในช่วงที่มีแอลกอฮอล์น้อยกว่าร้อยละ 5 ค่าอุณหภูมิที่อานได้ในช่วงที่เหมาะสมคือประมาณ 96-100 องศาเซลเซียส ถ้าตัวอย่างที่ต้องการหามีปริมาณแอลกอฮอล์สูงควรจะเติมน้ำให้เจือจางลงมา เมื่ออ่านค่าได้แล้วจึงคำนวณกลับไปหาปริมาตรเดิมก่อนเติมน้ำ นอกจากนี้ตัวอย่างที่ใช้หาควรมีน้ำตาลน้อยกว่าร้อยละ 2 จึงจะอ่านค่าได้ใกล้เคียงที่สุดและมีความผิดพลาดไม่เกินร้อยละ 0.1

Ebuliometer ควรจะต้องไม่มีคราบตะกอน โดยปกติเมื่อใช้หาตัวอย่างไปแล้วทุกๆ 50 ครั้ง ทำความสะอาดโดยต้มกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 2 ประมาณ 5-10 นาที แล้วล้างน้ำให้สะอาดและต้มด้วยน้ำเปล่าสักสองสามครั้ง

6. วิเคราะห์ปริมาณสารเคอร์คูมิน (Preecha และคณะ, 2006)



ภาพผนวกที่ ข2 HPLC Chromatogram ของสารเคอร์คูมินมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.1 การเตรียมตัวอย่าง

การวิเคราะห์วัตถุดิบ: โดยนำขมิ้นชันสดหั่นเป็นแว่น อบที่อุณหภูมิ 60, 80 และ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20, 4 และ 2.30 ชั่วโมงตามลำดับ นำตัวอย่างที่ได้ บดด้วยเครื่องบด และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 40 mesh ชั่งผงขมิ้นชันที่ได้อย่างแม่นยำประมาณ 0.01 กรัม ใส่ใน volumetric flask ขนาด 10 มิลลิลิตร (เตรียมตัวอย่างละ 3 flask) ละลายและปรับปริมาตรให้ครบ 10 มิลลิลิตร ด้วยเมทานอล (methanol) จะได้สารละลายขมิ้นชันเข้มข้น 1 mg/mL หลังจากนั้นเจือจางสาระลายที่ได้ด้วยร้อยละ 50 ของเมทานอล ให้ได้ความเข้มข้นของผงขมิ้นชัน 500 µg/mL แล้วกรองสารที่ได้ด้วยกระดาษกรองขนาดอนุภาคเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.45 ไมครอน จากนั้นวิเคราะห์หาปริมาณสารเคอร์คูมินด้วยเครื่อง HPLC และคำนวณเทียบกับกราฟมาตรฐาน

การวิเคราะห์ไวน์และน้ำส้มสายชู: นำตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ มาทำให้เข้มข้นด้วยเครื่องระเหยแห้ง (evaporator) จนเหลือตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้กรองสารที่ได้ด้วยกระดาษกรองขนาดอนุภาคเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.45 ไมครอน วิเคราะห์หาปริมาณสารเคอร์คูมินด้วยเครื่อง HPLC และคำนวณเทียบกับกราฟมาตรฐาน

6.2 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

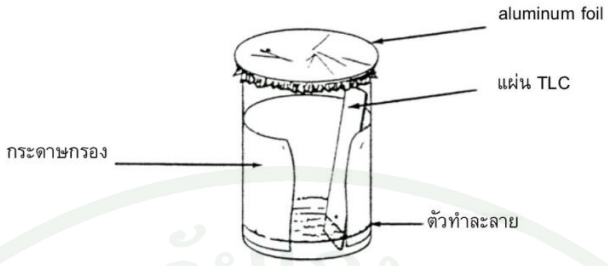
การเตรียมสารละลายมาตรฐานเคอร์คูมิน (curcumin) โดยเตรียม stock solution ความเข้มข้น 1 mg/mL โดยใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย เจือจางด้วยร้อยละ 50 ของเมทานอล ให้ได้ความเข้มข้น 100 µg/mL และเจือจางต่อจนได้ความเข้มข้น 5, 10, 15, 20 และ 30 µg/mL แล้วกรองสารที่ได้ด้วยกระดาษกรองขนาดอนุภาคเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.45 ไมครอน

6.3 สภาวะ HPLC ที่ใช้

การวิเคราะห์หาปริมาณ curcumin ในผงขมิ้นชัน : คอลัมน์ที่ใช้คือ Zorbax SB-C_{18}Column (ความยาว 150×4.6 mm.), สารตัวพาสารละลายให้เคลื่อนที่ (mobile phase) ประกอบด้วย ร้อยละ 1 ของ acetic acid : acetonitrile (45:55), ตัวทดสอบที่ใช้คือ UV-Vis detector ที่ความยาวคลื่น 425 นาโนเมตร, ฉีดสารละลายปริมาตร 5 ไมโครลิตร และอัตราการไหลของสาร (flow rate) 1.0 มิลลิลิตร/นาที

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7. การวิเคราะห์โครมาโทกราฟีแผ่นบาง (Thin Layer Chromatography)



ภาพผนวกที่ ข3 Development ของแผ่น TLC

7.1 การเตรียมแผ่น TLC

ใช้แผ่น TLC สำเร็จรูปมาใช้

7.2 การจุดสารตัวอย่างบนแผ่น TLC

ใช้หลอดแคปิลลารี (capillary) ขนาดเล็กมาดูดสารละลายของสารตัวอย่าง แล้วจุดบนแผ่น TLC ควรจุดให้ห่างจากขอบล่างประมาณ 0.5 ซม. เส้นผ่านศูนย์กลางของจุดไม่ควรเกินกว่า 2 มม. รอให้ตัวทำละลายระเหยจนแห้งก่อนทำขั้นตอนต่อไป

7.3 Development ของ แผ่น TLC (Development of TLC plate)

นำแผ่น TLC ที่จุดสารตัวอย่างและสารมาตรฐานเพื่อเทียบแล้วมาวางในภาชนะแก้วที่บรรจุตัวทำละลายที่เหมาะสม โดยให้ตำแหน่งจุดอยู่เหนือตัวทำละลาย ภายในภาชนะควรใส่กระดาษกรองและปิดฝาภาชนะให้สนิทเพื่อให้ภายในภาชนะอิ่มตัวด้วยไอของตัวทำละลาย ซึ่งจะทำให้ตัวทำละลายเคลื่อนที่ขึ้นบ้านบนได้เร็วขึ้น เมื่อตัวทำละลายเคลื่อนขึ้นไปจนเกือบถึงขอบบน ให้นำแผ่น TLC พร้อมกับขีดแนวของตัวทำละลาย (solvent front) ก่อนตัวทำละลายจะแห้ง โดยใช้ mobile phase คือ เอทานอล:ไดคลอโรมีเทน ในอัตราส่วน 0.4:9.6

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ค

ผลการทดลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. ความชื้นของขมิ้นชัน

โดยนำขมิ้นชันสดหั่นเป็นแว่น ให้มีความหนาประมาณ 2 มิลลิเมตร อบที่อุณหภูมิ 60, 80 และ 100 องศาเซลเซียส จากนั้นเก็บตัวอย่างทุกๆ 30, 60 นาทีและ 4 ชั่วโมงตามลำดับ

ตารางผนวกที่ ค1 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของการอบขมิ้นชันที่อุณหภูมิ 60, 80 และ 100 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)					
60		80		100	
เวลา (ชั่วโมง)	ความชื้น (%)	เวลา (ชั่วโมง)	ความชื้น (%)	เวลา (ชั่วโมง)	ความชื้น (%)
0	79.91±1.33	0	79.91±1.33	0	79.91±1.33
4	31.60±1.54	1	56.69±2.05	0.30	67.46±1.57
8	13.34±0.40	2	42.56±0.98	1	44.98±0.84
12	13.23±0.76	3	26.18±0.71	1.30	26.81±2.54
16	9.09±0.30	4	10.05±0.16	2	13.75±0.22
20	1.43±0.15	5	6.73±0.12	2.30	5.05±0.60
-	-	6	1.04±0.24	3	0.94±0.13

2. ผลแบบทดสอบการให้คะแนนความชอบและการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากขมิ้นชัน

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสการชิม ซึ่งเป็นบุคลากรและนิสิต จำนวน 30 คน ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ทำการใช้แบบสอบถามเพื่อถามถึงการยอมรับของผู้บริโภคและข้อเสนอแนะต่างๆที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากขมิ้นชันทั้งหมด 4 ตัวอย่าง คือ ไวน์ขมิ้นชัน, น้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรด, เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรดผสมน้ำสับปะรด และ น้ำสลัดใสผสมน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค2 การยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคทั้งด้านเพศ อายุ ที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากขมิ้นชัน

ผู้บริโภค		ผลิตภัณฑ์จากขมิ้นชัน			
		ไวน์ขมิ้นชัน	น้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรด	เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรดผสมน้ำสับปะรด	น้ำสลัดใสผสมน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรด
เพศ	ชาย	24	12	6	2
	หญิง	6	18	24	28
อายุ	20-30	2	5	22	26
	30-40	17	12	6	2
	40-55	11	13	2	2
การยอมรับ	ยอมรับ	27	28	25	20
	ไม่ยอมรับ	3	2	5	10

3. ผลการวิเคราะห์โครมาโทกราฟีแผ่นบาง (Thin Layer Chromatography)

ภาพผนวกที่ ค1 ผลการวิเคราะห์โครมาโทกราฟีแผ่นบางของผลิตภัณฑ์เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค3 ข้อมูลดิบการให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มผสมน้ำสับปะรดของตัวอย่างที่ 1

คนที่	คุณลักษณะ			
	กลิ่น	ความเปรี้ยว	ความหวาน	ความชอบโดยรวม
1	2	6	6	6
2	5	4	3	2
3	7	4	6	6
4	5	4	4	4
5	5	8	7	3
6	2	2	3	5
7	6	4	3	5
8	6	4	6	5
9	3	5	6	6
10	4	3	4	6
11	7	6	3	4
12	3	4	6	2
13	7	5	6	5
14	7	6	4	3
15	4	5	6	5
16	3	4	3	5
17	5	5	5	4
18	6	5	5	6
19	3	4	5	5
20	5	4	4	3
21	5	6	5	6
22	3	4	4	6
23	4	3	4	2
24	7	5	6	4
25	5	7	5	3
26	5	3	4	5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค3 (ต่อ)

คนที่	คุณลักษณะ			
	กลิ่น	ความเปรี้ยว	ความหวาน	ความชอบโดยรวม
27	6	4	5	3
28	1	4	5	7
29	7	4	6	6
30	5	5	3	3
ค่าเฉลี่ย	4.70	4.50	4.73	4.50

ตารางผนวกที่ ค4 ข้อมูลดิบการให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มผสมน้ำสับปะรดของตัวอย่างที่ 2

คนที่	คุณลักษณะ			
	กลิ่น	ความเปรี้ยว	ความหวาน	ความชอบโดยรวม
1	4	6	6	1
2	6	3	4	6
3	7	3	3	3
4	5	4	4	4
5	5	7	7	5
6	5	2	3	2
7	6	4	3	2
8	6	3	4	5
9	4	3	7	3
10	5	6	5	6
11	8	4	4	3
12	5	3	3	3
13	5	4	7	4
14	8	5	4	5
15	5	3	3	2
16	4	4	4	1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค4 (ต่อ)

คนที่	คุณลักษณะ			
	กลิ่น	ความเปรี้ยว	ความหวาน	ความชอบโดยรวม
17	4	6	6	3
18	6	4	4	4
19	5	3	3	6
20	7	3	4	5
21	5	4	7	3
22	5	5	3	4
23	8	4	2	3
24	4	3	5	6
25	6	5	6	3
26	5	3	5	4
27	4	3	2	2
28	7	4	4	5
29	5	4	5	1
30	6	3	3	4
ค่าเฉลี่ย	5.50	4.0	4.33	3.60

ตารางผนวกที่ ค5 ข้อมูลดิบการให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มผสมน้ำสับปะรดของตัวอย่างที่ 3

คนที่	คุณลักษณะ			
	กลิ่น	ความเปรี้ยว	ความหวาน	ความชอบโดยรวม
1	9	6	7	9
2	6	4	4	5
3	8	6	5	8
4	5	9	9	4
5	5	7	8	6
6	7	8	7	7

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค5 (ต่อ)

คนที่	คุณลักษณะ			
	กลิ่น	ความเปรี้ยว	ความหวาน	ความชอบโดยรวม
7	5	8	8	4
8	6	6	6	9
9	8	5	5	4
10	8	5	6	8
11	7	6	5	5
12	5	8	9	9
13	6	5	4	6
14	7	7	7	8
15	7	4	4	8
16	8	9	9	4
17	6	7	7	8
18	9	8	7	7
19	7	4	6	7
20	6	6	4	4
21	5	7	6	4
22	8	4	3	5
23	6	5	6	8
24	9	6	9	4
25	5	9	6	6
26	6	6	5	7
27	8	5	5	7
28	9	6	8	6
29	7	4	5	5
30	5	4	5	7
ค่าเฉลี่ย	6.70	6.13	6.16	6.30

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค6 ข้อมูลดิบการให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มผสมน้ำสับปะรดของตัวอย่างที่ 4

คนที่	คุณลักษณะ			
	กลิ่น	ความเปรี้ยว	ความหวาน	ความชอบโดยรวม
1	4	7	7	7
2	5	5	6	6
3	5	3	3	6
4	5	6	6	6
5	3	4	6	5
6	6	6	7	8
7	5	5	3	6
8	5	6	6	6
9	4	7	7	7
10	6	5	6	6
11	4	7	3	6
12	5	5	7	6
13	4	4	6	4
14	5	6	7	6
15	6	3	3	9
16	4	7	6	6
17	3	5	5	8
18	6	5	8	5
19	4	7	4	5
20	5	6	5	7
21	5	3	6	8
22	3	6	7	7
23	3	6	4	5
24	4	4	5	5
25	5	7	7	6
26	6	4	6	5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค6 (ต่อ)

คนที่	คุณลักษณะ			
	กลิ่น	ความเปรี้ยว	ความหวาน	ความชอบโดยรวม
27	4	5	7	8
28	5	3	4	6
29	5	5	6	7
30	3	4	6	6
ค่าเฉลี่ย	4.50	5.20	5.63	6.20

ตารางผนวกที่ ค7 ข้อมูลดิบการให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มผสมน้ำสับปะรดของตัวอย่างที่ 5

คนที่	คุณลักษณะ			
	กลิ่น	ความเปรี้ยว	ความหวาน	ความชอบโดยรวม
1	5	3	3	8
2	5	8	6	5
3	4	4	6	4
4	5	3	4	4
5	5	4	8	6
6	2	6	5	6
7	8	4	3	4
8	4	3	3	5
9	4	4	6	4
10	5	4	6	4
11	5	7	4	6
12	5	4	4	7
13	3	6	3	7
14	5	6	5	6
15	6	3	6	4
16	5	3	6	4

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค7 (ต่อ)

คนที่	คุณลักษณะ			
	กลิ่น	ความเปรี้ยว	ความหวาน	ความชอบโดยรวม
17	4	7	5	4
18	6	4	3	7
19	5	4	5	7
20	4	3	7	6
21	4	3	5	4
22	5	7	3	9
23	5	5	3	4
24	5	4	7	7
25	3	6	8	8
26	5	6	3	4
27	6	3	4	5
28	5	3	4	4
29	5	4	4	4
30	5	6	7	5
ค่าเฉลี่ย	4.70	4.60	4.83	5.46

ตารางผนวกที่ ค8 ข้อมูลดิบการให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มผสมน้ำสับปะรดของตัวอย่างที่ 6

คนที่	คุณลักษณะ			
	กลิ่น	ความเปรี้ยว	ความหวาน	ความชอบโดยรวม
1	7	3	3	7
2	5	3	4	6
3	5	4	4	4
4	8	8	8	3
5	8	5	5	4
6	5	3	3	4

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค8 (ต่อ)

คนที่	คุณลักษณะ			
	กลิ่น	ความเปรี้ยว	ความหวาน	ความชอบโดยรวม
7	8	4	6	7
8	7	6	5	5
9	8	5	5	8
10	8	5	3	5
11	4	4	6	3
12	5	3	5	4
13	5	5	6	7
14	7	3	4	6
15	8	4	5	4
16	5	4	4	3
17	5	3	5	3
18	4	4	5	4
19	6	7	3	7
20	6	4	6	6
21	6	7	7	5
22	7	5	5	6
23	5	3	4	6
24	6	3	3	3
25	8	7	6	3
26	6	5	5	4
27	5	3	4	5
28	5	3	4	8
29	8	5	5	6
30	6	4	4	5
ค่าเฉลี่ย	6.20	4.40	4.73	5.03

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค9 ข้อมูลดิบการให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักผสมน้ำราสเบอร์รี่

คนที่	คุณลักษณะ			
	กลิ่น	ความเปรี้ยว	ความหวาน	ความชอบโดยรวม
1	5	7	9	7
2	5	7	5	6
3	2	5	6	6
4	6	8	9	7
5	3	3	3	3
6	6	4	7	6
7	3	5	6	5
8	3	6	7	6
9	8	5	5	8
10	4	5	4	5
11	3	7	7	6
12	7	7	8	7
13	9	9	9	9
14	3	4	4	4
15	4	4	5	5
16	4	5	4	5
17	5	7	6	5
18	4	4	4	4
19	3	3	3	4
20	4	5	6	6
21	6	7	7	5
22	5	7	9	7
23	5	5	5	5
24	5	6	5	5
25	6	5	5	6
26	5	5	6	5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค9 (ต่อ)

คนที่	คุณลักษณะ			
	กลิ่น	ความเปรี้ยว	ความหวาน	ความชอบโดยรวม
27	3	4	4	5
28	5	5	5	5
29	5	5	6	6
30	4	5	5	6
ค่าเฉลี่ย	4.70	5.46	5.66	5.63

ตารางผนวกที่ ค10 ข้อมูลดิบการให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดใสผสมน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรดของตัวอย่างที่ 1

คนที่	คุณลักษณะ			
	กลิ่น	ความเปรี้ยว	ความหวาน	ความชอบโดยรวม
1	5	2	2	2
2	4	2	1	2
3	7	7	3	7
4	6	7	7	4
5	4	7	8	7
6	1	2	6	8
7	3	2	3	2
8	3	5	7	6
9	6	4	3	3
10	4	2	3	2
11	1	2	7	4
12	5	6	2	7
13	4	6	2	8
14	7	4	3	2
15	5	2	6	2
16	2	3	3	8

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค10 (ต่อ)

คนที่	คุณลักษณะ			
	กลิ่น	ความเปรี้ยว	ความหวาน	ความชอบโดยรวม
17	4	6	4	7
18	4	4	5	4
19	4	5	2	4
20	5	7	7	3
21	6	2	3	2
22	6	2	6	7
23	3	7	3	2
24	4	7	7	2
25	7	2	1	7
26	3	7	2	4
27	2	2	8	8
28	5	2	3	2
29	3	5	4	6
30	3	5	5	5
ค่าเฉลี่ย	4.20	4.20	4.33	4.56

ตารางผนวกที่ ค11 ข้อมูลดิบการให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดใสผสมน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรดของตัวอย่างที่ 2

คนที่	คุณลักษณะ			
	กลิ่น	ความเปรี้ยว	ความหวาน	ความชอบโดยรวม
1	5	2	3	6
2	3	2	7	5
3	4	6	6	6
4	6	4	5	3
5	6	6	4	2
6	5	4	4	4

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค11 (ต่อ)

คนที่	คุณลักษณะ			
	กลิ่น	ความเปรี้ยว	ความหวาน	ความชอบโดยรวม
7	3	3	4	2
8	6	6	6	5
9	6	4	5	6
10	4	3	7	6
11	3	2	4	3
12	5	4	4	4
13	5	6	3	2
14	3	2	4	2
15	5	6	6	2
16	3	4	5	5
17	4	5	7	6
18	6	4	4	6
19	6	4	4	3
20	5	2	4	2
21	3	2	3	4
22	6	5	6	5
23	6	5	7	6
24	3	3	3	6
25	5	4	5	2
26	4	6	4	4
27	3	2	4	2
28	6	2	4	2
29	4	4	5	5
30	6	4	5	3
ค่าเฉลี่ย	4.63	3.86	4.73	3.96

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค12 ข้อมูลดิบการให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดใสผสมน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรดของตัวอย่างที่ 3

คนที่	คุณลักษณะ			
	กลิ่น	ความเปรี้ยว	ความหวาน	ความชอบโดยรวม
1	5	5	6	3
2	6	2	6	6
3	6	6	5	5
4	4	4	4	6
5	5	6	5	5
6	3	7	7	6
7	4	4	4	4
8	4	5	4	5
9	5	3	5	6
10	3	5	4	5
11	4	4	5	4
12	6	5	6	6
13	5	6	6	6
14	6	6	6	3
15	5	6	6	6
16	6	4	5	3
17	6	6	6	6
18	5	5	4	5
19	3	7	5	5
20	5	1	4	4
21	4	5	7	6
22	6	5	6	7
23	5	4	6	4
24	6	2	5	4
25	4	7	5	5
26	5	4	4	6

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค12 (ต่อ)

คนที่	คุณลักษณะ			
	กลิ่น	ความเปรี้ยว	ความหวาน	ความชอบโดยรวม
27	6	6	4	6
28	3	4	7	3
29	4	5	5	6
30	5	5	5	5
ค่าเฉลี่ย	4.80	4.80	5.23	5.03

ตารางผนวกที่ ค13 ข้อมูลดิบการให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดใสผสมน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรดของตัวอย่างที่ 4

คนที่	คุณลักษณะ			
	กลิ่น	ความเปรี้ยว	ความหวาน	ความชอบโดยรวม
1	9	6	6	8
2	5	2	1	2
3	6	7	7	7
4	7	7	7	7
5	6	7	7	7
6	5	5	5	6
7	5	7	7	5
8	6	7	6	6
9	8	5	6	6
10	7	7	5	6
11	5	7	5	7
12	5	7	6	7
13	6	3	6	5
14	6	5	4	5
15	6	6	6	8
16	6	2	1	3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค13 (ต่อ)

คนที่	คุณลักษณะ			
	กลิ่น	ความเปรี้ยว	ความหวาน	ความชอบโดยรวม
17	5	7	7	6
18	5	5	7	7
19	7	7	5	7
20	7	7	6	6
21	7	7	6	5
22	5	6	6	6
23	7	6	6	5
24	9	3	6	6
25	5	7	6	3
26	6	6	6	8
27	6	7	7	7
28	5	6	1	7
29	7	5	5	6
30	5	6	6	7
ค่าเฉลี่ย	6.13	5.83	5.50	6.00

ตารางผนวกที่ ค14 ข้อมูลดิบการให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดใสผสมน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรดของตัวอย่างที่ 5

คนที่	คุณลักษณะ			
	กลิ่น	ความเปรี้ยว	ความหวาน	ความชอบโดยรวม
1	5	9	6	7
2	9	6	8	4
3	5	5	5	5
4	5	5	4	5
5	5	5	4	5
6	5	3	5	5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค14 (ต่อ)

คนที่	คุณลักษณะ			
	กลิ่น	ความเปรี้ยว	ความหวาน	ความชอบโดยรวม
7	7	5	4	5
8	5	5	5	5
9	5	6	4	5
10	5	9	4	5
11	9	5	4	5
12	7	5	6	6
13	5	5	7	5
14	5	3	6	4
15	5	6	5	5
16	7	5	5	5
17	7	7	4	5
18	5	7	4	4
19	5	5	4	5
20	5	5	6	5
21	7	3	8	4
22	6	5	6	6
23	6	4	8	5
24	5	4	5	4
25	5	5	4	6
26	5	5	4	5
27	5	6	6	5
28	7	9	3	5
29	5	5	7	4
30	5	4	4	3
ค่าเฉลี่ย	5.66	5.36	5.16	4.90

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค15 ข้อมูลดิบการให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดใสผสมน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรดของตัวอย่างที่ 6

คนที่	คุณลักษณะ			
	กลิ่น	ความเปรี้ยว	ความหวาน	ความชอบโดยรวม
1	5	5	5	5
2	8	9	6	7
3	6	6	6	6
4	6	4	7	5
5	4	7	1	5
6	6	4	4	6
7	7	4	4	4
8	5	5	5	6
9	8	6	6	6
10	6	6	4	6
11	6	7	6	4
12	4	4	3	7
13	6	4	2	4
14	7	7	5	4
15	7	5	5	6
16	4	9	6	9
17	6	6	4	6
18	6	4	6	1
19	6	7	3	5
20	5	4	2	4
21	8	4	5	4
22	5	5	6	5
23	8	5	6	7
24	6	9	5	5
25	6	6	5	6
26	6	4	4	4

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค15 (ต่อ)

คนที่	คุณลักษณะ			
	กลิ่น	ความเปรี้ยว	ความหวาน	ความชอบโดยรวม
27	7	7	4	4
28	4	4	3	3
29	6	4	5	5
30	5	5	5	4
ค่าเฉลี่ย	5.90	5.53	4.60	5.06

ตารางผนวกที่ ค16 ข้อมูลดิบการให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดใส ตรา เบสท์ฟู้ด

คนที่	คุณลักษณะ			
	กลิ่น	ความเปรี้ยว	ความหวาน	ความชอบโดยรวม
1	7	5	6	6
2	6	6	6	6
3	5	6	6	6
4	6	7	7	9
5	6	6	6	5
6	5	6	5	7
7	5	6	5	6
8	6	6	6	6
9	5	5	5	8
10	8	7	7	7
11	7	5	5	7
12	6	6	6	6
13	5	6	5	5
14	6	5	6	6
15	5	6	6	8
16	6	4	6	5
17	6	5	5	6

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค16 (ต่อ)

คนที่	คุณลักษณะ			
	กลิ่น	ความเปรี้ยว	ความหวาน	ความชอบโดยรวม
18	5	4	5	6
19	5	4	6	6
20	5	6	6	8
21	6	5	6	4
22	3	5	7	6
23	6	8	7	6
24	4	6	7	6
25	5	5	6	6
26	4	6	7	8
27	6	4	5	6
28	6	5	7	8
29	4	6	6	6
30	6	6	6	7
ค่าเฉลี่ย	5.50	5.56	5.90	6.40

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ง

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ใบรายงานผลวิธีให้คะแนนความชอบ

ชื่อผู้ทดสอบ..... อายุ.....
วันที่.....

ผลิตภัณฑ์ น้ำสลัดใสผสมน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขมิ้นชันและไวน์สับปะรด

คำแนะนำ กรุณาทดสอบตัวอย่างตามลำดับรหัสที่ระบุไว้และให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ ตามคำอธิบายระดับคะแนนความชอบข้างล่างนี้

กรุณาดื่มน้ำก่อนการประเมินตัวอย่างถัดไปทุกครั้ง

คะแนนความชอบ : 1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง
4= ไม่ชอบเล็กน้อย 5 = เฉยๆ 6 = ชอบเล็กน้อย 7= ชอบปานกลาง 8= ชอบมาก 9 = ชอบมากที่สุด

คุณลักษณะ	รหัสตัวอย่าง					
กลิ่น						
ความเปรี้ยว						
ความหวาน						
ความชอบโดยรวม						

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แบบทดสอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์จากขมิ้นชัน

แบบทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อตัวอย่างซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ทดลอง และเป็นส่วนหนึ่งในการทำวิจัยของนิสิตปริญญาโท ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม

ชื่อ _____ อายุ _____ปี

เพศ ( ) ชาย ( ) หญิง

ส่วนที่ 2 การยอมรับของผู้บริโภค

คำชี้แจง กรุณาประเมินการยอมรับของตัวอย่างโดยใส่เครื่องหมาย / ในช่องว่าง หากไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ให้ผู้บริโภคเขียนชี้แจ้งเหตุที่ไม่ยอมรับ ในส่วนคำแนะนำสำหรับการปรับปรุงคุณภาพตัวอย่างด้วย

ผลิตภัณฑ์	การยอมรับ	
	ยอมรับ	ไม่ยอมรับ

คำแนะนำสำหรับการปรับปรุงคุณภาพตัวอย่าง

……

……

……

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวทิวาพร ปานพรม
วันที่เกิด	18 มีนาคม 2530
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (เทคโนโลยีการหมัก) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ตำแหน่งปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและ/หรือรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนสนับสนุนงานวิจัยจากศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตรแห่งชาติ และบริษัท สยามไบโอเทคและอุตสหกรรมเภสัช จำกัด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์