



รายงานโครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์เพื่อสุขภาพจากสมุนไพรไทย

Healthy Kefir Beverage Products from Thai Herbs

โดย

น้อมจิตต์

สุธิบุตร

ดวงรัตน์

แช่ตั้ง

คันสนีย์

ทิมทอง

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สิงหาคม 2568

งบประมาณสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental Fund)

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2567

จากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม



รายงานโครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์เพื่อสุขภาพจากสมุนไพรไทย

Healthy Kefir Beverage Products from Thai Herbs

โดย

น้อมจิตต์ สุธิบุตร

ดวงรัตน์ แซ่ตั้ง

คันสนีย์ ทิมทอง

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สิงหาคม 2568

งบประมาณสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental Fund)

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2567

จากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม

ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์เพื่อสุขภาพจากสมุนไพรไทย Healthy Kefir Beverage Products from Thai Herbs

น้อมจิตต์ สุธิบุตร ดวงรัตน์ แซ่ตั้ง คັນสนีย์ ทิมทอง

บทคัดย่อ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์เพื่อสุขภาพจากสมุนไพรไทย ได้ทำการคัดเลือกสมุนไพร 3 ชนิด สำหรับผลิตคิเฟอร์น้ำ ได้แก่ คิเฟอร์ซิง คิเฟอร์กระชาย และคิเฟอร์มะขามป้อม ผลการศึกษาพบว่าการใช้สมุนไพรรูปแบบสด เหมาะมากกว่าสมุนไพรแบบแห้งและแบบเชื่อมแห้ง การใช้หัวเชื้อจากเมล็ดคิเฟอร์น้ำแบบสดมีประสิทธิภาพในการหมักได้ดีกว่าหัวเชื้อคิเฟอร์แบบแห้ง โดยเกิดกระบวนการหมักได้เร็วกว่าและเชื่อมีการเจริญเติบโตที่ดี ผลการศึกษาสูตรและกรรมวิธีในการผลิตคิเฟอร์จากสมุนไพรที่ใช้ระยะเวลาในการหมัก 21 และ 24 ชั่วโมง เหมาะสมสำหรับการหมักคิเฟอร์ ทั้ง 3 ชนิด ผลการศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณน้ำตาลเริ่มต้นในสูตรการหมักคิเฟอร์ที่ร้อยละ 15 ช่วยให้คิเฟอร์มีรสชาติที่เหมาะสมมากขึ้น ระดับ pH เริ่มต้นที่เหมาะสมในการหมักคิเฟอร์จากสมุนไพรอยู่ที่ pH 2.5 ปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 0.45 ปริมาณกรดแลคติก ร้อยละ 0.13 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 2.35 ของแข็งที่ละลายในน้ำ เท่ากับ 10.83 องศาบริกซ์ และปริมาณแอนโทไซยานิน เท่ากับ 2.36 ± 0.03 mg/L ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์จากสมุนไพร ที่เก็บเป็นระยะเวลา 12 วัน 4 องศาเซลเซียส พบว่าค่าสีมีแนวโน้มเข้มข้น โดยค่าความสว่าง (L^*), ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณแอลกอฮอล์ และปริมาณแอนโทไซยานินมีแนวโน้มลดลงตามลำดับ ค่าของแข็งที่ละลายในน้ำมีค่าคงที่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ไม่มีความแตกต่างกัน ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของวันที่ 0 และ 12 มีค่าเท่ากันคือ 6.70×10^6 CFU/g ปริมาณยีสต์-ราในวันที่ 0 มีค่ามากกว่าวันที่ 12 คือ 2.33×10^6 CFU/g และ 2.00×10^6 CFU/g ตามลำดับ และปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์ม มีค่าน้อยกว่า 3 MPN/g ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่เป็นมาตรฐานของประกาศกระทรวงสาธารณสุข

คำสำคัญ: คิเฟอร์, เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ, สมุนไพรไทย

Healthy Kefir Beverage Products from Thai Herbs

Nomjit Suteebut Duangrat Sae-tung and Sansanee Thimthong

Abstract

Development of healthy kefir beverage products from Thai herbs. The 3 types of herbs had been selected for the production of liquid kefir, namely ginger kefir, krachai kefir (Chinese keys), and purslane kefir. The results of the study showed that the use of fresh herbs is more suitable than dried and dry-welded herbs. The use of leaven from fresh water kefir pellets is more efficient in fermentation than dry kefir leaven. The fermentation process occurs faster, and the germ grows well. The results of the study of the formula and method for the production of kefir from herbs with a fermentation time of 21 and 24 hours are suitable for the fermentation of all three types of kefir—results of the study of the acidity-alkalinity and initial sugar content in the fermentation formula. Kefir at 15 percent gives kefir a more appropriate taste. Level pH A proper start to ferment kefir from herbs is at pH 2.5. Alcohol content 0.45 percent, lactic acid content 0.13 percent. Acidity-alkalinity (pH) is equal to 2.35, dissolved solids in water are equal to 10.83 degrees Brix, and anthocyanin content is 2.36 ± 0.03 mg/L. Results of the study on the change of herbal kefir beverage products stored for 12 days at 4 degrees Celsius. It found that the color value tended to be darker, with the brightness value (L^*) decreasing. The total acid content, alcohol content, and anthocyanin content tended to decrease, respectively. The value of dissolved solids in water is constant, and the acidity-alkalinity value (pH) is also constant. There is no difference—total microbial content of the day 0 and 12. The same values are: 6.70×10^6 CFU/g. Yeast-mold content on day 0 is More than on a date. Twelve be 2.33×10^6 CFU/g and 2.00×10^6 CFU/g. The number of coliform bacteria is less than 3 MPN/g within the standard criteria of the Ministry of Public Health's notification.

Keywords: Kefir, Healthy Beverage, Thai Herbs

กิตติกรรมประกาศ

ผลงานวิจัยเรื่อง ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์เพื่อสุขภาพจากสมุนไพรไทย สำเร็จด้วยได้รับความอนุเคราะห์งบประมาณสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental Fund) จากกองทุนวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (ววน.) และ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ประจำปีงบประมาณ 2567

งานวิจัยฉบับนี้ประสบความสำเร็จได้ด้วยดี ด้วยได้รับความอนุเคราะห์จากหลายฝ่ายด้วยกัน คณะผู้จัดทำขอขอบคุณ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ให้ใช้สถานที่ เครื่องมือในห้องปฏิบัติการเพื่อดำเนินงานวิจัยและตรวจวิเคราะห์ ขอขอบคุณอาจารย์เจ้าหน้าที่ นักศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ในการเป็นผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัส ให้ความร่วมมือในการทำแบบสอบถาม เก็บข้อมูลในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณงานวิจัย ฝ่ายวิชาการและวิจัย และงานการเงิน คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ และสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ในการอำนวยความสะดวก ประสานงานการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

คณะผู้วิจัยหวังว่าโครงการวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ประกอบการและชุมชนให้สามารถนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์ได้ต่อไป

คณะผู้วิจัย



สารบัญ

หน้า

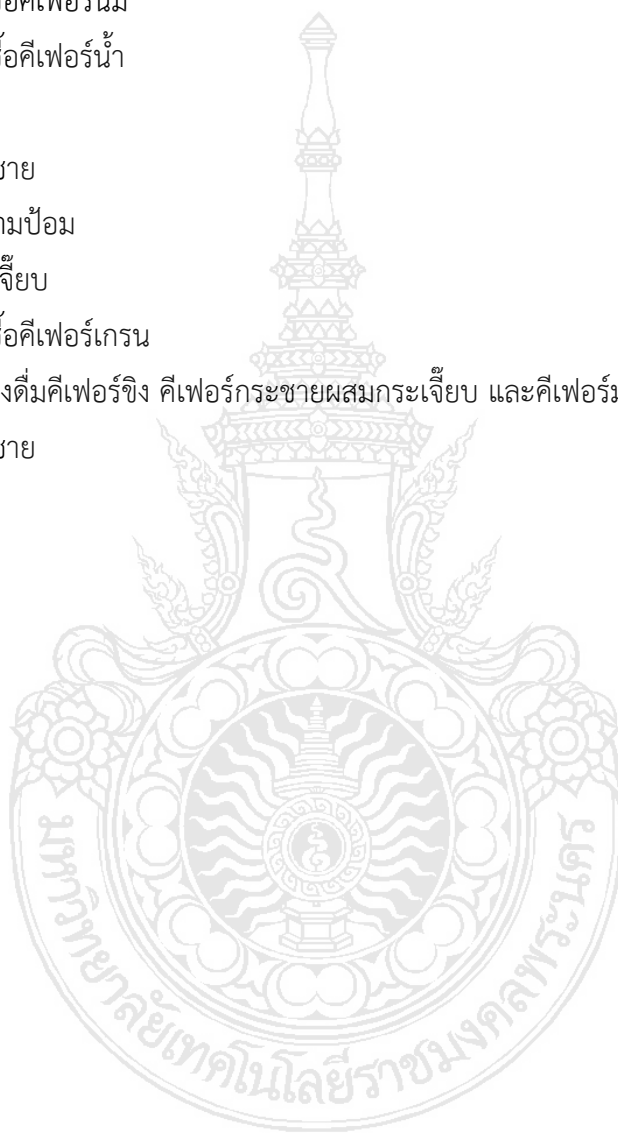
บทคัดย่อ	(1)
Abstract	(2)
กิตติกรรมประกาศ	(3)
สารบัญ	(4)
สารบัญภาพ	(6)
สารบัญตาราง	(7)
สารบัญแผนภูมิ	(9)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 กรอบแนวคิดในการวิจัย	3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 คีเฟอร์	4
2.2 กระบวนการหมัก	12
2.3 เครื่องดื่มสมุนไพร	17
2.4 ชিং	18
2.5 กระชาย	22
2.6 มะขามป้อม	25
2.7 กระเจี๊ยบ	30
2.8 สารต้านอนุมูลอิสระในพืช	33
2.9 แอนโทไซยานิน	34
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	37

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	42
3.1 วัตถุประสงค์และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	42
3.2 วิธีการทดลอง	44
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	48
4.1 ผลการคัดเลือกส่วนผสมสมุนไพร	48
4.2 ผลการพัฒนาสูตรและกระบวนการ	50
4.3 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์จากสมุนไพร	65
บทที่ 5 สรุปผล และข้อเสนอแนะ	71
5.1 สรุปผล	71
5.2 ข้อเสนอแนะ	72
เอกสารอ้างอิง	73
ภาคผนวก	
ก สูตรพื้นฐานหมักคีเฟอร์น้ำและขั้นตอนกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์คีเฟอร์	82
ข แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส	88
ค การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี	90
ง การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์	96
จ ประกาศกระทรวงสาธารณสุข	101
ประวัติย่อผู้วิจัย	108

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	หัวเชื้อซีเฟอร์นม	5
2.2	หัวเชื้อซีเฟอร์น้ำ	6
2.3	ชิง	20
2.4	กระชาย	23
2.5	มะขามป้อม	26
26	กระเจียว	30
4.1	หัวเชื้อซีเฟอร์เกรน	48
4.2	เครื่องต้มซีเฟอร์ชิง ซีเฟอร์กระชายผสมกระเจียว และซีเฟอร์มะขามป้อมผสม กระชาย	70



สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ความแตกต่างของเมล็ดคิเฟอร์นมและคิเฟอร์น้ำ	8
2.2	จุลินทรีย์ที่พบในเมล็ดคิเฟอร์นมและคิเฟอร์น้ำ	10
2.3	คุณค่าทางโภชนาการของชิงอ่อนน้ำหนัก 100 กรัม	21
2.4	คุณค่าทางโภชนาการของแก่น้ำหนัก 100 กรัม	22
2.5	คุณค่าทางโภชนาการของกระชายน้ำหนัก 100 กรัม	25
2.6	คุณค่าทางโภชนาการของมะขามป้อมน้ำหนัก 100 กรัม	29
2.7	ปริมาณสารอาหารและพลังงานที่ได้รับจากกระเจี๊ยบ	32
2.8	วิตามิน แร่ธาตุที่พบในกระเจี๊ยบ	32
2.9	หมู่ต่างๆ ที่เข้าแทนที่ในโครงสร้างหลักของแอนโทไซยานินที่ตำแหน่งต่างๆ มีผลให้เกิดที่แตกต่างกัน	35
2.10	ตารางสรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคิเฟอร์	40
4.1	ผลของชนิดคิเฟอร์เกรนในการหมักคิเฟอร์สมุนไพร	49
4.2	ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคิเฟอร์จากสมุนไพรที่หมักที่ระดับน้ำตาลแตกต่างกัน	50
4.3	คุณภาพก่อนและหลังการหมักผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคิเฟอร์สมุนไพรที่ระดับน้ำตาลเริ่มต้นต่างกัน 3 ระดับ	52
4.4	คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคิเฟอร์สมุนไพรที่ระดับน้ำตาลเริ่มต้นร้อยละ 10, 15 และ 20	53
4.5	คุณภาพของคิเฟอร์ชิงที่หมัก 24 และ 48 ชั่วโมง	55
4.6	คุณภาพของคิเฟอร์กระชายผสมกระเจี๊ยบ ที่หมัก 24 และ 48 ชั่วโมง	57
4.7	คุณภาพของคิเฟอร์กระชายผสมกระเจี๊ยบ ที่หมัก 24 และ 48 ชั่วโมง	59
4.8	ลักษณะปรากฏของคิเฟอร์สมุนไพรที่หมักด้วยน้ำตาลเริ่มต้น 10 % (24 ชั่วโมง)	60
4.9	ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคิเฟอร์จากสมุนไพรที่หมักที่ pH เริ่มต้น 2.5, 3.0 และ 3.5	61

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.10	คุณภาพก่อนและหลังการหมักของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์จากน้ำสมุนไพร กระชายผสมกระเจี๊ยบที่ระดับ pH เริ่มต้น 2.5 3.0 และ 3.5	62
4.11	คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มคีเฟอร์จากสมุนไพรกระชายผสม กระเจี๊ยบที่ระดับ pH ที่ต่างกัน	64
4.12	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของคีเฟอร์ซึ่งเก็บรักษาในตู้เย็นที่เวลาต่างกัน	67
4.13	การเปลี่ยนแปลงของเครื่องดื่มคีเฟอร์กระชายผสมกระเจี๊ยบที่เก็บรักษาในตู้เย็น ที่เวลาต่างกัน	67
4.14	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเครื่องดื่มคีเฟอร์มะขามป้อมที่เก็บรักษาในตู้เย็น ที่เวลาต่างกัน	68
4.15	การเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์จากสมุนไพร 3 ชนิด	69



สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่		หน้า
1.1	กรอบการวิจัย	3
3.1	ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องต้มคีเฟอร์จากสมุนไพร	46
4.1	คีเฟอร์ซิง (น้ำตาล 10%)	54
4.2	คีเฟอร์กระชายผสมกระเจี๊ยบ (น้ำตาล 10%)	56
4.3	คีเฟอร์มะขามป้อมผสมกระชาย (น้ำตาล 10%)	58



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

คีเฟอร์เป็นอาหารหมักชนิดหนึ่งที่ทำมาจากน้ำนมหมักผสมกับหัวเชื้อคีเฟอร์ มีลักษณะหลังหมักคล้ายกับโยเกิร์ตและยังมีสรรพคุณและประโยชน์ที่หลากหลาย ภายในเมดคีเฟอร์ประกอบไปด้วยแล็กโทบาซิลลัส เคฟิไร (*Lactobacillus kefir*) หรือแล็กโทค็อกคัส (*Lactococcus*) และแอซิโตแบคเตอร์ (*Acetobacter*) และ *Kluyveromyces marxianus* และ *Saccharomyces unisporus* หรือ *Saccharomyces cerevisiae* หรือแซ็กคาโรไมซีส แอซิกูอัส (*Saccharomyces exiguus*) และยีสต์เกาะกันด้วยสารที่มีลักษณะเป็นเมือกเหนียวประเภทพอลิแซ็กคาไรด์จนเกิดการก่อตัวขึ้นมาเป็นรูปร่างคล้ายดอกกะหล่ำ มีสีขาวจนถึงเหลืองอ่อน ขนาดเท่าผลวอลนัทและเล็กได้จนเท่ากับเมล็ดข้าว น้ำนมหมักคีเฟอร์จะมีกลิ่นอ่อนๆ ของยีสต์หรือกลิ่นคล้ายเบียร์ การหมักแลคโตสโดยแบคทีเรียแลคติกจะทำให้เกิดรสเปรี้ยว (กรดแลคติก) ส่วนการหมักโดยยีสต์จะทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และเกิดแอลกอฮอล์ขึ้นเล็กน้อย (ประมาณ 1-2% ขึ้นอยู่กับระยะเวลาของการบ่ม) ลักษณะของคีเฟอร์คล้ายกับโยเกิร์ต แต่คีเฟอร์จะมีกลิ่นที่แรงกว่าเล็กน้อย โดยทั่วไปนิยมเลี้ยงเมดคีเฟอร์ในน้ำนม ซึ่งอาจเป็นนมวัว นมแพะ นมแกะ หรือนมอูฐเพราะมีสารอาหารที่เหมาะสมทำให้เมดคีเฟอร์เจริญได้ดี เมดคีเฟอร์ที่เลี้ยงในน้ำผสมน้ำตาลจะเรียกว่า “คีเฟอร์น้ำ (Water kefir)” ซึ่งจะมีลักษณะใสกว่าคีเฟอร์ที่เลี้ยงในน้ำนม การเพาะเลี้ยงในอาหารแต่ละชนิดจะให้ kefir grains มีลักษณะและขนาดของแตกต่างกันออกไป การดื่มคีเฟอร์โดยตรงอาจมีรสเปรี้ยวมากเกินไป โดยทั่วไปจึงนิยมเติมผลไม้ น้ำผึ้งหรือสารให้ความหวานชนิดอื่นๆ ลงไปด้วย (รุจิราลัย, 2552)

คีเฟอร์น้ำเป็นเครื่องดื่มหมักตามธรรมชาติที่มีแอลกอฮอล์และมีกลิ่นหอม ซึ่งเริ่มจากการหมักด้วยน้ำผลไม้ หรือ สมุนไพรไทย เป็นเครื่องดื่มที่มีประโยชน์ต่อร่างกายและมีการหมักดื่มในครัวเรือนทั่วโลกโดยผสมกับสมุนไพร น้ำตาล และเกรนคีเฟอร์น้ำหมักเป็นเวลา 2-3 วัน จะได้เครื่องดื่มหมักสีเหลือง มีกลิ่นหอมของผลไม้และมีรสเปรี้ยวเล็กน้อยและมีแอลกอฮอล์เล็กน้อย (Giorgio และคณะ, 2019) เมื่อครบเวลาหมักที่เราต้องการกรองน้ำออกจากเกรนคีเฟอร์น้ำและยังสามารถนำเกรนคีเฟอร์น้ำกลับมาใช้ใหม่ได้อีกครั้ง โดยให้ทำการล้างด้วยน้ำดื่มสะอาด คีเฟอร์น้ำประกอบไปด้วยเอ็กโซโพลีแซ็กคาไรด์และเชื้อจุลินทรีย์ จุลินทรีย์ที่สำคัญในระหว่างหมักได้แก่แบคทีเรียกรดแลคติก (LAB) สายพันธุ์ *Lactobacillus paracasei*, *Lactobacillus hilgardii* และ *Lactobacillus nagelii* และยีสต์สายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* (David Laureys และ

คณะ, 2017) จุลินทรีย์เหล่านี้มีคุณสมบัติประโยชน์ต่อสุขภาพร่างกายของเรา การดื่มคีเฟอร์จึงส่งผลให้ร่างกายเราได้รับจุลินทรีย์ ชนิดดีที่หลากหลายสายพันธุ์เพิ่มขึ้น ทำให้ระบบลำไส้ของเราทำงานได้ดียิ่งขึ้น จากงานวิจัยพบว่าคนที่มีปัญหาเรื่องการขับถ่าย ท้องผูกเสมอ มักมีผลต่อสมองและอารมณ์ คือ ก่อให้เกิด ภาวะเครียด หงุดหงิด กระตือรือร้นมากเกินไป นอนไม่หลับ

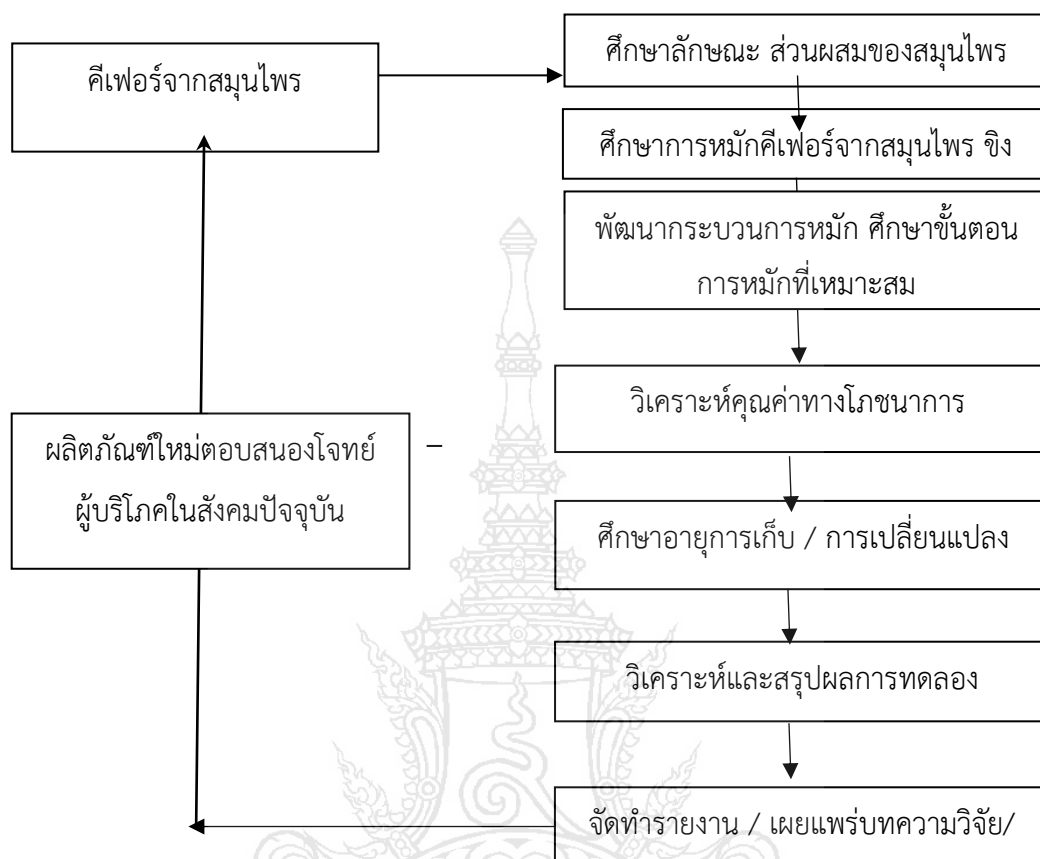
ทั่วโลกกำลังตื่นตัวกับกระแสรักสุขภาพ ทำให้ธุรกิจด้านสุขภาพต่างๆ มีแนวโน้มขยายตัวอย่างต่อเนื่อง การหันมาใส่ใจสุขภาพ นโยบายของรัฐในการส่งเสริมธุรกิจด้านสุขภาพ และประกอบกับการพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมที่มีมาตรฐาน สามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้อย่างมีประสิทธิภาพส่งผลทำให้ธุรกิจด้านอาหารสุขภาพได้รับความสนใจ อาหารเป็นหนึ่งในปัจจัย 4 ที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิต เพราะคนทุกคนต้องรับประทานอาหาร แล้วในปัจจุบันรูปแบบของอาหารถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่องทั้งประยุกต์ปรุงแต่งให้เข้ากับยุคสมัย และความนิยมของผู้บริโภคที่ต้องการความสะดวก รวดเร็ว มีรสชาติดี ในปัจจุบันจึงมีการพัฒนาอาหารในรูปแบบของอาหารปรุงสำเร็จพร้อมรับประทานที่ตอบรับกับชีวิตของคนเมืองที่เต็มไปด้วยความเร่งรีบ

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาการกระบวนการหมักคีเฟอร์จากสมุนไพรรูปได้แก่ ขิง กระชาย และมะขามป้อม เพื่อเป็นเครื่องดื่มสำหรับผู้บริโภคที่ไม่ชอบการดื่มนมเปรี้ยวหรือโยเกิร์ต ไม่ชอบดื่มน้ำชาและไม่ชอบการหมักที่ซับซ้อน คีเฟอร์จากสมุนไพรรูปจึงเป็นเครื่องดื่มสุขภาพโปรไบโอติกอีกทางเลือกหนึ่งให้แก่ผู้บริโภคและช่วยรักษโรคได้อีกมาก อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าและคุณค่าทางโภชนาการให้กับคีเฟอร์จากสมุนไพรรูปไทย ด้วยความพร้อมของวัสดุวัตถุดิบที่คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์และองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร และการพัฒนาตำรับสูตรอาหารของนักวิจัยในคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ จึงทำให้สนใจในการทำวิจัยนี้ ประกอบกับการประโยชน์ของสมุนไพรรูปไทย และเทคโนโลยีการหมัก ซึ่งจะเป็นทางเลือกอีกทางเลือกหนึ่งของผู้บริโภคเหมาะสำหรับผู้บริโภคทั่วไปในสังคมปัจจุบันที่รักสุขภาพ

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อคัดเลือกสมุนไพรรูปไทยที่เหมาะสมสำหรับการหมักคีเฟอร์
- 1.2.2 เพื่อศึกษาขั้นตอนกระบวนการหมักคีเฟอร์สมุนไพรรูปที่เหมาะสม
- 1.2.3 เพื่อประเมินคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และสารสำคัญในของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์สมุนไพรรูป
- 1.2.4 เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาคีเฟอร์จากสมุนไพรรูปไทย

1.3 กรอบการวิจัย/พัฒนา



แผนภูมิที่ 1.1 กรอบการวิจัย

1.4 ขอบเขตในการดำเนินการทดลอง

1.4.1 สถานที่ทำการทดลอง

- ปฏิบัติการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการสาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1.4.2 ระยะเวลาในการดำเนินการทดลอง ตั้งแต่ 1 มกราคม 2567 ถึง 30 กันยายน 2568

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากสมุนไพรไทย
- 1.5.2 ช่วยส่งเสริมการใช้สมุนไพรวัตถุดิบในท้องถิ่น
- 1.5.3 เป็นแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์คีเฟอร์เป็นเครื่องดื่มหมักเพื่อสุขภาพ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 คีเฟอร์

คีเฟอร์เป็นผลิตภัณฑ์นมหมักพื้นเมืองของประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งมีวิธีการผลิตโดยใช้หัวเชื้อจากคีเฟอร์เกรน ซึ่งมีเชื้อผสม โดยทั่วไปมี 1 สกุล หรือมากกว่า เช่น *Acetobacter*, *Loctoboilus*, *Loctococcus* และ *Leuconostoc* ผสมกับเชื้อยีสต์ 1 สกุล หรือมากกว่า เช่น *Candida keferi*, *Kluyveromyces fragilis* และ *Saccharomyces spp.* เช่น *S. cerevisiae* เชื้อเจริญในน้ำนมและทำให้โปรตีนจับตัวเป็นก้อน *Lactobacillus* ที่พบในคีเฟอร์ที่สำคัญ เช่น *L. kefir*, *L. parakefir*, *L. kefirgranum*, *L. kefiranoferiens* และ *L. casei* วัตถุประสงค์ในการหมัก คีเฟอร์ คือ น้ำนมดิบที่ผ่านการให้ความร้อนแล้วลดอุณหภูมิลงที่ 20 องศาเซลเซียส แล้วเติมหัวเชื้อ หมักนาน 24 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์สุดท้ายของคีเฟอร์จะมี pH 4.2 ถึง 4.6 ปริมาณกรดแลกติกร้อยละ 0.8 ถึง 1.0 มีกรดอะซิติก เอทิลแอลกอฮอล์ acetaldehyde และ diacetyl ปนอยู่เล็กน้อย (บุญส่ง, แสงอ่อน, 2560) ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มหมัก คีเฟอร์นม และคีเฟอร์น้ำผลิตได้จากจุลินทรีย์โพรไบโอติกแตกต่างกัน ซึ่งมีลักษณะเป็นกลุ่มจุลินทรีย์ ซึ่งเรียกว่า เมล็ดคีเฟอร์นม และเมล็ดคีเฟอร์น้ำ โดยเครื่องดื่มทั้งสองชนิดมีลักษณะทางกายภาพและทางเคมีที่แตกต่างกัน รวมถึงเป็นแหล่งของโพรไบโอติกและมีคุณสมบัติเชิงหน้าที่เพื่อสุขภาพที่แตกต่างกันด้วย โดยที่คีเฟอร์นมมีปริมาณโปรตีนสูง ซึ่งเป็นแหล่งของโพรไบโอติกและพรีไบโอติก ขณะที่คีเฟอร์น้ำเป็นแหล่งโพรไบโอติกพรีไบโอติกและสารต้านอนุมูลอิสระ ที่สำคัญต่อสุขภาพ เหมาะสำหรับผู้รับประทานมังสวิรัตและผู้บริโภคที่แพ้ผลิตภัณฑ์จากนม ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มหมักนี้ จึงเป็นเครื่องดื่มที่เป็นแหล่งของโพรไบโอติกที่มีความหลากหลาย และมีคุณสมบัติเชิงหน้าที่ส่งผลต่อสุขภาพคีเฟอร์โดยทั่วไปคีเฟอร์สามารถแบ่งได้ตามวัตถุประสงค์ตั้งต้นในกระบวนการหมักคือ นมเปรี้ยวคีเฟอร์หรือคีเฟอร์นม โดยใช้นมเป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการหมัก ขณะที่คีเฟอร์น้ำ ใช้วัตถุดิบที่ไม่ใช่นมเป็นวัตถุดิบตั้งต้นในกระบวนการหมักร่วมกับเมล็ดคีเฟอร์ ที่ประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่มีความหลากหลายแบ่งเป็นเมล็ดคีเฟอร์นมและเมล็ดคีเฟอร์น้ำ เป็นหัวเชื้อ ในการผลิตผลิตภัณฑ์หมักคีเฟอร์ ผลิตภัณฑ์คีเฟอร์ที่ผลิตได้จากนมได้รับความนิยมจากผู้บริโภคมากกว่าประเภทอื่น แต่เนื่องจากผลิตภัณฑ์จากนมอาจไม่เหมาะสมสำหรับผู้ที่ไม่แพ้แล็กโทส ผู้บริโภคมังสวิรัติ และผู้แพ้ผลิตภัณฑ์จากนม ดังนั้นผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำจึงเป็นทางเลือกใหม่สำหรับผู้บริโภค (วนิดา ปานอุทัย และคณะ, 2566)

2.1.1 คีเฟอร์นม

คีเฟอร์นมเป็นผลิตภัณฑ์หมักที่มีค่าความเป็นกรด มีปริมาณแอลกอฮอล์เกิดขึ้นเล็กน้อยจากกระบวนการหมัก นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายในประเทศแถบยุโรปตะวันออกและเอเชียกลาง มีต้นกำเนิดในเทือกเขาคอเคซัส บริเวณจุดเชื่อมกลางระหว่างยุโรปและเอเชียเมื่อหลายพันปีก่อนผลิตภัณฑ์คีเฟอร์ได้รับความนิยมเนื่องจากรสชาติที่ดีและมีฤทธิ์ทางชีวภาพในการส่งเสริมสุขภาพ คีเฟอร์นมเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักนมกับเมล็ดคีเฟอร์นม โดยที่เมล็ดคีเฟอร์นมมีรูปร่างเป็นเม็ดขนาดเล็ก เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.1-2.0 cm มีลักษณะคล้ายกับดอกกะหล่ำขนาดเล็กหรือข้าวโพดคั่ว และมีสีขาวจนถึงสีครีม ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 หัวเชื้อคีเฟอร์นม (milk kefir grain)

ที่มา: Kefir By Apitera (2564)

โดยทั่วไปเมล็ดคีเฟอร์นมประกอบด้วยปริมาณน้ำร้อยละ 86 และปริมาณของแข็งร้อยละ 14 ซึ่งส่วนที่เป็นของแข็งประกอบด้วยพอลิแซ็กคาไรด์ประมาณร้อยละ 58 โปรตีนร้อยละ 30 ไขมันร้อยละ 7 และเถ้าร้อยละ 5 องค์ประกอบทางเคมีดังกล่าวอาจมีปริมาณแตกต่างกันขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของเมล็ดคีเฟอร์นม และในการหมักแต่ละครั้งจะมีปริมาณชีวมวลของเมล็ดคีเฟอร์นมเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.0-3.5 ขึ้นอยู่กับปัจจัยในการหมัก กระบวนการผลิตคีเฟอร์นมแบบดั้งเดิม ทำได้โดยใช้น้ำนมเป็นวัตถุดิบตั้งต้น สามารถเตรียมได้จากแหล่งวัตถุดิบนมที่หลากหลาย ได้แก่ นมโค แพะ แกะ อูฐ และควาย ทำการฆ่าเชื้อวัตถุดิบนมด้วยการพาสเจอร์ไรส์ และทำให้เย็นลงในอุณหภูมิที่เหมาะสม นำเมล็ดคีเฟอร์นมเติมลงในน้ำนมร้อยละ 1-20 ทำการบ่มที่อุณหภูมิ 20-25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง ในระหว่างการหมักแล็กโทสจากนมจะถูกย่อยสลายกลายเป็นกรดแล็กติกด้วยเอนไซม์เบต้ากาแล็กโตซิเดสที่ผลิตโดย *Lactic acid bacteria* ที่มีอยู่ในเมล็ดคีเฟอร์ ส่งผลให้มีค่า pH ลดลงอยู่ในช่วง 4.0-4.6 และในระหว่างการหมักจะเกิดเอทานอลที่ผลิตโดยยีสต์ร้อยละ 0.5-2.0 อีกทั้งยังเกิดสารให้กลิ่นจากแบคทีเรียกรดแล็กติก เช่น แอลดีไฮด์ ไดอะซีทิล กรดอะซิติก และกรดโพรพิโอนิก เมื่อสิ้นสุดการบ่มทำการกรองแยกเมล็ดคีเฟอร์ออกจากคีเฟอร์นม และสามารถนำไปใช้สำหรับการ

หมักครั้งต่อไปได้ในครีวเรื่อน หากมีการรักษาสุขอนามัยและการฆ่าเชื้อก่อนกระบวนการหมักไม่ดี อาจมีความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้บริโภคจากการปนเปื้อนเชื้อก่อโรคได้นอกจากนี้การผลิตคีเฟอร์ในเชิงพาณิชย์จะใช้เมล็ดคีเฟอร์แบบแช่เยือกแข็งหรือใช้วิธี Russianback slopping ซึ่งเป็นกระบวนการหมักแบบต่อเนื่อง โดยเริ่มต้นด้วยการใช้เมล็ดคีเฟอร์ตามธรรมชาติเป็นเชื้อเริ่มต้นสำหรับกระบวนการหมักนม แม้ว่าคีเฟอร์จะสามารถผลิตได้จากวัตถุดิบนมสัตว์ต่างๆ แต่คีเฟอร์ที่ทำจากนมวัวยังคงได้รับความนิยมมากที่สุดในประเทศแถบยุโรปตะวันออกและมีชื่อเสียงเช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์นมหมักชนิดอื่นๆ เนื่องจากคุณลักษณะของน้ำนมดิบมีความสำคัญต่อการผลิตคีเฟอร์ โดยทั่วไปน้ำนมดิบที่ใช้ในการผลิตคีเฟอร์ควรมีจำนวนแบคทีเรียก่อโรคปนเปื้อนในปริมาณต่ำ ไม่มียาปฏิชีวนะและยาฆ่าเชื้อหลงเหลืออยู่ (วนิดา ปานอุทัย และคณะ, 2566)

2.1.2 คีเฟอร์น้ำ



ภาพที่ 2.2 หัวเชื้อคีเฟอร์น้ำ (Water kefir grain)

ที่มา: ถ่ายภาพโดยผู้เขียน

คีเฟอร์น้ำเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักเมล็ดคีเฟอร์ด้วยสารละลายที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบหลัก เช่น ผักผลไม้ และกากน้ำตาล โดยสารละลายน้ำตาลทรายแดงเป็นสารตั้งต้นหลักที่เลือกใช้ในการหมักคีเฟอร์น้ำ มีการบริโภคคีเฟอร์น้ำเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสที่เฉพาะตัวและมีประโยชน์ต่อสุขภาพ ประเทศที่มีการบริโภคเครื่องดื่มคีเฟอร์น้ำสูง ได้แก่ สหรัฐอเมริกา เม็กซิโก แคนาดา ญี่ปุ่น ไทย มาเลเซีย ฝรั่งเศส กรีซ ตุรกี รัสเซีย สหราชอาณาจักร เนเธอร์แลนด์ นอร์เวย์ สวีเดน สเปน โปรตุเกส บราซิล ชิลี เปรู และอาร์เจนตินา วิธีการผลิตคีเฟอร์น้ำแบบดั้งเดิมทำได้โดยการเติมเมล็ดคีเฟอร์ลงในสารตั้งต้นที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์และทำให้เย็นลงบ่มที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานประมาณ 24 ชั่วโมง เมื่อการหมักเสร็จสิ้นเมล็ดคีเฟอร์จะถูกแยกจากผลิตภัณฑ์คีเฟอร์โดยการกรองตามด้วยการล้าง ทำให้แห้งที่อุณหภูมิห้องและเก็บรักษาไว้สำหรับขั้นตอนการหมักรอบถัดไป องค์ประกอบทางเคมีและลักษณะทางประสาท

สัมผัสของคีเฟอร์น้ำแตกต่างกันไปตามสารตั้งต้นที่ใช้ รวมถึงน้ำตาล เช่น Sucrose, Glucose และ Fructose กรดอินทรีย์ เช่น Lactic acid, Acetic, Citric, Tartaric, Butyric acid, Malic และ Propionic acid แอลกอฮอล์ เช่น Ethanol, Hexanol และ Glycerol และเอสเทอร์ เช่น Ethyl, Propionate, Hexanoate, Octanoate และ Decanoate สารเมตาบอไลต์เหล่านี้มีคุณสมบัติด้านรสชาติที่โดดเด่นและแตกต่างกัน เช่น รสที่สดชื่นเนื่องจากมี Ethanol มีกลิ่นหอมของผลไม้เนื่องจากมี Ester และมีเนื้อสัมผัสเนื่องจากมี Glycerol ซึ่งส่งผลให้ผู้บริโภคเกิดความพึงพอใจ (วนิดา ปานอุทัย และคณะ, 2566)

จุลินทรีย์ในเมล็ดคีเฟอร์ประกอบด้วยแบคทีเรียกรดแลกติก (LAB) แบคทีเรียกรดอะซิติก (AAB) และยีสต์หลากหลายสายพันธุ์ การศึกษาเมื่อเร็ว ๆ นี้ได้เน้นย้ำถึงปฏิสัมพันธ์ที่สำคัญและความสัมพันธ์แบบพึ่งพาอาศัยกันระหว่าง LAB และยีสต์ภายในเมล็ดคีเฟอร์นอกจากการผลิตกรดแล้ว สายพันธุ์ LAB ยังผลิตเมทริกซ์ไฮโดรเจลโพลีแซ็กคาไรด์ซึ่งเมล็ดคีเฟอร์ถูกสร้างขึ้นในขณะที่ยีสต์ช่วยแบคทีเรียโดยให้ไนโตรเจนในรูปแบบที่สามารถดูดซึมได้ ได้แก่ ไต-ไตรเปปไทด์ และกรดอะมิโนผ่านกิจกรรมการย่อยสลาย นอกจากนี้การมีอยู่ของ AAB ขึ้นอยู่กับระดับออกซิเจน LAB เป็นตัวแทนโดยหลักจาก สกุล *Lactobacillus* ก่อนหน้านี้ AAB เป็นตัวแทนโดยสกุล *Acetobacter* และยีสต์เป็นตัวแทนโดยสกุล *Saccharomyces*, *Zygosaccharomyces* และ *Brettanomyces* โดยความหลากหลายของสายพันธุ์ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น สารตั้งต้น และสภาวะการหมัก แหล่งที่มาของเมล็ดคีเฟอร์ ความกว้าง และความหลากหลายของวัตถุดิบตั้งต้น โดยแหล่งคาร์บอนและไนโตรเจนเป็นกุญแจสำคัญในการเผาผลาญและการเติบโตของกลุ่มจุลินทรีย์ในเมล็ดคีเฟอร์น้ำและความสามารถในการหมักของเมล็ดคีเฟอร์โดยรวม (Zannini et al, 2023)

2.1.3 เมล็ดคีเฟอร์ (kefir grains)

เมล็ดคีเฟอร์เป็นหัวเชื้อสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์คีเฟอร์ เมล็ดคีเฟอร์นมและเมล็ดคีเฟอร์น้ำทั้งสองชนิดมีความคล้ายคลึงกันในด้านโครงสร้างจุลินทรีย์และกระบวนการเมแทบอลิซึมในระหว่างกระบวนการหมัก อย่างไรก็ตามความหลากหลายของจุลินทรีย์ในเมล็ดคีเฟอร์ และปริมาณของสารเมตาบอไลต์ขั้นสุดท้ายอาจแตกต่างกันไปตามแหล่งคาร์บอน สารตั้งต้น และพลังงานที่ใช้ในการหมักเมล็ดคีเฟอร์ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเมล็ดคีเฟอร์นมและเมล็ดคีเฟอร์น้ำ ในด้านรูปร่างสี องค์ประกอบทางเคมี จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องและอื่นๆพบว่า เมล็ดคีเฟอร์นมมีขนาดประมาณ 0.1 ถึง 2.0 cm เป็นเม็ดละเอียดและมีรูปร่างคล้ายดอกกะหล่ำ มีสีขาวครีมและยืดหยุ่นได้ ในทางตรงกันข้ามเมล็ดคีเฟอร์น้ำมีรูปร่างคล้ายผลึกที่มีเมือก มีขนาดตั้งแต่ mm ถึง cm โดยมีสีแตกต่างกัน มีลักษณะโปร่งใสจนถึงทึบแสงขึ้นอยู่กับเมทริกซ์ของเหลวที่จะเป็นสารตั้งต้นในการหมัก เช่น ผักและผลไม้ แม้ว่าจะไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดคีเฟอร์น้ำแต่พบรายงานว่า เมล็ดคีเฟอร์น้ำประกอบด้วย ส่วนประกอบของน้ำเป็นหลักร้อยละ 86 ของน้ำหนักต่อน้ำหนัก มีสัดส่วนของน้ำหนักร้อยละ 14 ของน้ำหนัก

ทั้งหมด แบ่งเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ร้อยละ 58 โปรตีนร้อยละ 30 ไขมันร้อยละ 7 และเถ้าร้อยละ 5 ผลขององค์ประกอบจุลินทรีย์ที่หลากหลายในเมล็ดคีเฟอร์ และผลิตภัณฑ์คีเฟอร์ส่งผลให้ลักษณะทางจุลชีววิทยาเคมี กายภาพ โภชนาการ และประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มคีเฟอร์เหล่านี้แตกต่างกัน เมล็ดคีเฟอร์นมประกอบด้วยแบคทีเรียและยีสต์ โดยโครงสร้างพอลิแซ็กคาไรด์ของแบคทีเรียเหล่านี้มีความจำเพาะต่อเมล็ดคีเฟอร์นม เรียกว่า kefiran ซึ่งประกอบด้วยพอลิแซ็กคาไรด์เคไฟแรนและเพนทาแซ็กคาไรด์เคไฟโรส ซึ่งโครงสร้างเฮเทอโรพอลิแซ็กคาไรด์ของเมล็ดคีเฟอร์นมเป็นโมเลกุลของ กลูโคสและแล็กโทสในปริมาณที่เท่ากัน โดยมีหน่วยเฮกโซสประมาณ 127 หน่วยแบคทีเรียที่ทำหน้าที่ผลิตเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ในเมล็ดคีเฟอร์นม ได้แก่ *L. kefiranofaciens*, *L. kefir*, *L. kefirgranum* และ *L. parakefir* ขณะที่เมล็ดคีเฟอร์น้ำประกอบด้วยโมเลกุลของเดกซ์แทรน ซึ่งเมล็ดคีเฟอร์น้ำสามารถเรียกได้แตกต่างกัน เช่น sugary kefirgrains, Tibi, Tibico, Graines Vivantes และผลึกน้ำญี่ปุ่น โดยที่โครงสร้างเดกซ์แทรนของเมล็ดคีเฟอร์น้ำ เกิดขึ้นจากการเชื่อมโยงระหว่าง α -D (1-6) กับ (1-3) ของกลูโคไพราโนซิลเรซิดิว ส่วนแบคทีเรียที่ทำหน้าที่ผลิตเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ในเมล็ดคีเฟอร์น้ำประกอบด้วย *L. casei*, *L. mesenteroides*, *L. nagelii*, *L. hordei* และ *L. hilgardii* มีหน้าที่สร้างโครงสร้างเดกซ์แทรน โดยที่เมล็ดคีเฟอร์น้ำไม่สามารถเจริญเติบโตได้ในนมเนื่องจาก *L. hilgardii* ไม่สามารถย่อยแล็กโทสดังนั้นจึงไม่มีการผลิตพอลิแซ็กคาไรด์ ที่จำเป็นสำหรับการเพิ่มมวลชีวภาพ (วนิดา ปานอุทัย และคณะ, 2566)

ตารางที่ 2.1 ความแตกต่างของเมล็ดคีเฟอร์นมและคีเฟอร์น้ำ

Parameters	Milk kefir grains (MKG)	Water kefir grains (WKG)
Dimension	0.1–2.0 cm	Few mm to cm
Consistency	Resilient	Less resilient than MKG
Color	Creamy white	Transparent to colored depending on the fruit or vegetable medium
Average chemical composition	86% water, 14% dry matter, divided among polysaccharide 58%, protein 30%, fat 7%, and ash 5%	Mostly unknown
Chemical structure	Kefiran, kefirose	Dextran, mannitol, mutan

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

Parameters	Milk kefir grains (MKG)	Water kefir grains (WKG)
Bacteria	<i>Lactobacillus paracasei</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>Lactobacillus delbrueckii</i> , <i>Lactobacillus plantarum</i> , and <i>Lactobacillus kefirianofaciens</i> <i>Lactococcus</i> species usually found <i>Acetic acid bacteria</i> less important	<i>Lactobacillus casei/paracasei</i> , <i>Lactobacillus hordei</i> , <i>Lactobacillus hilgardii</i> , and <i>Lactobacillus nagelii</i> <i>Lactococcus</i> species rarely found <i>Acetic acid bacteria</i> important
Yeasts	<i>Candida</i> (dominant)	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (dominant)
Main aroma compounds	Aldehydes, ketones, acids	Esters
Biological effects	Many studies reporting several functional properties	Few studies reporting functional properties still needing to be assessed in humans
Production	Animal milk, vegetable “milk”, inoculated with MKG	Water with sugar and fruits, fruit/vegetable/cereal juices inoculated with WKG or MKG
Scale-up	Well established	Not achieved yet
Consumer	Unsuitable for lactose intolerant, dairyallergic, vegetarian and vegan	Suitable for lactose intolerant, dairyallergic, vegan and vegetarian. Higher flavor versatility, appealing for children

ที่มา: วนิตา ปานอุทัย และคณะ (2566)

ตารางที่ 2.2 จุลินทรีย์ที่พบในเมล็ดคีเฟอร์นมและคีเฟอร์น้ำ

Microbial	Genus	Milk kefir grains	Water kefir grains
Bacteria	<i>Acetobacter</i>	<i>A. fabarium</i> , <i>A. orientalis</i> , <i>A. lovaniensis</i> , <i>A. aceti</i> , <i>A. rasens</i> .	<i>A. fabarium</i> , <i>A. orientalis</i> , <i>A. lovaniensis</i> .
	<i>Lactobacillus</i>	<i>L. acidophilus</i> , <i>L. brevis</i> , <i>L. buchneri</i> , <i>L. casei</i> subsp. <i>pseudopantarum</i> , <i>L. delbrueckii</i> , <i>L. fermentum</i> , <i>L. helveticus</i> , <i>L. kefirano-faciens</i> , <i>L. kefir</i> , <i>L. otakiensis</i> , <i>L. paracasei</i> , <i>L. parabuchneri</i> , <i>L. plantarum</i> , <i>L. rhamnosus</i> , <i>L. sake</i> , <i>L. sunkii</i> .	<i>L. brevis</i> , <i>L. buchneri</i> , <i>L. casei</i> subsp. <i>casei</i> , <i>L. casei</i> subsp. <i>rhamnosus</i> , <i>L. diolivorans</i> , <i>L. fermentum</i> , <i>L. harbinensis</i> , <i>L. hilgardii</i> , <i>L. hordeii</i> , <i>L. kefirano-faciens</i> , <i>L. kefir</i> , <i>L. lactis</i> , <i>L. mali</i> , <i>L. nagelli</i> , <i>L. paracasei</i> , <i>L. parafarraginis</i> , <i>L. perolens</i> , <i>L. plantarum</i> , <i>L. satsumensis</i> .
	<i>Leuconostoc</i>		<i>L. citreum</i> , <i>L. mesenteroides</i> .
	<i>Lactococcus</i>	<i>L. mesenteroides</i> .	nd.
		<i>L. cremoris</i> , <i>L. lactis</i> , <i>L.</i>	
	<i>Pediococcus</i>	<i>raffinolactis</i> .	nd.
		<i>P. acidilactici</i> , <i>P. dextrinicus</i> , <i>P.</i>	
	<i>Streptococcus</i>	<i>pentosaceus</i> .	nd.
	Other species	<i>S. durans</i> , <i>S. thermophilus</i>	<i>Lysinibacillus sphaericus</i> ,
		nd.	<i>Oenococcus kitaharae</i> .
			<i>Bifidobacterium</i>
			<i>psychraerophilum</i> .
Yeast	<i>Candida</i>	<i>C. inconspicua</i> , <i>C. kefir</i> , <i>C. krusei</i> , <i>C. lambica</i> , <i>C. maris</i> , <i>C. humilis</i>	Nd
	<i>Saccharomyces</i>	<i>S. cerevisiae</i> , <i>S. turicensis</i>	. <i>S. cerevisiae</i>
	<i>Pichia</i>		<i>P. membranifaciens</i> , <i>P. kudriavzevii</i> .
	<i>Lanchancea</i>	<i>L. meyericii</i> .	<i>L. fermentati</i> , <i>L. meyericii</i> .
	<i>Kluyveromyces</i>	<i>K. lactis</i> .	<i>K. lactis</i> , <i>K. marxianus</i> .
	<i>Kazachstania</i>	<i>K. unispora</i> , <i>K. servazzii</i> , <i>K. aerobia</i> , <i>K. solicola</i> .	<i>K. aerobia</i> , <i>K. unispora</i>

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

Microbial	Genus	Milk kefir grains	Water kefir grains
	<i>Hanseniaspora</i>	<i>H. guilliermondii</i> .	<i>H. valbyensis</i> , <i>H. uvarum</i> .
	<i>Other species</i>	<i>Cryptococcus humicolus</i> , <i>Geotrichum candidum</i> , <i>Zygosaccharomyces fermentati</i> .	<i>Zygorhizula florentina</i> , <i>Issatchenkia orientalis</i> , <i>Zygosaccharomyces fermentati</i> , <i>Dekkera bruxellensis</i> .

ที่มา: วนิดา ปานอุทัย และคณะ (2566)

2.1.4 ผลของคีเฟอร์ต่อสุขภาพ

ผลิตภัณฑ์หมักคีเฟอร์มีประโยชน์ต่อสุขภาพรวมถึงส่งผลต่อการป้องกันโรค และการรักษาบางชนิด ซึ่งผลเหล่านี้มาจากสารประกอบออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลากหลายชนิด เช่น กรดอินทรีย์, อะซีตัลดีไฮด์ และเปปไทด์ ที่ผลิตขึ้นในระหว่างกระบวนการหมัก รวมทั้งจุลินทรีย์ที่มีความหลากหลายสูง เช่น แบคทีเรียกรดแล็กติกที่เป็นจุลินทรีย์ส่วนสำคัญในองค์ประกอบของคีเฟอร์ มีส่วนช่วยในการป้องกันมะเร็งลำไส้ใหญ่ โรคหัวใจและหลอดเลือด เบาหวานชนิดที่สอง โรคอ้วน โรคไต ช่วยในการปรับระบบภูมิคุ้มกันและจุลินทรีย์ในลำไส้ผ่านกลไกทางชีววิทยาที่แตกต่างกันฤทธิ์ต้านมะเร็ง การรับประทานคีเฟอร์ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีโพรไบโอติก จึงเป็นทางเลือกในการลดการขยายตัวของเซลล์มะเร็ง ซึ่งมีรายงานศักยภาพการบริโภคคีเฟอร์เพื่อช่วยในการต้านมะเร็ง นอกจากนี้คีเฟอร์ยังประกอบด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพอื่น ๆ ที่มีส่วนช่วยในการต้านมะเร็ง เช่น เปปไทด์, พอลิแซ็กคาไรด์ และสฟิงโกลิพิด เป็นการรวมตัวของสฟิงโกซายน์กับกรดไขมันและหมู่ฟอสเฟต มีศักยภาพสูงในการยับยั้งการเพิ่มจำนวนและการเหนี่ยวนำให้เกิดอะพอโทซิสในเซลล์เนื้องอก และยังมีบทบาทสำคัญในเส้นทางการส่งสัญญาณและกระบวนการทางชีววิทยาของเซลล์ต่าง ๆ เช่น การตายของเซลล์ การเพิ่มจำนวน และการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ คีเฟอร์มีคุณสมบัติในการออกฤทธิ์ต้านมะเร็งโดยการยับยั้งการหลั่งของ tumor growth factor จึงทำให้เกิดการตายของเซลล์ นอกจากนี้ยังพบว่า คีเฟอร์ช่วยลดการดื้อยาและยังส่งเสริมฤทธิ์ต้านมะเร็งของด็อกโซรูบิซิน (DOX) ในเคมีบำบัด ลำไส้อักเสบ โรคลำไส้อักเสบและอาการลำไส้ใหญ่บวมเป็นแผล เป็นสาเหตุสำคัญของการเจ็บป่วยในประเทศที่พัฒนาแล้ว โรคเหล่านี้เป็นผลมาจากพันธุกรรมและปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมโดยรอบของแต่ละบุคคล ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการปรับองค์ประกอบของจุลินทรีย์ ภาวะความไม่สมดุลของจุลินทรีย์เป็นสาเหตุที่ทำให้ลำไส้อ่อนแอ และเกิดการกระตุ้นภูมิคุ้มกันในลำไส้ทำงานไม่เหมาะสม จึงทำให้เกิดอาการลำไส้ใหญ่บวมเป็นแผล ผลิตภัณฑ์คีเฟอร์ประกอบด้วยจุลินทรีย์โพรไบโอติกมากกว่า 50 ชนิด รวมทั้ง

แบคทีเรีย ยีสต์ และได้รับการยอมรับว่ามีบทบาทส่งเสริมสุขภาพหลายประการ จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพเหล่านี้เป็นที่ทราบกันดีว่าสามารถอยู่รอดได้นานในกระเพาะอาหาร ดังนั้นจึงสามารถทนสภาวะในระบบทางเดินทางอาหารได้ดีกว่า โปรไบโอติกสายพันธุ์ดั้งเดิมอื่นๆ โดยจุลินทรีย์กลุ่ม *Lactobacillus* ที่พบในคีเฟอร์สามารถอยู่รอดได้ดีกว่า *Lactococcus* โดยมีอัตราการรอดชีวิตร้อยละ 97.2 การเจริญเติบโตของแบคทีเรียกรดแล็กติกส่วนใหญ่ทำให้สภาพแวดล้อมในลำไส้เป็นกรดเพื่อเพิ่มจำนวนแบคทีเรียและเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ โดยที่เอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์สามารถต้านจุลชีพอื่นๆ ได้ ซึ่งมีส่วนในการป้องกันการเกิดโรค เช่น ช่วยลดจำนวนของจุลินทรีย์ก่อโรค *Enterobacteriaceae* จึงเป็นการป้องกันสุขภาพของผู้บริโภคที่ดีในการลดระดับน้ำตาลในเลือด โรคเบาหวานเป็นภาวะที่มีระดับน้ำตาลในเลือดสูงซึ่งอาจเกิดขึ้นจากการหลั่งอินซูลินไม่เพียงพอ ซึ่งการรักษาด้วยอินซูลินมีต้นทุนสูง การรักษาด้วยยาหรืออาหารทางเลือกที่มีฤทธิ์ต้านเบาหวานที่คล้ายคลึงกับอินซูลิน โดยกลไกการออกฤทธิ์ต้านเบาหวานของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์เกิดจากโปรไบโอติก ซึ่งการบริโภคโปรไบโอติกจะช่วยในการลดปริมาณแบคทีเรียแกรมลบในลำไส้เล็ก ส่งผลให้การผลิตไลโปพอลิแซ็กคาไรด์ลดลง การดูดซึมไลโปพอลิแซ็กคาไรด์ที่ลดลงยังช่วยลดระดับการอักเสบของโรคเบาหวาน ซึ่งช่วยฟื้นฟูการทำงานของตัวรับอินซูลินซึ่งนำไปสู่การควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้ดีขึ้น นอกจากการช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือดแล้ว ผลิตภัณฑ์คีเฟอร์ยังช่วยลดระดับของ glycated hemoglobin และฟอสฟอรัส ซึ่งส่งผลต่อการชะลอภาวะไตเสื่อมในผู้ป่วยโรคเบาหวาน ดังนั้นคีเฟอร์จึงได้รับการยอมรับว่าเป็นอาหารบำบัดที่มีประสิทธิภาพที่สามารถจัดการโรคเบาหวานได้ (วนิดา ปานอุทัย และคณะ, 2566)

2.2 กระบวนการหมัก

การหมัก คือ กระบวนการเปลี่ยนแปลงสภาพทางชีวเคมี เพื่อให้วัตถุดิบเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ โดยอาศัยการทำงานของเอนไซม์ของจุลินทรีย์ ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมัก เช่น ไวน์, เบียร์, ซีอิ๊ว, เต้าเจี้ยว, ยาปฏิชีวนะ, Ethanol และกรดซิตริก เป็นต้น ในกระบวนการหมักต้องอาศัยสิ่งมีชีวิตซึ่งเรียกว่า จุลินทรีย์ ซึ่งมีมากมายหลายชนิด อาศัยอยู่ทั่วไปทั้งในดิน น้ำ อากาศ รวมทั้งในร่างกาย หรือในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต เช่น ไวรัส, แบคทีเรีย, ยีสต์, ฟังไจ, เซลล์สัตว์หรือเซลล์พืช ในกระบวนการหมักต้องอาศัยสิ่งมีชีวิตที่เรียกว่า จุลินทรีย์ เพื่อให้จุลินทรีย์ทำในสิ่งที่ต้องการ เช่น ผลิตสารเคมีบางชนิด หรือเพิ่มจำนวนเซลล์มากๆ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเข้าใจถึงธรรมชาติของเซลล์ จุลินทรีย์ การเจริญเติบโตของเซลล์ คือการเพิ่มจำนวนหรือการสร้างเซลล์ใหม่ สิ่งมีชีวิตจะนำโมเลกุลที่เป็นส่วนประกอบในอาหารมาสังเคราะห์เป็นส่วนประกอบต่างๆ ของเซลล์ โดยกระบวนการสังเคราะห์เกือบทั้งหมดเป็นปฏิกิริยาชีวเคมี ซึ่งแต่ละขั้นตอนจะมีเอนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการทำงานของเอนไซม์ต้องมีสถานะที่เหมาะสม ซึ่งได้แก่ อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง และโคแฟกเตอร์

นอกจากนี้ยังต้องอาศัยพลังงานเพื่อให้ปฏิกิริยาต่างๆ เกิดขึ้นได้ ดังนั้นในกระบวนการหมักจึงจำเป็นต้องควบคุมปัจจัยต่างๆ ให้เหมาะสมต่อจุลินทรีย์

2.2.1 ปัจจัยที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในการหมัก

2.2.1.1 พลังงาน พลังงานที่จุลินทรีย์นำมาใช้ในการเจริญเติบโตมาจากสองแหล่ง คือ พลังงานแสง และพลังงานจากปฏิกิริยาออกซิเดชันขององค์ประกอบภายในอาหาร จุลินทรีย์พวกที่ใช้แสงได้ เช่น สาหร่าย และแบคทีเรียสังเคราะห์แสงโดยอาศัยรงควัตถุ จึงสามารถดึงพลังงานแสงเพื่อใช้ในการสังเคราะห์โมเลกุลสารประกอบต่างๆ ส่วนแบคทีเรียบางชนิดจะใช้พลังงานจากการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ พวกที่เหลืรวมทั้งยีสต์และโมลต์ไม่สามารถออกซิไดซ์สารอินทรีย์ได้ จึงจำเป็นต้องออกซิไดซ์จากสารอินทรีย์ เช่น คาร์โบไฮเดรต ลิพิด โปรตีน และไฮโดรคาร์บอน เป็นต้น พลังงานที่ได้จะสะสมอยู่ในรูปของโมเลกุล ATP และสามารถนำไปใช้สังเคราะห์โมเลกุลและเซลล์ใหม่ต่อไป

2.2.1.2 อาหาร เป็นแหล่งวัตถุดิบที่สำคัญ เนื่องจากจุลินทรีย์นำไปใช้ในการสร้างเซลล์ ดังนั้น อาหารจึงควรประกอบด้วยธาตุต่างๆ ในปริมาณที่สอดคล้องกับธาตุที่เป็นองค์ประกอบของเซลล์จุลินทรีย์ ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน และแร่ธาตุอื่นๆ โดยทั่วไปธาตุไฮโดรเจนมีอยู่ในสารอินทรีย์ที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบเกือบทุกชนิด ออกซิเจนก็เช่นเดียวกัน นอกจากนี้จุลินทรีย์สามารถใช้ออกซิเจนจากอากาศที่ละลายในสารละลายได้อีกด้วย แหล่งคาร์บอนควรเป็นโมเลกุลสารที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ได้ง่าย เช่น กลูโคส ฟรุคโตส ซึ่งปกติเป็นสารที่อยู่ในเมแทบอลิซึม นอกจากนี้ยังมีสารประกอบคาร์บอนอื่นๆ เช่น แป้ง น้ำมัน เป็นต้น สำหรับแหล่งไนโตรเจนจุลินทรีย์ส่วนใหญ่สามารถใช้ในรูปแอมโมเนีย หรือเกลือแอมโมเนีย หรือในรูปสารอินทรีย์เช่น กรดอะมิโน โปรตีน ยูเรียหรือสารสกัดจากยีสต์ เนื้อวัว ปลา ถั่วลิสง เป็นต้น แหล่งแร่ธาตุจำเป็นที่ต้องการมาก ได้แก่ ฟอสฟอรัส โพตัสเซียม ซัลเฟอร์ แมกนีเซียม โซเดียม แคลเซียม และคลอรีน ส่วนแร่ธาตุที่ต้องการในปริมาณน้อยได้แก่ โคบอลต์ ทองแดง เหล็ก แมงกานีส โมลิบดีนัม และสังกะสี นอกจากนี้ในอาหารควรมีโคเอนไซม์และสารกระตุ้นการเจริญที่จำเป็นได้แก่พวกวิตามินต่างๆ เช่น Biotin, แคลเซียม pantothenate, Thiamine ฯลฯ

2.2.1.3 อุณหภูมิ ปฏิกิริยาชีวเคมีของเอนไซม์ในจุลินทรีย์แต่ละชนิดมีความทนทานต่ออุณหภูมิไม่เหมือนกัน สิ่งนี้จึงเป็นเหตุผลที่อธิบายว่าทำไมอุณหภูมิที่ดีที่สุดสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จึงไม่เท่ากัน ถ้าเป็นจุลินทรีย์ที่แยกจากสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมก็จะเจริญเติบโตได้ดีที่ 37 องศาเซลเซียส จุลินทรีย์บางพวกอาศัยอยู่ในน้ำพุร้อนก็มักจะมีอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตประมาณ 40-45 องศาเซลเซียส เป็นต้น

2.2.1.4 ความเป็นกรดต่าง (pH) เหตุผลเดียวกันกับอุณหภูมิ เอนไซม์เป็นโปรตีนมีช่วงการเร่งปฏิกิริยาภายใต้สภาวะ pH ที่เหมาะสมต่างกัน โดยทั่วไปแบคทีเรียมักเจริญได้ดีที่ pH เป็นกลาง

ยีสต์และฟังไจเจริญได้ดีใน pH ที่เป็นกรด เป็นต้น การจะทำให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตได้ดี ควรปรับ pH ของอาหารตรงกับความต้องการของจุลินทรีย์ชนิดนั้นๆ

นอกจากปัจจัยต่างๆ ที่กล่าวมาทั้งหมดนี้แล้ว สิ่งที่ต้องคำนึงถึงอีกประการคือ จุลินทรีย์ที่สนใจมีการเจริญเติบโตแบบใช้ออกซิเจนหรือแบบไม่ใช้ออกซิเจน แบคทีเรียส่วนใหญ่และยีสต์สามารถเจริญได้ทั้งสองสภาวะ ซึ่งการเจริญในแต่ละสภาวะมักไม่เท่ากัน

2.2.2 จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในการหมัก

2.2.2.1 *Lactic acid bacteria* คือ กลุ่มของแบคทีเรียแกรมบวกที่สามารถหมักน้ำตาลกลูโคส หรือน้ำตาลแล็กโทสให้เกิด Lactic acid กรดอินทรีย์อื่น ได้แก่ Acetic acid และ Propionic acid และสารอื่น เช่น hydrogen peroxide และ diacetyl ซึ่งทำให้เกิดกลิ่นและรสของอาหารหมัก *Lactic acid bacteria* สามารถสร้างแบคทีริโอซินยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดอื่น *Lactic acid bacteria* ได้รับการยอมรับว่าเป็นแบคทีเรียที่ปลอดภัย *Lactic acid bacteria* ที่สำคัญในอุตสาหกรรมอาหาร ได้แก่ *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Lactococcus* และ *Leuconostoc*

1) ประโยชน์ของ *Lactic acid bacteria*

1.1) *Lactic acid bacteria* ใช้ในกระบวนการหมักอาหาร *Lactic acid bacteria* นำมาใช้ผลิตอาหารหมัก หลายชนิดเช่น ผลิตภัณฑ์นมหมัก ได้แก่ โยเกิร์ต นมเปรี้ยว เนยแข็ง ผลิตภัณฑ์หมักจากเนื้อสัตว์ ได้แก่ แหนม ไส้กรอกเปรี้ยว ซาลามี ผลิตภัณฑ์หมักจากผัก ผลไม้ เช่น ผักผลไม้ดอง กิมจิ แตงกวาดอง ซาวเคราต์ และผลิตภัณฑ์หมักจากถั่วเหลือง เช่น ซีอิ๊ว เต้าเจี้ยว

1.2) *Lactic acid bacteria* ช่วยถนอมอาหาร และทำให้อาหารปลอดภัย Lactic acid ที่ *Lactic acid bacteria* ผลิตขึ้นช่วยในการถนอมอาหารและทำให้อาหารปลอดภัย เพราะกรดที่ได้จากการหมักทำให้ค่า pH ของอาหารลดลง ช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย โดยเฉพาะแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรค รา และยีสต์ เนื่องจากไฮโดรเจนไอออนจะซึมผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ผ่านเข้าสู่ภายในของเซลล์ทำให้ไซโตพลาสซึมมีสภาวะภายในเซลล์ของจุลินทรีย์ เป็นกรดสูง ซึ่งส่งผลให้ electrochemical proton gradient ภายในเซลล์ของจุลินทรีย์เสียไป เซลล์จึงถูกทำลายและไปยับยั้งการนำเข้ากรดแอมิโนของเซลล์จุลินทรีย์ นอกจากนี้การหมักด้วย *Lactic acid bacteria* ยังได้ hydrogen peroxide และ diacetyl ที่มีฤทธิ์เป็นสารกันเสียอีกด้วย

1.3) *Lactic acid bacteria* มีคุณสมบัติเป็นโพรไบโอติกที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ *Lactic acid bacteria* บางชนิดจัดเป็นโพรไบโอติก ซึ่งเป็นกลุ่มแบคทีเรียที่มีประโยชน์ในลำไส้ของมนุษย์ สามารถผลิตแบคทีริโอซิน ซึ่งยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคในลำไส้ใหญ่

2.2.2.2 ยีสต์

ยีสต์ คือ สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว จัดอยู่ในชนิดยูคาริโอต มีโครงสร้างพื้นฐานเป็นคาร์บอน และมีขนาดใหญ่กว่าแบคทีเรีย ซึ่งยีสต์แต่ละชนิดก็จะมีขนาดที่แตกต่างกันออกไป พบได้ตามธรรมชาติ ไม่ว่าจะเป็นน้ำ ดิน พืช หรือสัตว์บางชนิด สำหรับแหล่งที่สามารถพบยีสต์ได้มากนั้นคือ แหล่งที่มีความเข้มข้นของน้ำตาลสูงโดยกระบวนการของยีสต์ที่จะทำให้เกิดแอลกอฮอล์ คือการนำยีสต์ไปหมัก แล้วยีสต์จะค่อยๆ กินน้ำตาลและคายของเสียออกมาโดยของเสียที่ได้จากยีสต์ก็คือ แอลกอฮอล์ ด้วยสาเหตุนี้จึงทำให้ยีสต์มีบทบาทสำคัญ ในกระบวนการหมัก (HOP BEER HOUSE KORAT, ม.ป.ป.)

1) ปัจจัยที่มีผลต่อยีสต์

1.1) แหล่งของสารอาหารสำหรับยีสต์

การเจริญของยีสต์นั้นต้องการสารอาหารที่ทำหน้าที่เป็นแหล่งพลังงาน แหล่งคาร์บอน รวมทั้งธาตุอาหารหลักอื่นๆ ได้แก่ ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน ซัลเฟอร์ และฟอสฟอรัส นอกจากนั้นยังต้องการธาตุอาหารบางชนิดในปริมาณค่อนข้างมากซึ่งจัดเป็น macrociment ประกอบไปด้วยแมกนีเซียม และโพแทสเซียม ในขณะที่ธาตุอาหารบางชนิดยีสต์ต้องการในปริมาณที่ต่ำ หรือ microclement ได้แก่ ธาตุแคลเซียม เหล็ก ทองแดง แมงกานีส สังกะสี นิเกิล โคบอลล์ นอกจากนี้ยีสต์ยังต้องการสารประกอบบางชนิดเพื่อทำหน้าที่เป็น growth factor เช่นวิตามิน และนิวคลีโอไทด์ (สาวิตรี ลิ้มทอง, 2549)

1.2) อุณหภูมิ

ยีสต์ส่วนใหญ่เป็นยีสต์ที่ชอบอุณหภูมิปานกลาง และเจริญได้ดี ที่ 20-28 องศาเซลเซียส มีอุณหภูมิสูงสุดสำหรับการเจริญต่ำกว่า 46 องศาเซลเซียส และยังมียีสต์ในกลุ่มที่ชอบเจริญที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งยีสต์กลุ่มนี้เจริญได้ที่อุณหภูมิต่ำสุด 5 องศาเซลเซียส และเจริญได้ที่อุณหภูมิสูงสุด 20 องศาเซลเซียส ยีสต์กลุ่มนี้พบบริเวณแอนตาร์กติก เช่น *Cryptococcus vishniacii*, *Leucosporidium antracticum* เป็นต้น ส่วนยีสต์อีกกลุ่มคือยีสต์ชอบอุณหภูมิสูง อุณหภูมิสูงสุดสำหรับการเจริญของยีสต์กลุ่มนี้คือ 48-50 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุดที่เชื้อยีสต์กลุ่มนี้สามารถเจริญได้เท่ากับ 20 องศาเซลเซียส ซึ่งยีสต์ชอบอุณหภูมิสูงมีจำนวนน้อยกว่ายีสต์ชอบอุณหภูมิต่ำ เช่น *Candida slooffii*, *Cynictomyces guttulatus*, *Saccharomyces telluris* เป็นต้น ยีสต์ทนความร้อนได้ต่ำกว่าแบคทีเรียแอสโคสปอร์ ทนความร้อนมากกว่าเซลล์ประมาณ 10 องศาเซลเซียส ในบางสปีชีส์เซลล์กับสปอร์ทนอุณหภูมิได้ไม่แตกต่างกัน (สาวิตรี ลิ้มทอง, 2549)

1.3) ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ยีสต์มีช่วงการเจริญได้ค่อนข้างกว้างคือ pH ในช่วงระหว่าง 3-11 และยีสต์ยังเจริญได้ดีที่ pH ระหว่าง 3.5 และ 6.5 ยีสต์ที่ทน pH มาก เช่น *Issatchenkia orientalis*, *Pichia membranifaciens*, *Dekkera intermedia* และ *Saccharomyces exiguous* เจริญได้ที่ pH 1.3

ถึง 1.7 pH มีผลต่อกิจกรรมทางชีววิทยาของยีสต์น้อยกว่าอุณหภูมิเพราะเซลล์สามารถควบคุมความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนภายในเซลล์ได้เป็นอย่างดีเมื่อมีการเปลี่ยนแปลง pH ภายนอกเซลล์ pH ของอาหารมีผลต่อโครงสร้างและสภาพให้ซึมผ่านของเซลล์และ pH จะช่วยลดการปนเปื้อนจุลินทรีย์ชนิดอื่นระหว่างกระบวนการหมักได้ (สาวิตรี ลิ้มทอง, 2549)

1.4) ออกซิเจน

ภายใต้สภาวะที่มีอากาศยีสต์จะใช้น้ำตาลในการเจริญหรือเรียกว่าเกิดการหายใจ และในสภาวะที่ไม่มีอากาศยีสต์จะเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นเอทานอล อย่างไรก็ตามภายใต้สภาวะที่มีอากาศและมีน้ำตาลความเข้มข้นสูง ยีสต์สามารถหมักน้ำตาลเป็น Ethanol แทนการหายใจให้คาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำ หรือการหายใจถูกยับยั้งด้วยการหมัก (พงษ์เทพ และคณะ, 2553) ออกซิเจน ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้ายในลูกโซ่ขนส่งอิเล็กตรอนและทำหน้าที่เป็น growth factor ของยีสต์โดยร่วมในการสังเคราะห์กรดนิวคลีอิก เออร์โกสเตอรอล และกรดนิโคตินิก ซึ่งส่งเสริมการเจริญของยีสต์ภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจน (สาวิตรี ลิ้มทอง, 2549)

1.5) คาร์บอนไดออกไซด์

ยีสต์บางสายพันธุ์ต้องการคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณต่ำสำหรับกระบวนการบางอย่างภายในเซลล์ เช่นการสร้างสารประกอบสี่คาร์บอน มีผู้รายงานว่าการใช้คาร์บอนไดออกไซด์เพียงร้อยละ 2.5 ของอากาศทั้งหมดสามารถเพิ่มความเข้มข้นของเซลล์ยีสต์เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้อากาศ แต่ความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเจริญของยีสต์คือร้อยละ 5 ของอากาศทั้งหมด (สาวิตรี ลิ้มทอง, 2549)

2) การใช้ประโยชน์จากยีสต์

ยีสต์เป็นจุลินทรีย์ชนิดแรกที่มีมนุษย์นำมาใช้ เริ่มจากการผลิตเบียร์ชนิดหนึ่งที่เรียกว่า Booz เมื่อประมาณ 7,000 ปีก่อน คริสต์ศักราช ต่อมาการใช้ยีสต์ในการผลิตไวน์เมื่อ 3,500 ปีก่อน คริสต์ศักราช เมื่อ 2,000 ปี ก่อนคริสตศักราชมีรายงานที่แสดงให้เห็นว่าขนมปังที่ใช้ยีสต์ขึ้นฟูก่อนที่จะไม่ใช้อย่างชัดเจน จากนั้นเทคโนโลยีการผลิตเบียร์ ไวน์ และขนมปัง ถูกถ่ายทอดจากประเทศอียิปต์ไปยังประเทศกรีก และต่อไปยังโรมันในราวศตวรรษที่ 13 และ 14 เทคโนโลยีการผลิตเบียร์และไวน์แพร่หลายในบริเวณยุโรปตอนเหนือ เช่น อังกฤษ และเยอรมัน สำหรับในทวีปเอเชียนั้น เมื่อประมาณ 1,000 ปีก่อนคริสตศักราชมีรายงานในประเทศจีนเกี่ยวกับสุรากลั่น ต่อมาในศตวรรษที่ 12 การผลิตวิสกีเป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายทั่วโลก ทำให้เชื่อว่ากระบวนการกลั่นแอลกอฮอล์ที่ใช้ ในปัจจุบันอาจมาจากตะวันออกและเข้าไปสู่ยุโรป นอกจากนั้นในเอเชียยังมีการผลิตน้ำนมหมักที่เรียกว่า Kefir และ Koumiss มาเป็นเวลากว่าหลายทศวรรษปัจจุบันยีสต์ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์จากการหมักในอุตสาหกรรมที่มีการผลิตปริมาณอยู่ 4 ชนิด คือ เบียร์ผลิตทั่วโลก 60 ล้านตันต่อปี ไวน์ผลิตทั่วโลก 30 ล้านตันต่อปี ยีสต์ขนม

ปังผลิตทั่วโลก 600,000 ล้านตันต่อปี โปรตีนเซลล์เดียวและยีสต์อาหารสัตว์ผลิตทั่วโลกล้านตันต่อปี (สาวิตรี ลิ้มทอง, 2549)

2.3 เครื่องดื่มสมุนไพร

2.3.1 ความสำคัญของเครื่องดื่มสมุนไพร

การบริโภคสมุนไพรในรูปแบบเครื่องดื่มมีประวัติยาวนานในหลายวัฒนธรรมทั่วโลก โดยเฉพาะในเอเชีย เช่น จีน อินเดีย และไทย ซึ่งใช้สมุนไพรเป็นส่วนหนึ่งของตำรายาพื้นบ้านและแพทย์แผนโบราณในการรักษาและบำรุงร่างกาย (Mahomoodally, 2013) ตัวอย่างเช่น ชาจีนที่ใช้ใบชาและพืชสมุนไพรหลากชนิดในการปรุงเพื่อส่งเสริมสุขภาพ และเครื่องดื่มอายุรเวท (Ayurvedic herbal drinks) ของอินเดียที่ใช้สมุนไพรในการปรับสมดุลของธาตุในร่างกาย สำหรับประเทศไทย เครื่องดื่มสมุนไพรมีบทบาทสำคัญทั้งในวิถีชีวิตและการแพทย์แผนไทย เช่น น้ำเก็กฮวย น้ำมะตูม น้ำใบเตย และน้ำสมุนไพร ซึ่งนอกจากช่วยดับกระหายแล้วยังมีสรรพคุณทางยาตามภูมิปัญญาพื้นบ้าน เช่น ช่วยขับปัสสาวะ ลดความดันโลหิต และแก้ร้อนใน (สำนักงานข้อมูลสมุนไพร, 2562) สิ่งเหล่านี้สะท้อนให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างสมุนไพรและสุขภาพที่ถ่ายทอดจากรุ่นสู่รุ่น

ความสำคัญของเครื่องดื่มสมุนไพรอยู่ที่การเป็นแหล่งของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive compounds) ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ และอาจช่วยป้องกันโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (Kausar et al., 2019; Chua et al., 2022) จึงทำให้เครื่องดื่มสมุนไพรเป็นที่สนใจทั้งในด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชันและการวิจัยทางโภชนาการ

2.3.2 ความนิยมของเครื่องดื่มสมุนไพร

การบริโภคเครื่องดื่มสมุนไพรมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยได้รับแรงขับเคลื่อนจากกระแสการใส่ใจสุขภาพ (health consciousness) และการหันมาเลือกบริโภคอาหารและเครื่องดื่มจากธรรมชาติ (natural-based products) ผู้บริโภคทั่วโลกมองว่าเครื่องดื่มสมุนไพรเป็นทางเลือกที่ “ปลอดภัย” และ “เป็นมิตรต่อสุขภาพ” เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องดื่มที่มีน้ำตาลสูงหรือมีส่วนผสมสังเคราะห์ (Grand View Research, 2023)

ในตลาดโลก มูลค่าตลาดเครื่องดื่มสมุนไพร เช่น ชาสมุนไพรและน้ำสมุนไพรพร้อมดื่ม มีการเติบโตต่อเนื่อง โดยคาดว่าจะมีอัตราการเติบโตเฉลี่ยต่อปี (CAGR) กว่า 6% ระหว่างปี 2023–2030 (Grand View Research, 2023) สำหรับประเทศไทย การบริโภคเครื่องดื่มสมุนไพรได้รับความนิยมทั้งในรูปแบบดั้งเดิมที่ทำเองในครัวเรือน และในรูปแบบเชิงพาณิชย์ เช่น เครื่องดื่มบรรจุขวดที่จำหน่ายในร้านสะดวกซื้อและซูเปอร์มาร์เก็ต (Siam Market Research, 2021)

ตัวอย่างเครื่องดื่มสมุนไพรที่ได้รับความนิยม

- น้ำมะตูม: มีรสชาติหวานหอม ช่วยแก้ร้อนใน บรรเทาอาการท้องอืด และช่วยในการย่อยอาหาร
- น้ำเก๊กฮวย: ช่วยดับกระหาย คลายร้อน แก้ร้อนใน และอาจช่วยลดความดันโลหิตได้
- น้ำกระเจี๊ยบ: มีรสเปรี้ยวอมหวาน ช่วยแก้กระหาย ขับปัสสาวะ และอาจช่วยลดไขมันในเลือดได้
- น้ำตะไคร้ใบเตย: มีกลิ่นหอม ช่วยดับกระหาย คลายร้อน และมีวิตามินเอที่ช่วยบำรุงสายตา
- น้ำอัญชัน: ช่วยบำรุงสายตา บำรุงสมอง และช่วยให้เลือดไหลเวียนดีขึ้น
- น้ำใบบัวบก: ช่วยแก้ร้อนใน แก้ช้ำใน บำรุงสมอง และอาจช่วยลดความดันโลหิตได้
- น้ำใบเตย: ช่วยดับกระหาย คลายร้อน บำรุงหัวใจ และมีกลิ่นหอม
- น้ำขิง: ช่วยขับลม แก้อาการท้องอืดท้องเฟ้อ และช่วยให้เลือดหมุนเวียนดีขึ้น
- น้ำดอกคำฝอย: ช่วยลดไขมันในเลือด บำรุงเลือด และบำรุงประสาท

2.3.3 ประโยชน์ของเครื่องต้มสมุนไพร

- ดับกระหาย คลายร้อน: เครื่องต้มสมุนไพรหลายชนิดมีสรรพคุณช่วยดับกระหาย คลายร้อน ทำให้ร่างกายสดชื่น
- บำรุงร่างกาย: เครื่องต้มสมุนไพรหลายชนิดมีวิตามิน เกลือแร่ และสารอาหารอื่นๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย
- ช่วยในการรักษาโรค: เครื่องต้มสมุนไพรบางชนิดมีสรรพคุณช่วยรักษาโรคต่างๆ เช่น น้ำใบบัวบกช่วยลดความดันโลหิต, น้ำขิงช่วยขับลม
- เป็นยาอายุวัฒนะ: เครื่องต้มสมุนไพรบางชนิดมีสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยชะลอความเสื่อมของร่างกาย.

2.3.4 ข้อควรระวัง

- ควรเลือกเครื่องต้มสมุนไพรที่ทำจากวัตถุดิบที่สะอาดและปลอดภัย
- ควรบริโภคในปริมาณที่เหมาะสม ไม่มากเกินไป
- หากมีโรคประจำตัว ควรปรึกษาแพทย์ก่อนดื่มเครื่องต้มสมุนไพรบางชนิด
- ควรเลือกซื้อเครื่องต้มสมุนไพรจากแหล่งที่เชื่อถือได้

2.4 ขิง

2.4.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ขิงมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า “*Zingiber officinale Roscoe*” ขิงเป็นไม้ล้มลุก มีเหง้าใต้ดิน สีน้ำตาลแกมเหลือง เนื้อในสีเหลืองหรือเหลืองอ่อน แทงหน่อหรือลำต้นเทียมขึ้นมาเหนือพื้นดิน ส่วนบนดินสูง 30-130 เซนติเมตร มีกลิ่นเฉพาะ ใบเป็นใบเดี่ยว ออกเรียงสลับ กว้าง 1.5-2 ซม.

ยาว 15-20 ซม. ขอบใบเรียบ ปลายใบแหลม โคนใบมน ก้านใบสั้น แผ่นใบสีเขียวเข้มเป็นมัน ดอกออกเป็นช่อ แทงออกจากเหง้าใต้ดิน (ชยันต์ พิเชียรสุนทร และคณะ, 2558)

2.4.2 สายพันธุ์ชิง

พันธุ์ชิงที่นิยมปลูกในประเทศไทยมีหลายสายพันธุ์ มีชื่อเรียกแตกต่างกันในพื้นที่ต่างๆ เช่น ชิงแดง ชิงแกลง (จันทบุรี) ชิงบ้าน ชิงแครง ชิงป่า ชิงเขา ชิงดอกเดียว (ภาคกลาง) ชิงเผือก (เชียงใหม่) สะเอ (กะเหรี่ยง – แม่ฮ่องสอน) โดยจำแนกพันธุ์ชิงที่ปลูกในประเทศไทยไว้ 2 กลุ่ม ได้แก่

2.4.2.1 ชิงใหญ่หรือชิงหยวกหรือชิงขาว

ลักษณะแฉ่งใหญ่ ขั้วห่าง เนื้อละเอียด มีเสี้ยนน้อยมาก รสไม่เผ็ดจัด เมื่อบดเปลือกออก เนื้อในไม่มีสี หรือมีสีเหลืองเรื่อๆ ตาที่ปรากฏบนแฉ่งลักษณะกลมมน ปลายใบป้านและมีความสูงมากกว่าชิงเล็ก เหมาะสำหรับรับประทานเป็นชิงอ่อนหรือชิงดอง ชิงชนิดนี้มีจำหน่ายมากมายในท้องตลาด

2.4.2.2 ชิงเล็กหรือชิงเผ็ด

บางแห่งเรียกว่า ชิงดำ ลักษณะเป็นแฉ่งเล็กสั้น ขั้วถี่ เนื้อมีเสี้ยนมาก และรสค่อนข้างเผ็ด เมื่อบดเปลือกออกแล้วมีสีน้ำเงินหรือน้ำเงินปนเขียว ตาบนแฉ่งมีลักษณะแหลม ปลายใบแหลม การแตกกอดี นิยมใช้ทำยาสมุนไพรและทำชิงแห้ง เพราะให้น้ำหนักดีกว่าชิงหยวก ส่วนที่นำมาใช้ประโยชน์ของชิง คือ ลำต้นใต้ดินหรือเหง้าชิง (Rhizome) มีลักษณะเป็นข้อๆ แข็งมีสีขาวหรือเหลืองอ่อน มีเยื่อและเกล็ดเล็กๆ ห่อหุ้ม จะแตกขนานไปกับพื้นดิน สามารถแยกเป็นส่วนย่อยได้เรียกว่า แฉ่ง (Hands หรือ Finger) ลักษณะการแตกแขนงเป็นแบบนี้มือ คือ แฉ่งอันแรกจะเจริญและแตกแฉ่งย่อยๆ ต่อกันไปซึ่งมีขนาดต่างกันไปตามพันธุ์ชิง สี เนื้อชิง กลิ่น และความเผ็ดร้อนแตกต่างกันไปตามพันธุ์เช่นกัน (บังอร, 2551)

2.4.3 องค์ประกอบทางเคมี องค์ประกอบสำคัญที่ทำให้ชิงมีกลิ่น รส และความ เผ็ด แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1) น้ำมันหอมระเหย (Essential oil) มีอยู่ ประมาณ ร้อยละ 1.00-3.00 พบมากในส่วนของคอร์ติคอล พาเรนคิมา (Cortical parenchyma) จึงสามารถสูญเสียไปได้ในระหว่างการบดเปลือก น้ำมันหอมระเหยถูกสกัด ได้โดยใช้วิธีการกลั่นด้วยน้ำหรือไอน้ำ น้ำมันหอมระเหยใน ชิงมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ ชิงจิเบอร์รีน (Zingiberene) ชิงจิเบอร์รอล (Zingiberol) ไบซาโบลีน (Bisabolene) และแคมเฟน (Camphene) (Zhenxian, Xizhen, Qi, & Shi-jie, 2000) เป็นต้น

2) น้ำมันชัน (Oleoresin) เป็นของผสมระหว่าง เรซิน (Resin) กับน้ำมันหอมระเหย มีอยู่ประมาณร้อยละ 4.00-7.50 พบมากในชั้นเซลล์คอร์เทกซ์ (Cortex) และ มีกระจายอยู่ทั่วไปในชั้น

เซลล์เอนโดเดอร์มิส (Endodermis) น้ำมันชันถูกสกัดได้โดยใช้ตัวทำละลาย น้ำมันชันเป็นส่วนประกอบสำคัญที่ทำให้เกิดกลิ่นรสและความเผ็ดของขิง (Zhenxian, etal, 2000) จิงเจอร์ออลเป็นองค์ประกอบที่สำคัญและมีปริมาณสูงในขิงสด ซึ่งเป็นสารที่ถูกสร้างขึ้นและสะสมไว้ระหว่างการเจริญเติบโตของขิง โดยละลายกับไขมัน และถูกเก็บรวมกับสารฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) สารประกอบฟีนอลิกอนุพันธ์ของเคอร์คิวมิน (Curcumin derivatives) และน้ำมันหอมระเหย อยู่ภายในเซลล์ที่มีรงควัตถุสีเหลือง (yellow pigment cell) (Zhenxian, etal, 2000)



ภาพที่ 2.3 ขิง

ที่มา : คณะเภสัชศาสตร์ ม.อุบลราชธานี

<https://phar.ubu.ac.th/herb-DetailThaicrudedrug/39>

2.4.4 สรรพคุณ

ขิงเป็นพืชรสเผ็ดร้อน มีฤทธิ์แก้หวัด ขับเหงื่อ บำรุงกระเพาะ แก้อาการคลื่นไส้อาเจียน ลดคลอเลสเตอรอลที่สะสมในตับและเส้นเลือด

เหง้า : เหง้าขิงแก้ทั้งสดและแห้ง รสหวานเผ็ดร้อน ช่วยขับลม แก้ท้องอืด ท้องเฟ้อ เสียท้อง อาหารไม่ย่อยปวดเกร็งช่องท้อง ช่วยขับลมขับเหงื่อ ขับเสมหะ แก้อาการคลื่นไส้อาเจียนจากการเมาเรือ บรรเทาอาการท้องเสีย ช่วยกระตุ้นความอยากอาหาร รักษาอาการหวัด รักษาอาการปวดศีรษะเนื่องจากไมเกรน และรักษาอาการปวดข้อ ปวดกล้ามเนื้อ แก้ท้องผูก และลดความดัน เป็นยาบำรุงธาตุไฟ บรรเทาอาการปวดประจำเดือน

ต้น : รสเผ็ดร้อน ช่วยขับลม แก้อาการเสียดแน่นเฟ้อ แก้นิ่ว แก้อาการปัสสาวะ ช่วยย่อยอาหาร ฆ่าพยาธิ แก้บิด แก้ลมป่วง แก้ท้องร่วง แก้อาเจียน บำรุงธาตุไฟ

ใบ : รสเผ็ดร้อน บำรุงกำลัง แก้ฟกช้ำ แก้นิ่ว แก้ขัดปัสสาวะ แก้อาการปวด ฆ่าพยาธิ ขับผายลม แก้นิ่ว แก้อาการปัสสาวะ ช่วยย่อยอาหาร ขับลมในลำไส้ แก้ขัดปัสสาวะ บำรุงไฟธาตุ

ดอก : รสฝาดร้อน ทำให้รู้สึกชุ่มชื้น ช่วยย่อยอาหาร แก้ขัดปัสสาวะ แก้โรคตาและ ฆ่าพยาธิ
ช่วยย่อยอาหาร แก้ไข้ แก้ขัดเบา แก้บิด แก้ขัดบำรุงไฟธาตุ

ราก : รสหวานเผ็ดร้อนขม ขับลม ฆ่าพยาธิ แก้แน่น เจริญอาหาร แก้ลม แก้เสมหะ แก้บิด ช่วย
เจริญอาหาร

ผล : รสหวานเผ็ด เป็นยาอายุวัฒนะ รักษาอาการไข้ บำรุงน้ำนม แก้ไข้ แก้คอแห้ง เจ็บคอ
แก้ตาฟาง

แก่น : ฝนทำยาแก้คัน

นอกจากนี้ น้ำมันหอมระเหยจากขิง ยังช่วยบรรเทาอาการ เหนื่อยล้าของจิตใจโดยจะทำให้
เกิดอาการตื่นตัว และรู้สึกอบอุ่น ช่วยเพิ่มความจำ กระตุ้นการไหลเวียนเลือด บรรเทาอาการปวดรูมา
ตอยด์ ปวดกล้ามเนื้อ และเคล็ดขัดยอก (พืชพันธุ์ไม้, 2564)

2.4.5 คุณค่าทางโภชนาการของขิง

ตารางที่ 2.3 คุณค่าทางโภชนาการของขิงอ่อนน้ำหนัก 100 กรัม

สารอาหาร	ปริมาณ
พลังงาน	22 kcal
น้ำ	93.2 g
โปรตีน	0.76 g
ไขมัน	0.47 g
คาร์โบไฮเดรต	2.53 g
ใยอาหาร	2.6 g
เกลือ	0.48 g
แคลเซียม	13 mg
ฟอสฟอรัส	24 mg
แมกนีเซียม	29 mg
โซเดียม	1 mg
เหล็ก	0.40 mg
สังกะสี	0.23 mg
เบต้าแคโรทีน	11 µg
ไทอะมิน	0.01 mg
ไรโบฟลาวิน	0.01 mg
ไนอะซิน	0.01 mg
วิตามินซี	7 mg

ที่มา : สำนักโภชนาการ กรมอนามัย (2018)

ตารางที่ 2.4 คุณค่าทางโภชนาการชั่งแก่น้ำหนัก 100 กรัม

สารอาหาร	ปริมาณ
พลังงาน	27 kcal
น้ำ	93.5 g
โปรตีน	0.40 g
ไขมัน	0.60 g
คาร์โบไฮเดรต	5.20 g
ใยอาหาร	0 g
เกลือ	0.30 g
แคลเซียม	18 mg
ฟอสฟอรัส	22 mg
เหล็ก	1.20 mg
เบต้าแคโรทีน	10 µg
ไรโบฟลาวิน	0.02 mg
ไนอะซิน	1 mg
วิตามินซี	1 mg

ที่มา : สำนักโภชนาการ กรมอนามัย (2018)

2.5 กระชาย

2.5.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Boesenbergia rotunda* (L.) Mansf. กระชายเป็นไม้ล้มลุก มีเหง้าสั้น แตกกิ่งกอได้ รากอวบ รูปทรงกระบอกหรือรูปไข่ค่อนข้างยาว ปลายเรียว กว้าง 1-2 เซนติเมตร ยาว 4-10 เซนติเมตร ออกเป็นกระจุก ผิวสีน้ำตาลอ่อน เนื้อในสีเหลือง มีกลิ่นเฉพาะตัว ส่วนที่อยู่เหนือดินเป็นใบ มี 2-7 ใบ ใบเดี่ยว เรียงสลับ รูปรี กว้าง 5-12 เซนติเมตร ยาว 12-50 เซนติเมตร ปลายเรียวแหลม โคนมนหรือแหลม ขอบเรียบ เส้นกลางใบ ก้านใบ และกาบใบด้านบนเป็นร่อง ด้านล่างนูนเป็นสัน ก้านใบเรียบ ยาว 7-25 เซนติเมตร. กาบใบสีชมพู ยาว 7-25 เซนติเมตร. ระหว่างก้านใบและกาบใบมีลิ้นใบ ช่อดอกแบบช่อเชิงลด ออกที่ยอดระหว่างกาบใบคู่ในสุด ยาวประมาณ 5 เซนติเมตร แต่ละดอกมีใบประดับ 2 ใบ สีขาวหรือขาวอมชมพูอ่อน รูปใบหอก กว้างประมาณ 8 มิลลิเมตร ยาว 3.5-4.5 เซนติเมตร กลีบเลี้ยงสีขาวหรือขาวอมชมพูอ่อน โคนติดกันเป็นหลอด ยาวประมาณ 1.7 เซนติเมตร ปลายแยกเป็น 3 แฉก กลีบดอกสีขาวหรือขาวอมชมพูอ่อน โคนติดกันเป็นหลอด ยาวประมาณ 6 เซนติเมตร ปลายแยกเป็น 3 กลีบ รูปใบหอก ขนาดไม่เท่ากัน กลีบใหญ่

1 กลีบ กว้างประมาณ 7 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 1.8 เซนติเมตร อีก 2 กลีบ ขนาดเท่ากัน กว้างประมาณ 5 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 1.5 เซนติเมตร เกสรเพศผู้ 6 อัน แต่ 5 อัน เปลี่ยนไปมีลักษณะเหมือนกลีบดอก โดย 2 กลีบบนสีชมพู รูปไข่มีขนาดเท่ากัน กว้างประมาณ 1.2 เซนติเมตร ยาวประมาณ 1.7 เซนติเมตร อีก 3 กลีบล่างสีชมพูติดกันเป็นกระพุ้ง กว้างประมาณ 2 เซนติเมตร ยาวประมาณ 2.7 เซนติเมตร ปลายแผ่กว้างประมาณ 2.5 เซนติเมตร มีสีชมพูหรือม่วงแดงเป็นเส้นๆ ตรงกระเปาะและปลายกลีบ มีเกสรเพศผู้ที่สมบูรณ์ 1 อัน ก้านชูอับเรณูหุ้มก้านเกสรเพศเมีย ผลแก่แตกเป็น 3 เสี่ยง เมล็ดค่อนข้างใหญ่ (โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช , ม.ป.ป.)



ภาพที่ 2.4 กระชาย

ที่มา : สำนักงานเกษตรและสหกรณ์ จังหวัดสุรินทร์ (2563)

2.5.2 สายพันธุ์กระชาย

กระชายแบ่งเป็น 3 ชนิด ได้แก่

ชนิดที่ 1 คือ กระชายขาว กระชายเหลือง หรือเรียกว่า กระชายแคง ซึ่งเป็นกระชายที่ใช้ทำอาหารทั่วไป ชนิดที่ 2 คือ กระชายแดง เป็นสมุนไพรหายาก ส่วนใหญ่หมอยาพื้นบ้านใช้ในตำรับยารักษาโรคมะเร็ง ตามศาสตร์การแพทย์พื้นบ้าน และชนิดที่ 3 คือ กระชายดำ ส่วนใหญ่ใช้ทำยาอายุวัฒนะบำรุงสมรรถภาพทางเพศ ซึ่งปัจจุบันมีทั้งไวน์กระชายดำและน้ำหมักกระชายดำ (กรมสุขภาพจิต, 2564)

2.5.3 สารสำคัญ

เหง้าของกระชายเหลืองเป็นพืชที่ประกอบด้วยกลุ่มของน้ำมันหอมระเหย เช่น 1,8-cineol, camphor, d-borneol, methyl cinnamate d-pinene, zingiberene, zingiberone, curcumin และ zedoarin และ สารประกอบฟีนอลิกซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารประเภทฟลาโวนอยด์และอนุพันธ์ เช่น กลุ่มฟลาโวนอน ได้แก่ pinostrobin, pinocembrin และ alpinetin กลุ่มฟลาโวน ได้แก่ 5, 7-dimethoxyflavone และ 3', 4', 5, 7- tetramethoxyflavone กลุ่มไดไฮโดรชัลโคน

boesenbergin A และกลุ่มชาโลโคน ได้แก่ 2', 4', 6'-trihydroxy chalcone และ cardamonin (Mongkolsuk and Dean, 1964; Trakoontivakorn et al., 2001) นอกจากนี้ยังอุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการประกอบด้วยวิตามินและแร่ธาตุต่าง ๆ มากมาย เช่น วิตามินเอ วิตามินซี วิตามินบี 1 วิตามินบี 3 วิตามินบี 6 วิตามินบี 12 รวมทั้งแคลเซียม และธาตุเหล็ก

2.5.4 สรรพคุณ

- บำรุงร่างกาย ช่วยทำให้ร่างกายกระปรี้กระเปร่ายิ่งขึ้น ทำให้เหนื่อยน้อยลง
- ช่วยแก้ลมวิงเวียน แน่นหน้าอก บำรุงกำลัง เสริมสมรรถภาพทางเพศ
- รากนำมาใช้เป็นเครื่องแกงในการประกอบอาหารแล้ว ยังช่วยดับกลิ่นคาวของเนื้อและปลาได้เป็นอย่างดี
- งานวิจัยจากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ร่วมกับมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ได้ศึกษาแล้วพบว่า สารสกัดจากกระชายสามารถช่วยต้านการเสื่อมของกระดูกอ่อนในหลอดทดลองได้
- งานวิจัยของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์พบว่า สารสกัดคลอโรฟอร์มและเมทานอลจากรากของกระชายมีฤทธิ์ในการต้านการเจริญเติบโตของเชื้อ *Giardia intestinalis* ซึ่งเป็นพยาธิเซลล์เดียวในลำไส้ที่ก่อให้เกิดภาวะท้องเสีย ซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญอย่างมากสำหรับผู้ป่วยที่เป็นโรคมะเร็งลำไส้
- ช่วยปรับสมดุลของฮอร์โมน

จากงานวิจัยระหว่างมหาวิทยาลัยมหิดล และมหาวิทยาลัยอิลลินอยส์พบว่า สารสกัดรากกระชายเหลืองและสาร pinostrobin มีฤทธิ์ต้านการ เจริญของแบคทีเรีย *Helicobacter pylori* ซึ่งปัจจุบันเป็นที่ยอมรับว่าเป็นสาเหตุของโรคกระเพาะอาหาร นอกจากนี้เมื่อใช้สารสกัดจากรากกระชาย เหลืองรักษาอาการแผลในกระเพาะอาหารของ สัตว์ทดลองพบว่า สารสกัดดังกล่าวนอกจากจะฆ่า เชื้อโรคได้แล้วยังมีฤทธิ์ลดการอักเสบของแผลทำให้ แผลหายเร็วขึ้น นอกจากนี้พบว่าสารดังกล่าวยังมี ฤทธิ์ต้านการเจริญเติบโตของเชื้อราที่เป็นสาเหตุของ โรคกลาก 3 ชนิดคือ *Trichophyton mentagrophytes*, *Microsporum gymseum* และ *Epidermophyton floccosum* และต้านการเจริญของเชื้อ *Candida albican* ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคตกขาว (สุชาติพิ ภมรประวัติ, 2548)

งานวิจัยจากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่โดย สายจิตร์ แถวปดถา และคณะ (2549) ได้ศึกษาพบว่า สารสกัด ฟลาโวนอยด์จากรากกระชายเหลือง คือ pinostrobin และ pinocembrin และอนุพันธ์ฟลาโวนอยด์อีก 3 ชนิดคือ 5-methoxyflavone, 2-methoxyflavone และ β -naphthoxyflavone สามารถช่วยต้านการ เสื่อมสลายของกระดูกอ่อนในหลอดทดลองได้

2.5.5 คุณค่าทางโภชนาการของกระชาย

ตารางที่ 2.5 คุณค่าทางโภชนาการของกระชายน้ำหนัก 100 กรัม

สารอาหาร	ปริมาณ
พลังงาน	54 kcal
น้ำ	85 g
โปรตีน	1.30 g
ไขมัน	0.80 g
คาร์โบไฮเดรต	9.21 g
ใยอาหาร	2.4 g
เถ้า	1.34 g
แคลเซียม	15 mg
ฟอสฟอรัส	60 mg
แมงกานีส	41 mg
โซเดียม	10 mg
เหล็ก	2.30 mg
คอปเปอร์	0.09 mg
สังกะสี	0.32 mg
ไทอะมิน	0.07 mg
ไรโบฟลาวิน	0.30 mg
ไนอะซิน	3.50 mg
วิตามินซี	2 mg

ที่มา : สำนักโภชนาการ กรมอนามัย (2018)

2.6 มะขามป้อม

2.6.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ชื่อทางวิทยาศาสตร์ *Phyllanthus emblica* L. มะขามป้อมเป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็ก-กลาง สูง 8-12 เมตร ลำต้นมักคดงอ เปลือกนอกสีน้ำตาลอมเทา ผิวเรียบ เปลือกในสีชมพูสด ใบเดี่ยว มีลักษณะคล้ายใบประกอบคล้ายใบมะขาม รูปขอบขนานติดยาวกลับ กว้าง 0.25-0.5 เซนติเมตร ยาว 0.8-1.2 เซนติเมตร สีเขียวอ่อนเรียงชิดกัน ใบสั้นมาก เส้นแขนงใบไม่ชัดเจน ดอกขนาดเล็กแยกเพศ

แต่อยู่บนกิ่งหรือต้นเดียวกัน ออกตามง่ามใบ 3-5 ดอกแน่น ตามปลายกิ่ง กลีบเลี้ยง 6 กลีบ ดอกสีขาวหรือขาวนวล ผลทรงกลมมีเนื้อหนา 1.2-2 เซนติเมตร ผลอ่อนมีสีเขียวอ่อน ผลแก่มีเขียวอ่อนค่อนข้างใส มีเส้นริ้ว ๆ ตามยาว สังเกตได้ 6 เส้น เนื้อผลรับประทานได้มีรสฝาดเปรี้ยว ขมและอมหวาน เปลือกหุ้มเมล็ดแข็งมี 6 เส้น เมล็ดมี 6 เมล็ด มะขามป้อมเป็นผลไม้ที่มีวิตามินซีสูงมากที่สุดในผลไม้ (สำนักพัฒนาการวิจัยการเกษตร , ม.ป.ป.)



ภาพที่ 2.5 มะขามป้อม

ที่มา : กระทรวงอุดมศึกษาวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (2566)

2.6.2 สายพันธุ์มะขามป้อม

พันธุ์ท้องถิ่น มะขามป้อมเป็นผลไม้ป่าท้องถิ่นไทยพบมากในพื้นที่ภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปัจจุบันเริ่มมีการปลูกมะขามป้อมเป็นการค้าในเขตท้องที่จังหวัด กาญจนบุรี ราชบุรี และประจวบคีรีขันธ์ แต่ยังมีพื้นที่ไม่มากนัก ซึ่งสายพันธุ์ที่ใช้ปลูกเป็นสายพันธุ์ ที่ผ่านการคัดเลือกจากเกษตรกร ซึ่งมักเป็นพันธุ์ที่มีขนาดผลใหญ่ เพื่อใช้จำหน่ายในรูปผลสดและเพื่อการแปรรูป มีการคัดเลือกพันธุ์หลายๆ ครั้ง จนได้ต้นและผลเป็นที่พอใจ จึงตั้งชื่อเอง อาจเป็นชื่อเจ้าของ แหล่งที่อยู่หรือตามลักษณะพิเศษ ศูนย์วิจัยพืชสวนตรังได้สำรวจและคัดเลือกสายพันธุ์ ต้นมะขามป้อมที่มีลักษณะเด่นจากแหล่งธรรมชาติและจากสวนเกษตรกร ระหว่างปี 2559-2560 รวม 10 จังหวัด คือ เชียงใหม่ แพร่ กาญจนบุรี ราชบุรี ชุมพร นครศรีธรรมราช กระบี่ สงขลา นราธิวาส และยะลา ซึ่งเป็นสายต้นที่ให้ผลผลิตแล้วและมีลักษณะเด่น รวม 27 สายพันธุ์ โดยเก็บส่วนของปลายกิ่งที่สมบูรณ์นำมาขยายพันธุ์เพิ่มโดยวิธีเสียบยอด เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ที่ดีได้ มาตรฐานตามหลักวิชาการ สำหรับเป็นพันธุ์แนะนำส่งเสริมปลูกเชิงการค้าในภาคใต้ พบว่า มะขามป้อมแต่ละสายพันธุ์มีการเจริญเติบโตดีที่อายุต้น 2.5 ปี หลังปลูกเริ่มออกดอกติดผล ซึ่งการให้ผลผลิต และคุณภาพมีความแตกต่างกัน โดยจำแนกพันธุ์ตามลักษณะขนาดน้ำหนักของผล ได้ 3 กลุ่มคือ กลุ่มผลขนาดใหญ่มี

น้ำหนักของผลสดมากกว่า 25 กรัม มี 10 พันธุ์ ขนาดกลางน้ำหนักผลระหว่าง 11-24 กรัม 10 พันธุ์ และกลุ่มผลขนาดเล็กมีน้ำหนักผลต่ำกว่า 10 กรัม 6 พันธุ์ และพันธุ์การค้า 1 พันธุ์ คือ แป้นสยาม (กรมวิชาการเกษตร , ม.ป.ป.)

2.6.3 สารสำคัญ

ผลของมะขามป้อมอุดมไปด้วยสารสำคัญ ต่างๆ มากมาย เช่น โพรตีน คาร์โบไฮเดรต ไฟเบอร์ และแร่ธาตุ อีกทั้งยังมีการรายงานว่ มะขามป้อมเป็นแหล่งที่อุดมไปด้วยวิตามินซี ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าน้ำส้มถึง 20 เท่า มะขามป้อมถูกนำมาใช้ในการรักษาโรคต่างๆมากมาย เช่น โรคเบาหวาน โรคหัวใจ รวมถึงโรคมะเร็ง ซึ่งจากการศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของมะขามป้อม พบว่า มะขามป้อมมีฤทธิ์ทางชีวภาพหลากหลาย เช่น ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ต้านการอักเสบ ฤทธิ์ต้านการเกิดแผล ฤทธิ์ปกป้องตับ ฤทธิ์ต้าน แบคทีเรีย ฤทธิ์ลดไข้ ฤทธิ์ต้านไวรัส รวมถึงฤทธิ์ ในการต้านมะเร็ง มะขามป้อม จัดเป็นพืชสมุนไพรที่ใช้ทางการแพทย์พื้นบ้านอายุรเวทของอินเดีย (สิริยญา ทายะ และคณะ, 2564) สารออกฤทธิ์สำคัญที่พบในมะขามป้อม สามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มต่างๆ ตาม โครงสร้างของสารดังนี้

2.6.3.1 แทนนิน (Tannins)

แทนนินเป็นสารในกลุ่มโพลีฟีนอลที่ละลายน้ำ และให้รสฝาดมีขนาดโมเลกุล ประมาณ 500-3,000 ดาลตัน ซึ่งหากอยู่รวมกับน้ำตาลอัลคาลอยด์ และโปรตีนจะทำให้ขนาดโมเลกุล ของแทนนินเพิ่มมากขึ้นจนถึง 20,000 ดาลตัน โดยส่วนใหญ่สารกลุ่มแทนนินมักพบในส่วนต่างๆ ของ พืชชั้นสูง เช่น เปลือก เนื้อไม้ ใบ ผล และราก เป็นต้น สารกลุ่มแทนนินแบ่งตาม โครงสร้างได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ ไฮโดรไลเซเบิล แทนนิน (Hydrolyzable tannins) และคอนเดนซ์แทนนิน (Condensed tannins) ซึ่งพืชแต่ละชนิดจะสร้างสารกลุ่มแทนนินได้แตกต่างกัน โดยพบว่า มะขามป้อมจะพบสารในกลุ่มไฮโดรไลเซเบิลแทนนิน เช่น กรดชิบูลินิก (Chebulinic acid) กรดชิบูลาจิก (Chebulagic acid) กรดแกลลิก (Gallic acid) กรดอัลลาจิก (Ellagic acid) เอมบลิคานิน เอ (Emblicanin A) เอมบลิคานิน บี (Emblicanin B) เพดังกูลาจิน (Pedunculagin) และพูนิกลูโคนิน (Punigluconin) เป็นต้น

2.6.3.2 ฟลาโวนอยด์ (Flavonoids)

ฟลาโวนอยด์เป็นสารในกลุ่มโพลีฟีนอล ซึ่งจัดเป็นสารเมแทบอไลต์ทุติยภูมิ (Secondary metabolite) ที่พบในพืช และผลไม้ ซึ่งสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่พบมาก ในมะขามป้อม ได้แก่ เควอซิทิน (Quercetin)

2.6.3.3 อัลคาลอยด์ (Alkaloids)

อัลคาลอยด์เป็นสารเมแทบอไลต์ทุติยภูมิ (Secondary metabolite) ที่พืชสร้างขึ้น จัดเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ และมีฤทธิ์เป็นด่าง ซึ่งสารกลุ่มอัลคา

ลอยด์ที่มีการรายงานในมะขามป้อม ได้แก่ ฟิลแลนทิน (Phyllantin) และฟิลแลนทีดิน (Phyllantidine) (Khan KH , 2009)

2.6.3.4 ฟีนอล (Phenols)

ฟีนอลเป็นสารประกอบที่พบในพืชหลายชนิด มีสูตรโครงสร้างทางเคมีเป็นวงแหวนที่มีอนุพันธ์ของวงแหวนเบนซีน และมีหมู่ไฮดรอกซิลอย่างน้อยหนึ่งหมู่ต่ออยู่ในมะขามป้อมพบสารประกอบฟีนอลหลายชนิดและมีรายงานฤทธิ์ ทางารแพทย์มากมาย ได้แก่ 1-O-(6'-O- β -Dapiofuranosyl)- β -D-glucopyranoside มีฤทธิ์ต้าน โรคเบาหวานและต้านเนื้องอก ellagic acid และ mucic acid 1,4-lactone 3-O-gallate มี ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ethyl gallate และmethyl gallate มีฤทธิ์ในการรักษาอาการไอ gallic acid มีฤทธิ์ใน การรักษาแผลเปื่อย นอกจากนี้ยังมี รายงานสารประกอบ L-malic acid 2-O-gallate, mucic acid 2-O-gallate และpyrogallol มีฤทธิ์ ในการต้านเซลล์มะเร็ง (Mao X , 2016)

2.6.4 สรรพคุณ

- ใบ : รสฝาดขม ใช้ต้มน้ำอาบลดไข้, ต้มดื่มเป็นยาแก้ตัวบวมน้ำ, ใบสดโขลกให้ละเอียด ใช้พอกหรือทาบริเวณที่เป็นแผลผื่นคัน มีน้ำหนองน้ำเหลือง และผิวหนังอักเสบ
- เปลือกต้น : รสฝาดขม เปลือกต้นแห้งบดเป็นผงละเอียดใช้โรยแก้บาดแผลเลือดออกแผลฟกช้ำ หรือนำมาต้มน้ำดื่มเป็นยาแก้โรคบิดสมานแผล
- ผลหรือลูก : รสเปรี้ยวฝาดขม ใช้ร่วมกับผลสมอไทย ผลสมอเทศ ผลสมอพิเภก แก้ไข้ แก้ลม แก้โรคตา บำรุงธาตุ
- ผลอ่อน : รสเปรี้ยวหวานฝาดขม บำรุงเนื้อหนังให้สมบูรณ์ กัดเสมหะในคอ
- ผลแก่ : รสเปรี้ยวฝาดขม ลดไข้ ขับปัสสาวะ แก้ไอ แก้เสมหะ ทำให้ชุ่มคอ ระบายท้อง บำรุงหัวใจ พอกโลหิต แก้ลม แก้ลักปิดลักเปิด
- ผลแห้ง : รสเปรี้ยวฝาดขม ชงน้ำร้อนดื่มแก้กระหายน้ำ แก้ไอ, ใช้หยอดตารักษาเยื่อตาอักเสบ บำรุงหัวใจ ระบายท้อง
- ดอก : รสหอมเย็น เข้าเครื่องยาเป็นยาเย็น และยาระบาย
- เมล็ด : เมล็ดสดหรือแห้งโขลกเป็นผงละเอียดชงกับน้ำร้อนดื่มเป็นยาแก้ไข้ แก้โรคตาต่างๆ โรคเกี่ยวกับน้ำดี โรคเบาหวาน โรคหลอดลมอักเสบ คลื่นไส้ อาเจียน
- เปลือกต้น : เป็นยาสมานแผล
- ราก : แก้ไข้ เป็นยาเย็น พอกโลหิต (สำนักพัฒนาการวิจัยการเกษตร, ม.ป.ป.)

2.6.5 คุณค่าทางโภชนาการของกระชาย

ตารางที่ 2.6 คุณค่าทางโภชนาการของมะขามป้อมน้ำหนัก 100 กรัม

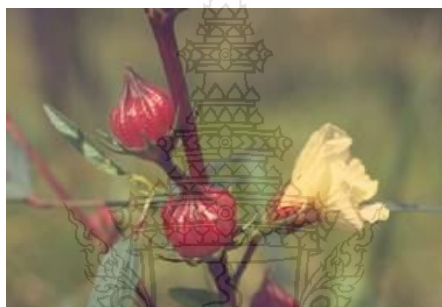
สารอาหาร	ปริมาณ
พลังงาน	58 kcal
น้ำ	84.9 g
โปรตีน	0.29 g
ไขมัน	0.22 g
คาร์โบไฮเดรต	13.40 g
ใยอาหาร	0.8 g
เกลือ	0.44 g
แคลเซียม	28 mg
ฟอสฟอรัส	13 mg
แมงกานีส	9 mg
โซเดียม	0 mg
โพแทสเซียม	202 mg
เหล็ก	0.50 mg
คอปเปอร์	0.06 mg
สังกะสี	0.12 mg
ไอโอดีน	3.50 µg
ไทอะมิน	0.02 mg
ไรโบฟลาวิน	0.10 mg
ไนอะซิน	3.05 mg
วิตามินซี	431 mg
วิตามินอี	0.03 mg

ที่มา : สำนักโภชนาการ กรมอนามัย (2018)

2.7 กระเจี๊ยบ

2.7.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

กระเจี๊ยบแดง มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Hibiscus sabdariffa* Linn. ชื่อในภาษาอังกฤษคือ Rozelle หรือ red sorrel เป็นพืชล้มลุกลักษณะเป็นพุ่มแตกกิ่งก้านสาขามาก สูงราว 1.2 ถึง 2.0 m (ยกเว้นบางสายพันธุ์) ลำต้นและกิ่งก้านสีม่วงแดง ผิวเกลี้ยงไม่มีขนหรือหนาม ใบเดี่ยวสีแดงอมเขียว ก้านใบแดง ขอบใบหยักเว้าลึก เป็น 3 แฉก ดอกเดี่ยวออกตามง่ามใบ กลีบดอกสีเหลืองอ่อนหรือชมพู กลางดอกสีแดงเข้ม ผลค่อนข้างกลมผิวเรียบ มีกลีบเลี้ยงหนาสีแดงหุ้มกลีบเลี้ยง มีรสเปรี้ยว กระเจี๊ยบแดง มีถิ่นกำเนิดดั้งเดิมแถบหมู่เกาะอินเดียตะวันตก และแพร่กระจาย ไปปลูกเขตร้อนทั่วโลก (เจนจบ, 2555)



ภาพที่ 2.6 กระเจี๊ยบแดง

ที่มา : โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช (2568)

2.7.2 สายพันธุ์กระเจี๊ยบ โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช (2568)

2.7.2.1 พันธุ์ชูดาน

เป็นกระเจี๊ยบพันธุ์แรกที่มีการปลูกในประเทศ โดยนำเข้ามาจากประเทศชูดาน ในปี พ.ศ. 2510 เป็นพันธุ์ที่ปลูกมากในต่างประเทศ รวมถึงในประเทศไทย โดยลำต้นกระเจี๊ยบมีลักษณะเป็นทรงพุ่มใหญ่ แตกกิ่งมาก แตกกิ่งมักไม่เป็นระเบียบ ดอกมีหลายสี เช่น สีเหลือง สีแดง มีกลีบเลี้ยงห่อหุ้มขนาดใหญ่ และให้รสเปรี้ยวจัด

2.7.2.2 พันธุ์บราซิล

เป็นพันธุ์ที่นำเข้ามาปลูกในประเทศไทยครั้งแรกเมื่อ พ.ศ. 2518 มีลักษณะลำต้นตรง แตกกิ่งมาก และเป็นระเบียบ แต่มีสี และรสเปรี้ยวที่น้อยกว่าพันธุ์ชูดาน แต่ให้จำนวนดอกดก และดอกใหญ่กว่า

2.7.2.3 พันธุ์เอส-2760

เป็นพันธุ์ที่มีถิ่นกำเนิดในประเทศชูดานเหมือนกับพันธุ์ชูดาน แต่นำเข้ามาจากสหรัฐอเมริกา เนื่องจากเป็นพันธุ์ที่พัฒนาและปลูกในประเทศสหรัฐอเมริกา ต้นอ่อนมีสีเขียว

เมื่อต้นเต็มวัยจะมีลำต้น และกิ่งเป็นสีแดง ลำต้นไม่มีหนามหรือขน มีลักษณะใบกลมใหญ่ ปลายใบแยกเป็นแฉก 3-5 แฉก ดอกมีสีเหลืองหรือชมพู กลีบเลี้ยงใหญ่ อวบน้ำ สีแดงสด มีลักษณะดอกโดยรวมคล้ายพันธุ์บราซิล และให้รสเปรี้ยวใกล้เคียงกัน แต่ดอกมีขนาดใหญ่กว่า

2.7.2.4 พันธุ์เอส 60-M35

ลำต้นอ่อนมีสีเขียว ปลายยอดมีสีแดง เมื่อต้นโตลำต้นทุกส่วนเปลี่ยนเป็นสีแดง ลำต้นไม่มีหนามหรือขน มีข้อกิ่งสั้น ใบมีแฉก ลักษณะใบหนา กลีบเลี้ยงสีแดงคล้ายพันธุ์เอส-2760 แต่เตี้ยโต และให้ฝักยาวกว่า ให้ความเปรี้ยวใกล้เคียงกับพันธุ์บราซิล พันธุ์นี้มีอายุการออกดอกและเก็บเกี่ยวช้ากว่าทุกๆ พันธุ์

2.7.3 สรรพคุณ

สรรพคุณของกระเจี๊ยบแดง กระเจี๊ยบแดงสามารถบริโภคได้ทั้งใบและกลีบเลี้ยง ใบมีรสเปรี้ยว นำมาประกอบอาหารได้ ช่วยย่อยอาหาร ทำให้เลือดไหลเวียนสะดวก เป็นยาระบาย บำรุงธาตุ ละลายเสมหะลดไข้ แก้ไอ มีเบต้าแคโรทีน ช่วยบำรุงสายตา กลีบเลี้ยง มีสรรพคุณ แก่ความดันโลหิตสูง ขับปัสสาวะ เป็นยาบำรุง ยาระบาย แก้ไอ แก่นิ้ว อุดมไปด้วยวิตามิน A และ C ช่วยบำรุงสายตา แคลเซียม เหล็ก riboflavin niacin sabdaretine และสารแอนโทไซยานิน ช่วยลดโอกาสการเกิดมะเร็งและยับยั้งเนื้องอก สามารถช่วยส่งเสริมการทำงานของเม็ดเลือดแดง ช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในผู้ป่วยโรคเบาหวาน ช่วยชะลอการอุดตันในหลอดเลือด เลือด ลดภาวะเสี่ยงในการเป็นโรคหัวใจ เสริมภูมิคุ้มกันในร่างกายให้ดีขึ้น และชะลอความเสื่อมของเซลล์ (อติศักดิ์ การพึ่งตน, 2564)

2.7.4 ประโยชน์จากส่วนต่างๆของกระเจี๊ยบ

2.7.4.1 ยอดและใบ กินสดช่วยย่อยอาหาร ละลายเสมหะ ขับปัสสาวะ เป็นยาบำรุงธาตุและยาระบาย พอกฝี ลดไข้ แก้ไอ แก่นิ้ว แก้กระหายน้ำ ลดไขมันในเลือด บำรุงเลือด บำรุงธาตุ ขับน้ำดี ขับปัสสาวะ เป็นยาระบาย ยอดและใบอ่อน มีรสเปรี้ยว นำมาแกงส้มได้ ใช้กินเป็นผักสด

2.7.4.2 กลีบเลี้ยง สามารถนำมาปรุงเครื่องดื่ม ทำเป็นผลไม้กวน เหล้า เยลลี่ ผสมเป็นน้ำหวาน ทำให้สดชื่น แก้ไอ ลดไข้ ลดความดันโลหิตสูง ลดไขมันในหลอดเลือด ขับน้ำดี

2.7.4.3 เมล็ด เป็นยาระบาย กระตุ้นความรู้สึกทางเพศ เป็นยาขับปัสสาวะ

2.7.4.4 ผล เป็นยาฝาดสมาน

2.7.5 ข้อมูลทางด้านโภชนาการ (กลีบดอกกระเจี๊ยบ 100 ml)

ตารางที่ 2.7 ปริมาณสารอาหารและพลังงานที่ได้รับจากกระเจี๊ยบ

สารอาหาร	จำนวนพลังงานที่ได้รับ (Kcal/g)
พลังงาน	49 Kcal
คาร์โบไฮเดรต	11.31 g
ไขมัน	0.64 g
โปรตีน	0.96 g

ตารางที่ 2.8 วิตามิน แร่ธาตุที่พบในกระเจี๊ยบ

วิตามิน/แร่ธาตุ	มิลลิกรัม
วิตามินเอ	14 µg
วิตามินบี 1	0.011 mg
วิตามินบี 2	0.028 mg
วิตามินบี 3	0.31 mg
วิตามินซี	12 mg
แคลเซียม	215 mg
ธาตุเหล็ก	1.48 mg
แมกนีเซียม	51 mg
ฟอสฟอรัส	37 mg
โพแทสเซียม	208 mg
โซเดียม	6 mg

2.7.6 ข้อควรระวัง

2.3.6.1 การใช้กระเจี๊ยบแดงอาจทำให้เกิดอาการท้องเสียได้ เนื่องจากมีฤทธิ์เป็นยาระบาย

2.3.6.2 เพศชาย ควรหลีกเลี่ยงการกินกระเจี๊ยบแดงติดต่อกันเป็นเวลานาน เนื่องจากผลการศึกษา ในสัตว์ทดลองพบว่า ทำให้เกิดพิษต่อเซลล์ของอวัยวะและตัวอสุจิได้ส่วนในสตรีมีครรภ์ และสตรีให้นมบุตร ก็ควรหลีกเลี่ยงเช่นกันเพราะมีผลการศึกษาในหนูทดลองพบว่าอาจทำให้ลูกหนูเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ช้าลง

2.3.6.3 จากการศึกษาทางพิษวิทยา พบว่าหากรับประทานกระเจี๊ยบแดงในขนาดที่สูงและเป็นเวลานานอาจทำให้เป็นพิษต่อตับได้

2.3.6.4 ผู้ที่มีสภาวะการทำงานของไตบกพร่อง ไม่ควรรับประทานกระเจี๊ยบแดงหรือผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของกระเจี๊ยบแดง

2.8 สารต้านอนุมูลอิสระในพืช

สารต้านอนุมูลอิสระที่พบในพืชมีบทบาทสำคัญในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันและลดการสะสมของอนุมูลอิสระในร่างกาย (Lobo et al., 2010) พืชถือเป็นแหล่งสำคัญของสารประกอบต้านอนุมูลอิสระโดยเฉพาะกลุ่ม วิตามิน ฟีนอลิก แคโรทีนอยด์ และฟลาโวนอยด์ ซึ่งแต่ละชนิดมีโครงสร้างและกลไกการทำงานแตกต่างกัน ดังนี้

1. วิตามิน – วิตามินซี (ascorbic acid) และวิตามินอี (α -tocopherol) ทำหน้าที่เป็น chain-breaking antioxidants โดยลดการเกิดปฏิกิริยาอนุมูลอิสระในกระบวนการ lipid peroxidation (Pisoschi & Pop, 2015)
2. สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) – เช่น กรดเฟรุลิก กรดแกลลิก และกรดคาเฟอิก พบมากในธัญพืช ผลไม้ และพืชสมุนไพร มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ต้านการอักเสบ (Pandey & Rizvi, 2009)
3. ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) – พบในผักและผลไม้ เช่น เควอซีทิน (quercetin), แคทีชิน (catechins) และแอนโทไซยานิน (anthocyanins) มีฤทธิ์ในการกำจัดอนุมูลอิสระและป้องกันความเสียหายของ DNA (Middleton, Kandaswami, & Theoharides, 2000)
4. แคโรทีนอยด์ (carotenoids) – เช่น เบต้าแคโรทีน ไลโคปีน และลูทีน ซึ่งมีคุณสมบัติลดความเสียหายจาก singlet oxygen และลดความเสี่ยงการเกิดโรคหัวใจและมะเร็ง (Krinsky & Johnson, 2005)

มีงานวิจัยจำนวนมากที่ศึกษาบทบาทของสารต้านอนุมูลอิสระจากพืชต่อสุขภาพและคุณสมบัติทางชีวภาพ ตัวอย่างเช่น

- ผลไม้และผักทั่วไป: งานของ Liu (2013) รายงานว่าผลไม้และผักหลากหลายชนิด เช่น เบอร์รี่ องุ่น แอปเปิ้ล และผักใบเขียว อุดมด้วยสารโพลีฟีนอลและฟลาโวนอยด์ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง และสัมพันธ์กับการลดความเสี่ยงโรคหัวใจและมะเร็ง
- สมุนไพรและเครื่องเทศ: Shahidi & Ambigaipalan (2015) พบว่าสมุนไพรและเครื่องเทศ เช่น ขมิ้นชัน ขิง และอบเชย มีปริมาณสารฟีนอลิกสูงและมีศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระอย่างมีนัยสำคัญ

- พืชท้องถิ่นในเอเชีย: งานวิจัยของ Sutharut และ Sudarat (2012) ศึกษาพืชผักพื้นบ้านของไทยและพบว่าพืชในวงศ์ขิงข่าและผักชีม่วง เช่น มะเขือม่วงและโหระพา มีความสามารถต้านอนุมูลอิสระสูงจากสารแอนโทไซยานิน
- เมล็ดธัญพืชและพืชตระกูลถั่ว: Xu, Yuan, Chang, และ Yin (2007) รายงานว่าถั่วเหลืองและถั่วดำมีสารไอโซฟลาโวน (isoflavones) และโปรแอนโทไซยานิดิน (proanthocyanidins) ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และอาจช่วยลดความเสี่ยงโรคมะเร็งเต้านมและโรคหัวใจ
- การพัฒนาอาหารฟังก์ชัน: งานของ Sun-Waterhouse (2011) ระบุว่าให้นำสารสกัดจากพืชที่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูงมาใช้ในการพัฒนาอาหารฟังก์ชัน เช่น เครื่องดื่ม ช็อกโกแลต และโยเกิร์ต สามารถเพิ่มคุณค่าเชิงสุขภาพและตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคได้อย่างดี

2.9 แอนโทไซยานิน

สารแอนโทไซยานิน เป็นกลุ่มของรงควัตถุที่มีสีแดงไปจนถึงสีม่วงหรือสีน้ำเงิน จัดอยู่ในกลุ่มของรงควัตถุพลาโวนอยด์ พบในแวคิวโอลของพืช ทำให้เกิดสีแดง ชมพู ม่วง และสีน้ำเงินในส่วนต่างๆ ของผล ดอก ลำต้น และใบพืช แอนโทไซยานินสามารถละลายน้ำได้แต่ไม่ละลายในตัวทำละลายประเภท non-hydroxyl เช่น acetone, chloroform และ ether มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างไปตามค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญคือ flavan nucleus ซึ่งประกอบไปด้วย 3 ring คือ ring A, ring B และ ring C (ภาพที่ 2.4) โดยแอนโทไซยานินเป็นไกลโคไซด์ที่มีหมู่น้ำตาล monosaccharide ได้แก่ glucose, rhamnose, galactose หรือ arabinose หรือพวก disaccharide หรือ trisaccharide มาเกาะที่ตำแหน่งที่ 3 ของ ring C (ภาพที่ 2.4) หรือบางครั้ง อาจเป็นที่ตำแหน่งอื่น แอนโทไซยานินที่ไม่มีหมู่ น้ำตาลมาเกาะเรียกว่า แอนโทไซยานิน ซึ่งน้ำตาลในโมเลกุลของสารแอนโทไซยานินนั้นมีส่วนช่วยให้สารแอนโทไซยานินสามารถคงตัวได้ดี

แอนโทไซยานินสามารถแบ่งออกได้หลายชนิด ตามชนิดของ side chain ของ ring โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของตำแหน่ง ring B ซึ่งจะมี functional group ชนิดต่าง ๆ มาเกาะทำให้แอนโทไซยานิน กลุ่มต่างๆ โดยสีของแอนโทไซยานินมีความแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดและจำนวนของ functional group เช่น hydroxyl หรือ methoxyl ภายในโครงสร้างโมเลกุลตำแหน่งของน้ำตาลที่เกาะกับโครงสร้างของแอนโทไซยานิดิน ซึ่งบริเวณ ring B มักมีหมู่ต่างๆ เข้าเกาะจับแทนที่ในตำแหน่งต่างๆ ทำให้เกิดชนิดและสีของแอนโทไซยานินที่แตกต่างกันไป (ตารางที่ 2.5)

การสลายตัวของแอนโทไซยานิน เกิดจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของแอนโทไซยานิน เนื่องจากปัจจัยหลายประการทั้งปัจจัยภายนอกและปัจจัยภายในที่เข้ามาเกี่ยวข้อง และในบางปัจจัยก็มีความสัมพันธ์กันด้วย ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อรงควัตถุของแอนโทไซยานินที่อยู่ในผักและผลไม้ ถูกทำลายได้ง่าย ได้แก่ โครงสร้าง pH การใช้อุณหภูมิสูง แสง ความเข้มข้นของน้ำตาลสูง เอนไซม์

และภาวะที่มีออกซิเจน จะมีผลเร่งอัตราเร็วของการสลายตัวของแอนโทไซยานินเกิดได้เร็วขึ้น ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีผลกระทบต่อการสังเคราะห์และการสลายตัวของแอนโทไซยานินมีผลกระทบต่อการคงตัวของแอนโทไซยานิน ทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินและความเข้มของสีที่ปรากฏเปลี่ยนแปลงไป

ตารางที่ 2.9 หมู่ต่างๆ ที่เข้าแทนที่ในโครงสร้างหลักของแอนโทไซยานินที่ตำแหน่งต่างๆ มีผลให้เกิดสีที่แตกต่างกัน

แอนโทไซยานิน	ตำแหน่งหมู่ต่างๆในโครงสร้างแอนโทไซยานิน							สี
	3	5	6	7	3'	4'	5'	
Apigeninidin	H	OH	H	H	H	OH	H	ส้ม
Aurantidin	OH	OH	OH	OH	H	OH	H	ส้ม
Capensinidin	OH	OMe	H	OH	OMe	OH	OMe	น้ำเงิน-แดง
Cyanidin	OH	OH	H	OH	OH	OH	H	ส้ม -แดง
Delphinidin	OH	OH	H	OH	OH	OH	OH	น้ำเงิน-แดง
Europinidin	OH	OMe	H	OH	OMe	OH	OH	น้ำเงิน-แดง
Hirsutidin	OH	OH	H	OMe	OMe	OH	OMe	น้ำเงิน-แดง
6-Hydroxycyanidin	OH	OH	OH	OH	OH	H		แดง
Luteolinidin	H	OH	H	OH	OH	OH	H	ส้ม
Malvidin	OH	OH	H	OH	OMe	OMe	OMe	น้ำเงิน-แดง
5-methylcyanidin	OH	OMe	H	OH	OH	H		ส้ม -แดง
Pelargonidin	OH	OH	H	OH	H	OH	H	ส้ม
Peonidin	OH	OH	H	OH	OMe	OH	H	ส้ม -แดง
Petunidin	OH	OH	H	OH	OMe	OH	OH	น้ำเงิน-แดง
Pulchellidin	OH	OMe	H	OH	OH	OH	H	น้ำเงิน-แดง
Rosinidin	OH	OH	H	OMe	OMe	OH	H	แดง
Tricetinidin	H	OH	H	OH	OH	OH	OH	แดง

ที่มา: จิราวรรณ ถูกจิตร์ (2554)

การสลายตัวของแอนโทไซยานิน ขึ้นอยู่กับ

2.9.1 โครงสร้าง

ความคงตัวของแอนโทไซยานินขึ้นอยู่กับธรรมชาติและจำนวนของน้ำตาลที่ใกล้กับฟลาโวลีเนียมไอออน และจำนวนของกรดที่เชื่อมต่อกับไกลโคซิลิก รวมทั้งเกี่ยวข้องกับจำนวนและตำแหน่ง

ในการแทนที่ฟลาโวลีเนียมไอออนของไฮดรอกซิลและเมทอกซิล เช่น 3-deoxy anthocyanins ที่มีสีเหลืองเนื่องจากการดีไฮดรอกซีเลชันของคาร์บอนตำแหน่งที่ 3 ทำให้มีความเสถียรมากกว่า 3-hydroxy anthocyanins ที่มีสีแดงและมีความเสถียรต่ำอย่างมาก (Mercadante and Bobbio, 2008) และหากโครงสร้างในส่วนของวงแหวนฟีนอลมีจำนวนหมู่ไฮดรอกซิล หรือหมู่เมทอกซิลเพิ่มขึ้นจะมีผลต่อแอนโทไซยานิน เช่น การเพิ่มหมู่ไฮดรอกซิลให้มากขึ้นจะทำให้มีสีเข้มขึ้น และสีจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินมากขึ้น และการเพิ่มหมู่เมทอกซิลแทนที่หมู่ไฮดรอกซิลที่ตำแหน่ง 3' และ 5' จะทำให้มีสีแดงเพิ่มขึ้น

2.9.2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

โครงสร้างของแอนโทไซยานินจะเปลี่ยนแปลงไปเมื่อค่าความกรด-ด่าง (pH) เปลี่ยนไป มีการเปลี่ยนแปลงได้ 4 รูปแบบ เมื่อ pH สูงขึ้นจาก 3 เป็น 7 แอนโทไซยานินเปลี่ยนจากคาร์บอเนียม สีแดง ซึ่งมีสีแดงในสารละลายที่เป็นกรดไปเป็น colorless pseudo base ซึ่งไม่มีสีในสารละลายเป็นกลาง เนื่องจาก conjugated bond หายไปสารละลายที่มีสมบัติเป็นเบสอ่อน pH ประมาณ 9 แอนโทไซยานินจะมีสีม่วงเข้มเกือบคล้ำ และที่ pH ที่มากกว่าหรือเท่ากับ 11 แอนโทไซยานินมีโครงสร้างเป็นแบบ blue quinoidal ซึ่งมีสีน้ำเงิน (ภาพที่ 2.6) และถ้า pH เป็นต่างมากเกินไปจะทำให้แอนโทไซยานินเสียโครงสร้างได้ง่าย

2.9.3 อุณหภูมิ (Temperature) อุณหภูมิสูงขึ้นจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของแอนโทไซยานิน โดยมีการเปลี่ยนโครงสร้างสีจาก red carbonium ไปเป็น colorless pseudo base และ colorless chalcone ตามลำดับ การเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้สมดุลของปฏิกิริยาเปลี่ยนไปทาง colorless chalcone มากขึ้น (จิรวรรณ ถุกจิตร, 2554)

2.9.4 แสง การสลายตัวของแอนโทไซยานินจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการสัมผัสกับแสง โดยกลไกการสลายตัวของแอนโทไซยานินจะเกิดขึ้นจากเมื่อแอนโทไซยานินนั้นได้สัมผัสกับแสงทำให้ไอออนเข้าไปแทนที่ หมู่ไฮดรอกซิลของคาร์บอนตำแหน่งที่ 5 ในโมเลกุลแอนโทไซยานินทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของแอนโทไซยานิน และเป็นตัวเร่งให้เกิดการสลายตัวของสารแอนโทไซยานินจากความร้อน (ยุพาพร, 2547)

2.9.5 เอนไซม์ แอนโทไซยานินจะถูกทำลายลงอย่างรวดเร็วในระบบ anthocyanin-PPO-phenol โดยเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส และถูกทำลายในระบบ POD-H₂O₂-anthocyanin-guaiacol โดยเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส ซึ่งเอนไซม์ทั้งสองชนิดไม่สามารถออกซิไดส์แอนโทไซยานินได้โดยตรง แต่เกิดโดยเอนไซม์ anthocyanase ซึ่งมีโครงสร้างคล้ายกับ catechol สามารถเป็นสับสเตรทของเอนไซม์ทั้งสองนี้และเกิดสารสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นได้

2.9.6 น้ำตาล เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของแอนโทไซยานินมีทั้ง โมโนแซคคาไรด์ไดแซคคาไรด์ และไตรแซคคาไรด์ การสังเคราะห์แอนโทไซยานินในพืชจำเป็นต้องอาศัยน้ำตาลอิสระ เป็น

สารตั้งต้นโดยพบว่าปริมาณน้ำตาลและแอนโทไซยานินมีความสัมพันธ์กันอย่างชัดเจนทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำตาลและชนิดพืช

2.9.7 ออกซิเจน แอนโทไซยานินมีแนวโน้มส่งเสริมการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณของก๊าซออกซิเจนเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อัตราของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันยังขึ้นอยู่กับ pH ของสารละลายในผลิตภัณฑ์อาหาร ค่าของอุณหภูมิ และค่าความเข้มข้นของแอนโทไซยานิน แต่อัตราการออกซิไดส์ช้าลงเมื่ออยู่ในสภาวะของเหลว การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของแอนโทไซยานินโดย hydrogen peroxide ทำให้พันธะคู่สลับกับพันธะเดี่ยว ของ pyrylium ring หายไป ส่งผลให้แอนโทไซยานิน ไม่มีสีและเกิดอนุพันธ์ของ coumarin (จจิราวรรณ ถูกจิตร์, 2554)

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เบญจมาศ เขียรศิลป์ และคณะ (2568) ศึกษาการผลิตคีเฟอร์เกรน โดยการหมักคีเฟอร์จะทำให้เชื้อแบคทีเรียแลคติกในก้อนเชื้อผลิตสารเมือกเหนียวที่เรียกว่าคีเฟอร์ริน จากการศึกษากการผลิตคีเฟอร์รินโดยการหมักคีเฟอร์เกรนสองแบบ คือ คีเฟอร์เกรนน้ำที่เลี้ยงด้วยน้ำมะพร้าวและคีเฟอร์เกรนนมที่เลี้ยงด้วยนมสด พบว่าคีเฟอร์เกรนนมมีความสามารถในการผลิตคีเฟอร์รินและกรดแลคติกได้มากกว่าคีเฟอร์เกรนน้ำมะพร้าว ในขณะที่คีเฟอร์น้ำมะพร้าวให้การผลิตเอทานอลสูงกว่า และพบว่าการหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ทำให้คีเฟอร์เกรนน้ำมะพร้าวผลิตคีเฟอร์ริน กรดแลคติก และเอทานอลสูงกว่าการหมักที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ในขณะที่คีเฟอร์เกรนนมให้การผลิตคีเฟอร์รินและกรดแลคติกใกล้เคียงกันทั้งที่อุณหภูมิ 30 และ 37 องศาเซลเซียส แต่ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ให้การผลิตเอทานอลสูงกว่าที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส และพบว่าปริมาณหัวเชื้อคีเฟอร์เกรนนมเริ่มต้นที่ร้อยละ 1 โดยน้ำหนักคีเฟอร์เกรนเปียกต่อปริมาตรนม และการหมักแบบไม่เขย่า ให้การผลิตคีเฟอร์รินได้สูงสุดเท่ากับ 73.63 มิลลิกรัมต่อปริมาตรนม 120 มิลลิลิตร ซึ่งสภาวะที่เหมาะสมที่ได้จากการศึกษานี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการผลิตคีเฟอร์รินโดยการหมักคีเฟอร์ได้

รุ่งนภา โจระสา และอัมรินทร์ คำนุ (2563) ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์น้ำหมักคีเฟอร์จากน้ำมะพร้าวในสูตรที่มีน้ำตาลทรายขาวร้อยละ 18 ระยะเวลาที่บ่ม 21 ชั่วโมง มีค่าสี ความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) เท่ากับ 78.94 ± 0.08 , -0.29 ± 0.04 และ 5.19 ± 0.10 ตามลำดับ จะพบได้ว่า สีของคีเฟอร์จากน้ำมะพร้าว มีสีขาวขุ่น คุณภาพทางเคมี มีค่า pH เท่ากับ 3.89 ± 0.01 ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้ เท่ากับ 14.00 ± 0.10 องศาบริกซ์ และปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 0.73 ± 0.06 ค่าปริมาณกรดทั้งหมดร้อยละ 6.97 ± 0.38 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 3.0×10^7 CFU/g. ปริมาณยีสต์ 4.8×10^5 CFU/g. และแบคทีเรียโคลิฟอร์ม น้อยกว่า 3 MPN/100ml. เป็นไปตามมาตรฐานของ กระทรวงสาธารณสุข

การผลิตคีเฟอร์จากนํ้านมถั่วเหลืองแทนนํ้านมวัว มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีในการทำนมหมักคีเฟอร์ ศึกษาสูตรและกรรมวิธีการทำคีเฟอร์จากนํ้านมถั่วเหลือง โดยการศึกษาวิธีในการทำนมหมักคีเฟอร์ที่เหมาะสมพบว่าระยะเวลาที่เหมาะสมในการทำนมหมักคีเฟอร์ที่ 21 ชั่วโมง ความเข้มข้นของนํ้านมถั่วเหลืองที่เหมาะสม คือ ถั่วเหลืองที่มีความเข้มข้น 10% คุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบ ได้แก่ อัตราส่วนนํ้าตาล 10% โดย ค่าสี L* (ความสว่าง) a* (สีแดง) และ b* (สีเหลือง) เท่ากับ 84.70 ± 0.02 , -0.43 ± 0.01 และ 12.30 ± 0.01 ตามลำดับ ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) เท่ากับ 4.39 ± 0.05 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในนํ้าเท่ากับ 13.00 ± 0.50 องศาบริกซ์ค่ากรดแลกติก เท่ากับ $0.61 \pm 0.09\%$ และค่าแอลกอฮอล์ เท่ากับ $1.43 \pm 0.15\%$ ปริมาณโปรตีนไขมัน และความชื้น เท่ากับ $3.26 \pm 0.08\%$, $0.43 \pm 0.02\%$ และ $83.53 \pm 2.66\%$ ตามลำดับ ปริมาณแบคทีเรียแลกติก เท่ากับ 6.8×10^7 CFU/g. ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด เท่ากับ 1.4×10^8 CFU/g. ปริมาณยีสต์ รา เท่ากับ 1.2×10^7 CFU/g. และปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์มน้อยกว่า 3 MPN/100ml. (กฤษดา และอภิสิทธิ์, 2562)

การศึกษาลผลของการใช้โพรไบโอติกคีเฟอร์นมถั่วเหลืองเป็นอาหารเสริมต่อการเจริญเติบโตและความต้านทานต่อเชื้อก่อโรค *Aeromonas hydrophila* ในกบนา (*Rana rugarosa*) พบว่า การใช้คีเฟอร์เสริมในกบ ระยะลูกอ๊อดจนถึงระยะตัวเต็มวัยขนาดเล็กเป็นเวลา 60 วัน กลุ่ม T1 (Control) T2 (คีเฟอร์ 10%) และ T3 (คีเฟอร์ 20%) มีอัตราการรอดคิดเป็นร้อยละ 64 ± 1.45 , 67 ± 2.40 และ 71 ± 1.76 ตามลำดับ ค่าไมโคร นิวเคลียสและนิวเคลียสแอนโนมัลลิตีวัดได้ $8.9 \pm 6.78\%$, $0.66 \pm 1.96\%$ และ $6.17 \pm 4.81\%$ ตามลำดับ อัตราการรอดของกบหลังทดสอบการต้านทานต่อเชื้อ *A. hydrophila* มีค่าเป็น $50 \pm 6.67\%$, $40 \pm 8.82\%$ และ $70 \pm 5.77\%$ ตามลำดับ เมื่อใช้คีเฟอร์เสริมในกบอายุ 6 เดือนเป็นเวลา 60 วัน พบว่า กลุ่ม T1 (Control) และกลุ่ม T2 (คีเฟอร์ 7.5%) มีอัตราการรอด 100% ทั้งสองกลุ่ม อัตราการเจริญของกลุ่ม T1 กบเพศเมียและเพศผู้วัดได้ 1.46 ± 0.09 และ 0.88 ± 0.02 กรัมต่อวัน กลุ่ม T2 กบเพศเมียและเพศผู้ เป็น 1.92 ± 0.10 และ 1.14 ± 0.05 กรัมต่อวัน ตามลำดับ ค่าไมโครนิวเคลียสและนิวเคลียสแอนโนมัลลิตีของกลุ่ม T1 และ T2 วัดได้ $0.55 \pm 0.11\%$ และ $0.60 \pm 0.07\%$ ตามลำดับ การตอบสนองทางภูมิคุ้มกันของกบด้วยวิธี Microtiter plate agglutination technique พบว่า กลุ่ม T2 มีระดับแอนติบอดีไโตเตอร์เท่ากับ 4 ในขณะที่กลุ่ม T1 ไม่พบการเกิดปฏิกิริยาการตกตะกอนที่ทุกระดับความเจือจางของเซรัม ดังนั้นการใช้คีเฟอร์นมถั่วเหลือง 20% เป็น อาหารเสริมโพรไบโอติกสามารถเพิ่มอัตราการรอดในกบในระยะลูกอ๊อดและที่คีเฟอร์นมถั่วเหลือง 7.5% ส่งเสริมการตอบสนองทางภูมิคุ้มกันในกบในระยะตัวเต็มวัย (วาริรัตน์ และเกศินี, 2561)

ปัจจุบันได้มีการนำวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโอมิกส์ (omics sciences and technology) ได้แก่ จีโนมิกส์ (genomics) ทรานสคริปโตมิกส์ (transcriptomics) โปรตีโอมิกส์ (proteomics)

และเมตาโบลอมิกส์ (metabolomics) มาประยุกต์ใช้ในการศึกษาวิจัยทางด้านการเกษตรและอาหาร (foodomics) รวมทั้งการศึกษาด้านจุลชีววิทยาของ ผลิตภัณฑ์อาหารหมัก (fermented food) ในบทความวิชาการนี้จึงขอเสนอรูปแบบของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดังกล่าว เพื่อศึกษาองค์ประกอบและพลวัตของประชากรจุลินทรีย์และชีวโมเลกุลในผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวคีเฟอร์ ซึ่งเป็น ผลผลิตจากกิจกรรมทางเมตาบอลิซึมของจุลินทรีย์กล้าเชื้อผสม (mixed culture fermentation) ระหว่างแบคทีเรีย กรดแลคติก แบคทีเรียกรดอะซิติก และยีสต์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดความเข้าใจในลักษณะแบบองค์รวม (holistic approach) ครอบคลุมตั้งแต่ระดับโครงสร้างของสารพันธุกรรมและหน้าที่ของยีนทั้งหมดในจีโนม การแสดงออกของยีน และการสังเคราะห์โปรตีนเพื่อตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อมและความเครียดจากปัจจัยต่างๆ ใน ระหว่างกระบวนการหมัก ปฏิสัมพันธ์ระหว่างประชากรจุลินทรีย์ที่อยู่ร่วมในระบบอาหารเดียวกัน รวมทั้งกิจกรรมทางเมตาบอลิซึมเพื่อย่อยสลายสารอาหารที่เป็นองค์ประกอบในน้ำนมและการสังเคราะห์สารเมตาบอไลต์ที่ส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี คุณภาพทางประสาทสัมผัส คุณค่าทางโภชนาการ สมบัติเชิงหน้าที่ และความปลอดภัยของ ผลิตภัณฑ์ ซึ่งก่อให้เกิดการพัฒนาองค์ความรู้ใหม่ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารในยุคหลังการสำรวจจีโนม หรือ “Post Genomic Era” ที่จำเป็นต้องอาศัยการบูรณาการของนักวิจัยที่มีความเชี่ยวชาญระหว่างศาสตร์ใน หลากหลายสาขาเข้าด้วยกัน (ศานต์ และ อัญชิสา, 2561)

Moretti et al. (2022) การหมักสามารถเกิดขึ้นได้ที่อุณหภูมิ 20 ถึง 37 องศาเซลเซียส อุณหภูมิ ที่เหมาะสมคือ 20 ถึง 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ถึง 72 ชั่วโมง โดยใช้ซูโครสร้อยละ 6 ถึง 10 และเมล็ดคีเฟอร์ร้อยละ 6 ถึง 30 เครื่องดื่มคีเฟอร์หมักจะถูกเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และพร้อมรับประทานอายุการเก็บรักษายังไม่ได้กำหนดไว้อย่างชัดเจน เนื่องจากยังคงมีขั้นตอนอีกยาวไกลเกี่ยวกับการควบคุมอาหาร จึงจำเป็นต้องกำหนดพารามิเตอร์คุณภาพหลายประการสำหรับการขยายขนาดของผลิตภัณฑ์ มีการรายงานทางวิทยาศาสตร์ที่ระบุว่าเมล็ดคีเฟอร์น้ำถูกนำมาใช้ในการหมักสารตั้งต้นทางเลือกเพิ่มขึ้นในช่วงที่ผ่านมาเพิ่มขึ้น เช่น แครอท, ยี่หระ, แดงโมห้วหอม, มะเขือเทศ, สตอเบอร์รี่, ฟักทอง, สารสกัดจากมะพร้าว, เวย์ ถั่วเหลือง, ผลมะกอกรัสเซีย, แอปเปิล, แก้วมังกรแดง, เซอร์รีคอร์เนเลียน, ฮอว์ธอร์น, พลัมแดง, โรสฮิป, ทับทิม, และหัวบีท ดังนั้นน้ำคีเฟอร์สามารถผลิตได้โดยการเติมสารตั้งต้นที่แตกต่างกันมากมาย เนื่องจากเมล็ดคีเฟอร์มีความสามารถในการปรับตัวเข้ากับสารตั้งต้นอาหารที่แตกต่างกันได้สูง

Bueno et al. (2021) การประเมินอายุการเก็บรักษาของเครื่องดื่มไม่มีแอลกอฮอล์สองสูตรที่หมักด้วยคีเฟอร์ น้ำโดยใช้ แก้วมังกรแดงและเนื้อแอปเปิลเป็นสารตั้งต้น เครื่องดื่มถูกเก็บไว้ที่ 7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วันโดยทำการวิเคราะห์ทุกๆ 7 วัน ยีสต์และแบคทีเรียที่ระบุได้ร้อยละสูงสุดคือ *Brettanomyces bruxellensis* และ *Liquorilactobacillus satsumensis* หลังจากเก็บ

ไว้ 28 วัน แก้วมังกรและเครื่องดื่มหมัก แก้วมังกรและแอปเปิล มีค่า pH ลดลงร้อยละ 9.15 และ 5.25 ความเป็นกรดเพิ่มขึ้น 2.7 และ 1.8 เท่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดลดลงร้อยละ 6.27 และ 5.25 และปริมาณแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้น 2.5 และ 1.9 เท่าตามลำดับ พบว่าฤทธิ์ทางชีวภาพของเครื่องดื่ม ลดลงระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษา เครื่องดื่มหมักที่ศึกษามีศักยภาพในการทำงาน ดังนั้นควร บริโภคผลิตภัณฑ์เหล่านี้ใน 7 วันแรกเนื่องจากสามารถเก็บรักษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้ดีขึ้นและมีระดับความเป็นกรดและแอลกอฮอล์ที่ต่ำกว่า

ตารางที่ 2.10 ตารางสรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคีเฟอร์

ผู้วิจัย/ปี	ชื่อเรื่อง	วิธีการและผลการวิจัย	จุลินทรีย์	ข้อเสนอแนะ
Gulitz et al., 2011	Diversity of lactic acid bacteria and yeasts in water kefir	ศึกษาความหลากหลายของแบคทีเรียกรดแลคติกและยีสต์ในคีเฟอร์น้ำ ด้วยเทคนิคการเพาะเชื้อและโมเลกุล พบจุลินทรีย์หลักคือ <i>Lactobacillus</i> , <i>Bifidobacterium</i> และ <i>Saccharomyces</i>	<i>Lactobacillus</i> , <i>Bifidobacterium</i> , <i>Saccharomyces</i>	ใช้เป็นแหล่งโปรไบโอติกสำหรับเครื่องดื่มสุขภาพ
Marsh et al., 2013	Sequence-based analysis of the microbial composition of water kefir	วิเคราะห์องค์ประกอบจุลินทรีย์โดยการทำลำดับเบส พบว่า <i>Lactobacillus hilgardii</i> และ <i>Zygorulasporea florentina</i> เป็นชนิดเด่น	<i>Lactobacillus hilgardii</i> , <i>Zygorulasporea florentina</i>	ใช้ข้อมูลเพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพ
Laureys & De Vuyst, 2014	Microbial interactions in water kefir fermentation	ศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างจุลินทรีย์ พบการทำงานร่วมกันของแบคทีเรียและยีสต์ช่วยในการสร้างสารเมตาโบไลต์ที่ให้กลิ่นรส	<i>Lactobacillus</i> , <i>Saccharomyces</i> , <i>Acetobacter</i>	ใช้ปรับปรุงรสชาติและกลิ่นของผลิตภัณฑ์หมัก
Miguel et al., 2010	Microbial community dynamics in water kefir fermentation	วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของชุมชนจุลินทรีย์ระหว่างการหมัก พบการเปลี่ยนแปลงชนิดจุลินทรีย์ตามเวลา	<i>Leuconostoc</i> , <i>Lactobacillus</i> , <i>Saccharomyces</i>	ใช้เป็นแนวทางควบคุมกระบวนการหมักเชิงพาณิชย์

ตารางที่ 2.10 ตารางสรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคีเฟอร์ (ต่อ)

ผู้วิจัย/ปี	ชื่อเรื่อง	วิธีการและผลการวิจัย	จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้อง	ข้อเสนอแนะ
Fiorda et al., 2017	Physicochemical and sensory aspects of water kefir beverages	ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส พบว่าเวลาและชนิดวัตถุดิบ มีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์	<i>Lactobacillus</i> , <i>Acetobacter</i> , <i>Saccharomyces</i>	พัฒนาสูตรเครื่องดื่มสมุนไพรหมักที่มีรสชาติยอมรับได้
Puerari et al., 2012	Fermentation of fruit juices using water kefir grains	ใช้คีเฟอร์น้ำหมักน้ำผลไม้ พบว่าสามารถเพิ่มสารโพลีฟีนอล และสารต้านอนุมูลอิสระ	<i>Lactobacillus</i> , <i>Saccharomyces</i>	พัฒนาเครื่องดื่มฟังก์ชันนัลจากน้ำผลไม้
Yang et al., 2018	Health-promoting properties of water kefir	ทบทวนคุณสมบัติด้านสุขภาพ พบฤทธิ์ต้านจุลชีพ ด้านสารอนุมูลอิสระ และปรับสมดุล จุลินทรีย์ลำไส้	<i>Lactobacillus</i> , <i>Bifidobacterium</i> , <i>Saccharomyces</i>	ใช้พัฒนาอาหารฟังก์ชันและผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพ
Fiorda et al., 2016	Use of medicinal plants in water kefir fermentation	ใช้สมุนไพรไทยและต่างประเทศ รวมทั้งคีเฟอร์น้ำ พบว่ามีการเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระและคุณสมบัติสุขภาพ	<i>Lactobacillus</i> , <i>Acetobacter</i> , <i>Saccharomyces</i>	ใช้พัฒนาน้ำสมุนไพรหมักเชิงสุขภาพ
Laureys et al., 2017	Metabolite profiling during water kefir fermentation	วิเคราะห์เมตาโบไลต์ พบว่ามีการสร้างกรดอินทรีย์ กรดอะมิโน และสารระเหย ที่สำคัญต่อกลิ่นรส	<i>Lactobacillus</i> , <i>Saccharomyces</i> , <i>Acetobacter</i>	ใช้ควบคุมคุณภาพและพัฒนาดอกกลิ่นรสเชิงอุตสาหกรรม

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 วัตถุดิบ

3.1.1.1 หัวเชื้อคีเฟอร์ จากร้าน Mom Made

3.1.1.2 น้ำตาลทรายไม่ขัดสี ยี่ห้อ วังนาย

3.1.1.3 ชিং

3.1.1.4 กระชาย

3.1.1.5 มะขามป้อม

3.1.1.6 กระเจี๊ยบ

ก่อนการหมักทุกครั้งจะต้องมีการทำการวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของ
ควบคุมให้มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.5

3.1.1.4 น้ำเปล่า ยี่ห้อ น้ำทิพย์

3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต

3.1.2.1 เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer) สเกล 0-100 องศาเซลเซียส

3.1.2.2 โหลแก้วขนาด 756 ml

3.1.2.3 เครื่องแก้ว

3.1.2.4 เครื่องครัว เช่น ผ้าขาวบาง ซ้อนพลาสติก ขามพลาสติก กระชอนพลาสติก หม้อ

ทัพพี ถ้วยตวง

3.1.3 สารเคมี

3.1.3.1 โซเดียมไฮดรอกไซด์

3.1.3.2 ฟีนอล์ฟทาลีน

3.1.3.3 ไฮโดรคลอริก

3.1.3.4 สารละลายบัฟเฟอร์ pH 1 (KCL-HCL buffer)

3.1.3.5 สารละลายบัฟเฟอร์ pH 4.5 (CH₃COONa-HCL)

3.1.3.6 อาหารเลี้ยงเชื้อ TSB (tryptic soy broth)

3.1.4 อุปกรณ์วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี

3.1.4.1 เครื่องวัดค่าสี (Spectrophotometer) ยี่ห้อ KONICA MINOLTA รุ่น CM-3500d

3.1.4.2 เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Refractometer) ยี่ห้อ Atago (0-53 องศาบริกซ์)
รุ่น MASTER-53M

3.1.4.3 เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) ยี่ห้อ METTLER TOLEDO
รุ่น FiveEasy Plus FP20

3.1.4.4 เครื่องมือวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด (Titratable acidity)

3.1.4.5 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (uv-vis spectrophotometer) ยี่ห้อ thermo
scientific รุ่น GENESYS10

3.1.4.6 เครื่องวัดปริมาณแอลกอฮอล์ (Ebulilometer) ยี่ห้อ Dujardin-Salleron
รุ่น Model #360

3.1.4.7 เครื่องชั่งความละเอียด 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น ED3235

3.1.4.8 เครื่องชั่งความละเอียด 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ OHAUS รุ่น PIONEER (PA4102)

3.1.4.9 เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Refractometer) ยี่ห้อ Atago
(0-53 องศาบริกซ์) รุ่น MASTER-53M

3.1.5 อุปกรณ์วิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

3.1.5.1 หม้อนึ่งฆ่าเชื้อภายใต้ความดัน (Autoclave) ยี่ห้อ Binder รุ่น KBF 240

3.1.5.2 ตู้อบลมร้อนสำหรับฆ่าเชื้อ (Hot air oven) ยี่ห้อ Binder รุ่น FD 115

3.1.5.3 ตู้ปลอดเชื้อ ยี่ห้อ Heal Force รุ่น A2

3.1.5.4 ปิเปตขนาด 1 ml และ 10 ml ที่ปลอดเชื้อ

3.1.5.5 จานเพาะเชื้อที่ปลอดเชื้อ

3.1.5.6 แอลกอฮอล์

3.1.5.7 ตะเกียงแอลกอฮอล์

3.1.5.8 ไฟแช็ค

3.1.5.9 ปีกเกอร์

3.1.5.10 ขวด Duran

3.1.6 เครื่องมือที่ใช้ประเมินทางประสาทสัมผัส

3.1.6.1 โปรแกรมสำเร็จรูป

3.1.6.2 แบบประเมินทางประสาทสัมผัส แบบ 9 ระดับ

3.1.6.3 คอมพิวเตอร์

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 คัดเลือกส่วนผสมสีเฟอร์สุมไพร์

คัดเลือกสุมไพร์ 3 ชนิด คือ ขิง กระชายและมะขามป้อม สำหรับการหมักสีเฟอร์ โดยศึกษา ลักษณะรูปแบบของสุมไพร์ ได้แก่ แบบสด แบบแห้ง และแบบเชื่อมแห้ง เพื่อเป็นส่วนผสมหลักในการหมักสีเฟอร์ และคัดเลือกสีเฟอร์เกรน แบบแห้งและแบบสีเฟอร์เกรนสด เปรียบเทียบผลที่ได้ กำหนดสูตรและขั้นตอนเหมือนกันเป็นตัวอย่างควบคุม วิเคราะห์ค่าคุณภาพด้านต่างๆ ได้แก่

1) ตรวจวัดค่าสี โดยนำตัวอย่างลงในคิวเวตปริมาตร 15 ml ใส่คิวเวตที่บรรจุตัวอย่างทำการวัดค่าสีด้วยเครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ KONICA MINOLTA CM-3500d ทำการวัดตัวอย่างละ 3 ครั้ง ทั้ง 3 ตัวอย่าง บันทึกผลของตัวอย่างจากตารางในคอมพิวเตอร์ ค่า L^* , a^* และ b^*

- L^* แสดงค่า สีขาว-ดำ มีค่าตั้งแต่ 0-100
- a^* แสดงค่า สีแดง เมื่อ a^* มีค่าเป็น +, สีเขียว เมื่อ a^* มีค่าเป็น -
- b^* แสดงค่า สีเหลือง เมื่อ b^* มีค่าเป็น +, สีนํ้าเงิน เมื่อ b^* มีค่าเป็น -

2) วัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ โดยนำตัวอย่างเทใส่ปิกรอร์ขนาด 100 ml ใช้ดรอปเปอร์หยดตัวอย่างลง Refractometer ยี่ห้อ Atago (0-53 องศาบริกซ์) รุ่น MASTER-53M ทำการวัดตัวอย่างละ 3 ครั้ง ทั้ง 3 ตัวอย่าง อ่านค่าที่ขึ้นบนหน้าจอแล้วทำการบันทึกผลของตัวอย่าง

3) ตรวจวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) นำตัวอย่างใส่ปิกรอร์ขนาด 100 ml แล้ววัดค่า pH ด้วย pH meter ยี่ห้อ METTLER TOLEDO รุ่น FiveEasy Plus FP20 การวัดตัวอย่างละ 3 ครั้ง ทั้ง 3 ตัวอย่าง ทำการบันทึกผลของตัวอย่าง

4) ตรวจวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด โดยปิเปตตัวอย่าง 10 ml กับเติมนํ้ากลั่นขวดละ 40 ml ใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 ml หยดฟีนอล์ฟทาลีนจำนวน 3 หยด เขย่าตัวอย่างให้เข้ากัน ทำการไทเทรตกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ บันทึกผล โดยทำตัวอย่างละ 3 ครั้ง ทั้ง 3 ตัวอย่าง แล้วนำผลที่ได้มาคำนวณผลปริมาณกรดแลกติกตามสูตร ดังนี้

$$\text{ปริมาณกรดแลกติก (ร้อยละ)} = \frac{V \times N \times M \times 100}{W \times 1000}$$

โดย N = นอร์มัลลิตีของสารละลายมาตรฐาน NaOH = 0.1

V = ปริมาณของ NaOH ที่ใช้ (ml)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (g)

M = น้ำหนักเฉลี่ยของมวลโมเลกุลกรดแลกติก = 90

5) ตรวจวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ นำตัวอย่างเทใส่หลอดแก้วให้ได้สเกลตามที่กำหนดไว้ ใส่น้ำลงใน Boiling chamber โดยใช้ Ebulilometer ยี่ห้อ Dujardin-Salleron รุ่น Model #360 จุดตะเกียงแอลกอฮอล์แล้วอ่านค่าจุดเดือดของตัวอย่าง เปรียบเทียบกับจุดเดือดของน้ำเปล่าอยู่ที่ 99.8 องศาเซลเซียส อ่านสเกลจากแผ่นสเกลชั้นวงกลมโดยนำค่าจุดเดือดของตัวอย่างที่อ่านได้หมุนลงในสเกล ทำการบันทึกผลของตัวอย่าง โดยทำตัวอย่างละ 3 ครั้ง ทั้ง 3 ตัวอย่าง

6) ตรวจวิเคราะห์แอนโทไซยานิน โดยปิเปตตัวอย่างปริมาตร 0.3 ml ลงในหลอดทดลอง 2 หลอด โดยหลอดที่ 1 เติมสารละลายบัฟเฟอร์ pH 1 ปริมาตร 2.7 ml และหลอดที่ 2 เติมสารละลายบัฟเฟอร์ pH 4.5 ปริมาตร 2.7 ml ผสมให้เข้ากัน แล้วตั้งทิ้งไว้ 10 นาที จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงในสารละลาย pH 1 และ pH 4.5 ที่ความยาวคลื่น 510 และ 700 nm แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณหาปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (TA) โดยคำนวณตามสมการ

$$TA \text{ (mg/L)} = (A \times Mw \times DF \times 1000) / (\epsilon \times L)$$

$$\text{โดยค่าการดูดกลืนแสง } A = [(A_{510} - A_{700})_{pH1.0}] - [(A_{510} - A_{700})_{pH4.5}]$$

7) ตรวจวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระ

7.1 ความสามารถในการรีดิวซ์ (Ferric reducing antioxidant power assay: FRAP)

7.2 การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ด้วยวิธี

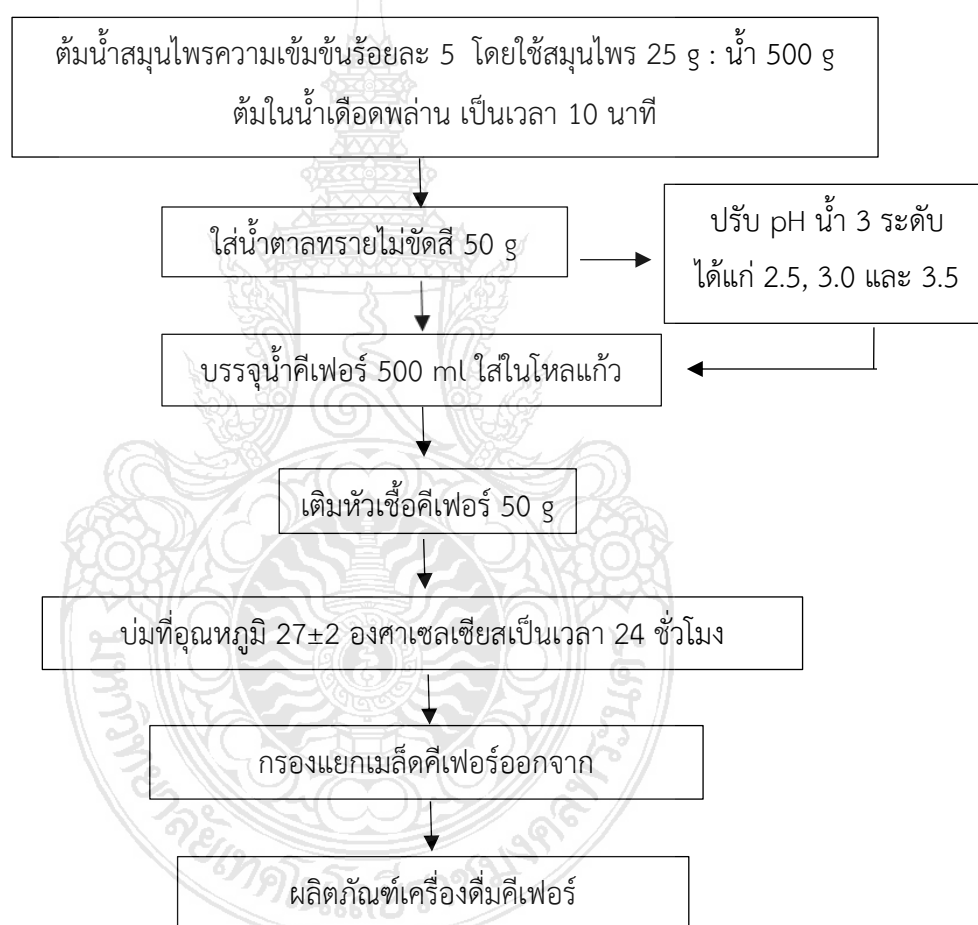
Spectrophotometry (Total phenolic compound quantification by colorimetric assay: TPC)

8) ตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส นำตัวอย่างทั้ง 3 ตัวอย่างมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการทดสอบแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Point Hedonic Scale โดยที่ 9 = ชอบมากที่สุดและ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด) โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนและสามารถบริโภคแอลกอฮอล์ได้จำนวน 30 คน ซึ่งเป็นอาจารย์และนักศึกษาของคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร นำผลมาวิเคราะห์หาความแปรปรวน (analysis of variance -ANOVA) โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อก (Randomized Complete Block Design - RCBD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple's Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

3.2.2 ศึกษาสูตรและกรรมวิธีการหมักเครื่องดื่มคีเฟอร์จากสมุนไพร

1) ศึกษาระดับ pH เริ่มต้นในการหมักผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์จากสมุนไพร 3 ชนิด โดยใช้วัตถุดิบรูปแบบที่คัดเลือกจากข้อ 3.2.1 ได้แก่ ขิง กระชาย และ มะขามป้อม

ศึกษาระดับ pH เริ่มต้นในการหมักผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์จากสมุนไพร ที่ pH 3.0 3.5 และ 4.0 โดยมีวิธีการดำเนินการทดลองดังแผนภูมิที่ 3.1 จากนั้นนำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์จากสมุนไพรที่ได้ไปวิเคราะห์ค่าคุณภาพด้านต่างๆ โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ครั้ง เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ แล้วพิจารณาข้อมูลคุณภาพด้านต่างๆ เพื่อเลือกสูตรที่เหมาะสมไปดำเนินการทดลองต่อไป โดยพิจารณาจากค่าแอนโทไซยานิน และคุณภาพด้านประสาทสัมผัส



แผนภูมิที่ 3.1 ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์จากสมุนไพร
ที่มา: ดัดแปลงมาจากรุ่งนภา โจระสา และอัมรินทร์ คำนุ (2563)

2) ศึกษาระยะเวลาในการหมักคีเฟอร์จากสมุนไพร

ทำการเตรียมหัวเชื้อคีเฟอร์โดยนำเมล็ดคีเฟอร์ ใส่ลงในภาชนะขวดแก้ว ผสมกับน้ำตาลทรายและน้ำ เก็บหัวเชื้อไว้ในตู้เย็น เมื่อจะนำมาใช้หมักให้กรองแยกเมล็ดคีเฟอร์ออกมาแล้วใช้วิธีการ

ขั้นตอนการหมักคีเฟอร์ ผสมน้ำตาลทรายกับสมุนไพรรองในขวดแก้วที่เตรียมไว้และคนให้เข้ากัน จากนั้นปั๊มหัวเชื้อคีเฟอร์ที่อุณหภูมิ 27 ± 2 องศาเซลเซียส โดยระยะเวลาในการหมักมี 3 ระดับ คือ 18, 21 และ 24 ชั่วโมง แล้วนำคีเฟอร์ที่ได้ไปวิเคราะห์ค่าทางเคมี โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ แล้วพิจารณาข้อมูลคุณภาพด้านต่างๆ เพื่อศึกษาระยะเวลาการหมักที่เหมาะสมไปทดลองต่อไป

3) ศึกษาระดับน้ำตาลในการหมักผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์

ศึกษาระดับน้ำตาลเริ่มต้นในการหมักผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์จากสมุนไพรร้อยละ 10, 15 และ 20 โดยมีวิธีการดำเนินการทดลองดังแผนภูมิที่ 3.1 โดยค่า pH ของน้ำสมุนไพรร่อนนำไปหมักกับเมล็ดคีเฟอร์ เท่ากับ 3.0 จากนั้นนำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์จากสมุนไพรร่อนที่ได้ไปวิเคราะห์ค่าคุณภาพด้านต่างๆ โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ครั้ง เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ แล้วพิจารณาข้อมูลคุณภาพด้านต่างๆ เพื่อเลือกสูตรที่เหมาะสมไปดำเนินการทดลองต่อไป โดยพิจารณาจากค่าแอนโทไซยานิน และคุณภาพด้านประสาทสัมผัสจะได้ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์จากสมุนไพรร่อน และนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปตรวจวิเคราะห์คุณภาพ

3.2.3 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์จากสมุนไพรร่อนที่ได้จากข้อ 3.2.2 โดยที่ระดับ pH น้ำสมุนไพรร่อนนำไปหมักกับเมล็ดคีเฟอร์ เท่ากับ 3.0 ระดับน้ำตาลร้อยละ 15 หลังจากหมักจะได้ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์จากสมุนไพรร่อนแล้วจะนำไปศึกษาการเปลี่ยนแปลงเป็นระยะเวลา 12 วัน โดยทำการวิเคราะห์ผลทุก 3 วัน ได้แก่ 0, 3, 6, 9 และ 12 วัน โดยเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นนำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์จากสมุนไพรร่อนที่ได้ไปวิเคราะห์ค่าคุณภาพด้านต่างๆ โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ครั้ง เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ แล้วพิจารณาข้อมูลคุณภาพด้านต่างๆ จะได้ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์จากสมุนไพรร่อน จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปตรวจวิเคราะห์คุณภาพตามข้อ 3.2.1.2 และทำการตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ โดยทำการวิเคราะห์ผลในวันที่ 0 และ 12 โดยวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์ม, ปริมาณยีสต์-รา และวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (ตามภาคผนวก)

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 ผลการคัดเลือกส่วนผสมคีเฟอร์สมุนไพรร

1) คัดเลือกสมุนไพรร 3 ชนิด คือ ขิง กระชายและมะขามป้อม สำหรับการหมักคีเฟอร์ โดยศึกษาลักษณะรูปแบบของสมุนไพรร ได้แก่ แบบสด แบบแห้ง และแบบเชื่อมแห้ง เพื่อเป็นส่วนผสมหลักในการหมักคีเฟอร์ กำหนดสูตรและขั้นตอนเหมือนกันเป็นตัวอย่างควบคุม โดยการวิเคราะห์ค่าคุณภาพด้านต่างๆ ผลคัดเลือกส่วนผสมสมุนไพรร 3 ชนิด สำหรับผลิตคีเฟอร์น้ำ โดยศึกษาลักษณะรูปแบบของสมุนไพรร ได้แก่ แบบสด แบบแห้ง และแบบเชื่อมแห้ง เพื่อเป็นส่วนผสมหลักในการหมักคีเฟอร์ ได้แก่ คีเฟอร์ขิง คีเฟอร์กระชาย และ คีเฟอร์มะขามป้อม ผลการศึกษาพบว่าการใช้สมุนไพรร แบบสด ได้รับการยอมรับมากกว่าแบบแห้งและแบบเชื่อมแห้ง โดยการวัดคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ การวัดค่าสี ปริมาณค่าของแข็งที่ละลายในน้ำ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณแอลกอฮอล์ และประเมินผลด้วยการวัดคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยสมุนไพรรสดมี ความสมบูรณ์ของสารออกฤทธิ์หรือสารพฤกษเคมีต่างๆ ที่ สูงกว่า อีกทั้งรสชาติและกลิ่นเป็นธรรมชาติ และช่วยให้เกิดการหมักได้ดีกว่า ทำให้ผลิตภัณฑ์คีเฟอร์สมุนไพรรที่ใช้สมุนไพรรสด ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสและดีกว่าสมุนไพรรแห้งและแบบเชื่อมแห้ง (Chomchan et al., 2016)

ผลการเปรียบเทียบชนิดของหัวเชื้อ (Starter) สำหรับการหมักคีเฟอร์น้ำ พบว่า เชื้อ *Lactobacillus kefir* เป็นเชื้อที่เหมาะสมสำหรับ คีเฟอร์ขิง คีเฟอร์กระชาย และ คีเฟอร์มะขามป้อม



ภาพที่ 4.1 หัวเชื้อคีเฟอร์เกรน

ตารางที่ 4.1 ผลของชนิดคีเฟอร์เกรนในการหมักคีเฟอร์สมุนไพรมะขามป้อม

ชนิดตัวอย่าง	ลักษณะน้ำหมัก	Dry starter <i>Lactobacillus kefir</i>	Fresh starter Mom Made Kefir
ขิง			
กระชาย			
มะขามป้อม			

ลักษณะของคีเฟอร์ที่ได้จากทั้ง 3 สมุนไพร เมื่อใช้คีเฟอร์เกรน แบบแห้ง Dry starter ซึ่งเป็นเชื้อ *Lactobacillus kefir* และแบบสดซึ่งเป็นคีเฟอร์ผสม พบว่า คีเฟอร์แบบสดให้ลักษณะของคีเฟอร์ที่ดีกว่า มีการยอมรับของรสชาติมากกว่าคีเฟอร์ที่หมักจากเชื้อผงแห้ง ด้วยคีเฟอร์เกรนสดเป็น consortium จุลินทรีย์ธรรมชาติ ที่ประกอบด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก (*Lactobacillus*, *Leuconostoc*), แบคทีเรียกรดอะซิติก (*Acetobacter*), และยีสต์หลายชนิด (*Saccharomyces*, *Kluyveromyces*, *Candida*) ซึ่งอยู่ในโครงสร้างโพลีแซ็กคาไรด์ “kefiran” ห่วงคีเฟอร์ผงที่ผลิตเชิงการค้า มักมีการคัดเลือกเฉพาะจุลินทรีย์บางชนิด เช่น LAB และยีสต์เพียงบางสายพันธุ์ เพื่อให้ควบคุมคุณภาพได้ง่าย แต่ทำให้สูญเสียความซับซ้อนของจุลินทรีย์ที่มีในเกรนสด ความหลากหลายนี้สำคัญมาก เนื่องจากการทำงานร่วมกัน (synergistic interaction) ของจุลินทรีย์หลายชนิดในเกรน

สดเป็นตัวกำหนดทั้งคุณภาพการหมัก รสชาติ กลิ่น และคุณสมบัติโพรไบโอติก ความมีชีวิตและกิจกรรมทางเมตาบอลิซึม (Viability & metabolic activity) จุลินทรีย์ในคีเฟอร์เกรดอยู่ในสถานะ active phase ทำให้สามารถปรับตัวเข้าสู่สภาพแวดล้อมใหม่และเริ่มการหมักได้ทันที ส่วนหัวเชื้อผงผ่านกระบวนการทำแห้ง (เช่น spray drying หรือ freeze-drying) ทำให้จุลินทรีย์บางส่วนสูญเสียความมีชีวิต หรืออยู่ในสถานะ dormant ซึ่งต้องใช้เวลา “revival” ก่อนเริ่มหมัก จึงให้ประสิทธิภาพการหมักต่ำกว่า

4.2 ผลการพัฒนาสูตรและกระบวนการ

4.2 ผลของการศึกษาระดับน้ำตาลที่ใช้ในการหมักผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์จากสมุนไพรมะนาว

ผลการทดสอบคุณภาพทางกายภาพ และทางเคมีของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์จากสมุนไพรมะนาว ที่ใช้ระดับน้ำตาลในการหมักต่างกัน ได้แก่ร้อยละ 10, 15 และ 20 ลักษณะผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์จากสมุนไพรมะนาวที่ได้และคุณภาพ แสดงดังตาราง 4.2, 4.3 และ 4.4

ตารางที่ 4.2 ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์จากสมุนไพรมะนาวที่หมักที่ระดับน้ำตาลแตกต่างกัน

คุณภาพ	ระดับน้ำตาลเริ่มต้นของน้ำสมุนไพรมะนาว (ร้อยละ)		
	10	15	20
ลักษณะปรากฏ	ฟองอากาศขึ้นเล็กน้อย	ฟองอากาศขึ้นปานกลาง	ฟองอากาศขึ้นมาก
สี	อ่อนสุด	ปานกลาง	เข้ม
กลิ่น	มีกลิ่นเปรี้ยวและ กลิ่นแอลกอฮอล์	มีกลิ่นเปรี้ยวและ กลิ่นแอลกอฮอล์	มีกลิ่นเปรี้ยวและ กลิ่นแอลกอฮอล์
รสชาติ	เล็กน้อย เปรี้ยวมาก และ หวานเล็กน้อย	ปานกลาง เปรี้ยวและ หวานปานกลาง	มาก เปรี้ยวเล็กน้อย และหวานมาก

จากตารางที่ 4.2 ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์จากสมุนไพรมะนาวที่หมัก ที่ระดับน้ำตาลแตกต่างกัน ได้แก่ร้อยละ 10, 15 และ 20 พบว่าที่ระดับน้ำตาลร้อยละ 20 มีฟองอากาศเกิดขึ้นมากที่สุด เนื่องจากปริมาณน้ำตาลจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของเมล็ดคีเฟอร์น้ำได้ถึงจุดหนึ่ง แต่ไม่ได้เปลี่ยนแปลงอัตราการเติบโตของเมล็ดคีเฟอร์น้ำ (Cufaoglu and Erdinc, 2023) ลักษณะสีของคีเฟอร์มีสีแดงอ่อน, สีแดงปานกลาง และสีแดงเข้มที่สุด ตามลำดับ ผลจากปริมาณน้ำตาลทรายไม่ขัดสีที่

สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาความคงตัวของสารสีแอนโทไซยานินจากกลีบดอกสมุนไพรวาดในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มของ เพชรรัตน์ และ อิศราภรณ์, (2552) รายงานว่า การเพิ่มปริมาณน้ำตาลน้อยกว่า 50 องศาบริกซ์ ทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินในเครื่องดื่มลดลงเพียงเล็กน้อย และสอดคล้องกับ Prodanov et al, (2005) สารสีแอนโทไซยานินคงตัวได้ดีในสภาวะที่มีความเป็นกรด และมีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบ สามารถเพิ่มความคงตัวให้กับสารสีแอนโทไซยานิน ส่วนลักษณะด้านกลิ่น และรสชาติของเครื่องดื่มแตกต่างกันไปตามสารตั้งต้นที่ใช้ รวมถึงน้ำตาล เช่น Sucrose, Glucose และ Fructose กรดอินทรีย์ เช่น Lactic acid, Acetic, Citric, Tartaric, Butyric acid, Malic และ Propionic acid แอลกอฮอล์ เช่น Ethanol, Hexanol และ Glycerol และเอสเทอร์ เช่น Ethyl, Propionate, Hexanoate, Octanoate และ Decanoate สารเมตาบอไลต์เหล่านี้มีคุณสมบัติด้านรสชาติที่โดดเด่นและแตกต่างกัน เช่น รู้สึกสดชื่นเนื่องจากมี Ethanol (วนิดา ปานอุทัย และคณะ, 2566)

ผลการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคิเฟอร์จากสมุนไพรวาดด้วยระดับน้ำตาลที่แตกต่างกัน ได้แก่ ร้อยละ 10, 15 และ 20 พบว่า ค่าความสว่าง (L^*), ค่าสีแดง (a^*), ค่าสีเหลือง (b^*), ค่าของแข็งที่ละลายในน้ำ และปริมาณแอลกอฮอล์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่ค่าความสว่าง (L^*) จะมีค่าลดลงตามลำดับ ค่าสีแดง (a^*), ค่าสีเหลือง (b^*) เนื่องจากใช้น้ำตาลทรายไม่ขัดสี เพราะมีสารอาหารมากกว่าน้ำตาลทรายขาว และน้ำสมุนไพรวาดไม่มีน้ำตาลที่เป็นแหล่งพลังงานที่เมล็ดคิเฟอร์จะนำไปใช้ในกระบวนการหมัก (Azrina et al, 2020) ค่าของแข็งที่ละลายในน้ำ และปริมาณแอลกอฮอล์ จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับ เมื่อความเข้มข้นของน้ำตาลเพิ่มขึ้น ปริมาณแอลกอฮอล์จะมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น (Jordão, Vilela and Cosme, 2015) เมื่อมีสารอาหารมากขึ้นจะทำให้จุลินทรีย์เติบโตได้ดีขึ้น ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH), ปริมาณกรดแลกติก และปริมาณแอนโทไซยานิน ของคิเฟอร์ทั้ง 3 ตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เนื่องจากค่า pH เริ่มต้นอยู่ในช่วง 2.5 เป็นช่วง pH ที่ต่ำจึงทำให้จุลินทรีย์ ได้แก่ ยีสต์ และกลุ่ม *Lactic acid bacteria* กับ *Acetic acid bacteria* ซึ่งเจริญเติบโตได้ดีที่ pH 4.0-5.0 (Laureys et al, 2017) ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 คุณภาพก่อนและหลังการหมักผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์สมุนไพรรักษา
น้ำตาลเริ่มต้นต่างกัน 3 ระดับ

คุณภาพ	ระดับน้ำตาลเริ่มต้นของน้ำสมุนไพรร (ร้อยละ)		
	10	15	20
ก่อนหมัก			
ค่าความสว่าง (L*)	54.72±0.05 ^a	54.35±0.03 ^b	54.09±0.04 ^c
ค่าสีแดง (a*)	3.91±0.05 ^a	2.55±0.01 ^b	1.15±0.03 ^c
ค่าสีเหลือง (b*)	9.38±0.11 ^c	10.34±0.04 ^b	13.03±0.08 ^a
ของแข็งที่ละลายในน้ำ (องศาบริกซ์)	10.00±0.00 ^c	14.50±0.05 ^b	18.33±0.28 ^a
ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ^{ns}	2.79±0.02	2.81±0.03	2.84±0.03
กรดแลกติก (ร้อยละ) ^{ns}	0.05±0.01	0.05±0.01	0.22±0.33
แอลกอฮอล์ (ร้อยละ) ^{ns}	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
แอนโทไซยานิน (mg/L) ^{ns}	3.60±0.06	3.53±0.19	3.34±0.08
หลังหมัก			
ค่าความสว่าง (L*)	57.53±0.01 ^a	56.19±0.03 ^b	55.35±0.06 ^c
ค่าสีแดง (a*)	2.98±0.02 ^b	3.23±0.01 ^a	2.28±0.03 ^c
ค่าสีเหลือง (b*)	8.18±0.06 ^c	10.31±0.05 ^b	13.97±0.04 ^a
ของแข็งที่ละลายในน้ำ (องศาบริกซ์)	8.83±0.29 ^c	12.17±0.29 ^b	16.00±0.00 ^a
ค่ากรด-ด่าง (pH) ^{ns}	2.75±0.02	2.73±0.01	2.77±0.02
กรดแลกติก (ร้อยละ) ^{ns}	0.07±0.01	0.09±0.00	0.07±0.01
แอลกอฮอล์ (ร้อยละ)	0.95±0.00 ^b	0.95±0.00 ^b	1.02±0.03 ^a
แอนโทไซยานิน (mg/L) ^{ns}	2.96±0.07	2.94±0.08	2.98±0.38

หมายเหตุ : ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกัน หมายถึง ค่าที่มีความต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

ns หมายถึง ค่าที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

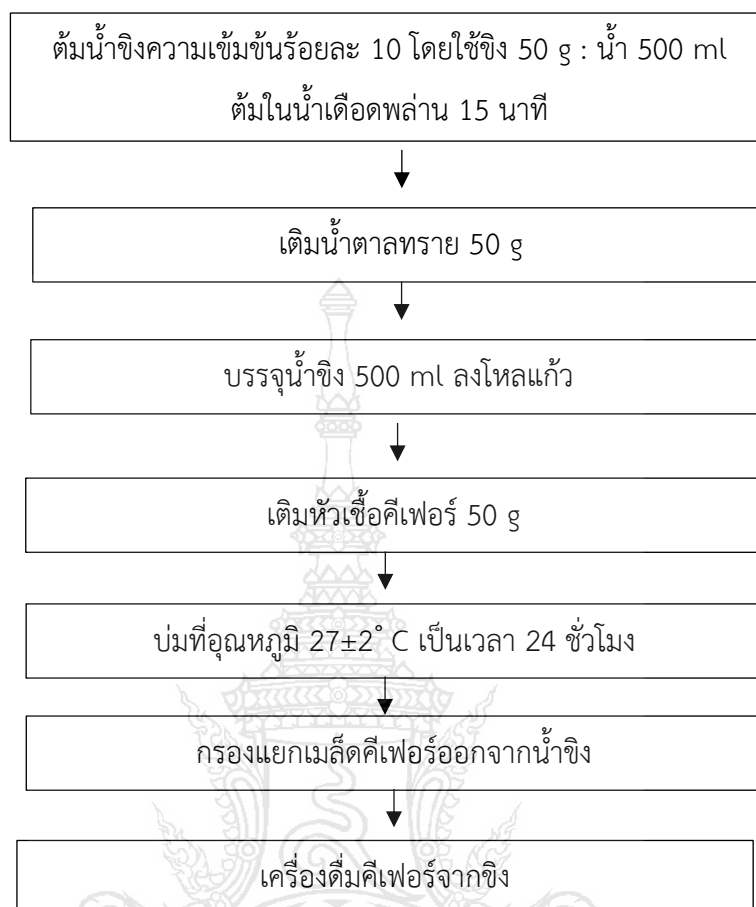
ตารางที่ 4.4 คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์สมุนไพรรักษาโรคเบาหวานที่ระดับน้ำตาลเริ่มต้นร้อยละ 10, 15 และ 20

คุณลักษณะ	ระดับน้ำตาลเริ่มต้น (ร้อยละ)		
	10	15	20
ลักษณะปรากฏ ^{ns}	7.83±0.95	7.87±0.94	7.93±0.87
สี ^{ns}	7.63±0.99	7.57±1.14	7.77±1.04
กลิ่น ^{ns}	7.40 ±1.19	7.33±1.24	7.47±1.17
รสชาติ	7.00 ±1.14 ^b	7.77±1.17 ^a	7.67±0.99 ^a
ความชอบโดยรวม	7.20 ±1.06 ^b	7.83±1.09 ^a	7.63±0.76 ^a

หมายเหตุ : ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกัน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.4 ผลการศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์จากสมุนไพรรักษาโรคเบาหวานที่มีระดับน้ำตาลต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 10, 15 และ 20 นำไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านต่าง ๆ พบว่าปัจจัยในด้านลักษณะปรากฏ, สี และกลิ่น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) การทดสอบทางประสาทสัมผัสจะ ส่วนด้านรสชาติและความชอบโดยรวมของคีเฟอร์จากสมุนไพรรักษาโรคเบาหวาน มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากในการคัดเลือกสูตรจะตัดสินจากความชอบโดยรวมเพราะค่าแอนโทไซยานินไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) โดยระดับน้ำตาลร้อยละ 15 และ 20 มีคะแนนด้านรสชาติ และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกัน และมีคะแนนมากกว่าน้ำตาลร้อยละ 10 ซึ่งคะแนนด้านรสชาติ และความชอบโดยรวมของระดับน้ำตาลร้อยละ 15 มีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 7.83±1.09 ตามลำดับ จึงเลือกระดับน้ำตาลร้อยละ 15 ไปใช้ในการทดลองต่อไป ซึ่งเป็นระดับน้ำตาลที่อยู่ในเกณฑ์ของน้ำหวานพร้อมดื่ม คือต้องมีน้ำตาลอยู่ที่ร้อยละ 8-14 ของส่วนผสม (พิสมัย, 2531) และเป็นการลดต้นทุนในการผลิตเนื่องจากใช้น้ำตาลน้อยกว่าระดับน้ำตาลร้อยละ 20 และคะแนนความชอบของระดับน้ำตาลร้อยละ 15 มีคะแนนความชอบโดยรวมมากกว่าระดับน้ำตาลร้อยละ 20 เล็กน้อย



แผนภูมิที่ 4.1 คีเฟอร์ขิง (น้ำตาล 10%)

ตารางที่ 4.5 คุณภาพของคีเฟอร์ซิงที่หมัก 24 และ 48 ชั่วโมง

รายการ	ก่อนหมัก	หลังหมัก 24 ชั่วโมง	หลังหมัก 48 ชั่วโมง
ค่าBrix	10	8	6.5
	10	8	6
	10	8	6.5
Alcohol	0	1.6	2.85
	0	1.6	2.85
	0	1.6	2.85
% กรดทั้งหมด	0	0.180	0.243
	0	0.189	0.234
	0	0.198	0.225
pH	8.26	4.15	3.64
	8.09	4.20	3.60
	8.13	4.11	3.63
ค่าสี	L* a* b*	L* a* b*	L* a* b*
	84.32 3.90 19.49	90.48 0.20 7.42	90.96 0.13 6.44
	84.35 3.89 19.54	90.47 0.20 7.42	90.94 0.11 6.60
	84.33 3.87 19.53	90.44 0.20 7.51	90.80 0.17 6.56

การพัฒนาผลิตภัณฑ์คีเฟอร์ซิง

- ค่าความเป็นกรด-ด่าง เริ่มต้นในการหมักเครื่องดื่มน้ำคีเฟอร์ซิงที่เหมาะสม ที่ระดับ pH เริ่มต้น 3.0 เหมาะสมมากกว่า pH 3.5 และ pH 4.0 ตามลำดับ
- ระดับน้ำตาลเริ่มต้นที่เหมาะสมในการหมักเครื่องดื่มน้ำคีเฟอร์ซิง น้ำตาลร้อยละ 15 เหมาะสมมากกว่า น้ำตาลร้อยละ 12 และ 18 ตามลำดับ
- คีเฟอร์ที่ได้มีค่าสี ความสว่าง (L*) เท่ากับ 76.19 ± 0.03 สีแดง (a*) เท่ากับ 3.23 ± 0.01 สีเหลือง (b*) เท่ากับ 30.31 ± 0.05 ค่าของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ เท่ากับ 12.00 ± 0.29 องศาบริกซ์ และปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 0.95 ± 0.00 ค่า pH 3.03 ± 0.01 ปริมาณกรดแลคติก ร้อยละ 0.65 ± 0.00



แผนภูมิที่ 4.2 คีเฟอร์กระชายผสมกระเจียว (น้ำตาล 10%)

ตารางที่ 4.6 คุณภาพของคีเฟอร์กระชายผสมกระเจียว ที่หมัก 24 และ 48 ชั่วโมง

รายการ	ก่อนหมัก			หลังหมัก 24 ชั่วโมง			หลังหมัก 48 ชั่วโมง		
ค่า Brix	10			8			6		
	10			8			6		
	10			8			6		
Alcohol	0			1.6			2.5		
	0			1.6			2.5		
	0			1.6			2.5		
% กรดทั้งหมด	0.036			0.243			0.207		
	0.054			0.216			0.189		
	0.027			0.207			0.270		
pH	4.08			3.39			3.17		
	4.04			3.36			3.15		
	4.09			3.34			3.14		
ค่าสี	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
	81.93	9.08	9.27	82.55	13.18	6.60	83.36	13.23	5.98
	81.93	9.08	9.30	82.57	13.20	6.62	83.40	13.25	5.97
	81.89	9.10	9.26	82.56	13.17	6.67	83.41	13.24	5.93

การพัฒนาคีเฟอร์กระชายผสมกระเจียว

- ค่าความเป็นกรด-ด่าง เริ่มต้นในการหมักเครื่องดื่มน้ำคีเฟอร์กระชายที่เหมาะสม ที่ระดับ pH เริ่มต้น 3.0 เหมาะสมมากกว่า pH 3.5 และ pH 4.0 ตามลำดับ
- ระดับน้ำตาลเริ่มต้นที่เหมาะสมในการหมักเครื่องดื่มน้ำคีเฟอร์กระชาย น้ำตาลร้อยละ 15 เหมาะสมมากกว่า น้ำตาลร้อยละ 12 และ 18 ตามลำดับ
- คีเฟอร์ที่ได้มีค่าสี ความสว่าง (L*) เท่ากับ 70.20 ± 0.10 สีแดง (a*) เท่ากับ 5.23 ± 0.01 สีเหลือง (b*) เท่ากับ 15.31 ± 0.05 ค่าของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ เท่ากับ 12.00 ± 0.29 องศาบริกซ์ และปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 0.85 ± 0.00 ค่า pH 2.95 ± 0.01 ปริมาณกรดแลคติกร้อยละ 0.40 ± 0.00



แผนภูมิที่ 4.3 คีเฟอร์น้ำมะขามป้อมผสมกระชาย (น้ำตาล 10%)

ตารางที่ 4.7 คุณภาพของคิเฟอร์กระชายผสมกระเจี๊ยบ ที่หมัก 24 และ 48 ชั่วโมง

รายการ	ก่อนหมัก			หลังหมัก 24 ชั่วโมง			หลังหมัก 48 ชั่วโมง		
Brix	10			8			6		
	10			8			6		
	10			8			6		
Alcohol	0			1.4			1.95		
	0			1.4			1.95		
	0			1.4			1.95		
% กรดทั้งหมด	0.171			0.252			0.207		
	0.180			0.243			0.225		
	0.162			0.243			0.189		
pH	3.35			3.16			3.01		
	3.28			3.15			2.98		
	3.39			3.13			2.98		
ค่าสี	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
	93.11	-0.53	2.91	92.19	-0.15	3.25	91.67	0.03	3.67
	93.10	-0.52	2.64	92.20	-0.15	3.32	91.66	0.04	3.63
	93.13	-0.56	2.89	92.20	-0.17	3.34	91.65	0.04	3.70

การพัฒนาผลิตภัณฑ์คิเฟอร์มะขามป้อมผสมกระชาย

- ค่าความเป็นกรด-ด่าง เริ่มต้นในการหมักเครื่องดื่มคิเฟอร์มะขามป้อม ที่เหมาะสม ที่ระดับ pH เริ่มต้น 3.0 เหมาะสมมากกว่า pH 3.5 และ pH 4.0 ตามลำดับ
- ระดับน้ำตาลเริ่มต้นที่เหมาะสมในการหมักเครื่องดื่มคิเฟอร์มะขามป้อม น้ำตาลร้อยละ 15 เหมาะสมมากกว่า น้ำตาลร้อยละ 12 และ 18 ตามลำดับ
- คิเฟอร์ที่ได้มีค่าสี ความสว่าง (L*) เท่ากับ 20.50 ± 0.10 สีแดง (a*) เท่ากับ 6.23 ± 0.01 สีเหลือง (b*) เท่ากับ 18.23 ± 0.05 ค่าของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ เท่ากับ 13.00 ± 0.29 องศาบริกซ์ และปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 0.75 ± 0.00 ค่า pH 2.90 ± 0.01 ปริมาณกรดแลกติก ร้อยละ 0.50 ± 0.00

ตารางที่ 4.8 ลักษณะปรากฏของคีเฟอร์สมุนไพรมักด้วยน้ำตาลเริ่มต้น 10 % (24 ชั่วโมง)

คุณภาพ	ชนิดคีเฟอร์สมุนไพร		
	ชิง	กระชายผสม กระเจียบ	มะขามป้อมผสม กระชาย
ลักษณะปรากฏ			
สี กลิ่น	มีฟองอากาศ ขึ้นมากที่สุด	มีฟองอากาศ ขึ้นปานกลาง	มีฟองอากาศ ขึ้นเล็กน้อย
	สีเหลืองน้ำตาล	สีแดงขุ่น	สีขาวขุ่น
	มีกลิ่นเปรี้ยว และมีกลิ่น	มีกลิ่นเปรี้ยว และมีกลิ่น	มีกลิ่นเปรี้ยว และมีกลิ่น
	ขิงเล็กน้อย	กระชายเล็กน้อย	มะขามป้อมเล็กน้อย
รสชาติ	เผ็ดร้อนของขิงเบาๆ	กระชาย	มีความเปรี้ยว
	และมีความหวาน	และมีความหวาน	และมีความหวาน

4.2.2 ศึกษา pH เริ่มต้นที่เหมาะสมในการหมักเครื่องดื่มคีเฟอร์จากสมุนไพรมัก

ผลการศึกษา pH ที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์จากสมุนไพรมัก โดยระดับ pH ที่ใช้ในการหมักมี 3 ระดับต่างกัน คือ 2.5, 3.0 และ 3.5 ลักษณะผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์จากสมุนไพรมักที่ได้และคุณภาพ แสดงดังตารางที่ 4.9, 4.10 และ 4.11

ตารางที่ 4.9 ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์จากสมุนไพรที่หมักที่ pH เริ่มต้น 2.5, 3.0 และ 3.5

คุณภาพ	ระดับ pH น้ำสมุนไพรเริ่มต้น		
	2.5	3.0	3.5
ลักษณะปรากฏ	ฟองอากาศ ขึ้นน้อย	ฟองอากาศ ขึ้นปานกลาง	ฟองอากาศ ขึ้นมาก
สี	แดงเข้ม	แดงปานกลาง	แดงอ่อน
กลิ่น	มีกลิ่นเปรี้ยวและ กลิ่นแอลกอฮอล์ เล็กน้อย	มีกลิ่นเปรี้ยว กลิ่นสมุนไพรจางและ กลิ่นแอลกอฮอล์ปาน กลาง	มีกลิ่นเปรี้ยว กลิ่นสมุนไพรจางมาก และกลิ่นแอลกอฮอล์ มาก
รสชาติ	เปรี้ยวมาก	เปรี้ยวปานกลางและ และมีรสฝาดเล็กน้อย	เปรี้ยวน้อย และมีรสฝาดมาก

ตารางที่ 4.9 ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์จากสมุนไพรที่หมักที่ pH ต่างกัน ได้แก่ 2.5, 3.0 และ 3.5 พบว่าที่ pH 3.5 มีฟองอากาศเกิดขึ้นมากที่สุด ด้วย pH 3.5 เป็น pH ที่เหมาะสมกับการเจริญของยีสต์ในการใช้น้ำตาลเพื่อผลิตเป็นแอลกอฮอล์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งยีสต์ที่พบได้มากในคีเฟอร์น้ำคือ *Saccharomyces cerevisiae* และที่ค่า pH 5.0 เป็นสภาพที่ทำให้ยีสต์นี้มีการแบ่งตัวเร็วที่สุด ในขณะที่ค่า pH ต่ำกว่า 4 หรือสูงกว่า 6 จะลดประสิทธิภาพการทำงานของ *Saccharomyces cerevisiae* (Zaid and Farley, 2018) จึงส่งผลให้เมื่อค่า pH เริ่มต้นต่ำ การเจริญเติบโตของยีสต์ยิ่งลดลงฟองอากาศที่เกิดขึ้นจึงมีปริมาณน้อย และลักษณะด้านสี มีสีแดงเข้ม, สีแดงปานกลาง และสีแดงอ่อนที่สุด ตามลำดับ เนื่องจาก ค่า pH ที่แตกต่างกัน แอนโทไซยานินในสมุนไพรแดงจะเสถียรที่ pH ต่ำ (สภาวะเป็นกรด) จะทำให้ได้เม็ดสีแดงของแอนโทไซยานินสูงขึ้น (Wahyuningsih et al, 2017) ส่วนลักษณะด้านกลิ่น พบว่าที่ pH 2.5, 3.0 และ 3.5 จะมีกลิ่นเปรี้ยวและกลิ่นแอลกอฮอล์เล็กน้อย กลิ่นแอลกอฮอล์ปานกลาง และกลิ่นแอลกอฮอล์มากที่สุด เนื่องจากเกิดกระบวนการหมักทำให้เกิดกลิ่นแอลกอฮอล์ที่เกิดจากการทำงานของยีสต์ไปย่อยน้ำตาลเกิดเป็นแอลกอฮอล์และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการที่มีฟองอากาศเกิดขึ้นมาก ส่วนในด้านรสชาติที่ pH 2.5, 3.0 และ 3.5 พบว่ามีรสเปรี้ยวมาก เปรี้ยวปานกลาง และเปรี้ยวน้อยที่สุดมีความสัมพันธ์เป็นไปตามระดับ pH ส่วนที่ pH 3.0 และ 3.5 เกิดรสฝาดขึ้นเนื่องจาก มีการใช้ NaOH

ปรับลดค่า pH ของเครื่องต้มให้มีระดับ pH เพิ่มขึ้นอาจทำให้เกิดความรู้สึกมีรสขมหรือฝาดได้ ซึ่ง Lynch et al. (2021) รายงานว่าค่า pH ของน้ำคีเฟอร์โดยทั่วไปจะต่ำกว่า 4.5 แม้กระทั่งในช่วงเริ่มต้นของการหมัก และโดยทั่วไปจะลดลงอีกในภายหลัง ซึ่งมาพร้อมกับการผลิต Lactic acid และ Acetic acid เป็นการช่วยลดความเสี่ยงของการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ก่อโรคได้

ตารางที่ 4.10 คุณภาพก่อนและหลังการหมักของผลิตภัณฑ์เครื่องต้มคีเฟอร์จากน้ำสมุนไพรกระชาย ผสมกระเจียบที่ระดับ pH เริ่มต้น 2.5 3.0 และ 3.5

คุณภาพ	ระดับ pH น้ำสมุนไพรเริ่มต้น		
	2.5	3.0	3.5
ก่อนหมัก			
ค่าความสว่าง (L*)	42.31±0.26 ^c	44.73±0.18 ^b	47.71±0.17 ^a
ค่าสีแดง (a*)	35.34±0.10 ^a	33.89±0.03 ^b	39.12±0.02 ^c
ค่าสีเหลือง (b*)	29.52±0.04 ^a	27.34±0.02 ^b	24.23±0.05 ^c
ของแข็งที่ละลายในน้ำ (องศาบริกซ์)	12.00±0.00 ^b	12.17±0.29 ^b	12.67±0.29 ^a
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	2.56±0.02 ^c	3.02±0.02 ^b	3.56±0.02 ^a
กรดแลกติก(ร้อยละ)	0.12±0.02 ^a	0.08±0.02 ^b	0.05±0.01 ^c
แอลกอฮอล์ (ร้อยละ) ^{ns}	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
แอนโทไซยานิน (mg/L) ^{ns}	2.42±0.28	2.55±0.04	2.51±0.03
หลังหมัก			
ค่าความสว่าง (L*)	44.75±0.07 ^c	47.29±0.06 ^b	50.19±0.02 ^a
ค่าสีแดง (a*)	35.62±0.09 ^a	34.18±0.03 ^b	39.41±0.02 ^c
ค่าสีเหลือง (b*)	30.04±0.06 ^a	27.91±0.04 ^b	24.79±0.05 ^c
ของแข็งที่ละลายในน้ำ(องศาบริกซ์) ^{ns}	10.83±0.29	10.83±0.29	10.50±0.00
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	2.35±0.02 ^c	2.50±0.03 ^b	2.88±0.05 ^a
ปริมาณกรดแลกติก (ร้อยละ)	0.13±0.03 ^a	0.08±0.01 ^b	0.09±0.01 ^b
แอลกอฮอล์ (ร้อยละ)	0.45±0.34 ^c	0.77±0.03 ^b	0.97±0.03 ^a
แอนโทไซยานิน (mg/L) ^{ns}	2.36±0.03	2.35±0.01	2.33±0.03

หมายเหตุ : อักษรกำกับแนวนอนต่างกัน หมายถึง ค่ามีความต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ค่าที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์จากสมุนไพร ที่หมักด้วยระดับ pH เริ่มต้นที่แตกต่างกัน ได้แก่ 3.0 3.5 และ 4.0 พบว่า ค่าความสว่าง (L^*), ค่าสีแดง (a^*), ค่าสีเหลือง (b^*), ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH), ปริมาณกรดแลกติก และปริมาณแอลกอฮอล์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดย pH เริ่มต้นของน้ำหมักที่สูงกว่าส่งผลให้สีของน้ำสมุนไพรอ่อนลง ค่าความสว่าง (L^*) จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับ ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) จะมีค่าลดลงตามลำดับ เนื่องจากเมื่อ pH สูงขึ้นสีของน้ำสมุนไพรจะมีสีจางลง แอนโทไซยานิน เปลี่ยนจากสีแดงในสารละลายที่เป็นกรด ไม่มีสีในสารละลายเป็นกลาง (จิราวรรณ, 2554) ปริมาณแอลกอฮอล์หลังการหมัก จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับ เนื่องจากยีสต์ที่พบได้มากในคีเฟอร์น้ำคือ *Saccharomyces cerevisiae* ซึ่งมีหน้าที่ในการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ โดย *S. cerevisiae* จะทำงานได้ดีที่ pH 5.0 เมื่อค่า pH ยิ่งต่ำลงมากจะส่งผลให้ค่าแอลกอฮอล์ลดลง (Zaid and Farley, 2018) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) หลังการหมักจะมีค่าลดลงตามลำดับ เมื่อค่า pH ลดลงปริมาณกรดแลกติก จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับ เนื่องจากเมื่อปริมาณกรดเพิ่มขึ้น ค่า pH ของคีเฟอร์น้ำจะลดลง เนื่องจากยีสต์ และกลุ่ม *Lactic acid bacteria* กับ *Acetic acid bacteria* หมักกับน้ำตาล จะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของผลิตภัณฑ์ (Şafak et al, 2023) ส่วนค่าของแข็งที่ละลายในน้ำ และปริมาณแอนโทไซยานิน ของคีเฟอร์ที่มี pH เริ่มต้นต่างกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เนื่องจาก pH เริ่มต้น 2.5-3.5 เป็นช่วงที่ pH ต่ำ ซึ่งเป็นช่วง pH ที่จุลินทรีย์ในเมลต์คีเฟอร์ น้ำที่พบมากที่สุด ได้แก่ *Lactobacillus nagelii*, *Lactobacillus paracasei*, *Lactobacillus hilgardii*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Bifidobacterium aquikefiri*, *Gluconobacter cerinus*, *Saccharomyces cerevisiae* และ *Zygorulasporea florentina* เจริญเติบโตได้ช้า (Laureys et al, 2017) ทำให้มีการใช้น้ำตาลได้ได้น้อย รวมถึงปริมาณน้ำตาลที่เข้มข้นเท่ากัน จึงทำให้ค่าของแข็งที่ละลายในน้ำ ไม่แตกต่างกัน ค่าแอนโทไซยานินไม่แตกต่างกันเนื่องจากค่า pH เริ่มต้นต่ำ ทำให้น้ำสมุนไพรมีสีแดงใกล้เคียงกัน จึงทำให้ค่าแอนโทไซยานินไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.11 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเครื่องต้มคีเฟอร์จากสมุนไพรกระชายผสม
กระเจียบที่ระดับ pH ที่ต่างกัน

คุณลักษณะ	ระดับ pH น้ำสมุนไพรเริ่มต้น		
	2.5	3.0	3.5
ลักษณะปรากฏ ^{ns}	8.20±0.76	7.70±0.84	7.60±1.07
สี ^{ns}	8.07±0.74	7.83±0.99	7.80±1.09
กลิ่น ^{ns}	7.67±1.09	7.33±0.99	7.23±1.19
รสชาติ	7.83±1.09 ^a	7.83±0.91 ^a	7.23±1.27 ^b
ความชอบโดยรวม	7.97±1.07 ^a	7.83±0.87 ^{ab}	7.40±1.10 ^b

หมายเหตุ : ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกัน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ค่าที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.11 ผลการศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เครื่องต้มคีเฟอร์จากสมุนไพร ที่มีระดับ pH ต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ 3.0 3.5 และ 4.0 พบว่าปัจจัยในด้านสี, กลิ่น และลักษณะปรากฏ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนด้านรสชาติ และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์เครื่องต้มคีเฟอร์จากสมุนไพรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากในการคัดเลือกสูตรจะตัดสินจากความชอบโดยรวมด้วยค่าแอนโทไซยานินของคีเฟอร์แต่ละสูตรไม่แตกต่างกัน โดยที่มีระดับ pH 2.5 และ 3.0 มีคะแนนความชอบด้านรสชาติ และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกัน แต่มีคะแนนมากกว่าระดับ pH 3.5 ส่วนที่ pH 3.0 และ 3.5 เกิดรสฝาดขึ้นเนื่องจาก มีการใช้ NaOH ปรับ pH ของเครื่องต้มให้สูงขึ้นทำให้เกิดความรู้สึกมีรสขมหรือฝาดได้ ซึ่งในด้านรสชาติ และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์เครื่องต้มคีเฟอร์จากสมุนไพรที่มีระดับ pH 2.5 มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด เท่ากับ 8.20±0.76 จึงเลือกระดับ pH 2.5 ไปใช้ในการทดลองต่อไป

2.3.1 คีเฟอร์ซิง

- ค่าความเป็นกรด-ด่าง เริ่มต้นในการหมักเครื่องต้มคีเฟอร์ซิงที่เหมาะสม ที่ระดับ pH เริ่มต้น 3.0 เหมาะสมมากกว่า pH 3.5 และ pH 4.0 ตามลำดับ
- ระดับน้ำตาลเริ่มต้นที่เหมาะสมในการหมักเครื่องต้มคีเฟอร์ซิง น้ำตาลร้อยละ 15 เหมาะสมมากกว่า น้ำตาลร้อยละ 12 และ 18 ตามลำดับ

- คีเฟอร์ที่ได้มีค่าสี ความสว่าง (L^*) เท่ากับ 76.19 ± 0.03 สีแดง (a^*) เท่ากับ 3.23 ± 0.01 สีเหลือง (b^*) เท่ากับ 30.31 ± 0.05 ค่าของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ เท่ากับ 12.00 ± 0.29 องศาบริกซ์ และปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 0.95 ± 0.00 ค่า pH 3.03 ± 0.01 ปริมาณกรดแลคติก ร้อยละ 0.65 ± 0.00

2.3.2 คีเฟอร์กระชายผสมสมุนไพร

- ค่าความเป็นกรด-ด่าง เริ่มต้นในการหมักเครื่องดื่มคีเฟอร์กระชายที่เหมาะสม ที่ระดับ pH เริ่มต้น 3.0 เหมาะสมมากกว่า pH 3.5 และ pH 4.0 ตามลำดับ
- ระดับน้ำตาลเริ่มต้นที่เหมาะสมในการหมักเครื่องดื่มคีเฟอร์กระชาย น้ำตาลร้อยละ 15 เหมาะสมมากกว่า น้ำตาลร้อยละ 12 และ 18 ตามลำดับ
- คีเฟอร์ที่ได้มีค่าสี ความสว่าง (L^*) เท่ากับ 70.20 ± 0.10 สีแดง (a^*) เท่ากับ 5.23 ± 0.01 สีเหลือง (b^*) เท่ากับ 15.31 ± 0.05 ค่าของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ เท่ากับ 12.00 ± 0.29 องศาบริกซ์ และปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 0.85 ± 0.00 ค่า pH 2.95 ± 0.01 ปริมาณกรดแลคติก ร้อยละ 0.40 ± 0.00

2.3.3 คีเฟอร์มะขามป้อมผสมกระชาย

- ค่าความเป็นกรด-ด่าง เริ่มต้นในการหมักเครื่องดื่มคีเฟอร์มะขามป้อม ที่เหมาะสม ที่ระดับ pH เริ่มต้น 3.0 เหมาะสมมากกว่า pH 3.5 และ pH 4.0 ตามลำดับ
- ระดับน้ำตาลเริ่มต้นที่เหมาะสมในการหมักเครื่องดื่มคีเฟอร์มะขามป้อม น้ำตาลร้อยละ 15 เหมาะสมมากกว่า น้ำตาลร้อยละ 12 และ 18 ตามลำดับ
- คีเฟอร์ที่ได้มีค่าสี ความสว่าง (L^*) เท่ากับ 20.50 ± 0.10 สีแดง (a^*) เท่ากับ 6.23 ± 0.01 สีเหลือง (b^*) เท่ากับ 18.23 ± 0.05 ค่าของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ เท่ากับ 13.00 ± 0.29 องศาบริกซ์ และปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 0.75 ± 0.00 ค่า pH 2.90 ± 0.01 ปริมาณกรดแลคติก ร้อยละ 0.50 ± 0.00

4.3 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์จากสมุนไพร

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำสมุนไพร และผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์จากสมุนไพร เป็นระยะเวลา 12 วัน โดยทำการวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมีทุก 3 วัน ได้แก่ 0, 3, 6, 9 และ 12 วัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาการเปลี่ยนแปลงโปรไฟล์คาร์โบไฮเดรตในกระบวนการหมักคีเฟอร์ของ Hikmetoglu et al, (2020) สอดคล้องกับ Bueno et al, (2021) การประเมินอายุการเก็บรักษาของเครื่องดื่มไม่มีแอลกอฮอล์สองสูตรที่หมักด้วยคีเฟอร์น้ำโดยใช้แก้วมังกรแดงและเนื้อแอปเปิลเป็นสารตั้งต้นเก็บไว้ที่ 7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วันโดยทำการวิเคราะห์ทุกๆ 7 วัน พบว่าฤทธิ์ทางชีวภาพของเครื่องดื่มลดลงระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษา เครื่องดื่มหมักที่ศึกษายังมีสารสำคัญ ดังนั้นควรบริโภคผลิตภัณฑ์เหล่านี้ใน 7 วันแรกเนื่องจากสามารถเก็บรักษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้ดีขึ้นและมีระดับความเป็นกรดและแอลกอฮอล์ที่ต่ำกว่า จึงทำการแสดง (ดังตารางที่ 4.7) และผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์จากสมุนไพร โดยทำการวิเคราะห์ผลในวันที่ 0 และ 12 แสดงดังตารางที่ 4.8



ภาพที่ 4.2 เครื่องดื่มคีเฟอร์จิง คิเฟอร์กระชายผสมกระเจี๊ยบ และคิเฟอร์มะขามป้อมผสมกระชาย

ตารางที่ 4.12 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของคีเฟอร์ซิงที่เก็บรักษาในตู้เย็นที่เวลาต่างกัน

คุณภาพ	ระยะเวลา (วัน)				
	0	3	6	9	12
ค่าสี (L*)	53.89±0.04 ^a	53.76±0.02 ^b	53.56±0.06 ^c	53.35±0.07 ^d	52.79±0.10 ^e
(a*)	59.46±0.03 ^e	59.58±0.02 ^d	59.75±0.03 ^c	59.86±0.02 ^b	59.99±0.03 ^a
(b*)	29.93±0.03 ^e	24.20±0.04 ^d	24.34±0.02 ^c	24.57±0.04 ^b	24.67±0.04 ^a
Brix	15.00±0.00 ^a	14.17±0.29 ^b	14.00±0.00 ^b	14.00±0.00 ^b	14.00±0.00 ^b
pH ^{ns}	2.74±0.02	2.74±0.02	2.73±0.01	2.72±0.02	2.74±0.00
กรดแลกติก (ร้อยละ) ^{ns}	0.07±0.02	0.08±0.02	0.07±0.01	0.06±0.01	0.06±0.00
แอลกอฮอล์ (ร้อยละ) ^{ns}	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
แอนโทไซยานิน (mg/L)	4.67±0.05 ^a	4.55±0.04 ^b	4.40±0.02 ^c	4.27±0.03 ^d	4.15±0.01 ^e
FRAP (mg AAE/g)	4.55±0.12 ^a	3.67±0.10 ^b	2.85±0.05 ^b	1.65±0.20 ^c	1.40±0.15 ^c
cTPC (mg AAE/g)	9.95±0.01 ^a	7.67±0.05 ^{ab}	6.65±0.20 ^b	4.34±0.17 ^{bc}	2.33±0.19 ^c

หมายเหตุ : ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกัน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ค่าที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.13 การเปลี่ยนแปลงของเครื่องดื่มคีเฟอร์กระชายผสมกระเจี๊ยบที่เก็บรักษาในตู้เย็นที่เวลาต่างกัน

คุณภาพ	ระยะเวลา (วัน)				
	0	3	6	9	12
ค่าสี (L*)	56.18 ±0.04 ^a	56.15±0.02 ^{ab}	56.13±0.03 ^{ab}	56.08±0.02 ^{bc}	56.02±0.06 ^c
(a*)	59.15±0.04 ^d	59.35±0.02 ^c	59.37±0.01 ^c	59.43±0.02 ^b	59.53±0.02 ^a
(b*)	25.03±0.06 ^c	25.12±0.12 ^c	25.59±0.04 ^b	25.98±0.09 ^a	26.08±0.05 ^a
Brix	13.83±0.29 ^a	13.50±0.00 ^b	13.50±0.00 ^b	13.50±0.00 ^b	13.50±0.00 ^b
pH ^{ns}	2.52±0.02	2.52±0.02	2.51±0.01	2.50±0.02	2.52±0.01
กรดแลกติก (ร้อยละ)	0.08±0.02 ^b	0.09±0.00 ^a	0.06±0.00 ^c	0.05±0.01 ^c	0.05±0.01 ^c
แอลกอฮอล์ (ร้อยละ)	0.93±0.03 ^a	0.55±0.00 ^b	0.53±0.03 ^b	0.50±0.00 ^c	0.40±0.00 ^d
แอนโทไซยานิน (mg/L)	3.88±0.18 ^a	3.71±0.11 ^{ab}	3.74±0.10 ^{ab}	3.54±0.04 ^{bc}	3.36±0.26 ^c
FRAP (mg AAE/g)	4.23±0.05 ^a	3.20±0.14	2.62±0.20	1.23±0.08	1.34±0.10
TPC (mg AAE/g)	10.56±0.14	8.35±0.10	6.45±0.08	4.42±0.02	2.37±0.14

หมายเหตุ : ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกัน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ค่าที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.14 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเครื่องดื่มคีเฟอร์มะขามป้อมที่เก็บรักษาในตู้เย็น
ที่เวลาต่างกัน

คุณภาพ	ระยะเวลา (วัน)				
	0	3	6	9	12
ค่าสี (L*)	76.18 ±0.04 ^a	76.15±0.00 ^{ab}	76.13±0.00 ^{ab}	76.08±0.02 ^{bc}	76.02±0.00 ^c
(a*)	0.11±0.04 ^d	0.32±0.02 ^c	0.35±0.01 ^c	0.41±0.02 ^b	0.54±0.02 ^a
(b*)	5.03±0.02 ^c	5.12±0.10 ^c	5.59±0.04 ^b	5.98±0.09 ^a	6.08±0.05 ^a
Brix ^{ns}	13.53±0.29	13.60±0.00	13.80±0.00	13.80±0.00	12.50±0.00
pH ^{ns}	2.52±0.02	2.52±0.02	2.50±0.01	2.50±0.02	2.51±0.01
กรดแลกติก (%)	0.08±0.02 ^b	0.09±0.00 ^a	0.06±0.00 ^c	0.05±0.01 ^c	0.05±0.01 ^c
แอลกอฮอล์ (%)	0.83±0.03 ^a	0.65±0.00 ^b	0.63±0.03 ^b	0.55±0.00 ^c	0.50±0.00 ^d
แอนโทไซยานิน (mg/L)	1.88±0.18 ^a	1.70±0.11 ^{ab}	1.75±0.10 ^{ab}	1.54±0.04 ^{bc}	1.26±0.26 ^c
FRAP (mg AAE/g)	87.5±0.20a	62.5±0.65b	37.5±0.85c	30.54±0.55cd	25.60±0.34d
TPC (mg AAE/g)	108.22±0.10a	81.32±0.24b	54.35±0.01c	40.51±0.32d	27.84±0.41e

หมายเหตุ : ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกัน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ค่าที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

AA= Ascorbic acid equivalent, GAE= Gallic acid equivalent

จากตารางที่ 4.12-4.14 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์จากสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด เป็นระยะเวลา 12 วัน โดยทำการวิเคราะห์ผลทุก 3 วัน ได้แก่ 0, 3, 6, 9 และ 12 วัน พบว่า ค่าสี ค่าความสว่าง (L*), ค่าสีแดง (a*), ค่าสีเหลือง (b*), ค่าของแข็งที่ละลายในน้ำ, ปริมาณกรดแลกติก, ปริมาณแอลกอฮอล์ และค่าแอนโทไซยานิน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่ค่าความสว่าง (L*) จะมีค่าลดลงตามลำดับ ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสีที่เข้มขึ้น ค่าความสว่างจึงลดลง (Fiorda et al., 2017) ค่าของแข็งที่ละลายในน้ำ ในวันที่ 0 มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 13.83 ± 0.29 ริกซ์ ส่วนวันที่ 3-12 จะมีเท่ากันคือ 13.50 ± 0.00 องศาบริกซ์ ปริมาณกรดแลกติก, ปริมาณแอลกอฮอล์ และค่าแอนโทไซยานิน จะมีค่าลดลงตามลำดับ ส่วนค่า pH ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เนื่องจากจุลินทรีย์ได้แก่ ยีสต์ และกลุ่ม *Lactic acid bacteria* กับ *Acetic acid bacteria* แต่เจริญเติบโตได้ช้าที่อุณหภูมิต่ำ ปริมาณแอลกอฮอล์แอนโทไซยานินลดลง ทำให้เกิดผล

กระทบจากการเก็บที่แสง เอนไซม์ และภาวะที่มีออกซิเจน จะมีผลเร่งอัตราเร็วของการสลายตัวของ แอลกอฮอล์และแอนโทไซยานินเกิดได้เร็วขึ้น (จิราวรรณ, 2554)

ตารางที่ 4.15 การเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์จากสมุนไพรมะขาม 3 ชนิด

คุณภาพ	การเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์ (วัน)			
	0	4	8	12
เครื่องดื่มคีเฟอร์ชিং				
จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	6.70×10^4	6.70×10^5	6.70×10^6	7.88×10^6
ยีสต์ (CFU/g)	1.33×10^4	1.33×10^4	1.33×10^4	2.00×10^4
โคลิฟอร์ม (MPN/g)	น้อยกว่า 3	น้อยกว่า 3	น้อยกว่า 3	น้อยกว่า 3
<i>E. coli</i> (MPN/g)	น้อยกว่า 3	น้อยกว่า 3	น้อยกว่า 3	น้อยกว่า 3
เครื่องดื่มคีเฟอร์กระชายผสมกระเจี๊ยบ				
จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	2.55×10^4	3.70×10^5	4.70×10^6	5.33×10^6
ยีสต์ (CFU/g)	2.02×10^4	2.03×10^4	2.43×10^4	2.35×10^4
โคลิฟอร์ม (MPN/g)	น้อยกว่า 3	น้อยกว่า 3	น้อยกว่า 3	น้อยกว่า 3
<i>E. coli</i> (MPN/g)	น้อยกว่า 3	น้อยกว่า 3	น้อยกว่า 3	น้อยกว่า 3
คีเฟอร์มะขามป้อมผสมกระชาย				
จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	2.80×10^4	3.65×10^5	4.68×10^6	6.25×10^6
ยีสต์ (CFU/g)	2.38×10^4	2.03×10^4	2.45×10^4	2.68×10^4
โคลิฟอร์ม (MPN/g)	น้อยกว่า 3	น้อยกว่า 3	น้อยกว่า 3	น้อยกว่า 3
<i>E. coli</i> (MPN/g)	น้อยกว่า 3	น้อยกว่า 3	น้อยกว่า 3	น้อยกว่า 3

จากตารางที่ 4.15 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์จากสมุนไพรมะขามพบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของวันที่ 0 และ 12 มีค่าเท่ากันคือ 6.70×10^6 CFU/g ปริมาณยีสต์-ราในวันที่ 12 คือ 2.68×10^4 CFU/g ตามลำดับ ซึ่งยีสต์ต้องไม่น้อยกว่า 1×10^4 CFU/g (Gulitz et al., 2011) และปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์ม และ *E. coli* มีค่าน้อยกว่า 3 MPN/g ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานของประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 353) .ศ. 2556 เรื่อง นมเปรี้ยว คือ มีจุลินทรีย์ที่ใช้ในกรรมวิธีการหมักคงเหลือในนมเปรี้ยวที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อหลังการหมัก 1 g แล้วแต่กรณี ดังนี้

แบคทีเรียไม่น้อยกว่า 1×10^7 CFU, ยีสต์ไม่น้อยกว่า 1×10^4 CFU และ ตรวจพบแบคทีเรียชนิดโคลิฟอร์มน้อยกว่า 3 MPN/g (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 2556) เนื่องจากจำนวนเซลล์ *Lactic acid bacteria* ที่มีชีวิต ในระหว่างการจับเก็บน้ำผลไม้หมัก เพื่อให้โพรไบโอติก สามารถอยู่รอดในสถานะที่ไม่เอื้ออำนวยของทางเดินอาหารส่วนต้น โพรไบโอติกจะต้องมีอยู่ในผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติเป็นโพรไบโอติกจะต้องมีความเข้มข้นประมาณ 10^6 - 10^7 CFU/g เมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ จำนวนจุลินทรีย์จะลดลงหลังจาก 2 สัปดาห์แรกของการจับเก็บ (Kazakos et al, 2016)

เมื่อเก็บคีเฟอร์สมุนไพรมานานขึ้น ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด รวมถึงยีสต์และรา มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสอดคล้องกับหลักการของการหมัก ด้วยการเก็บรักษาด้วยอุณหภูมิเย็น (ประมาณ 4–8 °C) ไม่ได้หยุดการเจริญของจุลินทรีย์โดยสิ้นเชิง แต่เป็นการลดอัตราการเจริญเติบโต ลดเมตาบอลิซึมของจุลินทรีย์ที่ทนต่อสถานะเย็น โดยเฉพาะกลุ่มแบคทีเรียกรดแลกติก) และยีสต์บางชนิด เช่น *Saccharomyces spp.*, *Kluyveromyces spp.* ยังคงสามารถเจริญได้ในสภาวะดังกล่าว นอกจากนี้ สารอาหารที่เหลืออยู่ในคีเฟอร์ เช่น คาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนจากสมุนไพรรดอะมิโน วิตามิน และสารฟีนอลิก ยังสามารถเป็นแหล่งพลังงานและอาจช่วยส่งเสริมการเจริญให้แก่จุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บทำให้เชื้อจุลินทรีย์ยังคงอยู่และเพิ่มจำนวนได้ ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานของ Prado et al. (2015) ที่รายงานว่าปริมาณจุลินทรีย์ในคีเฟอร์ยังคงเปลี่ยนแปลงต่อเนื่องแม้เก็บในตู้เย็น และงานของ Garofalo et al. (2015) ที่พบว่าใน water kefir ปริมาณยีสต์และแบคทีเรียยังคงเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บเย็น นอกจากนี้ Marsh et al. (2014) ยังระบุว่าเครื่องดื่มหมักเชิงซ้อนมีการเปลี่ยนแปลงจุลินทรีย์อย่างต่อเนื่องตามเวลา อันเป็นลักษณะเฉพาะของกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในคีเฟอร์

การเจริญของจุลินทรีย์ยังทำให้มีการสร้างกรดแลกติกและกรดอินทรีย์อื่นเพิ่มขึ้น ส่งผลให้รสชาติของผลิตภัณฑ์มีความเปรี้ยวมากขึ้นตามระยะเวลาเก็บ ยีสต์ในคีเฟอร์ยังคงสามารถเจริญเติบโตได้ โดยจะผลิตเอทานอลปริมาณเล็กน้อย และคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้เกิดแรงดันในบรรจุภัณฑ์และส่งผลให้เครื่องดื่มมีความซ่ามากขึ้น รวมทั้งมีกลิ่นหมักเฉพาะที่เด่นชัดขึ้น เมื่อเก็บนานขึ้นในขวดพลาสติกที่ปิดสนิทจะทำให้ขวดบวมมากขึ้น ทั้งนี้การเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์อย่างต่อเนื่องอาจทำให้เกิดการตกตะกอน ความขุ่นที่สังเกตได้จากกันขวด ดังนั้น แม้ว่าการเก็บในตู้เย็นช่วยยืดอายุการเก็บของคีเฟอร์สมุนไพรมานานได้ แต่กระบวนการหมักยังคงดำเนินต่อไปอย่างช้า ๆ จึงควรมีการกำหนดอายุการเก็บ (shelf-life) ที่เหมาะสม เพื่อรักษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 ผลการคัดเลือกส่วนผสม

1) ผลการคัดเลือกรูปแบบสมุนไพร 3 ชนิด สำหรับผลิตคีเฟอร์น้ำ โดยศึกษาลักษณะรูปแบบของสมุนไพร ได้แก่ แบบสด แบบแห้ง และแบบเชื่อมแห้ง เพื่อเป็นส่วนผสมหลักในการหมักคีเฟอร์สมุนไพร 3 ชนิด ได้แก่ คีเฟอร์ขิง คีเฟอร์กระชาย และคีเฟอร์มะขามป้อม ผลการศึกษาพบว่าการใช้สมุนไพรแบบสด เหมาะสมกว่าแบบแห้งและแบบเชื่อมแห้ง โดยการวัดคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ การวัดค่าสี ปริมาณค่าของแข็งที่ละลายในน้ำ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณแอลกอฮอล์

2) ผลการศึกษาหว่าเชื้อคีเฟอร์ พบว่าหว่าเชื้อจากเมล็ดคีเฟอร์น้ำแบบสด ใช้หมักได้ดีกว่าหว่าเชื้อคีเฟอร์แบบแห้ง โดยเกิดกระบวนการหมักได้เร็วกว่าและเชื่อมีการเจริญเติบโตที่ดี จึงเลือกใช้หว่าเชื้อสายพันธุ์แบบเชื้อสด

5.1.2 ผลการศึกษาสูตรและกรรมวิธีในการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์จากสมุนไพร

1) ผลการศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการหมักและบ่มคีเฟอร์ โดยระยะเวลาในการหมักมี 3 ระดับ คือ 18, 21 และ 24 ชั่วโมง แล้วนำคีเฟอร์ที่ได้ไปวิเคราะห์ค่าทางเคมี เพื่อศึกษาระยะเวลาการหมักที่เหมาะสมไปทดลองต่อไป ผลการหมักเวลา 21 และ 24 ชั่วโมง เหมาะสมสำหรับการหมักคีเฟอร์ ทั้ง 3 ชนิด

2) ผลการศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณน้ำตาลเริ่มต้นในสูตร พบว่าการผสมสมุนไพร 2 ชนิดขมขื่น ช่วยให้คีเฟอร์มีรสชาติที่เหมาะสมมากขึ้น ระดับ pH เริ่มต้นที่เหมาะสมในการหมักผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์จากสมุนไพรอยู่ที่ pH 2.5 คีเฟอร์ที่ได้มีค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) เท่ากับ 44.75 ± 0.07 , 55.62 ± 0.09 และ 30.04 ± 0.06 ตามลำดับ ปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 0.45 ± 0.34 ปริมาณกรดแลคติก ร้อยละ 0.13 ± 0.03 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 2.35 ± 0.02 ของแข็งที่ละลายในน้ำ เท่ากับ 10.83 ± 0.29 องศาบริกซ์ และปริมาณแอนโทไซยานิน เท่ากับ 2.36 ± 0.03 mg/L

3) ระดับน้ำตาลเริ่มต้นในการหมักผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์จากสมุนไพรอยู่ที่ร้อยละ 15 คีเฟอร์ที่ได้มีค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) เท่ากับ 56.19 ± 0.03 , 53.23 ± 0.01 และ 31.31 ± 0.05 ตามลำดับ ปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 0.95 ± 0.00 ปริมาณกรดแลคติกร้อยละ

0.09 ± 0.00 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 2.73 ± 0.01 ของแข็งที่ละลายในน้ำเท่ากับ 12.17 ± 0.29 องศาบริกซ์ และปริมาณแอนโทไซยานิน เท่ากับ 2.94 ± 0.08 mg/L

5.1.3 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์จากสมุนไพร

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์จากสมุนไพรที่เก็บเป็นระยะเวลา 12 วัน .4 องศาเซลเซียส พบว่า ค่าสีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยค่าความสว่าง (L^*), ปริมาณกรดทั้งหมด, ปริมาณแอลกอฮอล์ และปริมาณแอนโทไซยานินมีแนวโน้มลดลงตามลำดับ ค่าของแข็งที่ละลายในน้ำมีค่าคงที่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ไม่มีความแตกต่างกัน ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของวันที่ 0 และ 12 มีค่าเท่ากันคือ 6.70×10^6 CFU/g ปริมาณยีสต์-ราในวันที่ 0 มีค่ามากกว่าวันที่ 12 คือ 2.33×10^6 CFU/g และ 2.00×10^6 CFU/g ตามลำดับ และปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์มมีค่าน้อยกว่า 3 MPN/g ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่เป็นมาตรฐานของประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 353) พ.ศ. 2556 เรื่อง นมเปรี้ยว

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ข้อเสนอแนะจากงานวิจัยนี้

1) เชื้อคีเฟอร์เป็นจุลินทรีย์ที่ต้องเลี้ยงในอุณหภูมิต่ำ จึงควรมีตู้บ่มอุณหภูมิเพื่อควบคุมอุณหภูมิ และศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการหมักคีเฟอร์ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาในด้านต่างๆ ต่อไป

2) การเลี้ยงคีเฟอร์ควรใช้ภาชนะที่เป็นพลาสติก ห้ามใช้อลูมิเนียม

3) การเพาะเลี้ยงคีเฟอร์ควรใช้น้ำดื่มคุณภาพดีในการเลี้ยง ห้ามใช้น้ำกรองหรือน้ำประปา

4) คุณภาพเริ่มต้นของสมุนไพรแดงแห้งที่นำมาใช้มีผลต่อค่าสี และค่า pH ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์จากสมุนไพรที่ได้

5.2.2 ข้อเสนอแนะเพื่อต่อยอดงานวิจัย

1) ควรมีการศึกษาเรื่องสารต้านอนุมูลอิสระในสมุนไพรเพิ่มเติม

2) สามารถใช้สมุนไพรชนิดอื่นในการทำผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำ

เอกสารอ้างอิง

- กรมสุขภาพจิต. (2564). กระจาย ยอดยาสมุนไพร หยุดโรคระบาดจากไวรัส & เสริมภูมิคุ้มกันชีวิต.
<https://dmh.go.th/news/view.asp?id=2420>
- กรมวิชาการเกษตร (2568) พันธุ์ การขยายพันธุ์ การปลูก และการแปรรูปมะขามป้อม, 11 มีนาคม 2568 <https://www.doa.go.th/hc/trang/wpcontent/uploads/2023/A1.pdf>
- กระทรวงอุดมศึกษาวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม. (2566). วว. พร้อมถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิต ผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพจากมะขามป้อม, 11 มีนาคม 2568 <https://www.mhesi.go.th/index.php/news/9685-2023-11-08-03-33-11.html>
- โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช. (2568). กลุ่มยาแก้บิด ท้องเดิน ท้องร่วง โรคกระเพาะ กระจาย. 11 มีนาคม 2568 https://www.rspg.or.th/plants_data/herbs/herbs_07_1.htm
- โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช. (2568). กระเจี๊ยบแดง Hibiscus sabdariffa. 3 มกราคม 2568, https://rspg.or.th/plants_data/use/color3-1.htm
- จิรณรงค์ วงษ์สุนทร. (2564). สอนทำคีเฟอร์นมและคีเฟอร์น้ำหมักผลไม้ดองแบบง่ายๆ เครื่องดื่มแทนน้ำอัดลมที่สร้างสมดุลในระบบลำไส้และระบบย่อยอาหาร. 11 มีนาคม 2567, <https://readthecloud.co/kefir/>
- จิราวรรณ ถูกจิตร์. (2554). การผลิตน้ำผลไม้เข้มข้นพร้อมดื่มจากน้ำมะกึ่งผสมน้ำหม่อนโดย การระเหยภายใต้สุญญากาศ. 9 มีนาคม 2567, [file:///C:/Users/ASUS%20ROG/Downloads/food0854tt_ch2%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/ASUS%20ROG/Downloads/food0854tt_ch2%20(1).pdf)
- เจนจบ ยิ่งสุมล. (2555). สารานุกรมสมุนไพรไทย. บริษัทสหพรบิลเลี่ยน กรุ๊ป จำกัด.
- แฉล้ม มาศวรรณ, สุรพงษ์ เจริญรัถ, ชัยรัตน์ ดุลยพชร และปัญญา เอกมหาชัย. (2545). กระเจี๊ยบแดงพืชสมุนไพร. กสิกร
- ชยันต์ พิเชียรสุนทร, แม้นมาส ชวลิต, และวิเชียร จีรวงศ์. (2558). คำอธิบาย ตำราพระโอสถพระนารายณ์: ฉบับเฉลิมพระเกียรติ 72 พรรษามหาราชา 5 ธันวาคม พ.ศ.2542 (พิมพ์ครั้งที่ 3). อมรินทร์พริ้นติ้ง แอนด์ พับลิชชิ่ง.
- บังอร ศรีพานิชกุลชัย. (2551). จิงเพื่อสุขภาพ (Ginger for Health). วารสารเภสัช ศาสตร์อีสาน, 4, 1-15.
- บุญส่ง แสงอ่อน. (2560). จุลชีววิทยาทางอาหารและการหมักผลิตภัณฑ์. (น.230). มหาวิทยาลัยนเรศวร บัณฑิตวิทยาลัย.

- เบญจมาศ เขียวศิลป์, จริญญา สาทนัสสัย และรัตนพรรณ ภูมิไชยา. (2568). การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการหมักคีเฟอร์เพื่อผลิตคีเฟอร์. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า*, 43(1), 20-28.
- ประกาศกระทรวงสาธารณสุข. (2556). เรื่อง นมเปรี้ยว, (ฉบับที่ 353). 5 ตุลาคม 2567, <https://food.fda.moph.go.th/food-law/announ-moph-353>
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธยา รัตนานนท์. (2556). การหมัก. 11 มีนาคม 2567, <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0316/fermentation>.
- พิสมัย ปโชติการ. (2531). *งานบริการอาหารและเครื่องดื่ม*. พิมพ์ครั้งที่ 2. ศึกษาพร 18 ตุลาคม 2567 <https://n9.cl/75hjn>
- เพชรรัตน์ เฟื่องรัตน์ และอิสราภรณ์ พาณิชยเจริญรัตน์. (2552). *ความเสถียรของแอนโทไซยานินของกระเจี๊ยบและอัญชันในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม*. 11 มีนาคม 2567, <http://science.swu.ac.th/content/e65/e969/e1472/HomeAbstract.pdf>
- พงษ์เทพ อริยเจริญวงศ์, ลักษณะ เหล่าไพบูลย์ และพัฒนา เหล่าไพบูลย์. (2553). กลยุทธ์การผลิตเอทานอลความเข้มข้นสูงของยีสต์โดยกระบวนการหมักแบบกึ่งกะ. *วารสารศูนย์บริการวิชาการ* 18(1):31-36
- ภavana อัศวะประภา. (2543). คู่มือการปลูกพืชสมุนไพร. กองส่งเสริมพืชสวน. กรมส่งเสริม การเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ยุพาพร ผลาขจรศักดิ์. (2547). การสกัดและความคงตัวของแอนโทไซยานินส์ที่สกัดได้จากเปลือกมังคุด. Doctoral dissertation, มหาวิทยาลัย ศิลปากร.
- รุ่งนภา โจระสา และอัมรินทร์ คำนุ. (2563). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์คีเฟอร์จากน้ำมะพร้าว*. วิทยาศาสตร์บัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- วนิดา ปานอุทัย ปานอุทัย, สร้อยสุดา ยอดบำเพ็ญ, มัสนาวี อาดำ, รัตตินันท์ โรมรัตนพันธ์ และชาลิสา ยอดบำเพ็ญ. (2566). ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มหมักเพื่อสุขภาพ. *วารสารวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร*. 539(2), xx
- สาวิตรี ลิ้มทอง ลิ้มทอง. (2549). *ยีสต์ความหลากหลายและเทคโนโลยีชีวภาพ*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สายจิต แกวปัดดา. (2549). ผลของสารสกัดฟลาโวนอยด์จากกระชายและสารอนุพันธ์ฟลาโวนอยด์ต่อการป้องกันการสลายกระดูกอ่อนในหลอดทดลอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สิริญญา ทายะ, นิชกานต์ หวังชัย และ รวิวรรณ วงศ์ภูมิชัย. (2564). ศักยภาพเคมีป้องกันมะเร็งของผลมะขามป้อม. *วารสารพิษวิทยาไทย*, 36(1): 33-53

- สุชาติพิ ภมรประวัติ. (2548). กระจายชะลอความแก่และบำรุงกำลัง. *นิตยสารหมอชาวบ้าน*. 247(305), 29-34.
- สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. (2550). *เศรษฐกิจสมุนไพรปี*. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สำนักงานข้อมูลสมุนไพร. (2562). ฐานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. <http://www.medplant.mahidol.ac.th>
- สำนักโภชนาการ กรมอนามัย. (2018). 11 มีนาคม 2568
<https://thaifcd.anamai.moph.go.th/nss/view.php?flD=04031>
- สำนักงานเกษตรและสหกรณ์ จังหวัดสมุทรสาคร. (2563).
https://www.opsmoac.go.th/samutsakhon-local_wisdom-preview-421091791796
- สำนักงานเกษตรและสหกรณ์ จังหวัดสุรินทร์. (2563). 11 มีนาคม 2568
<https://www.opsmoac.go.th/surin-home>
- สำนักพัฒนาการวิจัยการเกษตร , ม.ป.ป. ฐานข้อมูลวิจัยมะขามป้อม สืบค้นเมื่อ 11 มีนาคม 2568 :
<http://agknowledge.arda.or.th/phyllanthusemblica/>
- สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. (2550). *เศรษฐกิจสมุนไพรปี 2550*. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- สำนักโภชนาการ กรมอนามัย (2018). 11 มีนาคม 2568 จาก :
<https://thaifcd.anamai.moph.go.th/nss/view.php?flD=04031>
- อดิศักดิ์ การพึ่งตน. (2564). กระเจี๊ยบแดงอินทรีย์. 9 มีนาคม 2567, จาก :
<https://kb.mju.ac.th/article.aspx?id=1453>
- อุทัย แก้วเย็น. (2549). โปรไบโอติกส์. 9 มีนาคม 2567,
<https://image.makewebeasy.net/makeweb/0/FiS1iRxJ7/Document/Probiotics.pdf>
- Azlan, A., Khoo, H. E., Sajak, A. A. B., Aizan Abdul Kadir, N. A., Yusof, B. N. M., Mahmood, Z., & Sultana, S. (2020). Antioxidant activity, nutritional and physicochemical characteristics, and toxicity of minimally refined brown sugar and other sugars. *Food Science & Nutrition*, 8(9), 5048-5062.
- Bueno, R. S., Ressutte, J. B., Hata, N. N., Henrique-Bana, F. C., Guergoletto, K. B., de Oliveira, A. G., & Spinosa, W. A. (2021). Quality and shelf life assessment of a new beverage produced from water kefir grains and red pitaya. *Lwt*, 140, 110770.

- Chomchan, R., Siripongvutikorn, S., & Puttarak, P. (2016). Antioxidant and antimicrobial activities of Thai traditional herbal teas derived from three herbal plants. *Journal of Food Science and Technology*, 53(9), 3497–3504. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2335-5>
- Chua, L. S., Lau, C. H., Chew, C. Y., & Eng, K. H. (2022). Herbal beverages: Bioactive compounds, health effects and processing technologies. *Food Reviews International*, 38(3), 1–23. <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1825921>
- Cufaoglu, G., & Erdinc, A. N. (2023). An alternative source of probiotics: Water kefir. *Food frontiers*, 4(1), 21–31.
- Fiorda, F. A., de Melo Pereira, G. V., Thomaz-Soccol, V., Rakshit, S. K., Pagnoncelli, M. G. B., & Soccol, C. R. (2017). Microbiological, biochemical, and functional aspects of sugary kefir fermentation – A review. *Food Microbiology*, 66, 86–95. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2017.04.004>
- Fiorda, F. A., de Melo Pereira, G. V., Thomaz-Soccol, V., Rakshit, S. K., Pagnoncelli, M. G. B., & Soccol, C. R. (2016). Influence of medicinal plants on water kefir fermentation. *Food Research International*, 89, 544–552. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.08.020>
- Fiorda, F. A., de Melo Pereira, G. V., Thomaz-Soccol, V., Rakshit, S. K., Pagnoncelli, M. G. B., de Souza Vandenberghe, L. P., & Soccol, C. R. (2017). Microbiological, biochemical, and functional aspects of sugary kefir fermentation-A review. *Food Microbiology*, 66, 86–95.
- Garofalo, C., Osimani, A., Milanović, V., Aquilanti, L., De Filippis, F., Stellato, G., ... & Clementi, F. (2015). Bacteria and yeast microbiota in milk kefir grains from different Italian regions. *Food Microbiology*, 49, 123–133. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2015.01.017>
- Grand View Research. (2023). Herbal tea market size, share & trends analysis report. <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/herbal-tea-market>
- Gulitz, A., Stadie, J., Wenning, M., Ehrmann, M. A., & Vogel, R. F. (2011). The microbial diversity of water kefir. *International Journal of Food Microbiology*, 151(3), 284–288. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.09.016>

- Gulitz, A., Stadie, J., Wenning, M., Ehrmann, M. A., & Vogel, R. F. (2011). The microbial diversity of water kefir. *International journal of food microbiology*, 151(3), 284-288.
- Hikmetoglu, M., Sogut, E., Sogut, O., Gokirmakli, C., & Guzel-Seydim, Z. B. (2020). Changes in carbohydrate profile in kefir fermentation. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 23, 100220.
- HOP BEER HOUSE KORAT. ม.ป.ป. “เรื่องราวของยีสต์” สืบค้นเมื่อ 8 มีนาคม 2567, <https://hopbeerhouse.com/the->
- Jordão, A. M., Vilela, A., & Cosme, F. (2015). From sugar of grape to alcohol of wine: Sensorial impact of alcohol in wine. *Beverages*, 1(4), 292-310.
- Kausar, H., Saeed, S., Ahmad, M. M., & Salam, A. (2019). Herbal drinks: Traditional and medicinal importance. *International Journal of Food Properties*, 22(1), 1375–1387. <https://doi.org/10.1080/10942912.2019.1634837>
- Kazakos, S., Mantzourani, I., Nouska, C., Alexopoulos, A., Bezirtzoglou, E., & Bekatorou, A. (2016). Production of low-alcohol fruit beverages through fermentation of pomegranate and orange juices with kefir grains. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 4(1), 19-26.
- Kefir By Apitera - คีเฟอร์ สุขภาพดีรอบด้าน ปรับสมดุลร่างกาย. ม.ป.ป. 9 มีนาคม 2567 จาก : <https://www.drparinya.com/content/9142/kefir-by-apitera>
- Khan K.H. (2009). Roles of *Embllica officinalis* in Medicine - A Review. *Bot Res Int* 2(4).
- Krinsky, N. I., & Johnson, E. J. (2005). Carotenoid actions and their relation to health and disease. *Molecular Aspects of Medicine*, 26(6), 459–516. <https://doi.org/10.1016/j.mam.2005.10.001>
- Mao X, Wu LF, Guo HL, et al. (2016). The Genus *Phyllanthus*: An Ethnopharmacological, Phytochemical, and Pharmacological Review. *Evid Based Complement Alternat Med*.7584952.
- Mongkolsuk S and Dean FM. 1964. Pinostrobin and alpinetin from *Kaempferia pandurata*. *J. Chem. Soc.* 4654-4655

- Laureys, D., & De Vuyst, L. (2014). Microbial species diversity, community dynamics, and metabolite kinetics of water kefir fermentation. *Applied and Environmental Microbiology*, 80(8), 2564–2572. <https://doi.org/10.1128/AEM.03978-13>
- Laureys, D., Van Jean, A., Dumont, J., & De Vuyst, L. (2017). Investigation of the instability and low water kefir grain growth during an industrial water kefir fermentation process. *Applied microbiology and biotechnology*, 101, 2811–2819.
- Laureys, D., Van Jean, L., & De Vuyst, L. (2017). Metabolite profiling during water kefir fermentation. *Food Research International*, 102, 377–387. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.09.062>
- Liu, R. H. (2013). Health-promoting components of fruits and vegetables in the diet. *Advances in Nutrition*, 4(3), 384S–392S. <https://doi.org/10.3945/an.112.003517>
- Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., & Chandra, N. (2010). Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy Reviews*, 4(8), 118–126. <https://doi.org/10.4103/0973-7847.70902>
- Lynch, K. M., Wilkinson, S., Daenen, L., & Arendt, E. K. (2021). An update on water kefir: Microbiology, composition and production. *International Journal of Food Microbiology*, 345, 109128.
- Mahomoodally, M. F. (2013). Traditional medicines in Africa: An appraisal of ten potent African medicinal plants. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2013, 617459. <https://doi.org/10.1155/2013/617459>
- Marsh, A. J., O’Sullivan, O., Hill, C., Ross, R. P., & Cotter, P. D. (2013). Sequence-based analysis of the microbial composition of water kefir from multiple sources. *FEMS Microbiology Letters*, 348(1), 79–85. <https://doi.org/10.1111/1574-6968.12248>
- Mercadante, A. Z., & Bobbio, F. O. (2008). Anthocyanins in foods: occurrence and physicochemical properties. *Food colorants: Chemical and functional properties*, 1, 241–76.
- Middleton, E., Kandaswami, C., & Theoharides, T. C. (2000). The effects of plant flavonoids on mammalian cells: Implications for inflammation, heart disease, and cancer. *Pharmacological Reviews*, 52(4), 673–751.

- Miguel, M. G. C. P., Cardoso, P. G., Magalhães-Guedes, K. T., Schwan, R. F. (2010). Profile of microbial communities present in Tibico (Sugary Kefir) grains from different Brazilian States. *Food Science and Technology*, 30(4), 1022–1026. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612010000400017>
- Mao X, Wu LF, Guo HL, et al. (2016). The Genus *Phyllanthus*: An Ethnopharmacological, Phytochemical, and Pharmacological Review. *Evid Based Complement Alternat Med* 2016; 2016: 7584952.
- Mongkolsuk S and Dean F.M. 1964. Pinostrobin and alpinetin from *Kaempferia pandurata*. *J. Chem. Soc.* 4654-4655
- Moretti, A. F., Moure, M. C., Quiñoy, F., Esposito, F., Simonelli, N., Medrano, M., & León-Peláez, Á. (2022). Water kefir, a fermented beverage containing probiotic microorganisms: From ancient and artisanal manufacture to industrialized and regulated commercialization. *Future Foods*, 5, 100123.
- Pandey, K. B., & Rizvi, S. I. (2009). Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2(5), 270–278. <https://doi.org/10.4161/oxim.2.5.9498>
- Pisoschi, A. M., & Pop, A. (2015). The role of antioxidants in the chemistry of oxidative stress: A review. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 97, 55–74. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2015.04.040>
- Prado, M. R., Blandón, L. M., Vandenberghe, L. P., Rodrigues, C., Castro, G. R., Thomaz-Soccol, V., & Soccol, C. R. (2015). Milk kefir: Composition, microbial cultures, biological activities, and related products. *Frontiers in Microbiology*, 6, 1177. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.01177>
- Prodanov, M. P., Dominguez, J. A., Blazquez, I., Salinas, M. R., & Alonso, G. L. (2005). Some aspects of the quantitative/qualitative assessment of commercial anthocyanin-rich extracts. *Food Chemistry*, 90(4), 585-596.
- Puerari, C., Magalhães-Guedes, K. T., & Schwan, R. F. (2012). Physicochemical and microbiological characterization of sugary kefir beverages produced from different fruits. *Food Research International*, 48(1), 56–64. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.02.018>

- Şafak, H., Gün, İ., Tudor Kalit, M., & Kalit, S. (2023). Physico-chemical, microbiological and sensory properties of water kefir drinks produced from demineralized whey and dimrit and shiraz grape varieties. *Foods*, 12(9), 1851.
- Shahidi, F., & Ambigaipalan, P. (2015). Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects – A review. *Journal of Functional Foods*, 18, 820–897. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.06.018>
- Siam Market Research. (2021). Thailand herbal drinks market report 2021–2026. Siam Market Research.
- Sun-Waterhouse, D. (2011). The development of fruit-based functional foods targeting the health and wellness market: A review. *International Journal of Food Science & Technology*, 46(5), 899–920. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02499.x>
- Sutharut, J., & Sudarat, J. (2012). Total anthocyanin content and antioxidant activity of germplasm fruits. *Procedia Engineering*, 32, 108–112. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.01.1233>
- Wahyuningsih, S., Wulandari, L., Wartono, M. W., Munawaroh, H., & Ramelan, A. H. (2017). The effect of pH and color stability of anthocyanin on food colorant. In IOP conference series: *Materials science and engineering* (Vol. 193, No. 1, p. 012047). IOP Publishing.
- Witthuhn, R. C., Schoeman, T., & Britz, T. J. (2012). Characterisation of the microbial population at different stages of kefir production and kefir grain mass. *International Dairy Journal*, 12(5), 367–372. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(02\)00040-4](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(02)00040-4)
- Xu, B. J., Yuan, S. H., Chang, S. K. C., & Yin, Y. (2007). Antioxidant activity of black soybeans and soy products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(15), 6044–6051. <https://doi.org/10.1021/jf070421k>
- Yang, Y., Li, W., Sun, J., & Liu, J. (2018). Health-promoting properties of water kefir. *Journal of Functional Foods*, 48, 256–265. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.07.035>

- Zaïd Paula and Farley Trubendorffer. (2018). Optimal growth conditions of *Saccharomyces cerevisiae* in bioreactors. 17 ตุลาคม 2567, <https://www.utrechtinnovatielab.nl/uploads/media/5c754366395b3/poster-bioreactoren-qvq-studentenproject-2018.pdf>
- Zannini, E., Lynch, K. M., Nyhan, L., Sahin, A. W., O’Riordan, P., Luk, D., & Arendt, E. K. (2022). Influence of substrate on the fermentation characteristics and culture-dependent microbial composition of water kefir. *Fermentation*, 9(1), 28. <https://hopbeerhouse.com/the->
- Zhenxian, Z., Xizhen, A., Qi, Z., & Shi-jie, Z. (2000). Studies on the diurnal changes of photosynthetic efficiency of ginger. *Acta Hort. Sinica*, 27(2), pp. 107–111.

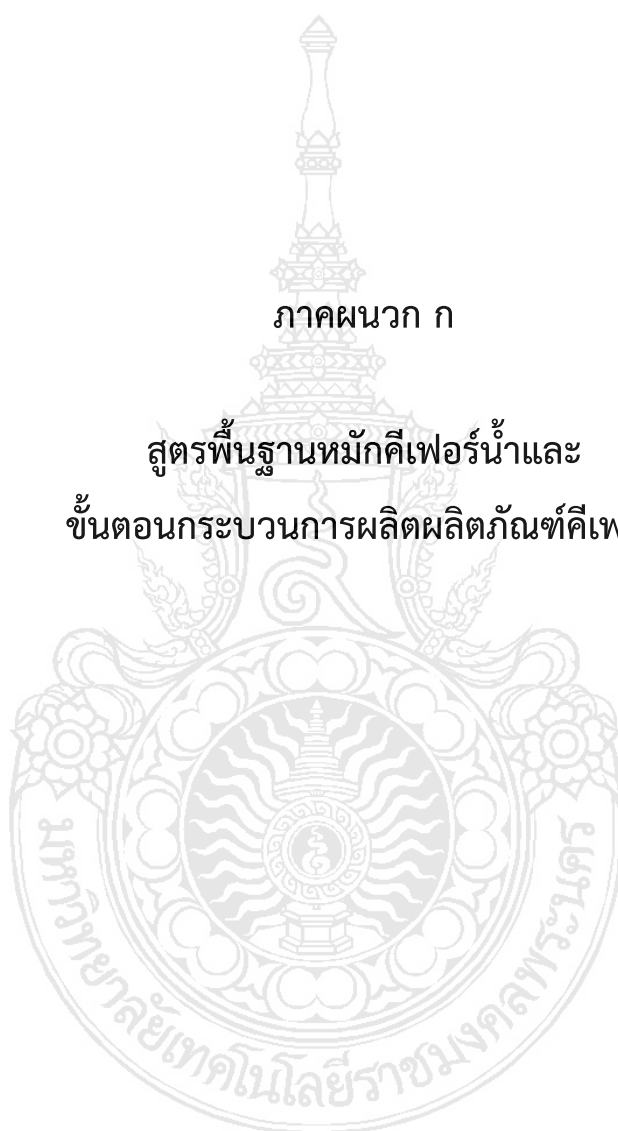


ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

สูตรพื้นฐานหมักคีเฟอร์น้ำและ
ขั้นตอนกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์คีเฟอร์



สูตรน้ำหมักคีเฟอร์

1. ส่วนผสมของน้ำหมักคีเฟอร์

- | | |
|-------------------------------------|-------|
| 1. หัวเชื้อคีเฟอร์น้ำ (Water kefir) | 50 g |
| 2. น้ำตาลทรายไม่ขัดสี ยี่ห้อวังขนาย | 75 g |
| 3. น้ำสมุนไพรมะนาว | 500 g |

วิธีทำ

1. ต้มขวดแก้วขนาด 576 ml เพื่อฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 90-100 องศาเซลเซียส จากนั้นนึ่งรอให้ขวดแก้วแห้ง
2. ชั่งน้ำตาลทรายไม่ขัดสี 75 g ผสมเข้ากับน้ำสมุนไพรมะนาว 500 ml ลงในขวดแก้ว คนให้น้ำตาลทรายละลายเข้ากัน
3. ใส่หัวเชื้อคีเฟอร์น้ำ 50 g ลงในขวดแก้ว คนให้เชื้อกระจายตัวเบาๆ
4. นำคีเฟอร์น้ำไปบ่มที่อุณหภูมิ 27 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2. ขั้นตอนการล้างและพักเชื้อคีเฟอร์

1. หัวเชื้อคีเฟอร์
2. น้ำเปล่า ยี่ห้อ น้ำทิพย์
3. โหลแก้ว
4. กระชอนพลาสติก
5. ขามแก้วหรือขามพลาสติก
6. ข้อนพลาสติก
7. ผ้าขาวบาง

วิธีทำ

1. วางกระชอนพลาสติกลงบนขามพลาสติก พับผ้าขาวบางวางบนกระชอน จากนั้นเทหัวเชื้อคีเฟอร์ลงบนกระชอนพลาสติกที่เตรียมไว้
2. นำน้ำสะอาดมาล้างหัวเชื้อคีเฟอร์ ใช้ข้อนพลาสติกเขี่ยหัวเชื้อคีเฟอร์ให้โดนน้ำอย่างทั่วถึง โดยทำการล้างหัวเชื้อคีเฟอร์อย่างน้อย 3 ครั้ง
3. เตรียมน้ำกับน้ำตาลทรายไม่ขัดสี คนให้น้ำตาลละลาย เทลงในขวดโหลแก้ว
4. เมื่อล้างหัวเชื้อคีเฟอร์เสร็จแล้ว นำหัวเชื้อคีเฟอร์ตกลงในโหลแก้วที่มีน้ำกับน้ำตาลที่เตรียมไว้ ใส่ให้ท่วมบริเวณหัวเชื้อคีเฟอร์ เพื่อให้หัวเชื้อคีเฟอร์งานได้ในครั้งต่อไป

ขั้นตอนการหมักผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์จากสมุนไพรมะนาว



ต้มขวดแก้วเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่อาจมีผลต่อกระบวนการหมักที่อุณหภูมิ 85-90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นรอกให้โหลแก้วแห้ง



เตรียมน้ำสมุนไพรมะนาว 500 ml น้ำตาลทรายไม่ขัดสี 75 g และหัวเชื้อคีเฟอร์ 50 g เทน้ำตาลทรายไม่ขัดสีลงในน้ำสมุนไพรมะนาว ผสมให้เข้ากัน แล้วเติมหัวเชื้อคีเฟอร์





ต้มในตู้อบที่อุณหภูมิ 27 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อถึงระยะเวลาที่กำหนดให้กรองแยกหัวเชื้อคีเฟอร์ออกจากน้ำสมุนไพรร แล้วเก็บเชื้อคีเฟอร์ไว้ใช้ในครั้งต่อไป



ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์จากสมุนไพรร

แผนภูมิที่ ก.1 ขั้นตอนการหมักผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์จากสมุนไพรร

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก รุ่งนภา และอัมรินทร์ (2563)

ข้อควรระวัง

คุณภาพกากน้ำตาล ควรเลือกแบบ food grade และไม่ผสมกำมะถัน
 น้ำ ห้ามใช้น้ำประปาที่มีคลอรีน ควรกรองหรือต้มแล้วพัก
 ค่าพีเอช pH ระหว่างหมักคีเฟอร์ อยู่ที่ 3.5–4.5 (ปลอดภัยต่อการบริโภค)
 การหมักรอบสอง (Secondary Fermentation) เพิ่มกลิ่นรสโดยใส่น้ำผลไม้ เพื่อปรับกลิ่นรสได้
 ก่อนบรรจุขวดได้ แล้วหมักต่อ 1 วันในขวดปิดสนิทเพื่อให้เกิดฟองธรรมชาติ

คุณสมบัติ

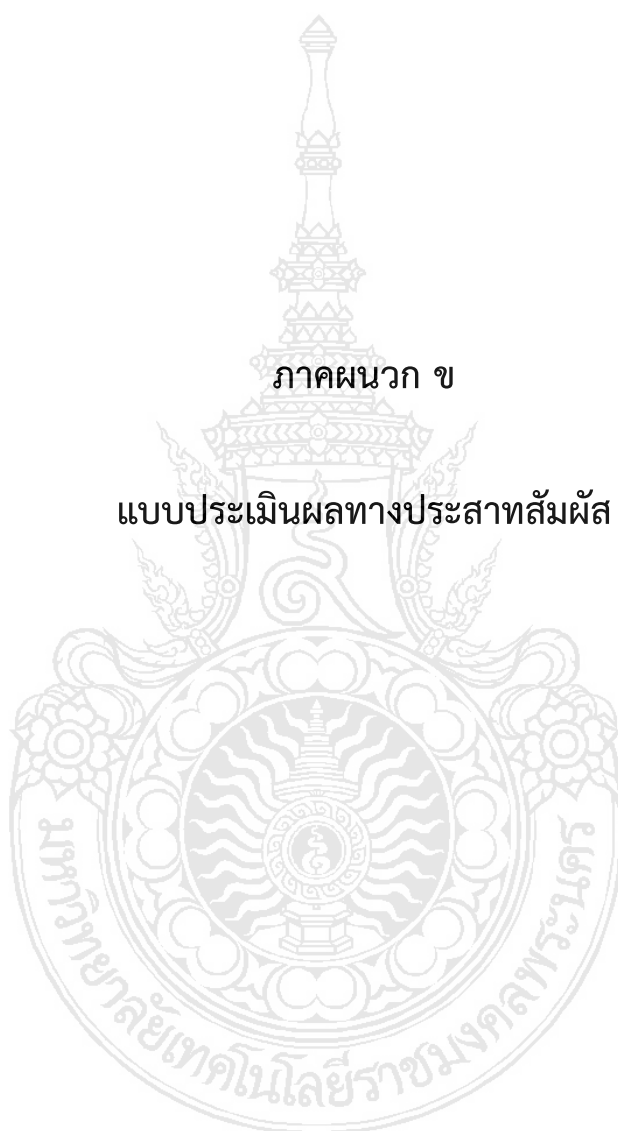
รายละเอียด
 กลิ่น หอมเปรี้ยว มีกลิ่นคาราเมลจากกากน้ำตาล และเชอร์รี่เทศ
 รสชาติ เปรี้ยว หวานน้อย มีฟองเล็กน้อย
 แอลกอฮอล์ <2%
 Probiotics มี Lactobacillus, Acetobacter, Saccharomyces ฯลฯ

การดูแลเมดคีเฟอร์หลังหมัก

- ล้างเบา ๆ ด้วยน้ำสะอาด (ไม่ควรใช้น้ำร้อน)
- เลี่ยงต่อน้ำเชื่อมใหม่หรือแช่ในตู้เย็นชั่วคราว (พักตัว)
- ควรใช้ภาชนะแก้วหรือพลาสติกคุณภาพดี (Food grade)

ภาคผนวก ข

แบบประเมินผลทางประสาทสัมผัส



แบบประเมินทางประสาทสัมผัส

ชื่อผลิตภัณฑ์ การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์จากสมุนไพรว

วันที่..... ชุดที่

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบตัวอย่างจากซ้ายไปขวาและเรียงลำดับตัวอย่างตามความรู้สึกของท่านมากที่สุด
โดยกำหนดให้

9 = ชอบมากที่สุด

6 = ชอบน้อยที่สุด

3 = ไม่ชอบปานกลาง

8 = ชอบมาก

5 = เฉยๆ

2 = ไม่ชอบมาก

7 = ชอบปานกลาง

4 = ไม่ชอบน้อยที่สุด

1 = ไม่ชอบมากที่สุด

คุณลักษณะ ทางประสาทสัมผัส	คะแนนความชอบ		
	รหัส.....	รหัส.....	รหัส.....
สี			
กลิ่น			
รสชาติ			
กลิ่นรส			
ความชอบโดยรวม			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

ขอบคุณสำหรับความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี



การวิเคราะห์ค่าสี

เครื่อง Spectrophotometer CM-3500d

วิธีวิเคราะห์ค่าสี

1. เปิดสวิตช์เครื่องคอมพิวเตอร์และเครื่องวัดสี
 2. เข้าโปรแกรม Spectra Magic NX ที่หน้าจอคอมพิวเตอร์
 3. คลิกที่ปุ่ม instrument (แถบด้านบน) จากนั้นกด Connect F5 เพื่อเป็นการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับเครื่องวัดค่าสี
 4. สังเกตที่แถบด้านล่างจะเปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีเขียว
 5. ทำการปรับเครื่อง (Calibrate) โดยกดปุ่ม Calibration ที่แถบด้านบน
 6. เมื่อทำการปรับเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้กดปุ่ม Measure Target ตั้งชื่อตัวอย่างใหม่ พร้อมใส่ตัวอย่างชนิดแห้งหรือเหลวลงใน Target Mark
 7. จากนั้นทำการปิดกระบอกสีดำไว้ด้านบน (กรณีการสะท้อนแสงวัตถุด้านบน) และปิดด้วยตลับสีขาว (กรณีการวัดส่องผ่านด้านบน)
 8. จากนั้นกดเข้าที่ปุ่ม Measure Sample ตั้งชื่อซ้ำของตัวอย่างเดิม (กรณีเป็นซ้ำของตัวอย่าง)
 9. จากนั้นทำตามข้อ 6 บันทึกผลการทดลองจากตารางในคอมพิวเตอร์ ค่า L^* , a^* และ b^*
- ** กรณีวัดค่าการสะท้อนแสงของวัตถุ (Reflectance Calibration) ตัวอย่างทึบแสง**
- Zero Calibration Box คือกระบอกสีดำนำมาวางครอบไว้ด้านบนของเครื่องแล้วคลิก OK
- White Calibration Plate คือ ตลับสีขาว จะใช้หลังจาก Zero Calibration ตัวอย่างโปร่งแสง
- ** กรณีวัดค่าการสะท้อนแสงของวัตถุ (Transmittance Calibration) ตัวอย่างโปร่งแสง**
- Zero Calibration Box คือกระบอกสีดำนำมาวางครอบไว้ด้านบนของเครื่อง จากนั้นนำแผ่นสีดำมาเสียบไว้ในเครื่องวัดสี แล้วคลิก OK
- White Calibration Plate คือ ตลับสีขาว จะใช้หลังจาก Zero Calibration เสร็จแล้ว ต้องนำแผ่นสีดำออกจากเครื่องด้วย

การวิเคราะห์ค่า pH

เครื่อง pH meter ยี่ห้อ METER TOLEDO รุ่น FiveEasy Plus FP20

วิธีการวิเคราะห์

1. เสียบปลั๊กแล้วเปิดเครื่องจากนั้นทำการ Calibrate ด้วย Buffer โดยใช้บัฟเฟอร์ในการทำความสะอาดหัววัด
2. นำหัวจุ่มจุ่มลงในตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์ อ่านค่าเมื่อ vA ปรากฏจากนั้นทำการจดบันทึกค่าที่ได้
3. เมื่อวัดค่าเสร็จแล้วให้ทำการล้างหัววัด ปิดเครื่องแล้วดึงปลั๊กออก

การวิเคราะห์ปริมาณของของแข็งที่ละลายในน้ำได้ทั้งหมด

วิธีวิเคราะห์

ทำได้โดยหยดสารละลายที่ต้องการทราบค่าลงบนแผ่นปริซึม ปิดด้วยแผ่นปิด แล้วส่องมองผ่านเลนส์ จะปรากฏแสงมองเห็นเป็นแถบสีขาวและน้ำเงิน อ่านค่าตัวเลขที่ได้ตามสเกลกำหนดไว้ เช่น เป็นร้อยละ ความเข้มข้นของน้ำตาล น้ำเชื่อม น้ำผลไม้ที่วัดได้ มีหน่วยเป็นองศาบริกซ์ ($^{\circ}\text{Brix}$) หรืออาจจะเป็น ความหนาแน่นของของเหลวทั้ง 2 อย่าง

วิธีการเก็บรักษา

ล้างด้วยน้ำกลั่นบรินบนแผ่นปริซึม เช็ดให้แห้งแล้วเก็บเข้ากล่อง
หมายเหตุ

ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำทั้งหมด หมายถึงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ กรณีที่มีส่วนประกอบที่มีน้ำตาลเป็นหลัก เช่น ในน้ำเชื่อม ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำทั้งหมด ในกรณีนี้อาจหมายถึงความหวานหรือปริมาณน้ำตาลที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมด

การวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์

เครื่อง Ebulliometer Dujardin Sallerron รุ่น Model #360

วิธีการวิเคราะห์

การ Calibration เครื่อง Ebulliometer

1. ล้างทำความสะอาดเครื่องด้วยน้ำกลั่น
2. ประกอบเครื่องและไม่เติมน้ำเย็นในคอนเดนเซอร์
3. เติมน้ำกลั่นปริมาตร 50 ml ลงใน Boiling Chamber
4. ให้ความร้อนด้วยตะเกียงแอลกอฮอล์ เมื่อน้ำเดือด สังเกตปรอทจะเริ่มวิ่งขึ้นค่าที่ได้

จะเป็นค่าจุดเดือดของเครื่อง

วิธีอ่านค่าจากแผ่นสเกล

หมุนแผ่นสเกลชั้นวงกลมบนให้ได้ 99.8 องศาเซลเซียส ให้ตรงกับ 0 แอลกอฮอล์ แล้วดูจุดเดือดของน้ำตัวอย่างที่ได้ตรงกับ แอลกอฮอล์ร้อยละเท่าไร

หมายเหตุ จุดเดือดของน้ำจะอยู่ที่ 99.8-100 องศาเซลเซียส เนื่องจากความแปรปรวนอากาศภายในห้องไม่เท่ากัน ถ้าอากาศแปรปรวนไม่มากไม่จำเป็นต้องหาจุดเดือดของน้ำหลายครั้ง

-จุดเดือดของแอลกอฮอล์จะอยู่ที่ 65 องศาเซลเซียส



การวิเคราะห์ปริมาณกรดแลกติก

วิธีการวิเคราะห์

1. เตรียมสารละลายมาตรฐาน NaOH เข้มข้น 0.1 นอร์มัล โดยชั่ง NaOH 4 g ลงปิกเกอร์ขนาด 100 ml เติมน้ำกลั่น 50 ml ผสมให้เข้ากัน เทใส่ขวดปรับปริมาตรขนาด 1 L แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 1 L
2. ปิเปตตัวอย่าง 10 ml กับเติมน้ำกลั่นขวดละ 40 ml ใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 ml หยดฟีนอล์ฟทาลีน จำนวน 3 หยด เขย่าตัวอย่างให้เข้ากัน
3. ทำการไทเทรตกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ บันทีกผล โดยทำตัวอย่างละ 3 ครั้ง ทั้ง 3 ตัวอย่าง
4. นำผลที่ได้มาคำนวณผลปริมาณกรดแลกติกตามสูตร ดังนี้

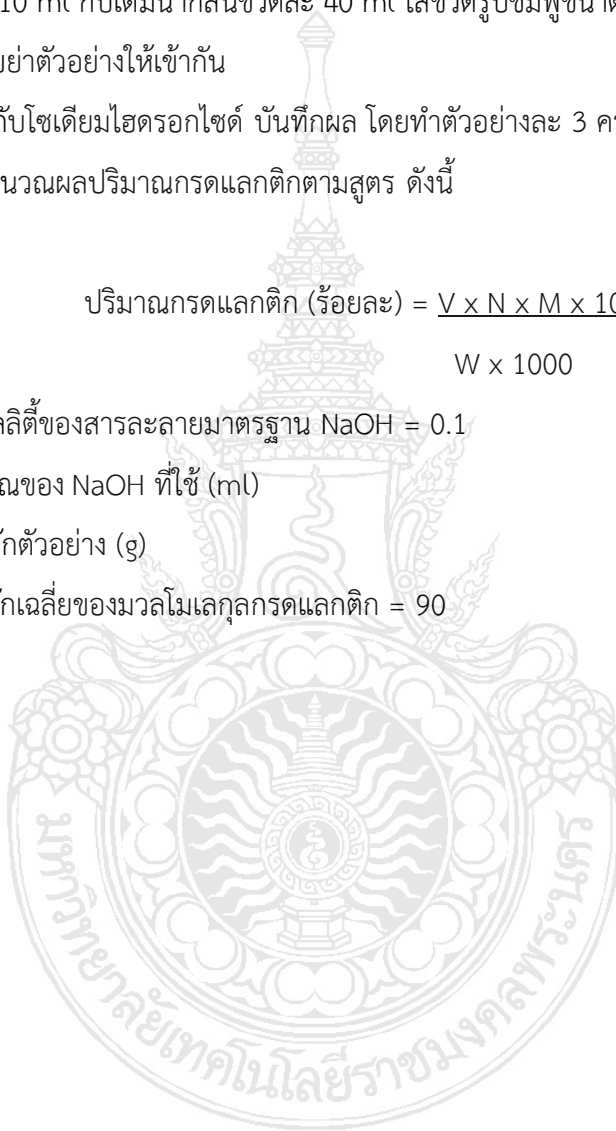
$$\text{ปริมาณกรดแลกติก (ร้อยละ)} = \frac{V \times N \times M \times 100}{W \times 1000}$$

โดย N = นอร์มัลลิตีของสารละลายมาตรฐาน NaOH = 0.1

V = ปริมาณของ NaOH ที่ใช้ (ml)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (g)

M = น้ำหนักเฉลี่ยของมวลโมเลกุลกรดแลกติก = 90



การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานิน ด้วยเทคนิค pH differential

เครื่อง uv-vis Spectrophotometer ยี่ห้อ thermoscientific รุ่น GENESYS10

วิธีการวิเคราะห์

1. เตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ pH 1 โดยชั่ง KCl 0.466 g ลงปิกเกอร์ขนาด 100 ml เติมน้ำกลั่น 240 ml ทำการปรับ pH จนได้เท่ากับ 1 ด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น จากนั้นถ่ายสารละลายใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 250 ml ปรับปริมาตรจนถึงขีดวัดปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

2. เตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ pH 4.5 โดยชั่ง Sodium acetate 13.068 g ลงปิกเกอร์ขนาด 100 ml เติมน้ำกลั่น 240 ml ทำการปรับ pH จนได้เท่ากับ 1 ด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น จากนั้นถ่ายสารละลายใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 250 ml ปรับปริมาตรจนถึงขีดวัดปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

3. ปิเปตตัวอย่าง 0.3 ml ลงในหลอดทดลอง 2 หลอด โดยหลอดที่ 1 เติมสารละลายบัฟเฟอร์ pH 1 ปริมาตร 2.7 ml และหลอดที่ 2 เติมสารละลายบัฟเฟอร์ pH 4.5 ปริมาตร 2.7 ml ผสมให้เข้ากัน และทิ้งไว้เป็นเวลา 10 นาที

4. เปิดสวิตซ์เครื่อง uv-vis Spectrophotometer

5. เข้าโปรแกรม Multi Wavelength ที่หน้าจอ

6. ตั้งค่าความยาวคลื่นให้อยู่ที่ 510 และ 700 nm

7. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงในสารละลาย pH 1 และ pH 4.5 ที่ความยาวคลื่น 510 และ 700 nm

8. นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณหาปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (TA) จากสมการ

$$TA (mg/L) = (A \times MW \times DF \times 1000) / (\epsilon \times l)$$

โดย ค่าการดูดกลืนแสง $A = [(A_{510} - A_{700})_{pH 1.0}] - [(A_{510} - A_{700})_{pH 4.5}]$

MW = มวลโมเลกุลของแอนโทไซยานิน มีค่าเท่ากับ 499.2 g/mol

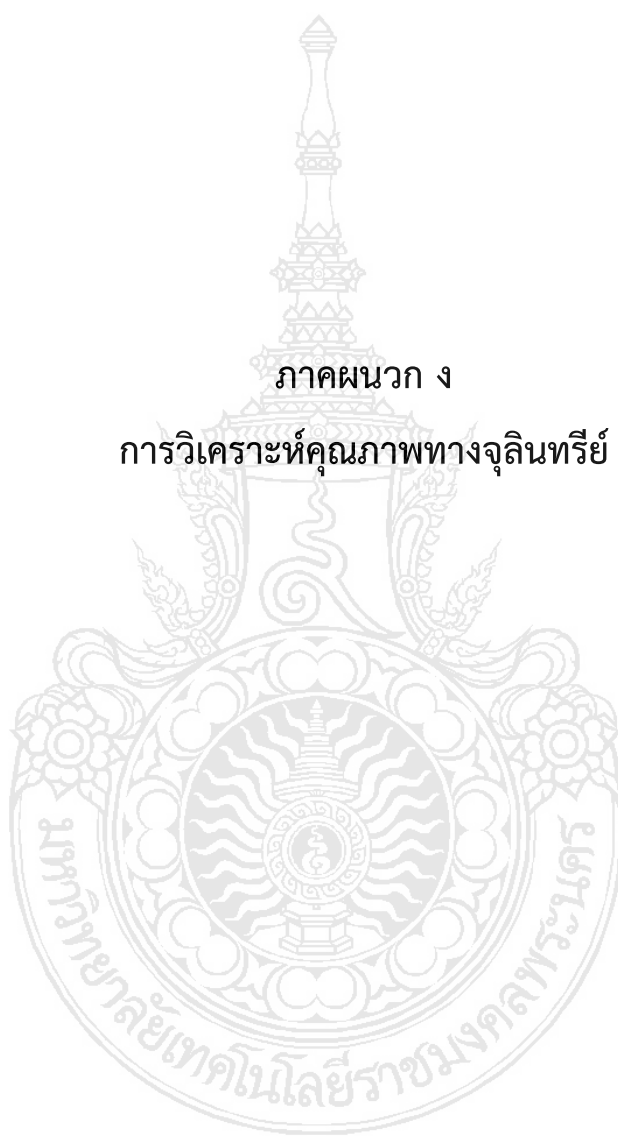
DF = Dilution factor

L = path length หรือ ระยะทางที่แสงผ่านตัววัด มีค่าเท่ากับ 1

ϵ = โมลาร์แอบซอร์ปติวิตี (molar absorptivity) โดยทั่วไปมักใช้ค่าของ

cynidin-3-glucoside ซึ่งมีค่าเท่ากับ 26,900 L Mol⁻¹ cm⁻¹

ภาคผนวก ง
การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์



การวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลชีววิทยาทางอาหารของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์ จากสมุนไพรร

1. การตรวจหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในอาหาร (AOAC, 2002)

1.1 วิธีการวิเคราะห์

1.1.1 จุดตะเกียงแอลกอฮอล์บนไฟบริเวณฝาขวดเครื่องดื่มคีเฟอร์จากสมุนไพรรก่อนเปิดฝา

1.1.2 ใช้ปิเปตที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วดูดตัวอย่างขึ้นมา 25 ml เติมลงในสารละลายบัฟเฟอร์เปปโตน 225 ml เขย่าให้เป็นเนื้อเดียวกันสารละลายที่ได้เป็นตัวอย่างเจือจาง $1:10$ หรือ 10^{-1}

1.1.3 ปิเปตตัวอย่างคีเฟอร์ที่เจือจางความเข้มข้น 10^{-1} ปริมาตร 1 ml ใส่ลงในหลอดทดลองที่มีสารละลายบัฟเฟอร์เปปโตน 9 ml เขย่าตัวอย่างคีเฟอร์ให้เป็นเนื้อเดียวกันได้เป็นสารละลายตัวอย่างคีเฟอร์ที่เจือจาง 10^{-2}

1.1.4 นำตัวอย่างน้ำคีเฟอร์ที่เจือจาง 10^{-2} มาเจือจางต่อให้เป็น 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} , 10^{-7} และ 10^{-8} โดยทำเช่นเดียวกับข้อ 1.1.3

1.1.5 ใช้ปิเปตขนาด 1 ml ที่ผ่านการฆ่าเชื้อปิเปตตัวอย่างที่เจือจางเตรียมไว้ลงในจานเพาะเชื้อปิดฝาครอบ ทำเจือจางละ 3 ครั้ง

1.1.6 นำไปบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง (เนื่องจากการบ่มคีเฟอร์ที่อุณหภูมิต่ำจึงไม่สามารถบ่มที่อุณหภูมิ 35 ± 2 องศาเซลเซียสได้)

1.1.7 ตรวจนับจำนวนโคโรนีนบนจานอาหารเพาะเชื้อที่มีจำนวนระหว่าง 25-250 CFU หากค่าเฉลี่ยจากทั้ง 3 จานเพาะเชื้อรายงานผลการตรวจนับว่ามี Mesophillic aerobic bacteria ในรูปจำนวนโคโลนีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์จากสมุนไพรร 1 g (CFU/g)

1.2 การตรวจนับจำนวนเชื้อจุลินทรีย์

1.2.1 กรณีที่จำนวนเชื้อจุลินทรีย์เจริญอยู่ในช่วง 25-250 CFU/จานเพาะเชื้อ

1.2.1.1 ถ้าจานเพาะเชื้อทั้ง 2 จาน จากตัวอย่างที่ทำให้เจือจาง (dilution) ระดับเดียวกันมีจำนวนโคโลนีอยู่ระหว่าง 25 - 250 CFU นำจำนวนแบคทีเรียทั้ง 3 จาน มาหาค่าเฉลี่ยแล้วคูณด้วยแฟคเตอร์ทำให้เจือจาง

1.2.1.2 ถ้าจานเพาะเชื้อจานใดจานหนึ่งจากตัวอย่างที่ทำให้เจือจางระดับเดียวกันมีโคโลนีน้อยกว่า 25 หรือมากกว่า 250 CFU นำจำนวนแบคทีเรียทั้ง 3 จาน มาหาค่าเฉลี่ยและคูณด้วยแฟคเตอร์การทำให้เจือจาง

1.2.1.3 ถ้ามีตัวอย่างที่ทำให้เจือจาง 2 ระดับ ที่ติดกันมีจำนวนโคโลนีจานเพาะเชื้อ

อยู่ระหว่าง 25 - 250 CFU ให้นำจำนวนโคโลนีทั้ง 2 ระดับ แล้วนำค่าที่นับได้ของแต่ละระดับคูณด้วยแฟกเตอร์ของการทำให้เจือจางหาอัตราส่วนความแตกต่างของค่าที่สูงต่อค่าที่ต่ำ ถ้าไม่เกิน 2 เท่า นำค่าที่ได้จากทั้ง 2 ระดับ ที่เจือจางมาหาค่าเฉลี่ย แต่ถ้าเกินให้รายงานว่าต่ำกว่า

1.2.2 กรณีที่ไม่มีเชื้อเจริญอยู่ในช่วง 25-250 CFU ในจานเพาะเชื้อแต่ยังสามารถนับได้ทั้งหมด ถ้ามีจำนวนเชื้อมากกว่า 250 CFU เลือกรายงานผลที่มีค่าใกล้เคียง 250 CFU โดยรายงานว่าเป็นค่าประมาณ (est.)

1.2.3 กรณีที่ทุกจานเพาะเชื้อมีจำนวนเชื่อน้อยกว่า 25 CFU/ จานเพาะเชื้อ ให้รายงานผลว่าเป็นค่าจริงที่ยับได้จากการเจือจางขั้นต่ำสุด (เข้มข้นสูงสุด) และรายงานว่าเป็นค่าประมาณ (est.)

1.2.4 กรณีที่ทุกจานเพาะเชื้อไม่มีจุลินทรีย์เจริญเลยให้รายงานผลว่าเป็นค่าน้อยกว่าค่าของการทำให้เจือจางที่ต่ำที่สุดและรายงานว่าเป็นค่าประมาณ (est.)

1.2.5 กรณีที่เป็นเชื้อจุลินทรีย์มากกว่า 250 CFU/ จานเพาะเชื้อ

1.2.5.1 ถ้าจำนวนจุลินทรีย์ที่เจริญจากระดับการทำให้เจือจางสูงสุด (เจือจางที่สุด) อยู่ระหว่าง 4-10 CFU/cm² ให้นำแบคทีเรียเป็นพื้นที่ 12 cm² (นับในแนวนอน 6 ตารางติดกัน) หาค่าเฉลี่ย/cm² แล้วคูณด้วยจำนวนพื้นที่ของจานเพาะเชื้อทั้งหมด

1.2.5.2 ถ้าจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่เจริญในระดับการทำให้เจือจางสูงสุดมีมากกว่า 10 CFU/cm² แต่ประมาณจำนวนด้วยสายตาแล้วสามารถที่จะนับให้ได้จำนวนจากพื้นที่เป็นตัวแทนของจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดเพียง 4 cm² หาค่าเฉลี่ย/cm² และคูณด้วยจำนวนของจานเพาะเชื้อทั้งหมด (พื้นที่ขนาดมาตรฐานของจานเพาะเชื้อขนาด 15 x 100 mm ประมาณ 56 cm²) โดยที่ระดับการทำให้เจือจางที่ต่ำกว่านั้นให้รายงานผลเป็น too numerous to count หรือ TNTC

1.2.5.3 ถ้าจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่นับมีค่าเกิน 100 CFU/cm² ให้รายงานผลเป็นค่ามากกว่าพื้นที่ของจานเพาะเชื้อคูณด้วย 100 คูณด้วยค่าแฟกเตอร์การทำให้เจือจางที่สูงที่สุดซึ่งก็คือ 5,600 เท่าของค่าการทำให้เจือจางที่สูงที่สุด และรายงานว่าเป็นค่าประมาณ (est.) กรณีที่จานเพาะเชื้อมี spreader มากกว่าร้อยละ 25 ให้รายงาน "SPR" (spreader) และถ้าจำเป็นต้องนับโคโลนีที่ spreader เป็น 1 CFU ให้นำไปรวมกับจำนวน CFU ปกติแล้วนำไปคำนวณและกรณีที่เกิดการปนเปื้อนหรือเกิดจากการผิดพลาดให้รายงานผลว่า "LA" (laboratory accident)

2 การตรวจปริมาณยีสต์ในอาหารโดยวิธี spread plate

2.1 วิธีการวิเคราะห์

2.1.1 จุดตะเกียงแอลกอฮอล์บนไฟบริเวณฝาขวดคีเฟอร์ก่อนเปิดฝา

2.1.2 ใช้ปิเปตที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วดูดตัวอย่างขึ้นมา 25 ml เติมสารละลายบัฟเฟอร์เปปโตน 225 ml เขย่าให้เป็นเนื้อเดียวกัน สารละลายที่ได้เป็นตัวอย่าง 1:10 หรือ 10^{-1}

2.1.3 ปิเปตตัวอย่างน้ำคีเฟอร์ที่เจือจางความเข้มข้น 10^{-1} ปริมาตร 1 ml ใส่ในหลอดทดลองที่มีสารละลายบัฟเฟอร์เปปโตน 9 ml เขย่าตัวอย่างน้ำคีเฟอร์ให้เป็นเนื้อเดียวกันได้เป็นสารละลายตัวอย่างน้ำคีเฟอร์ที่เจือจาง 1:100 หรือ 10^{-2}

2.1.4 นำตัวอย่างน้ำคีเฟอร์ที่เจือจาง 10^{-2} มาเจือจางต่อให้เป็น 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} , 10^{-7} และ 10^{-8} โดยทำเช่นเดียวกับข้อ 2.1.3

2.1.5 ใช้ปิเปตขนาด 1 ml ที่ผ่านการฆ่าเชื้อปิเปตตัวอย่างที่เจือจางเตรียมไว้ลงในจานเลี้ยงเชื้อ PDA ปิดฝาครอบ ทำเจือจางละ 3 จาน จานละ 0.1 ml เกลี่ยตัวอย่างให้ทั่วผิวน้ำอาหาร PDA ด้วยแท่งแก้วที่ปราศจากเชื้อ ทิ้งไว้สักพักแล้วคว่ำจาน

2.1.6 นำไปบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

2.1.7 ตรวจนับจำนวนโคโรนีบนจานอาหารเพาะเชื้อที่มีจำนวนระหว่าง 25-250 โคโลนี หาค่าเฉลี่ยจากทั้ง 3 จานเพาะเชื้อรายงานผลการตรวจนับว่ามีปริมาณยีสต์ในรูปโคโลนีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์จากสมุนไพร 1 กรัม (CFU/g) ใช้วิธีตรวจนับเช่นเดียวกับการหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในอาหาร

3. การตรวจปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียในอาหาร

3.1 วิธีวิเคราะห์โดยวิธี MPN

3.1.1 Presumptive coliforms

3.1.1.1 ปิเปตตัวอย่าง (10^{-1}) 1 ml เติมลงไปใน LST broth จำนวน 3 หลอด

3.1.1.2 ปิเปตตัวอย่าง (10^{-2}) 1 ml เติมลงไปใน LST broth จำนวน 3 หลอด

3.1.1.3 ดูดสารละลายของน้ำที่เจือจาง 10^{-1} 1 ml เติมลงในหลอด LST broth จำนวน 3 หลอด

3.1.1.4 นำหลอดทั้งหมดไปบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3.1.1.5 ตรวจผลโดยดูการเกิดกรดและก๊าซในหลอดดักก๊าซ ถ้าหลอดใดเกิดก๊าซให้นำไปทดสอบต่อในขั้น confirmed tests ถ้าไม่เกิดก๊าซให้ข้ามต่อจนครบ 48 ชั่วโมง

3.1.2 presumptive faecal coliform

3.1.2.1 เลือกหลอดที่เกิดก๊าซจากข้อ 3.1.1.5 มาทำการถ่ายเชื้อ 1-2 หลบ ลงในหลอดอาหาร Brilliant Green Lactose Bile Broth (BGB) บ่มอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

3.1.2.2 ถ้ามีก๊าซแสดงว่าให้ผลเป็นบวก

3.1.2.3 จำนวนหลอดที่เกิดแก๊สที่นับได้ไปอ่านค่าจำนวนโคลิฟอร์ม แบคทีรีที่น่าจะเป็นไปได้
จากตาราง Most Probable Number (MPN)

3.1.3 Presumptive faecal coliform

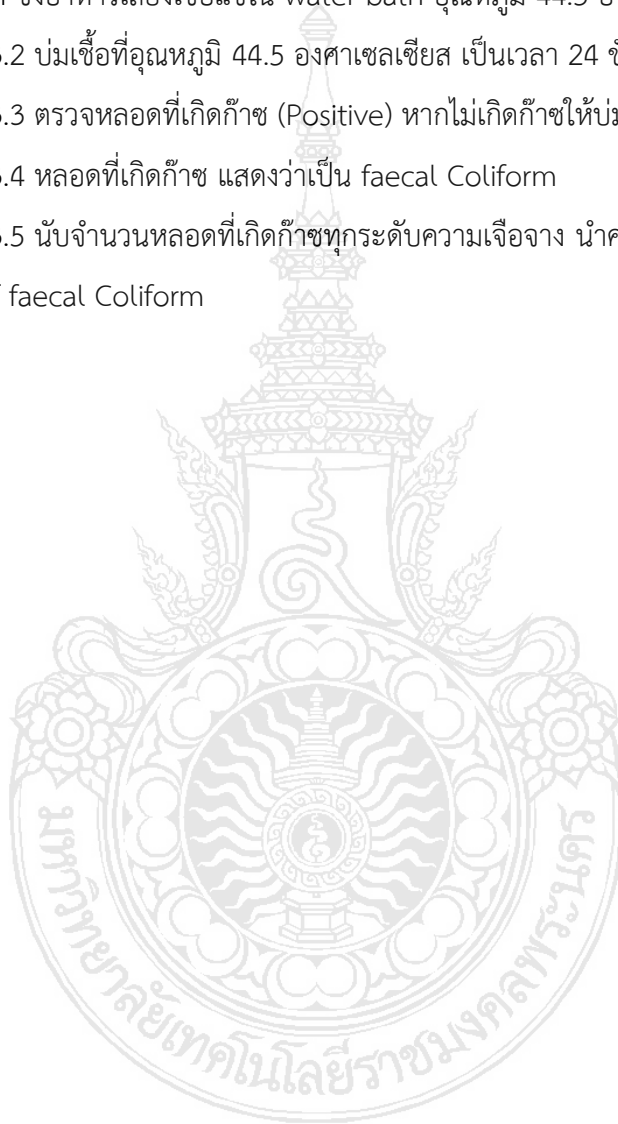
3.1.3.1 เชื้อเชื้อที่เกิดแก๊สในชั้น Confirmation coliforms ทุกหลอดปริมาณ 1 ลูกบาศก์ ถ่ายเชื้อใส่
อาหาร EC broth ซึ่งอาหารเลี้ยงเชื้อแช่ใน water bath อุณหภูมิ 44.5 องศาเซลเซียส

3.1.3.2 บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 44.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3.1.3.3 ตรวจหลอดที่เกิดแก๊ส (Positive) หากไม่เกิดแก๊สให้บ่มต่ออีก 24 ชั่วโมง

3.1.3.4 หลอดที่เกิดแก๊ส แสดงว่าเป็น faecal Coliform

3.1.3.5 นับจำนวนหลอดที่เกิดแก๊สทุกระดับความเจือจาง นำค่าที่ได้เปิดตาราง MPN
รายงาน MPN of faecal Coliform



ภาคผนวก จ
ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 353) พ.ศ.2556
เรื่องนมเปรี้ยว

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข

(ฉบับที่ 353) พ.ศ. 2556

เรื่อง นมเปรี้ยว

โดยที่เป็นการสมควรปรับปรุงประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่อง นมเปรี้ยว อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 5 วรรคหนึ่ง และมาตรา 6 (3) (4) (5) (6) (7) และ (10) แห่งพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 อันเป็นกฎหมายที่มีบทบัญญัติบางประการเกี่ยวกับการจำกัดสิทธิและเสรีภาพของบุคคล ซึ่งมาตรา 29 ประกอบกับมาตรา 33 มาตรา 41 มาตรา 43 และมาตรา 45 ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย บัญญัติให้กระทำได้โดยอาศัยอำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมาย รัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุข ออกประกาศไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 ให้ยกเลิกประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 289) พ.ศ. 2548 เรื่อง นมเปรี้ยว ลงวันที่ 17 มกราคม พ.ศ. 2548

ข้อ 2 ให้นมเปรี้ยวเป็นอาหารที่กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐาน

ข้อ 3 นมเปรี้ยว (Fermented milk) หมายความว่า ผลิตรักษานมที่ได้จากน้ำนมจากสัตว์ที่นำมาบริโภคได้ หรือส่วนประกอบของน้ำนมที่ผ่านการทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคแล้วหมักด้วยจุลินทรีย์ที่ไม่ทำให้เกิดโรคหรืออันตราย ทำให้ค่าให้ค่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้น และอาจปรุงแต่งกลิ่น รส สี หรือเติมวัตถุเจือปนอาหาร สารอาหาร หรือส่วนประกอบอื่นที่มีไขมันด้วยก็ได้ ทั้งนี้ ให้รวมถึงนมเปรี้ยวที่นำมาผ่านการฆ่าเชื้อ การแช่แข็ง หรือการทำให้แห้งด้วย

ข้อ 4 นมเปรี้ยวแบ่งตามชนิดของจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักได้ ดังนี้

(1) โยเกิร์ต (Yoghurt) หมายถึง นมเปรี้ยวที่ได้จากการหมักด้วยแบคทีเรีย *สเตรปโตค็อกคัส เทอร์โมฟิลัส* (*Streptococcus thermophilus*) และ *แล็กโทบาซิลลัส เดลบริคคัส* (*Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*) หรือ *แล็กโทบาซิลลัส ซับสปีชีส์* อื่น

(2) นมเปรี้ยวแอซิโดฟิลัส (Acidophilus Milk) หมายถึง นมเปรี้ยวที่ได้จากการหมักด้วยแบคทีเรีย *แล็กโทบาซิลลัส แอซิโดฟิลัส* (*Lactobacillus acidophilus*)

(3) นมเปรี้ยวเคเฟอร์ (Kefir) หมายถึง นมเปรี้ยวที่ได้จากการหมักด้วยแบคทีเรียและยีสต์ ได้แก่ *แล็กโทบาซิลลัส เคฟิไร* (*Lactobacillus kefir*) หรือ *แล็กโทค็อกคัส* (*Lactococcus*) และ *แอซิโทแบคเตอร์* (*Acetobacter*) และ *ไคลเวอโรไมซิส มาร์เซียนัส* (*Kluyveromyces marxianus*) และ *แซ็กคาโรไมซิส ยูนิสปอร์ัส* (*Saccharomyces unisporus*) หรือ *แซ็กคาโรไมซิส เซรีวิเชีย* (*Saccharomyces cerevisiae*) หรือ *แซ็กคาโรไมซิส แอซิอุส* (*Saccharomyces exiguus*)

(4) นมเปรี้ยวคুমิส (Kumys) หมายถึง นมเปรี้ยวที่ได้จากการหมักด้วยแบคทีเรียและยีสต์ ได้แก่ แล็กโทบาซิลลัส เดลบริดเคิไอ ซับสปีชีส์ บัลแกริกัส (*Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*) และไคลเวโรไมซีส มาร์เซียนัส (*Kluyveromyces marxianus*)

(5) นมเปรี้ยวที่ได้จากการหมักด้วยจุลินทรีย์ชนิดที่แตกต่างหรือนอกเหนือจากที่กำหนดไว้ใน (1) ถึง (4) เช่น แล็กโทบาซิลลัส คาเซอี ซับสปีชีส์ ชิโรต้า (*Lactobacillus casei subsp. Shirota*) บิฟิโดแบคทีเรีย (*Bifidobacterium*) นมเปรี้ยวตาม (1) (2) (3) และ (4) อาจใส่จุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักชนิดอื่นเพิ่มเติมจากที่กำหนดได้

ข้อ 5 การเติมสารอาหารในนมเปรี้ยว ให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์ที่สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาประกาศกำหนด โดยความเห็นชอบของคณะกรรมการอาหาร

ข้อ 6 นมเปรี้ยวที่จะนำไปผ่านการฆ่าเชื้อหลังการหมัก ต้องทำให้เป็นเนื้อเดียวกันและฆ่าเชื้อด้วยกรรมวิธีอย่างใดอย่างหนึ่ง ดังต่อไปนี้

(1) พาสเจอร์ไรส์ หมายความว่า กรรมวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนโดยใช้อุณหภูมิที่เหมาะสม ซึ่งจะไม่ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์สูญเสียลักษณะที่ต้องการเมื่อผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื่อดังกล่าว โดยใช้อุณหภูมิและเวลาอย่างใดอย่างหนึ่ง ดังต่อไปนี้

(1.1) อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 63 องศาเซลเซียส และคงอยู่ที่อุณหภูมินี้ไม่น้อยกว่า 30 นาที แล้วทำให้เย็นลงทันทีที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า

(1.2) อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 72 องศาเซลเซียส และคงอยู่ที่อุณหภูมินี้ไม่น้อยกว่า 15 วินาที แล้วทำให้เย็นลงทันทีที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า

(2) ยูเอชที หมายความว่า กรรมวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่อุณหภูมิตั้งแต่ 100 องศาเซลเซียส ขึ้นไป และคงอยู่ที่อุณหภูมินี้ตามระยะเวลาที่เพียงพอจะทำลายจุลินทรีย์ที่สามารถเพิ่มจำนวนเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิปกติ แล้วบรรจุในภาชนะและและในสภาวะที่ปราศจากเชื้อ

(3) กรรมวิธีอย่างอื่นที่มีมาตรฐานเทียบเท่ากรรมวิธีตาม (1) หรือ (2) ตามที่ได้รับการเห็นชอบจากคณะกรรมการอาหาร

ข้อ 7 นมเปรี้ยวที่มีได้ปรุงแต่งต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐาน ดังต่อไปนี้

(1) มีกลิ่นรสตามลักษณะของนมเปรี้ยว

(2) มีโปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 2.7 ของน้ำหนัก สำหรับนมเปรี้ยวตามข้อ 4 (1) (2) (3) และ (5)

(3) มีมันเนย ดังนี้

(3.1) น้อยกว่าร้อยละ 15 ของน้ำหนัก สำหรับนมเปรี้ยวตามข้อ 4 (1) และ (2)

(3.2) น้อยกว่าร้อยละ 10 ของน้ำหนัก สำหรับนมเปรี้ยวตามข้อ 4 (3) (4) และ (5)

(4) มีค่าความเป็นกรด โดยคำนวณเป็นกรดแลคติก ดังนี้

(4.1) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.6 ของน้ำหนัก สำหรับนมเปรี้ยวตามข้อ 4 (1) (2) และ (3)

(4.2) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.7 ของน้ำหนัก สำหรับนมเปรี้ยวตามข้อ 4 (4)

(4.3) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.3 ของน้ำหนัก สำหรับนมเปรี้ยวตามข้อ 4 (5)

(5) มีจุลินทรีย์ที่ใช้ในกรรมวิธีการหมักคงเหลือในนมเปรี้ยวที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อหลังการหมัก 1 g แล้วแต่กรณี ดังนี้

(5.1) แบคทีเรียไม่น้อยกว่า 10,000,000 CFU

(5.2) ยีสต์ไม่น้อยกว่า 10,000 CFU

(6) ไม่ใช้วัตถุกันเสีย

(7) จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคให้เป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่อง มาตรฐานอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค

(8) ตรวจพบแบคทีเรียชนิดโคลิฟอร์มน้อยกว่า 3 ต่อนมเปรี้ยว 1 g โดยวิธี MPN (Most Probable Number)

(9) ตรวจพบเชื้อราได้ไม่เกิน 100 CFU สำหรับนมเปรี้ยวที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อหลังการหมัก 1 g

(10) ตรวจพบยีสต์ไม่เกิน 100 CFU สำหรับนมเปรี้ยวที่ไม่ได้ใช้ยีสต์ในการหมัก และไม่ผ่านการฆ่าเชื้อหลังการหมัก 1 g

(11) ตรวจพบยีสต์และเชื้อราได้ไม่เกิน 10 CFU สำหรับนมเปรี้ยวที่ผ่านการฆ่าเชื้อหลังการหมัก 1 g

ข้อ 8 นมเปรี้ยวที่ปรุงแต่ง ต้องมีนมเป็นส่วนผสมในปริมาณไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 ของน้ำหนัก และมีคุณภาพหรือมาตรฐาน ดังนี้

(1) กรณีไม่ผ่านการฆ่าเชื้อหลังการหมัก ต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐานตามข้อ 7 (1) (6) (7) (8) (9) และ (10) สำหรับคุณภาพหรือมาตรฐานตามข้อ 7 (2) (3) (4) และ (5) ให้เป็นไปตามสัดส่วนของนมที่ใช้เป็นส่วนผสม

(2) กรณีที่ผ่านการฆ่าเชื้อหลังการหมัก ต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐานตามข้อ 7 (1) (6) (7) (8) และ (11) สำหรับคุณภาพหรือมาตรฐานตามข้อ 7 (2) (3) และ (4) ให้เป็นไปตามสัดส่วนของนมที่ใช้เป็นส่วนผสม

ข้อ 9 นมเปรี้ยวแช่แข็งเมื่อกลับคืนสภาพเดิมแล้ว (thawing) ต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐานดังนี้

(1) กรณีที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อหลังการหมักและไม่ได้ปรุงแต่ง ต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐานตามข้อ 7 (1) (2) (3) (4) (6) (7) (8) (9) และ (10) และต้องมีจุลินทรีย์และยีสต์ที่ใช้ใช้ในการหมักเหลืออยู่และมีชีวิตด้วย

(2) กรณีที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อหลังการหมักและปรุงแต่ง ต้องมีนมเป็นส่วนผสมในปริมาณไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 ของน้ำหนัก และมีคุณภาพหรือมาตรฐานตามข้อ 7 (1) (6) (7) (8) (9) และ (10) และต้องมีจุลินทรีย์และยีสต์ที่ใช้ในการหมักเหลืออยู่และมีชีวิตด้วย สำหรับคุณภาพหรือมาตรฐานตามข้อ 7 (2) (3) และ (4) ให้เป็นไปตามสัดส่วนของนมที่ใช้เป็นส่วนผสม

(3) กรณีที่ผ่านการฆ่าเชื้อหลังการหมักและไม่ได้ปรุงแต่ง ต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐานตามข้อ 7 (1) (2) (3) (4) (6) (7) (8) และ (11)

(4) กรณีที่ผ่านการฆ่าเชื้อหลังการหมักและปรุงแต่ง ต้องมีนมเป็นส่วนผสมในปริมาณไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 ของน้ำหนัก และมีคุณภาพหรือมาตรฐานตามข้อ 7 (1) (6) (7) (8) และ (11) สำหรับคุณภาพหรือมาตรฐานตามข้อ 7 (2) (3) และ (4) ให้เป็นไปตามสัดส่วนของนมที่ใช้เป็นส่วนผสม

ข้อ 10 นมเปรี้ยวชนิดแห้งเมื่ออยู่ในสภาพพร้อมบริโภคตามวิธีละลายเพื่อบริโภคที่ระบุไว้บนฉลาก ต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐาน ดังนี้

(1) กรณีไม่ปรุงแต่งต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐานตามข้อ 7 (1) (2) (3) (4) (6) (7) (8) และ (11)

(2) กรณีปรุงแต่งต้องมีนมเป็นส่วนผสมในปริมาณไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 ของน้ำหนัก และมีคุณภาพหรือมาตรฐานตามข้อ 7 (1) (6) (7) (8) และ (11) สำหรับคุณภาพหรือมาตรฐานตามข้อ 7 (2) (3) และ (4) ให้เป็นไปตามสัดส่วนของนมที่ใช้เป็นส่วนผสม

กรณีที่มิวัตถุประสงค์การใช้ต่างจากวรรคหนึ่ง อาจมีคุณภาพหรือมาตรฐานต่างจากวรรคหนึ่งได้ แต่ต้องเป็นไปตามที่สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาประกาศกำหนด โดยความเห็นชอบของคณะกรรมการอาหาร

ข้อ 11 นมเปรี้ยวที่ไม่ได้ผ่านการฆ่าเชื้อหลังการหมักและที่ผ่านการฆ่าเชื้อหลังการหมักตามข้อ 6 (1) ต้องเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิไม่เกิน 8 องศาเซลเซียส ตลอดระยะเวลาหลังบรรจุจนถึงผู้บริโภค และระยะเวลาการบริโภคต้องไม่เกิน 30 วัน นับจากวันที่บรรจุในภาชนะพร้อมจำหน่าย แต่ทั้งนี้จะไม่รวมนมเปรี้ยวแช่แข็งหรือนมเปรี้ยวชนิดแห้ง

กรณีที่จะแสดงระยะเวลาการบริโภคเกินกว่าที่กำหนดตามวรรคหนึ่ง ต้องมีมาตรการในการควบคุมคุณภาพหรือมาตรฐานผลิตภัณฑ์ตลอดระยะเวลาตั้งแต่การผลิต การบรรจุ การจำหน่ายจนถึงผู้บริโภคเป็นไปตามที่สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาเห็นชอบ

ข้อ 12 นมเปรี้ยวที่ผ่านการฆ่าเชื้อหลังการหมักตามข้อ 6 (2) ต้องเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิปกติ ในระยะเวลาไม่น้อยกว่า 5 วัน นับแต่วันที่บรรจุในภาชนะก่อนออกจำหน่าย เพื่อตรวจสอบว่ายังคงมี คุณภาพหรือมาตรฐานตามที่กำหนด และไม่เปลี่ยนแปลงไปจากลักษณะเดิมที่สร้างขึ้น แต่ทั้งนี้ ไม่รวม นมเปรี้ยวแช่แข็งหรือนมเปรี้ยวชนิดแห้ง

ข้อ 13 การใช้วัตถุเจือปนอาหารนอกจากวัตถุกันเสีย ให้ปฏิบัติตามประกาศกระทรวง สาธารณสุขว่าด้วยเรื่อง วัตถุเจือปนอาหาร

กรณีตรวจพบวัตถุกันเสียที่ตกค้างมาจากวัตถุที่ใช้ปรุงแต่งกลิ่น รส สี หรือส่วนประกอบอื่นที่ มิใช่ขนมที่เป็นส่วนผสมอยู่ด้วย ปริมาณที่ตรวจพบจะต้องไม่เกินปริมาณที่อนุญาตให้ใช้ในวัตถุดิบ เหล่านั้นแล้วแต่กรณี

ข้อ 14 ผู้ผลิตหรือผู้นำเข้านมเปรี้ยวเพื่อจำหน่าย ต้องปฏิบัติตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ว่าด้วยเรื่อง วิธีการผลิต เครื่องมือเครื่องใช้ในการผลิต และการเก็บรักษาอาหาร

ข้อ 15 ผู้ผลิตหรือผู้นำเข้านมเปรี้ยวเพื่อจำหน่าย ต้องปฏิบัติ แล้วแต่กรณี ดังนี้

(1) ปฏิบัติตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่อง วิธีการผลิต เครื่องมือเครื่องใช้ในการ ผลิต และการเก็บรักษาอาหาร สำหรับนมเปรี้ยวที่มีไขมันเปรี้ยวพาสเจอร์ไรส์

(2) ปฏิบัติตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่อง ผลิตภัณฑ์นมพร้อมบริโภคชนิดเหลว ที่ผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนโดยวิธีพาสเจอร์ไรส์ สำหรับนมเปรี้ยวพาสเจอร์ไรส์

ข้อ 16 การใช้ภาชนะบรรจุนมเปรี้ยว ให้ปฏิบัติตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วย เรื่อง ภาชนะบรรจุ

ข้อ 17 การแสดงฉลากของนมเปรี้ยว ให้ปฏิบัติตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วย เรื่อง ฉลาก เว้นแต่การใช้ชื่ออาหารของนมเปรี้ยวและการแสดงข้อความสำหรับนมเปรี้ยวบางชนิดให้ ปฏิบัติ ดังต่อไปนี้

(1) ชื่ออาหารของนมเปรี้ยว

(1.1) นมเปรี้ยวตามข้อ 4 (1) ให้ใช้ชื่ออาหารว่า "โยเกิร์ต" หรือ "นมเปรี้ยวโยเกิร์ต" สำหรับ กรณีที่ประสงค์จะใช้ชื่ออาหารว่า "นมเปรี้ยว" ต้องกำกับชื่ออาหารด้วยข้อความว่า "ชนิดโยเกิร์ต"

(1.2) นมเปรี้ยวตามข้อ 4 (2) ให้ใช้ชื่ออาหารว่า "นมเปรี้ยวแอซิโดฟิลัส" สำหรับกรณีที่ ประสงค์จะใช้ชื่ออาหารว่า "นมเปรี้ยว" ต้องกำกับชื่ออาหารด้วยข้อความว่า "ชนิดแอซิโดฟิลัส"

(1.3) นมเปรี้ยวตามข้อ 4 (3) ให้ใช้ชื่ออาหารว่า "นมเปรี้ยวเคเฟอร์" สำหรับกรณีที่ประสงค์ จะใช้ชื่ออาหารว่า "นมเปรี้ยว" ต้องกำกับชื่ออาหารด้วยข้อความว่า "ชนิดเคเฟอร์"

(1.4) นมเปรี้ยวตามข้อ 4 (4) ให้ใช้ชื่ออาหารว่า "นมเปรี้ยวคูมิส" สำหรับกรณีที่ประสงค์จะใช้ชื่ออาหารว่า "นมเปรี้ยว" ต้องกำกับชื่ออาหารด้วยข้อความว่า "ชนิดคูมิส"

(1.5) "นมเปรี้ยว" สำหรับนมเปรี้ยวตามข้อ 4 (5) การใช้ชื่ออาหารของนมเปรี้ยวอาจใช้ชื่อทางการค้าได้ แต่ต้องมีข้อความตาม (1.1) (1.2) (1.3) (1.4) หรือ (1.5) แล้วแต่กรณี กำกับชื่ออาหารด้วย โดยจะแสดงอยู่ในบรรทัดเดียวกับชื่อทางการค้าก็ได้ และจะมีขนาดตัวอักษรต่างกับชื่อทางการค้าก็ได้ แต่ต้องสามารถอ่านได้ชัดเจน

(2) นมเปรี้ยวเคเฟอร์และนมเปรี้ยวคูมิส ต้องแสดงข้อความดังต่อไปนี้ด้วย

(2.1) "มีเอทิลแอลกอฮอล์ไม่เกิน ... ร้อยละ" (ความที่เว้นไว้ให้ระบุปริมาณแอลกอฮอล์เป็นร้อยละของน้ำหนัก) ด้วยตัวอักษรที่อ่านได้ชัดเจน บริเวณเดียวกับชื่ออาหารหรือเครื่องหมายการค้า

(2.2) "เด็กและสตรีมีครรภ์ ไม่ควรรับประทาน" ด้วยตัวอักษรที่อ่านได้ชัดเจน

(3) นมเปรี้ยวที่ผ่านการฆ่าเชื้อหลังการหมักตามข้อ 6 ต้องแสดงข้อความ "พาสเจอร์ไรส์" หรือ "ยูเอชที" เป็นส่วนหนึ่งของชื่ออาหารหรือกำกับชื่ออาหาร แล้วแต่กรณี

ข้อ 18 ให้ผู้ผลิตหรือนำเข้านมเปรี้ยวที่ได้รับใบสำคัญการขึ้นทะเบียนตำรับอาหาร หรือ ใบสำคัญการใช้ฉลากอาหารตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 289) พ.ศ. 2548 เรื่อง นมเปรี้ยว ลงวันที่ 17 มกราคม พ.ศ. 2548 ซึ่งออกให้ก่อนวันที่ประกาศนี้ใช้บังคับใช้เลขสารบบอาหารดังกล่าวต่อไปได้โดยถือว่าได้จดทะเบียนอาหารตามประกาศฉบับนี้แล้ว

ข้อ 19 ประกาศนี้มีผลบังคับใช้เมื่อพ้นกำหนดหนึ่งร้อยแปดสิบวันนับแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษา เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ 26 มิถุนายน พ.ศ. 2556

ประดิษฐ สินธวณรงค์

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุข

ประวัตินักวิจัย



1. ชื่อ- สกุล (ภาษาไทย) นางน้อมจิตต์ สุธีบุตร
(ภาษาอังกฤษ) Mrs. Nomjit Suteebut

2. หน่วยงาน หมายเลขโทรศัพท์มือถือ และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
168 ถนนศรีอยุธยา แขวงวรชัยยบาล เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10300
E-mail: nomjit.s@rmutp.ac.th

3. ประวัติการศึกษา

ระดับ ปริญญา	คุณวุฒิ/สาขาวิชา	สถาบันอุดมศึกษา	ปีที่สำเร็จ
ปริญญาเอก	ปร.ด./วิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยีอาหาร	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2559
ปริญญาโท	วท.ม./ เทคโนโลยีชีวภาพ	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2545
ปริญญาตรี	วท.บ./อุตสาหกรรมเกษตร	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2541

4. งานตีพิมพ์วิจัย

กฤตเมธ รongรัตน์, น้อมจิตต์ สุธีบุตร, เขวาลิต อุปฐาก และปรีศนีย์ ทับใบแย้ม. (2567). การ
ใช้แป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งสาลีในแผ่นแป้งเตอร์ติยาสำเร็จรูปแช่แข็ง. วารสาร
วิทยาลัยดุสิตธานี. 18(1), 27-38. (มค-เมย.)

นราธร สัตย์ชื่อ และ น้อมจิตต์ สุธีบุตร (2566). ผลกระทบที่เปลี่ยนแปลงจากน้ำนมกระจัด.
วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 17(2), 103-
114. (ก.ค-ธ.ค.)

เปรมระพี อูยามาวีร์หิรัญ, ชญาภัทร กี่อารีโย, ธนภพ โสตรโยม และน้อมจิตต์ สุธีบุตร.
(2566). การวิเคราะห์องค์ประกอบปัจจัยการดำเนินงานวิสาหกิจ ชุมชนกลุ่มแปรรูป
และผลิตภัณฑ์อาหารภาคกลางตอนล่าง. วารสารสันติศึกษา ปริญญาตรี ม จร, 11(7),
2657-2671.

- เปรมระพี อูยามาวิริทธิ์, ชญาภัทร์ กี่อารีโย, ธนภพ โสตรโยม และน้อมจิตต์ สุธิบุตร. (2566). การปรับตัวในยุคชีวิตวิถีถัดไปของวิสาหกิจชุมชน กลุ่มการแปรรูป และผลิตภัณฑ์อาหารในเขตภาคกลางตอนล่าง กลุ่ม2. *วารสาร มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา*, 6(2), 128-142.
- ปรดา เหลืองอ่อน และ น้อมจิตต์ สุธิบุตร. (2566). การพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้ปราศจากกลูเตนจากแป้งมะพร้าวผสมแป้งกล้วย. *วารสารวิทยาลัยดุสิตธานี*. 17(1) (ม.ค.-เม.ย.), 1-16.
- อนุพงษ์ ภูสีเขียว, ชญาภัทร์ กี่อารีโย และ น้อมจิตต์ สุธิบุตร. (2566). การพัฒนาสื่อการสอนมัลติมีเดียการปักลายดอกไม้บนผลิตภัณฑ์เข็มกลัดติดเสื้อสุภาพสตรีสำหรับนักเรียนวิทยาลัยสารพัดช่างนครหลวง. *วารสารพัฒนาเทคนิคศึกษา*. 35(125) (ม.ค.-มี.ค.), 51-61.
- ธีรพล พ้าคำตัน, ธนภพ โสตรโยม และ น้อมจิตต์ สุธิบุตร. (2563). การพัฒนาผลิตภัณฑ์เปลือกเสาวรสแช่อิ่มแห้งและการศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคในเขตชุมชนเทศบาลตำบลแม่คำ อำเภอมะนัง จังหวัดเชียงราย. *วารสารสังคมศาสตร์วิชาการ*, 13(1) (ม.ค.-มี.ย.), 165-177.
- พนัชนกร สุทธิไชย และ น้อมจิตต์ สุธิบุตร. (2563). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมเรไรโดยทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งแทนตะวัน. *วารสารพัฒนาเทคนิคศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, 33(116), 122-132. (ต.ค.-ธ.ค.).
- จิรายุทธ จูมพลหล้า, ธนภพ โสตรโยม, ชญาภัทร์ กี่อารีโย และ น้อมจิตต์ สุธิบุตร. (2561). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงแทนตะวันผงเพื่อสุขภาพ. *วารสารพัฒนาเทคนิคศึกษา*, 30(106) (เม.ย.-มิ.ย.), 81-92.
- กฤษณกัณฑ์ ภาโพธิรัตน์, ธนภพ โสตรโยม, ชญาภัทร์ กี่อารีโย และ น้อมจิตต์ สุธิบุตร. (2560). การพัฒนาผลิตภัณฑ์เปลือกกล้วยน้ำว้าแช่อิ่มอบแห้ง. *วารสารสังคมศาสตร์วิชาการ*. 10, (ก.ค.-ต.ค.), 200-214.
- น้อมจิตต์ สุธิบุตร, ชญาภัทร์ กี่อารีโย, จิตาพร ศรียี่ทอง, ธนภพ โสตรโยม และ นพพร สกุลยืนยงสุข. (2560). สมบัติบางประการทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา และประสาทสัมผัสของปลาสามฝัก. *วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร*. 11(2) (ก.ค.-ธ.ค.), 69-79.
- น้อมจิตต์ สุธิบุตร, ธัญวรรณ ยิ้มย่อง, อสมาภรณ์ มีทองคำ และ ศรัณญา ภูสมบุญ. (2560). การประยุกต์ใช้น้ำเชื่อมจากมันแกวในผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวพร้อมดื่ม. *วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร*, 11(1), 43-55.

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย): นางสาวดวงรัตน์ แซ่ตั้ง
 ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ): Miss. Duangrat Saetang
2. หน่วยงาน หมายเลขโทรศัพท์มือถือ และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)
 - หน่วยงาน: คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
 - E-mail: duangrat.s@rmutp.ac.th
3. ประวัติการศึกษา

ระดับการศึกษา	คุณวุฒิและสถานศึกษา	ปีที่จบการศึกษา
ปริญญาโท	คศ.ม. (คหกรรมศาสตร์) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	2550
ปริญญาตรี	คศ.บ. (อาหารและโภชนาการ-พัฒนาผลิตภัณฑ์) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	2560

4. ผลงานตีพิมพ์

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมไทยกึ่งสำเร็จรูปจากข้าว	การประชุมวิชาการระดับชาติ "สืบสานศาสตร์ศิลป์ ส่งเสริมสยามสู่ความยั่งยืน" มหาวิทยาลัยสวนดุสิต วิทยาเขต สุพรรณบุรี	2561
การพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์จากข้าวหักและส่วนเหลือทิ้งจากข้าวสำหรับผู้บริโภค	การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ครั้งที่ 11 "วิถีราชมงคลขับเคลื่อนนวัตกรรม เพื่อสร้างสรรค์เศรษฐกิจและสังคม"	2562

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย): นางสาวคันสนีย์ ทิมทอง

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ): Sansanee Thimthong

2. หน่วยงาน หมายเลขโทรศัพท์มือถือ และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

- หน่วยงาน: คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

- หมายเลขโทรศัพท์มือถือ: 081-3479688

- E-mail: Sansanee.th@rmutp.ac.th

3. ประวัติการศึกษา

ระดับการศึกษา	คุณวุฒิและสถานศึกษา	ปีที่จบการศึกษา
ปริญญาเอก	ปร.ด. (นวัตกรรมการจัดการ) มหาวิทยาลัยสวนสุนันทา, 2567	2567
ปริญญาโท	วท.ม. เทคโนโลยีการจัดการและการบริการอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2552
ปริญญาตรี	คศ.บ. อาหารและโภชนาการ (ธุรกิจอาหาร) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	2548

4. ผลงานตีพิมพ์

Thimthong, S., Phunaonin, K., Chareonsak, N., Putsam, L., Hiran-Akkharawong, I., Paemongkol, P., Masavang, S. & Dangsungwal, N. (2024). The Guidelines for Enhancing Knowledge and Proficiency in Food Decoration Skills: RMUTP. *Higher Education Studies*, 14(3), 116-124. (July) (ERIC)

Thimthong, S., Dangsungwal, N., & Masavang, S. (2023). The effect of maltodextrin on properties of sated egg yolk. *Journal of Applied Research on Science and Technology (JARST)*, 22(3), 254045-254045. (December) (TCI 1)

Thimthong, S., & Masavang, S. (2023). Comparison the stability and physical properties of salad dressing obtained with egg yolk and gelatin. *Food Agricultural Sciences and Technology (FAST)*, 9(2), 53-65. (May – August) (TCI 1)