การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่ม

DEVELOPMENT OF CONCENTRATED BANANA BLOSSOM READY TO DRINK

ดร.สวรักษ์ จันทรเทพธิมากุล

นางสาวอาฒยา สันตะกุล

โครงการทุนสนับสนุนงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

งบรายได้ปี 2565

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่ม

DEVELOPMENT OF CONCENTRATED BANANA BLOSSOM READY TO DRINK

ดร.สวรักษ์ จันทรเทพธิมากุล

นางสาวอาฒยา สันตะกุล

โครงการทุนสนับสนุนงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

งบรายได้ปี 2565

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

กิตติกรรมประกาศ

กิตติกรรมประกาศนี้จัดทำขึ้นเพื่อแสดงความขอบคุณแก่สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพที่ให้งบประมาณเงินรายได้ ปี 2565 ในการสนับสนุนการทำวิจัยเรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่ม

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพในการใช้สถานที่ ห้องปฏิบัติการ เครื่องมือ อุปกรณ์และตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองในงานวิจัยนี้

คณะผู้วิจัย

2565

ชื่อโครงการวิจัย การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่ม
คณะผู้วิจัย ดร.สวรักษ์ จันทรเทพธิมากุล
นางสาวอาฒยา สันตะกุล
ทุนวิจัย 2565

บทคัดย่อ

โครงงานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่ม โดยศึกษาสภาวะในการสกัดน้ำหัวปลีที่อุณหภูมิ 70 และ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3, 4 และ 5 ชั่วโมง เมื่อนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ และเคมีของน้ำหัวปลีสกัด พบว่า การสกัดที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมงเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำหัวปลี ซึ่งมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 1.0° Brix ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.38 ค่า L*, a* และ b* เท่ากับ 23.44, 0.34 และ 0.81 ตามลำดับ ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และปริมาณแทนนินเท่ากับ 48.5599%, 248.8521 มิลลิกรัมกรดแกลลิก/กรัม และ 11.8789 มิลลิกรัมกรดแทนนิก/กรัม ตามลำดับ จากนั้นนำมาทำเข้มข้นที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความดัน 20 มิลลิบาร์ พบว่า น้ำหัวปลีเข้มข้นมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 4 °Brix ความเป็นกรด–ด่างเท่ากับ 5.79 ค่า L*, a* และ b* เท่ากับ 30.89, 0.70 และ 1.87 ตามลำดับ ขณะที่ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 217.4873% ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 797.3147 มิลลิกรัมกรดแกลลิก/กรัม และปริมาณแทนนินเท่ากับ 19.0408 มิลลิกรัมกรดแทนนิก/กรัม ในการพัฒนาสูตรที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์น้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่มทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale พบว่า สูตรที่มีส่วนผสมของน้ำหัวปลีเข้มข้นต่อเนื้ออินทผลัม 90:10 เป็นสูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบชิมมากที่สุด โดยได้คะแนนความชอบโดยรวมเท่ากับ 6.57 และเมื่อนำมาศึกษาอายุการเก็บรักษาโดยการนำน้ำหัวปลีเข้มข้นบรรจุในขวดแก้วปิดฝาเกลียวล็อก ขนาด 75 มิลลิลิตร พาสเจอไรส์ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น (4±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 0, 4, 7 และ 10 วัน พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 9.80–9.93 °Brix ค่าความเป็นกรด–ด่างอยู่ในช่วง 5.67–5.68 ค่า L*, a*และ b* อยู่ในช่วง 33.87–34.02, 2.53–2.65 และ 5.47–5.66 ตามลำดับ ปริมาณฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระอยู่ในช่วง 269.4649–283.7051% ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดอยู่ในช่วง 739.5729–847.7324 มิลลิกรัมกรดแกลลิก/กรัม และปริมาณแทนนินอยู่ในช่วง 12.6214-17.1210 มิลลิกรัมกรดแทนนิก/กรัม และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ในช่วง 1.3667–1.5000 CFU/mL.

คำสำคัญ: ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิก สารแทนนิน น้ำหัวปลีเข้มข้น

Project Development of Concentrates Banana Blossom Ready to Drink

Author Dr. Savarak Chantaratheptimakul
Miss.Ataya Santakul

Fund RMUTK Budget 2022

Abstract

This research project aims to development of concentrates banana blossom ready to drink. The extraction conditions were studied at 70 and 90℃ for 3, 4 and 5 hours for physical composition analysis and the chemistry of the concentrated banana blossom juice. The extraction conditions at 70 ℃ for 4 hours is the optimal conditions for extracting banana blossom juice. Total soluble solids were 1.0 °Brix, pH were 5.38, The L*, a* and b* were 23.44, 0.34 and 0.81 respectively. The antioxidant activity, phenolic compounds and tannin acid were 48.5599%, 248.8521 gallic acid/g and 11.8789 mg of tannic acid/g respectively. Then concentrated at a temperature of 40 ℃ a pressure of 20 mbar concentrated banana blossom juice with total soluble solids of 4 °Brix, pH was 5.79, L* value were 30.89, 0.70 and 1.87 respectively. While the antioxidant content was 217.4873%, the total phenolic compound content was 797.3147 mg gallic acid/g and the tannin content was 19.0408 mg tannic acid/g. In developing the right recipe for a drink with concentrated banana blossom juice product, sensory preference was tested using a 9-point hedonic scale. scale. It was found that the formula containing concentrated banana blossom juice 90:10 of dates was the formula that was accepted by the most tasters. With an overall liking score of 6.57 and to study shelf life by bringing water banana blossom extract packaged in a glass bottle sealing locks 75 ml pasteurized at 70 ℃ for 15 minutes and stored at refrigeration (4 ± 2 ℃) for a time. 0, 4, 7 and 10 days. Total soluble solids were found to be in the range of 9.80–9.97 °Brix, pH in the range of 5.67–5.69, L*, a* and b* in the range of 33.87–34.09, 2.51–2.65 and 5.43–5.66 respectively. The amount of antioxidant activity in the range 269.4649–283.7051% The phenolic compounds was in the range.

739.5729–847.7324 mg gallic acid/g and tannin acid was in the range of 12.6214–17.1210 mg tannic acid/g and total microbial content was in the range of 1.3667–1.5000 CFU/mL.

Keywords: Antioxidant, Phenolic Compounds, Tannins acid, Concentrated banana blossom juice

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญภาพ	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 กรอบแนวความคิด	2
1.4 ขอบเขต	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.6 แผนการดำเนินงาน	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 กระบวนการสร้างน้ำนม	5
2.2 หัวปลีหรือปลีกล้วย	7
2.3 สมุนไพรที่เกี่ยวข้องการกระตุ้นน้ำนมมารดา	9
2.4 การสำรวจเครื่องดื่มหัวปลีทางการตลาด	12
2.5 สารต้านอนุมูลอิสระ	17
2.6 สารประกอบฟีนอลิก	19
2.7 สารประกอบแทนนิน	19
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	20
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	
3.1 วัตถุดิบ	23
3.2 วัสดุและสารเคมี	23
3.3 อุปกรณ์	24
3.4 วิธีการดำเนินงาน	25

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	
4.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ และเคมีของหัวปลีสด	37
4.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ และเคมีของน้ำหัวปลีสกัด	38
4.3 ผลการพัฒนาน้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่ม	47
4.4 ผลการศึกษาน้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่มเชิงการค้า	50
บทที่ 5 บทสรุป	
5.1 สรุปผล	55
5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ	55
บรรณานุกรม	56
ภาคผนวก	
ก กราฟความเข้มข้นมาตรฐาน	61
ข แบบประเมินผลคุณภาพทางประสาทสัมผัส	65

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	ระยะเวลาการดำเนินงาน	4
2.1	ปริมาณความต้องการน้ำนมของทารกในแต่ละช่วงอายุต่อน้ำหนักตัว	7
2.2	คุณค่าทางโภชนาการอาหารของหัวปลีสด	9
2.3	ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มหัวปลีทางการตลาด	12
3.1	ส่วนผสมน้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่ม	34
4.1	การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของหัวปลี	38
4.2	ค่าสีของน้ำหัวปลีสกัดที่อุณหภูมิ 70 และ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3, 4 และ 5 ชั่วโมง	40
4.3	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และความเป็นกรด–ด่างของหัวปลีที่อุณหภูมิ 70 และ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3, 4 และ 5 ชั่วโมง	41
4.4	ค่า % Inhibition (% IHB) และค่า IC50 ของหัวปลีสกัดที่อุณหภูมิ 70 และ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3, 4 และ 5 ชั่วโมง	42
4.5	ปริมาณฟีนอลิกของหัวปลีสกัดที่อุณหภูมิ 70 และ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3, 4 และ 5 ชั่วโมง	44
4.6	ปริมาณแทนนินของหัวปลีสกัดที่อุณหภูมิ 70 และ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3, 4 และ 5 ชั่วโมง	46
4.7	การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำขิง	48
4.8	การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำหัวปลีเข้มข้น	49
4.9	คะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่มที่มีอัตราส่วนที่แตกต่างกัน	50
4.10	การคำนวณต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่ม	51
4.11	การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่มที่อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1, 4, 7 และ 10 วัน	52
4.12	การวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญของน้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่มที่อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1, 4, 7 และ 10 วัน	53
4.13	การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของน้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่มที่อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 4, 7 และ 10 วัน	54

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	กรอบแนวความคิดของผลิตภัณฑ์น้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่ม	2
2.1	กระบวนการสร้างน้ำนม	5
2.2	ส่วนประกอบของดอกกล้วย	8
2.3	สมุนไพรไทยที่มีฤทธิ์ช่วยกระตุ้นน้ำนมมารดา	11
2.4	กลไกการออกฤทธิ์ของสารต้านอนุมูลอิสระ	18
3.1	การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น	26
3.2	การเตรียมตัวอย่างสารละลายมาตรฐานแอสคอร์บิกที่ความเข้มข้นต่าง ๆ	27
3.3	ขั้นตอนการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ	27
3.4	ขั้นตอนการเตรียมสารเพื่อวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิก	28
3.5	ขั้นตอนการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิก	29
3.6	ขั้นตอนการวิเคราะห์สารแทนนิน	30
3.7	การเตรียมตัวอย่างและการสกัดน้ำหัวปลี	31
3.8	การวิเคราะห์ค่าสี	31
3.9	การเตรียมตัวอย่างและการสกัดน้ำขิง	32
3.10	การสกัดน้ำหัวปลีเข้มข้นด้วยเครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน	33
3.11	ขั้นตอนการพาเจอร์ไรส์ขวดและฝาบรรจุ	35
3.12	ขั้นตอนการพาเจอร์ไรส์น้ำหัวปลีเข้มข้น	35
3.13	การเก็บรักษาน้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่ม	36
4.1	ค่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (% Inhibition) ของน้ำหัวปลีสกัดที่อุณหภูมิ 70 และ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3, 4 และ 5 ชั่วโมง	43
4.2	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในรูปกรดแกลลิก (มิลลิกรัมกรดแกลลิก/กรัม) ของน้ำหัวปลีสกัดที่อุณหภูมิ 70 และ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3, 4 และ 5 ชั่วโมง	45
4.3	ปริมาณสารแทนนินทั้งหมดในรูปกรดแทนนิก (มิลลิกรัมกรดแทนนิก/กรัม) ของน้ำหัวปลีสกัดที่อุณหภูมิ 70 และ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3, 4 และ 5 ชั่วโมง	47

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่ **หน้า**

ก1 กราฟมาตรฐานสารต้านอนุมูลอิสระ 63
ก2 กราฟมาตรฐานสารประกอบฟีนอลิกมาตรฐาน 63
ก3 กราฟมาตรฐานสารแทนนิก 64

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

น้ำนมมารดาเป็นอาหารที่ดีที่สุดสำหรับทารกแรกเกิด ทั้งนี้เพราะน้ำนมมารดามีสารอาหารครบถ้วน มีสัดส่วนที่เหมาะสมกับความต้องการของทารก ย่อยง่าย สะอาด สะดวก ปลอดภัย จึงทำให้ทารกมีสุขภาพแข็งแรง ไม่เกิดการเจ็บป่วยได้ง่าย นอกจากนี้ยังป้องกันโรคอ้วน รวมทั้งโรคภูมิแพ้ เบาหวาน มะเร็ง และปัญหาสุขภาพอื่น ๆ ที่จะตามมาเมื่อทารกเจริญเติบโตขึ้น ทารกที่ได้รับน้ำนมมารดาจะมีพัฒนาการทางด้านบุคลิกภาพที่ดี มีความมั่นใจ และยังเป็นการถ่ายทอดความรัก ความผูกพัน ซึ่งเป็นรากฐานในการพัฒนาด้านอื่น ๆ โดยองค์การอนามัยโลกแนะนำให้มีการเลี้ยงทารกด้วยน้ำนมมารดาเพียงอย่างเดียวในช่วง 6 เดือนแรก แต่เนื่องจากประสบปัญหามารดาประมาณร้อยละ 30 มีการหยุดให้น้ำนมทารก เพราะมีปริมาณน้ำนมไม่เพียงพอต่อความต้องการของทารก มารดาส่วนหนึ่งจึงพยายามแก้ไขปัญหาด้วยการใช้สารกระตุ้นให้มีน้ำนมเพิ่มขึ้น สมุนไพรซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ถูกนิยมนำมาใช้เป็นสารอาหารเพื่อกระตุ้นน้ำนมโดยเฉพาะประเทศในแถบเอเชีย สำหรับประเทศไทยอาหารและสมุนไพรที่เชื่อว่าช่วยกระตุ้นการสร้างน้ำนมมารดา ได้แก่ หัวปลี ขิง ใบกุยช่าย ใบกระเพรา ใบแมงลัก ใบมะรุม ฟักทอง มะละกอ กานพูล สมุนไพรในกลุ่มนี้ได้มีงานวิจัยแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ต่อการเพิ่มของฮอร์โมนโปรแลคติน ซึ่งเป็นฮอร์โมนหลักในการกระตุ้นน้ำนมของมารดา

หัวปลี หรือปลีกล้วย (Banana flower, banana blossom) เป็นส่วนของช่อดอกประกอบด้วยดอกจริงที่ถูกห่อหุ้มอยู่ภายในด้วยใบประดับสีแดงขนาดใหญ่ ลักษณะเป็นกาบซ้อนกันจนสุดปลายช่อคล้ายดอกตูม หัวปลีมักถูกตัดทิ้งเนื่องจากไปแย่งอาหารของผลกล้วย หัวปลีนิยมนำมาใช้ในการประกอบอาหาร เช่น ยำหัวปลี แกงเลียง ฯลฯ เพื่อใช้เป็นอาหารบำรุงน้ำนมของมารดาทั้งระหว่างตั้งครรภ์และหลังคลอดบุตรตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ซึ่งองค์ประกอบที่สำคัญในหัวปลีกล้วย ได้แก่ alkaloids saponins glycosides tannins flavonoids และ steroids นั้นเป็นส่วนประกอบของสารซาโปนิน และแทนนิน ซึ่งมีรายงานกล่าวว่าอาจจะมีผลต่อการเพิ่มระดับฮอร์โมนโปรแลคตินในเลือด จึงส่งผลให้มีการเพิ่มน้ำนม แต่อย่างไรก็ตามการวิจัยเกี่ยวกับหัวปลีต่อการสร้างและหลั่งน้ำนมยังมีค่อนข้างน้อยและไม่ละเอียดเพียงพอ (สุสัณหา, 2559)

ดังนั้นงานวิจัยนี้ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะในการสกัดน้ำหัวปลีเข้มข้น และพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่ม ซึ่งมีส่วนช่วยกระตุ้นฮอร์โมนโปรแลคตินในการเพิ่มปริมาณน้ำนมของมารดา เพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกเพื่อสุขภาพและเพิ่มมูลค่าของหัวปลี

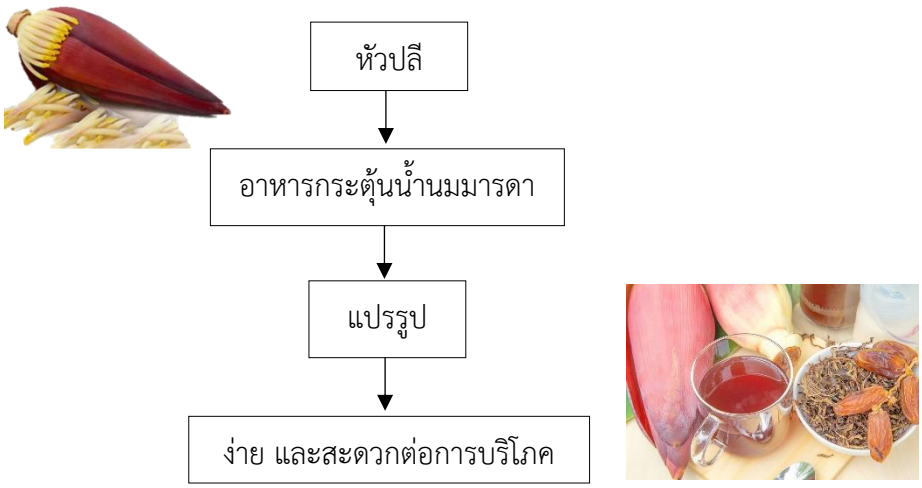
1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาสภาวะในการสกัดน้ำหัวปลีเข้มข้น

1.2.2 เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำหัวปลีสกัด และน้ำหัวปลีเข้มข้น

1.2.3 เพื่อพัฒนาการผลิตภัณฑ์น้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่ม

1.3 กรอบแนวความคิด



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวความคิดของผลิตภัณฑ์น้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่ม

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

ศึกษาสภาวะการสกัดน้ำหัวปลีด้วยตัวทำละลายน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 2 ระดับ อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด ได้แก่ 70 และ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3, 4 และ 5 ชั่วโมง เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำหัวปลีสกัด และน้ำหัวปลีเข้มข้น ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ ความเป็นกรด–ด่าง การวิเคราะห์สีของน้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่ม และลักษณะทางประสาทสัมผัส จากนั้นนำน้ำหัวปลีสกัดมาทำให้เข้มข้นเป็นน้ำหัวปลีพร้อมดื่ม และพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ร่วมกับขิง และอินทผลัม

และพาสเจอไรส์น้ำหัวปลีพร้อมทั้งศึกษาอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 4, 7 และ 10 วัน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้องค์ความรู้ในกระบวนการแปรรูปผลิตผลิตภัณฑ์น้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่ม

1.5.2 ได้ผลิตภัณฑ์น้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่มที่เป็นทางเลือกสำหรับมารดาที่ให้นมบุตร

1.5.3 สามารถเพิ่มมูลค่าของหัวปลีและสมุนไพรไทยในท้องตลาดได้

1.6 แผนการดำเนินงาน

ระยะเวลาดำเนินโครงงาน 1 ปี เริ่มตั้งแต่เดือนเดือนตุลาคม 2564 ถึงเดือนกันยายน 2565 แสดงดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาในการดำเนินงาน

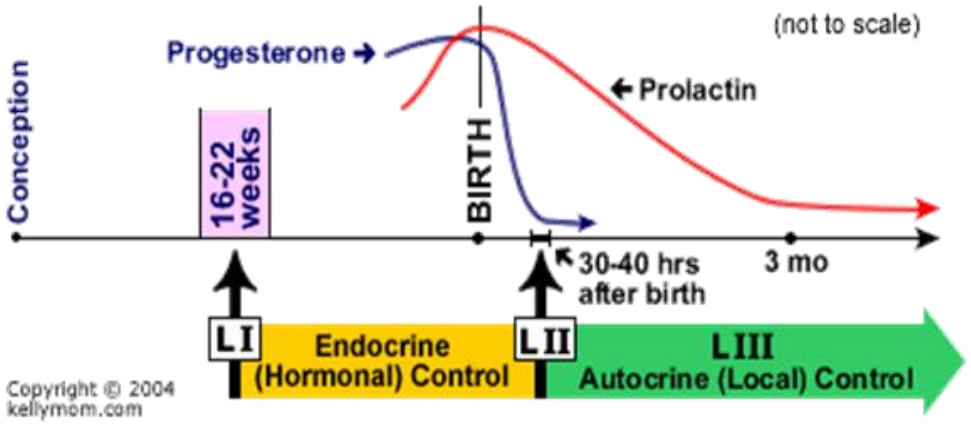
กิจกรรม	ระยะเวลา (เดือน)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. วางแผนงานรวบรวมเอกสาร												
2. ทำการทดลองเบื้องต้น												
3. การปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิก และแทนนิน												
4. ศึกษาคุณสมบัติทางเคมี และกายภาพ												
5. การพัฒนาน้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่ม												
6. ทดสอบทางประสาทสัมผัส												
7. วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล												
8. จัดทำเล่มวิจัยฉบับสมบูรณ์												

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กระบวนการสร้างน้ำนม

ในกระบวนการสร้างน้ำนมของมารดา (ภาพที่ 2.1) จะเริ่มต้นขึ้นในช่วงอายุครรภ์ประมาณ 16–22 สัปดาห์ โดยแบ่งเป็น 3 ช่วง ได้แก่ Lactogenesis 1 ระยะเริ่มสร้างน้ำนมจะเริ่มตั้งแต่ครรภ์ประมาณ 16–22 สัปดาห์จนถึงวันแรกหลังการคลอด ต่อมน้ำนมจะขยายใหญ่ขึ้น ซึ่งร่างกายจะเริ่มผลิต Colostrum หรือหัวน้ำนม ไม่มีน้ำนมหลั่งเพราะถูกกดด้วย Prolactin inhibiting factor (PIF) หรืออาจจะมีน้ำนมหลั่งในปริมาณน้อยนิด Lactogenesis 2 ระยะสร้างน้ำนมจะเริ่มเกิดขึ้นหลังคลอดประมาณ 30–40 ชั่วโมง โดยในระยะนี้เต้านมจะมีความคัดตึง เนื่องมาจากต่อมน้ำนมมีการสร้างน้ำนมมากขึ้นและมีการหมุนเวียนของเลือดในเต้านม ฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน (progesterone) และเอสโตรเจน (estrogen) ลดลง ซึ่งมีการทำงานร่วมกันระหว่างฮอร์โมนโพรแลกติน (Prolactin) และฮอร์โมนออกซิโทซิน (Oxytocin) Lactogenesis 3 ระยะการกระตุ้นน้ำนมจะเกิดขึ้นหลังคลอดประมาณ 10 วัน ในระยะนี้ระดับการสร้างน้ำนมของมารดาจะไม่ได้ขึ้นอยู่กับระดับฮอร์โมนเพียงอย่างเดียว แต่ยังเกี่ยวข้องกับการระบายนมออกผ่านการดูดนมของทารกด้วย โดยหากทารกมีการดูดนมมารดามาก ปริมาณการสร้างนมก็จะมากขึ้นด้วย (ยุพยง, 2555)



ภาพที่ 2.1 กระบวนการสร้างน้ำนม

ที่มา: Bonyata, 2018

ในภาวะที่ไม่ได้ให้นมบุตร ฮอร์โมนโปรแลคติน (prolactin) จะกระตุ้นให้มีการสร้างกระเปาะถุงนม เมื่อมีกระเปาะแล้วโปรแลคตินจะกระตุ้นให้เซลล์สร้างโปรตีนและแลคโตส (lactose) เก็บไว้ในกระเปาะ การทิ้งน้ำนมไว้ในเต้าโดยไม่มีการกระตุ้นการหลั่งของน้ำนมด้วยวิธีใด ๆ จนกระทั่งแม่รู้สึกคัดหรือตึงเต้านม เต้านมจะระงับการผลิตน้ำนมเพิ่มหรือทำให้ปริมาณน้ำนมลดลงและน้ำนมไม่ไหลในที่สุด ซึ่งในกรณีนี้จึงจำเป็นต้องมีการเรียกน้ำนมแม่กลับคืน ในการไหลของน้ำนม ต้องอาศัยฮอร์โมนออกซิโทซิน (oxytocin) ซึ่งสร้างจากส่วนหลังของพิทูอิตารี ซึ่งต้องถูกกระตุ้นโดยการดูด การดูดจะช่วยให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อขนาดเล็กที่อยู่รอบกระเปาะถุงนมแล้วบีบตัวให้น้ำนมไหลออกมา โดยฮอร์โมนที่มีส่วนช่วยในการกระตุ้นน้ำนมของมารดา คือ ฮอร์โมนโพรแลกติน (Prolactin) เป็นฮอร์โมนที่ผลิตจากต่อมใต้สมองซึ่งอยู่ใกล้กับส่วนล่างของสมอง โดยการสร้างโพร แลคตินนั้นจะถูกควบคุมด้วยฮอร์โมนอื่น ๆ ที่เรียกว่า prolactin–inhibiting factors ซึ่งได้แก่ โดพามีน ซึ่งฮอร์โมนโพรแลกตินนั้นยังไม่ได้กระตุ้นการสร้างน้ำนมเพราะถูกยับยั้งโดยฮอร์โมนเอสโตรเจนที่สร้างจากรกในระดับสูงระหว่างตั้งครรภ์ หลังการคลอดรกจะลอกตัวแล้วระดับฮอร์โมนเอสโทรเจนลดน้อยลง และการดูดนมของทารกจะไปช่วยกระตุ้นโพรแลกทินให้ทำงานได้เต็มที่ ในขณะที่ต่อมใต้สมองส่วนหลังจะมีการหลั่งออกซิโทซินออกมากระตุ้นให้ถุงน้ำนมขับน้ำนมออกมาสู่ท่อน้ำนมแล้วมาที่หัวนม (nipple) (กองบรรณาธิการ HONESTDOCS, 2562) ส่วนฮอร์โมนออกซิโทซิน (Oxytocin) จะทำให้กล้ามเนื้อของต่อมน้ำนมบีบตัวให้หลั่งน้ำนมออกมา เมื่อน้ำนมถูกสร้างขึ้นจะไปเก็บไว้ในถุงน้ำนม ซึ่งเรียกว่า อะวีโอไล (alveoli) เพื่อเตรียมไว้ให้ทารก อะวีโอไลจะล้อมรอบด้วยกล้ามเนื้อเรียบที่ เรียกว่า เซลล์ไมโออิปิทีเลียม (myoepithelial cell) ซึ่งเป็นเซลล์เป้าหมาย (target cell) ของออกซิโทซิน ออกซิโทซินจะกระตุ้นให้มีการหดรัดตัวของกล้ามเนื้อเรียบนี้ ทำให้น้ำนมที่สร้างไว้แล้วไหลเข้าไปสู่ท่อน้ำนมเมื่อทารกดูด เมื่อทารกดูดนม จะส่งกระแสประสาทผ่านไขสันหลังไปยังเซลล์ประสาทที่สร้างฮอร์โมนในไฮโพทาลามัสทำให้มีการสร้างออกซิโทซิน และมาเก็บไว้ที่ต่อมใต้สมองส่วนหลัง และแพร่เข้าไปในกระแสเลือดไปทำงานโดยกระตุ้นกล้ามเนื้อเรียบที่ต่อมน้ำนมให้บีบตัวให้น้ำนมที่สร้างไว้แล้วให้ไหลออกมาตามท่อน้ำนมไปที่หัวนมแล้วเข้าปากทารก (กองบรรณาธิการ HONESTDOCS, 2562) ส่วนความต้องการน้ำนมของทารกนั้นไม่สามารถบอกปริมาณที่แน่ชัดได้ แต่มักจะใช้เกณฑ์ที่ว่าให้กินน้ำนมแต่ละครั้งนานไม่น้อยกว่า 20–30 นาที และให้ได้น้ำนมอย่างน้อย 8 ครั้งต่อวัน และจำนวนครั้งจะลดลงเมื่อเด็กเจริญเติบโต (รักลูก, 2561) ซึ่งปริมาณความต้องการน้ำนมของทารกในแต่ละช่วงอายุ แสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ปริมาณความต้องการน้ำนมของทารกในแต่ละช่วงอายุต่อน้ำหนักตัว

อายุ	น้ำนมที่ต้องการ	น้ำหนัก
สัปดาห์แรก	10–12 ครั้ง/วัน	ลดลงไม่เกินกว่า 10% จากตอนแรกเกิด
สัปดาห์ที่ 2–3	0–12 ครั้ง/วัน	1 เท่ากับแรกเกิด
สัปดาห์ที่ 4	8–10 ครั้ง/วัน	เพิ่ม ขึ้น 0.5–1 กิโลกรัม
2 เดือน	8–10 ครั้ง/วัน	เพิ่มเดือนละ 1 กิโลกรัม
3 เดือน	7–8 ครั้ง/วัน	เพิ่มเดือนละ 1 กิโลกรัม
4 เดือน	6–8 ครั้ง/วัน	เพิ่มเดือนละ 1 กิโลกรัม
5 เดือน	6–8 ครั้ง/วัน	2 เท่าของแรกเกิด
6–7 เดือน	5–6 ครั้ง + อาหารเสริม 1 มื้อ	1 เท่าของแรกเกิด

ที่มา: รักลูก, 2561

2.2 หัวปลีหรือปลีกล้วย (Banana blossom, Banana flower)

2.2.1 ชนิดและลักษณะของปลีกล้วย

หัวปลี (banana blossom) เป็นชื่อท้องถิ่นที่นิยมเรียก มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Musa sapientum Linn*., paradisaca Linn. จัดอยู่ในวงศ์ Musaceae หัวปลีเป็นส่วนดอกของกล้วยที่ยังไม่ได้โตจนกลายเป็นผลกล้วย จึงยังเป็นส่วนที่มีกาบห่อหุ้มอยู่ภายนอกเรียงตัวทับซ้อนกันแน่นเป็นรูปดอกบัวตูมทรงสูง ซึ่งจะเรียกว่า หวี มันจะเจริญงอกงามคลี่กาบหวีกล้วยออกไปเรื่อย ๆ หลาย ๆ หวีรวมกัน เรียกว่า เครือ ในตอนท้าย ๆ ของเครือ ดอกกล้วยมักจะหยุดการคลี่กาบ และจะไม่มีผลกล้วยงอกออกมาจะต้องตัดปลีกล้วยออก เพราะถ้าไม่ตัดออกปลีกล้วยส่วนนี้จะไปแย่งอาหารมาจากผลกล้วยที่กำลังเจริญเติบโต (ศุภรักษ์ และคณะ, 2558)

2.2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

เป็นส่วนดอกของกล้วยออกเป็นช่อ (inflorescence) ในช่อดอกจะประกอบด้วยกลุ่มของช่อดอกย่อยเป็นกลุ่ม ๆ มีใบประดับสีม่วงแดงหรือที่เรียกว่า กาบปลี (bract) ระหว่างแถวของช่อดอกย่อย ซึ่งช่อดอกย่อยแต่ละช่อมีดอกเรียงซ้อนกันอยู่ 2 แถว ดอกเพศเมีย (ที่สามารถเจริญเป็นผลได้) จะอยู่ในช่อดอกย่อยที่บริเวณโคนปลี (ใกล้กับใบ) ดอกเพศผู้จะอยู่ที่ปลายปลี หรือส่วนที่เรียกว่า หัวปลี มักนำมาใช้ในการประกอบอาหาร และยังมีสรรพคุณในการช่วยบำรุงน้ำนมของมารดาหลังคลอด (ศุภกร และคณะ, 2557)

ก. ข. ค. ง.

ภาพที่ 2.2 ส่วนประกอบของดอกกล้วย ก) กาบปลี ข) กลุ่มดอกเพศเมีย ค) แกนช่อดอก และ ง) ช่อดอก

ที่มา: ศุภกร และคณะ, 2557

2.2.3 สรรพคุณปลีกล้วย (Plantlove, 2560)

2.2.1.1 ช่วยเพิ่มน้ำนมแม่หลังคลอดบุตร

2.2.1.2 ช่วยป้องกันโรคลำไส้อักเสบ

2.2.1.3 ช่วยลดน้ำตาลในเลือด

2.2.1.4 ปลีกล้วยมีสารที่ออกฤทธิ์เป็นด่าง ช่วยลดกรดในกระเพาะอาหาร และช่วยป้องกันโรคแผลในกระเพาะอาหาร

2.2.1.5 ป้องกันโรคท้องร่วง ทำหน้าที่ต้านเชื้อแบคทีเรียในระบบทางเดินอาหาร

2.2.1.6 มีสารต้านอนุมูลอิสระออกฤทธิ์ต้านการออกซิเดชันจากสารในกลุ่มฟีนอลิก

2.2.4 การนำไปใช้ประโยชน์

2.2.1.7 ปลีกล้วย นำมาประกอบอาหาร เช่น ยำหัวปลี แกงหัวปลีใส่ปลา ห่อหมกหัวปลีใส่ไก่ เป็นต้น

2.2.1.8 ผลอ่อนที่ได้จากการตัดปลีกล้วย สามารถนำมาจิ้มน้ำพริกหรือรับประทานสดเป็นเครื่องเคียง

2.2.5 สารอาหารของปลีกล้วย (ส่วนประกอบพื้นฐานจาก 100 กรัม) แสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 คุณค่าทางโภชนาการอาหารของหัวปลีสด 100 กรัม

ส่วนประกอบ	ปริมาณ	หน่วย
พลังงาน	28	กิโลแคลอรี่
น้ำ	92.3	กรัม
โปรตีน	1.4	กรัม
ไขมัน	0.2	กรัม
คาร์โบไฮเดรต	5.2	กรัม
กากใยอาหาร	0.8	กรัม
เถ้า	0.9	กรัม
แคลเซียม	28	มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	40	มิลลิกรัม
เหล็ก	0.7	มิลลิกรัม
วิตามินเอ	26	ไมโครกรัม
ไทอะมีน	0.01	มิลลิกรัม
ไรโบฟลาวิน	0.02	มิลลิกรัม
ไนอะซิน	0.6	มิลลิกรัม

ที่มา: กองโภชนาการ, 2554

2.3 สมุนไพรไทยที่เกี่ยวข้องการกระตุ้นน้ำนมมารดา

2.3.1 อินทผลัม (Date Palm) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Phoenix dactylifera* L. จัดเป็นพืชตระกูลปาล์มชนิดหนึ่ง มีหลากหลายสายพันธุ์ เป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้เป็นอย่างดีในเขตที่มีอากาศร้อนและแห้งแล้งอย่างทะเลทราย อินทผลัมอุดมไปด้วยสารทริพโตเฟน (Tryptophan) ซึ่งเป็นกรดอะมิโนจำเป็นที่ช่วยผลิตโปรตีนให้กับร่างกาย อีกทั้งยังเป็นสารตั้งต้นที่ทำให้ร่างกายหลั่งฮอร์โมนเซโรโทนิน (Serotonin) หรือ ฮอร์โมนแห่งความสงบสุข ซึ่งฮอร์โมนตัวนี้จะไปกระตุ้นระบบไหลเวียนเลือดจึงทำให้คุณแม่สามารถหลั่งน้ำนมให้กับทารกได้อย่างมีประสิทธิภาพ และช่วยบรรเทาอาการซึมเศร้าสำหรับมารดาในช่วงให้นมบุตร อีกทั้งฮอร์โมนเซโรโทนินยังช่วยต่อต้านการเกิดฮอร์โมนโดพามีน (Dopamine) ซึ่งโดพามีนเป็นฮอร์โมนที่ไปยับยั้งการหลั่งฮอร์โมนโปรแลคติน (Prolactin) ที่เป็นส่วนประกอบสำคัญของระบบการสร้างน้ำนมให้กับมนุษย์ (MedThai, 2556)

2.3.2 ขิง (ginger) เป็นพืชล้มลุกในวงศ์ขิง (Zingiberaceae) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Zingiber officinale* Roscoe และมีชื่อท้องถิ่นอื่น ๆ เช่น ขิงแกลง ขิงแดง ขิงเผือก ซึ่งหาได้ง่ายตามท้องตลาดและใช้ประจำเกือบทุกครัวเรือนทั้งในการประกอบอาหาร และใช้บรรเทาอาการต่าง ๆ เช่น ขับลม แก้อาเจียน ขับเหงื่อ เพิ่มการไหลเวียนเลือด เป็นต้น นอกจากนี้ขิงมีฤทธิ์ที่เผ็ดร้อนจากสารจินเจอรอล (gingerol) ช่วยกระตุ้นการสร้างและหลั่งน้ำนมได้ดี เมื่อมารดารับประทานเข้าไปสรรพคุณที่ดีของขิงนั้นจะผ่านทางน้ำนมไปยังทารก ทำให้ทารกไม่ปวดท้อง (สุภากรณ์ และผกากรอง, 2551)

2.3.3 ใบกะเพรา มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Ocimum sanctum* L. คุณค่าทางโภชนาการของกะเพรามีธาตุเหล็ก แคลเซียม ฟอสฟอรัส และเส้นใยอาหารสูง ใบกะเพาะมีสรรพคุณ เช่น แก้ท้องอืด ท้องเฟ้อ หวัด คลื่นไส้ ความร้อนจากใบกะเพราจะช่วยเพิ่มการไหลเวียนของเลือด ช่วยให้มีน้ำนมมากขึ้น เมื่อทารกได้รับจากน้ำนมจากมารดาจะช่วยลดอาการท้องอืดท้องเฟ้อ ซึ่งในประเทศอินโดนีเซียมีการใช้ใบกะเพราในการปรุงอาหารเพื่อขับน้ำนม (สุภากรณ์ และผกากรอง, 2551)

2.3.4 กานพลู มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Eugenia caryophyllus* (Spreng.) Bullock & S.G. Harrison มีรสร้อนเพิ่มการไหลเวียน และช่วยย่อย ที่สำคัญในดอกกานพลูจะมีน้ำมันยูจีนอล (Eugenol) ที่มีสรรพคุณช่วยเพิ่มน้ำนม บรรเทาอาการแน่น จุกเสียด สามารถนำดอกกานพลูแห้งมาชงดื่มได้ (สุภากรณ์ และผกากรอง, 2551)

2.3.5 พริกไทย มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Piper nigrum* Linn. เป็นอาหารยอดนิยมของมารดาที่เพิ่งคลอดใหม่ชอบรับประทานกัน พริกไทยจะมีรสร้อน ช่วยกระตุ้นให้น้ำนมไหลได้ดี และยังช่วยขับลม สามารถนำพริกไทยไปปรุงร่วมกับอาหารอื่น ๆ ได้หลายเมนูไม่ว่าจะใส่ในแกงเลียง หรือจะเป็นปลาผัดพริกไทยดำ พริกไทยอ่อนผัดกับหมู ตับ ไก่ หรือกุ้ง เป็นต้น (สุภากรณ์ และผกากรอง, 2551)

2.3.6 มะรุม มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Moringa Oleifera* Lam. ใบมะรุมนั้นมีวิตามินซีสูงกว่าส้ม 7เท่า มีแคลเซียมสูงกว่านม 4 เท่า มีวิตามินเอสูงกว่าแครอต 4 เท่า มีโพแทสเซียมสูงกว่ากล้วย 3 เท่า มีโปรตีนสูงกว่านม 2 เท่า ซึ่งมะรุมมีสารอาหารที่ดีมากสำหรับมารดา และทารก ในกรณีของเด็กแรกเกิดการให้มะรุมทำได้ดีที่สุดโดยผ่านทางน้ำนมมารดาที่กินใบมะรุมอย่างสม่ำเสมอ สารอาหารสำคัญจะผ่านสู่ทารกได้โดยง่าย อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มแคลเซียมเข้าไปเสริมกระดูกมารดาได้เป็นอย่างดี ใบและดอกของมะรุมมีสรรพคุณในการขับน้ำนม ซึ่งปัจจุบันมีการศึกษายืนยันฤทธิ์ในการขับน้ำนมของมะรุมแล้ว (สุภากรณ์ และผกากรอง, 2551)

2.3.7 นมสาว นมนาง มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Pouteria cambodiana* (Pierre ex Dubard) ในตำรับยาสมุนไพรอีสานนั้น นิยมใช้ต้นนมสาวในสตรีที่คลอดบุตรแล้ว ไม่สามารถให้นมบุตรได้เนื่องจากไม่มีน้ำนม ให้ตัดลำต้นหรือกิ่ง หรือราก แล้วผ่าเป็นชิ้นมาต้มให้กิน ทำให้เพิ่มการหลั่ง

น้ำนมและเพิ่มน้ำหนักต่อมน้ำนม กินไปสักระยะหนึ่งจะสังเกตเห็นเต้านมที่โตขึ้นและมีน้ำนมผลิตออกมา (สุภากรณ์ และผกากรอง, 2551)

2.3.8 ใบแมงลัก มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Ocimum basilicum* L.f. var. citratum Back. เป็นสมุนไพรฤทธิ์ร้อน มีสรรพคุณกระตุ้นต่อมน้ำนม ช่วยขับลม ขับเหงื่อ นอกจากนี้ยังมีธาตุอาหารสำคัญอย่างแคลเซียม ธาตุเหล็ก วิตามินบี และวิตามินซี โดยสามารถรับประทานเพื่อเรียกน้ำนม เช่น แกงเลียงใส่ใบแมงลัก หรือจะรับประทานกับขนมจีน หรือใส่ในแกง (สุภากรณ์ และผกากรอง, 2551)

2.3.9 กุยช่าย มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Allium tuberosum* Rottl. ex Spreng. หรือบางคนเรียกว่าดอกไม้กวาด มีสรรพคุณช่วยแก้อาการท้องอืด ท้องเฟ้อ ขับลม และแก้ท้องผูก กุยช่ายยังอุดมไปด้วยวิตามินเอ ธาตุเหล็ก และช่วยขจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากร่างกาย นอกจากเมื่อให้มารดาให้น้ำนมรับประทานยังช่วยให้มีน้ำนมไหลได้ดี เมนูอาหารส่วนใหญ่ เช่น ผัดกุยช่ายใส่ตับ ผัดดอกกุยช่ายใส่กุ้ง ผัดไทยใส่ใบกุยช่าย หรือจะเป็นขนมกุยช่าย (สุภากรณ์ และผกากรอง, 2551)

2.3.10 ฟักทอง มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Cucurbita moschata* Decne ซึ่งในเนื้อฟักทองประกอบด้วยแป้ง โปรตีน ไขมัน ฟอสฟอรัส แคลเซียม ธาตุเหล็ก และสารเบต้า–แคโรทีน ซึ่งเป็นสารที่ร่างกายนำไปสร้างวิตามิน ช่วยขับน้ำนม และเสริมสร้างคอลลาเจนใต้ผิวหนัง ทำให้ผิวสดใส แก้หน้าท้องลายให้กับมารดาได้อีกด้วย เมนูที่สามารถนำไปทำอาหารได้ เช่น แกงเลียงใส่ฟักทอง ฟักทองนึ่ง แกงบวดฟักทอง (สุภากรณ์ และผกากรอง, 2551)

ก. ข. ค. ง.

จ. ฉ. ช. ซ.

ภาพที่ 2.3 สมุนไพรไทยที่มีฤทธิ์ช่วยกระตุ้นน้ำนมมารดา ก) อินทผลัม ข) ขิง ค) ใบกะเพรา ง) พริกไทยกะเพรา จ) มะรุม ฉ) ใบแมงลัก ช) กุยช่าย และ ซ) ฟักทอง

ที่มา: Mama Expert Team, 2012

2.4 การสำรวจเครื่องดื่มหัวปลีทางการตลาด

จาการที่นักวิจัยได้ไปทำการสำรวจข้อมูลตามท้องตลาดเมื่อวันที่ 10 สิงหาคม 2563 ณ เว็บไซต์ออนไลน์ พบว่า ในท้องตลาดมีผลิตภัณฑ์น้ำหัวปลีเข้มข้นอยู่ในรูปแบบพาสเจอไรซ์มีทั้งหมด 8 แบรนด์ 10 สูตร ได้แก่ ดั้งเดิม มะขาม ขิง พุทราจีน เสาวรส น้ำผึ้งมะนาว มะเขือเปาะ โปยก๊ก งาดำ และมะเขือเปาะ โดยสูตรที่นิยมบริโภคจะผสมสมุนไพรและสารให้ความหวาม ได้แก่ อินทผลัม มะขาม มะนาว น้ำผึ้ง หญ้าหวาน ที่มีขายตามท้องตลาด ราคาที่ขายจะอยู่ในช่วง 35–100 บาท ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามแบรนด์ แสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มหัวปลีทางการตลาด

แบรนด์	สูตร	ส่วนผสม	ผลิตภัณฑ์	ขนาด	ราคา	หมายเหตุ
Mommy Goody	สูตรต้นตำรับ	น้ำหัวปลีเข้มข้น 99%		250 มิลลิลิตร	12 ขวด 720 บาท ขวดละ 60 บาท	
	สูตรผสมขิง	น้ำหัวปลีเข้มข้น 99% น้ำขิง 35% น้ำตาล 1%			12 ขวด 780 บาท ขวดละ 65 บาท	

ตารางที่ 2.3 ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มหัวปลีทางการตลาด (ต่อ)

แบรนด์	สูตร	ส่วนผสม	ผลิตภัณฑ์	ขนาด	ราคา	หมายเหตุ
Mommy Goody	สูตรผสมอินทผาลัม	น้ำหัวปลีเข้มข้น 90% อินทผลัม 10%		250 มิลลิลิตร	12 ขวด 780 บาท ขวดละ 65 บาท	
	ดั้งเดิม	น้ำหัวปลี 60% น้ำอินทผลัม 40%			12 ขวด 1000 บาท ขวดละ 83.33 บาท	
	มะขาม	น้ำหัวปลี 60% น้ำอินทผลัม 35% น้ำมะขาม 5%			24 ขวด 1800 บาท ขวดละ 75 บาท	
	ขิง	น้ำหัวปลี 55% น้ำอินทผลัม 30% ขิง 15%			72 ขวด 5400 บาท	

ตารางที่ 2.3 ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มหัวปลีทางการตลาด (ต่อ)

แบรนด์	สูตร	ส่วนผสม	ผลิตภัณฑ์	ขนาด	ราคา	หมายเหตุ
Mommy Licious Juice	Super Huaplee	น้ำหัวปลี 78% เนื้อหัวปลีสด 20% น้ำเก๊กฮวย 2%		300 มิลลิลิตร	12 ขวด 948 บาท ขวดละ 79 บาท	
	Huaplee with Star Anise	น้ำหัวปลี 70% เนื้อหัวปลีสด 17.95% โปยกั๊ก 10% น้ำเก๊กฮวย 2% หญ้าหวาน 0.05%				
	Huaplee & Black Sesame	น้ำหัวปลี 63% เนื้อหัวปลีสด 30% งาดำ 5% น้ำผึ้ง 2%		180 มิลลิลิตร	6 กระป๋อง 210 บาท กระป๋องละ 35 บาท	

ตารางที่ 2.3 ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มหัวปลีทางการตลาด (ต่อ)

แบรนด์	สูตร	ส่วนผสม	ผลิตภัณฑ์	ขนาด	ราคา	หมายเหตุ
Plee Dee	อินทผลัม	น้ำหัวปลีเข้มข้น 70% อินทผลัม 30%		250 มิลลิลิตร	6 ขวด 510 บาท ขวดละ 85 บาท	
	มะขาม	น้ำหัวปลีเข้มข้น 70% อินทผลัม 25% มะขาม 5%				
พลีพรีม (PleePreme)	มะนาว	น้ำหัวปลี 90.5% มะนาว 4.5% น้ำตาล 5%		350 มิลลิลิตร	12 ขวด 950 บาท ขวดละ 79.17 บาท	
อิ่มอุ่น limm.une	อินทผาลัม	น้ำหัวปลีเข้มข้น 80% อินทผาลัม 20%		250 มิลลิลิตร	12 ขวด 720 บาท ขวดละ 60 บาท	

ตารางที่ 2.3 ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มหัวปลีทางการตลาด (ต่อ)

แบรนด์	สูตร	ส่วนผสม	ผลิตภัณฑ์	ขนาด	ราคา	หมายเหตุ
Mom Like	อินทผาลัมและน้ำมะนาว	น้ำหัวปลี 80% อินทผาลัม 15% น้ำมะนาว 5%		250 มิลลิลิตร	24 ขวด 1700 บาท ขวดละ 70.83 บาท	
Mommy Licious Juice	Original	น้ำหัวปลี 98% น้ำตาล 2%		180 มิลลิลิตร	12 ซอง 590 บาท ซองละ 49.17 บาท	
	Light	น้ำหัวปลี 98.5% น้ำเชื่อมหญ้าหวาน 0.05%			24 ซอง 1180 บาท ซองละ 49.17 บาท	
	Flow	น้ำหัวปลี 91% มะเขือเปาะ 6.5% น้ำตาลไม่ขัดสี 5%				

2.5 สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant)

สารต้านอนุมูลอิสระหรือสารต้านออกซิเดชัน (antioxidant) คือ สารที่ทำหน้าที่ยับยั้งหรือต่อต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือสารที่สามารถขจัดอนุมูลอิสระออกจากร่างกาย ร่างกายมีระบบต้านออกซิเดชัน แบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ ประเภทแรกป้องกันการเกิดสารอนุมูลอิสระ ได้แก่ เอนไซม์ superoxide dismutase, glutathione peroxidase, catalase, peroxidase, cytochrome C–peroxidase ทองแดง สังกะสี ซีเลเนียม โปรตีนซึ่งมีทองแดงอยู่ในโมเลกุล (ceruloplasmin) ส่วนอีกประเภทหนึ่งคือ สารต้านออกซิเดชัน ในกลุ่มที่ทำลายปฏิกิริยาลูกโซ่นี้ ได้แก่ วิตามินซี วิตามินอี เบต้า–แคโรทีน ubiquinone, uric acid, bilirubin, albumin, sulfhydryl groups ในกรดอะมิโน cysteine ซึ่งมีอยู่ในโปรตีน เช่น เนื้อสัตว์ นอกจากวิธีนี้ยังมีสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) และสารกลุ่ม flavonoids ที่เป็นสารต้านออกซิเดชันที่น่าสนใจ (มลศิริ, 2540)

2.5.1 กลไกหลักในการออกฤทธิ์ของสารต้านอนุมูลอิสระ สามารถสรุปเป็น 3 กลไกดังนี้ (สุรีวัลย์ และคณะ, 2562)

5.2.1.1 การกำจัดอนุมูลอิสระโดยตรง (free radical scavenger) เป็นกลไกที่จะยับยั้งอนุมูลอิสระโดยการให้อะตอมไฮโดรเจน ทำให้อนุมูลอิสระมีความสเถียรมากขึ้น สารต้านอนุมูลอิสระในกลุ่มนี้ ได้แก่ กลุ่มวิตามิน (เช่น vitamin E) กลุ่มสารต้านอนุมูลอิสระแบบสังเคราะห์ เช่น butylated hydroxy anisole (BHA), butylated hydroxytoluene (BHT), tertiary–butyl hydroquinone (TBHQ), propyl gallate กลุ่มพอลิฟีนอล เช่น catechin, curcumin, ellagic acid, gallic acid, malvidin, quercetin, resveratrol, rosmarinic acid ตัวอย่างการเกิดปฏิกิริยาแสดงในสมการที่ 1–4 (เมื่อ A คือ สารต้านอนุมูลอิสระหรือสารต้านออกซิเดชัน H คือ ไฮโดรเจน O คือ ออกซิเจน และ R คือ อนุมูลอิสระ)

5.2.1.2 การกำจัดออกซิเจน (oxygen scavenger) เป็นกลไกที่จะยับยั้งอนุมูลอิสระโดยทำปฏิกิริยากับซิงเกลทออกซิเจน (singlet oxygen; $^1O_2$) ในสารละลาย โดยมี kΔ เป็นค่ารีแลกเซชันเรท หรืออัตราคลายตัว (relaxation rate) และเปลี่ยนให้อยู่ในรูปออกซิเจน 3 อะตอม (triplet oxygen; $^3O_2$) เพื่อกำจัดหรือป้องกันการเกิดออกซิเจน (O_2) ที่เป็นปัจจัยหนึ่งของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน สารต้านอนุมูลอิสระในกลุ่มนี้ ได้แก่ vitamin C, sulphite, bisulphite, carotenoids ตัวอย่างการเกิดปฏิกิริยาแสดงในสมการที่ 5

5.2.1.3 สารคีเลต (chelating agents) เป็นกลไกที่จะยับยั้งอนุมูลอิสระโดยการกำจัดไอออนโลหะที่เป็นปัจจัยให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน พบว่า Fe^{2+} และ Cu^{2+} เป็นโลหะที่เป็นสาเหตุของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในหลายกรณี ดังนั้น การกำจัดโลหะหนักเหล่านี้ออกจากระบบจึงเป็น

การชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันทางอ้อม สารต้านอนุมูลอิสระในกลุ่มนี้ ได้แก่ citric acid, EDTA, phosphate ตัวอย่างการเกิดปฏิกิริยาแสดงในสมการที่ 6

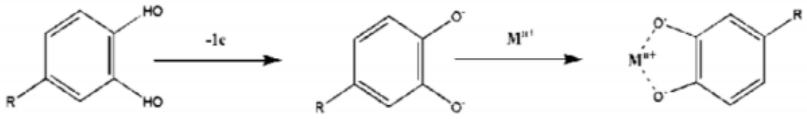
$$R\bullet + AH \rightarrow RH + A\bullet \quad (1)$$

$$RO\bullet + AH \rightarrow ROH + A\bullet \quad (2)$$

$$R\bullet + A\bullet \rightarrow RA \quad (3)$$

$$RO\bullet + A\bullet \rightarrow ROA \quad (4)$$

$$^1O_2 \xrightarrow{k_\Delta} {}^3O_2 \quad (5)$$



(6)

ภาพที่ 2.4 กลไกการออกฤทธิ์ของสารต้านอนุมูลอิสระ
ที่มา: สุรีวัลย์ และคณะ, 2562

2.5.2 ประเภทของสารต้านอนุมูลอิสระ สามารถแบ่งได้เป็น 5 ประเภท ดังนี้ (อนงนาฎ, 2560)

2.5.2.1 primary antioxidant ซึ่งเป็น phenolic compound ทำหน้าที่ในการหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ในปฏิกิริยาของการออกซิเดชันไขมัน ทำหนาที่เป็นตัวให้อิเล็กตรอน

2.5.2.2 oxygen scavenger ได้แก วิตามินซี หรือ ascorbic acid โดยจะเขาทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ชวยลดออกซิเจนได้

2.5.2.3 secondary antioxidant ได้แก่ thiopro–pionic acid ซึ่งช่วยสลาย lipid hydroperoxide

2.5.2.4 enzymatic antioxidant ไดแก่ เอนไซม์ superoxide dismutase (SODs), catalase (CAT) ช่วยกำจัดออกซิเจน และอนุพันธออกซิเจน เชน H_2O_2

2.5.2.5 metal chelating ไดแก กรดซิตริก (citric acid), กรดอะมิโน (amino acid) ทำหน้าที่จับกับไอออนของโลหะ (metal ions)

2.6 สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic compounds)

สารประกอบฟีนอลิก (Phenolics หรือ Phenolic compounds) เป็นสารไฟโตเคมิคอลที่สำคัญ ที่พบพืชที่เป็นอาหารเพราะทำหน้าที่เป็นสารตั้งต้น ในการสังเคราะห์สาระสำคัญต่าง ๆ ของพืชทั้งยังมีคุณสมบัติที่มีประโยชน์ในเชิงสุขภาพและการแพทย์อีกด้วย สารประกอบในกลุ่มนี้สามารถจำแนกได้เป็นหลายกลุ่มที่พบทั่วไปในพืชคือ กลุ่มสารประกอบกรดฟีนอลิก (Phenolic acids) กลุ่มสารประกอบฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) กลุ่มสารประกอบแทนนิน (Tannins) และกลุ่มสารประกอบลิกแนน (Lignans)

สารประกอบกรดฟีนอลิกที่พบในพืชโดยธรรมชาติมี 2 กลุ่มย่อยคือกลุ่มกรดไฮดรอกซีเบน–โซอิก (Hydroxybenzoic acids) และกลุ่มกรดไฮดรอกซีซินนามิก (Hydroxycinnamic acids) ซึ่งกลุ่มที่พบมากในธัญพืช พืชตระกูลถั่ว พืชที่ให้น้ำมัน ผัก ผลไม้และเครื่องดื่ม คือ กลุ่มกรดไฮดรอกซีซินนามิก และอนุพันธุ์ เช่น กรดคูมาริก กรดคาเฟอิก กรดเฟอรูลิก และกรดไซแนปพิก โดยมีโครงสร้างทางเคมีในรูปที่เกาะตรึง (insoluble–bound form) อยู่กับสารประกอบสำคัญในผนังเซลล์ของพืช เช่น เซลลูโลส ลิกนิน และในรูป soluble form ซึ่งพบในส่วนของไซโพลาสซึมของเซลล์ สารประกอบไฮดรอกซีซินนาเมทมีฤทธิ์ในเชิงการแพทย์มากมาย เช่น มีความสามารถด้าน anti–inflammatory, antibacterial, antiproliferative, anticarcinogenic และมีความสามารถในการต้านทานการเกิดออกซิเดชัน เป็นต้น (สุนันทา และคณะ, 2555)

2.7 สารประกอบแทนนิน (tannin, tannic acid)

แทนนิน (tannin, tannic acid) เป็นพอลิฟีนอล (polyphenol) ที่มีโมเลกุลใหญ่ และโครงสร้างซับซ้อน มีสูตรโมเลกุล ($C_{75}H_{52}O_{46}$) เป็นกรดอ่อน ประกอบด้วย gallic acid 9 โมเลกุล และน้ำตาลกลูโคส 1 โมเลกุล แทนนินมีจำหน่ายเป็นการค้าในรูปของกรดแทนนิก (tannic acid)

แทนนินเป็นสารให้รสฝาด (astringency) และรสขม (bitter) พบได้ในพืชหลายชนิด เช่น ใบชา ใบฝรั่ง ใบพลู ใบชุมเห็ด ผลไม้ดิบ เช่น กล้วยดิบ ในเปลือกและเมล็ดของผลไม้ เช่น เปลือกมังคุด องุ่น เม็ดในของมะขาม เปลือกมะพร้าวอ่อน และพบในไวน์แดง แทนนินมีส่วนสำคัญ เป็นสารตั้งต้นในปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (enzymetic browning reaction) ของผลไม้มีฤทธิ์เป็นสารกันเสีย (preservative) ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์สารแทนนินที่พบในชาที่สำคัญ คือ catechin ชาดำ (black tea) และชาอู่หลง (oolong tea) จะมีปริมาณแทนนินสูงกว่าชาเขียว (green tea)

ประเภทของแทนนินมี 2 ชนิด คือ คอนเดนส์แทนนิน (condensed tannins) หรือ เรียกว่า โปรแอนโทรไซยานิน (proanthrocyanin) หรือ flavan–3–ols สารไฮโดรไลซ์แทนนิน

(hydrolysable tannins) คือแทนนินที่สามารถถูกแยกออกเป็นโมเลกุลเล็กๆ ได้แก่ glycosylated gallic acids, catechin, gallo catechin, epicatechinn, epigallocatechin, kaempferol, querectin เป็นต้น (พิมพ์เพ็ญ และคณะ, 2564)

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จันทกานต์ (2561) ได้ศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากปลีกล้วยไข่ กล้วยน้ำว้าและกล้วยหอม ด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิด ได้แก่ เอทานอล เมทานอล และน้ำกลั่น โดยวิธีการดักจับอนุมูลอิสระดีพีพีเอช (DPPH assay) และการรีดิวส์เฟอร์ริก (FRAP assay) พบว่าสารสกัดหยาบจากปลีกล้วยทั้ง 3 สายพันธุ์ ด้วยน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง มีปริมาณผลผลิตร้อยละมากที่สุด แต่สารสกัดหยาบจากปลีกล้วยน้ำว้าด้วยเอทานอลสามารถดักจับอนุมูลอิสระดีพีพีเอชได้ดีที่สุด มีค่า IC_{50} เท่ากับ 367.67±0.011 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร และสามารถรีดิวส์เฟอร์ริกได้ดีที่สุด โดยมีค่า FRAP value เท่ากับ 64.93±2.25 ไมโครโมลาร์/100 กรัมน้ำหนักแห้ง รองลงมาคือ สารสกัดหยาบจากปลีกล้วยไข่และกล้วยหอมด้วยเอทานอล ตามลำดับ

ดวงพร และคณะ (2558) วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยใช้วิธีทดสอบฤทธิ์ขจัดอนุมูลอิสระ $ABTS^{\bullet+}$ และปริมาณกลุ่มสารฟีนอลิกที่เป็น สารสำคัญในชาปลีกล้วย 3 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ชาปลีกล้วย ชาชงขิงผสมปลีกล้วย และเครื่องดื่มแบบชงปลีกล้วย ผลการทดลองพบว่า ชา ชงปลีกล้วยมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และสารสำคัญกลุ่มฟีโนลิกที่สูงกว่าชาชงขิงผสมปลีกล้วย และเครื่องดื่มแบบชงปลีกล้วย เมื่อเทียบต่อ ปริมาณผลิตภัณฑ์ 1 กรัม โดยพบสารฟีนอลิกหลายชนิดในชาชงปลีกล้วย ได้แก่ catechin ในปริมาณสูงถึง 149.69 มิลลิกรัม/กิโลกรัม รองลงมา คือ isoquercetin นอกจากนี้ยังพบ gallic acid, quercetin, rutin และ tannic acid จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคโครมาโต–กราฟฟี (HPLC) จากผลการทดลองดังกล่าว จึงสรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์จากชาปลีกล้วยมีสาระสำคัญกลุ่มฟีนอลิก และฤทธิ์ชีวภาพในการต้านอนุมูล อิสระสูงกว่าทุกผลิตภัณฑ์ ทั้งในชาชงขิงผสมปลีกล้วย และเครื่องดื่มแบบชงสำเร็จ เนื่องจากสาระสำคัญในชาชงปลีกล้วย เมื่อนำมาละลายในน้ำร้อนแล้วสามารถละลายในน้ำได้ดีและออกฤทธิ์ชีวภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์จากปลีกล้วยอีกชนิดที่มีส่วนผสมอื่น ๆ เพิ่มเติม ทำให้สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพมีปริมาณลดลง

วิภาดา และยิ่งยง (2560) ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และปริมาณเคอร์คูมินอยด์ ของสารสกัด พืชสกุลขิง 8 ชนิดที่พบในประเทศไทย โดยการนำมาวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS เปรียบเทียบกับวิตามินซี พบว่า สารสกัดของ Z.officinale มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดในการวิเคราะห์ฤทธิ์ ต้านอนุมูลอิสระทั้งสองวิธีกล่าวคือ สามารถยับยั้งอนุมูล $DPPH^{\bullet}$ และอนุมูล $ABTS^{\bullet+}$ ได้ครึ่งหนึ่งของปริมาณ อนุมูลอิสระทั้งหมด โดยมีค่า

IC_{50} เท่ากับ 4.26 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และ 7.04 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก พบว่าปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดในสารสกัดพืชสกุลขิงอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.24 ถึง 0.85 มิลลิกรัมกรดแกลลิก/กรัมน้ำหนักแห้งของตัวอย่าง เมื่อนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสารฟีนอลิกทั้งหมดกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH และ ABTS พบว่า มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.777 และ 0.817 ตามลำดับ ส่วนปริมาณเคอร์คูมินอยด์รวม พบว่าใน Z.montanum มีปริมาณสูงที่สุด คือ 2.63% (w/w) และใน Zingiber 'Plai chompoo' มีปริมาณน้อยที่สุด คือ 0.034% (w/w) จากการทดลองนี้สรุปได้ว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

ภาเกล้า และคณะ(2558) ศึกษาตัวทำละลายที่มีผลต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจากสารสกัดพืชสมุนไพร ได้แก่ ใบชะพลู ใบย่านาง ใบฝรั่ง ใบสะระแหน่ ใบแก้ว ดอกทองกวาว ผักหวานป่า และขิง โดยใช้ตัวทำละลายน้ำ 50% เอทานอล และเอทานอลเป็นตัวทำละลายในการสกัดสารจากพืช ทำการศึกษาการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี 2,2–diphenyl–1–pierylhydrazyl (DPPH) และทำการศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดโดยวิธี Folin–Clocalteu Phenol reagent ผลการศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดพืชสมุนไพร การศึกษาการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของการสกัดพืชสมุนไพรใน ตัวทำละลายที่แตกต่างกัน พบว่าสารสกัดที่สกัดด้วยเอทานอล มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด ได้แก่ สารสกัดจากขิง รองลงมาคือ สารสกัดจากดอกทองกวาวและสารสกัดจากใบแก้ว ซึ่งมีค่าเท่ากับ 83.38%, 69.41% และ 69.27% ตามลำดับ และสารสกัดที่สกัดด้วยเอทานอลมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุดเช่นกัน คือ สารสกัดจากดอกทองกวาว สารสกัดจากใบชะพลู และสารสกัดจากใบย่านาง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 59.23, 56.83 และ 50.81 มิลลิกรัมกรดแกลลิก/10 กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ การคำนวณทางสถิติในตัวทำละลายสามชนิดมีค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (0.05)

มณฑาทิพย์ และคณะ (2538) ศึกษากรรมวิธีการผลิตหัวปลีและไส้หยวกกล้วยบรรจุกระป๋องจากการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของหัวปลี และไส้หยวกกล้วย พบว่า หัวปลีมีโปรตีน ไขมัน และเถ้าสูงกว่าไส้หยวก แต่มีปริมาณกากใยน้อยกว่าไส้หยวกกล้วย มีปริมาณสารแทนนินในหัวปลีและไส้หยวกกล้วยประมาณร้อยละ 3.75 และ 0.53 ตามลำดับ แทนนินทำให้เกิดรสฝาดซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณแทนนิน

สัณหา และคณะ (2559) ได้ศึกษาอาหารหรือสมุนไพรเพื่อกระตุ้นการสร้างและหลั่งน้ำนมแม่เป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลายมาตั้งแต่ในอดีตจนถึงปัจจุบัน อย่างไรก็ตามความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้สมุนไพรโดยเฉพาะสมุนไพรไทยเพื่อกระตุ้นการผลิตน้ำนมยังมีน้อย และยังไม่มีงานวิจัยที่มีกระบวนการวิจัยที่รัดกุม ไม่มีการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง และบางงานวิจัยไม่มีกลุ่มควบคุม จึงไม่สามารถสรุปประสิทธิผลและผลข้างเคียงที่ตามมาได้อย่างชัดเจน ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาผลของการใช้

สมุนไพรไทยที่นิยม และหาง่ายในท้องถิ่น ได้แก่ ปลีกล้วย และขิง ที่มีผลต่อการไหลและปริมาณน้ำนมแม่ในระยะแรกหลังคลอด

ศรัญญา (2559) ศึกษาการสกัดและการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในพืชสมุนไพร 4 ชนิด ได้แก่ ผักโขม ผักปลัง มะระขี้นก และผักแพว ด้วยวิธีการทำลายอนุมูลอิสระดีพีพีเอช (DPPH radical) โดยสกัดด้วยตัวทำละลาย 0.1 M HCl ใน 10% Ethanol และผลของอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการสกัด ได้แก่ อุณหภูมิห้อง 50 และ 60 องศาเซลเซียส ที่เวลา 30, 60 และ 120 นาที ด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay

เอนก และบุณยกฤต (2560) ศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของ สมุนไพรพื้นบ้าน ซึ่งใช้พืชสมุนไพรที่หาซื้อได้ในเขตตำบลนครชุม อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร เพื่อเป็นแนวทาง ในการคัดเลือกสมุนไพรที่มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระที่ดีมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่ม ทั้งนี้ ทำการศึกษาประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระโดย 3 เทคนิคคือ ABTS, DPPH และ FRAP รวมถึงศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์สมุนไพรที่ใช้ในการทดลองได้แก่ อัญชัน ขมิ้น ใบเตย มะรุม กระเจี๊ยบ โหระพา สะระแหน่ มะตูม ข่า ขิง มะขาม กะเพรา ตะไคร้แมงลักและมะนาว ผลการศึกษาพบว่า กระเจี๊ยบมีประสิทธิภาพใน การต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าสมุนไพรชนิดอื่น โดยเฉพาะ DPPH ที่มีค่าสูงที่สุดคือ 21.21 µmol Trolox equivalents/g สมุนไพรชนิดอื่นมีค่าอยู่ในช่วง 0.39–17.62 µmol Trolox/g นอกจากนี้ยังมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่สุดคือ 4.83 มิลลิกรัมกรดแกลลิก/กรัม สมุนไพรชนิดอื่นมีค่าอยู่ในช่วง 0.42–4.80 มิลลิกรัมกรดแกลลิก/กรัม ส่วนฟลาโวนอยด์นั้น อัญชัน และกระเจี๊ยบมีปริมาณ ฟลาโวนอยด์สูงใกล้เคียงกันคือ 8.65 และ 7.96 มิลลิกรัมกรดคาเทชิน/กรัม ตามลำดับ

Arya (2016) การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของหัวปลีสด 2 สายพันธุ์ คือ สายพันธุ์ Poovan และสายพันธุ์ Monthan มีปริมาณความชื้นเท่ากับ 90.1 กับ 90.23 โปรตีน 1.99 กับ 1.43 กรัม/100 กรัม ไขมัน 0.43 กับ 0.54 กรัม/100 กรัม เถ้า 3.21 กับ 2.42 กรัม/100 กรัม กากใย 12.82 กับ 12.42 กรัม/100 กรัม และคาร์โบไฮเดรต 95.23 กับ 95.61 กรัม/100 กรัม ตามลำดับ

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 ปลีกล้วยน้ำว้า (*Musa sapientum* Linn.)

3.1.2 อินทผลัม (*Phoenix dactylifera*)

3.1.3 ขิงแก่ (*Zingiber officinale* Roscoe)

3.2 วัสดุและสารเคมี

3.2.1 ภาชนะสำหรับบรรจุผลิตภัณฑ์น้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่ม

3.2.1.1 ขวดแก้วฝาเกลียวล็อคขนาดบรรจุ 75 มิลลิลิตร

3.2.2 สารเคมี

3.2.2.1 สารเคมีสำหรับการสกัดสารจากหัวปลีสด

1) เมทานอล 99.8%

3.2.2.2 สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

1) กรดแอสคอร์บิก เข้มข้น 1%

2) เอทานอล (Absolute ethanol) 99%

3) DPPH (2,2–diphenyl–1–picrylhydrazyl)

3.2.2.3 สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิก

1) Folin–Ciocalteu phenol reagent

2) โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3)

3) กรดแกลลิก (Gallic acid)

4) เอทานอล (Absolute ethanol) 99%

5) น้ำกลั่น

3.2.2.4 สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณแทนนิน

1) สารละลายแทนนิก

2) เอทานอล (Absolute ethanol) 95%

3.3 อุปกรณ์

3.3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตน้ำหัวปลีสกัดและน้ำหัวปลีเข้มข้น

3.3.1.1 อุปกรณ์เครื่องครัว ได้แก่ มีด เขียง ตะแกรงร่อนขนาด 60 เมช กระบวย ถาดสแตนเลส กะละมังสแตนเลส หม้อสแตนเลส

3.3.1.2 ผ้าดิบขนาด 11 เมช

3.3.1.3 Water Bath ยี่ห้อ M-LAB รุ่น WBN 30

3.3.1.4 เครื่องกลั่นระเหยแบบสุญญากาศแบบหมุน (Rotary Evaporator) ยี่ห้อ Buchi รุ่น R-205

3.3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาปริมาณสารสกัด

3.3.2.1 เครื่อง UV–VIS Spectrophotometer ยี่ห้อ SHIMADZU รุ่น UV–1700 PharmaSpec

3.3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมี

3.3.3.1 อุปกรณ์เครื่องแก้ว ได้แก่ ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 และ 500 มิลลิลิตร บีกเกอร์ขนาด 25, 50 และ 250 มิลลิลิตร ขวดปรับปริมาตรขนาด 10, 50 และ 100 มิลลิลิตร กระบอกตวงขนาด 10, 25, 100, 250 และ 500 มิลลิลิตร กรวยกรองขนาด 100 และ 150 มิลลิเมตร หลอดทดลอง และแท่งแก้วคนสาร

3.3.3.2 กระดาษกรอง No.1 และ 4 ยี่ห้อ Whatman

3.3.3.3 Moisture can

3.3.3.4 โถดูดความชื้น

3.3.3.1 เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ BEL ENGINEERING รุ่น L5201

3.3.3.2 เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ SHIMADZU รุ่น ATX224

3.3.3.3 ตู้อบลมร้อน ยี่ห้อ FRANCE ETUVES รุ่น XU490

3.3.3.4 เครื่องปั่นผสมอาหาร ยี่ห้อ Imarflex รุ่น IF-315

3.3.3.5 เครื่อง Digital Brix Refractometer ยี่ห้อ ATAGO รุ่น PAL–1

3.3.3.6 เครื่องวัดพีเอช ยี่ห้อ EZDO รุ่น 7011

3.3.3.7 เครื่องวัดสี ยี่ห้อ Grating spectrophotometer รุ่น YS3020

3.3.3.8 เครื่องเขย่าสารละลาย ยี่ห้อ IKA รุ่น KS 260 basic

3.3.4 อุปกรณ์สำหรับทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

3.3.4.1 ชุดอุปกรณ์ทดสอบชิม ได้แก่ แก้วพลาสติก ขนาด 1 และ 3 ออนซ์

3.3.4.2 แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ปากกา และแบบทดสอบ

3.4 วิธีการดำเนินการ

ในงานวิจัยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

3.4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ และเคมีของหัวปลีสด

3.4.1.1 การเตรียมตัวอย่าง

นำหัวปลีสดมาล้างทำความสะอาด จากนั้นหั่นและปั่นจนละเอียด ชั่งน้ำหนักหัวปลี 5 กรัม เติมเมทานอล 50 มิลลิลิตร นำไปเขย่าบนเครื่องเขย่าสารละลายที่ความเร็ว 90 รอบต่อนาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมง กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 และทำการสกัดด้วยวิธีเดิมอีกครั้ง นำสารสกัดที่ได้ทั้ง 2 ครั้งรวมกัน ปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร ด้วยเมทานอล เก็บใส่ขวดที่ปิดด้วยอลูมิเนียมฟอยด์ เพื่อรอนำไปทดสอบในขั้นตอนต่อไป (ดัดแปลงจากอเนก และปุณยกฤต, 2560)

3.4.1.2 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (A.O.A.C., 2000)

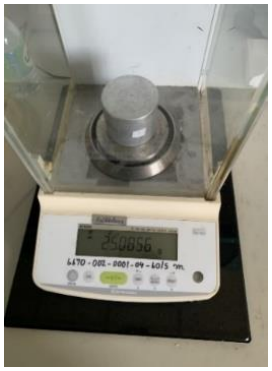
การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นในหัวปลี โดยนำ Moisture can ไปทำการชั่งน้ำหนักก่อนอบ จากนั้นนำเข้าตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นวลา 2–3 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบลมร้อนใส่ในโถดูดความชื้น ปล่อยทิ้งไว้จนกระทั่งอุณหภูมิ Moisture can ลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้อง แล้วชั่งน้ำหนักหลังอบจนกว่าอุณหภูมิจะคงที่ จากนั้นชั่งน้ำหนักหัวปลี 3–5 กรัม ใส่ลงใน Moisture can นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นวลา 3–4 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักจนกว่าน้ำหนักจะคงที่ (ภาพที่ 3.1) แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณตามสมการ ดังสมการที่ 7

$$M = \frac{\left(W_1 - W_2\right)}{W_1} \times 100 \qquad (7)$$

โดยที่ M = ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)

W_1 = น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W_2 = น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (กรัม)



ก. ข. ค.

ภาพที่ 3.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ก) นำ Moisture can เข้าตู้อบลมร้อน ข) นำ Moisture can ใส่ในโถดูดความชื้นหลังอบ และ ค) ชั่งน้ำหนักตัวอย่างหลังอบ

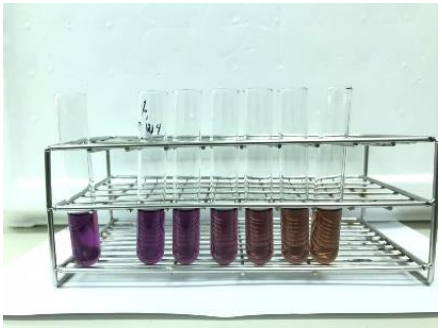
3.4.1.3 การวิเคราะห์ความเป็นกรด–ด่าง ตามวิธีของ A.O.A.C., 2000

นำตัวอย่างมาวัดค่าความเป็นกรด–ด่าง โดยใช้เครื่อง pH meter ที่ผ่านการปรับด้วยสารละลายบัฟเฟอร์มาตราฐาน pH 4.0, 7.0 และ 10

3.4.1.4 การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

1) การเตรียมสารละลายของ DPPH ในเอทานอล เตรียม DPPH ให้มีความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ จำนวน 100 มิลลิลิตร โดยชั่ง DPPH 0.0039 กรัม ละลายและปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร ด้วยเอทานอล

2) การเตรียมสารละลายมาตรฐานแอสคอร์บิก เตรียมสารละลายมาตรฐานแอสคอร์บิกในน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร โดยชั่งแอสคอร์บิก 0.05 กรัม จะได้ความเข้มข้น 1000 ppm จากนั้นนำมาเจือจาง 10 เท่า จะได้ 100 ppm เตรียมให้มีความเข้มข้น 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 และ 16 ppm (ภาพที่ 3.2) เพื่อนำไปสร้างกราฟมาตรฐานระหว่างค่าดูดกลืนแสงความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร (x) กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแอสคอร์บิก (y) (ดังภาคผนวกที่ ก1)



ภาพที่ 3.2 การเตรียมตัวอย่างสารละลายมาตรฐานแอสคอร์บิกที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

3) ปิเปตสารละลายตัวอย่างมา 0.8 มิลลิลิตร ผสมกัน สารละลาย DPPH 4 มิลลิลิตร ในหลอดทดลอง เขย่าผสมในเข้ากัน ทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที (ภาพที่3.3) ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV–Visible spectrophotometer โดยใช้น้ำกลั่นผสมกับเอทานอลในอัตรา 1:1 เป็น Blank เป็น Control จากนั้นนำไปคำนวณดังสมาการที่ 8 เพื่อเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานสารต้านอนุมูลอิสระ และคำนวณความสัมพันธ์ระหว่าง % Inhibition DPPH กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแอสคอร์บิก เพื่อหาค่า IC_{50}

$$\%\ \text{Inhibition DPPH} = \frac{\left(\text{Abs Control} - \text{Abs Sample}\right)}{\text{Abs Control}} \times 100 \qquad (8)$$

โดยที่ Abs Control คือ ค่าการดูดกลืนแสงของชุดควบคุม

Abs Sample คือ ค่าการดูกลืนแสงของชุดทดลอง

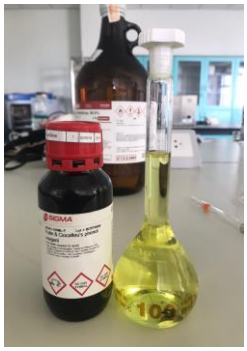
ภาพที่ 3.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

3.4.1.5 การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic compound)

1) วิธีการเตรียม Folin–Ciocalteu phenol reagent เตรียมโดยเจือจางสารละลาย Folin–Ciocalteu phenol reagent 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร (ภาพที่ 3.4ก)

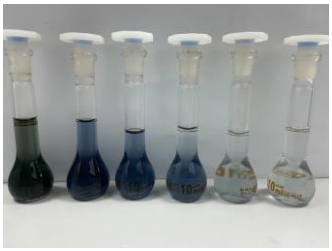
2) วิธีการเตรียมโซเดียมคาร์บอเนต เตรียมชั่งโซเดียมคาร์บอเนต 7.5 กรัม ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น (ภาพที่ 3.4ข)

3) การเตรียมกรดแกลลิก โดยการละลายกรดแกลลิก 0.05 กรัม ด้วยเอทานอล 99% ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ได้สารละลายกรดแกลลิกมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 0, 50, 100, 150, 200, 250 และ 300 มิลลิกรัมกรดแกลลิก/กรัม (ภาพที่ 3.4ค) โดยใช้สารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกความเข้มข้น 0 มิลลิกรัม/กรัม เป็นสารเปรียบเทียบ สร้างกราฟมาตรฐานระหว่างค่าดูดกลืนแสงความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร (x) กับความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลิกมาตรฐาน (y) (ดังภาคผนวกที่ ก2)



ก.

ข.



ค.

ภาพที่ 3.4 ขั้นตอนการเตรียมสารเพื่อวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิก ก) เตรียมสารละลาย Folin–Ciocalteu phenol reagent ข) สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต และ ค) สารละลายกรดแกลลิกมาตรฐานที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

4) ปิเปตน้ำกลั่น 6 มิลลิลิตร ใส่ในขวดปรับปริมาตร เติมสารละลายตัวอย่างปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร และสารละลาย Folin–Ciocalteu phenol reagent จากวิธีการเตรียมขั้นต้นปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ผสมสารละลายให้เป็นเนื้อเดียวกัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 30 วินาที หลังจากนั้นเติมโซเดียมคาร์บอเนตจากวิธีการเตรียมขั้นต้น ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น ให้ครบ 10 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดอีก 30 นาที (ภาพที่ 3.5) ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร โดยใช้สารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก

ความเข้มข้น 0 มิลลิกรัม/กรัม เป็นสารเปรียบเทียบ นำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับการสารประกอบฟีนอลิกมาตรฐาน แสดงผลปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในรูปกรดแกลลิก (มิลลิกรัมกรดแกลลิก/กรัม) (ดัดแปลงจากจิราภรณ์, 2554)

ก. ข. ค.

ภาพที่ 3.5 ขั้นตอนการเตรียมการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิก ก) ใส่น้ำกลั่นลงในขวดปรับปริมาตร ข) ใส่โซเดียมคาร์บอเนต และ ค) ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด

3.4.1.6 การวิเคราะห์ปริมาณแทนนิน

1) เตรียมสารละลายมาตรฐานแทนนินเข้มข้น 100 ppm ชั่งสารแทนนินมาตรฐาน 0.01 กรัม ละลายในเอทานอล 95% และปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร จากนั้นนำมาเจือจางด้วยเอทานอลให้มีความเข้มข้นเป็น 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 ppm ปรับปริมาตรด้วยเอทานอล 95% ให้เป็น 10 มิลลิลิตร จากนั้นนำสารละลายที่เตรียมได้ในแต่ละความเข้มข้นไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV–VIS Spectrophotomete ที่ความยาวคลื่น 280 นาโนเมตร นำไปสร้างกราฟมาตรฐานระหว่างค่าดูดกลืนแสงความยาวคลื่น 280 นาโนเมตร (x) กับความเข้มข้นของสารแทนนินมาตรฐาน (y) (ดังภาคผนวกที่ ก3)

2) เตรียมตัวอย่างน้ำหัวปลี โดยปิเปตสารสกัดหัวปลี 0.1 มิลลิลิตร ผสมเอทานอล 95% 5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดปรับปริมาตร เขย่าให้เข้ากัน ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง จากนั้นนำมาวิเคราะห์ปริมาณสารแทนนินทั้งหมดด้วยเครื่อง UV–Vis Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 280 นาโนเมตร (ภาพที่ 3.6) เพื่อเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานสารแทนนิน แสดงผลปริมาณสารแทนนินทั้งหมดในรูปกรดแทนนิก (มิลลิกรัมกรดแทนนิก/กรัม) (ดัดแปลงสุภาภรณ์ และชญาดา, 2560)

ก. ข. ค.

ภาพที่ 3.6 ขั้นตอนการเตรียมการวิเคราะห์สารแทนนิน ก) ใส่ตัวอย่าง ข) ใส่เอทานอล 95% และ ค) นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง

3.4.1.7 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) โดยใช้ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) แปลผลค่าเฉลี่ย และทำการวิเคราะห์หาความแปรปรวนทางเดียว (one–way ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) กำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

3.4.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ และเคมีของน้ำหัวปลีสกัด

3.4.2.1 การเตรียมตัวอย่างและการสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำกลั่น

นำหัวปลีสดปอกกาบปลีและเกสรออก หลังจากนั้นนำไปล้างน้ำให้สะอาด หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ 2-3 มิลลิเมตร ชั่งน้ำหนัก 100 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ตวงน้ำกลั่นปริมาตร 150 มิลลิลิตร ใส่ลงไปปิดด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ นำไปต้มที่อุณหภูมิ 70 และ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3, 4 และ 5 ชั่วโมง ตามลำดับ ทิ้งไว้ให้เย็น หลังจากนั้นนำมาแยกกากออกโดยการกรองด้วยตะแกรง และผ้าดิบ ขนาด 11 เมช จนได้น้ำหัวปลีสกัดที่ไม่มีตะกอน (ดัดแปลงจากจันทกานต์, 2561) นำน้ำหัวปลีสกัดไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ และเคมีของน้ำหัวปลีเข้มข้น ได้แก่ การวิเคราะห์ความเป็นกรด–ด่าง (ข้อ 3.4.1.3) การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (ข้อ 3.4.1.4) การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิก (ข้อ 3.4.1.5) และการวิเคราะห์ปริมาณแทนนิน (ข้อ 3.4.1.6) ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

ก. ข. ค.

ภาพที่ 3.7 การเตรียมตัวอย่างและการสกัดน้ำหัวปลี ก) หัวปลีหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ข) ตัวอย่างเตรียมการสกัด และ ค) น้ำหัวปลีสกัด

3.4.2.2 การวิเคราะห์ค่าสี ตามวิธีของ A.O.A.C., 2000

วิเคราะห์ค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี Grating spectrophotometer รุ่น YS3020 ซึ่งค่าสีที่ได้แสดงในรูป L*a*b* บันทึกผล ทำการทดลองซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง โดยกำหนดให้ ค่า L* เป็นค่าความสว่าง (Lightness) มีค่าอยู่ระหว่าง 0–100 โดย 0 คือ สีดำ และ 100 คือ สีขาว ค่า a* บ่งบอกถึงสีแดงและสีเขียว โดยค่าบวกสีตัวอย่างจะเป็นเฉดเป็นสีแดง และค่าลบจะเป็นเฉดสีเขียว ค่า b* บ่งบอกถึงสีเหลืองและสีน้ำเงิน โดยค่าบวกสีตัวอย่างจะเป็นเฉดเป็นสีเหลือง และค่าลบจะเป็นเฉดสีน้ำเงิน

ก. ข.

ภาพที่ 3.8 การวิเคราะห์ค่าสี ก) นำน้ำหัวปลีบรรจุลงควอตซ์ และ ข) เครื่องวัดสีแสดงผลการวิเคราะห์เป็นค่า L*, a* และ b*

3.4.2.3 การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ตามวิธีของ A.O.A.C., 2000

วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด โดยนำตัวอย่างน้ำหัวปลีสกัดไปวัดด้วยเครื่อง Digital Brix Refractometer อ่านปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในหน่วยองศาบริกซ์ (°Brix) ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

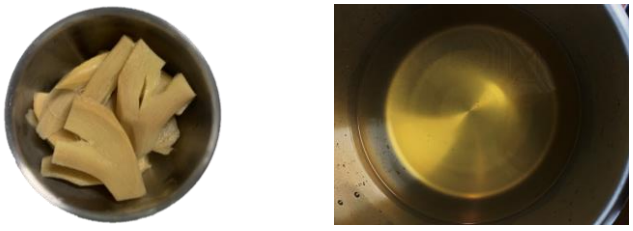
3.4.2.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) โดยใช้ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) แปลผลค่าเฉลี่ย และทำการวิเคราะห์หาความแปรปรวนทางเดียว (one–way ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) กำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

3.4.3 การพัฒนาน้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่ม

3.4.3.1 การเตรียมตัวอย่างน้ำขิง

นำขิงแก่มาล้างให้สะอาด ปอกเปลือกออก ทุบให้พอแตก (ภาพที่ 3.9ก) และน้ำมาชั่ง 100 กรัม ใส่ลงในหม้อ เติมน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร นำไปต้มที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที ให้น้ำมีสีเข้มขึ้น และมีรสของขิง หลังจากนั้นนำมาแยกกากออกโดยการกรองด้วยตะแกรง และผ้าดิบ ขนาด 11 เมช จนได้น้ำขิงที่ไม่มีตะกอน (ภาพที่ 3.9ข) ทิ้งไว้ให้เย็นเพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ และเคมีของน้ำขิง ได้แก่ การวิเคราะห์ความเป็นกรด–ด่าง (ข้อ 3.4.1.3) การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (ข้อ 3.4.1.4) การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิก (ข้อ 3.4.1.5) และการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (ข้อ 3.4.2.3) ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง (ดัดแปลงจากภาเกล้า และชญาณิศา, 2558)



ก. ข.

ภาพที่ 3.9 การเตรียมตัวอย่างและการสกัดน้ำขิง ก) ทุบขิงพอแตก และ ข) น้ำขิงสกัด

3.4.3.2 การสกัดน้ำหัวปลีเข้มข้น

นำน้ำหัวปลีสกัดที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง มาผสมกับน้ำขิงในอัตราส่วน 70 ต่อ 30 และนำมาทำให้เข้มข้นโดยใช้เครื่องระเหยสุญญากาศที่ความดัน 20 mbar อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหัวปลีที่มีความเข้มข้นสุดท้ายที่ 4 °Brix และนำน้ำหัวปลีเข้มข้นไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ และเคมีของน้ำหัวปลี ได้แก่ การวิเคราะห์ความเป็นกรด–ด่าง (ข้อ 3.4.1.3) การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (ข้อ 3.4.1.4) การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิก (ข้อ 3.4.1.5) การวิเคราะห์ปริมาณแทนนิน (ข้อ 3.4.1.6) การวิเคราะห์ค่าสี (ข้อ 3.4.2.2) และการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (ข้อ 3.4.2.3) ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

ภาพที่ 3.10 การสกัดน้ำหัวปลีเข้มข้นด้วยเครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน (Rotary Evaporator)

3.4.3.3 การพัฒนาสูตรน้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่ม

พัฒนาเพื่อปรับปรุงรสชาติของน้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่ม วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) กำหนดให้ระหว่างน้ำหัวปลีเข้มข้นต่อเนื้ออินทผลัมในอัตราส่วนเท่ากับ 90:10, 85:15 และ 80:20 ซึ่งผลรวมของทั้ง 2 ส่วนผสม เท่ากับ 100% แสดงดังตารางที่ 3.1

การเตรียมน้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่ม ทำโดยการนำน้ำหัวปลีเข้มข้นผสมกับอินทผลัมในอัตราส่วนต่าง ๆ จากนั้นนำมาปั่นในเครื่องปั่นผสมอาหาร เป็นเวลา 2 นาที จนส่วนผสมเข้ากัน หลังจากนั้นนำมาแยกกากออกโดยการกรองด้วยตะแกรง และผ้าดิบ ขนาด 11 เมช บรรจุลงขวด และเก็บรักษาเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อรอนำไปทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมน้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่ม

ส่วนผสม (%)	สูตร		
	1	2	3
น้ำหัวปลีเข้มข้น	90	85	80
อินทผาลัม	10	15	20
รวม	100	100	100

3.4.3.4 การทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

การทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสของน้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่ม ด้วยวิธี 9–point hedonic scale กำหนดการให้คะแนนตั้งแต่ 1–9 (1 คะแนน คือ ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 คะแนน คือ ชอบมากที่สุด) โดยผู้ทดสอบชิมเป็นเพศหญิงที่มีช่วงอายุตั้งแต่ 20–40 ปี ที่ไม่ผ่านการฝึกฝนอย่างน้อย 30 คน ผู้ทดสอบจะประเมินแบบทดสอบความชอบทางด้านสีของน้ำหัวปลีเข้มข้น รสชาติหวาน รสชาติโดยรวม และความชอบโดยรวม

3.4.3.5 การวิเคราะห์การยอมรับทางประสาทสัมผัส

วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design ; RCBD หรือ RBD) โดยใช้ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) แปลผลค่าเฉลี่ยโดยการวิเคราะห์หาความแปรปรวนทางเดียว (one–way ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT) กำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป (SPSS)

3.4.4 การพัฒนาน้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่มเชิงการค้า

3.4.4.1 กระบวนการพาสเจอไรส์

1) นำอุปกรณ์ที่จะใช้มาพาสเจอไรส์ในน้ำร้อน 100 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที นำขวดและฝาปิดมาพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ดังภาพที่ 3.11

2) นำน้ำหัวปลีเข้มข้นจากสูตรที่ได้คะแนนความชอบมากที่สุดมาทำการพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ในหม้อต้ม จากนั้นบรรจุลงขวดขณะร้อน ปิดฝาเกลียวล็อค ทำการลดอุณหภูมิโดยการหล่อเย็น นำไปเก็บรักษาเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ดังภาพที่ 3.12

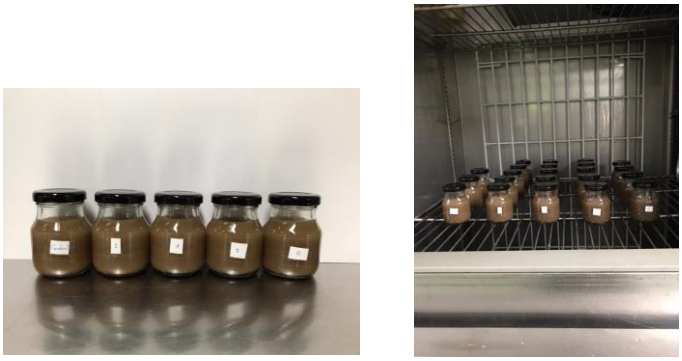
ภาพที่ 3.11 ขั้นตอนการพาเจอร์ไรส์ขวดและฝาบรรจุ

ก. ข. ค. ง.

ภาพที่ 3.12 ขั้นตอนการพาสเจอร์ไรส์น้ำหัวปลีเข้มข้น ก) พาสเจอร์ไรส์น้ำหัวปลีเข้มข้น ข) บรรจุลงขวด ค) หล่อเย็น และ ง) เก็บรักษา

3.4.4.2 ศึกษาอายุการเก็บรักษา

การศึกษาการเก็บรักษา ตามวิธีของชมภูนุช และปรัชญา (2553) โดยนำน้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่มที่ผ่านการพาสเจอไรส์มาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 4, 7 และ 10 วัน นำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ และเคมีของน้ำหัวปลีเข้มข้นที่อายุการเก็บรักษา



ภาพที่ 3.13 การเก็บรักษาน้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่ม

3.4.4.3 วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count)

นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่มที่อายุการเก็บรักษาที่ 0, 4, 7 และ 10 วัน มาวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ตามวิธีทดสอบ FDA BAM, Online, 2001 (Chapter 3) โดยการเลี้ยงเชื้อบนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง PCA บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง โคโลนีจะเจริญตามผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ แล้วนำจานเพาะเชื้อไปนับจำนวนโคโลนี รายงานผล CFU/mL ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

3.4.4.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) โดยใช้ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) แปลผลค่าเฉลี่ย และทำการวิเคราะห์หาความแปรปรวนทางเดียว (one–way ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) กำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป (SPSS)

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ และเคมีของหัวปลีสด

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของหัวปลี พบว่า หัวปลีสดมีปริมาณความชื้นเท่ากับ 94.93% ค่าความเป็นกรด–ด่างเท่ากับ 5.73 แสดงดังตารางที่ 4.1 เนื่องจากหัวปลีมีองค์ประกอบหลักเป็นน้ำอยู่ที่ 92.3 กรัมต่อน้ำหนักหัวปลี 100 กรัม จึงทำให้ปริมาณความชื้นค่อนข้างมาก ซึ่งมีค่าสอดคล้องกับรายงานวิจัยของ Arya (2016) ที่มีการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของหัวปลีสด 2 สายพันธุ์ คือ สายพันธุ์ Poovan และสายพันธุ์ Monthan มีปริมาณความชื้นเท่ากับ 90.1 กับ 90.23% และสายพันธุ์ Phee kyan กับ Thee hmwe ค่าความเป็นกรด–ด่าง เท่ากับ 5.8 กับ 6 ตามลำดับ (Khin Nann Nyunt Swe, 2015)

ส่วนผลการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH scavenging assay ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin–Ciocalteu reagent และปริมาณแทนนินทั้งหมด แสดงดังตารางที่ 4.1 พบว่า หัวปลีสดมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (%IHB) เท่ากับ 37.5948±0.3801% ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 32.5007±0.3909 มิลลิกรัมกรดแกลลิก/กรัม และปริมาณแทนนินทั้งหมดเท่ากับ 0.3125±0.0199 มิลลิกรัมกรดแทนนิก/กรัม ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับรายงานวิจัยของ Sarisa (2019) ที่มีการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของหัวปลีสดเท่ากับ 42.74% และรายงานวิจัยของจันกานต์ (2561) โดยศึกษาสารประกอบฟีนอลิกรวมของหัวปลีสดจากกล้วยไข่ กล้วยน้ำว้า และกล้วยหอม มีค่าเท่ากับ 62.34, 87.90 และ 38.69 มิลลิกรัมกรดแกลลิก/กรัม ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากหัวปลีมีสารประกอบฟีนอลิกเป็นองค์ประกอบโดยเฉพาะสารแทนนิน โดยแทนนินเป็นสารประกอบฟีนอลิกที่มีโมเลกุลใหญ่พบได้ในพืชทั่วไป และมีโครงสร้างซับซ้อน มีฤทธิ์เป็นกรดอ่อน มีรสฝาด จึงเป็นสารที่ให้ความฝาดในพืช แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ ไฮโดรไลซ์เซเบิลแทนนิน (hydrolysable tannins) และคอนเดนซ์แทนนิน (condensed tannins) แทนนินทั้งสองประเภทกระจายอยู่ตามส่วนต่าง ๆ ของผัก ผลไม้ทั้งเปลือก เมล็ด และใบ (มูฮัมหมัดซัตตา, 2018) ส่งผลให้หัวปลีสดนั้นมีรสฝาด

ตารางที่ 4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของหัวปลีสด

องค์ประกอบทางเคมี	ค่าเฉลี่ย ± SD
ความชื้น (%)	94.9338±0.5086
ค่าความเป็นกรด–ด่าง (pH)	5.7333±0.1150
ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (%)	37.5948±0.3801
สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมกรดแกลลิก/กรัม)	32.5007±0.3909
แทนนิน (มิลลิกรัมกรดแทนนิก/กรัม)	0.3125±0.0199

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

4.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ และเคมีของน้ำหัวปลีสกัด

4.2.1 ค่าสี

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพของน้ำหัวปลีสกัด โดยวิธีการสกัดหัวปลีด้วยน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 70 และ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3, 4 และ 5 ชั่วโมง นำน้ำหัวปลีสกัดมาวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี Grating spectrophotometer แสดงค่าสีในรูปแบบ L*, a* และ b* โดยค่า L* แสดงถึงความสว่าง (L* เท่ากับ 0 แสดงว่าตัวอย่างมีสีดำอย่างสมบูรณ์ และ L* เท่ากับ 100 แสดงว่าตัวอย่างมีสีขาวอย่างสมบูรณ์) a* แสดงถึงสีแดงและสีเขียว (a* เป็นบวกแสดงว่ามีสีไปในทิศทางสีแดง a* เป็นลบแสดงว่ามีสีไปในทิศทางของสีเขียว) และ b* แสดงถึงสีเหลืองและสีน้ำเงิน (b* เป็นบวกแสดงว่ามีสีไปในทิศทางสีเหลือง b* เป็นลบแสดงว่ามีสีไปในทิศทางของสีน้ำเงิน) พบว่า ในการทดลองนี้การให้ความร้อนหัวปลีที่อุณหภูมิ 70 และ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3, 4 และ 5 ชั่วโมง มีผลทำให้ค่า L* ของน้ำหัวปลีมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ขณะเดียวกันเมื่ออุณหภูมิในการสกัดต่างกันแต่ระยะเวลาในการสกัดเท่ากันนั้น ค่า L* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 4.2) โดยมีค่า L* อยู่ในช่วง 22.7333–23.7733 และ 22.8633–24.2100 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าค่าความสว่างมีแนวโน้มไปในทิศทางสีดำหรือผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้น เนื่องจากน้ำหัวปลีมีสีจากสีน้ำตาลอ่อนเป็นสีน้ำตาลเข้มอาจเกิดหัวปลีสดที่ผ่านการหั่น เมื่อสัมผัสกับอากาศจึงเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวกับเอนไซม์ ซึ่งเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) จะเกิดขึ้นเมื่อเซลล์ของสิ่งมีชีวิตเกิดการช้ำ ฉีก ขาด เมื่อถูกกระแทก บด หั่น หรือสับทำให้เอนไซม์สารที่ทำปฏิกิริยา (substrate) และออกซิเจนเข้ามาสัมผัสกันสาร monophenol (ไม่มีสี) จะถูกออกซิไดซ์เป็นไดฟีนอล (diphenol) ซึ่งไม่มีสี และถูกออกซิไดซ์ต่อเป็น

o–quinone ซึ่งจะทำปฏิกิริยาต่อกับกรดแอมิโนหรือโปรตีนได้เป็นสารสีน้ำตาล และจะรวมตัวกันเป็นพอลิเมอร์ที่มีโมเลกุลใหญ่และมีสีน้ำตาล เช่น เมลานิน (พิมพ์เพ็ญ และคณะ, 2564) อีกทั้งเมื่อนำหัวปลีสดไปให้ความร้อนจึงเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล จากน้ำตาลรีดิวซ์ทำปฏิกิริยากับหมู่เอมีนที่อยู่ในโมเลกุลของกรดแอมิโนหรือโปรตีนในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูงเป็นเวลานาน ทำให้น้ำหัวปลีมีสีน้ำตาลขึ้นเมื่อผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูง (กิตติภูมิ, 2560)

ส่วนค่า a* ของน้ำหัวปลีสกัดที่อุณหภูมิ 70 และ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3, 4 และ 5 ชั่วโมง พบว่า ที่อุณหภูมิในการสกัดเดียวกันค่า a* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยมีค่า a* อยู่ในช่วง 0.3000–0.5967 และ 0.2233–0.6967 ตามลำดับ ซึ่งค่า a* มีแนวโน้มไปในทิศทางสีแดง เนื่องจากน้ำหัวปลีสกัดนั้นมีสีน้ำตาลออกแดง ขณะเดียวกันเมื่ออุณหภูมิในการสกัดต่างกันแต่ระยะเวลาในการสกัดเท่ากันนั้น ค่า a* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 4.2)

ค่า b* ของน้ำหัวปลีสกัดที่อุณหภูมิ 70 และ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3, 4 และ 5 ชั่วโมง พบว่า ที่อุณหภูมิในการสกัดเดียวกันค่า b* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่า a* โดยค่า b* อยู่ในช่วง 0.6367–1.2367 และ 0.3833–0.8267 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2) ค่า b* มีแนวโน้มไปในทิศทางสีเหลือง ขณะเดียวกันเมื่ออุณหภูมิในการสกัดต่างกันแต่ระยะเวลาในการสกัดเท่ากันนั้น ค่า b* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 4.2)

4.2.2 การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total Soluble Solid; TSS)

จากการการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด โดยทำการสกัดหัวปลีด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 70 และ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3, 4 และ 5 ชั่วโมง พบว่า น้ำหัวปลีสกัดที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.0–1.1 °Brix (ตารางที่ 4.3) ซึ่งปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด หมายถึง ปริมาณของที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมด ใช้บอกความเข้มข้นของอาหารเหลว เช่น น้ำเชื่อม น้ำผลไม้เข้มข้นและปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำของผัก ผลไม้ เป็นผลรวมของของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ได้แก่ น้ำตาลชนิดต่าง ๆ น้ำตาลซูโครส น้ำตาลกลูโคส กรดอินทรีย์ เช่น กรดซิตริก กรดแลคติก และแร่ธาตุต่าง ๆ (พิมพ์เพ็ญ, 2564) ทั้งนี้เนื่องจากหัวปลีมีส่วนประกอบหลักเป็นน้ำ 92.3 กรัม/หัวปลี 100 กรัม โดยมีปริมาณโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และแร่ธาตุต่าง ๆ เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก เป็นปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำในหัวปลี ซึ่งส่งผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในน้ำหัวปลีค่อนข้างน้อย

ตารางที่ 4.2 ค่าสีของน้ำหัวปลีสกัดที่อุณหภูมิ 70 และ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3, 4 และ 5 ชั่วโมง

ระยะเวลาการสกัด (ชั่วโมง)	ค่าสีของน้ำหัวปลีสกัด					
	อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส			อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
3	23.7733 ± 0.0611^{Ac}	0.3000 ± 0.0100^{Aa}	0.6367 ± 0.0462^{Aa}	24.2100 ± 0.0100^{Bc}	0.2233 ± 0.0513^{Ba}	0.3833 ± 0.0503^{Ba}
4	23.4433 ± 0.0115^{Ab}	0.3467 ± 0.0115^{Ab}	0.8100 ± 0.0300^{Ab}	24.0133 ± 0.0802^{Bb}	0.2533 ± 0.0252^{Bb}	0.5667 ± 0.0513^{Bb}
5	22.7333 ± 0.0404^{Aa}	0.5967 ± 0.0306^{Ac}	1.2367 ± 0.0058^{Ac}	22.8633 ± 0.0058^{Ba}	0.6967 ± 0.0208^{Bc}	0.8267 ± 0.0058^{Bc}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

ตัวอักษร $^{A, B}$ ในแนวนอนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตัวอักษร $^{a, b, c}$ ในแนวตั้งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4.2.3 การวิเคราะห์ความเป็นกรด–ด่าง (pH)

จากการการวิเคราะห์ความเป็นกรด–ด่าง โดยทำการสกัดหัวปลีด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 70 และ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3, 4 และ 5 ชั่วโมง นำน้ำหัวปลีสกัดไปวัดค่าความเป็นกรด–ด่าง พบว่า น้ำหัวปลีสกัดที่อุณหภูมิ 70 และ 90 องศาเซลเซียส มีค่าความเป็นกรด–ด่างอยู่ในช่วง 5.3289–5.4789 แสดงดังตารางที่ 4.3 ซึ่งอุณหภูมิและระยะเวลาในการสกัดที่แตกต่างกันให้ค่าความเป็นกรด–ด่างใกล้เคียงกัน โดยน้ำหัวปลีสกัดนั้นมีความเป็นกรดอ่อน ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าความเป็นกรด–ด่างในหัวปลีสด (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.3 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และความเป็นกรด–ด่างของน้ำหัวปลีสกัดที่อุณหภูมิ 70 และ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3, 4 และ 5 ชั่วโมง

ระยะเวลาการสกัด (ชั่วโมง)	อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส		อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส	
	%TSS (°Brix)^{ns}	pH^{ns}	%TSS (°Brix)^{ns}	pH^{ns}
3 ^{ns}	1.1000±0.1000	5.4078±0.2343	1.0444±0.0509	5.4789±0.2011
4 ^{ns}	1.0222±0.1072	5.3800±0.2837	1.0667±0.2309	5.3755±0.1587
5 ^{ns}	1.0222±0.0385	5.3289±0.2327	1.0444±0.0770	5.3633±0.2079

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

ตัวอักษร ^{ns} แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

4.2.4 วิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH scavenging assay

จากการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH scavenging assay ซึ่งค่าที่ได้ในขั้นตอนการวัดการดูดกลืนแสงนั้นนำไปคำนวณค่า %Inhibition ของหัวปลีที่ใช้ในการสกัดน้ำหัวปลี จะรายงานผลอยู่ในค่า IC_{50} พบว่า น้ำหัวปลีสกัดที่อุณหภูมิ 70 และ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3, 4 และ 5 ชั่วโมง มีค่า IC_{50} อยู่ในช่วง 1.8407–1.9434 มิลลิกรัม/กรัม และ 1.8509–1.9455 มิลลิกรัม/กรัม ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.4 จะเห็นได้ว่าค่า IC_{50} ของน้ำหัวปลีสกัด ณ อุณหภูมิเดียวกันแต่ระยะเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น ค่า IC_{50} มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และเมื่อนำมาเปรียบเทียบค่า IC_{50} ของน้ำหัวปลีสกัด ณ เวลาในการสกัดเดียวแต่อุณหภูมิต่างกัน ค่า IC_{50} แตกต่างกันอย่างไม่มีมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยค่า IC_{50} ต่ำแสดงว่ามีฤทธิ์ต้านอนุมูล

อิสระสูงเนื่องจากค่า IC_{50} หมายถึงความเข้มข้นของสารต้านอนุมูลอิสระที่ทำให้ความเข้มข้นของอนุมูลอิสระลดลง 50% ทำให้การใช้ปริมาณสารสกัดเพียงเล็กน้อยก็สามารถต้านอนุมูลอิสระได้ (อมราวดี, 2558)

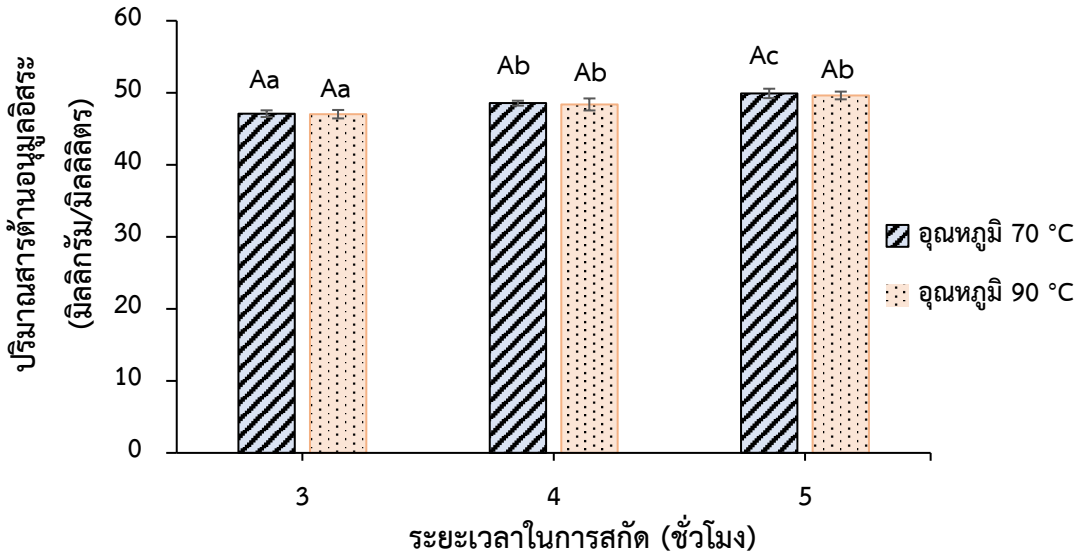
ตารางที่ 4.4 ค่า % Inhibition (% IHB) และค่า IC_{50} ของน้ำหัวปลีสกัดที่อุณหภูมิ 70 และ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3, 4 และ 5 ชั่วโมง

ระยะเวลาการสกัด (ชั่วโมง)	ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของน้ำหัวปลีสกัด			
	อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส		อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส	
	IC_{50}	% IHB	IC_{50}	% IHB
3^{ns}	1.9434 ± 0.0170^{b}	47.1003 ± 0.46550^{a}	1.9455 ± 0.0205^{b}	47.0291 ± 0.5882^{a}
4^{ns}	1.8835 ± 0.0921^{a}	48.5599 ± 0.3403^{b}	1.8951 ± 0.0612^{a}	48.3819 ± 0.8342^{b}
5^{ns}	1.8407 ± 0.1712^{a}	49.9128 ± 0.6526^{c}	1.8509 ± 0.0471^{a}	49.6280 ± 0.5376^{b}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ
ตัวอักษร $^{a, b, c}$ ในแนวตั้งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
ตัวอักษร ^{ns} ในแนวนอนแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

จากตารางที่ 4.4 เมื่อนำค่า % Inhibition มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการสกัดกับฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ พบว่า น้ำหัวปลีสกัดที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3, 4 และ 5 ชั่วโมง มีค่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระอยู่ในช่วง 47.1003–49.9128% และน้ำหัวปลีสกัดที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3, 4 และ 5 ชั่วโมง มีค่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระอยู่ในช่วง 47.0291–49.6280% แสดงดังภาพที่ 4.1 ซึ่งจากการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (% Inhibition) ของหัวปลีสดมีค่าเท่ากับ 37.5948% (ตารางที่ 4.1) พบว่า ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของน้ำหัวปลีสกัด ณ อุณหภูมิเดียวกันแต่ระยะเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น ค่า % Inhibition มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ขณะเดียวที่อุณหภูมิในการสกัดต่างกันแต่ระยะเวลาในการสกัดเท่ากันนั้น ค่า % Inhibition แตกต่างกันอย่างไม่มีมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) เห็นได้ว่าระยะเวลาในการสกัดมีผลต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของน้ำหัวปลีสกัดเมื่อเทียบกับอุณภูมิในการสกัดที่ต่างกัน จากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการให้ความร้อนในระยะเวลาที่เหมาะสมมีผลต่อฤทธิ์ต้านออกซิเดชันหัวปลี เนื่องจากการให้ความร้อนทำให้เกิดการอ่อนนุ่มของผนังเซลล์และเพิ่ม

ประสิทธิภาพในการสกัด ส่งผลให้สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพอื่น ๆ ถูกปลดปล่อยออกมาได้มากขึ้น ทำให้มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่วัดได้มีค่าสูง (พัชรี และคณะ, 2558)



ภาพที่ 4.1 ค่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (% Inhibition) ของน้ำหัวปลีสกัดที่อุณหภูมิ 70 และ 90 องศา–เซลเซียส เป็นเวลา 3, 4 และ 5 ชั่วโมง

4.2.5 วิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Phenolic compound)

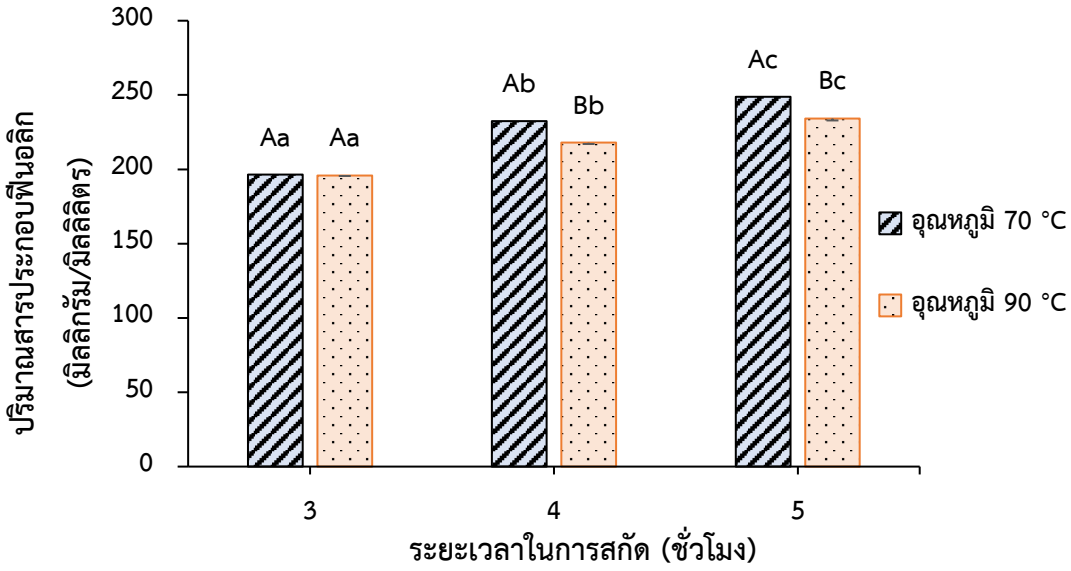
จากการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก โดยทำการสกัดหัวปลีด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 70 และ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3, 4 และ 5 ชั่วโมง ใช้วิธี Folin Ciocalteu นำน้ำหัวปลีสกัดทำปฏิกิริยากับ Folin Ciocalteu phenol reagent และ Sodium Carbonate วัดความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร นำค่าดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานสารประกอบฟีนอลิก ซึ่งแสดงอยู่ในรูปของกรดแกลลิก พบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาในการสกัดส่งผลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยน้ำหัวปลีสกัดที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3, 4 และ 5 ชั่วโมง มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดอยู่ในช่วง 237.9340–262.6659 มิลลิกรัมกรดแกลลิก/กรัม ขณะที่น้ำหัวปลีสกัดที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3, 4 และ 5 ชั่วโมง มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดอยู่ในช่วง 199.9504–243.8274 มิลลิกรัมกรดแกลลิก/กรัม แสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ปริมาณฟีนอลิกของน้ำหัวปลีสกัดที่อุณหภูมิ 70 และ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3, 4 และ 5 ชั่วโมง

ระยะเวลาการสกัด (ชั่วโมง)	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของน้ำหัวปลีสกัด (มิลลิกรัมกรดแกลลิก/กรัม)	
	อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส	อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส
3	196.3735±0.8982^{Aa}	195.8454±0.5041^{Aa}
4	232.4664±0.4637^{Ab}	217.9202±0.4637^{Bb}
5	248.8521±0.4542^{Ac}	234.2378±0.6216^{Bc}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ
ตัวอักษร $^{A, B}$ ในแนวนอนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
ตัวอักษร $^{a, b, c}$ ในแนวตั้งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากผลการทดลอง พบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของน้ำหัวปลีสกัดที่อุณหภูมิ 70 และ 90 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของน้ำหัวปลีสกัดที่อุณหภูมิ 70 และ 90 องศาเซลเซียสระยะเวลาในการสกัดเดียวกัน พบว่า ที่อุณหภูมิในการสกัดต่างกัน ระยะเวลาสกัด 3 ชั่วโมง มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) แต่เมื่อระยะเวลาการสกัดเพิ่มขึ้นเป็น 4 และ 5 ชั่วโมง นั้นปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดกลับแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แสดงดังตารางที่ 4.5 ทั้งนี้พบว่าระยะเวลาในการสกัดส่งผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกันกับฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณแทนนินทั้งหมด ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานผลการศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาทำแห้งด้วยลมร้อนต่อคุณภาพของเห็ดเข็มทองผงมีการวิเคราะห์ค่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด พบว่า เมื่ออุณหภูมิในการทำแห้งสูงขึ้น ทำให้เห็ดเข็มทองผงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น เมื่อใช้อุณหภูมิในการทำแห้ง 45 องศาเซลเซียส เวลา 285 นาที มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 6.70±0.35 กรัมกรดแกลลิก/100 กรัมและ 57.65±0.9% ตามลำดับ ใช้อุณหภูมิในการทำแห้ง 65 องศาเซลเซียส เวลา 285 นาที มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 12.80±0.79 กรัมกรดแกลิก/100 กรัม และ 76.74±0.40% ตามลำดับ



ภาพที่ 4.2 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในรูปกรดแกลลิก (มิลลิกรัมกรดแกลลิก/กรัม) ของน้ำหัวปลีสกัดที่อุณหภูมิ 70 และ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3, 4 และ 5 ชั่วโมง

เนื่องจากการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงเป็นสภาวะที่มีความร้อนเพียงพอในการตัดพันธะสารประกอบฟีนอลิกที่อยู่ในรูปที่ไม่แตกตัว (bound form) เช่น เอสเทอริไฟด์ (esterified) และไกลโคซิเลท (glycosylated) ทำให้มีสารประกอบฟีนอลิกอยู่ในรูปอิสระ (free form) เพิ่มมากขึ้น และสารประกอบฟีนอลิกอาจเพิ่มมากขึ้นจากสารประกอบเชิงซ้อนโพลีฟีนอล ซึ่งเกิดในขั้นตอนสุดท้ายของปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (browning reaction) จึงทำให้มีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มมากขึ้น และเนื่องจากสารประกอบฟีนอลิกส่วนใหญ่มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ จึงทำให้มีสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นด้วย (วิชมณ และคณะ, 2560)

4.2.6 การวิเคราะห์หาปริมาณแทนนินทั้งหมด

จากการวิเคราะห์หาปริมาณสารแทนนินของน้ำหัวปลีสกัดโดยใช้เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง UV–Spectrophotometer นำหัวปลีสกัดทำปฏิกิริยากับเอทานอล 95% วัดความยาวคลื่น 280 นาโนเมตร นำค่าดูดกลื่นแสงที่ได้มาคำนวณหาปริมาณสารแทนนินเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานสารแทนนิก ซึ่งแสดงอยู่ในรูปของกรดแทนนิกแสดงดังตารางที่ 4.6

จากการวิเคราะห์หาปริมาณสารแทนนินของน้ำหัวปลีสกัด พบว่า น้ำหัวปลีสกัดที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3, 4 และ 5 ชั่วโมง มีปริมาณสารแทนนินอยู่ในช่วง 9.6051–12.9408 มิลลิกรัมกรดแทนนิก/กรัม และน้ำหัวปลีสกัดที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลา 3, 4 และ 5 ชั่วโมง มีปริมาณสารแทนนินอยู่ในช่วง 10.4721–12.5351 มิลลิกรัมกรดแทนนิก/กรัม (ตารางที่ 4.6) จะเห็นได้ว่าปริมาณแทนนินของน้ำหัวปลีสกัดที่อุณหภูมิและระยะเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น

ต่างกัน ส่งผลต่ออปริมาณสารแทนนินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยปริมาณแทนนินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดเพิ่มขึ้นจาก 70 องศาเซลเซียสเป็น 90 องศาเซลเซียส เช่นเดียวกันกับเวลาที่เพิ่มขึ้นจาก 3 ชั่วโมง เป็น 4 และ 5 ชั่วโมง ซึ่งแทนนินเป็นสารประกอบกลุ่มฟินอลิก ทำให้ปริมาณแทนนินนั้นมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับปริมาณสารประกอบฟินอลิกทั้งหมด เนื่องจากแทนนิน (tannin) เป็นสารประกอบเชิงซ้อนจำพวกฟีนอลิก ซึ่งมีขนาดโมเลกุลใหญ่ และมีโครงสร้างซับซ้อนแบ่งออกเป็นไฮโดไลซ์เซเบิลแทนนิน (hydrolysable tannin) แทนนินชนิดนี้สามารถละลายในกรดหรือน้ำย่อย พบมากในส่วนของใบพืช ฝัก และคอนเดนซ์แทนนิน (condensed tannins) เป็นชนิดแทนนินที่มีโมเลกุลใหญ่และซับซ้อนมากกว่าไม่สามารถไฮโดรไลซ์ด้วยกรดหรือด่าง แต่ละลายได้ดีในน้ำร้อน แอลกอฮอล์ และอะซีโตน พบได้ในส่วนเปลือกต้น เปลือกไม้ และแก่นไม้ เป็นต้น สารแทนนินมีฤทธิ์เป็นกรดอ่อน มีรสฝาด จึงเป็นสารที่ให้ความฝาดในพืช (ปาริชาติ และคณะ, 2561)

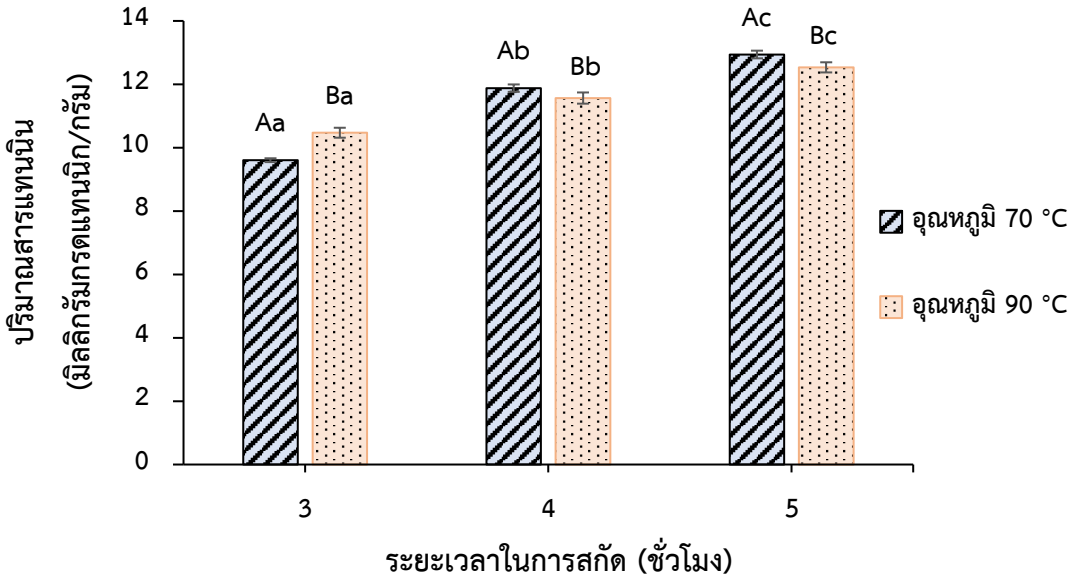
ตารางที่ 4.6 ปริมาณแทนนินของน้ำหัวปลีสกัดที่อุณหภูมิ 70 และ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3, 4 และ 5 ชั่วโมง

ระยะเวลาการสกัด (ชั่วโมง)	ปริมาณแทนนินของน้ำหัวปลีสกัด (มิลลิกรัมแทนนิก/กรัม)	
	อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส	อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส
3	9.6051 ± 0.0608^{Aa}	10.4721 ± 0.1573^{Ba}
4	11.8789 ± 0.1171^{Ab}	11.5662 ± 0.1769^{Bb}
5	12.9408 ± 0.1211^{Ac}	12.5351 ± 0.1599^{Bc}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

ตัวอักษร $^{A, B}$ ในแนวนอนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตัวอักษร $^{a, b, c}$ ในแนวตั้งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



ภาพที่ 4.3 ปริมาณสารแทนนินทั้งหมดในรูปกรดแทนนิก (มิลลิกรัมกรดแทนนิก/กรัม) ของน้ำหัวปลีสกัดที่อุณหภูมิ 70 และ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3, 4 และ 5 ชั่วโมง

4.3 ผลการพัฒนาน้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่ม

4.3.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ และเคมีของน้ำขิง

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำขิงในเบื้องต้น พบว่า น้ำขิงมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 0.5 ค่าความเป็นกรด–ด่างเท่ากับ 7.75 แสดงดังตารางที่ 4.7 ส่วนผลการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH scavenging assay และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin–Ciocalteu reagent (ตารางที่ 4.7) พบว่า น้ำขิงมีค่า IC_{50} เท่ากับ3.2773 มิลลิกรัม/กรัม ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 10.7971% ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 64.9355 มิลลิกรัมกรดแกลลิก/กรัม ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับรายงานวิจัยการศึกษาตัวทำละลายที่มีผลต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจากพืชสมุนไพร ได้แก่ ใบชะพลู ใบย่านาง ใบฝรั่ง ใบสะระแหน่ ใบแก้ว ดอกทองกวาว ผักหวานป่า และขิง โดยใช้ตัวทำละลายน้ำ และเอทานอล 50% พบว่า สารสกัดจากขิงมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 17.99% และ 15.56 มิลลิกรัมกรดแกลลิก/10 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ภาเกล้า และคณะ, 2558)

ตารางที่ 4.7 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำขิง

องค์ประกอบทางเคมีของน้ำขิง	ปริมาณ
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)	0.5000±0.0577
ค่าความเป็นกรด–ด่าง (pH)	7.7500±0.0503
IC_{50} (มิลลิกรัม/กรัม)	3.2773±0.0265
ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (%)	10.7871±0.6670
สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมกรดแกลลิก/กรัม)	64.9355±0.8578

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

4.3.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ และเคมีของน้ำหัวปลีเข้มข้น

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำหัวปลีเข้มข้น โดยทำการผสมน้ำ หัวปลีต่อน้ำขิงที่อัตราส่วน 70:30 และทำให้เข้มข้นด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศที่ความดัน 20 mbar อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เมื่อนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 4 °Brix ค่าความเป็นกรด–ด่างเท่ากับ 5.79 โดยจะเห็นได้ว่าน้ำหัวปลีเข้มข้นมีค่าเป็นกรดอ่อน ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์ความเป็นกรด–ด่าง ในน้ำหัวปลีสกัดที่มีค่าเท่ากับ 5.38 ซึ่งเพิ่มมากขึ้นกว่าน้ำหัวปลีสกัด เนื่องจากการผสมน้ำขิงเข้าไปนั้นส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มมากขึ้น เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าสี พบว่า น้ำหัวปลีเข้มข้นมีค่า L* เท่ากับ 30.8900±0.0100 มีแนวโน้มไปทางสีขาว ค่า a* เท่ากับ 0.7000±0.0300 มีแนวโน้มไปทางสีแดง และค่า b* เท่ากับ 1.8600±0.0300 มีแนวโน้มไปทางสีเหลือง จะเห็นได้ว่าค่าสี LAB ของน้ำหัวปลีเข้มข้นนั้นเพิ่มขึ้นมากจากการผสมน้ำขิงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหัวปลีสกัดส่งผลให้น้ำหัวปลีเข้มข้นมีสีเข้มขึ้น แสดงดังตารางที่ 4.8 ส่วนผลการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH scavenging assay และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin–Ciocalteu reagent (ตารางที่ 4.8) พบว่า น้ำหัวปลีเข้มข้นมีค่า IC_{50} เท่ากับ 28.7800 มิลลิกรัม/กรัม ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 217.4873% ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 797.3147 มิลลิกรัมกรดแกลลิก/กรัม และปริมาณแทนนินเท่ากับ 19.0408 มิลลิกรัมกรดแทนนิก/กรัม ซึ่งมีปริมาณของสารที่เพิ่มขึ้นกว่าน้ำหัวปลีสกัด

ตารางที่ 4.8 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำหัวปลีเข้มข้น

องค์ประกอบทางเคมีของน้ำหัวปลีเข้มข้น	ปริมาณ
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)	4.0000±0.0577
ค่าความเป็นกรด–ด่าง (pH)	5.7900±0.0153
ค่าสี L*	30.8900±0.0100
a*	0.7000±0.0300
b*	1.8600±0.0300
IC_{50} (มิลลิกรัม/กรัม)	28.7800±0.0239
ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (%)	217.4873±0.6166
สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมกรดแกลลิก/กรัม)	797.3147±0.7806
แทนนิน (มิลลิกรัมกรดแทนนิก/กรัม)	19.0408±0.9583

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

4.3.3 การทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของน้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่ม

จากการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของน้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่ม วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) กำหนดให้ระหว่างน้ำหัวปลีเข้มข้นต่อเนื้ออินทผลัมในอัตราส่วนเท่ากับ 90:10, 85:15 และ 80:20 ตามลำดับ ซึ่งผลรวมของทั้ง 2 ส่วนผสม เท่ากับ 100% ทำการทดสอบด้วยวิธี 9–point hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบชิมเป็นเพศหญิงที่มีช่วงอายุตั้งแต่ 20–40 ปี พบว่า อัตราส่วนของน้ำหัวปลีเข้มข้นต่ออินทผลัมส่งผลต่อคะแนนความชอบทำให้มีแนวโน้มคะแนนที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เนื่องจากความหวานจากอินทผลัมมีผลต่อต่อคะแนนรสชาติหวาน รสชาติโดยรวม และความชอบโดยรวมตามลำดับ อีกทั้งคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของทั้ง 3 สูตร นั้นยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ หรือยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (มากกว่า 5 คะแนน)

คะแนนความชอบของน้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่มสูตรน้ำหัวปลีเข้มข้นต่อเนื้ออินทผลัม 90:10 เป็นที่ยอมรับจากการทดสอบความด้านสี รสชาติโดยรวม และความชอบโดยรวมมากที่สุด พบว่า มีคะแนนเท่ากับ 6.4333±1.3309, 6.5333±1.3322 และ 6.5667±1.0063 ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 คะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่มที่มีอัตราส่วนที่แตกต่างกัน

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส			
	สีน้ำหัวปลี	รสชาติ	รสชาติ	ความชอบ
	สกัดเข้มข้น^{ns}	หวาน	โดยรวม	โดยรวม
สูตร 1	6.4333±1.3309	6.6333±1.1592^{a}	6.5333±1.3322^{a}	6.5667±1.0063^{a}
สูตร 2	6.3000±1.5347	6.6667±1.2411^{a}	6.1333±1.3578^{ab}	6.3000±1.1492^{ab}
สูตร 3	6.2667±1.4840	5.9333±1.4606^{b}	5.6000±1.4994^{b}	5.9667±1.1592^{b}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

ตัวอักษร $^{a, b, c}$ ในแนวตั้งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตัวอักษร ^{ns} ในแนวตั้งแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

4.4. ผลการศึกษาน้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่มเชิงการค้า

4.4.1 การพาสเจอร์ไรส์และศึกษาอายุการเก็บรักษา

จากการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของน้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่ม พบว่าสูตรน้ำหัวปลีเข้มข้นต่ออินทผลัมในอัตราส่วน 90:10 เป็นสูตรที่มีคะแนนในการทดสอบมากที่สุด จึงนำมาทดลองอายุการเก็บรักษาโดยการนำน้ำหัวปลีเข้มข้นบรรจุในขวดแก้วสีใสปิดฝาเกลียวล็อกขนาด 75 มิลลิลิตร พาสเจอไรส์ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น (4±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 0, 4, 7 และ 10 วัน พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 9.80–9.93 °Brix ค่าความเป็นกรด–ด่างอยู่ในช่วง 5.67–5.68 จะเห็นว่าค่าความเป็นความเป็นกรด–ด่างลดลงเล็กสอดคล้องกับกับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ส่วนค่า L*, a* และ b* อยู่ในช่วง 33.87–34.02, 2.53–2.65 และ 5.47–5.66 ตามลำดับ ซึ่งค่าความสว่าง (L*) นั้นมีแนวโน้มลดลงสอดคล้องกับค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ที่เพิ่มขึ้นแสดงดังตารางที่ 4.11 ค่า IC_{50} อยู่ในช่วง 26.3290–26.8852 มิลลิกรัม/กรัม ปริมาณฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระอยู่ในช่วง 269.4649–283.7051% ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดอยู่ในช่วง 739.5729–847.7324 มิลลิกรัมกรดแกลลิก/กรัม และปริมาณแทนนินอยู่ในช่วง 12.6214-17.1210 มิลลิกรัมกรดแทนนิก/กรัม พบว่า ค่า IC_{50} มีปริมาณเพิ่มขึ้น ขณะที่ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และปริมาณแทนนินมีปริมาณลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.12 เนื่องจากน้ำหัวปลีเข้มข้นบรรจุในขวดแก้วสีใส แสง อุณหภูมิ และออกซิเจนระหว่างการเก็บรักษานั้นส่งผลต่อการลดลงของฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และปริมาณแทนนิน

4.4.2 ต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่ม

เมื่อนำน้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่มมาคำนวณต้นทุนการผลิตของแต่ละสูตร แสดงดังตารางที่ 4.10 โดยเปรียบเทียบราคาต้นทุนการผลิตน้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่มปริมาณ 70 มิลลิลิตร ซึ่งสูตรที่ 1 น้ำหัวปลีเข้มข้นต่ออินทผลัมในอัตราส่วน 90:10 นั้นมีราคาต้นทุนในการผลิตอยู่ที่ 16.04 บาทต่อปริมาณ 70 มิลลิลิตรเป็นราคาต่ำสุดในการผลิต ขณะที่สูตรที่ 2 และ 3 อยู่ที่ราคา 16.61 และ 17.28 บาท ตามลำดับ

ตารางที่ 4.10 การคำนวณต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่ม

วัตถุดิบ	**ราคาต่อกรัม (บาท)**	**สูตร 1**		**สูตร 2**		**สูตร 3**	
		น้ำหนักที่ใช้ (กรัม)	รวม (บาท)	น้ำหนักที่ใช้ (กรัม)	รวม (บาท)	น้ำหนักที่ใช้ (กรัม)	รวม (บาท)
หัวปลี	0.0750	169.3600	12.7020	158.6700	11.9003	149.3300	11.1998
ขิง	0.0500	10.8000	0.5400	10.2000	0.5100	9.6000	0.4800
อินทผลัม	0.4000	7.0000	2.8000	10.5000	4.2000	14.0000	5.6000
รวม			16.0420		16.6103		17.2798

4.4.3 วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count)

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา (ตารางที่ 4.13) พบว่า น้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่ม เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาที่ 0, 4, 7 และ 10 วัน ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยน้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่มมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของน้ำผลไม้รวมเข้มข้น (มผช.1307/2557) กำหนดจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร

ตารางที่ 4.11 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่มที่อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 4, 7 และ 10 วัน

ระยะเวลา (วัน)	%TSS (°Brix)	pH	ค่าสี		
			L*	a*^{ns}	b*
0	9.9333±0.0577^{a}	5.6800±0.0058^{a}	34.0233±0.0058^{a}	2.5333±0.0115	5.4700±0.0755^{a}
4	9.9000±0.0000^{ab}	5.6767±0.0058^{ab}	33.9467±0.0058^{b}	2.5533±0.0473	5.5700±0.0100^{ab}
7	9.8333±0.0577^{bc}	5.6733±0.0058^{ab}	33.9033±0.0058^{c}	2.6267±0.1531	5.6033±0.065^{b}
10	9.8000±0.0000^{c}	5.6700±0.0058^{b}	33.8700±0.0173^{d}	2.6467±0.0643	5.6600±0.078^{b}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

ตัวอักษร $^{a, b, c, d}$ ในแนวตั้งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตัวอักษร ^{ns} ในแนวตั้งแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

ตารางที่ 4.12 การวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญของน้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่มที่อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 4, 7 และ 10 วัน

ระยะเวลา (วัน)	IC_{50}	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (%)	สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมกรดแกลลิก/กรัม)	แทนนิน (มิลลิกรัมกรดแทนนิก/กรัม)
0	26.3290±0.0631[a]	283.7051±1.2333[a]	847.7324±0.5110[a]	17.1210±0.0981[a]
4	26.6837±0.0180 [b]	275.1611±0.6166[b]	807.5345±0.7806[b]	15.1637±0.3758[b]
7	26.7569±0.0432 [b]	272.3130±1.2333[c]	776.7048±0.5110[c]	13.7988±0.2559[c]
10	26.8852±0.0572 [c]	269.4649±1.0680[d]	739.5729±0.7806[d]	12.6214±0.1475[d]

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

ตัวอักษร [a, b, c, d] ในแนวตั้งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4.13 การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของน้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่มที่อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 4, 7 และ 10 วัน

ระยะเวลา (วัน)	CFU/mL^{ns}
0	1.3667±0.1155
4	1.2333±0.1155
7	1.3335±0.1528
10	1.5000±0.2000

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ
ตัวอักษร ^{ns} แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

บทที่ 5

บทสรุป

5.1 สรุปผล

จากการศึกษาการสกัดน้ำหัวปลีที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมงเป็นสภาวะที่เหมาะสม เนื่องจากมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในรูป (%IHB) อยู่ในปริมาณที่สูง รวมถึงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และปริมาณแทนนิน นำน้ำหัวปลีสกัดต่อน้ำขิง (70:30) มาทำให้เข้มข้นที่ความดัน 20 mbar อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส พบว่า มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดเท่ากับ 4 °Brix ค่าความกรด-ด่างเท่ากับ 5.79 ค่าสี L*, a* และ b* มีค่าเท่ากับ 30.89, 0.70 และ 1.86 ตามลำดับ ส่วนปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในรูป (%IHB) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณแทนนินเพิ่มขึ้น

ในการพัฒนาสูตรที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์น้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่ม พบว่า น้ำหัวปลีเข้มข้นต่ออินทผลัมที่อัตราส่วน 90:10 เป็นสูตรที่ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบชิมมากที่สุด และจากการทดลองอายุการเก็บรักษาโดยการนำผลิตภัณฑ์น้ำหัวปลีเข้มข้นบรรจุลงในขวดแก้วปิดฝาเกลียวล็อก ขนาด 75 มิลลิลิตร พาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น (4±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 0, 4, 7 และ 10 วัน พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่าความเป็นกรด–ด่าง ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในรูป (%IHB) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และปริมาณแทนนินนั้น มีปริมาณลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนค่าสีมีแนวโน้มที่สีที่เข้มเพิ่มขึ้น และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรมีการควบคุมสายพันธุ์ของหัวปลี และแหล่งซื้อเดียวกัน เนื่องจากหัวปลีในแต่ละสายพันธุ์มีปริมาณน้ำหนัก หรือในแต่ละแหล่งซื้อมีราคาแตกต่างกัน

5.2.2 ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของสารให้ความหวานตัวอื่น เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ หรือเพิ่มทางเลือกให้กับผู้สนใจสุขภาพ และผู้ควบคุมน้ำตาล

5.2.3 ควรศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของน้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่ม โดยทำการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการต่าง ๆ เพิ่มเติม เพื่อเป็นข้อมูลทางเลือกด้านโภชนาการให้กับผู้บริโภค

บรรณานุกรม

กองบรรณาธิการ HONESTDOCS. (2562ก). **ฮอร์โมนโปรแลคติน (Prolactin)**. [ออนไลน์] สืบค้น 23 มกราคม 2563, เข้าถึงได้จาก https://www.honestdocs.co/what-is-prolactin

กองบรรณาธิการ HONESTDOCS. (2562ข). **oxytocin (ออกซิโทซิน)**. [ออนไลน์] สืบค้น 23 มกราคม 2563, เข้าถึงได้จาก https://www.honestdocs.co/oxytocin

กองโภชนาการ. 2554. **ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย**. [ออนไลน์] สืบค้น 12 สิงหาคม 2563, เข้าถึงได้จาก http://nutrition.anamai.moph.go.th

กิตติภูมิ ศุภลักษณ์ปัญญา. (2560). **การรักษาสารพฤกษเคมีสำคัญของเนื้อมะม่วงหิมพานต์อบแห้ง**. (รายงานวิจัย). สงขลา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.

ขวัญชัย ชอบสำราญ เอกพงษ์ ชีวิตโสภณ ทวีพล ซื่อสัตย์ และนวภัทรา หนูนาค. (ม.ป.ป.). **ผลของแสงสว่างที่มีต่อการเปลี่ยนสีของไส้กรอกหมูในระหว่างการจัดเก็บ**. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 54 (น.319-326). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จันทกานต์ นุชสุข. (2561). **ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากปลีกล้วยไข่ กล้วยน้ำว้า และกล้วยหอม**. วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์, 10(12), 1-10.

ชมพูนุช เผื่อนพิภพ และปรัชญา แพมงคล. (2554). **เครื่องดื่มน้ำมะนาวผสมใยอาหารแบบพาสเจอไรส์**. (รายงานผลการวิจัย). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

ดวงพร อมรเลิศพิศาล รัตนาภรณ์ จันทร์ทิพย์ และอุเทน จำใจ. (2558). **ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารสำคัญในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากชาปลีกล้วย.** (รายงายผลการวิจัย). เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ปารชาติ พจนศิลป์ วิไลวรรณ ทวิศศรี โกเมศ สัตยาวุธ ทิพยาไกรทอง และหยกทิพย์ สุดารีย์. (2561). **ศึกษาการสกัดสารแทนนินจากเปลือกมะพร้าวอ่อน**. (รายงายผลการวิจัย). ชุมพร: ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร.

ปุณณิฏา. (ม.ป.ป.). **Mommy Goody**. [ออนไลน์] สืบค้น 25 มกราคม 2563, เข้าถึงได้จาก https://www.punnita.com/index.php?route=product/manufacturer/info&manufacturer_id=1

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. (2564). **ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์**. [ออนไลน์] สืบค้น 1 เมษายน 2564, เข้าถึงได้จาก http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0679/enzymatic–browning–reaction–

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. (2564). **ของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้**. [ออนไลน์] สืบค้น 1 เมษายน 2564, เข้าถึงได้จาก http://www.foodnetworksolution.com/ wiki/word /0997/total–soluble–solids–

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. (2564). **แทนนิน**. [ออนไลน์] สืบค้น 1 เมษายน 2564, เข้าถึงได้จาก http://www.foodnetworksolotion.com/wiki/word/2376/tannin

พัชรี สิริตระกูลศักดิ์ และสกุลกานต์ สิมลา. (2558). **ผลของกรรมวิธีการประกอบอาหารต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในดอกชมจันทร์**. วารสารแก่นเกษตร ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม 43(1), 875–880.

ภาเกล้า ภูมิใหญ่ และชญาณิศา สุพา. (2558). **ตัวทำละลายที่มีผลต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจากพืชสมุนไพร**. ในการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 2 ของสถาบันวิจัยและพัฒนา (น. 627–635). กำแพงเพชร: มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.

มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด กาญจนารัตน์ ทวีสุข ชิดชมฮิรางะ สิริพร สธนเสาวภาคย์ ช่อลัดดา เที่ยงพุก และนวนาฎ จาตุจิรานนท์. (2538). **กรรมวิธีการผลิตหัวปลีและไส้หยวกกล้วยบรรจุกระป๋อง**. วารสารคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 29(1), 55–63.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. (2557). **สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่องน้ำผลไม้รวมเข้มข้น.** มผช.1307/2557. สำหนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.

มูฮัมหมัดซัตตา มะเละ. (2561). **การใช้ประโยชน์แทนนินเพื่อควบคุมพยาธิในระบบทางเดินอาหาร**. (รายงานวิชาสัมมนา). สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ยุพยง แห่งเชาวนิช. (2555). **กายวิภาคของเต้านม และกลไกการสร้างและหลั่งน้ำนม**. [ออนไลน์] สืบค้น 12 สิงหาคม 2563, เข้าถึงได้จาก https://pubhtml5.com/xpvc/pkkj/basic

รักลูก. (2561). **ปริมาณและความถี่ในการให้นมลูก**. [ออนไลน์] สืบค้น 23 มกราคม 2563, เข้าถึงได้จาก https://www.rakluke.com/child–nutrition–all/babynutrition/ item/2020-03–25–11–42–57.html

วิชมณี ยืนยงพุทธกาล กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์ ปณิดา ชัยปัน และต่ลาภ ศรีเมือง. **ผลของอุณหภูมิและเวลาทำแห้ด้วยลมร้อนต่อคุณภาพของเห็ดเข้มทองที่ผลิตจากส่วนที่ไม่นิยมบริโภค**. (รายงายการวิจัย). วารสารคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยบูรพา, ฉบับที่ 6, 1009–1011.

วิภาดา กันทยศ และยิ่งยง ไพสุขศานติวัฒนา. (2554). **ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด และปริมาณเคอร์คูมินอยด์รวมในพืชสกุลขิงที่ พบในประเทศไทย**. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49 (น. 37–44). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศรัญญา มณีทอง. (2559). **การสกัดและการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในพืชสมุนไพร 4 ชนิดด้วยวิธีการทำลายอนุมูลอิสระดีพีพีเอช**. (รายงายผลการวิจัย). บุรีรัมย์: มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์.

ศุภกร กล่อมดวงจันทร์ ศิวกร สีแดง สิทธิกร กล่อมดวงจันทร์ โสธยา สอนดี และอรุณกร สอนดี. (2557). **ส่วนประกอบของกล้วย**. [ออนไลน์] สืบค้นเมื่อ 23 มกราคม 2563, เข้าถึงได้จาก https://bananas51.wordpress.com/ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับกล้วย/ส่วนประกอบของกล้วย2

ศุภรักษ์ ชะนะบัว กนกวรรณ วงษ์โคกสูง ณัฐชา มูลกัน อภิญญา คุณราช และสัญญา คำงาม. (2558). **เรื่อง..กล้วย กล้วย ดอกหรือหัวปลี**. [ออนไลน์] สืบค้นเมื่อ 23 มกราคม 2563, เข้าถึงได้จาก https://sites.google.com/site/bananattkya/dxk-hrux-hawpli

สุนันทา ทองทา และเบ็ญจมาศ จิตรสมบูรณ์. (2555). **อะราบิโนไซแลนสกัดจากรำข้าว: คุณสมบัติต้านออกซิเดชัน**. (รายงานการวิจัย). นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

สุภาภรณ์ ปิติพร และ ผกากรอง ขวัญข้าว. (2551). **อาหารและสมุนไพรกระตุ้นน้ำนม**. [ออนไลน์] สืบค้น 13 สิงหาคม 2563, เข้าถึงได้จาก https://www. doctor.or.th/article/detail/5798

สุภาภรณ์ เนื่องกันทา และชญาดา กลิ่นจันทร์. (2560). การศึกษาการออกฤทธิ์ลดระดับกลูโคสของสารจากต้นมะข้ามป้อม. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 4 (น. 970–971). สถาบันวิจัย: มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.

สุรีวัลย์ ดวงจิตต์ กรกนก สุวรรณราช กลุภัสสร์ กิตติพินิจนันท พิชญ์นรี องค์วิสุทธิ์ สุรีวัลย์ บำรุงไทย ธนะเศรษฐ์ ง้าวหิรัญพัฒน์ พรวนิช เจริญพุทธคุณ และวริษฎา ศิลาอ่อน (2562). **บทบาทของสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติสำหรับประยุกต์ใช้ทางผิวหนัง: คุณสมบัติประสิทธิภาพ ความปลอดภัย และระบบนำส่งรูปแบบใหม่**. วารสารเภสัชศาสตร์อีสาน, 15(1), 21–48.

สุสัณหา ยิ้มแย้ม. (2559). **สมุนไพรที่กระตุ้นการผลิตน้ำนมแม่**. Nursing Journal, *45*(1), 133–145.

ใส่ใจ by แม่ชม. (ม.ป.ป.). **เครื่องดื่มน้ำหัวปลีสกัดเข้มข้น ใส่ใจ by แม่ชม.** [ออนไลน์] สืบค้น 22 มกราคม 2563, เข้าถึงได้จาก https://shopee.co.th/A1–banana–blossom–juice–no–sugar–

อนงนาฏ ไพนุพงศ์. (2560). **อนุมูลอิสระและสารต่านอนุมูลอิสระกับสุขภาพ.** วารสารวิชาการคณะวิทยาศาสตรและเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต, 1(2), 20-27.

อเนก หาลี และบุณยกฤต รัตนพันธุ์. (2560). **การศึกษาประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระจากพืชผักสมุนไพรพื้นบ้าน 15 ชนิด**. วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ. ปีที่ 40 ฉบับที่ 2. กำแพงเพชร: มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.

Arya Krishnan, S. & Sinija, V.R. (2016). **Proximate Composition and Antioxidant Activity of Banana Blossom of Two Cultivars in India**. International Journal of Agriculture and Food Science Technology, 7(1), 13–22.

Bonyata, K. 2018. **How does milk production work?**. [ออนไลน์] สืบค้น 23 มกราคม 2563, เข้าถึงได้จาก https://kelly mom.com/hot–topics/milkproduction/

Immunethailand. (ม.ป.ป.). **น้ำหัวปลีบำรุงน้ำนมแม่ Imm.une**. [ออนไลน์] สืบค้น 23 มกราคม 2563, เข้าถึงได้จาก https://www.facebook.com/immunethailand/

Mama Expert Team. (2012). **สมุนไพรเพิ่มน้ำนม**. [ออนไลน์] สืบค้น 13 สิงหาคม 2563, เข้าถึงได้จาก http://www.mamaexpert.com/posts/content-296

MedThai. (2556). **28 สรรพคุณและประโยชน์ของอินทผาลัม! (อินทผลัม)**. [ออนไลน์] สืบค้น 13 สิงหาคม 2563, เข้าถึงได้จาก https://medthai.com/อินทผลัม/

Milk Plus and more. (ม.ป.ป.). **น้ำหัวปลีสกัดเข้มข้นผสมอินทผลัม**. [ออนไลน์] สืบค้น 13 สิงหาคม 2563, เข้าถึงได้จาก https://milkplusandmore.com/products

Momlike. (ม.ป.ป.). **ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพิ่มน้ำนมแม่ ตรา มัมไลค์**. [ออนไลน์] สืบค้น 24 มกราคม 2563, เข้าถึงได้จาก https://www.momlike.co.th/

Mommylicious Juice. (ม.ป.ป.). **น้ำหัวปลีสด Mommylicious Juice**. [ออนไลน์] สืบค้น 24 มกราคม 2563, เข้าถึงได้จาก http://www.mommyliciousjuice.com/shop/

Nomjongma. (ม.ป.ป.). **น้ำหัวปลีสำเร็จรูปพร้อมดื่ม Nen Nen**. [ออนไลน์] สืบค้น 24 มกราคม 2563, เข้าถึงได้จาก https://www.facebook.com/nomjongma/

Plantlove. (2560). **ปลีกล้วยกับสรรพคุณทางยา**. [ออนไลน์] สืบค้น 24 มกราคม 2563, เข้าถึงได้จาก http://www.healthyplantlove.com/ปลีกล้วยกับสรรพคุณ/

Pleedee. (ม.ป.ป). **น้ำหัวปลีสกัดเข้มข้น ตรา ปลีดี**. [ออนไลน์] สืบค้น 23 มกราคม 2563, เข้าถึงได้จาก https://m.facebook.com/pleedee.official/tsid0.8362012476467905&source result.

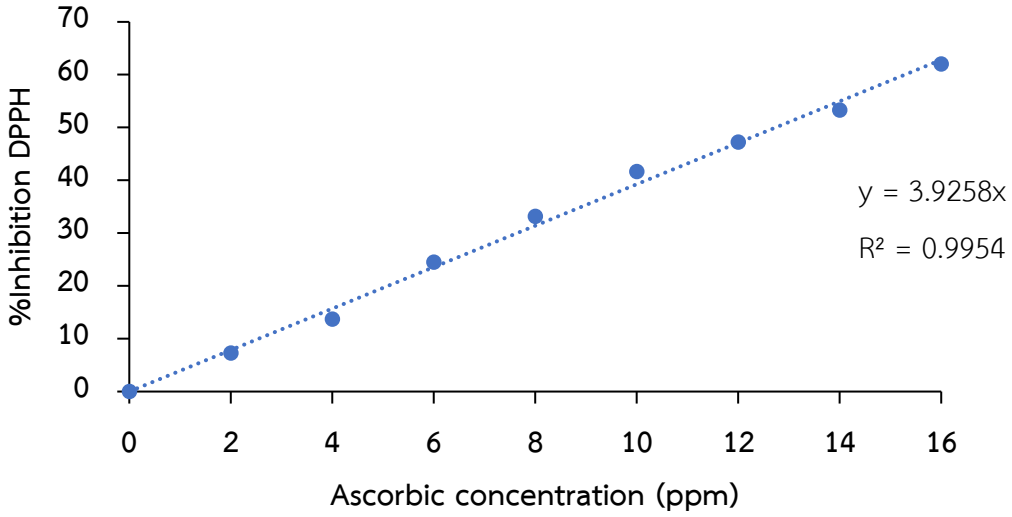
Pleepreme. (ม.ป.ป.). **น้ำหัวปลีสกัดเข้มข้น ปลีกล้วยผง พลีพรีม**. [ออนไลน์] สืบค้น 25 มกราคม 2563, เข้าถึงได้จาก http://www.pleepremethailand.com.html

Sarisa Thaweesan. (2019). **Antioxidant activity and Total Phenolic compounds of Fresh and Blanching Banana blossom (*Musa ABB CV.Kluai "Namwa"*) in Thailand.** IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, (2019), 3-5.

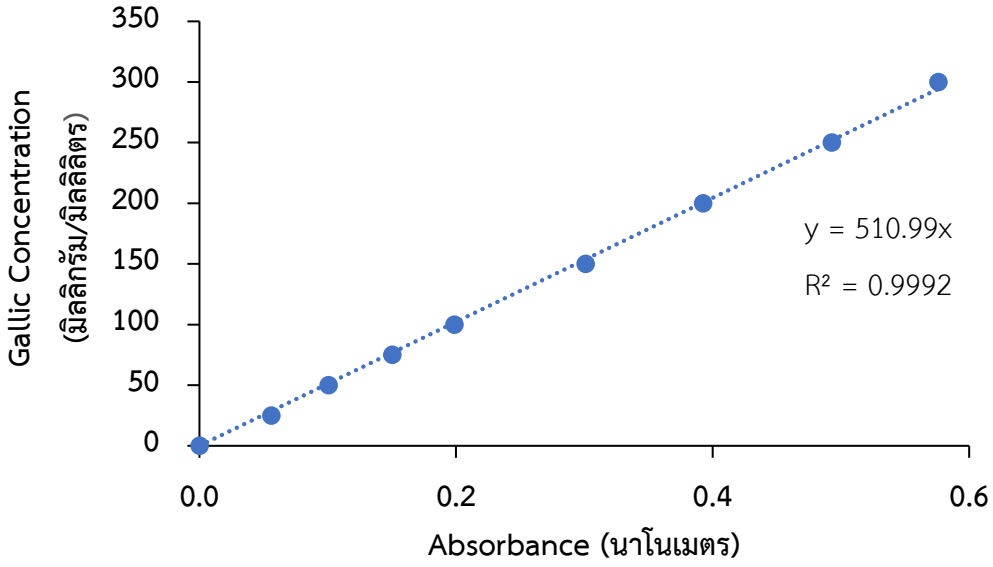
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

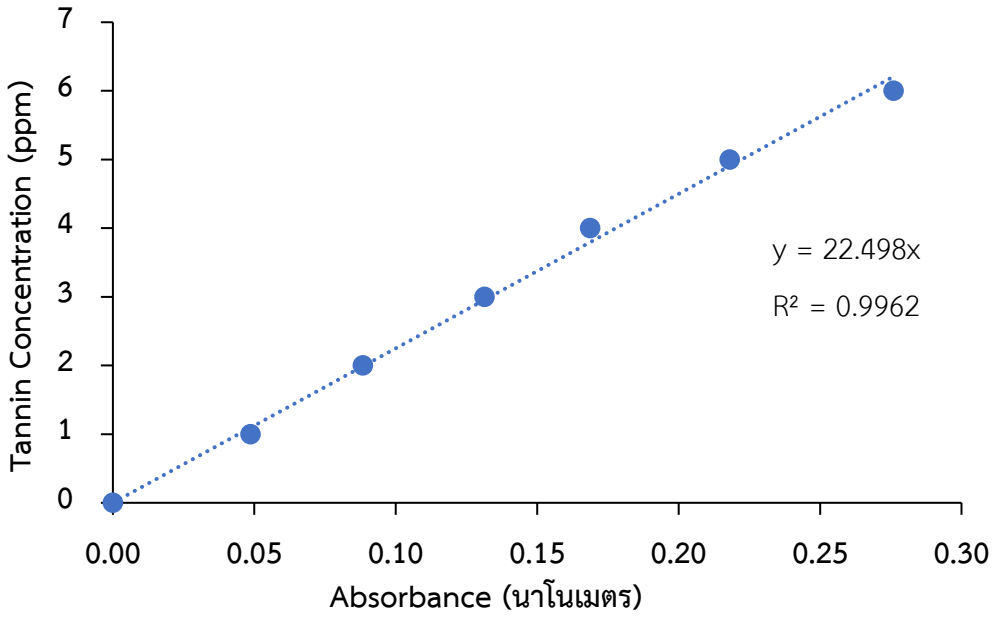
กราฟมาตรฐาน (Standard Curve) ของสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic compounds) และ สารประกอบแทนนิน (tannin, tannic acid)



ภาพผนวกที่ ก1 กราฟมาตรฐานสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) ที่ระดับความเข้มข้น 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 และ 16 ppm



ภาพผนวกที่ ก2 กราฟมาตรฐานสารประกอบฟีนอลิกมาตรฐาน (Gallic acid) ที่ระดับความเข้มข้น 0, 50, 100, 150, 200, 250 และ 300 มิลลิกรัมกรดแกลลิก/กรัม



ภาพผนวกที่ ก3 กราฟมาตรฐานสารแทนนิก (tannic acid) ที่ระดับความเข้มข้นเป็น 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 ppm

ภาคผนวก ข
แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส (The 9–point Hedonic Scale)

ชื่อผู้ทดสอบ..... วันที่.....

เพศหญิง อายุ.....ปี

ชื่อผลิตภัณฑ์: น้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่ม

คำชี้แจง: กรุณาทดสอบน้ำหัวปลีเข้มข้นพร้อมดื่ม แล้วให้คะแนนระดับการยอมรับ โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง 4 = ไม่ชอบน้อย 5 = เฉยๆ

6 = ชอบน้อย 7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก 9 = ชอบบมากที่สุด

ลักษณะปรากฏ	**รหัสตัวอย่าง**		
สีของน้ำหัวปลีเข้มข้น			
รสชาติหวาน			
รสชาติโดยรวม			
ความชอบโดยรวม			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....