รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาเครื่องดื่มน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้งที่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูง จากไหมข้าวโพดสีแดง

Development of high antioxidant sparkling pineapple drinks from red corn silk

โดย

มนตรา ศรีษะแย้ม

นนทพร รัตนจักร

พิมรินทร์ คีรินทร์

กาญจนา วงศ์กระจ่าง

อนงค์ ศรีโสภา

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

พ.ศ. 2562

หัวข้อวิจัย การพัฒนาเครื่องดื่มน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้งที่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูงจากไหมข้าวโพดสีแดง

ชื่อผู้วิจัย ผศ. ดร. มนตรา ศรีษะแย้ม

หน่วยงาน สาขาวิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

ปีงบประมาณ 2561

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารจากไหมข้าวโพดสีแดง เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในเครื่องดื่มน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้ง ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคและอายุการเก็บรักษา การสกัดสารใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย การทดสอบหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดแบ่งเป็น 9 สภาวะ ที่มีความแตกต่างทั้งอุณหภูมิและระยะเวลาในการสกัด โดยใช้อุณหภูมิในการสกัดที่ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที 20 นาที และ 30 นาที นำตัวอย่างทดสอบฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging assay พบว่า สภาวะการสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที มีความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระสูงสุด เท่ากับ 62.10±0.72% และปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดสูงสุด เท่ากับ 93.42±0.09 mg/ 100g ตัวอย่าง เมื่อนำสารสกัดไหมข้าวโพดสีแดงไปประยุกต์ในเครื่องดื่มน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้งซึ่งถูกพัฒนาขึ้น 3 สูตร และคัดเลือก 1 สูตร จากสูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคสูงสุด โดยการทดสอบความพึงพอใจของอาสาสมัครด้วยแบบประเมินผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9 Point Hedonic Rating Scales และทำการศึกษาอายุการเก็บรักษาจากตัวชี้วัด ได้แก่ การตรวจความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและหาปริมาณแอนโทไซยานิน ทางด้านจุลินทรีย์ ได้แก่ จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด ยีสต์รา และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และทางประสาทสัมผัส โดยเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ ผลที่ได้พบว่า ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้งสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ได้ไม่น้อยกว่า 2 สัปดาห์ โดยมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ทั้งหมดตามเกณฑ์มาตรฐาน ไม่พบยีสต์ราและโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และผลทางประสาทสัมผัสพบว่าค่าเฉลี่ยลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความชอบ ความรู้สึกหลังกลืน และความชอบโดยรวมตั้งแต่วันที่ 0 จนถึงวันที่ 14 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) นอกจากนี้พบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บรักษา 2 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีความสามารถต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 40.67±0.84% มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดเท่ากับ 1,141.09±0.1 µg/250ml ตัวอย่าง

Research Title	Development of high antioxidant sparkling pineapple drinks from red corn silk
Author	Assistant Professer Montra Srisayam, Ph.D.
Faculty	Department of Microbiology, Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University
Budget Year	2018

Abstract

The objectives of this research are to study the optimal conditions for appling red corn silk extraction in sparkling pineapple drinks, the consumer acceptances and shelf life of the products. Water was used as as a solvent for extraction. The extraction conditions were divided for 9 conditions with different temperatures and extraction times. The temperature was used at 60, 70 and 80°C and the extraction times of 10, 20 and 30 minutes were employed. The antioxidant activity was tested by DPPH radical scavenging assay. The results showed that the extraction under the temperature of 80°C for 10 minutes provided the highest antioxidant activity and total anthocyanin content of 62.10 ± 0.72% and 93.42±0.09 mg/ 100 g DW, respectively. The red corn silk extract was applied as the mixture of three sparkling pineapple drink formulas. Only one formula having the highest consumer acceptances was chosen. The sensory testing was evaluated using 9 Point Hedonic Rating Scales. The shelf-life of sparkling pineapple drinks was evaluated according to the microbiological parameters, antioxidant activity, anthocyanin content, amount of yeast, mold and coliform bacteria. The product was preserved for two weeks at 4°C. The results showed that the sparkling pineapple drink products were able to store at 4°C at least for two weeks. Total bacteria numbers were under the standard criteria limits. The number of yeasts, mold and coliform bacteria were not found. Sensory results showed that the mean of appearance, color, smell, taste, tingling, feeling after swallowing and overall preference values from day 0 to day 14 was not significantly different ($p \geq 0.05$). In addition, the storage of product in incubator under

4°C for 2 weeks showed the antioxidant activity and the anthocyanin content of 40.67 ± 0.84 % and 1,141.09 ± 0.1 µg/250ml samples, respectively.

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยเรื่อง การพัฒนาเครื่องดื่มน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้งที่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูงจากไหมข้าวโพดสีแดง ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ปีงบประมาณ 2561

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะกรรมการบริหารงานวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่ช่วยดำเนินการและประสานงานตลอดโครงการ

ขอขอบคุณ สาขาวิชาชีววิทยา สาขาวิชาจุลชีววิทยาและสาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่ได้ให้ความกรุณา อุปกรณ์ เครื่องมือ และสถานที่ในการทำวิจัย

ขอขอบคุณศูนย์วิทยาศาสตร์คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่ได้ให้ความกรุณา อุปกรณ์ เครื่องมือ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ สาขาวิชาชีววิทยา สาชาวิชาจุลชีววิทยาและสาขาวิชาเคมี ที่อำนวยความสะดวกและให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัย

มนตรา ศรีษะแย้ม และคณะ

สิงหาคม 2562

สารบัญ

บทที่		หน้า
	บทคัดย่อภาษาไทย	ก
	บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
	กิตติกรรมประกาศ	ง
	สารบัญ	จ
	สารบัญตาราง	ช
	สารบัญภาพ	ซ
1	**บทนำ**	1
2	**เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	3
	2.1 สับปะรด	3
	2.2 ข้าวโพดและไหมข้าวโพดสีแดง	6
	2.3 แอนโทไซยานิน (Anthocyanin)	7
	2.4 สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant)	10
	2.5 เครื่องดื่มน้ำผลไม้ (Fruit Juice)	12
	2.6 การฆ่าเชื้อในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำผลไม้	13
	2.7 การบรรจุน้ำผลไม้ในบรรจุภัณฑ์	14
	2.8 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำสับปะรดปรุง มผช. 126/2546	15
	2.9 อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์	15
	2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	16
3	**อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย**	19
	3.1 วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้	19
	3.2 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากไหมข้าวโพดสีแดง	20
	3.3 การศึกษาหาสูตรน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้งผสมสารสกัดจากไหมข้าวโพดสีแดงที่เหมาะสม	20
	3.4 การเตรียมน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้ง	21
	3.5 ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์น้ำสับประรดสปาร์คกลิ้ง ที่อุณหภูมิ 4	22
	- องศาเซลเซียส	

3.6 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ 22
3.7 การตรวจหาปริมาณแอนโทไซยานิน 23
3.8 การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้งต่อหนึ่งหน่วยบริโภค 23
3.9 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 24
4 ผลการวิจัย 25
4.1 ผลของสภาวะการสกัดต่อสารต้านอนุมูลอิสระ 25
4.2 ผลของสภาวะการสกัดต่อปริมาณแอนโทไซยานิน 25
4.3 ผลการศึกษาหาสูตรน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้งผสมสารสกัดจากไหมข้าวโพดสีแดงที่เหมาะสม 26
4.4 อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์น้ำสับประรดสปาร์คกลิ้ง 28
4.4.1 ผลการตรวจวิเคราะห์อายุการเก็บรักษาทางด้านจุลินทรีย์ 28
4.4.2 ผลการตรวจวิเคราะห์อายุการเก็บรักษาทางด้านเคมี 29
4.4.3 ผลการตรวจวิเคราะห์อายุการเก็บรักษาทางด้านประสาทสัมผัส 30
4.5 การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้งผสมสารสกัดจากไหมข้าวโพดสีแดงต่อหนึ่งหน่วยบริโภค 31
5 สรุปและอภิปรายผลการทดลอง 33
5.1 สรุปผลการวิจัย 33
5.2 อภิปรายผล 34
5.3 ข้อเสนอแนะ 37
เอกสารอ้างอิง 37
ภาคผนวก 44
ภาคผนวก ก 45
การเผยแพร่งานวิจัย 48
ประวัติผู้วิจัย 54

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ราคาสับปะรดที่เกษตรกรขายส่งให้โรงงาน ปี 2556-2560	4
2.2	มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำสับปะรดปรุง มผช. 126/2546	15
3.1	สูตรน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้งผสมสารสกัดจากไหมข้าวโพดสีแดงในอัตราส่วน 60:40 70:30 และ 80:20	21
4.1	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด	26
4.2	ความพึงพอใจของอาสาสมัครที่มีต่อลักษณะของตัวอย่างเครื่องดื่มน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้งที่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูงจากไหมข้าวโพดสีแดง	27
4.3	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์ราและโคลิฟอร์มแบคทีเรียในผลิตภัณฑ์ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	29
4.4	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณแอนโทไซยานินตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	30
4.5	ปริมาณสารอาหารและคุณค่าทางโภชนาการที่ผู้บริโภคจะได้รับต่อหนึ่งหน่วยบริโภค	31

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ข้าวโพดสีแดง	6
4.1	ลักษณะเครื่องดื่มน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้งผสมสารสกัดจากไหมข้าวโพดสีแดง	28
ภาคผนวก ก ที่ 1	ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้งผสมสารสกัดไหมข้าวโพดสีแดงต้นแบบ	45
ภาคผนวก ก ที่ 2	ข้อมูลโภชนาการของเครื่องดื่มน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้งผสมสารสกัดไหมข้าวโพดสีแดงต่อหนึ่งหน่วยบริโภค	46
ภาคผนวก ก ที่ 3	คุณค่าทางโภชนาการต่อขวดของเครื่องดื่มน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้งผสมสารสกัดไหมข้าวโพดสีแดงคิดเป็นร้อยละของปริมาณสูงสุดที่บริโภคได้ต่อวัน	47

บทที่ 1

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง มากไปด้วยพืชพรรณนานาชนิด รวมถึงผลไม้ซึ่งมีให้รับประทานตลอดปีแตกต่างชนิดกันไปตามฤดูกาล ส่วนใหญ่การผลิตผลไม้จะเป็นการปลูกเพื่อการค้าทั้งในรูปแบบผลสด การแปรรูปและการส่งออก จากแนวโน้มที่ผ่านมาจะพบได้บ่อยว่าผลไม้ที่ถูกผลิตออกมาในช่วงฤดูกาลหนึ่ง ๆ มีเป็นจำนวนมากและเกิดภาวการณ์ล้นตลาด ส่งผลให้ผลไม้มีราคาตกต่ำ เกษตรกรเกิดการขาดทุน สับปะรดเป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่ได้รับผลกระทบจากภาวะนี้เช่นกัน จากการเข้าพบผู้นำกลุ่มคลัสเตอร์สับปะรดนครไทย ถึงปัญหาที่เกิดขึ้นกับทางกลุ่มและชาวบ้านผู้ปลูกสับปะรดในพื้นที่ พบว่าในปีที่ผ่านมาราคาสับปะรดตกต่ำมาก โดยมีราคาหน้าไร่กิโลกรัมละ 0.50-1.70 บาท รวมทั้งเมื่อเก็บเกี่ยวสับปะรดแล้วผลสดจะอยู่ได้ประมาณ 10 วันหลังจากการตัด ถ้าขายไม่หมดจะเกิดการเน่าเสียตามมา ทางกลุ่มจึงคิดวิธีการแปรรูปสับปะรดขึ้น ซึ่งการแปรรูปที่ทำส่วนใหญ่เป็นสับปะรดกวน โดยในกระบวนการผลิตจะมีการบีบคั้นน้ำสับปะรดทิ้งแล้วเก็บส่วนเนื้อไปกวน จะเห็นได้ว่าน้ำสับปะรดมีประโยชน์แต่ต้องทิ้งเป็นจำนวนมาก เนื่องจากเมื่อทำเป็นน้ำสับปะรดคั้นสดแล้วไม่สามารถเก็บไว้ได้นาน ทางกลุ่มจึงคิดว่าไม่คุ้มกับต้นทุนและแรงงานในการผลิตขาย ดังนั้นการมีองค์ความรู้ในการพัฒนาน้ำสับปะรดให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์จึงเป็นสิ่งความสำคัญอย่างมาก เพื่อใช้วัตถุดิบที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์ และเป็นการสร้างรายได้เพิ่มขึ้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการจะพัฒนาเป็นน้ำสับปะรดให้เป็นเครื่องดื่มประเภทสปาร์คกลิ้งที่เพิ่มจุดเด่นให้กับตัวผลิตภัณฑ์โดยเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ซึ่งเครื่องดื่มอัดแก๊สที่ได้รับความนิยมอย่างมากในปัจจุบันทั้งในกลุ่มวัยรุ่นและบุคคลทั่วไป เช่น น้ำอัดลม เนื่องจากแก้ความกระหาย ให้ความสดชื่น ดื่มได้สะดวกและรวดเร็ว ดื่มได้ทุกเวลาและทุกโอกาส และยังมีรสชาติสีสันชวนดื่ม จึงมีจำหน่ายในท้องตลาดหลากหลายชนิด แต่อย่างไรก็ตามมีคุณค่าทางโภชนาการต่ำ เนื่องจากมีน้ำเป็นองค์ประกอบหลักมีน้ำตาลทรายรวมกับสารแต่งสี กลิ่น รสชาติเท่านั้น ไม่ได้มุ่งประโยชน์เพื่อสุขภาพและอาจเป็นสาเหตุของโรคตามมา เช่น เบาหวาน คณะผู้วิจัยจึงสนใจเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระในเครื่องดื่มโดยนำไหมข้าวโพดสีแดงมาปรับใช้ในผลิตภัณฑ์ เนื่องจากไหมข้าวโพดเป็นวัตถุดิบเหลือทิ้งทั้งจากข้าวโพดขายฝักและข้าวโพดที่ไม่สามารถตัดขายที่เหลือทิ้งติดกับต้น ถือ

เป็นการสร้างคุณค่าให้กับไหมข้าวโพดอีกทางหนึ่ง นอกจากนี้ในไหมข้าวโพดสีแดงพบสาร anthocyanin สูง ซึ่งเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระที่สูงที่ช่วยบำรุงสุขภาพและป้องกันโรคต่าง ๆ และมีรายงานว่า anthocyanin มีฤทธิ์ทางชีวภาพมากมาย นอกจากนี้พฤติกรรมของผู้บริโภคที่ให้ความสำคัญในเรื่องสุขภาพกันมากขึ้น จึงส่งผลให้เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน

ด้วยเล็งเห็นความสำคัญและคุณประโยชน์ของน้ำสับปะรดและไหมข้าวโพดสีแดง ทางคณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพน้ำสับปะรดผสมสารต้านอนุมูลอิสระและแอนโทไซยานินจากไหมข้าวโพดสีแดงในรูปแบบพาสเจอร์ไรส์ เพื่อเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์ เป็นการเพิ่มมูลค่าและคุณค่าให้กับผลิตภัณฑ์

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารจากไหมข้าวโพดสีแดงให้มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุด
2. พัฒนาสูตรเครื่องดื่มน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้งที่มีสารต้านอนุมูลอิสระจากไหมข้าวโพดสีแดงที่เหมาะสม
3. ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค
4. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สับปะรด

สับปะรด ภาคอีสานเรียก บักนัด ภาคเหนือเรียก มะขะนัด พัทลุงเรียก ยานัด สุราษฎร์ธานี ชุมพรและระนองเรียกว่า สับรด สับปะรดมีแหล่งกำเนิดอยู่ในทวีปอเมริกาใต้ พบโดย คริสโตเฟอร์ โคลัมบัส นักเดินเรือชาวสเปน เมื่อปี ค.ศ.1493 ที่อยู่บ้านชาวอินเดียนแดง ชื่อเดิมตามภาษาท้องถิ่นเรียกว่า นานา (nana) หมายถึงผลไม้รสวิเศษ ชื่อนี้ถูกนำไปตั้งเป็นชื่อวิทยาศาสตร์ ซึ่งชาวฝรั่งเศสก็นำไปใช้เรียกสับปะรดแบบทับศัพท์ว่า อานานา (ananas) ภาษามาเลย์ อินโดนีเซียและฟิลิปปินส์เรียกเหมือนกันว่า นานาส (nanas) ส่วนชาวอังกฤษตั้งชื่อสับปะรดว่า pineapple เนื่องจากกะลาสียุคแรกพบเข้า เห็นว่าผลของมันดูละม้ายคล้ายกับลูกสนที่มีชื่อสามัญว่า pine ด้วยเหตุนี้สับปะรดจึงมีชื่อสามัญว่า pineapple ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Ananas comosus* (L) Merr. สับปะรดเป็นพืชล้มลุกสูงเต็มที่ประมาณ 1 เมตร ลำต้นอยู่ใต้ดิน ใบสีเขียวอ่อนหรือสีเขียวปนแดง แต่ละพันธุ์ ใบหนาและแข็ง มีหนามที่ขอบใบ ปลายใบแหลม ใบเป็นกาบซ้อนกันอยู่รอบลำต้น หลังใบมีนวลสีขาว ดอกจะงอกขึ้นตรงกลางระหว่างพุ่มใบ ประกอบด้วยดอกเล็ก ๆ สีแดงจำนวน 100-200 ดอก สับปะรดหนึ่งผลจึงประกอบขึ้นจากผลย่อย ๆ นับร้อยรวมกัน รอบผลมีตาสีเขียวมากมายเรียงกันอย่างเป็นระเบียบ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางผล 10-14 เซนติเมตร เนื้อในสีเหลือง ฉ่ำน้ำ รสหวานและหวานอมเปรี้ยว (นิดดา, 2550) สับปะรดมีน้ำเป็นองค์ประกอบถึงร้อยละ 80-85 น้ำตาลร้อยละ 12-15 กรดร้อยละ 0.6 โปรตีนร้อยละ 0.4 เถ้าร้อยละ 0.5 ไขมันร้อยละ 0.1 ส่วนที่เหลือจะเป็นเส้นใยและวิตามินต่อ 100 กรัมตัวอย่าง (Salvi et al., 1995) และผลของสับปะรดมีสรรพคุณในการขับเหงื่อ ห้ามเลือด แก้ทางปัสสาวะ ขับพยาธิ ฆ่าพยาธิ แก้โลหิตระดู บำรุงโลหิต แก้นิ่ว แก้ระดูขาว เป็นยาระบาย แก้หนองใน ทำให้แห้ง ช่วยย่อยอาหาร ขับปัสสาวะ กัดเสมหะในลำคอ แก้เสมหะเหนียว ขับเสมหะ แก้ไอ ระงับการอักเสบและบวม ทำให้แผลหายเร็ว (นันทวัน, 2543) และมีเอนไซม์โบรมีเลน (bromelain) ซึ่งช่วยย่อยโปรตีน จึงมีการใส่น้ำสับปะรดในการหมักเนื้อ เพื่อทำให้เนื้อนุ่มหรือถ้ามีอาการแน่นท้องหลังจากกินอาหารประเภทเนื้อสัตว์มาก ๆ ให้ดื่มน้ำสับปะรดหลังอาหารก็ช่วยลดอาการแน่นท้องได้ โบรมีเลนยังจะช่วยปรับสภาพของเหลวต่าง ๆ ในร่างกายให้เป็นกลาง และกระตุ้นการหลั่งฮอร์โมน

ของตับอ่อนให้ทำงานปกติ นอกจากนี้มีการศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา พบว่าน้ำคั้นจากสับปะรดมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระอย่างอ่อน มีฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย ต้านการอักเสบ และยับยั้งการเกิดมะเร็ง เอนไซม์โบรมีเลนมีฤทธิ์ย่อยโปรตีน ช่วยเพิ่มภูมิต้านทาน ต้านมะเร็งบางชนิด เช่น มะเร็งเต้านมและมะเร็งรังไข่ ยับยั้งการเกาะกลุ่มของเกล็ดเลือด ช่วยย่อยอาหาร และมีฤทธิ์ลดอาการบวมและการอักเสบ การทดสอบทางคลินิกในผู้ป่วยที่มีอาการปวดเข่าโดยให้ผู้ป่วยรับประทานยาเม็ดที่มีเอนไซม์บรอมมีเลนขนาด 200 และ 400 มก./วัน พบว่าผู้ป่วยมีอาการปวดลดลง ปัจจุบันมีการพัฒนาเอนไซม์บรอมมีเลนเป็นยาแผนปัจจุบัน เช่น ยาช่วยย่อย และยารักษาอาการอักเสบและบวมของเนื้อเยื่อ (กฤติยา ไชยนอก, 2554) อีกทั้งประกอบไปด้วย วิตามินซี และแคโรทีนอยด์ ซึ่งสารทั้งสองนับว่าเป็นสารที่มีฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชัน

สับปะรดเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย มีปริมาณการผลิตและการส่งออกสูงเป็นอันดับหนึ่งของโลกคิดเป็นมูลค่าการส่งออกนับหมื่นล้านบาทต่อปี (อำภา และคณะ, 2553) ซึ่งราคาสับปะรดที่เกษตรกรผลิตขายส่งโรงงานมีแนวโน้มตกต่ำลงในปี 2560 แสดงดังตารางที่ 2.1 ซึ่งสร้างปัญหาให้กับเกษตรกรผู้ปลูกสับปะรดเป็นอย่างมาก

ตารางที่ 2.1 ราคาสับปะรดที่เกษตรกรขายส่งให้โรงงาน ปี 2556-2560

หน่วย:บาท/กก.

ปี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
2556	2.96	3.35	3.70	4.06	4.43	4.84	4.66	4.90	5.07	5.44	5.58	5.688
2557	6.01	6.50	7.34	7.42	7.10	5.62	5.76	6.07	6.62	7.28	8.16	8.63
2558	8.51	9.35	9.79	9.75	9.59	10.00	10.56	10.79	11.26	11.85	12.18	10.52
2559	10.43	10.54	9.75	9.33	10.35	11.95	12.22	11.50	10.89	10.69	9.96	8.34
2560	7.62	6.37	6.70	6.12	4.62	4.06	4.26	4.27	4.32	4.11	3.15	3.08

(ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2561)

สำหรับพันธุ์สับปะรดในประเทศไทยที่นิยมปลูกมี 6 สายพันธุ์ ได้แก่

สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย (Bhattavia) จัดอยู่ในกลุ่ม Smooth Cayenne มีถิ่นกำเนิดเดิมอยู่บริเวณลุ่มแม่น้ำอะเมซอน สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียเป็นที่นิยมปลูกเพื่อส่งโรงงานสับปะรดกระป๋อง เพราะขนาดผลใหญ่เฉลี่ยน้ำหนักประมาณ 2.5-3.5 กิโลกรัม เนื้อสีเหลืองอ่อน หวานฉ่ำ แหล่งที่ปลูกกันมากได้แก่ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ชลบุรี เพชรบุรี และลำปาง เป็นต้น นอกจากนี้ก็มีผู้ปลูกกันทั่ว ๆ ไปเพื่อขายผลสด ซึ่งก็ได้รับความนิยมเนื่องจากมีรสหวานฉ่ำ ถูกรสนิยมของคนไทย สับปะรดพันธุ์นี้มีใบสีเขียวเข้ม ผิวใบด้านบนเป็นมันเงา ขอบใบเรียบ กลางใบมักมีสีแดงอมน้ำตาล ปลายใบมีหนามเล็กน้อย ก้านผลสั้น ช่อดอกมีดอกย่อยโดยเฉลี่ยประมาณ 150 ดอก กลีบดอกสีม่วงอมน้ำเงิน ผลมีขนาดและรูปทรงแตกต่างกันไป น่าสังเกตว่าหากผลมีขนาดใหญ่มากก็จะมีรูปทรงโคนใหญ่ปลายเรียว แต่หากเป็นผลเล็กก็มักจะทรงกลมป้อมหรืออาจเป็นทรงกระบอก และเมื่อแก่หรือผลสุกจะมีสีเหลือง ตาตื้น แกนหรือ ไส้ใหญ่แต่ไม่เหนียว เนื้อในของผลสีเหลืองอ่อนหรือเหลืองเข้มในฤดูร้อน (วิจิตต์, 2529)

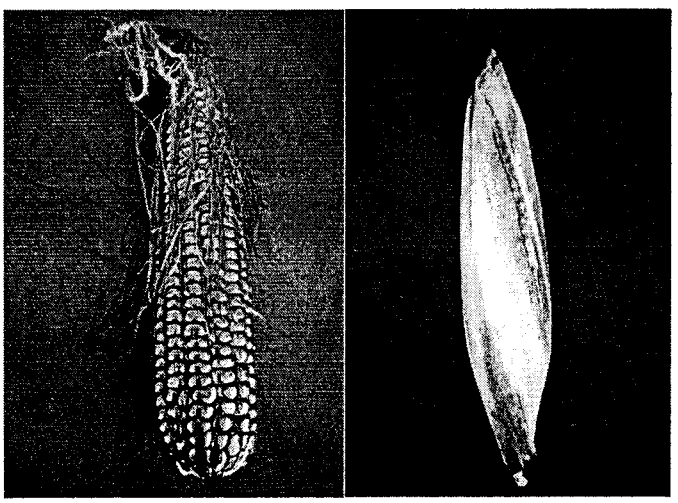
พันธุ์อินทรชิต หรืออินทรชิตแดง (Singapore Spanish) อยู่ในกลุ่ม Spanish เป็นพันธุ์พื้นเมืองเก่าแก่ของไทย ทรงต้นใหญ่ไล่เลี่ยกับพันธุ์ปัตตาเวีย แต่ใบมีสีเขียวอ่อนลักษณะด้าน ไม่เป็นมัน มีหนามแหลมคม ใบแผ่ออกไม่เป็นร่อง ขอบใบทั้งสองมีสีแดงอมน้ำตาล ผลเล็กกว่าปัตตาเวีย ผลย่อยนูนตาลึก เนื้อเป็นสีเหลืองทอง รสหวานอ่อนและมีเส้นใยมาก มีตะเกียงบนผล 2-7หน่อ ไม่ทนต่อโรคราแป้งและไส้เน่า เปลือกผลเหนียว ทนต่อการขนส่ง ทนต่อสภาพดินเหนียวระบายน้ำไม่ดีแต่ไม่ทนต่อสภาพการขาดน้ำ นิยมปลูกมากที่อำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา (กมลพิพัฒน์, 2558)

พันธุ์ขาว (Selangor Green, Green Spanish) อยู่ในกลุ่ม Spanish ทรงพุ่มเล็กเตี้ย ใบแคบและสั้นกว่าอินทรชิต ขอบใบเต็มไปด้วยหนามที่โค้งงอเข้าสู่ปลายใบมีสีเขียวอมเหลืองหรือเขียวใบไม้ เนื้อสีเหลืองทองรสหวานอ่อน คุณภาพเนื้อไม่ดีนัก ผลมักมีหลายจุก นิยมปลูกร่วมกับอินทรชิตที่จังหวัดฉะเชิงเทรา (กมลพิพัฒน์, 2558)

พันธุ์ภูเก็ตหรือสวี (Mauritius Pine, Ceylon, Malecca Queen) อยู่ในกลุ่ม Queen ทรงพุ่มเล็กกว่าปัตตาเวีย ใบแคบและยาวกว่าพันธุ์ขาวและอินทรชิต ใบสีเขียวอ่อนและมีแถบสีแดงตอนกลางใบ ขอบใบเต็มไปด้วยหนามสีแดง ผลมีขนาดเล็กกว่าทุกพันธุ์ ผลย่อยนูนตาลึก เนื้อสีเหลืองหวานกรอบมีกลิ่นหอม ให้รับประทานผลสด ปลูกกันมากในจังหวัดภูเก็ตและจังหวัดชุมพร (กมลพิพัฒน์, 2558)

พันธุ์ภูแล อยู่ในกลุ่ม Queen เช่นเดียวกันกับพันธุ์ภูเก็ต มีลักษณะทรงต้นและใบคล้ายพันธุ์ภูเก็ตมาก แต่ผลขนาดเล็กกว่ามาก โดยมีผลประมาณ 100-500 กรัม เนื้อเป็นสีเหลืองเข้มกรอบและมีรสหวาน และจะทานได้ทั้งแกนกลาง นิยมปลูกที่ภาคเหนือโดยเฉพาะจังหวัดเชียงราย (กมลพิพัฒน์, 2558)

2.2 ข้าวโพดและไหมข้าวโพดสีแดง



ภาพที่ 2.1 ข้าวโพดสีแดง

ข้าวโพดเป็นพืชตระกูลหญ้า มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Zea mays Linn อยู่ในวงศ์ Gramineae มีลำต้นตั้งตรง มีปล้อง ใบเรียวยาวติดอยู่กับต้นบริเวณปล้อง ฝักจะออกบริเวณกลางลำต้นตรงข้อ มีช่อดอกที่ปลายยอด (นวลนภา, 2546) ข้าวโพดที่พบในประเทศไทยสามารถแบ่งออกได้ 7 ประเภทตามการใช้ประโยชน์และลักษณะภายนอกคือ 1) ข้าวโพดหัวบุบ (dent corn) เป็นข้าวโพดที่มีลักษณะบุ๋มบริเวณตอนบนของเมล็ด 2) ข้าวโพดหัวแข็ง (frint corn) เป็นข้าวโพดที่มีลัษณะของเมล็ดค่อนข้างกลมและแข็ง ไม่มีรอยบุ๋มเหมือนข้าวโพดหัวบุ๋ม 3) ข้าวโพดหวาน (sweet corn) เมื่อแก่เมล็ดจะหดตัวและเหี่ยวย่นเป็นข้าวโพดที่มีการปลูกและบริโภคกันอย่างแพร่หลาย มีรสชาติหวาน นิยมนำมาใช้ทำน้ำนมข้าวโพดเพราะมีวิตามิน เช่น วิตามินบีหนึ่ง วิตามินบีหก วิตามินบีสอง วิตามินซี และ ไนอะซินแสดงดังตารางที่ 2.1 4) ข้าวโพดคั่ว (popcorn) เป็นข้าวโพดที่มีลักษณะค่อนข้างเล็ก เมล็ดอาจมีลักษณะกลมหรือหัวแหลม 5) ข้าวโพดข้าวเหนียว (waxy corn) เป็นข้าวโพดที่ได้รับความนิยมคล้ายข้าวโพดหวานแต่รสชาติจะไม่หวานเท่ากับข้าวโพดหวาน เมล็ดของ

ข้าวโพดข้าวเหนียวจะมีลักษณะนุ่ม 6) ข้าวโพดแป้ง (flour corn) เป็นข้าวโพดที่มีลักษณะเมล็ดค่อนข้างกามหัวไม่บุบหรือบุบเล็กน้อย 7) ข้าวโพดป่า (pod corn) เป็นข้าวโพดที่ไม่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจปลูกเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมล็ดจะมีขั้วเปลือกหุ้มทุกเมล็ด (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2551)

ข้าวโพดสีแดง เป็นข้าวโพดพันธุ์ที่ถูกพัฒนาขึ้นด้วยวิธีการดั้งเดิม (breeding) โดยข้าวโพดสายพันธ์นี้เป็นข้าวโพดหวาน แตกต่างจากข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงโดยข้าวโพดหวานสีแดงสามารถทานสดได้โดยไม่เสียรสชาติ มีรสสัมผัสที่หวานกรอบ แตกต่างจากข้าวโพดเหนียวสีม่วงที่มีรสสัมผัสที่เหนียวและไม่มีรสชาติมากนัก ลักษณะของข้าวโพดสีแดงแสดงดังภาพที่ 2.1 ข้าวโพดสีแดงเป็นข้าวโพดรับประทานฝักสดพันธุ์ใหม่ที่อยู่ในความสนใจของผู้บริโภคที่ใส่ใจเรื่องสุขภาพ เนื่องจากพบว่ามีสารต้านอนุมูลอิสระสูงโดยเฉพาะแอนโทไซยานิน ซึ่งการเรียกชื่อข้าวโพดสีแดงนั้นเกิดจากลักษณะที่ปรากฏบนผิวเมล็ดข้าวโพด เช่นเดียวกับข้าวโพดสีม่วง ซึ่งความเป็นจริงแล้วทั้งสีแดงและสีม่วงอุดมไปด้วยสารองค์ประกอบชนิดเดียวกันคือแอนโทไซยานิน (AbdeL-Aal *et al*., 2006) แต่ข้าวโพดสีแดงเป็นข้าวโพดชนิดใหม่ตามมาจากข้าวโพดสีม่วง ดังนั้นการศึกษาต่าง ๆ ส่วนใหญ่พบในชื่อข้าวโพดสีม่วง โดยพบว่าการบริโภคข้าวโพดสีม่วงสามารถลดความเสี่ยงต่อโรคไม่ติดต่อเรื้อรังบางชนิดได้ เช่น โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคเบาหวานชนิดที่ 2 โรคความดันโลหิตสูง และโรคมะเร็งบางชนิด เป็นต้น (Tsuda *et al*., 2003; Jone, 2005; He and Guisti, 2010)

ไหมข้าวโพด เป็นเกสรตัวเมียของข้าวโพด มีลักษณะคล้ายเส้นไหม มีสีเขียวอ่อนใสบางเมื่อยังอ่อนและต่อมาเปลี่ยนเป็นสีม่วงแดง เหลือง หรือน้ำตาลอ่อน ๆ แตกต่างกันตามสายพันธุ์ ไหมข้าวโพดมีสารอาหารสำคัญหลายอย่าง เช่น โปรตีนคาร์โบไฮเดรต วิตามิน รวมทั้งสารสำคัญอื่น ๆ เช่น สารฟลาโวนอยด์ อัลคาลอยด์ ฟีนอล (Ebrahimzadeh *et al*., 2008) มีข้อมูลว่าการนำไหมข้าวโพดมาต้มเคี่ยวกับน้ำแล้วใช้ดื่มแทนน้ำช่วยลดน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวาน ลดไขมันของผู้ที่มีไขมันในเลือดสูง รักษาอาการกระเพาะปัสสาวะอักเสบ แก้ อาการโรคนิ่ว ลดอาการบวมที่เกิดจากไตอักเสบ และแก้ระบบย่อยอาหารไม่ปกติได้ (Hasanudin *et al*., 2012)

2.3 แอนโทไซยานิน (Anthocyanin)

สารแอนโทไซยานินเป็นสารประกอบฟีนอล จัดอยู่ในกลุ่ม flavonoids มีโครงสร้างพื้นฐานในโมเลกุลประกอบด้วยวงแหวนเบนโซไพแรน (benzopyran) 2 วงต่อกับวงแหวนฟีนิล (phenyl ring) เป็นอนุพันธ์ของเกลือเฟลวิเลียม (flavylium salt) ประกอบด้วยส่วนที่เป็น aglycone (anthocyanidin) และน้ำตาล 1 หรือ 2 ตัว โดยปกติจะพบ free aglycone ในอาหารน้อยมาก แอน

โทไซยานินเป็นรงควัตถุที่ละลายน้ำได้ แต่ไม่ละลายใน non-hydroxyl solvents เช่น อีเทอร์ อะซีโตน คลอโรฟอร์ม และเบนซีน ไม่เสถียรสลายตัวได้ง่ายด้วยความร้อน ออกซิเจน และแสง (เรือนเงิน, 2544; รัตนาและระมน, 2532; สาธิต, 2531) นอกจากนี้ยังเป็นสารให้สีตามธรรมชาติที่พบได้ทั่วไปในดอกไม้ ผลไม้บางชนิด ใบ หรือลำต้นของพืชบางชนิดที่มีสีจัด ซึ่งมีสีตั้งแต่สีแดงถึงสีน้ำเงินเข้มละลายอยู่ใน vacuole sap ของพืช เช่น องุ่น แบล็คราสเบอร์รี่ เรดราสเบอรี่ ดอกอัญชัน เอเวอร์กรีน กะหล่ำม่วง ชมพู่มะเหมี่ยว แบลกเบอร์รี่ บลูเบอร์รี่ กระเจี๊ยบแดง และลูกหว้า เป็นต้น (เกียรติศักดิ์, 2535) สารแอนโทไซยานินมีสมบัติเป็นยาและนำมาใช้เป็นยารักษาโรคของมนุษย์ (Lila, 2004; Yang and Zhai, 2010) นอกจากนี้สารแอนโทไซยานินสามารถช่วยส่งเสริมการทำงานของเม็ดเลือดแดง ช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในผู้ป่วยเบาหวาน ช่วยชะลอการเกิดไขมันอุดตันในหลอดเลือด ช่วยลดโอกาสการเกิดมะเร็งและยับยั้งเนื้องอก ช่วยเสริมให้ร่างกายต่อต้านเชื้อโรคและสมานแผล เสริมภูมิคุ้มกันในร่างกายให้ดีขึ้นลดภาวะเสี่ยงในการเป็นโรคหัวใจ เพิ่มความสามารถในการมองเห็น ชะลอความเสื่อมของดวงตา และชะลอความเสื่อมของเซลล์ เป็นต้น (Lila, 2004; Shipp and Abdel-Aal, 2010) นักวิจัยหลายกลุ่มจึงนำเอาสารแอนโทไซยานินมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม (Ramos-Escudero *et al.*, 2012)

ปัจจัยที่มีผลต่อสีและความเสถียรของแอนโทไซยานินคือปัจจัยทางเคมีและฟิสิกส์ เช่น ความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ แสง กรดแอสคอร์บิก และปัจจัยอื่น ๆ (Anderson, 2006)

ค่าพีเอช (pH) มีผลทำให้โครงสร้างและสีของแอนโธไซยานินเปลี่ยนแปลง ดังนี้

pH ≤ 1.0 red flavylium salts

pH = 4.0-5.0 non-color pseudobases

pH = 5.0-7.0 purple quinoidal anhydrobases

pH = 7.0-8.0 dark blue ionizedal anhydrobases

pH = ≥ 12.0 brown chalcones

พบว่าแอนโทไซยานินจะมีเสถียรภาพดีเมื่ออยู่ในสารละลายที่มีค่า pH ต่ำ และสีที่พบในผลิตภัณฑ์ที่ได้จากแอนโทไซยานิน คือ สีแดงถึงสีม่วง ซึ่งเป็นสีของแอนโทไซยานินใน pH ที่เป็นกรด (นัยวิทย์, 2538) นอกจากการเปลี่ยนแปลงของระดับสีตามค่า pH แล้ว ค่าความเข้มของสี (color intensity)

จะแปรผันตามค่า pH ด้วย กล่าวคือ สีจะมีความเข้มมากที่สุดที่ pH 1.0 และลดลงอย่าง รวดเร็ว เมื่อค่า pH มีการเพิ่มสูงขึ้น

อุณหภูมิ (temperature) อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญปัจจัยหนึ่งที่ทำให้แอนโทไซยานินสลายตัวโดยพบว่า แอนโทไซยานินที่ได้รับความร้อนจะเปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีน้ำตาล โดยมีค่าครึ่งชีวิตขึ้นกับอุณหภูมิ และการเก็บรักษา ดังนี้ (Francis, 1989) ที่ -3.5 องศาเซลเซียส เท่ากับ 1,536 วัน และ 38 องศาเซลเซียส เท่ากับ 80 วัน จะเห็นว่าความเสถียรของสารแอนโทไซยานินขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในการเก็บรักษา (Nuzhet and Erdogdu, 2006) คือเมื่อเก็บสารแอนโทไซยานินที่อุณหภูมิต่ำจะมีค่าครึ่งชีวิตมากกว่าการเก็บสารแอนโทไซยานินไว้ที่อุณหภูมิสูง ในอุตสาหกรรมจึงควรเก็บสารแอนโทไซยานินนี้ไว้ในอุณหภูมิต่ำกว่า 8 องศาเซลเซียส (Brouillard and Delaporte, 1977) ศึกษาอุณหภูมิต่อการสลายตัวของแอนโทไซยานิน โดยสรุปว่าปฏิกิริยาสมดุลของโครงสร้างแอนโทไซยานินในรูป ต่าง ๆ ขึ้นกับอุณหภูมิจากทิศทางซ้ายไปขวาดังนี้

blue quinonoid > red flavylium > colorless carbine > colorless chalcone

ออกซิเจน เป็นปัจจัยหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับความคงตัวของแอนโทไซยานิน โดยออกซิเจนที่มีอยู่ในสารละลายที่มีแอนโทไซยานินจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเพิ่มขึ้น โดยออกซิเจนจะไปทำปฏิกิริยากับแอนโทไซยานินในตำแหล่ง C-2 ของหมู่ไฮดรอกซิล ของ B-ring จะได้เป็น carbinol base หรือ chalcone หรือ quinoidal base ซึ่งมีผลทำให้ flavylium cation ลดลง สีแดงของสารละลายจึงลดลง อย่างไรก็ตามอัตราการเกิดออกซิเดชันขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ pH และความเข้มข้นของแอนโทไซยานิน (Saint-Gaulejac et al., 1999)

แสง เป็นตัวที่ทำให้เกิดการเสื่อมสลายของแอนโทไซยานินได้ โดยเกิดกระบวนการ photo-oxidation โดยมีความร้อนเป็นตัวเร่ง โดยแอนโทไซยานินที่เสื่อมสลายด้วยความร้อนจะเปลี่ยนรูปไปเป็น chalcone ซึ่งเป็นโครงสร้างไม่มีสี โดยเฉพาะแอนโทไซยานินที่มีหมู่ไฮดรอกซิลที่ตำแหน่ง C-5 ในโครงสร้าง

กรดแอสคอร์บิค สามารถเหนี่ยวนำให้แอนโทไซยานินเสื่อมลายได้ โดยกรดแอสคอร์บิคถูกออกซิไดซ์ได้ในสภาวะที่มี ออกซิเจน คอปเปอร์ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้สีของแอนโทไซยานินจางลง เนื่องจากเกิด condensation กันแอนโทไซยานินได้เป็นโครงสร้างไม่มีสี (Markakis, 1982)

การสกัดแอนโทไซยานินมีหลายวิธีการเลือกใช้ขึ้นอยู่กับชนิดของตัวอย่างที่นำมาสกัด โดยมากใช้ตัวทำละลายในการสกัดและสกัดในภาวะที่เป็นกรด โดยประสิทธิภาพในการสกัดขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ชนิดของตัวทำละลาย อัตราส่วนระหว่างตัวอย่างและตัวทำละลาย รวมทั้งชนิดของกรดและค่าความเป็นกรดด่าง การสกัดแอนโทไซยานินนิยมใช้ตัวทำละลาย เช่น เอทานอล เมทานอล และอะซีโตน (Kähkönen et al., 2001) จากข้อมูลที่ผ่านมามีการสกัดสารแอนโทไซยานินจากพืชหลายชนิด เช่น Metivier et al. (1980) ทำการสกัดเนื้อขององุ่นที่เหลือจากการคั้นน้ำด้วยตัวทำละลาย เอทานอล เมทานอล และน้ำ พบว่าเมทานอลเป็นตัวทำละลายที่มีประสิทธิภาพในการสกัดได้มากที่สุด ตามด้วยเอทานอล และน้ำ ทรงศิริ และคณะ (2552) ทำการสกัดเปลือกองุ่นโดยใช้ตัวทำละลาย 3 ชนิด คือ น้ำ น้ำร้อน และเอทานอลในอัตราส่วน 10% 20% 50% และ 80% พบว่าเอทานอล 50% และ 80% สามารถสกัดแอนโทไซยานินได้มากกว่าน้ำ ถึง 3 เท่า Wrolstad and Durst (1999) ทำการทดลองเปรียบเทียบการสกัดด้วยอะซีโตนและคลอโรฟอร์ม และการสกัดด้วยกรดผสมกับเมทานอล พบว่า อะซีโตนสามารถสกัดแอนโทไซยานินออกมาได้มากกว่ากรดผสมกับเมทานอล การใช้กรดร่วมกับตัวทำละลาย เช่น น้ำ เอทานอล หรือเมทานอล เพื่อสกัดแอนโทไซยานินได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากแอนโทไซยานินมีความคงตัวสูงที่ pH ต่ำ เพราะอยู่ในรูปของ Flavylium cation กรดที่นิยมใช้ร่วมกับตัวทำละลาย เช่น กรดไฮโดรคลอริก และกรดฟอร์มิก เช่น การศึกษาของ Fakngoen and Meerod (2017) ได้ทำการศึกษาหาปริมาณแอนโทไซยานินจากมะม่วงหาวมะนาวโห่โดยใช้เมทานอลผสมกรดไฮโดรคลอริกเป็นตัวทำละลาย ในส่วนของลูกหว้า Raza et al. (2015) ทำการสกัดแอนโทไซยานินจากลูกหว้าโดยใช้สารละลายและอุณหภูมิที่ต่างกัน พบว่าสกัดด้วยสารละลายในเมทานอลที่ผสมกรดไฮโดรคลอริกที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง เป็น วิธีการที่ดีที่สุด นอกจากนี้ ณพัฐอร (2561) ได้ศึกษาตัวละลายในการสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่แล้ว พบว่าเอทานอลเป็นตัวทำละลายที่สกัดสารประกอบฟีนอลิกและทำให้มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าตัวทำละลายชนิดอื่น อย่างไรก็ตามในเรื่องของความเป็นพิษ อะซีโตนและเมทานอลมีความเป็นพิษมากกว่าเอทานอล ดังนั้น เอทานอล และ น้ำจึงเป็นตัวทำละลายที่นิยมนำมาใช้เป็นจำนวนมาก

2.4 สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant)

สารต้านอนุมูลอิสระเป็นสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งหรือชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชัน ภายในร่างกายมีการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น ซุปเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเตส (superoxide dismutase) คาตาเลส (catalase) กลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดส (glutathione peroxidase) เพื่อที่จะควบคุมและป้องกันไม่ให้อนุมูลอิสระนั้นมีมากเกินไปจนทำลายเซลล์และเนื้อเยื่อ อย่างไรก็ตามสารต้านอนุมูลอิสระ

ภายในร่างกายมีปริมาณจำกัด เมื่อมีอายุที่มากขึ้นร่างกายก็จะมีการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระลดน้อยลง ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องได้รับสารต้านอนุมูลอิสระจากภายนอก เช่น จากผักและผลไม้ที่อุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ถั่วเหลือง ข้าวโพดและงาดำ (จิรวัส และคณะ, 2558) โดยปกติแล้วการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระในร่างกายนั้นมีอย่างเพียงพอ ต่อการกำจัดอนุมูลอิสระภายในร่างกาย แต่หากมีสภาวะผิดปกติในร่างกาย เช่น ความเครียด การนอนดึกติดต่อกันนาน ๆ การรับประทานยาที่มีผลลด antioxidant enzyme หรือสภาวะโรคต่าง ๆ ก็อาจจะทำให้การสร้างอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นจนเสียสมดุลระหว่าง สารต้านอนุมูลอิสระและอนุมูลอิสระ จะเห็นได้ว่าสารต้านอนุมูลอิสระในร่างกายนั้นมีความสำคัญในการป้องกันการเกิดโรคและความเสื่อมของร่างกายเป็นอย่างมาก นอกจากการไปจับกับอนุมูลอิสระแล้วสารต้านอนุมูลอิสระควรจะต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้ร่วมด้วย คือ ป้องกันการเกิดขึ้นของ reactive oxygen species (ROS) ได้ สามารถจับกับ ROS ที่เกิดขึ้นก่อนที่ ROS นั้นจะไปทำอันตรายเนื้อเยื่อต่าง ๆ ต้องไม่เพิ่มความแรงของอนุมูลอิสระหรือไม่เปลี่ยน ROS ที่มีความแรงต่ำไปเป็น ROS ที่มีความแรงสูง เช่น ไม่เปลี่ยนจาก super oxide ไปเป็น hydroxyl radical เป็นต้น ทำให้เกิดสภาวะที่เหมาะสมต่อการทำงานของ antioxidant enzyme หรือสารต้านอนุมูลอิสระตัวอื่น ๆ และเพิ่มการแสดงออกของยีนที่ใช้สร้าง antioxidant enzyme และช่วยในการฟื้นฟูความเสียหายของเซลล์หรือเนื้อเยื่อจากการถูกทำลายด้วยอนุมูลอิสระ ซึ่งเราสามารถแบ่งสารต้านอนุมูลอิสระภายในร่างกายได้เป็น 4 ประเภทดังนี้ ประเภทที่หนึ่ง Intracellular antioxidants (antioxidant enzyme) ได้แก่ เอนไซม์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการต้านอนุมูลอิสระ เช่น catalase glutathione peroxidase superoxide dismutase ประเภทที่สอง Extracellular antioxidants ได้แก่ Vitamin C สารที่มีกลุ่ม sulfhydryl groups ประเภทที่สาม Membrane antioxidants ได้แก่ Carotenoids Ubiquinone Vitamin E ประเภทที่สี่สารที่จำเป็นต่อการสังเคราะห์เอนไซม์ที่ใช้ต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ Copper Manganese Selenium Zinc (Mason, 2011) โดยสารต้านอนุมูลอิสระมีกลไกในการต้านอนุมูลอิสระแบ่งเป็น 4 กลไก ได้แก่

1. Free radical scavenging สารต้านอนุมูลอิสระจะให้ไฮโดรเจนหรืออิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระและทำให้อนุมูลอิสระมีความเสถียรมากขึ้น เมื่อสารต้านอนุมูลอิสระได้ให้ ไฮโดรเจนหรืออิเล็กตรอนไปแล้วก็จะเกิดเป็นอนุมูลอิสระตัวใหม่ซึ่งมีความรุนแรงน้อยกว่าอนุมูลอิสระเดิม อาจจะไปรวมตัวกันกับอนุมูลอิสระอีกโมเลกุลหนึ่งเกิดผลิตภัณฑ์ที่เสถียร หรือมีสารต้านอนุมูลอิสระตัวอื่น ๆ มาให้อิเล็กตรอนหรือไฮโดรเจนเพื่อเกิดผลิตภัณฑ์ที่เสถียรต่อไป สารที่มีกลไกการออกฤทธิ์ผ่านกลไกนี้ เช่น Butylated hydroxyl anisole (BHA) Vitamin E (alpha-tocopherol) เป็นต้น

2. Singlet oxygen quenching ($^1O_2$) ออกฤทธิ์โดยไปยับยั้งการทำงานของ singlet oxygen โดยการเปลี่ยน Singlet oxygen ($^1O_2$) ให้ไปอยู่ในรูป triplet oxygen ($^3O_2$) และปล่อยพลังงานที่ได้รับออกไปในรูปความร้อน สารที่ออกฤทธิ์ผ่านกลไกนี้เช่น carotenoids โดย carotenoids 1 โมเลกุล สามารถทำปฏิกิริยากับ singlet oxygen ได้ 1,000 โมเลกุล

3. Metal chelating โลหะหนักเช่น Fe2+/Fe3+ และ Cu2+ มีผลเร่งให้เกิดปฏิกิริยา oxidation ในร่างกายซึ่งโลหะหนักดังกล่าวจะไปเร่งการเกิดอนุมูลอิสระหลายประเภทเช่น peroxyl radical, hydroxyl radical และ alkyl radical รวมถึง singlet oxygen ดังนั้นการที่มีสารไปจับกับโลหะหนักเหล่านี้จะช่วยชะลอการเกิดอนุมูลอิสระในร่างกายได้ สารที่ออกฤทธิ์ผ่านกลไกนี้ ได้แก่ flavonoids, phosphoric acid, citric acid และ ascorbic acid เป็นต้น

4. ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาอนุมูลอิสระ (enzyme inhibitor) สารประกอบ phenolics บางชนิด เช่น flavonoids phenolic acid และ gallates สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ lipoxygenase โดยสามารถเข้าจับกับไอออนของเหล็กซึ่งเป็น cofactor ส่งผลให้เอนไซม์ดังกล่าวไม่สามารถทำงานได้ (Silvia et al., 2004)

2.5 เครื่องดื่มน้ำผลไม้ (Fruit Juice) (ช่อลัดดา, 2551)

น้ำผลไม้เป็นการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรประเภทหนึ่งที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงที่มีผลไม้มากเกินความต้องการของตลาด ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาราคาตกต่ำและความสูญเปล่าจากการเน่าเสีย ดังนั้นการนำผลไม้สดมาแปรรูปเป็นน้ำผลไม้ จึงเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลผลิตทางการเกษตรให้สูงขึ้น และบรรเทาความเสียหายอันเกิดจากข้อจำกัดของอายุการเก็บรักษาลง

น้ำผลไม้ หมายถึง ของเหลวที่สกัดจากผลไม้ส่วนที่บริโภคได้ โดยวิธีบีบคั้นหรือใช้กรรมวิธีเชิงกลอื่น ๆ โดยทั่วไปน้ำผลไม้ที่ได้จะขุ่น เนื่องจากมีองค์ประกอบของเซลล์ที่เป็นคอลลอยด์กระจายอยู่แตกต่างกันไปตามลักษณะของเนื้อเยื่อของผักและผลไม้แต่ละชนิด นอกจากนี้ยังมีส่วนที่เป็นน้ำมันหรือไขมัน เม็ดสี เนื้อ หรือเปลือกผลไม้ปนอยู่ด้วย น้ำผลไม้บางชนิดสามารถบริโภคได้ในลักษณะแบบขุ่นตามธรรมชาติ แต่บางชนิดจะบริโภคได้เมื่อผ่านกระบวนการทำให้ใสแล้ว ประเภทของน้ำผลไม้สามารถแบ่งออกได้ตามกรรมวิธีการผลิตและความนิยมของตลาดดังนี้

1. น้ำผลไม้เข้มข้น ผลิตจากการนำผลไม้แท้จากธรรมชาติไปต้มภายใต้สุญญากาศเพื่อระเหยน้ำบางส่วนออกจนได้น้ำผลไม้ที่เข้มข้น เมื่อจะนำมาบริโภคต้องนำมาผสมน้ำเพื่อเจือจางก่อน น้ำ

ผลไม้ประเภทนี้นิยมผลิตเพื่อการส่งออกเป็นหลัก เนื่องจากสะดวกต่อการนำไปใช้และประหยัดค่าขนส่ง ทั้งนี้น้ำผลไม้เข้มข้นส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอาหาร และเครื่องดื่มต่าง ๆ

2. น้ำผลไม้พร้อมดื่ม เป็นน้ำผลไม้ที่สามารถดื่มได้ทันที ซึ่งมีส่วนผสมของน้ำผลไม้แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับชนิดของผลไม้ที่นำมาเป็นวัตถุดิบและวิธีการผลิต ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทย่อย คือ น้ำผลไม้ 100% และน้ำผลไม้ 25-50% ซึ่งไม่สามารถผลิตเป็นน้ำผลไม้พร้อมดื่ม 100% ได้ต้องนำมาเจือจางและปรุงแต่งรสเสียก่อน

3. น้ำผลไม้ปรุงแต่งกลิ่น ผลิตโดยการนำผลไม้หรือเนื้อผลไม้ประมาณ 25% ขึ้นไป เจือสีสังเคราะห์แล้วทำให้เข้มข้นด้วยน้ำตาล โดยก่อนจะดื่มต้องนำไปผสมน้ำตามอัตราส่วนที่ระบุเพื่อลดความเข้มข้น

4. น้ำผลไม้สำเร็จรูปชนิดผง ผลิตโดยการนำน้ำผลไม้มาคั้นระเหยน้ำออกแล้วปั่นแห้งให้เป็นผงก่อนนำมาบรรจุในถุงชง เพื่อความสะดวกในการบริโภค

น้ำผลไม้ในปัจจุบันอาจเป็นน้ำผลไม้เพียงชนิดเดียว หรืออาจเป็นน้ำผลไม้ผสม เช่น น้ำผลไม้รวมหรือน้ำผลไม้ผสมน้ำชา น้ำผลไม้ผสมเครื่องเทศหรือสมุนไพร นอกจากนี้น้ำผลไม้อาจมีการเสริมด้วยสารที่มีคุณสมบัติเชิงหน้าที่ (functional) เช่น ใยอาหาร แคลเซียม วิตามินซี เป็นต้น และบางชนิดอาจมีการเติมแอลกอฮอร์ หรืออัดแก๊สด้วย คุณค่าทางอาหารของน้ำผลไม้ขึ้นอยู่กับปริมาณวิตามินซี (กรดแอสคอร์บิก) เป็นส่วนใหญ่ โดยจะมีวิตามินซีระหว่าง 1-3000 มิลลิกรัม/100 กรัม ขึ้นอยู่กับพันธุ์แต่ละชนิดของผักผลไม้ กระบวนการผลิต เช่น อุณหภูมิ ระยะเวลาในการเก็บน้ำผลไม้

2.6 การฆ่าเชื้อในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำผลไม้

การเสื่อมเสียของน้ำผลไม้ส่วนใหญ่เกิดจากปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่อาจเกิดขึ้นได้เนื่องจากจุลินทรีย์และเอนไซม์ในน้ำผลไม้หรือวัตถุแปลกปลอม เช่น พวกโลหะจากเครื่องมือ หากมีการผลิตตามที่มาตรฐานกำหนดการเสียเนื่องจากเอนไซม์อาจจะลดลงได้และเพื่อให้น้ำผลไม้ยังคงสภาพเดิมสามารถเก็บรักษาได้นานจะมีวิธีการถนอมรักษาน้ำผลไม้ได้หลายวิธีเช่น การพาสเจอร์ไรส์ การเติมสารกันบูดที่เป็นสารเคมี (chemical preservative) การเก็บถนอมรักษาน้ำผลไม้โดยใช้ความเย็น การเก็บถนอมรักษาน้ำผลไม้โดยใช้ความเข้มข้นของน้ำตาล ในที่นี้จะขอกล่าวเฉพาะวิธีพาสเจอร์ไรส์

พาสเจอร์ไรส์ (pasteurization) เป็นการฆ่าเชื้อโดยใช้ความร้อน การฆ่าเชื้อวิธีนี้เป็นการทำลายเอนไซม์ต่าง ๆ รวมทั้งจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ทั้งนี้อุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อต้องไม่เกิน 100 °C โดยผู้ผลิตสามารถเลือกใช้อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 63°C และคงอยู่ที่อุณหภูมินี้ไม่น้อยกว่า 30 นาที แล้วทำให้เย็นลงทันทีที่อุณหภูมิ 5°C หรือต่ำกว่า หรือใช้อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 72°C และคงอยู่ที่อุณหภูมินี้ไม่น้อยกว่า 15 วินาที แล้วทำให้เย็นลงทันทีที่อุณหภูมิ 5°C หรือต่ำกว่า อย่างไรก็ตามขึ้นกับความเป็นกรดด่างของผลิตภัณฑ์ พีเอช เวลา และอุณหภูมิที่เพียงพอในการทำลายจุลินทรีย์ เช่น การทำลายพวกยีสต์ใช้อุณหภูมิ 60-65°C นาน 2-3 นาที ส่วนสปอร์ของเชื้อราใช้ที่อุณหภูมิ 80°C นาน 20 นาที แต่ราเป็นพวกที่ต้องการออกซิเจน จึงป้องกันโดยการกำจัดออกซิเจนให้น้อยที่สุด พวกแบคทีเรียกรดแลคติกจะถูกทำลายด้วยอุณหภูมิ 75°C นาน 2 นาที ส่วนสปอร์ของจุลินทรีย์ไม่สามารถถูกทำลายได้ด้วยความร้อนที่ 80°C แต่เนื่องน้ำผลไม้ทั่วไปมีสภาพเป็นกรด สปอร์ที่เป็นโทษต่อร่างกายไม่สามารถเจริญเติบโตได้ โดยทั่วไปกาพาสเจอร์ไรส์น้ำผลไม้ จึงใช้อุณภูมิเพียง 80°C สำหรับน้ำผลไม้ที่มีความเป็นกรดสูงใช้อุณหภูมิ 70-72°C ก็เพียงพอ นอกจากนี้ควรเก็บรักษาผลิตภัณฑ์พาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 4°C หรืออุณหภูมิตู้เย็น เพราะการเก็บรักษาที่อุณภูมิต่ำยับยั้งการงอกของสปอร์ได้

2.7 การบรรจุน้ำผลไม้ในบรรจุภัณฑ์ (คลินิกเทคโนโลยี, 2017)

1. การบรรจุร้อน

เป็นเทคนิคที่ใช้กับการผลิตเครื่องดื่มที่มีอายุการเก็บรักษานาน โดยการเติมน้ำผลไม้ที่มีอุณหภูมิ 90-98 องศาเซลเซียส ลงไปในขวดที่ผ่านการล้างทำความสะอาดและทำให้ร้อนก่อน เพื่อป้องกันการแตกของขวด และบรรจุให้เต็มหรือคว่ำขวดหลังบรรจุ เพื่อทำการฆ่าเชื้อที่บริเวณคอขวด

2. ระบบการบรรจุเย็น (cold filling)

บรรจุภัณฑ์น้ำผลไม้ที่ใช้วิธีบรรจุเย็นนี้มักจำต้องมีการกระจายสินค้าแบบแช่เย็นที่อุณหภูมิประมาณ 0-5 องศาเซลเซียส โดยมีอายุขัยของสินค้าประมาณ 4-6 สัปดาห์ ระบบการบรรจุเย็นด้วยการแช่เย็นตลอดวงจรการกระจายสินค้าจะสามารถเก็บรักษารสชาติของน้ำผลไม้ไว้ได้ดีไม่ว่าน้ำผลไม้จะเตรียมจากการคั้นผลไม้สด ๆ หรือเป็นการผสมจากน้ำผลไม้เข้มข้น เหมาะสำหรับน้ำผลไม้ที่มีคุณค่าทางอาหารและคุณภาพที่สูงเพื่อที่จะขายได้ราคา ปริมาณการบรรจุที่นิยมใช้มีอยู่ 3 ขนาด คือ 250 มิลลิลิตร 1 ลิตร และ 2 ลิตร หรืออาจบรรจุเป็นขนาดเล็กประมาณ 180 มิลลิลิตร

3. การให้ความร้อนหลังจากบรรจุในภาชนะบรรจุปิดสนิท

วิธีนี้นิยมใช้กับน้ำผักผลไม้ที่บรรจุในกระป๋องเคลือบแลกเกอร์ ซึ่งระยะเวลาในการฆ่าเชื้อขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของน้ำผักผลไม้นั้น ๆ เช่น น้ำผลไม้ที่มีสภาพความเป็นกรดด่างต่ำ คือ ค่าความเป็นกรดด่าง ต่ำกว่า 4.6 สามารถใช้ความร้อนที่อุณหภูมิน้ำเดือดปกติ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 - 30 วินาที ในการฆ่าเชื้อได้ ส่วนน้ำผักผลไม้ที่มีค่าความเป็นกรดด่างสูงกว่า 4.6 ต้องใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงประมาณ 116-121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 - 30 วินาที ในการฆ่าเชื้อ

2.8 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำสับปะรดปรุง มผช. 126/2546 (พิมพ์เพ็ญ, 2546)

ตารางที่ 2.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำสับปะรดปรุง มผช. 126/2546

คุณลักษณะ	คุณลักษณะที่ต้องการของน้ำสับปะรดปรุง
ลักษณะทั่วไป	ต้องมีลักษณะเป็นของเหลวข้น ไม่พบชิ้นส่วนของสับปะรด
สี และ กลิ่น	ต้องมีสีและกลิ่น ใกล้เคียงน้ำสับปะรดตามธรรมชาติ
รสชาติ	มีรสชาติตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ปราศจากกลิ่นรสที่น่ารังเกียจ
สิ่งแปลกปลอม	ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ขนสัตว์ ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์
จุลินทรีย์	- ยีสต์และรา ต้องน้อยกว่า 10 CFU/ml - โคลิฟอร์ม ต้องน้อยกว่า 2.2 ต่อ ตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร
การบรรจุ	ให้บรรจุในภาชนะบรรจุที่สะอาด แห้ง ปิดได้สนิท และสามารถป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกภายนอกได้ และต้องมีปริมาตรสุทธิของน้ำสับปะรดไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

2.9 อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

การศึกษาอายุการเก็บรักษาเป็นการบ่งบอกว่าอาหารหรือผลิตภัณฑ์นั้นยังมีความปลอดภัยต่อการบริโภคหรือผู้บริโภค รวมถึงยังมีลักษณะทางประสาทสัมผัส เคมี กายภาย และชีวภาพเป็นที่น่า

พอใจ ปฏิกิริยาต่าง ๆ ในอาหารที่เกิดขึ้นระหว่างการแปรรูปและการเก็บรักษาจะเกิดขึ้นด้วยอัตราที่แตกต่างกัน การเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์อาหารสามารถแยกได้ ดังนี้ (Man and John, 1994)

การเปลี่ยนแปงทางกายภาพ การเปลี่ยนแปลงด้านนี้มีสาเหตุมาจากความผิดพลาดในการจัดการอาหาร ในขั้นตอนของการเก็บเกี่ยว กระบวนการผลิตและการขนส่ง ตัวอย่างของการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวได้แก่ การช้ำของผัก ผลไม้ การแตกหักของผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบ หรือการสูญเสียความกรอบของผลิตภัณฑ์ การเปลี่ยนสี การแยกชั้นของครีม เป็นต้น

การเปลี่ยนแปลงทางเคมี การเปลี่ยนแปลงนี้เกิดขึ้นได้ทั้งขั้นตอนการผลิตและการเก็บรักษา โดยปฏิกิริยาเคมีส่วนมากเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบภายในของอาหาร ที่มีปัจจัยสิ่งแวดล้อมภายนอกเป็นส่วนช่วยในการเกิดปฏิกิริยา ทั้งปฏิกิริยาเคมีที่สำคัญในอาหาร ได้แก่ ปฏิกิริยาจากเอนไซม์ ปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยเฉพาะการเกิดออกซิเดชันของไขมัน สำหรับตัวอย่างของการเปลี่ยนแปลงจากปฏิกิริยาเคมี ได้แก่ การเกิดกลิ่นหืน การเกิดสีน้ำตาล เป็นต้น

การเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์ การเปลี่ยนแปลงลักษณะนี้ต้องอาศัยปัจจัยอื่นร่วมด้วย เช่น ค่าวอเตอร์แอคติวิตีในผลิตภัณฑ์อาหาร ความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาล ความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์ และอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษ าเป็นต้น ลักษณะการเปลี่ยนแปลงจากจุลินทรีย์ ได้แก่ การบูดเน่าของผลิตภัณฑ์อาหารสดจากจุลินทรีย์ ทำให้เกิดกลิ่น รส ที่ผิดปกติไป เป็นต้น

การเปลี่ยนแปลงทางคุณค่าอาหาร เช่น การสูญเสียวิตามิน การเปลี่ยนแปลงของโปรตีน และการเปลี่ยนแปลงทางด้านประสาทสัมผัส เช่น การเปลี่ยนแปลงทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัส การสูญเสียกลิ่นรส (รุ่งนภา, 2548)

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทัตดาว และคณะ (2557) พัฒนาเครื่องดื่มสมุนไพรจากไหมข้าวโพดหวานสีเหลือง โดยนำไหมข้าวโพดอบแห้งในอัตราส่วนไหมต่อน้ำแตกต่างกัน ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที จากนั้นนำน้ำไหมสกัด (86.78%) มาผสมกับน้ำตาลทราย ฟรุกโตส น้ำผึ้ง และกรดซิตริกในปริมาณ 3.53, 9.59, 0.05 และ 0.05% ตามลำดับ การพาสเจอร์ไรซ์เครื่องดื่มใช้อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที ผลการศึกษาพบว่า เครื่องดื่มที่เตรียมจากไหมข้าวโพดแห้งที่อัตราส่วน 1:40 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิคมากที่สุด (4.9 มิลลิกรัมกรดแกลลิค/100 มิลลิลิตร) มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันโดยวิธี DPPH 61.35% และความสามารถในการรีดิวซ์ Fe3+ (FRAP) 1.3 มิลลิโมล/ลิตร เครื่องดื่มที่

เตรียมจากไหมข้าวโพดสดได้รับคะแนนยอมรับด้านสีมากกว่าเครื่องดื่มที่เตรียมจากไหมแห้ง แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในด้านกลิ่น รสชาติและความชอบรวม ($p>0.05$)

วชิรวิทย์ และคณะ (2558) พัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำหวานเข้มข้นกลิ่นอุ่นโดยใช้ผงสีจากซังข้าวโพดสีม่วงลูกผสมแอนโธไซยานินสูงพันธุ์ KPSC 901 โดยทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้บริโภค จำนวน 50 คน ประเมินความชอบด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ พบว่าผลิตภัณฑ์ชนิดเข้มข้นที่พัฒนาได้มีค่าสี ความ สว่าง (L^*) 26.53 ความอิ่มตัวของสี (C^*) 66.61 และค่ามุมของสี (h°) 34.87 องศา มีค่าความเป็นกรดเบส 2.31 วอเตอร์แอคทิวิตี 0.81 ปริมาณแอนโธไซยานินและฟีนอลิครวม 15.55 และ 100.00 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร ตามลำดับ สูตรที่เหมาะสมเมื่อเจือจาง 1:4 แล้วมีปริมาณน้ำตาล 12.00 กรัม/100 มิลลิลิตร และกรดซิตริก 0.35 กรัม/100 มิลลิลิตร ผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์ร้อยละ 87 ตัดสินใจซื้อร้อยละ 71 และเมื่อเสนอข้อมูลคุณประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ทำให้ผู้บริโภคยอมรับและตัดสินใจซื้อเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 100 และ 90 ตามลำดับ

Manonun et al. (2013) ศึกษาการผลิตเครื่องดื่มจากข้าวก่ำโดยใช้เอนไซม์จากมอลท์ข้าวโพด พบว่ากระบวนการเตรียมสารสกัดจากมอลท์ข้าวโพดที่ใช้อัตราส่วนผสมระหว่างมอลท์ข้าวโพดกับน้ำ เท่ากับ 1:4 สกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 180 นาที เมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าวก่ำ จำนวน 4 ตัวอย่าง ที่มีปริมาณข้าวก่ำร้อยละ 5, 10, 15 และ 20 โดยมวล โดยวิธี 9-point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบชิม จำนวน 50 คนพบว่าเครื่องดื่มจากข้าวก่ำที่มีระดับ ความชอบโดยรวมสูงที่สุดคือ เครื่องดื่มจากข้าวก่ำร้อยละ 20 โดยมวล

นิรดา และคณะ (2557) ศึกษาผลของวิธีการให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์แก่น้ำลิ้นจี่อัดแก๊ส (ผ่านการผสมด้วยน้ำอัดแก๊ส (ใส่โซดา) และน้ำแข็งแห้ง) และอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแหล่งของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปริมาณน้ำลิ้นจี่ (1:2.5, 2:2.5 และ 3:2.5 โดยปริมาตร กรณีผสมด้วยน้ำอัดแก๊ส 1:1, 1.5:1 และ 2:1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร กรณีผสมด้วยน้ำแข็งแห้ง) ต่อคุณภาพของน้ำลิ้นจี่อัดแก๊ส ผลการศึกษาพบว่าการเพิ่มปริมาณน้ำอัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จะทำให้มีปริมาณกรดทั้งหมดและปริมาณกรดแอสคอร์บิกลดลงและมีค่าคะแนนความชอบรวมเท่ากับ 5.42 การเพิ่มปริมาณน้ำแข็งแห้งไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านกายภาพและเคมี ($p>0.05$) โดยมีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากบั 15.0 ปอนด์ต่อตารางนิ้วและมีค่าคะแนนความชอบรวมเท่ากับ 7.1

อมรรัตน์ (2545) พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพน้ำผลไม้อัดก๊าซ คือ องค์ประกอบของวัตถุดิบ อัตราส่วนของน้ำผลไม้ต่อน้ำที่ใช้ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และความเป็นกรดด่าง

อัสมา (2554) ศึกษาผลของอุณหภูมิการสกัดต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในข้าวสี พบว่า การสกัดที่อุณหภูมิสูง 120 องศาเซลเซียส ทำให้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระลดลง และเมื่อใช้ระยะเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระลดลง

ดวงกมล และคณะ (2551) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของเวลาและอุณหภูมิในการสกัดต่อปริมาณสารแอนโทไซยานินจากข้าวเหนียวดำ พบว่าเมื่อระยะเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้นมากกว่า 60 นาที มีผลทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดลดลง

รัตนา และคณะ (2557) ศึกษาทดลองเปรียบเทียบเวลาในการสกัดสารแอนโทไซยานินจากซังสดของข้าวโพดสีม่วง โดยระยะเวลาที่ใช้สกัดเพิ่มขึ้น (15, 30 และ 45 นาที) สามารถสกัดแอนโทไซยานินได้สูงขึ้น แต่เมื่อระยะเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้นมากกว่า 30 นาที มีผลทำให้ปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมดลดลง

กาญจนา และคณะ (2559) ศึกษาอุณหภูมิที่มีต่อปริมาณสารสกัดแอนโทไซยานินในกระเจี๊ยบแดง โดยใช้ที่อุณหภูมิ 65,75 และ 85 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิในการสกัดมีอิทธิพลต่อปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยอุณหภูมิที่สามารถสกัดสารแอนโทไซยานินทั้งหมดได้สูงสุด คือ 75 องศาเซลเซียส สามารถสกัดสารแอนโทไซยานินทั้งหมดได้ 559.21 mg/100g น้ำหนักแห้ง และยังพบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 75 องศาเซลเซียส ขึ้นไปมีผลทำให้ปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมดลดลง

Cabrita et al. (2000) ศึกษาความคงตัวของแอนโทไซยานินและการเปลี่ยนแปลงของสีในสารละลาย โดยใช้ค่า pH 1-12 เก็บไว้เป็นระยะเวลา 60 วัน ที่อุณหภูมิ 10-23 องศาเซลเซียส และตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของ เอนไทไซยานิน 3-glucosides 6 ชนิด ด้วยกัน พบว่าการเสื่อมของแอนโทไซยานินในสารละลายแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 30 เป็นร้อยละ 60 หลังจากเก็บไว้ 60 วัน แต่ เอนไทไซยานิน 3-glucosides บางชนิดสามารถทนต่อภาวะความเป็นเบสได้ เช่น malvidin 3-glucoside

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้

1. Autoclave
2. Beaker ขนาด 250 มิลลิลิตร
3. Cork borer
4. Cylinder ขนาด 10, 25, 50, 100, 250, 500, 1000 มิลลิลิตร
5. Erlenmeyer flask ขนาด 125, 250 มิลลิลิตร
6. Hot air oven
7. Laminar air flow
8. Loop
9. Micropipette ขนาด 20-200 µl, 100-1000 ไมโครลิตร
10. Microtube ขนาด 0.1, 1 มิลลิลิตร
11. Spectrophotometer
12. Test tube
13. Vortex
14. ก้านสำลีที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว
15. ขวดเตรียม Media ขนาด 250, 500, 1000 มิลลิลิตร
16. เครื่องชั่ง

17. จานอาหารเลี้ยงเชื้อ

18. ช้อนตักสาร

19. ตะกร้า

20. ฟอย์

21. คิวเวต

3.2 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากไหมข้าวโพดสีแดง

นำไหมข้าวโพดสีแดงจากเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดในจังหวัดพิษณุโลก มาทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นทำการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากไหมข้าวโพด โดยใช้อัตราส่วนไหมข้าวโพด 1 g ต่อน้ำ 50 ml โดยแบ่งเป็น 3 สภาวะดังนี้ คือ ใช้ความร้อนในการต้มที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80°C ในระยะเวลา 10 20 และ 30 นาที นำน้ำสกัดที่ได้ไปทดสอบความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay และหาปริมาณแอนโทไซยานินด้วยวิธี pH differential method เลือกสภาวะที่ให้สารสกัดน้ำที่ได้มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณแอนโทไซยานินสูงที่สุด

3.3 การศึกษาหาสูตรน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้งผสมสารสกัดจากไหมข้าวโพดสีแดงที่เหมาะสม

การทดลองนี้ได้ทำการศึกษาสูตรของน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้งผสมสารสกัดจากไหมข้าวโพดสีแดง จำนวน 3 สูตร เพื่อหาสูตรที่เหมาะสม แสดงดังตารางที่ 1 จากนั้นนำเครื่องดื่มทั้ง 3 สูตร ไปทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อคัดเลือกสูตรที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด วางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) (สายชล, 2546) โดยทดสอบความชอบ (9 Point Hedonic Rating Scales) ใช้กลุ่มเป้าหมายผู้ทดสอบจำนวนอย่างน้อย 30 คน (Nicolas et al., 2010) แล้วนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ทางด้านสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Tukey's multiple comparison test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากนั้นนำสูตรที่คัดเลือกศึกษาลักษณะทางกายภาพทางด้านสี กลิ่น ศึกษาทางเคมีโดยนำตัวอย่าง มาวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่าความเป็นกรด-ด่าง (AOAC, 2000) ปริมาณกรดแอสคอร์บิก (AOAC, 2000) และปริมาณกรดทั้งหมด (total acidity) ในรูปของกรดซิตริก ด้วยวิธีการไตเตรทด้วย 0.1 M NaOH (AOAC, 2000)

ตารางที่ 3.1 สูตรน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้งผสมสารสกัดจากไหมข้าวโพดสีแดงในอัตราส่วน 60:40 70:30 และ 80:20

ส่วนผสม	สูตรที่ 1 (g หรือ ml)	สูตรที่ 2 (g หรือ ml)	สูตรที่ 3 (g หรือ ml)
น้ำสับปะรดคั้นสด	1000	1000	1000
น้ำตาลทราย	160	160	160
กรดซิตริก	3	3	3
น้ำเปล่า	150	150	150
เกลือ	6	6	6
น้ำที่อัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (น้ำโซดา)	850	850	850
สารสกัดจากไหมข้าวโพดสีแดง (อัตราส่วนน้ำสับปะรด:สารสกัดน้ำจากไหมข้าวโพดสีแดง)	60:40	70::30	80:20

ที่มา: สูตรน้ำสับปะรดดัดแปลงมาจากไทย SMEs แฟรนไชส์ (มปป.) ปริมาณน้ำที่อัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์อ้างอิงจาก นิรดา และคณะ (2557)

3.4 การเตรียมน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้ง

คัดเลือกผลสับปะรดผลสุก สด ล้างน้ำทั้งเปลือกให้สะอาด ปอกเปลือกสับปะรด แกะตา สับเป็นชิ้นเล็ก ๆ คั้นน้ำสับปะรด แยกกาก กรองด้วยผ้าขาวบาง ชั่งส่วนผสมตามสูตร โดยนำส่วนผสมทุกอย่างรวมกัน ต้มที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที ยกเว้นน้ำโซดาและสารสกัดจากไหมข้าวโพดสีแดง (ใส่ภายหลังที่อุณหภูมิที่เหมาะสมจากการคัดเลือกในการสกัดได้มาซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด) ทำการวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายอยู่มีค่าเท่ากับ 14 องศาบริกซ์ (Brix) บรรจุน้ำสับปะรดขณะร้อนในขวดแก้วต้มฆ่าเชื้อแล้ว เก็บรักษาที่ 4 °C

3.5 ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์น้ำสับประรดสปาร์คกลิ้ง ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้งที่มีส่วนผสมของสารสกัดไหมข้าวโพดสีแดงเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ติดตามผลจำนวนจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ตามวิธีการของ AOAC สิ่งแปลกปลอม สี กลิ่น และรสชาติ โดยการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส อ้างอิงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำสับปะรดปรุง มผช. 126/2546 กำหนด และตรวจวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยตรวจทุก ๆ 3 วัน ในสัปดาห์ที่ 1 และทุก ๆ 2 วัน ในสัปดาห์ที่ 2 รวมเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ ซึ่งการตรวจวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์น้ำสับประรดสปาร์คกลิ้ง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตรวจวิเคราะห์ทางด้านเคมี

- ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (Srisayam et al., 2010)
- ปริมาณสารแอนโทไซยานิน (Lee et al., 2005)

ตรวจวิเคราะห์ทางด้านจุลินทรีย์ ทดสอบตาม AOAC (2000)

- จำนวนยีสต์และรา
- จำนวนโคลิฟอร์ม

ทางด้านประสาทสัมผัส ด้วยวิธี 9 Point Hedonic Rating Scales

- สี กลิ่น รสชาติ ความซ่า ความรู้สึกหลังกลืนและความชอบโดยรวม

3.6 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

นำตัวอย่างมาทำการเจือจางให้ได้ความเข้มข้นที่เหมาะสมโดยใช้น้ำกลั่นปลอดเชื้อ ขณะที่สารละลาย DPPH (2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl) เตรียมที่ความเข้มข้นเท่ากับ 0.01 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ในเมทานอล ทำการทดสอบโดยการดูดตัวอย่าง แต่ละความเข้มข้นปริมาตร 0.75 มิลลิลิตร ใส่ลงในสารละลาย DPPH ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วย vortex ทิ้งไว้ 15 นาที ในที่มืด นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร ทำเป็นจำนวน 3 ซ้ำ นำค่าที่ได้มาคำนวณหา % inhibition ซึ่ง % inhibition สามารถคำนวนได้ตามสมการดังนี้ (Srisayam et al., 2010)

$$\% \text{ inhibition} = \frac{(\text{Absorbance}_{517} \text{ Control} - \text{Absorbance}_{517} \text{ Sample})}{\text{Absorbance}_{517} \text{ Control}] \times 100}$$

3.7 การตรวจหาปริมาณแอนโทไซยานิน

การวิเคราะห์เริ่มจากเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ pH 1 (KCl-HCl buffer) และ pH 4.5 (CH3COONa-HCL) จากนั้นปิเปตสารสกัด 300 µl ลงในสารละลาย pH บัฟเฟอร์ปริมาตร 2.7 ml ผสมให้เข้ากันและทิ้งไว้เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงในสารละลาย pH 1 และ pH 4.5 ที่ความยาวคลื่น 510 และ 700 nm และนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณหาปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (TA) ด้วยวิธี pH Differential Method ตามวิธีของ Lee et al. (2005) โดยคำนวณจากสมการ

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

โดยที่ค่าดูดกลืนแสง (A) = $(A_{510} - A_{700})$ pH 1.0 - $(A_{510} - A_{700})$ pH 4.5

MW = มวลโมเลกุลของแอนโทไซยานิน

DF = Dilution factor

l = path length หรือ ระยะทางที่แสงผ่านตัววัด

ε = โมลาร์แอบซอร์พติวิตี (molar absorptivity) โดยทั่วไปมักใช้ค่าของ cyanidin-3-glucoside ซึ่งมีค่าเท่ากับ 26,900 L Mol^{-1} cm^{-1}

3.8 การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้งต่อหนึ่งหน่วยบริโภค

นำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้งที่มีส่วนผสมของสารสกัดไหมข้าวโพดสีแดง ตรวจวิเคราะห์หาพลังงาน วิตามิน และแร่ธาตุต่าง ๆ และคิดเทียบกับมาตรฐานสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคประจำวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (Thai recommended daily intakes-THAI RDI) เพื่อดูปริมาณสารอาหารและคุณค่าทางโภชนาการที่ผู้บริโภคจะได้รับเมื่อรับประทานเครื่องดื่มน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้งที่มีสารต้านอนุมูลอิสระจากไหมข้าวโพดสีแดงต่อหนึ่งหน่วยบริโภค โดยส่งวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ จากบริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด

3.9 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1. วิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้งผสมสารสกัดไหมข้าวโพดสีแดงโดยใช้ค่าเฉลี่ย (x) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) แปลผลค่าเฉลี่ยโดยใช้เกณฑ์คะแนน ดังนี้

8.20 – 9.00 หมายถึง ชอบมากที่สุด

7.30 – 8.19 หมายถึง ชอบมาก

6.40 – 7.29 หมายถึง ชอบปานกลาง

5.50 – 6.39 หมายถึง ชอบเล็กน้อย

4.60 – 5.49 หมายถึง บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ

3.70 – 4.59 หมายถึง ไม่ชอบเล็กน้อย

2.80 – 3.69 หมายถึง ไม่ชอบปานกลาง

2.90 – 2.79 หมายถึง ไม่ชอบมาก

1.00 – 1.89 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด

2. เปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด และคะแนนความพึงพอใจของผู้ชิมที่มีต่อเครื่องดื่มน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้งผสมสารสกัดไหมข้าวโพดสีแดงโดยการวิเคราะห์หาความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่โดยใช้ Tukey's multiple comparison test กำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 ผลของสภาวะการสกัดต่อสารต้านอนุมูลอิสระ

จากการหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารจากไหมข้าวโพดสีแดง เมื่อเปรียบเทียบผลของอุณหภูมิในการสกัดต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยใช้อุณหภูมิที่ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส พบว่าทุกสภาวะในการสกัดสารจากไหมข้าวโพดสีแดงพบสารต้านอนุมูลอิสระพิจารณาจากฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดที่สูงขึ้นสามารถสกัดสารต้านอนุมูลอิสระได้สูงที่สุด ซึ่งที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียสระยะเวลาการสกัดที่ 10 นาที พบกิจกรรมในการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 48.50±0.71%, 56.92±0.38% และ 62.10±0.72% ตามลำดับ เมื่อพิจารณาผลของระยะเวลาในการสกัด พบว่า ที่อุณหภูมิต่ำเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการสกัดทำให้สกัดสารต้านอนุมูลอิสระได้สูงขึ้น แต่ที่อุณหภูมิสูงเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการสกัดทำให้สกัดสารต้านอนุมูลอิสระได้ลดลง (ตารางที่ 4.1)

4.2 ผลของสภาวะการสกัดต่อปริมาณแอนโทไซยานิน

จากการวิเคราะห์หาปริมาณแอนโทไซยานินในตัวอย่างโดยวิธี pH differential method เพื่อศึกษาผลของสภาวะการสกัด พบว่า ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการสกัดมีผลต่อปริมาณแอนโทไซยานินเช่นเดียวกับสารต้านอนุมูลอิสระ โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดที่สูงขึ้นสามารถสกัดแอนโทไซยานินได้สูงที่สุด ซึ่งที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลาการสกัดที่ 10 นาที พบปริมาณแอนไทไซยานิน เท่ากับ 57.33±0.43, 81.82±0.19 และ 93.42±0.09 mg/ 100g น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ เมื่อพิจารณาผลของระยะเวลาในการสกัด พบว่า ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส โดยมีระยะเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้นมีผลทำให้สกัดแอนโทไซยานินได้สูงขึ้น แต่ที่อุณหภูมิสูงขึ้นที่ 70 และ 80 องศาเซลเซียส เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการสกัดทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินลดลง (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด

สภาวะในการสกัด	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (%)	ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (mg/ 100g น้ำหนักแห้ง)
60 องศาเซลเซียส 10 นาที	48.50±0.71^{c}	57.33±0.43^{i}
60 องศาเซลเซียส 20 นาที	55.40±0.36^{b}	74.22±0.11^{g}
60 องศาเซลเซียส 30 นาที	60.44±1.16^{a}	80.53±0.27^{e}
70 องศาเซลเซียส 10 นาที	56.92±0.38^{b}	81.82±0.19^{d}
70 องศาเซลเซียส 20 นาที	57.06±0.14^{b}	77.74±0.22^{f}
70 องศาเซลเซียส 30 นาที	61.48±1.00^{a}	73.20±0.14^{h}
80 องศาเซลเซียส 10 นาที	62.10±0.72^{a}	93.42±0.09^{a}
80 องศาเซลเซียส 20 นาที	57.39±0.81^{b}	91.94±0.11^{b}
80 องศาเซลเซียส 30 นาที	56.49±1.00^{b}	90.45±0.08^{c}

หมายเหตุ : ตัวอักษรกำกับท้ายตัวเลขที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

4.3 ผลการศึกษาหาสูตรน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้งผสมสารสกัดจากไหมข้าวโพดสีแดงที่เหมาะสม

จากสูตรน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้งผสมสารสกัดจากไหมข้าวโพดสีแดงซึ่งมีการปรับสูตรน้ำสับปะรดมาจาก ไทย SMEs แฟรนไชส์ (มปป.) และเติมปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์อ้างอิงจาก นิรดา และคณะ (2557) จำนวน 3 สูตร (ตารางที่ 3.1) ที่มีความแตกต่างกันของปริมาณสารสกัดน้ำจากไหมข้าวโพดสีแดง จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อคัดเลือกสูตรที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุดโดยทดสอบความชอบ ด้วยวิธี 9 Point Hedonic Rating Scales จากผู้ทดสอบจำนวน 41 คน เป็นชาย 18 คน เป็นหญิง 23 คน มีอายุระหว่าง 17-29 ปี ซึ่งจัดอยู่ในช่วงวัยรุ่นถึงวัยผู้ใหญ่ตอนต้น นำผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ได้ไปวิเคราะห์ทางด้านสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Post Hoc Multiple Comparisons of Tukey's ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แสดงดังตารางที่ 4.2 ผลที่ได้จากการคัดเลือกสูตรน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้งผสมสารสกัดจากไหมข้าวโพดสีแดงที่เหมาะสมด้านประสาทสัมผัส พบว่า น้ำสับปะรดผสมสารสกัดไหมข้าวโพดสีแดงอัตราส่วน 70:30 เป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุด

ตารางที่ 4.2 ความพึงพอใจของอาสาสมัครที่มีต่อลักษณะของตัวอย่างเครื่องดื่มน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้งที่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูงจากไหมข้าวโพดสีแดง

ลักษณะของตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x} \pm S.D.$)			การแปลผล		
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3
ลักษณะที่ปรากฏ	8.07 ± 0.81	7.64 ± 0.82	7.62 ± 1.19	ชอบมาก	ชอบมาก	ชอบมาก
สี	7.88 ± 1.06	7.81 ± 0.99	7.79 ± 1.42	ชอบมาก	ชอบมาก	ชอบมาก
กลิ่น	7.21 ± 1.59	7.40 ± 1.55	7.12 ± 1.55	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบปานกลาง
รสชาติ	7.33 ± 1.71	7.71 ± 1.38	7.71 ± 1.47	ชอบมาก	ชอบมาก	ชอบมาก
ความซ่า	7.40 ± 1.33	7.52 ± 1.23	7.79 ± 1.34	ชอบมาก	ชอบมาก	ชอบมาก
ความรู้สึกหลังกลืน	7.29 ± 1.55	7.67 ± 1.43	7.74 ± 1.31	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมาก
ความชอบโดยรวม	7.29 ± 1.81	7.73 ± 1.36	7.78 ± 1.46	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมาก
สรุป	7.50 ± 1.46	7.64 ±1.27	7.65 ± 1.40	ชอบมาก	ชอบมาก	ชอบมาก

หมายเหตุ : สูตร 1 หมายถึง อัตราส่วนของน้ำสับปะรดปรุงผสมกับสารสกัดน้ำไหมข้าวโพดสีแดง 60:40
สูตร 2 หมายถึง อัตราส่วนของน้ำสับปะรดปรุงผสมกับสารสกัดน้ำไหมข้าวโพดสีแดง 70:30
สูตร 3 หมายถึง อัตราส่วนของน้ำสับปะรดปรุงผสมกับสารสกัดน้ำไหมข้าวโพดสีแดง 80:20

จากนั้นนำสูตรที่คัดเลือกศึกษาลักษณะทางกายภาพด้านสี กลิ่น ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดแอสคอร์บิก และปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดซิตริก พบว่า ลักษณะทางกายภาพของน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้งผสมสารสกัดจากไหมข้าวโพดสีแดง มีลักษณะใสเกิดการตกตะกอนเล็กน้อย สีเป็นสีแดงที่เกิดจากไหมข้าวโพดสีแดง มีกลิ่นหอมของสับปะรดชัดเจน มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด เท่ากับ 14 บริกซ์ (ความหวาน) มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 3.44 ± 0.02 ไม่พบปริมาณกรดแอสคอร์บิกหรือวิตามินซีที่อยู่ในรูป L-ascorbic acid ในตัวอย่าง และมีปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดซิตริกเท่ากับ 0.61 ± 0.03 % ซึ่งลักษณะน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้งผสมสารสกัดจากไหมข้าวโพดสีแดง แสดงดังภาพที่ 4.1

ภาพที่ 4.1 ลักษณะเครื่องดื่มน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้งผสมสารสกัดจากไหมข้าวโพดสีแดง

4.4 อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์น้ำสับประรดสปาร์คกลิ้ง

4.4.1 ผลการตรวจวิเคราะห์อายุการเก็บรักษาทางด้านจุลินทรีย์

จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาของเครื่องดื่มน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้งผสมสารสกัดจากไหมข้าวโพดสีแดง พบว่าในช่วงเวลา 0-14 วัน การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 1-2.5x10^3 CFU/ml ไม่พบปริมาณยีสต์ราและไม่พบจำนวนโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ซึ่งเมื่อพิจารณาจากปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์ราและจำนวนโคลิฟอร์มแบคทีเรีย แสดงให้เห็นว่าจำนวนจุลินทรีย์ดังกล่าวน้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.126/2557) น้ำสับปะรด ซึ่งกำหนดว่าสามารถพบจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ไม่เกิน 1x10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ปริมาณยีสต์ราต้องน้อยกว่า 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร จำนวนโคลิฟอร์มโดยวิธี MPN ต้องน้อยกว่า 2.2 ต่อตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร) (ดังตารางที่ 4.3)

ตารางที่ 4.3 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์ราและโคลิฟอร์มแบคทีเรียในผลิตภัณฑ์ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาเก็บรักษา	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/ml)	ยีสต์และเชื้อรา (CFU/ml)	MPN โคลิฟอร์ม/100 ml.
0	0	0	ไม่พบ
3	$2x10^3$	0	ไม่พบ
6	$1.5x10^3$	0	ไม่พบ
8	$2x10^3$	0	ไม่พบ
10	$2x10^3$	0	ไม่พบ
12	$1x10^3$	0	ไม่พบ
14	$2.5x10^3$	0	ไม่พบ

4.4.2 ผลการตรวจวิเคราะห์อายุการเก็บรักษาทางด้านเคมี

จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาของเครื่องดื่มน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้งผสมสารสกัดจากไหมข้าวโพดสีแดงนาน 2 สัปดาห์ โดยมีการสุ่มตัวอย่างตรวจทุก ๆ 3 วัน ในสัปดาห์ที่ 1 และทุก ๆ 2 วัน ในสัปดาห์ที่ 2 ของผลิตภัณฑ์ พบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด แสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณแอนโทไซยานิน ตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (%)	ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (μg/250ml ตัวอย่าง)
0	45.17±0.24^{c}	1498.26±0.03^{a}
3	43.41±1.87^{c}	1298.80±0.05^{b,c}
6	40.67±0.84^{d}	1470.43±0.01^{a}
8	56.36±0.53^{b}	1354.47±0.01^{b}
10	45.20±0.22^{c}	1345.19±0.04^{b}
12	60.80± 0.23^{a}	1219.95±0.04^{c,d}
14	57.54±0.54^{b}	1141.09±0.1^{d}

หมายเหตุ : ตัวอักษรกำกับท้ายตัวเลขที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

4.4.3 ผลการตรวจวิเคราะห์อายุการเก็บรักษาทางด้านประสาทสัมผัส

จากการทดสอบอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้งผสมสารสกัดจากไหมข้าวโพดสีแดง โดยใช้การทดสอบทางด้านคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเป็นดัชนีชี้วัดในการประเมิน ซึ่งใช้คะแนนความชอบและการยอมรับทางด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความซ่า ความรู้สึกหลังกลืนและความชอบโดยรวม เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ พบว่า ตัวอย่างที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส วันที่ 0 ผู้ทดสอบให้คะแนนเฉลี่ยการยอมรับเรื่องลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความซ่า ความรู้สึกหลังกลืน และความชอบโดยรวมเท่ากับ 8.33±0.57 8.33±0.57 8.67±0.57 8.33±0.57 8.00±1.00 8.67±0.57 และ 8.33±0.57 ตามลำดับ ซึ่งเป็นคะแนนที่ผู้บริโภคให้การยอมรับในระดับชอบมากที่สุด และชอบมาก และในวันที่ 14 ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับเรื่อง ลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความซ่า ความรู้สึกหลังกลืน และความชอบโดยรวมเท่ากับ 8.00±0.00 7.67±0.57 7.67±0.57 7.67±0.57 7.67±0.57 7.67±0.57 และ 7.67±0.57 ตามลำดับ ซึ่งเป็นคะแนนที่ผู้บริโภคให้การยอมรับในระดับชอบมาก ทั้งนี้ค่าลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น

รสชาติ ความฝาด ความรู้สึกหลังกลืน และความชอบโดยรวมตั้งแต่วันที่ 0 จนถึงวันที่ 14 ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

4.5 การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้งผสมสารสกัดจากไหมข้าวโพดสีแดงต่อหนึ่งหน่วยบริโภค

เมื่อนำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้งผสมสารสกัดจากไหมข้าวโพดสีแดงตรวจวิเคราะห์หาพลังงาน วิตามิน และแร่ธาตุต่าง ๆ และคิดเทียบกับมาตรฐานสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคประจำวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (THAI RECOMMENDED DAILY INTAKES-THAI RDI) เพื่อดูปริมาณสารอาหารและคุณค่าทางโภชนาการที่ผู้บริโภคจะได้รับต่อหนึ่งหน่วยบริโภค ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ปริมาณสารอาหารและคุณค่าทางโภชนาการที่ผู้บริโภคจะได้รับต่อหนึ่งหน่วยบริโภค

รายการทดสอบ	**/100 ml**	**ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค**	**%RDI**
พลังงานทั้งหมด (กิโลแคลอรี)	58.80	140	-
พลังงานจากไขมัน (กิโลแคลอรี)	0.36	0	-
ไขมันทั้งหมด (กรัม)	0.04	0	0
ไขมันอิ่มตัว (กรัม)	0	0	0
โคเลสเตอรอล (มิลลิกรัม)	ไม่พบ	0	0 -

ตารางที่ 4.5 ปริมาณสารอาหารและคุณค่าทางโภชนาการที่ผู้บริโภคจะได้รับต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (ต่อ)

รายการทดสอบ	/100 ml	ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค	%RDI
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (กรัม)	14.09	34	11
ใยอาหาร (กรัม)	0.38	น้อยกว่า 1	4
น้ำตาล (กรัม)	12.75	31	-
โซเดียม (มิลลิกรัม)	91.20	220	11
วิตามินเอ (ไมโครกรัม)	ไม่พบ	0	0
วิตามินบี 1 (มิลลิกรัม)	0.04	0.1	6
วิตามินบี 2 (มิลลิกรัม)	ไม่พบ	0	0
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	12.69	30.46	4
เหล็ก (มิลลิกรัม)	0.15	0.36	2
เถ้า (กรัม)	0.34	-	-
ความชื้น (กรัม)	89.86	-	-

หมายเหตุ %RDI หมายถึง ปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวัน สำหรับคนไทย อายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป โดยคิดจากความต้องการพลังงานวันละ 2,000 แคลอรี (calorie)

- หมายถึง ไม่ได้ระบุ

บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

งานวิจัยนี้แบ่งวิธีการดำเนินงานออกได้เป็น 3 ส่วนหลัก ส่วนที่ 1 เป็นการเตรียมสารสกัดที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณแอนโทไซยานินจากไหมข้าวโพดสีแดง โดยวิธีการใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย ใช้ความร้อนในการสกัดสารที่อุณภูมิ 60 70 และ 80°C ในระยะเวลา 10 20 และ 30 นาที จากนั้นนำไปทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและหาปริมาณสารแอนโทไซยานินเพื่อคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมมาใช้ในการสกัดสาร ส่วนที่ 2 เป็นการคัดเลือกสูตรน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้งที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากไหมข้าวโพดสีแดงในอัตราส่วน 60:40 70:30 และ 80:20 จากนั้นทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ส่วนที่ 3 เป็นการศึกษาระยะเวลาในการเก็บรักษา ผ่านการตรวจสอบลักษณะทางเคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัส เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการนำไหมข้าวโพดสีแดงมาทดสอบหาสภาวะที่เหมาะสมเพื่อนำไปประยุกต์ใช้เป็นส่วนประกอบที่ช่วยเพิ่มฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณแอนโทไซยานินในเครื่องดื่มน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้ง พบว่าอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการสกัดสารจากไหมข้าวโพดสีแดงโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย คืออุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที โดยมีค่ายับยั้งอนุมูลอิสระ เท่ากับ 62.10±0.72% มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด เท่ากับ 93.42±0.09 mg 100g ตัวอย่าง จากนั้นทำการคัดเลือกสูตรเครื่องดื่มน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้งผสมสารสกัดไหมข้าวโพดสีแดงโดยทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภคจำนวน 41 คน จากตัวอย่างจำนวน 3 สูตร คัดเลือกเพียง 1 สูตร พบว่า สูตรที่ถูกคัดเลือกเป็นสูตรที่ใช้สารสกัดจากไหมข้าวโพดสีแดง 30 ส่วน ผสมลงไปในน้ำสับปะรดที่ผ่านการปรุง 70 ส่วน โดยมีระดับความพึงพอใจทุกตัวชี้วัดอยู่ในระดับมาก จากนั้นนำสูตรที่ได้มาศึกษาลักษณะทางกายภายและอายุการเก็บรักษา พบว่า น้ำสับประรดสปาร์คกลิ้งมีสีแดงใส มีตะกอนเล็กน้อย มีกลิ่นหอมของสับปะรด และมีความหวาน เท่ากับ 14 บริกซ์ มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 3.44 ± 0.02 ไม่พบปริมาณกรดแอสคอร์บิกหรือวิตามินซีที่อยู่ในรูป L-ascorbic acid ในตัวอย่าง และมีปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดซิตริกเท่ากับ 0.61 ± 0.03 % มีอายุการเก็บรักษามากกว่า 2 สัปดาห์ขึ้นไป

เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากการทดสอบทางชีวภาพและทางเคมีเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ พบว่ามีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์ราและโคลิฟอร์มอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มผช. โดยมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด อยู่ในช่วง 1-2.5x103 CFU/ml ไม่พบปริมาณยีสต์ราและโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และในการทดสอบปัจจัยทางเคมี พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ไม่มีผลทำให้ค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระลดลง (40.67±0.84 - 60.80±0.23% และ 40.83±2.23 - 59.70±0.47% ตามลำดับ) แต่เมื่อมีอายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินลดลง โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่ามีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดเริ่มต้น (วันที่ 0) เท่ากับ 1,498.26 µg/250ml ตัวอย่าง และในระยะเวลาการเก็บรักษานาน 14 วัน มีปริมาณแอนโทไซยานิน เท่ากับ 1,141.09 µg/250ml ตัวอย่าง

5.2 อภิปรายผล

จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิและเวลาส่งผลต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณแอนโทไซยานิน การใช้อุณหภูมิสูงที่ระดับ 80 องศาเซลเซียส ในการสกัดส่งผลให้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระลดลง เนื่องจากสารต้านอนุมูลอิสระเป็นสารที่มีความไวต่ออุณหภูมิสูง จึงส่งผลให้สารต้านอนุมูลอิสระสลายตัวไป ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของของอัสมา (2554) ศึกษาผลของอุณหภูมิการสกัดต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในข้าวสี พบว่าการสกัดที่อุณหภูมิสูง 120 องศาเซลเซียส ทำให้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระลดลง และเมื่อใช้ระยะเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระลดลง

ในส่วนของปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด พบว่าเวลาที่ใช้ในการสกัดและอุณหภูมิมีผลต่อปริมาณแอนโทไซยานิน ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้พบว่าเมื่อใช้เวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น สามารถสกัดสารแอนโทไซยานินได้มากขึ้นที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แต่เมื่อเพิ่มเวลาในการสกัดมากขึ้นที่อุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียส ส่งผลทำให้สารแอนโทไซยานินที่สกัดได้ลดลง เนื่องจากระยะเวลาในการสกัดที่นานขึ้นมีโอกาสเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของสารแอนโทไซยานิน ส่งผลทำให้คุณภาพและปริมาณสารแอนโทไซยานินลดลงอย่างรวดเร็ว (Dai and Mumper, 2010) เช่นเดียวกันกับงานวิจัยของรัตนาและคณะ (2558) ศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดต่อความเข้มข้นของสารแอนโทไซยานินของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง โดยทำการสกัดที่อุณหภูมิ 50, 65 และ 80 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการสกัด โดยจะไปช่วยในการทำลายแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล โดยอุณหภูมิในการสกัดสูงยังสามารถช่วยลดแรงตึงผิวของตัวทำละลาย ส่งผลทำให้การสกัดเกิดได้อย่างรวดเร็วขึ้น และสารแอนโทไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้จะละลายในตัวทำละลายเกิดการ

แพร่กระจายซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัด แต่เมื่อใช้อุณหภูมิสกัดที่สูงกว่า 65 องศาเซลเซียส จะทำให้สารแอนโทไซยานินที่สกัดได้ลดลง เนื่องจากอุณหภูมิจะส่งผลต่อความเสถียรของโครงสร้างสารแอนโทไซยานินและรงควัตถุ เช่น cyaniding 3-glucoside ทำให้สารแอนโทไซยานินสลายตัวได้ง่าย (Roobha, 2011) ซึ่งกาญจนา และคณะ (2559) ศึกษาอุณหภูมิที่มีต่อปริมาณสารสกัดแอนโทไซยานินในกระเจี๊ยบแดง โดยใช้ที่อุณหภูมิ 65,75 และ 85 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิที่สามารถสกัดสารแอนโทไซยานินทั้งหมดได้สูงสุด คือ 75 องศาเซลเซียส และยังพบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 75 องศาเซลเซียส ขึ้นไปมีผลทำให้ปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมดลดลง เพราะอุณหภูมิสูงมีผลให้โครงสร้างของแอนโทไซยานินมีการเปลี่ยนแปลง ส่งผลให้เกิดการสลายตัวของแอนโทไซยานิน เนื่องจากการเปิดออกของวงแหวน pyrylium ในโครงสร้างของแอนโทไซยานิน ทำให้แอนโทไซยานินเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของ chalcone และการสลายตัวของอะไกลโคน เป็นขั้นแรกของการสลายตัวของสารแอนโทไซยานิน (Patras et al., 2010)

ในการคัดเลือกสูตรเครื่องดื่มน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้งผสมสารสกัดจากไหมข้าวโพดสีแดง ใช้อาสาสมัครผู้ทดสอบชิมทั้งหมด 41 คน เป็นชาย 18 คน เป็นหญิง 23 คน มีอายุระหว่าง 17-29 ปี ซึ่งจัดอยู่ในช่วงวัยรุ่นถึงวัยผู้ใหญ่ตอนต้น มีความพึงพอใจต่อเครื่องดื่มน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้งผสมสารสกัดจากไหมข้าวโพดสีแดงสูตรที่ 2 ที่มีการผสมสารสกัดไหมข้าวโพดสีแดงในอัตราส่วน 70:30 มากที่สุด โดยพบว่าความพึงพอใจต่อลักษณะของตัวอย่างในด้านต่าง ๆ ซึ่งได้แก่ ลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความซ่า ความรู้สึกหลังกลืน รวมทั้งความชอบโดยรวมในแต่ละสูตรมีค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อพิจารณาการวิเคราะห์โดยใช้เกณฑ์คะแนนพบว่ามีความแตกต่างกัน โดยพบว่า สูตรที่ 2 มีความพึงพอใจในลักษณะของตัวอย่างทุกลักษณะอยู่ในระดับมาก ขณะที่สูตรที่ 1 มีความพึงพอใจต่อลักษณะของกลิ่น ความรู้สึกหลังกลืนและความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบปานกลาง และสูตรที่ 3 มีความพึงพอใจต่อลักษณะของกลิ่นอยู่ในระดับชอบปานกลาง ดังนั้นสูตรที่ 2 จึงเป็นสูตรที่นำมาทำการศึกษาต่อไป

จากการศึกษาอายุเก็บรักษาของเครื่องดื่มน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้งผสมสารสกัดจากไหมข้าวโพดสีแดงต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระนาน 2 สัปดาห์ พบว่าอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ อธิบายได้จากเมื่อมีอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระลดลงจากวันที่ 0 แต่เพิ่มขึ้นในวันที่ 8 ลดลงอีกในวันที่ 10 เพิ่มขึ้นอีกในวันที่ 12 ดังนั้นจะเห็นได้ว่าอายุการเก็บรักษาจึงไม่มีผลต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ แม้จะเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลานานถึง 2 สัปดาห์ อาจเกิดเนื่องจากขั้นตอนการบรรจุซึ่งเป็นความคลาดเคลื่อนในขั้นตอนการตวงผสมในแต่ละขวด ซึ่งจากผลที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของพิสมัย และคณะ (2554) ศึกษาผลของกระบวนการแปรรูปและการเก็บรักษาต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระในน้ำมะขามป้อม พบว่าน้ำ

มะขามป้อมบรรจุขวดแก้วพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส 15 นาที และเก็บที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน พบว่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมีความคงตัว และไม่เสื่อมสลายในอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น โดยมีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระรายงานเป็นค่า IC_{50} มีค่า 1.47±0.01 ไมโครลิตรต่อมิลลิลิตร นอกจากนี้อุณหภูมิในเก็บรักษามีผลต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำจะมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระมากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของนักรบ และคณะ (2560) ศึกษาศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรจากฝางที่อุณหภูมิแช่เย็น (4±1 องศาเซลเซียส) และที่อุณหภูมิห้อง (30±1 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 30 วัน พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น (4±1 องศาเซลเซียส) มีค่ายับยั้งอนุมูลอิสระ เท่ากับ 77.66% และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิที่อุณหภูมิห้องมีค่ายับยั้งอนุมูลอิสระ เท่ากับ 74.39% เนื่องมาจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ สามารถคงคุณค่าและสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงได้

จากการศึกษาอายุเก็บรักษาของเครื่องดื่มน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้งผสมสารสกัดจากไหมข้าวโพดสีแดงต่อปริมาณแอนทไซยานินทั้งหมด พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณแอนโทไซยานินโดยเมื่อระยะการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นปริมาณแอนโทไซยานินมีปริมาณลดลงจากวันที่ 0 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Cabrita et al. (2000) พบว่าการเสื่อมของแอนโทไซยานินในสารละลายแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 30 เป็นร้อยละ 60 หลังจากเก็บไว้ 60 วัน และ Fossen et al. (1998) ศึกษาความคงตัวของแอนโทไซยานินโดยเก็บที่อุณหภูมิ 10 และ 23 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 1, 2, 5, 8, 15 และ 60 วัน พบว่า ในสภาวะที่อุณหภูมิเดียวกัน เมื่อเวลาการเก็บนานขึ้นทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินลดลง เช่นเดียวกันกับสุภาพ นนทะสันต์ (2556) ทำการศึกษาระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อคุณภาพของโยเกิร์ตที่เสริมสารสกัดจากกระเจี๊ยบแดง พบว่าปริมาณแอนโทไซยานินในโยเกิร์ตมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาในวันที่ 0, 7, 14 และ 21 โดยมีค่าเป็น 8.94, 7.10, 6.19 และ 5.73 mg/kg ตามลำดับ

จากการทดสอบอายุการเก็บรักษาของเครื่องดื่มน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้งผสมสารสกัดจากไหมข้าวโพดสีแดงโดยพิจารณาจากปัจจัยทางชีวภาพ พบว่าเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 1-2.5x10^3 CFU/ml ไม่พบยีสต์ราและโคลิฟอร์มแบคทีเรีย แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.126/2557 น้ำสับปะรด กำหนดให้ จุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร, ยีสต์และเชื้อรา ต้องน้อยกว่า 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร, โคลิฟอร์ม โดยวิธี MPN ต้องน้อยกว่า 2.2 ต่อตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร) ดังนั้นผลจากระดับ

อุณหภูมิที่ใช้ (80 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 นาที) ในการฆ่าเชื้อที่ระดับพาสเจอร์ไรซ์สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้ ทำให้เครื่องดื่มน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้งผสมสารสกัดจากไหมข้าวโพดสีแดง มีอายุการเก็บรักษาไม่น้อยกว่า 2 สัปดาห์

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. เพื่อให้มีความเป็นไปได้ในการผลิตระดับอุตสาหกรรม ควรมีการศึกษาเรื่องต้นทุนการผลิตที่ครอบคลุมการใช้จ่ายโดยรวม และการสำรวจความต้องการของผู้บริโภคในตัวอย่างประชากรเพิ่มมากขึ้น

2. ควรมีการพัฒนาจากเติมโซดาเป็นการอัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

3. เนื่องจากการศึกษานี้ขาดอุปกรณ์ใช้ทำฝาจีบที่สามารถทำให้เก็บแก๊สได้ดี เมื่อมีการใช้ฝาเกรียวจึงทำให้ปิดแน่นมากด้วยมือ ทำให้ไม่สะดวกในการเปิดดื่ม ควรพัฒนาเรื่องภาชนะในการบรรจุต่อใจเพื่อดึงดูดใจผู้บริโภค

4. ควรมีการศึกษาพัฒนาเรื่องการยืดอายุการเก็บรักษาให้ยาวนานหรือพัฒนารสชาติให้ผู้บริโภคมีความพึงพอใจมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. (2551). **คู่มือนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร**. สำนักงานส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร, กรมส่งเสริมการเกษตร. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ.

กมลพิพัฒน์ ชนะสิทธิ์, ปรัชญา แพมงคล, ณนนท์ แดงสังวาลย์, เขม อภิภัทรวโรดม, นฤศร มังกรศิลา และศศิธร ป้อมเชียงพิณ. (2558). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากผลสับปะรดเพื่อส่งเสริมรายได้สำหรับนักศึกษามัธยมศึกษา อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ**. คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

กฤติยา ไชยนอก. (2554). **น้ำผักผลไม้เพื่อสุขภาพ**. จุลสารข้อมูลสมุนไพร, ปีที่ 28 ฉบับที่ 4.

กาญจนา นาคประสม, นฤมล บุญมี, วรัญญา แก้ววงษา, นักรบ นาคประสม และหยาดฝน ทนงการกิจ. (2559). **สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการสกัดแอนโทไซยานินจากกระเจี๊ยบแดง**. คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 380-387.

เกียรติศักดิ์ ดวงมาลย์. (2535). **การสกัดแอนโธไซยานินส์จากดอกอัญชัน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

คลินิกเทคโนโลยี. (2017). การแปรรูปน้ำผักผลไม้ น้ำผักผลไม้เข้มข้น. สืบค้นเมื่อ 28 ธันวาคม 2560, จาก http://www.rdi.rmutsb.ac.th/2011/download/222222222.pdf.

จิรวัส ประทุมวัน, จิราภรณ์ บุญเงิน, นพัตสรา บุญปอง, นริศรา ธรรมทวีโชค, พัฐพสุญา ไกรศรีพันธุ์, อรณิช สินทวีวรกุล, ชมพูนุท สินธุพิบูลยกิจ, ภาวดี ช่วยเจริญ, ปานทิพย์ รัตนศิลป์กัลชาญ และอิสยา จันทร์วิทยานุชิต. (2558). **ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองสูตรดั้งเดิมและนมถั่วเหลืองผสมงาดำ**. รายงานการประชุมวิชาการนำเสนอผลการวิจัยระดับชาติและนานาชาติ กลุ่มระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์.

ช่อลัดดา เที่ยงพุก. (2551). อุตสาหกรรม. **วารสารอาหารสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ, ปีที่ 38 ฉบับที่ 1, 41-44.

ณพัฐอร บัวฉุน. 2561. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบ ฟีนอลิกของเมล็ดและเนื้อมะม่วงไม่รู้โห่. **วารสารวิจัยและพัฒนาวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์**. 13 : 53-62.

ดวงกมล ลีมจันทร์, วิษฐิดา จันทราพรชัย และวิชัย หฤทัยธนาสันติ์. (2551). **การสกัดแอนโทไซยานินจากข้าวเหนียวดำ**. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46: สาขาอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 320-327.

ทรงศิริ วงศ์จิตตภิญโญ, ชนิตา โชติรสเวคิน, และ ศศิธร ตรงจิตภักดี. (2552). **ผลของชนิดตัวทำละลายที่ใช้สกัดต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด แอนโทไซยานินทั้งหมดและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของเปลือกและเมล็ดองุ่น**. ใน การประชุมทาง

วิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47: สาขาอุตสาหกรรมเกษตร 17-20 มี.ค. 2552 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 760-767. กรุงเทพฯ:มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทัตดาว ภาษีผล, สุดารัตน์ สินอ้วน และ พรณิภา แสนพล. (2557). ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันและปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดของเครื่องดื่มสมุนไพรจากไหมข้าวโพด. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฉบับพิเศษ). ปีที่ 10 ฉบับที่ 0, 513-520.

นวลนภา อัคสินธวังกูร. (2546). **การผลิตโยเกิร์ตน้ำนมข้าวโพด.** วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นักรบ นาคประสม, หยาดฝน ทนงการกิจ, เทิดศักดิ์ โทณลักษณ์, มุกริน หนูคง, ภานาถ แสงเจริญรัตน์ และกาญจนา นาคประสม. (2560). **การพัฒนาสูตรที่เหมาะสมสำหรับเครื่องดื่มสมุนไพรจากฝางโดยวิธีการออกแบบการทดลองแบบผสม.** การประชุมวิชาการชมรมคณะปฏิบัติงานวิทยาการ อพ.สธ. ครั้งที่ 8. มหาวิทยาลัยแม่โจ้, 171-178.

นันทวัน บุณยะประภัศร. (2543). **สมุนไพรไม้พื้นบ้าน 4**. กรุงเทพฯ: บริษัท ประชาชนฯจำกัด.

นัยวิทย์ เฉลิมนนท์. 2538. **การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตและการใช้สีแดงธรรมชาติจากกลีบกระเจี๊ยบแดง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. วิทยาเขตกำแพงแสน.

นิดดา หงส์วิวัฒน์. (2550). **ผลไม้ 111 ชนิด คุณค่าอาหารและการกิน**. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ: แสงแดด.

นิรดา ทองโรจน์, อภิรักษ์ เพียร และอินดราริณี เวียร์ยันโตโร. (2557). **ผลของวิธีการให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต่อคุณภาพของน้ำลิ้นจี่อัดแก๊ส.** การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 15 มหาวิทยาลัยขอนแก่น: 907-915.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, เกียรติคุณ รัตนาปนนท์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. (2546). มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช.126/2546 น้ำสับปะรด. สืบค้นเมื่อ 28 ธันวาคม 2560, จาก http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/3687/pineapple-juice-น้ำสับปะรด.

พิศมัย ศรีชาเยช, นคร เหลืองประเสริฐ, นิพัฒน์ ลิ้มสงวน และมาลา ศิรทรัพย์ไพสิฐ. (2554). **ผลของกระบวนการแปรรูปและการเก็บรักษาต่อปริมาณวิตามินซี สารประกอบฟีนอลิก และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระในน้ำมะขามป้อม.** สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ.

รัตนา ม่วงรัตน์, กรวิกา สกุลไกรพีระ, ธัญญารัตน์ บุระคา และลีลาวดี ชมนาน. (2557). ปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดสารแอนโธไซยานินจากข้าวโพดสีม่วง. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. ปีที่ 22 ฉบับบที่ 3, 367-380.

รัตนา ม่วงรัตน์, ศุจินทรา สุวรรณ์ และปนิดดา ศุทธกิจ. (2558). ผลของสภาวะต่างๆในการสกัดแบบอัลตราโซนิคต่อปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมดของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. ปีที่ 23 ฉบับที่ 5, 783-796.

รัตนา รุจิรวนิช และระมน เสรีวรวิทย์กุล. (2532). **การสกัดแอนโธไซยานินจากดอกกระเจี๊ยบแดงแห้ง**. โครงการวิทยาศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2548. **การประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารในสภาวะเร่ง**. ใน เอกสารการสัมมนาทางวิชาการ เรื่อง *Safety Priorities and Food Technology.* กรุงเทพ. 46 หน้า.

เรือนเงิน สินธุ. (2544). **การสกัดและคุณภาพวิเคราะห์ของแอนโธไซยานินในลูกหว้า**. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน.

วชิรวิทย์ ปิยพันธุ์รุ่งเรือง, วิษฐิดา จันทราพรชัย, วชิย หฤทัยธนาสันติ์, อุดมลักษณ์ สุขอัตตะ และ โชคชัย เอกทัศนาวรรณ. (2558). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำหวานเข้มข้นกลิ่นองุ่น แต่งสีด้วยผงสีจากซังข้าวโพดสีม่วงลูกผสมแอนโธไซยานินสูงพันธุ์ KPSC 901**. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 53 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 3-6 กุมภาพันธ์ 2558.

วิจิตต์ วรรณชิต. (2529). **การปลูกสับปะรด**. คณะทรัพยากรธรรมชาติมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สาธิต พสุวิทยากุล. (2531). **ผลของเอทีฟอนที่มีต่อสีผลและคุณภาพขององุ่นพันธุ์ *Beauty Seedless***. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สายชล สินสมบูรณ์. (2546). **สถิติการวางแผนการทดลองทางเกษตร**. มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2559). **สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2558**. ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, กระทรวงเกษตร และสหกรณ์กรุงเทพมหานคร.

สุภาพ นนทะสันต์. (2556). การประยุกต์ใช้สารต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดกระเจี๊ยบแดงในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม**. 627-636.

อมรรัตน์ มุขประเสริฐ. (2545). น้ำผลไม้ผสมอัดก๊าซ. **วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ**. ปีที่ 12 ฉบับที่ 2, 50-56.

อัสมา อับรู. (2554). **ผลของกระบวนการแปรรูปต่อคุณภาพเครื่องดื่มข้าวมีสี**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อำภา คงสุวรรณ, วาริช ศรีละออง และสุทธิวัลย์ สีทา. (2553). ความแปรปรวนของปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียในประเทศไทย. **วารสารวิทยาศาสตร์. กษ.** ปีที่41(3/1)(พิเศษ), 385-388.

AbdeL-Aal, M., El-Sayed, Young, J.C., Rabalski, I. (2006). Anthocyanin Composition in Black, Blue, Pink, Purple, and Red Cereal Grains. **J. Agric. Food Chem**, 54, 4696-4704.

Anderson, O.M., and Markham, K.R. (2006). **Flavonoids - Chemistry, Biochemistry and Applications**. New York: CRC Taylor & Francis Group. 508-515

AOAC. (2000). Official methods of analysis of the association of the official analysis chemists. Arlington: Association of Official Analytical Chemists.

Brouillard, R. and Delaporte, B. (1997). Chemistry of anthocyanin pigment. 2. ^{1} kinetic and thermodynamic study of proton transfer, hydration, and tautomeric of mavidin 3-glucoside. **J. Am. Chem. Soc**, 99, 8461-8468.

Cabrita, L., Fossen, T. and Andersen, O. M. (2000). Colour and stability of the six common anthocyanidin 3-glucosides in aqueous solutions. **Food Chem**, 68, 101-107.

Dai, J. and Mumper, R.J. (2010), Plant phenolics: Extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. **Molecules**, 15, 7313-7352.

Ebrahimzadeh, MA., Pourmorad, F., Hafezi, S. (2008). Antioxidant activities of Iranian corn silk. **Turkish J Biol,** 32, 43-49.

Fossen, T., Cabrita, L., and Andersen O. M. (1998). Color and stability of pure anthocyanins influenced by pH including the alkaline region. **Food Chem**, 63, 435-440.

Francis, F.J. (1982). **Analysis of anthocyanin**. Chap. 7 In "Anthocyanin as food colours." Markakis, P. (Ed). New York: Academic press. 182.

Hasanudin, K., Hashim, P. and Mustafa, S. (2012). Corn silk (Stigma Maydis) in healthcare: A phytochemical and pharmacological review. **Molecules**, 17, 9697-9715.

He, J. and Giusti, M. M. (2010). Anthocyanins: natural colorants with health-promoting properties. Ann. Rev. **Food Sci. Tech**, 1, 163-187.

John, S.M. and Sirirat, D. (2014). Antioxidant activities and total phenolic contents of colored rice milk kefir with and without UHT milk addition. The 16th food innovation Asia conference 2014: Science and innovation for quality of life, 13.

Jones, K. (2005). The potential health benefits of purple corn. **Herbal Gram**, 65, 46-49.

Kähkönen, M., Hopia, A.I., and Heinonen, M. (2001). Berry phenolics and their antioxidant activity. **J Agri Food Chem**, 49, 4076-4082.

Lee, J., Durst, R.W. and Wrolstad, R.E. (2005). Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: Collaborative study. **J. AOAC Int**, 88, 1269-1278.

Lila, M.A. (2004). Anthocyanins and human health: An in vitro investigative approach, J. Biomed. **Biotechnol**. 5, 306- 313.

Man, C.M.D. and John, A.A. (1994). **Shelf life evaluation of foods**. Glasgow: Blackie Academic and professional. 321.

Mason, P. (2011). **Dietary Supplements**. Fourth ed. London: Pharmaceutical Press.

Metivier, R.P., Francis, F.J. and Clydesdale, F.M. (1980). Solvent extraction of anthocyanins from wine pomace. **JFS**, 45: 1099-1100.

Nunnapat Manonun, Satain Boonkum, Thanongsak Chaiyaso and Phisit Seesuriyachan (2013). Development of purple rice beverage product by corn malt enzymes. **FABJ**, 1(3): 160-171.

Nuzhet, T and Erdogdu, F. (2006). Effect of pH and temperature of extraction medium on effective diffusion coefficient of anthocyanin pigments of black carrot (*Daucus carotavar*. L.). J Food ENG, 76, 579-583.

Nicolas, L., C. Marquilly and M. O'Mahony. (2010). The 9-point hedonic scale: Are words and numbers compatible. **FQP**. 21(8), 1008-1015.

Patrasa, A., Nigel, P., Bruntona, Colm O'Donnellb and Tiwarib, B.K. (2010). Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods; mechanisms and kinetics of degradation. **JFST**, 21, 3-11.

Ramos-Escudero, F., Gonzalez-Miret, M.L. and Garcia-Asuero, A. (2012). Effect of various extraction systems on the antioxidant activity kinetic and color of extracts from purple corn, **Vitaecolumbia**, 19, 41-48.

Raza A., Saif-ul-Malook, Shahzad, N., Qasrani, S. A., Sharif, M. N., Akram, M. N. and Ali, M. U. (2015). Extraction of bioactive components from the fruit and seed of Jamun *(Syzygium cumini)* through conventional solvent extraction method. **American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.** 15 (6), 991-996.

Roobha, J., Saravanakumar, M., Aravindhan, KM. and Suganya devi, P. (2011). The effect of light, temperature, pH on stability of anthocyanin pigments in Musa acuminata bract. **Res Plant Biol**, 1(5), 05-12.

Salvi M.J. and Rajput J.C. (1995). "Pineapple", In Handbook of Fruit Science and Technology: Production Composition, Storage, and Processing, Salunkhe, D.K. and Kadam, S.S. (Eds.). New York: **Marcel Dekker**, 171-182.

Sant-Gaulejac, N.C., Glories, Y. and Vivas, N. (1999). Fee radical scavenging effect of anthocyanins in red wines. **FOOD RES INT**, 32, 327-333.

Shipp, J. and Abdel-Aal, E.S.M. (2010). Food applications and physiological effects of anthocyanins as functional food ingredients. **Open Food Sci J**, 4, 7-22.

Silvia V, Angela A, Stefano M. (2004). The Antioxidants and Pro-Antioxidants Network: An Overview. **CPD.** 10(14), 1677-94.

Srisayam, M., and Chantawannakul, P. (2010). Antimicrobial and antioxidant properties of Thai honeys produced by *Apis mellifera* in Thailand. **JAAS**, 2 (2), 77-83.

Tsuda, T., Horio, F., Uchida, K., Aoki, H. and Osawa, T. (2003). Dietary cyanidin 3-O-β-D-glucoside-rich purple corn color prevents obesity and ameliorates hyperglycemia in mice. **J. Nutr**, 133, 2125-2130.

Wrolstad, R.E. and Durst, R.W. (1999). **Use of anthocyanin and polyphenolic analyses in authenticating in fruit juice.** In Proceedings of Fruit Authenticity Workshop. 79-86.

Canada: Montreal.

Yang, Z. and Zhai, W. (2010). Optimization of microwave-assisted extraction of anthocyanins from purple corn (Zea mays L.) cob and identification with HPLC–MS, Innov. **Food Sci. Emerg. Technol**, 11, 470-476.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ผลิตภัณฑ์ต้นแบบและข้อมูลโภชนาการ

ภาพภาคผนวก ก ที่ 1 ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้งผสมสารสกัดไหมข้าวโพดสีแดงต้นแบบ

ข้อมูลโภชนาการ

หนึ่งหน่วยบริโภค : 240 มิลลิลิตร

จำนวนหน่วยบริโภคต่อ ขวด : 1

คุณค่าทางโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค

พลังงานทั้งหมด 140 กิโลแคลอรี (พลังงานจากไขมัน 0 กิโลแคลอรี)

	ร้อยละของปริมาณที่แนะนำต่อวัน *
ไขมันทั้งหมด 0 ก.	0%
ไขมันอิ่มตัว 0 ก.	0%
โคเลสเตอรอล 0 มก.	0%
โปรตีน 1 ก.	
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด 34 ก.	11%
ใยอาหาร น้อยกว่า 1 ก.	4%
น้ำตาล 31 ก.	
โซเดียม 220 มก.	11%

ร้อยละของปริมาณที่แนะนำต่อวัน *			
วิตามินเอ	0%	**วิตามินบี 1**	6%
วิตามินบี 2	0%	**แคลเซียม**	4%
เหล็ก	2%		

* ร้อยละของปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (**Thai RDI**) โดยคิดจากความต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี

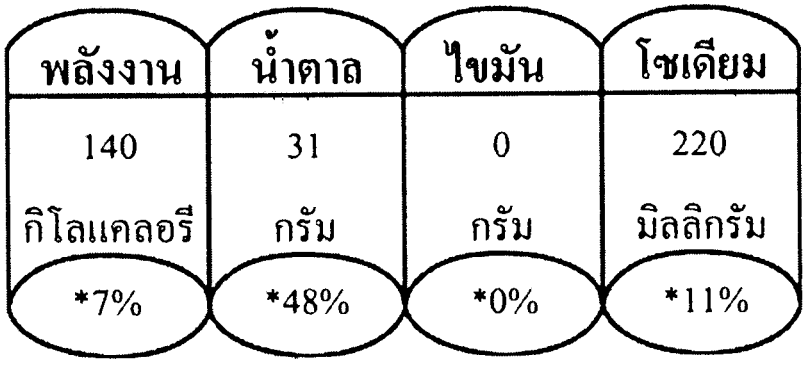
ความต้องการพลังงานของแต่ละบุคคลแตกต่างกัน ผู้ที่ต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี ควรได้รับสารอาหารต่าง ๆ ดังนี้

ไขมันทั้งหมด	น้อยกว่า	65	ก.
ไขมันอิ่มตัว	น้อยกว่า	20	ก.
โคเลสเตอรอล	น้อยกว่า	300	มก.
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด		300	ก.
ใยอาหาร		25	ก.
โซเดียม	น้อยกว่า	2000	มก.

พลังงาน(กิโลแคลอรี) ต่อกรัม : ไขมัน = 9; โปรตีน = 4; คาร์โบไฮเดรต = 4

ภาพภาคผนวก ก ที่ 2 ข้อมูลโภชนาการของเครื่องดื่มน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้งผสมสารสกัดไหมข้าวโพดสีแดงต่อหนึ่งหน่วยบริโภค

คุณค่าทางโภชนาการต่อ 1 ขวด

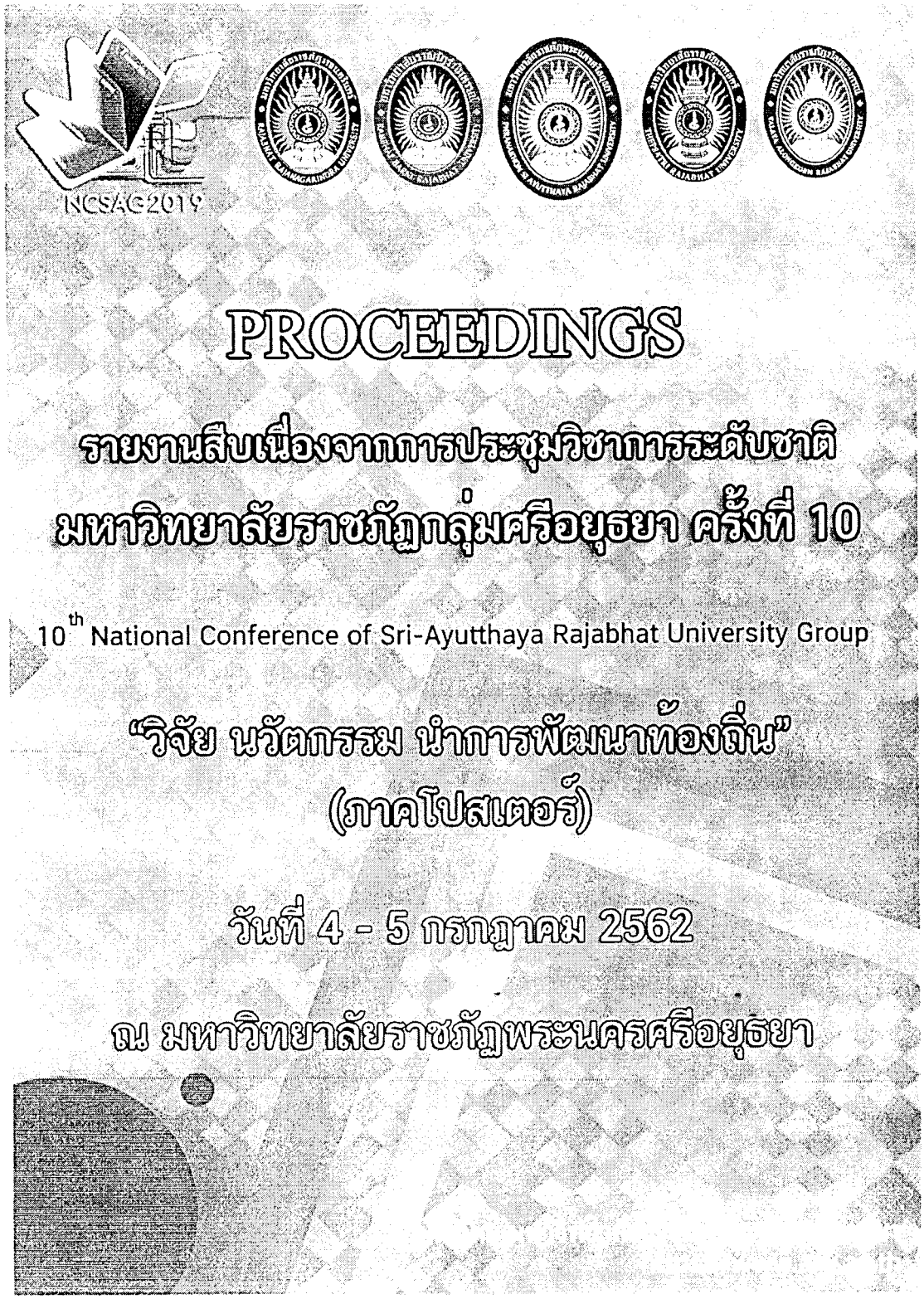


พลังงาน	น้ำตาล	ไขมัน	โซเดียม
140 กิโลแคลอรี	31 กรัม	0 กรัม	220 มิลลิกรัม
*7%	*48%	*0%	*11%

*** คิดเป็นร้อยละของปริมาณสูงสุดที่บริโภคได้ต่อวัน**

ภาพภาคผนวก ก ที่ 3 คุณค่าทางโภชนาการต่อขวดของเครื่องดื่มน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้งผสมสารสกัดไหมข้าวโพดสีแดงคิดเป็นร้อยละของปริมาณสูงสุดที่บริโภคได้ต่อวัน

การเผยแพร่งานวิจัย



สารบัญ

การนำเสนอผลงาน ภาคโปสเตอร์ (Poster Presentation)

ลำดับที่	รหัสบทความ	สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ (HS)	หน้า
13	HS228	ความพึงพอใจต่อคุณภาพชีวิตการทำงานของบุคลากร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี *กรรณิกา สุขสมัย, นภดล แสงแข และบุศรา สาระเกษ*	277
14	HS229	การเปรียบเทียบคุณภาพการบริการที่เป็นจริงกับคุณภาพการบริการที่คาดหวังของผู้รับบริการด้านรังสีการแพทย์ในสถานบริการของกระทรวงสาธารณสุข จังหวัดพระนครศรีอยุธยา *วันนิศา รักษามาตย์, สายฝน ตันตะโยธิน, ภาณุพงศ์ พรหมมาลี และสมชาติ สุนสุข*	281
15	HS230	การบริหารความเสี่ยงขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา *ประภาศรี ไวยอรรถ, ผศ.ดร.อดิสร ภู่สาระ และผศ.ดร.กมลวรรณ วรรณธนัง*	287

สารบัญ

การนำเสนอผลงาน ภาคโปสเตอร์ (Poster Presentation)

ลำดับที่	รหัสบทความ	สาขาวิทยาศาสตร์กายภาพและชีวภาพ (PB)	หน้า
1	PB303	ความชุกของการกดทับเส้นประสาทบริเวณข้อมือและปัจจัยที่มีผลต่อความเจ็บปวดข้อมือในพนักงานโรงพยาบาลเอกชนแห่งหนึ่งในจังหวัดเชียงใหม่ *เยาวพา บุญเจริญ*	293
2	PB304	ความชุกและปัจจัยด้านท่าทางของผู้ปฏิบัติธรรมที่สัมพันธ์กับอาการปวดเข่า *ลัดดาวัลย์ กงพลี*	299
3	PB305	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์รวมของสารสกัดเอทานอลของรำข้าวสีม่วง *โสธิดา ราชอินตา และ พัทวัฒน์ สีขาว*	303
4	PB308	ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาของการสกัดต่อปริมาณสารแอนโทไซยานินและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของไหมข้าวโพดสีแดง *หัศน์วรรณ คำเครือจันทร์, อนงค์ ศรีโสภา, กาญจนา วงศ์กระจ่าง และ มนตรา ศรีษะแย้ม*	307
5	PB311	การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการกักเก็บคาร์บอนควอนตัมดอทไนโตรเจน *อัจจิมา พุ่มเกลี้ยง, ปาริยา ณ นคร, สุภกร บุญยืน, พีระศักดิ์ เภาประเสริฐ และ ฐิตารัตน์ ประทุมสุวรรณ*	311
6	PB312	การจัดการเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์ตามกรอบแนวคิดเศรษฐกิจพอเพียง *เสกสิทธิ์ รัตนสิริวัฒนกุล และ ณัฐเศรษฐ์ น้ำคำ*	317
7	PB313	ฤทธิ์ของสารสกัดหยาบจากว่านหอมแดงต่อ Cell-Surface Hydrophobicity ของเชื้อ Staphylococcus aureus *อัจฉรา เพิ่ม และ สิตีรอกีเยาะ ยูโซะ*	323
8	PB314	การประยุกต์ใช้เชื้อ Lactobacillus plantarum ในผลิตภัณฑ์อาหารมังสวิรัติ *อัจฉรา เพิ่ม และ นุชรีดา คอลิบ*	328
9	PB316	ความรอบรู้ด้านสุขภาพของผู้ป่วยความดันโลหิตสูง บ้านดงเจริญ ตำบลหัวง้ม อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย *พรไพลิน หัคนโกศล, จารุชา วรินทรา, วัลยา ชำนา และสุภาพร ดวงมุณ*	333

ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาของการสกัดต่อปริมาณสารแอนโทไซยานิน และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของไหมข้าวโพดสีแดง

Effects of extraction temperature and time on anthocyanin content and antioxidant activity of red corn silk (*Zea mays* Linn.)

ทัศน์วรรณ คำเครือจันทร์[1] อนงค์ ศรีโสภา[2] กาญจนา วงศ์กระจ่าง[2] และ มนตรา ศรีษะแย้ม[1*]

[1]สาขาวิชาชีวชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
[2]สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
[1]Email : bowy2155@gmail.com; [2]Email : anongsrisopa@psru.ac.th;
[2]Email : aoiwongkrajang@hotmail.com; [1*]Email : srisayam_ssy@psru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาของการสกัดต่อปริมาณแอนโทไซยานินและกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระของไหมข้าวโพดสีแดง การสกัดสารใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย การทดสอบหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดแบ่งเป็น 9 สภาวะ ที่มีความแตกต่างทั้งอุณหภูมิและระยะเวลาในการสกัด โดยใช้อุณหภูมิในการสกัดที่ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10, 20 และ 30 นาที นำตัวอย่างทดสอบฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging assay และหาปริมาณแอนโทไซยานิน ด้วยวิธี pH Differential method พบว่า สภาวะการสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที มีความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระสูงสุด เท่ากับ 62.10±0.72% และปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดสูงสุด เท่ากับ 93.42±0.09 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง ดังนั้นสามารถนำสภาวะการสกัดดังกล่าวไปสกัดสารเพื่อใช้เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องสำอางได้อย่างเหมาะสม

คำสำคัญ : ไหมข้าวโพดสีแดง, แอนโทไซยานิน, การต้านอนุมูลอิสระ, อุณหภูมิของการสกัด, ระยะเวลาสกัด

Abstract

The objective of this research is to study the effects of extraction temperature and time on anthocyanin content and antioxidant activity of red corn silk (*Zea mays* Linn.). The extraction conditions can be divided into 9 conditions with different temperatures and extraction times. The temperature was used at 60, 70 and 80 °C and extraction times were used to 10, 20 and 30 minutes. Antioxidant activity was tested by using DPPH radical scavenging assay. Anthocyanin content was determined by using pH Differential method. The results showed that the extraction condition at 80 °C for 10 minutes was the highest antioxidant activity and total anthocyanin content to 62.10 ± 0.72% 93.42±0.09 mg/ 100 g dry weight, respectively. Therefore, the extraction technique leads to extracts that can apply in food and cosmetic products.

Keywords : Red corn silk, Anthocyanin, Antioxidant, Extraction temperature, Extraction time

1. บทนำ

ไหมข้าวโพด (corn silk หรือ maize silk) เป็นเกสรตัวเมียของข้าวโพดมีลักษณะคล้ายเส้นไหม มีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญหลากหลายชนิด เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน วิตามิน รวมทั้งสารพฤกษเคมี ฟีนอล และอัลคาลอยด์ [1] นอกจากนี้ในไหมข้าวโพดสีม่วงหรือสีแดงมีสารแอนโทไซยานินที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้เป็นอย่างดี และยังสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ ซึ่งแอนโทไซยานินเป็นรงควัตถุธรรมชาติในกลุ่มฟลาโวนอยด์ จะพบได้ในส่วนที่มีสีแดง สีน้ำเงิน ม่วงและสีส้ม พบได้ในผักและผลไม้จำนวนมาก [2] จากรายงานพบว่าสารแอนโทไซยานินมีความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระได้สูงกว่าวิตามินซี ช่วยเสริมสร้างให้ร่างกายต่อต้านเชื้อโรค ช่วยลดการเกิดมะเร็ง [3] สามารถช่วยส่งเสริมการทำงานของเม็ดเลือดแดง ช่วยชะลอการเกิดไขมันอุดตันในหลอดเลือด และเสริมภูมิคุ้มกันในร่างกายให้ดีขึ้น เป็นต้น [4, 5] จากรายงานการวิจัยที่ผ่านมามีการศึกษาปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดในส่วนต่าง ๆ ของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง ได้แก่ เมล็ด ซัง ไหม เปลือกหุ้มฝัก และลำต้น พบว่าในส่วนไหมมีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดสูงสุด (28.62 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด) [6] จากประโยชน์และความสำคัญของสารแอนโทไซยานินที่มีอยู่ในไหมของข้าวโพด ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาของการสกัดต่อปริมาณแอนโทไซยานินจากไหมข้าวโพดสีแดง รวมทั้งศึกษาฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระของสารสกัดแอนโทไซยานินเมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay

2. อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 การเตรียมไหมข้าวโพดสีแดง

เก็บตัวอย่างไหมข้าวโพดสีแดงจากเกษตรกรที่ปลูกข้าวโพดในพื้นที่จังหวัดพิษณุโลก จากนั้นนำไหมข้าวโพดอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำไปบดให้ละเอียด และเก็บรักษาใส่ในถุงพลาสติกที่บแสงไว้ในที่แห้งปราศจากความชื้น

2.2 การศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาของการสกัดต่อปริมาณแอนโทไซยานินและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของไหมข้าวโพดสีแดง

นำผงไหมข้าวโพดสีแดงมาสกัดสารแอนโทไซยานินโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายในอัตราส่วนผงไหมข้าวโพดสีแดง 1 กรัม ต่อน้ำ 50 มิลลิลิตร ใช้อุณหภูมิในการสกัด 3 ระดับ ได้แก่ ที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส และในแต่ละอุณหภูมิใช้ระยะเวลาในการสกัด 10, 20 และ 30 นาที หลังจากนั้นนำสารสกัดที่ได้มาวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

2.3 การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดด้วยวิธี pH Differential Method

การวิเคราะห์เริ่มจากเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ pH 1 (KCl-HCl buffer) และ pH 4.5 (CH_3COONa-HCl) จากนั้นปิเปตสารสกัด 300 ไมโครลิตร ลงในสารละลาย pH บัฟเฟอร์ปริมาตร 2.7 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันและทิ้งไว้เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงในสารละลาย pH 1.0 และ pH 4.5 ที่ความยาวคลื่น 510 และ 700 นาโนเมตร และนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณหาปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (Total anthocyanin content, TAC) ด้วยวิธี pH Differential Method ตามวิธีของ Lee et al. (2005) [8] โดยคำนวณจากสมการที่ (1)

$$TA\ (mg/L) = (A \times MW \times DF \times 1000)/(\varepsilon \times l) \quad (1)$$

ค่าดูดกลืนแสง $(A) = (A_{510} - A_{700})\ pH\ 1.0 - (A_{510} - A_{700})\ pH\ 4.5$

MW = มวลโมเลกุลของแอนโทไซยานิน

DF = Dilution factor

l = path length หรือ ระยะทางที่แสงผ่านตัวอัด

ε = โมลาร์แอบซอร์พติวิตี (molar absorptivity) โดยใช้ค่าของ cyanidin-3-glucoside มีค่าเท่ากับ 26,900 L Mol^{-1} cm^{-1}

2.4 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay

นำสารสกัดไหมข้าวโพดสีแดงมาทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยเตรียมสารละลาย DPPH ที่ระดับความเข้มข้นเท่ากับ 0.02 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร ในหลอดทดสอบ จากนั้นเติมสารสกัดไหมข้าวโพดสีแดงความเข้มข้นต่าง ๆ ปริมาตร 0.75 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex ทิ้งไว้ในที่มืด 15 นาที ที่อุณหภูมิห้อง นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer โดยใช้ Methanol เป็น Blank ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำค่าที่ได้มาคำนวณหา % inhibition [7] ตามสมการที่ 2

$$\%\ inhibition = \frac{(A_{517control} - A_{517sample})}{A_{517control}} \times 100 \quad (2)$$

2.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

เปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยใช้ One-way ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ที่ $p < 0.05$

3. ผลการวิจัย

3.1 ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาของการสกัดต่อปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดของไหมข้าวโพดสีแดง

จากการวิเคราะห์หาปริมาณแอนโทไซยานินในสารสกัดด้วยวิธี pH differential method เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาของการสกัด พบว่า ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการสกัดมีผลต่อปริมาณแอนโทไซยานินเช่นเดียวกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดที่สูงขึ้นสามารถสกัดแอนโทไซยานินได้สูงที่สุด ซึ่งที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลาการสกัดที่ 10 นาที พบปริมาณแอนโทไซยานิน เท่ากับ 57.33, 81.82 และ 93.42 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ เมื่อพิจารณาผลของระยะเวลาในการสกัด พบว่า ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส โดยมีระยะเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้นมีผลทำให้สกัดแอนโทไซยานินได้สูงขึ้น แต่ที่อุณหภูมิสูงขึ้นที่ 70 และ 80 องศาเซลเซียส เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการสกัดทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินลดลง (ตารางที่ 1)

3.2 ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาของการสกัดต่อกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากไหมข้าวโพดสีแดง

จากอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดต่อกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากไหมข้าวโพดสีแดง พบว่า อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดที่เพิ่มขึ้นจาก 60 เป็น 80 องศาเซลเซียส มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การต้านอนุมูลอิสระเพิ่มสูงขึ้นซึ่งที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส และระยะเวลาของการสกัด 10 นาที มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ เท่ากับ 48.50, 56.92 และ 62.10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาผลของระยะเวลาในการสกัด พบว่า ที่อุณหภูมิต่ำเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการสกัด มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การต้านอนุมูลอิสระเพิ่มสูงขึ้น แต่ที่อุณหภูมิสูงเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการสกัด มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การต้านอนุมูลอิสระลดต่ำลง (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาของการสกัดต่อปริมาณแอนโทไซยานินและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของไหมข้าวโพดสีแดง

สภาวะในการสกัด	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง)
60 องศาเซลเซียส 10 นาที	48.50±0.71^{c}	57.33±0.43^{j}
60 องศาเซลเซียส 20 นาที	55.40±0.36^{b}	74.22±0.11^{g}
60 องศาเซลเซียส 30 นาที	60.44±1.16^{a}	80.53±0.27^{e}
70 องศาเซลเซียส 10 นาที	56.92±0.38^{b}	81.82±0.19^{d}
70 องศาเซลเซียส 20 นาที	57.06±0.14^{b}	77.74±0.22^{f}
70 องศาเซลเซียส 30 นาที	61.48±1.00^{a}	73.20±0.14^{h}
80 องศาเซลเซียส 10 นาที	62.10±0.72^{a}	93.42±0.09^{a}
80 องศาเซลเซียส 20 นาที	57.39±0.81^{b}	91.94±0.11^{b}
80 องศาเซลเซียส 30 นาที	56.49±1.00^{b}	90.45±0.08^{c}

หมายเหตุ : ตัวอักษรกำกับท้ายตัวเลขที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

4. อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิและระยะเวลาส่งผลต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณแอนโทไซยานิน การใช้อุณหภูมิสูงที่ระดับ 80 องศาเซลเซียส ในการสกัดส่งผลให้สารสกัดมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด อย่างไรก็ตามการสกัดด้วยอุณหภูมิที่สูงเกินไปส่งผลให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระลดลงดังรายงานวิจัยของอัสมา (2554) [9] ศึกษาผลของอุณหภูมิการสกัดต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในข้าวสี พบว่าการสกัดที่อุณหภูมิสูง 120 องศาเซลเซียส ทำให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระลดลง และเมื่อใช้ระยะเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้นส่งผลให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระลดลง อาจเนื่องมาจากสารที่ออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเป็นสารที่มีความไวต่ออุณหภูมิสูง จึงส่งผลให้สารต้านอนุมูลอิสระเกิดการสลายตัวไป

ในส่วนของปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด พบว่าเวลาที่ใช้ในการสกัดและอุณหภูมิมีผลต่อปริมาณแอนโทไซยานิน ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้พบว่าเมื่อใช้เวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น สามารถสกัดสารแอนโทไซยานินได้มากขึ้นที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แต่เมื่อเพิ่มเวลาในการสกัดมากขึ้นที่อุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียส ส่งผลทำให้สารแอนโทไซยานินที่สกัดได้ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของรัตนา และคณะ (2557) [10] โดยศึกษาทดลองเปรียบเทียบเวลาในการสกัดสารแอนโทไซยานินจากซังลดของข้าวโพดสีม่วง โดยระยะเวลาที่ใช้สกัดเพิ่มขึ้น (15, 30 และ 45 นาที) สามารถสกัดแอนโทไซยานินได้สูงขึ้น แต่เมื่อระยะเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้นมากกว่า 30 นาที มีผลทำให้ปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมดลดลง นอกจากนี้ดวงกมล และคณะ (2551) [11] ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของเวลาและอุณหภูมิในการสกัดต่อปริมาณสารแอนโทไซยานินจากข้าวเหนียวดำ พบว่าเมื่อระยะเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้นมากกว่า 60 นาที มีผลทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดลดลง เนื่องจากระยะเวลาในการสกัดที่นานขึ้นมีโอกาสเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารแอนโทไซยานิน ส่งผลทำให้คุณภาพและปริมาณสารแอนโทไซยานินลดลงอย่างรวดเร็ว [12] เช่นเดียวกันกับงานวิจัยของรัตนา และคณะ (2558) [13] ศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดต่อความเข้มข้นของสารแอนโทไซยานินของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง โดยทำการสกัดที่อุณหภูมิ 50, 65 และ 80 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการสกัด โดยจะไปช่วยในการทำลายแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล โดยอุณหภูมิในการสกัดสูงยังสามารถช่วยลดแรงตึงผิวของตัวทำละลาย ส่งผลทำให้การสกัดเกิดได้อย่างรวดเร็วขึ้น และสารแอนโทไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้จะละลายในตัวทำละลายเกิดการแพร่กระจายซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัด แต่เมื่อใช้อุณหภูมิสกัดที่สูงกว่า 65 องศาเซลเซียส จะทำให้สารแอนโทไซยานินที่สกัดได้ลดลง เนื่องจากอุณหภูมิจะส่งผลต่อความเสถียรของโครงสร้างสารแอนโทไซยานินและรงควัตถุ เช่น cyanidine 3-glucoside ทำให้สารแอนโทไซยานินสลายตัวได้ง่าย [14] ซึ่งกาญจนา และคณะ (2559) [15] ศึกษาอุณหภูมิที่มีต่อปริมาณสารสกัดแอนโทไซยานินในกระเจี๊ยบแดง โดยใช้ที่อุณหภูมิ 65, 75 และ 85 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิในการสกัดมีอิทธิพลต่อปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยอุณหภูมิที่สามารถสกัดสารแอนโทไซยานินทั้งหมดได้สูงสุด คือ 75 องศาเซลเซียส สามารถสกัดสารแอนโทไซยานินทั้งหมดได้ 559.21 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง และยังพบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 75 องศาเซลเซียส ขึ้นไปมีผลทำให้ปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมดลดลง เพราะอุณหภูมิสูงมีผลให้โครงสร้างของแอนโทไซยานินมีการเปลี่ยนแปลง ส่งผลให้เกิดการสลายตัวของแอนโทไซยานิน เนื่องจากการเปิดออกของวงแหวน pyrylium ในโครงสร้างของแอนโทไซยานิน ทำให้แอนโทไซยานินเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของ chalcone และการสลายตัวของอะไกลโคน เป็นขั้นแรกของการสลายตัวของสารแอนโทไซยานิน [16]

5. บทสรุป

จากการนำไหมข้าวโพดสีแดงมาทดสอบหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดสารให้ได้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณแอนโทไซยานินสูงที่สุด พบว่า อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการสกัดสารจากไหมข้าวโพดสีแดงโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย คืออุณหภูมิ 80 องศา

เซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที โดยมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เท่ากับ 62.10 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด เท่ากับ 93.42 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากทุนวิจัยเพื่อพัฒนานักวิจัย สถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 สัญญาเลขที่ RDI-3-61-03 และขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม สำหรับสถานที่และเครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

[1] M. A. Ebrahimzadeh, F. Pourmorad, S. Hafezi, "Antioxidant activities of Iranian corn silk," Turkish Journal of Biology, Vol. 32, pp. 43-49, Jan. 2008.

[2] P. Jing, V. Noriega, S.J. Schwartz and M.M. Giusti, "Effects of growing conditions on purple corncob (Zea mays L.) anthocyanins," Food Chemistry, Vol. 55, pp. 8625-8629, Sep. 2007.

[3] ศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (16 เมษายน 2561). "ประมวลสารสนเทศพร้อมใช้แอนโทไซยานิน (Anthocyanin)," สืบค้นจาก http://siweb.dss.go.th/repack/fulltext/.

[4] J. Shipp and E.S.M. Abdel-Aal, "Food applications and physiological effects of anthocyanins as functional food ingredients," The Open Food Science Journal, Vol. 4, pp. 7-22, Mar. 2010.

[5] สุภาภรณ์ ณะเมืองมอญ และ ชนากานต์ เทโบลต์, "ความแปรปรวนของปริมาณแอนโทไซยานินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของข้าวเหนียวก่ำพันธุ์พื้นเมืองของไทย," วารสารเกษตร., ปีที่ 32, ฉบับที่ 2, หน้า 191-199, 2559.

[6] สกุลกานต์ ลิมลา และ อรุณทิพย์ เหมะธุลิน, "ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดใน 5 ชิ้นส่วนของเชื้อพันธุกรรมข้าวโพดข้าวเหนียวลืมวง," แก่นเกษตร., ปีที่ 44, ฉบับที่ 2, หน้า 315-320, 2559.

[7] M. Srisayam, and P. Chantawannakul, "Antimicrobial and antioxidant properties of Thai honeys produced by Apis mellifera in Thailand", Journal of ApiProduct and ApiMedical Science, Vol. 2, No.2, pp. 77-83, Apr. 2010.

[8] J. Lee, R.W. Durst and R.E. Wrolstad, "Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: Collaborative study", Journal of AOAC International, Vol. 88, pp. 1269-1278, Feb. 2005.

[9] อัสมา อับรู, "ผลของกระบวนการแปรรูปต่อคุณภาพเครื่องดื่มข้าวมิสิ," วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2554.

[10] รัตนา ม่วงรัตน์, กรวิกา สกุลไกรพีระ, ธัญญารัตน์ บุระคา และ ลีลาวดี ชมนาน, "ปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดสารแอนโธไซยานินจากข้าวโพดลืมวง," วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, ปีที่ 22, ฉบับที่ 3, หน้า 367-380, 2557.

[11] ดวงกมล ลิมจันทร์, ริษฐิดา จันทราพรชัย และ วิชัย หฤทัยธนาสันติ์, "การสกัดแอนโทไซยานินจากข้าวเหนียวดำ," การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46, กรุงเทพฯ, มกราคม 2551, หน้า 320-327.

[12] J. Dai and R.J. Mumper, "Plant phenolics: Extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties," Molecules, Vol. 15, pp. 7313-7352, Oct. 2010.

[13] รัตนา ม่วงรัตน์, ศุจินทรา สุวรรณ์ และ ปนิดดา ศุทธกิจ, "ผลของสภาวะต่าง ๆ ในการสกัดแบบอัลตราโซนิคต่อปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมดของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง" วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี., ปีที่ 23, ฉบับที่ 5, หน้า 783-796, 2558.

[14] J. Roobha, M. Saravanakumar, KM. Aravindhan and P. Suganya devi, "The effect of light, temperature, pH on stability of anthocyanin pigments in Musa acuminata bract," Research in Plant Biology, Vol. 1, No. 5, pp. 05-12, Dec. 2011.

[15] กาญจนา นาคประสม, นฤมล บุญมี, วรัญญา แก้ววงษา, นักรบ นาคประสม และ หยาดฝน หนองการิจ, "สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการสกัดแอนโทไซยานินจากกระเจี๊ยบแดง," วิทยานิพนธ์คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยแม่โจ้, 2559.

[16] A. Patrasa, Nigel. P. Bruntona, Colm O'Donnellb and B.K. Tiwarib. "Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods: mechanisms and kinetics of degradation," Food Science & Technology, Vol. 21, pp. 3-11, Jan. 2010.

ประวัติผู้วิจัย

1. หัวหน้าโครงการวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) ดร. มนตรา ศรีษะแย้ม

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Dr. Montra Srisayam

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 1669900008386

3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

เวลาที่ใช้ทำวิจัย 10 ชั่วโมง/สัปดาห์

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก

สาขาวิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ต. พลายชุมพล อ. เมือง จ. พิษณุโลก 65000 โทรศัพท์ 055-267107, 0818722816

E-mail: srisayam_ssy@psru.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา	สถาบัน	สาขาวิชา	ปีที่จบการศึกษา
ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	ชีวเวชศาสตร์	2557
วิทยาศาสตมหาบัณฑิต	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	เทคโนโลยีชีวภาพ	2553
วิทยาศาสตรบัณฑิต	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	จุลชีววิทยา	2550

6. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ

ชีวเวชศาสตร์ เทคโนโลยีชีวภาพ จุลชีววิทยา

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ: โดยระบุสถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย เป็นต้น

ปี (ระยะเวลา)	ตำแหน่ง	เรื่อง (แหล่งทุน)
2562	ผู้ร่วมโครงการ	ความหลากหลายทางชีวภาพและคุณสมบัติการเป็นโพรไบโอติกของแบคทีเรียกรดแลคติกที่คัดแยกจากกล้วยน้ำว้าดิบในเขตจังหวัดพิษณุโลก

2562	ผู้ร่วมโครงการ	ชาสมุนไพรไทย: ผลของระยะเวลาในการชงชาและต้มชาต่อการต้านอนุมูลอิสระและการต้านปฏิกิริยาไกลเคชัน (ทุน วช. 2)
2562	หัวหน้าโครงการ	ฤทธิ์ทางเคมี ชีวภาพ และพัฒนาผลิตภัณฑ์เวชสำอางจากสารสกัดลูกหว้า (ทุนสนับสนุนจากโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริฯ)
2561	ผู้ร่วมวิจัย	การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากสารสกัดดอกดาวเรืองเชิงพาณิชย์: ผลิตภัณฑ์ดูแลผิวและเส้นใยต้านแบคทีเรีย (ทุนพัฒนางานวิจัยเพื่อสร้างความมั่นคงทางเศรษฐกิจ สถาบันวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม)
2561	หัวหน้าโครงการ	การพัฒนาเครื่องดื่มน้ำสับปะรดสปาร์คกลิ้งที่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูงจากไหมข้าวโพดสีแดง (ทุนพัฒนางานวิจัยเพื่อสร้างความมั่นคงทางเศรษฐกิจ สถาบันวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม)
2561	หัวหน้าโครงการ	ฤทธิ์ของสารสกัดโปร่งฟ้าในการควบคุมกำจัดยุงลาย (ทุนสนับสนุนจากโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริฯ)
2560	หัวหน้าโครงการ	กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ ต้านเอนไซม์ไทโรซิเนส และต้านแบคทีเรียของคีเฟอร์นมธัญพืช (ทุนพัฒนาองค์ความรู้ สถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม)
2559	ผู้ร่วมวิจัย	ผลของไคโตซานและกรดซาลิซิลิกต่อการลดอาการสะท้านหนาวและรักษาคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (ทุนสร้างสถานภาพนักวิจัยรุ่นใหม่ปี 2559)
2558	หัวหน้าโครงการ	การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องสมุนไพรในชีวิตประจำวันของนักศึกษารายวิชาวิถีสุขภาพระหว่าง

		การสอนแบบบรรยายกับการสอนบรรยายร่วมกับการอบรม (ทุนพัฒนาการเรียนการสอน สถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม)
2557	ผู้ร่วมวิจัย	คุณสมบัติทางเคมีและทางชีวภาพของสารสกัดดอกดาวเรืองที่ผ่านการสกัดโดยไม่ใช้ตัวทำละลายอินทรีย์(สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ)

8. ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

งานวิจัยระดับนานาชาติ

Srisayam, M., Weerapreeyakul, N., Kanokmedhakul, K. Inhibition of two stages of melanin synthesis by sesamol, sesamin and sesamolin. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine 2017; 7(10): 886-895.

Srisayam, M., Weerapreeyakul, N., Barusrux, S. and Kanokmedhakul K. Anti-Oxidant, Anti-Melanogenic and Skin Protective Effect of Sesamol. Journal of Cosmetic Science 2014; 65: 1-11.

Srisayam, M., Weerapreeyakul, N., Barusrux, S., Tanthanuch W. and Thumanu, K. Application of FTIR microspectroscopy for characterization of biomolecular changes in human melanoma cells treated by sesamol and kojic acid. Journal of Dermatological Science 2014; 73: 241–250.

Srisayam, M. and Chantawannakul, P. Antimicrobial and antioxidant properties of Thai honeys produced by *Apis mellifera* in Thailand. Journal of ApiProduct and ApiMedical Science 2010; 2 (2): 77 – 83.

งานวิจัยระดับชาติ

ธีนิดา อินตา, อาริสา แซ่ลี, ภรภัทร สำอาง, **มนตรา ศรีษะแย้ม**, วราภรณ์ ผาลี และอรุณลักษณ์ โชตินาครินทร์. 2562. การยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยายจากหงอนไก่ฝรั่ง. PSRU Journal of science and technology, 4(2): 34-42.

อาริสา แซ่ลี, ธีนิดา อินตา, ภรภัทร สาอางค์, **มนตรา ศรีษะแย้ม**, วราภรณ์ ผาลี และ อรุณลักษณ์

โชตินาครินทร์. (2561). ผลของสารสกัดหยาบจากลาต้นของสาบแร้งสาบกาที่มีต่อการยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* และการต้านอนุมูลอิสระ. ว. วิทย. กษ., 49 : 3 (พิเศษ) : 289-293.

Srisayam, M., Jooduang, J., Srisopa, A., Keerin, P. and Sangthong, S. (2018). Chemical Composition and Antibacterial Activity of Essential Oils from Three Curcuma Species in Thailand. Rajabhat J. Sci. Humanit. Soc. Sci. 19(2): 222-233.

Srisayam, M., Klinrat, J. and Chodnakarin, A. (2018). Biological Properties of Kefir Whey Samples Produced from Soy and Black Sesame Milks. Burapha Science Journal, 23(2), 872-886.

ศิริพร ศิริอังคณากุล, **มนตรา ศรีษะแย้ม** และเอกภพ จันทร์สุคนธ์. (2560). ผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยกากสับปะรดต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของบิสกิตในระหว่างการเก็บรักษา. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 22 (3), 95-105.

อรอนงค์ โสดา, **มนตรา ศรีษะแย้ม**, อรรถพล รอดแก้ว, จิตศิริน ลายลักษณ์ และ ศศิภาวรรณ มาชะนา. (2560). การสำรวจสเตียรอยด์ในยาชุดและยาสมุนไพรใน ตำบลบ้านโสก อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์. วารสารเภสัชกรรมไทย,9, 216-224.

Srisayam, M., Weerapreeyakul, N. and Sribuarin, P. (2014). *In vitro* antioxidant activities of white, black and red sesame seeds. Isan Journal of Pharmaceutical Sciences, 10(2): 136-146.

2. ผู้ร่วมโครงการวิจัย 1

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวนนทพร รัตนจักร์

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss Nontaporn Ratanajug

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 1-5601-00233-55-8

3. ตำแหน่งปัจจุบัน

- ตำแหน่งบริหาร -

- ตำแหน่งทางวิชาการ -

เวลาที่ใช้ทำวิจัย 6 ชั่วโมง/สัปดาห์

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้

- สาขาวิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม 156 ม. 5 ต. พลายชุมพล อ. เมือง จ. พิษณุโลก 65000 โทรศัพท์ 055-267106 โทรสาร 055-267054

- Email-address: nontaporn19@gmail.com

5. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญาและชื่อเต็ม	สาขาวิชา	ชื่อสถาบันการศึกษา	ประเทศ
2560	โท	วท.ม. (วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต)	เทคโนโลยีชีวภาพ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	ไทย
2557	ตรี	วท.บ. (วิทยาศาสตรบัณฑิต)	จุลชีววิทยา	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี	ไทย

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

- การแปรรูปผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดผง
- Synbiotic
- Food microbiology
- Shelf life evaluation

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

หัวหน้าโครงการวิจัย –

งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว -

งานวิจัยที่กำลังทำ –

8. ผลงานวิจัย/ผลงานวิชาการ.

นนทพร รัตนจักร์. 2559. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซินไบโอติกจาก *Lactobacillus plantarum* TISTR1465 และแก่นตะวัน. รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการ การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่าสถาบัน ครั้งที่ 4: 38-43.

นนทพร รัตนจักร์. การผลิตเครื่องดื่มซินไบโอติกจากข้าวกล้องงอกหอมมะลิชนิดผง วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น, 155.

2. ผู้ร่วมโครงการวิจัย 2

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวพิมรินทร์ คีรินทร์

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Ms. Phimmarin keerin

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3-6508-00730-30-4

3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

เวลาที่ใช้ทำวิจัย 2 ชั่วโมง/สัปดาห์

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000
โทรศัพท์/โทรสาร 055-267106
โทรศัพท์มือถือ 081-6050016
e-mail: k.song@psru.ac.th

5. ประวัติการศึกษาต้องระบุสถาบันการศึกษา สาขาวิชาและปีที่จบการศึกษา

วุฒิการศึกษา	จากสถาบัน	ปีที่จบการศึกษา
วท.บ. วิทยาการคอมพิวเตอร์	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม	2547
วท.ม. เทคโนโลยีสารสนเทศ	มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก	2549
ปร.ด. เทคโนโลยีสารสนเทศ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร	2559

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ ระบุสาขาวิชาการ

- System Analysis, Data Warehouse Developer, Data mining , Programming

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

7.1 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

2016 A cluster-directed framework for neighbour based imputation of missing value in microarray data

2559 การพัฒนาระบบธุรกิจอัจริยะเพื่อสนับสนุนการประเมินภาระงานสำหรับอาจารย์

7.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและทำเสร็จแล้ว :

ชื่อผลงานวิจัย	ปีที่พิมพ์	การเผยแพร่	แหล่งทุน
A cluster-directed framework for neighbour based imputation of missing value in microarray data	2016	Int. J. Data Mining and Bioinformatics	-
An Improvement of Missing Value Imputation in DNA Microarray Data Using Cluster-based LLS Method	2013	International Symposium on Communications and Information Technologies	-
Cluster-based KNN Missing Value Imputation for DNA Microarray Data	2012	IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics	-
Development of Business Intelligence Solution for University Personnel Administration	2016	the Second Asian Conference on Defence Technology & The First Pacific Rim international Workshop on Defence, safety, and Security Technology	กองทุนฯ วิจัยหน้าใหม่ มรพส.

ผลสัมฤทธิ์และความพึงพอใจจากการเรียนการสอนระบบห้องเรียนออนไลน์ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี	2559	วารสารวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี	มรพส.
การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการเบี้ยยังชีพขององค์การบริหารส่วนตำบล	2559	ประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏกลุ่มศรีอยุธยา ครั้งที่ 7	-
การวิเคราะห์พฤติกรรมการเลือกสมัครสาขาวิชาเรียนของนักศึกษาใหม่โดยใช้เทคนิคการเหมืองข้อมูล	2558	การประชุมระดับชาติ ครั้งที่ 2 มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร	-

2. ผู้ร่วมโครงการวิจัย 3

1. ชื่อ-นามสกุล (ไทย) : ดร. กาญจนา วงศ์กระจ่าง

(อังกฤษ) : Dr. Kanjana Wongkrajang

2. เลขที่บัตรประชาชน : 3 900 200370 444

3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

เวลาที่ใช้ทำวิจัย 2 ชั่วโมง/สัปดาห์

4. ที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

ตำบลพลายชุมพล อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

โทรศัพท์ 055-67000-2, 4207 มือถือ 093-1789879 โทรสาร 055-267106

E-mail: aoiwongkrajang@hotmail.com

5. ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา	จากสถาบัน	ปีที่จบการศึกษา
ปร.ด. เคมีประยุกต์	มหาวิทยาลัยรามคำแหง	2554
วท.ม. เคมีประยุกต์	มหาวิทยาลัยรามคำแหง	2549
วท.บ. เคมี	มหาวิทยาลัยรามคำแหง	2542

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ	การแยกและการศึกษาโครงสร้างทางเคมีที่แสดงฤทธิ์ทางชีวภาพของผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ
การปรับเปลี่ยนโครงสร้างสารจากธรรมชาติ	ใช้วิธีการทางเคมีเพื่อปรับเปลี่ยนโครงสร้างสารที่ได้จากธรรมชาติเพื่อทำให้แสดงฤทธิ์ดีขึ้น
การทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพ	ทดสอบฤทธิ์เบื้องต้นและ molecular biology

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวกับการบริหารงานวิจัย

ปี(ระยะเวลา)	ระดับ	เรื่อง (แหล่งทุน)
1	ผู้ร่วมโครงการ	สารสกัดดาวเรืองจากภูมิปัญญาท้องถิ่นสู่นวัตกรรมผลิตภัณฑ์ลดริ้วรอยรอย (ทุน สกอ. ปิดโครงการแล้ว)
1	หัวหน้าโครงการ	การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพของดอกดาวเรือง (ทุน ม.ราชภัฏพิบูลสงคราม ปิดโครงการแล้ว)
1	หัวหน้าโครงการ	การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดและสารออกฤทธิ์จากดาวเรืองเพื่อเร่งการเจริญเติบโตของพืชผักในระบบไฮโดรโปนิกส์ (ทุน วช. ส่งรายงานฉบับสมบูรณ์แล้ว)

8. ประสบการณ์ที่เกี่ยวกับการฝึกปฏิบัติในสาขาที่เชี่ยวชาญ

ปี พ.ศ. (ระยะเวลา)	หัวข้อ	สถานที่
2553 (3 months)	Screening, isolation and identification of estrogenic and estrogen synthesis-promoting natural products	Institute of Biology Chinese Academy of Sciences (CIB)/Chengdu/China
2558-2559 (16 months)	Mechanism study of phosphodiesterase 5 on the regulation of aromatase in osteoblastic cells using icariin as a	Institute of Biology Chinese Academy of Sciences (CIB)/Chengdu/China

	probe (Chengdu Institute of Biology Chinese Academy of Sciences	

9. วารสารเผยแพร่ระดับนานาชาติ

1 Suksamrarn, S., **Wongkrajang,** K., Kirtikara, K., Suksamrarn, A. Iridoid Glucosides from the Flowers of *Barleria lupulina*. *Planta Med.* **2003**, *69*, 877-879.
(Impact factor = 1.879)

2 Suksamrarn, A., Ponglikitmongkol, M., **Wongkrajang, K.**, Chindaduang, A., Kittidanairak, S., Jankam, A., Yingyongnarongkul, B., Kittipanumat, N., Chokchaisiri, R., Khetkam, P., Piyachaturawat, P., Diarylheptanoids, new phytoestrogens from the rhizomes of *Curcuma comosa*: Isolation, chemical modification and estrogenic activity evaluation. *Bioorg. Med. Chem.* **2008**, *16*, 6891-6902. (Impact factor = 3.108)

3 **กาญจนา วงศ์กระจ่าง** และ นันทวัน ปานอ่วม. ฟลาโวนอยด์ : สารต้านอนุมูลอิสระจากดอกดาวเรือง. *รายงานสืบเนื่องการประชุมทางวิชาการระดับชาติและนานาชาติ มหาวิทยาลัยกำแพงเพชร.* **2557**, 265-274.

4 ปิยนุช เจริญผล และ **กาญจนา วงศ์กระจ่าง.** การศึกษาระบบตัวทำละลายที่เหมาะสมของการสกัดและปริมาณฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากใบดาวเรือง. *วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.* **2558**, 7(7), 17-27.

5 อรชร ไอสันเทียะ และ **กาญจนา วงศ์กระจ่าง.** การศึกษาระบบตัวทำละลายของการสกัดสารประกอบฟีนอลิก สารประกอบฟลาโวนอยด์และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดีที่สุดของดอกดาวเรือง *วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.* **2558**, 7(7), 28-40.

6 Nilubon Sornkaewa, Yuan Linb, Fei Wangb, Guolin Zhangb, Ratchanaporn Chokchaisiric, Ailian Zhangd, **Kanjana Wongkrajang**, Parichat Suebsakwonga , Pawinee Piyachaturawat and Apichart Suksamrarna. Diarylheptanoids of *Curcuma comosa* with Inhibitory Effects on Nitric Oxide Production in Macrophage RAW 264.7 Cells. *Natural Product Communications.* **2015**, 10(1),

89-93.

7 Kamrai Woranoot, Paphitchaya Naree, Anupan Kongbangkerd, **Kanjana Wongkrajang**, Rattikarn Buaruaeng, Chonnanit Choopayak. Phytotoxic effects of *Piper betle* L. extracts on germination of *Eclipta prostrata* L. and *Chloris barbata* Sw. weeds.
NU. International Journal of Science. **2015**, *12(1)*, 11 -24.

8 Patcharaporn Nopprang, Sornsawan Wijit Thapakorn Somboon, **Kanjana Wongkrajang** and Apinun Limmongkon. Antioxidant and phenolic compound of peanut sprout partial purification. *Proceeding of The 5th International Biochemistry and Molecular Biology Conference,* **2016**. 24-26 May 2016.

9 **กาญจนา วงศ์กระจ่าง** และ **อรุณ จันทร์คำ.** ผลของสารสกัดเอทานอลของดอกดาวเรืองต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม. *วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.* **2560**, 9(9), 97-111.

10 อรุณ จันทร์คำ และ **กาญจนา วงศ์กระจ่าง.** สารสกัดสมุนไพรไทยต่อการต้านมะเร็งและต้านอนุมูลอิสระ. *วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.* **2560**, 9(9), 112-122.

11 Fu Li, Bao-Wen Du, Dan-Feng Lu, Wen-Xuan Wu, Kanjana Wongkrajang, Lun Wang, Wen-Chen Pu, Chang-Lu Liu, Han-Wei Liu, Ming-Kui Wang and Fei Wang. Flavonoid glycosides isolated from *Epimedium brevicornum* and their estrogen biosynthesis-promoting effects. *Sci Rep.* **2017**, 7, 7760.

12 Orawan Wonganan, Yu-jiao He, Xiao-fei Shen, **Kanjana Wongkrajang**, Apichart Suksamrarn, Guo-lin Zhang and Fei Wang. 6-Hydroxy-3-O-methyl-kaempferol 6-O-glucopyranoside potentiates the anti-proliferative effect of interferon α/β by promoting activation of the JAK/STAT signaling by inhibiting SOCS3 in hepatocellular carcinoma cells. *Toxicology and Applied Pharmacology*. **2017**, 336, 31–39.

10. การนำเสนอผลงานในการประชุมระดับชาติและนานาชาติ

1 **Wongkrajang, K.**; Suksamrarn, S.; Suksamrarn, A Iridoids of the flowers of *Barleria lupulina* **2001** 27th Congress on Science and Technology of Thailand at Lee Gardens Plaza Hotel, Hai Yai, Songkla, 16 – 18 October.

2 **Wongkrajang,** K.; Jankam, A.; Kumpun, S.; Suksamrarn, A. and Yingyongnarongkul, B.*, Antifungal anthraquinones from the roots of *Prismatomeris filamentosa* **2005** 31th Congress on Science and Technology of Thailand at Suranaree University of Technology, 18 – 20 October.

3 **Wongkrajang, K.**; Jankam, A.; Yingyongnarongkul, B.; and Suksamrarn, A.*, Diarylheptanoids from the rhizomes of *Curcuma comosa* **2008** 34th Congress on Science and Technology of Thailand at Queen Sirikit National Convention Center, 31 October-2 November.

4 **Wongkrajang, K.**; Jankam, A.; Yingyongnarongkul, B.; and Suksamrarn, A.*, Chemical Constituents from the rhizomes of *Curcuma comosa* **2009** 6th International Congress for Innovation PERCH-CIC Congress VI 3-6 May.

5 **Wongkrajang,** K.; Rukachaisirikul, T. and Suksamrarn, A.*, Isolation and Structural Identification of Components from the Flowers of *Thevetia peruviana* **2009** 1st Science and Technology Conference 2009 Emerging Science-Innovative Technology, 13 October

2. ผู้ร่วมโครงการวิจัย 4

1. ชื่อ-นามสกุล (ไทย) : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อนงค์ ศรีโสภา
   (อังกฤษ) : Asst. Prof. Anong Srisopa, PhD
2. เลขที่บัตรประชาชน : 4 6501 00004 587
3. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์
   เวลาที่ใช้ทำวิจัย 2 ชั่วโมง/สัปดาห์
4. ที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก
   คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
   ตำบลพลายชุมพล อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000
   โทรศัพท์/โทรสาร 055267106
   E-mail: anongsrisopa@psru.ac.th
5. ประวัติการศึกษา

PhD (Chemistry)	จาก University of East Anglia, UK	พ.ศ. 2554
วท.ม. (เคมี)	จาก มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	พ.ศ. 2542
วท.บ. (เคมี)	จาก มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	พ.ศ. 2539

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

- การพัฒนาและการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือวิเคราะห์ทางเคมี
- การตรวจวิเคราะห์คุณภาพอาหารเครื่องดื่ม ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ และตัวอย่างจากสิ่งแวดล้อม
- เคมีพอลิเมอร์ การสังเคราะห์และการพิสูจน์เอกลักษณ์
- วิทยาศาสตร์ศึกษา การเรียนการสอนโดยใช้หลักการเคมีสีเขียว

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวกับงานวิจัย

ปี (ระยะเวลา)	ตำแหน่ง	เรื่อง (แหล่งทุน)
2560	หัวหน้าโครงการ	การพัฒนาการเรียนการสอนวิชาปฏิบัติการเคมีทั่วไปโดยใช้หลักการเคมีสีเขียว (งบกองทุน มรพส.)
2559	ร่วมโครงการ	การสร้างชุดต้นแบบสำหรับทดสอบการกำจัดสารหนูโดยใช้ไดอะทอไมต์ที่ผ่านการปรับปรุงด้วยสารละลายเหล็กเป็นตัวดูดซับ (แผ่นดิน 59)
2558	ร่วมโครงการ	การใช้ความหลากหลายของไลเคนเป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพสำหรับการประเมินผลกระทบมลพิษทางอากาศในเขตอำเภอเมืองพิษณุโลก (แผ่นดิน 58)
2557	หัวหน้าโครงการ	คุณสมบัติทางเคมีและทางชีวภาพของสารสกัดดอกดาวเรืองที่ผ่านการสกัดโดยไม่ใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ (แผ่นดิน 57)
2557	ร่วมโครงการ	คุณภาพอากาศภายในอาคารที่พักอาศัยในเขตชุมชนเมือง จ.พิษณุโลก- (แผ่นดิน 57)
2556	หัวหน้าโครงการ	การหาปริมาณสารฆ่าแมลงกลุ่มคาร์บาเมทในดินแปลงนาข้าวโดยวิธีโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (แผ่นดิน 56)
2555	หัวหน้าโครงการ	สารสกัดดอกดาวเรืองจากภูมิปัญญาท้องถิ่นสู่นวัตกรรมผลิตภัณฑ์ลดริ้วรอย (สกอ. 2555)
2555	หัวหน้าโครงการ	การหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการสกัดและหาปริมาณกรดไซรินจิกจากดอกดาวเรืองเพื่อใช้เป็นสารลดริ้วรอยในผลิตภัณฑ์ดูแลผิว (งบกองทุน มรพส.)

2555	หัวหน้าโครงการ	การพัฒนาการเรียนการสอนวิชาปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญโดยใช้หลักการทางไมโครสเกล (คณะวิทยาศาสตร์ฯ มรพส.)
2545	หัวหน้าโครงการ	The Investigation of Physical and Chemical Environment on Punpee Community. (โครงการพวส.)
2544	หัวหน้าโครงการ	Determination of Organophosphorus Insecticide Residues in Vegetables, Fruits, and Flowers from PhitsanulokProvince by High Performance Liquid Chromatography. (โครงการพวส.)

8. ประสบการณ์ที่เกี่ยวกับการฝึกปฏิบัติในสาขาที่เชี่ยวชาญ

ปีพ.ศ.	หัวข้อ	สถานที่
2552	Polymer characterization	Cranfield university, UK
2545	Science Research (HPLC)	University of Technology, Sydney, AUSTRALIA
2545	Science Research (Soil analysis)	University of Newcastle, AUSTRALIA

9. วารสารเผยแพร่ระดับนานาชาติ

Anong Srisopa, *Preparation of monodisperse porous poly (glycidylmethacrylate-co-ethylenedimethacrylate) microspheres and their application as stationary phase for superheated water HPLC, Talanta,* 147, 358-363, **2016**. (IF=4.162)

Prakorn Lertsuwanpisal, Pitak Yoomee and **Anong Srisopa,** *Microscale Titration for the Determination of Chloride and the Implementation in Science Classes*, Proceedings, 2nd International Conference on Innovation in Education, **2015**.

Anong Srisopa, A. M. Imroz Ali and Andrew G. Mayes, *Understanding and preventing the formation of deformed polymer particles during synthesis by a seeded polymerization method*, Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry, 49 (9), 2070–2080, **2011**. (IF=3.1113)

10. การนำเสนอผลงานในการประชุมระดับนานาชาติ

Anong Srisopa, Nareeluk Nakaew, Nitra Nuengchamong and MontraSrisayam, Chemical and biological properties of marigold aqueous extracts, 1st International Conference on Innovation of Functional Foods in Asia (IFFA): Functional Foods: Trends in Research and Markets, **2018**, University of Phayao, THAILAND.

Anong Srisopa and Thanasarn Phengphum, Green Extraction of Bergamot Essential oil: An Hour Chemistry Experiment, 3rd International Conference on Innovation in Education, **2017**, Mahidol University, THAILAND.

Sudaporn Phrommuen, Patcharaporn Saeyang and **Anong Srisopa**, Microplate quantification of phenolic content from marigold extract obtained by microwave assisted extraction, The Pure and Applied Chemistry International Conference (PACCON), **2016**, Bangkok, THAILAND.

Prakorn Lertsuwanpisal, Pitak Yoomee and **Anong Srisopa**, Microscale Titration for the Determination of Chloride and the Implementation in Science Classes, 2nd International Conference on Innovation in Education, **2015**, Mahidol University, THAILAND.

Anong Srisopa A. M. Imroz Ali and Andrew G. Mayes, *Controllable small micron-size porous polymer particles,* 2nd International Conference on Multifunctional, Hybrid & Nanomaterials, **2011**, Strasbourg, FRANCE.

Anong Srisopa and Andrew G. Mayes, *Green chromatography; elimination of organic solvent usage in the mobile phase by operating at elevated temperature,* Chemistry research colloquium, **2010**, Norwich, UK.

Anong Srisopa and Andrew G. Mayes, *Preparation of monodisperse porous polymer particles as stationary phases for high temperature chromatography,* Analytical research forum, 2009, RSC, Kent, UK.

Anong Srisopa and Saisunee Liawruangrath, *Determination of Methyl Parathion Residues in Plant Materials and Commercial Formulations by Flow Injection Analysis*, The 9th International Conference on Flow Analysis, **2003**, Geelong, AUSTRALIA.

Anong Srisopa and Saisunee Liawruangrath, *Determination of Organophosphate Pesticide by Flow Injection Analysis*, The 4th Princess Chulabhorn International Science Congress, 1999, Bangkok, THAILAND.