การยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดง ที่ใช้สารให้ความหวานจากหญ้าหวาน

ดวงรัตน์ แซ่ตั้ง
ดวงกมล ตั้งสถิตพร
นพพร สกุลยืนยงสุข
ธนภพ โสตรโยม
วรลักษณ์ ปัญญาธิติพงศ์
จิราภัทร โอทอง

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณเงินรายได้
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563
คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อเรื่อง : การยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดงที่ใช้สารให้ความหวานจากหญ้าหวาน
ผู้วิจัย : ดวงรัตน์ แซ่ตั้ง และคณะ
พ.ศ. : 2563

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนซูคราโลสทดแทนน้ำตาลทรายในการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดง ศึกษาปริมาณสารสกัดไคโตซานที่เหมาะสมในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดง และศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อการใช้สารสกัดไคโตซานในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดง จากผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสผู้ทดสอบชิม 50 คน พบว่า อัตราส่วนซูคราโลสทดแทนน้ำตาลทราย ที่อัตราส่วน 100 : 0 ผู้ทดสอบให้คะแนนทดสอบชิมคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงสุดในด้านกลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวม เฉลี่ยอยู่ในระดับชอบปานกลาง ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีค่าเท่ากับ 3.00±0.01 และปริมาณแอนโทไซยานิน มีค่าเท่ากับ 0.60±0.02 ศึกษาปริมาณสารสกัดไคโคซานที่เหมาะสมในการยืดอายุน้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดง พบว่าสารสกัดไคโตซาน 0.09% ของปริมาณส่วนผสมทั้งหมด สามารถเก็บรักษาได้เป็นเวลานาน 3 สัปดาห์ โดยมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และจำนวนยีสต์ รา ไม่เกินตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน และกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์กำหนด ศึกษาผลการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อการใช้สารสกัดไคโตซานในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดง ผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดงโดยใช้สารให้ความหวานจากหญ้าหวานกับซูคราโลสโดยใช้สารสกัดไคโตซานจากเปลืองกุ้งในการยืดอายุการเก็บรักษา 99% และสนใจซื้อผลิตภัณฑ์ 59%

คำสำคัญ : น้ำหวานเข้มข้น สารสกัดกระเจี๊ยบแดง การยืดอายุ ไคโตซาน ซูคราโลส

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง การยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดงที่ใช้สารให้ความหวานจากหญ้าหวาน คณะผู้จัดทำขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านของคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการปฏิบัติงาน ทำให้งานวิจัยสำเร็จไปได้ด้วยดี ขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ คณาจารย์คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ ประชาชนรอบรั้วมหาวิทยาลัยที่มีส่วนร่วมในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พร้อมทั้งให้คำแนะนำและให้กำลังใจเสมอมาตลอดงานวิจัย และสิ่งที่ขาดไม่ได้ คือ ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ได้มอบงบประมาณรวมทั้งระยะเวลาให้กับทีมวิจัย หากงานวิจัยนี้เป็นประโยชน์แก่ผู้ใดก็ตามคณะผู้วิจัย ขอมอบความดีนี้แก่ทุกท่านที่กล่าวมา รวมถึงผู้ให้การช่วยเหลือที่ไม่ได้เอ่ยถึงมา ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(1)
กิตติกรรมประกาศ	(2)
สารบัญ	(3)
สารบัญตาราง	(5)
สารบัญภาพ	(6)
สารบัญแผนภาพ	(7)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ไคโตซาน	3
2.2 ดอกกระเจี๊ยบแดง	6
2.3 แอนโทไซยานิน	8
2.4 หญ้าหวาน	18
2.5 ซูคราโลส	22
2.6 เพคติน	23
2.7 การกลั่นสุญญากาศ	24
2.8 การสกัดสาร	24
2.9 การพาสเจอร์ไรส์	26
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	29
บทที่ 3 วิธีดำเนินการ	33
3.1 วัตถุดิบ	33
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์	33
3.3 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพ	34
3.4 วิธีการดำเนินการทดลอง	35
3.5 สถานที่ดำเนินการ	40
3.6 ระยะเวลาดำเนินงาน	40
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	41
4.1 ผลการศึกษาคุณภาพทางด้านกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นตามท้องตลาด	41

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2 ผลการศึกษาอัตราส่วนซูคราโลสทดแทนน้ำตาลทรายในการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดง 44

4.3 ผลการศึกษาปริมาณสารสกัดไคโตซานที่เหมาะสมในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดง 47

4.4 ผลศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อการใช้สารสกัดไคโตซานในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดง 52

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 58

5.1 สรุปผล 58

5.2 ข้อเสนอแนะ 59

เอกสารอ้างอิง 60

ภาคผนวก 65

ภาคผนวก ก กระบวนการวิธีการผลิตการผสมและบรรจุ และฉลากผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากสารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่ใช้สารสกัดไคโตซานจากเปลือกกุ้งในการยืดอายุการเก็บรักษา 66

ภาคผนวก ข แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส 68

ภาคผนวก ค การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ 73

ภาคผนวก ง การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี 76

ภาคผนวก จ การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ 82

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ปริมาณสารอาหารใบกลีบรองดอกกระเจี๊ยบแดงที่สามารถบริโภค 100 g	8
2.2	ประเภทของแอนโทไซยานิน แบ่งตามหมู่ R3 และ R4	10
2.3	ความสัมพันธ์ของ pH กับสีของแอนโทไซยานิน	14
2.4	ช่วงการดูดกลืนแสงของสารแอนโทไซยานินและสารประกอบในกลุ่มฟลาโวนอยด์	16
3.1	สูตรพื้นฐานในการผลิตน้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดงโดยใช้สารให้ความหวานจากหญ้าหวาน	36
3.2	ส่วนผสมปริมาณอัตราส่วนซูคราโลสทดแทนน้ำตาลทรายในการผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดง จำนวน 3 ระดับ	36
4.1	ลักษณะของน้ำหวานเข้มข้นตามท้องตลาด จำนวน 4 ผลิตภัณฑ์	42
4.2	ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นตามท้องตลาด จำนวน 4 ผลิตภัณฑ์	43
4.3	ลักษณะคุณภาพของอัตราส่วนของซูคราโลสทดแทนน้ำตาลทรายในการผลิตน้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดง จำนวน 3 ระดับ	45
4.4	ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของอัตราส่วนซูคราโลสทดแทนน้ำตาลทรายในการผลิตน้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดง จำนวน 3 ระดับ	46
4.5	คะแนนความชอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของอัตราส่วนซูคราโลสทดแทนน้ำตาลทรายในผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดง จำนวน 3 ระดับ	47
4.6	ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของปริมาณสารสกัดไคโตซานที่เหมาะสมในการยืดอายุการเก็บรักษาน้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดง จำนวน 4 ระดับ	48
4.7	คุณภาพทางจุลินทรีย์ของปริมาณสารสกัดไคโตซานที่เหมาะสมในการยืดอายุการเก็บรักษาน้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดง จำนวน 4 ระดับ	51
4.8	ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม	53
4.9	ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรม และทัศนคติต่อการบริโภคน้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดง	54
4.10	ข้อมูลด้านการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดงโดยใช้สารสกัดไคโตซานจากเปลือกกุ้งในการยืดอายุการเก็บรักษา	55

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ไคโตซาน	4
2.2	กลีบรองดอกกระเจี๊ยบแดง	7
2.3	โครงสร้างของฟลาโวนอยด์	9
2.4	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอนโทไซยานินที่วิเคราะห์จากวิธี pH-Differential และเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง	12
2.5	สีของสารแอนโทไซยานินกับการเปลี่ยนไปตามค่า pH	15
2.6	กราฟสเปกโตรแกรมแสดงการดูดกลืนแสงของสารแอนโทไซยานิน	16
2.7	หญ้าหวาน	19
2.8	ผงหญ้าหวาน	22
2.9	สูตรโครงสร้างซูคราโลส	22
2.10	โครงสร้างโมเลกุลของเพคติน	23
ก 1	ฉลากผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดงที่ใช้สารสกัดไคโตซานในการยืดอายุการเก็บรักษา	67

สารบัญแผนภาพ

แผนภาพที่		หน้า
3.1	วิธีการผลิตน้ำหวานเข้มข้นจากสารสกัดกระเจี๊ยบแดง	36
ก 1	วิธีทำการสกัดกระเจี๊ยบแดง	64
ก 2	วิธีการผสมและบรรจุ ผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดง ที่ใช้สารสกัดไคโตซานจากเปลือกกุ้งในการยืดอายุการเก็บรักษา	66

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ปัจจุบันจะเห็นได้ว่ากลุ่มบุคคลทั่วไป นักเรียน นักศึกษา และบุคลากรวัยทำงานอาชีพต่างๆ นิยมดื่มเครื่องดื่ม เช่น น้ำหวาน น้ำอัดลม ชาเย็น กาแฟเย็น เครื่องดื่มบรรจุขวดชนิดต่างๆมากมาย ซึ่งเป็นกระแสความนิยมในการบริโภคที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพในอนาคตโดยที่บางคนอาจรู้เท่าไม่ถึงการณ์ จากงานวิจัยต่างๆ พบว่า ปัจจุบันคนทั่วโลกบริโภคน้ำตาลในรูปของอาหารและเครื่องดื่มมากเกินข้อแนะนำที่ควรรับประทานแต่ละวัน โดยเฉลี่ยแต่ละคนดื่มเครื่องดื่มซึ่งให้พลังงานวันละ 300-500 กิโลแคลอรี/วัน ซึ่งมีผลทำให้ประชากรทั่วโลก 48% มีภาวะน้ำหนักเกิน 23% มีภาวะอ้วน และอัตราการเป็นโรคเบาหวานสูงขึ้นเป็น 7.5% จากปัญหาดังกล่าวทำให้มีการใช้สารให้ความหวานมาทดแทนน้ำตาลในผลิตภัณฑ์อาหารมากขึ้น ซึ่งหญ้าหวานเป็นสารให้ความหวานที่สกัดจากธรรมชาติ โดยมีผลวิจัยทางวิทยาศาสตร์แสดงให้เห็นถึงศักยภาพ และประโยชน์ของหญ้าหวานที่มีต่อร่างกายมนุษย์ในการควบคุมน้ำตาลในเลือด ประเทศในแถบอเมริกาใต้หลายประเทศได้ใช้สารสกัดจากหญ้าหวานด้วยน้ำ เพื่อช่วยรักษาผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวานและโรคไฮโปไกลซีเมีย (Misra, 2011) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าหญ้าหวานที่สกัดด้วยน้ำสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตและการแพร่พันธุ์ของแบคทีเรียที่ทำให้ฟันผุ จึงเป็นเหตุผลที่ดีในการใช้หญ้าหวานเป็นสารให้ความหวานในอาหารที่บริโภคกันอยู่ (สาโรจน์, 2541) หญ้าหวานมีสารให้ความหวานที่เรียกว่า สตีวิโอไซด์ มีลักษณะเป็นผลึกสีขาว โดยเฉลี่ยมีความหวานมากกว่าน้ำตาลทรายประมาณ 200-300 เท่า แต่มีพลังงานต่ำกว่าถึง 300 เท่า มีรสฝาดขม แต่ after taste จืดเล็กน้อยหรือไม่มีรส ไม่เป็นสารก่อมะเร็ง มีความคงตัวสูงต่อสภาพความเป็นกรด-ด่าง และสามารถใช้ได้ในสภาพที่ร้อนหรือเย็น ตลอดจนอุณหภูมิสูงมากขนาดอุณหภูมิที่ใช้ในการอบ ซึ่งปริมาณของสารหวานที่มีในหญ้าหวานมีมากบริเวณใบ แต่ปริมาณไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับฤดูกาล อายุของต้นพืช สายพันธุ์ ระยะเวลาในการส่องสว่างของแสงแดดและอุณหภูมิของอากาศ (Geuns, 2003)

ผลิตภัณฑ์น้ำหวานทำจากสารให้กลิ่นอื่นๆ อย่างเช่น กลิ่นดอกไม้ กลิ่นดอกกุหลาบ กลิ่นผลไม้ หรือกลิ่นอื่นๆ ได้อีก เช่นที่มีจำหน่ายอยู่ทั่วไปในปัจจุบัน ส่วนผสมส่วนใหญ่มีการเติมสารให้กลิ่น กรด และสีลงไปในน้ำเชื่อมที่มีความเข้มข้น 70-75 °Brix ซึ่งถ้าน้ำเชื่อมมีปริมาณสารที่ละลายน้ำประมาณ 65°Brix อาจจะต้องเก็บรักษาด้วยสารเคมี อาจจะเป็นซัลเฟอร์ไดออกไซด์และเบนโซเอท ถ้าหากเพิ่มความเข้มข้นของน้ำตาลขึ้นไปจนถึง 68 °Brix หรือมากกว่านั้น ไม่จำเป็นต้องเก็บรักษาด้วยสารเคมีน้ำตาลจะเป็นตัวเก็บรักษา ฉะนั้นหากน้ำหวานทำการผลิตจากสารให้ความหวานที่ไม่ใช้ทำน้ำตาล ผลิตภัณฑ์น้ำหวานจึงมีอายุการเก็บรักษาค่อนข้างสั้น การยืดอายุการเก็บรักษาจะช่วยในการวางจำหน่าย และการบริโภคให้นานมากขึ้นโดยไคโตซานสามารถมายืดอายุการเก็บรักษาอาหารได้ เนื่องจากไคโตซานเป็นสารสกัดจากธรรมชาติทดแทนวัตถุกันเสีย มีคุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อหรือลดอัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ ซึ่งมีรายงานการวิจัยจำนวนไม่น้อยที่ได้

ศึกษาการนำไคโตซานมาใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาอาหารด้วยหลากหลายวิธีการ เช่น ธงชัยและคณะ (2554) ศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาเต้าหู้นมสดโดยใช้ไคโตซาน ด้วยวิธีการเติมในส่วนผสมพบว่า ใช้ความเข้มข้นของไคโตซาน 0.05% ทำให้สามารถยืดอายุการเก็บได้เพิ่มอีกอย่างน้อย 4 วัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ +4 องศาเซลเซียส, Boonpanและคณะ (2554) ทำการศึกษาผลของไคโตซานต่อคุณภาพและการยืดอายุการเก็บรักษาเต้าหู้โดยการเติมในเต้าหู้ซึ่งใช้ไคโตซานความเข้มข้น 0.01% สามารถเก็บรักษาเต้าหู้ได้นานกว่าเต้าหู้ที่ไม่ได้ใส่ไคโตซาน, ดวงใจและคณะ (2555) ศึกษาผลของไคโตซานต่อการยืดอายุการเก็บรักษาขนมลูกชุบ ด้วยวิธีการชุบติดของไคโตซานความเข้มข้น 1% ช่วยเก็บรักษาได้เพิ่มอีก 1 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

การใช้สารไคโตซานในการยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร ยังมีข้อจำกัดอีกหลายประการ จึงมีการนำไคโตซานมาวิจัยพร้อมทั้งคิดวิธีการใหม่ๆในการยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้จึงศึกษาผลของไคโตซานต่อการยืดอายุการเก็บรักษาน้ำหวานจากกระเจี๊ยบแดงที่ใช้สารให้ความหวานจากหญ้าหวาน เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาน้ำหวานจากกระเจี๊ยบแดงที่ใช้สารให้ความหวานจากหญ้าหวาน และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคซึ่งมีความปลอดภัยและตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคถึงความปลอดภัยอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 ศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดงที่ใช้สารให้ความหวานจากหญ้าหวาน

1.2.2 ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค (Consumer test) ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์การแปรรูปผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดงที่ใช้สารให้ความหวานจากหญ้าหวาน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การนำไคโตซานที่ผลิตจากธรรมชาติ คือ ไคโตซานที่สกัดจากเปลือกกุ้ง สายพันธุ์กุ้งขาว มาใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาน้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดงที่ใช้สารให้ความหวานจากหญ้าหวาน โดยทำการเก็บรักษาน้ำหวานเข้มข้นจากสารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่อุณหภูมิ ±4 องศาเซลเซียส โดยบรรจุลงในบรรจุภัณฑ์ขวดแก้วใส (ขวดแก้วและฝาผ่านการต้มในน้ำเดือดนาน 5 นาที ก่อนนำมาใช้ในบรรจุ) ปิดผนึกด้วยฝาปิด

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทำให้ทราบถึงปริมาณที่เหมาะสมของสารสกัดไคโตซานจากเปลือกกุ้งในการยืดอายุการเก็บรักษาน้ำหวานเข้มข้นจากสารสกัดกระเจี๊ยบแดง

1.4.2 สามารถยืดอายุน้ำหวานเข้มข้นจากสารสกัดกระเจี๊ยบแดงได้นานขึ้น

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไคโตซาน

ไคโตซานเป็นสารพอลิเมอร์ธรรมชาติชนิดหนึ่งที่มีในสัตว์กระดองแข็งและขาเป็นปล้อง เช่น เปลือกกุ้ง กั้งกระดองปู และเปลือกหอย เมื่อนำมาสกัดแยกเอาแคลเซียม โปรตีน และแร่ธาตุที่ไม่ต้องการออกไป จะได้สาระสำคัญที่มีโครงสร้างทางเคมีคล้ายเซลลูโลสเรียกว่า "ไคติน" (Chitin) และเมื่อนำไคตินผ่านกระบวนการทางเคมีอีกครั้ง จะได้สารที่เรียกว่า"ไคโตซาน" (Chitosan) เนื่องจากไคโตซานเป็นสารพอลิเมอร์ธรรมชาติที่มีอยู่มากมายและย่อยสลายได้เอง จึงมีความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมและสามารถดัดแปลงโดยใช้ปฏิกิริยาทางเคมีหรือเอนไซม์ให้มีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับการใช้งานเฉพาะอย่างได้ ไคโตซานมีหลายรูปแบบ อาทิเช่น เป็นเส้นใย เป็นแผ่นฟิล์ม เป็นผงฝุ่นเป็นเจล หรือเป็นเสมือนฟองน้ำ ซึ่งสามารถนำไปดัดแปลงใช้กับผลิตภัณฑ์นานาชนิดที่จะมีประโยชน์ต่อคุณภาพชีวิตของคน จึงถูกนำมาใช้ประโยชน์โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมอาหารใช้ในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารเพื่อคุณภาพในการลดไขมันและคอเลสเตอรอล สารให้ความคงตัว สารให้ความข้นหนืด เป็นสารกันเสีย เพื่อป้องกันแบคทีเรีย และรา ใช้เป็นสารเคลือบผัก ผลไม้ เพื่อการยืดอายุการเก็บรักษา การทำให้น้ำผักและผลไม้ใส (clearification) เป็นสารแยกสิ่งเจือปนในกระบวนการผลิตเอนไซม์ (enzyme) โปรตีน (protein) สำหรับงานทางด้านเทคโนโลยีอาหาร เทคโนโลยีชีวภาพ วิศวกรรมชีวเคมีเป็นต้น (พิมพ์เพ็ญและนิธิยา, ม.ป.ป.) ผลิตแผ่นฟิล์มเป็นบรรจุภัณฑ์สำหรับอาหาร ในรูปฟิล์มที่รับประทานได้ (edible film) และแผ่นฟิล์มที่ป้องกันการซึมผ่านของน้ำและก๊าซต่างๆ ตลอดจนสามารถเติมสารที่มีประโยชน์ เช่น วิตามินและเกลือแร่ต่างๆ ลงในแผ่นฟิล์มได้ ด้วยคุณสมบัติที่หลากหลาย และข้อดีในด้านความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม ไคโตซานจึงได้รับความสนใจอย่างมากในการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ไม่ว่าจะเป็นสารเติมแต่งอาหารในกระบวนการ แปรรูปอาหารและเป็นวัตถุดิบในการผลิตบรรจุภัณฑ์หรือเคลือบผลิตภัณฑ์อาหารที่เกิดการเน่าเสียได้ง่ายเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาอาหารและเครื่องดื่มต่างๆ เช่น ผักผลไม้ เนยแข็ง และขนมปัง (กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2557)

ภาพที่ 2.1 ไคโตซาน
ที่มา : นิรนาม (2562)

2.1.1 คุณสมบัติการละลายในกรดของไคโตซาน

ไคโตซานประกอบด้วยหมู่อะมิโนจำนวนมาก (polyamine) ที่พร้อมจะทำปฏิกิริยากับกรดอินทรีย์ และกรดอนินทรีย์บางชนิด ไคโตซานจะไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลางหรือมีความเป็นด่าง ไคโตซานละลายได้ที่ pH ≤ 4

2.1.1.1 ละลายได้น้อย เช่น กรดฟอร์มิก กรดอะซิติค กรดซาลิซิลิก กรดโปรไฟโอนิก

2.1.1.2 ละลายปานกลาง เช่น กรดโดเดคาโนอิก กรดซิตริก กรดทาร์ทาริก กรดซัลฟูริก และกรดไฮโดรคลอริก

2.1.1.3 ละลายได้ดี เช่น กรดออกซาริก กรดซัคซินิก และกรดเบนโซอิก

2.1.2 ประโยชน์ไคโตซาน และไคติน

2.1.2.1 ทางการแพทย์

1) ไคโตซานเป็นสารที่มีคุณสมบัติที่ดีที่สามารถนำมาใช้ในทางการแพทย์ได้หลายรูปแบบ สามารถเตรียมได้ในรูปแบบเม็ดเจล, แผ่นฟิล์มฟองน้ำ, เพลเลท, แคปซูล และยาเม็ด เป็นต้น

2) ไคโตซานและอนุพันธ์ใช้ป้องกันฟันผุ เช่น เอซิลีนไกลคอน-ไคติน, คาบอกซีเมทิล-ไคติน, ซัลเฟตเตดไคโตซาน และฟอสฟอไลเลตเต็ด ไคติน สามารถยับยั้งการจับ และก่อตัวของแบคทีเรียบนผิวฟันที่เป็นสาเหตุของฟันผุได้ดี

3) ไคตินหรือไคโตซานซัลเฟตสามารถยับยั้งการแข็งตัวของเลือด และปลดปล่อย lipoprotein lipase โดยนำมาประยุกต์ใช้ในขั้นตอนการฟอกเลือดเพื่อป้องกันการแข็งตัวของเลือด นอกจากนี้ยังใช้สำหรับรักษาแผล และป้องกันการติดเชื้อของแผลได้ดี

2.1.2.2 การเกษตร

1) ใช้เคลือบเมล็ดพันธุ์พืช ป้องกันโรค แมลง การเน่าเสียจากจุลินทรีย์ และยืดอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์

2) ใช้เร่งการเจริญเติบโตของพืช ทำหน้าที่เป็นฮอร์โมนกระตุ้นการเกิดราก

3) ใช้สำหรับปรับปรุงดิน เพิ่มธาตุอาหารในดิน ปรับปรุงดินเค็ม ปรับปรุงดินที่เป็นกรดเป็นด่าง

2.1.2.3 ยา

1) ไคโตซานที่ใช้เป็นส่วนผสมในยาชนิดต่างๆใช้ทำหน้าที่ป้องกันการย่อยสลายของยาบริเวณกระเพาะอาหาร ซึ่งเป็นสารควบคุมการปล่อยยาหรือเป็นตัวนำส่งยาเข้าสู่ระบบไหลเวียนโลหิต

2.1.2.4 อุตสาหกรรมอาหาร

1) ใช้เป็นอาหารเสริมที่สามารถให้พลังงาน และช่วยลดปริมาณคอเลสเตอรอลชนิด LDL รวมถึงไขมันจำพวกไตรกลีเซอไรด์ในเลือดได้ดี ด้วยการจับตัวกับกลุ่มไขมันทำให้ลดการดูดซึมบริเวณลำไส้จึงนิยมนำไคโตซานผลิตเป็นอาหารเสริมเพื่อลดน้ำหนัก

2) ป้องกันเชื้อจุลินทรีย์ในอาหาร ด้วยคุณสมบัติของไคติน และไคโตซานที่สามารถจับกับเซลล์เมมเบรนของจุลินทรีย์ ทำให้เกิดการรั่วไหลของโปรตีน และสารอื่นๆออกมานอกเซลล์จนจุลินทรีย์ไม่สามารถเติบโต และลดจำนวนลง

3) แผ่นฟิล์มบรรจุอาหาร ด้วยการใช้แผ่นฟิมล์พลาสติกชนิดโพลิเอธิลีนมีข้อเสียทำให้อาหารเน่าเสียเร็วเนื่องจากกักเก็บความชื้นไว้ภายใน แต่แผ่นฟิล์มจากไคโตซานสามารถยืดอายุอาหารได้ดีกว่า เนื่องจากสามารถถ่ายเทความชื้นจากอาหารสู่ภายนอกได้ดีกว่า

4) สารเติมแต่งในน้ำผลไม้ ด้วยการเติมสารไคโตซานช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเป็น fining agent และควบคุมสภาพความเป็นกรดของน้ำผลไม้ได้ดี

2.1.2.5 เครื่องสำอาง

1) ด้วยคุณสมบัติของไคติน และไคโตซานที่สามารถอุ้มน้ำได้ดี และการเป็นฟิล์มบางๆ คลุมผิวหนังป้องกันการเสียความชุ่มชื้นของผิว รวมถึงฤทธิ์ในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ จึงนิยมนำมาเป็นส่วนผสมของเครื่องสำอางหลายชนิด เช่น แป้งทาหน้า แป้งผัดหน้า สบู่ ยาสีฟัน ยาสระผม ครีมกันแดด ครีมบำรุงผิว ยาย้อมผม ยาเคลือบผม เป็นต้น

2.1.2.6 ทางด้านสิ่งแวดล้อม

1) ด้วยคุณสมบัติของไคติน และไคโตซานที่สามารถดูดซับ และจับกับสารอินทรีย์จำพวกไขมัน สี รวมถึงสารจำพวกโลหะหนักได้ดีจึงนิยมนำมาประยุกต์ใช้สำหรับเป็นสารกรองหรือตัวดูดซับสารมลพิษในระบบบำบัดน้ำเสีย

2.1.3 การผลิตไคติน และไคโตซาน

2.1.3.1 การกำจัดโปรตีน (Deproteinization) โดยการทำปฏิกิริยากับด่าง ซึ่งส่วนใหญ่ใช้โซดาไฟ (NaOH) ในกระบวนการนี้โปรตีนส่วนใหญ่จะถูกขจัดออกไปจากวัตถุดิบพร้อมกันนี้บางส่วนของไขมันและรงควัตถุบางชนิดมีโอกาสถูกขจัดออกไปด้วย การพิจารณาใช้กระบวนการนี้จะขึ้นอยู่กับประเภทของวัตถุดิบที่จะนำมาใช้

2.1.3.2 การกำจัดเกลือแร่ (Demineralization) เป็นขั้นตอนการกำจัดอนินทรีย์สารจำพวกแร่ธาตุต่าง ๆ ที่อยู่ในเปลือกกุ้ง ปู ด้วยการทำปฏิกิริยากับกรดเกลือ (HCl) ความเข้มข้น 3-5% ที่อุณหภูมิห้อง นาน 24 ชั่วโมง แร่ธาตุจะถูกกำจัดออกในรูปของอนินทรีย์สารที่ละลายน้ำได้ เช่น แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) และกลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ระเหยออกไป รวมไปถึงโปรตีน และสีบางส่วนที่ลงเหลือจากขั้นตอนการกำจัดโปรตีน หลังการกำจัดจะเข้าสู่การล้างน้ำให้สะอาดก่อนส่งเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป

2.1.3.3 การกำจัดสี (Decoloration) เป็นขั้นตอนการกำจัดรงควัตถุหรือสีออกให้หมด ขั้นตอนนี้อาจทำก่อนกระบวนการผลิตไคโตซานเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ไคติน และนำไคตินมาผลิตไคโตซานหรือทำหลังขั้นตอนการผลิตไคโตซานเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ไคโตซาน การฟอกสีจะใช้สารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) หรือโซเดียมเปอร์คลอเรต ($NaOCl_4$) เหมือนๆกับกระบวนการฟอกสีในสิ่งทอ แต่สารเหล่านี้มีผลทำให้สายโซ่โมเลกุลของไคโตซานแตกสั้นลง จึงนิยมทำในขั้นตอนต้นของกระบวนการผลิต หลังการกำจัดจะเข้าสู่การล้างน้ำให้สะอาดก่อนส่งเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป

2.1.3.4 กระบวนการกำจัดหรือลดหมู่อะซีติล (Deacetylation) เป็นการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่ใช้ในการกำจัดหรือลดหมู่อะซีติลที่มีอยู่บนโมเลกุลของไคติน เพื่อให้เกิดเป็นไคโตซาน (Chitosan) ซึ่งเป็นการเพิ่มขึ้นของหมู่อะมิโน ($-NH_2$) บนโมเลกุลของไคตินและหมู่อะมิโนนี้มีความสามารถในการรับโปรตอนจากสารละลาย ซึ่งช่วยให้การละลายดีขึ้น เพราะมีสมบัติเป็นประจุบวก (Cation) เมื่อปริมาณของหมู่อะซีติล ถูกกำจัดไปมากกว่า 60% ขึ้นไป สารไคโตซานที่ได้สามารถละลายได้ในกรดอินทรีย์หลายชนิด (สุธิดา, 2552)

2.2 ดอกกระเจี๊ยบแดง

2.2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ชื่อสามัญ Jamaica sorrel, Roselle, Red sorrel, Rozelle
ชื่อวิทยาศาสตร์ *Hibiscus sabdariffa* Linn.
ชื่อวงศ์ Malvaceae

กระเจี๊ยบแดงเป็นพรรณไม้พุ่มขนาดเล็ก สูงประมาณ 1-2 m ลำต้นอ่อนมีสีเขียว เมื่อแก่จะเปลี่ยนเป็นสีแดงม่วง ใบเป็นใบเดี่ยวเรียงสลับมีดอกใหญ่สีเหลืองอ่อน (บางพันธุ์เป็นสีชมพู) กลางดอกมีสีแดง มีผลทรงรีรูปไข่ป้อมสีแดงมีกลีบเลี้ยงรองรับ ผลลักษณะหนาแข็งและแตกหักง่ายเมื่อผลแก่แห้งจะผลแตกออก เป็น 5 แฉก ในผลมีเมล็ดสีน้ำตาลลักษณะคล้ายรูปไตอยู่จำนวนมากประมาณ 30-35 เมล็ดต่อผล และผลกระเจี๊ยบแดงยังมีกลีบเลี้ยงหนาสีแดงเข้ม เนื่องจากมีสารแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) ซึ่งเป็นสารสีที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ เรียกส่วนนี้ว่ากลีบกระเจี๊ยบหรือกลีบรองดอก (Calyx) กระเจี๊ยบนั้นมีรสชาติเปรี้ยวเนื่องจากมีกรดอินทรีย์ ที่มีคุณสมบัติลดไขมันในเลือด ถิ่นกำเนิดอยู่ที่ประเทศซูดาน อินเดีย มาเลเซีย และประเทศไทย โดยในประเทศไทยมีแหล่งผลิตที่สำคัญ ได้แก่ จังหวัดลพบุรี สระบุรี อุตรดิตถ์ กาญจนบุรี และฉะเชิงเทรา (พเยาว์, 2537)

ภาพที่ 2.2 กลีบรองดอกกระเจี๊ยบแดง

2.2.2 พันธุ์กระเจี๊ยบแดง

2.2.2.1 พันธุ์ซูดาน เป็นกระเจี๊ยบพันธุ์แรกที่มีการปลูกในประเทศ โดยนำมาจากประเทศซูดาน ในปี พ.ศ. 2510 ดังที่กล่าวข้างต้น เป็นพันธุ์ที่ปลูกมากในต่างประเทศ รวมถึงในประเทศไทยเช่นกัน มีลักษณะลำต้นเป็นทรงพุ่มใหญ่ แตกกิ่งมาก แต่กิ่งมักไม่เป็นระเบียบดอกมีหลายสี เช่น สีเหลือง และสีแดง มีกลีบเลี้ยงห่อหุ้มขนาดใหญ่ และให้รสเปรี้ยวจัด

2.2.2.2 พันธุ์บราซิล เป็นพันธุ์ที่นำเข้ามาปลูกในประเทศไทยครั้งแรกเมื่อ พ.ศ. 2518 มีลักษณะลำต้นตรง แตกกิ่งมาก และเป็นระเบียบ แต่มีสี และรสเปรี้ยวที่น้อยกว่าพันธุ์ซูดาน แต่ให้จำนวนดอกดก และดอกใหญ่กว่า

2.2.2.3 พันธุ์เอส-2760 เป็นพันธุ์ที่มีถิ่นกำเนิดในประเทศซูดาน เหมือนกับพันธุ์ซูดาน แต่นำเข้ามาจากสหรัฐอเมริกา เนื่องจากเป็นพันธุ์ที่พัฒนา และปลูกในประเทศสหรัฐอเมริกา ต้นอ่อนมีลักษณะสีเขียว เมื่อต้นโตเต็มวัยจะมีลำต้น และกิ่งเป็นสีแดง ลำต้นจะไม่มีหนามหรือขน มีลักษณะใบกลมใหญ่ ปลายใบแยกเป็นแฉก 3 - 5 แฉก ดอกมีสีเหลืองหรือมีสีชมพู กลีบเลี้ยงใหญ่อวบหนา สีแดงสด มีลักษณะดอกโดยรวมคล้ายพันธุ์บราซิล และให้รสเปรี้ยวใกล้เคียงกัน แต่ดอกมีขนาดใหญ่กว่า

2.2.2.4 พันธุ์เอส 60 – M 35 มีลำต้นอ่อนมีสีเขียว ปลายดอกมีสีแดง เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่ ลำต้นทุกส่วนเปลี่ยนเป็นสีแดง ลำต้นไม่มีหนามหรือขน มีข้อกิ่งสั้น ใบมีแฉก ลักษณะใบหนา กลีบเลี้ยงสีแดงคล้ายพันธุ์เอส-2760 แต่เติบโต และให้ฝักยาวกว่า มีรสเปรี้ยวที่ใกล้เคียงกับพันธุ์บราซิล พันธุ์นี้มีอายุการออกดอก และเก็บเกี่ยวช้ากว่าทุกๆพันธุ์

2.2.3 สรรพคุณทางยา

กระเจี๊ยบแดงเป็นสมุนไพรที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศ สามารถช่วยลดระดับไขมันชนิดไม่ดี (LDL) ให้ลดลง และมีปริมาณของไขมันชนิดดี (HDL) เพิ่มมากขึ้นช่วยละลายไขมันในเส้นเลือด ใช้เป็นยาบำรุงธาตุ บำรุงกำลัง ช่วยแก้อาการอ่อนเพลีย ช่วยลดความดันโลหิต มีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย ต้านเชื้อรา แก้ไอ ขับเสมหะป้องกันการเกิดนิ่ว มีความสามารถช่วยขับปัสสาวะ ช่วยลดคอเลสเตอรอลในเลือด อีกทั้งยังช่วยในการย่อยอาหาร ดื่มแก้ร้อนใน แก้กระหายน้ำ และช่วยป้องกันการจับตัวของไขมันในเส้นเลือดได้ และลดความดันเลือด ลดไขมันในเลือด ป้องกันโรคนิ่ว แก้กระหาย บำรุงธาตุ (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2550) ช่วยป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง และอาจช่วยชะลอการลุกลามของมะเร็งบางชนิด ช่วยบำรุงกระดูกและฟันให้แข็งแรง และมีสารแอนโทไซยานินที่เป็นสารให้สีธรรมชาติมีฤทธิ์ ในการต้านอนุมูลอิสระสามารถลดการอักเสบ โดยเพิ่มความแข็งแรงของเส้นใยโปรตีนในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน และกระดูกอ่อน จึงลดการทำลายจากอนุมูลอิสระ มีฤทธิ์ช่วยยับยั้งออกซิเดชั่นของไขมัน และยับยั้งการตายของมาโครฟาจ ช่วยกำจัดเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวโดยประสิทธิภาพต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าวิตามินซีและวิตามินอี ถึง 2 เท่า ช่วยป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง โรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน (สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2553)

2.2.4 คุณค่าทางโภชนาการ

ตารางที่ 2.1 ปริมาณสารอาหารในกลีบรองดอกกระเจี๊ยบแดงที่สามารถบริโภคได้ 100 g

สารอาหาร	ปริมาณ	หน่วย
คาร์โบไฮเดรต	1.700	g
ไขมัน	0.100	g
โปรตีน	0.870	g
วิตามินเอ	0.014	mg
วิตามินบี 1	0.110	mg
วิตามินบี 2	0.240	mg
ไนอาซิน	0.045	g
วิตามินซี	0.440	g
ธาตุแคลเซียม	0.090	g
ธาตุเหล็ก	0.008	g
ธาตุฟอสฟอรัส	0.040	g

ที่มา: กองโภชนาการ (2535)

2.3 แอนโทไซยานิน

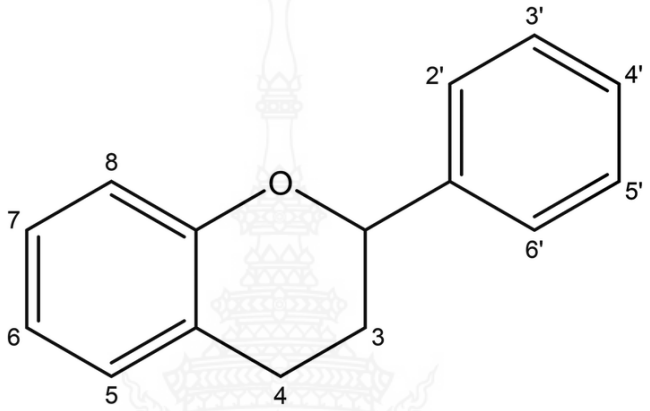
2.3.1 นิยาม

แอนโทไซยานินเป็นรงควัตถุ (pigment) ชนิดหนึ่งที่พบอยู่ในแวคิวโอลของพืช ซึ่งต่างจากคลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ที่อยู่ภายในคลอโรพลาสต์ และโครโมพลาสต์ (สังคม, 2536) รงควัตถุแต่ละชนิดมีสีต่างกันตามโครงสร้างโมเลกุลที่เปลี่ยนแปลงไป สีแอนโทไซยานินจะเข้มที่สุด ใน

สภาพที่ยังแตกตัวเป็นอิออนที่ pH 1.0-3.5 โดยเหมาะสมกับการนำไปแต่งสีอาหารที่มีรสเปรี้ยวเป็นกรด ตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดแอนโทไซยานิน ได้แก่ น้ำ เอทานอล เมทานอล และอะซีโตน

2.3.2 โครงสร้างแอนโทไซยานิน

แอนโทไซยานินเป็นรงควัตถุที่มีสีม่วงแดงหรือสีน้ำเงิน ซึ่งจะจัดเป็นสารประกอบฟลาโวนอยด์ (flavonoid) ในกลุ่มฟีโนลิก (phenolic) โดยสารฟลาโวนอยด์นี้ ทำการประกอบไปด้วยคาร์บอน 15 อะตอม มีหมู่เบนซีน 2 หมู่ มาเชื่อมต่อกันด้วยคาร์บอน 3 อะตอม ดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 โครงสร้างของฟลาโวนอยด์

ที่มา: Ivey, K. L. และคณะ (2016)

แอนโทไซยานินเกิดจากการมีแอนโทไซยานิดินที่ไม่เสถียรในธรรมชาติ มีหมู่น้ำตาลมาจับในตำแหน่งที่ 3 หรือ 3, 5 ของแอนโทไซยานิดิน (รัตนา และระมน, 2532; สาธิต, 2531) ดังนั้นในทางเคมีแอนโทไซยานิน คือ ไกลโคไซด์ของ flavilium หรือ 2-phenylbenzopyrylium เมื่อเกิดไฮโดลิซิสจะได้แอนโทไซยานิดิน และน้ำตาลอย่างน้อย 1 โมเลกุล

น้ำตาลที่จับกับแอนโทไซยานินส่วนใหญ่เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (monosaccharide) เช่น glucose, galactose, rhamnose และ arabinose มักพบอยู่บริเวณคาร์บอนตำแหน่งที่ 3 ของสารแอนโทไซยานินเสมอ บางครั้งจะพบที่ตำแหน่งที่ 5 ด้วย ส่วนตำแหน่งที่พบน้อย คือ 7, 3’ และ 7’ (ประสิทธิ์, 2539) นอกจากนี้ยังพบน้ำตาลโมเลกุลคู่ (disaccharide) และพบน้ำตาลโมเลกุลสาม (trisacharide) ในโมเลกุลของสารแอนโทไซยานินด้วย ซึ่งน้ำตาลเหล่านี้จะช่วยให้ aglycone หรือแอนโทไซยานินมีเสถียรภาพดีขึ้น เนื่องจากแอนโทไซยานิดินไม่มีความคงทน อีกทั้งละลายน้ำไม่ได้ จึงมักพบแอนโทไซยานิดินจับตัวอยู่กับน้ำตาลจำนวนหนึ่งเสมอ (Anonymous, 2004)

สารแอนโทไซยานิน สามารถละลายน้ำได้ แต่จะไม่ละลายในตัวทำละลายชนิดไม่มีขั้ว (non-hydroxyl solvent) เช่น อีเทอร์ อะซีโตน คลอโรฟอร์ม และเบนซีน เป็นต้น (เรือนเงิน, 2554)

2.3.3 แหล่งที่พบแอนโทไซยานิน

พบได้ในผักและผลไม้พบมากในองุ่นพันธุ์สีดำ เมล็ดธัญพืช และดอกไม้บางชนิด เช่น องุ่น ดอกอัญชัน กะหล่ำม่วง ชมพู่มะเหมี่ยว กระเจี๊ยบแดง เป็นต้น (เกียรติศักดิ์, 2535) โดยสารนี้ละลายอยู่ใน cell sap ของพืช โดยปริมาณของแอนโทไซยานินในผลไม้มีมากน้อยแตกต่างกัน และมักพบสารแอนโทไซยานินที่เนื้อเยื่อชั้นนอกมากกว่าเนื้อเยื่อชั้นในหรือบริเวณใกล้ผิวนอก ส่วนผลไม้บางชนิดพบแอนโทไซยานินได้ในส่วนของเนื้อ เช่น Morello (อัปสร, 2542)

แอนโทไซยานิน เป็นรงควัตถุที่ให้สีม่วงน้ำเงิน พบมากในดอกอัญชัน กะหล่ำม่วง มะเขือม่วง องุ่น ลูกหว้า มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ (จักรพงศ์, 2542)

2.3.4 ชนิดแอนโทไซยานิน

ปัจจุบันสารแอนโทไซยานินในธรรมชาติมีมากกว่า 15 ชนิด สารแอนโทโซยานินมีชื่อชนิดแอนโทไซยานินแตกต่างกันขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่หมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl, -OH) และหมู่เมทอกซิล (mathoxyl, -OMe) ที่เข้ามาเกาะกับโครงสร้างของแอนโทไซยานิน แอนโทไซยานินที่พบมากในธรรมชาติมีอยู่ 6 ชนิด แบ่งตามหมู่ R3 และ R4 แสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ประเภทของแอนโทไซยานิน แบ่งตามหมู่ R3 และ R4

Anthocyanidin	R3	R4	Visible color
pelargonidin	-H	-H	red
cyaniding	-OH	-H	magenta
peonidin	$-OCH_3$	-H	magenta
celphinidin	-OH	-OH	purple
petunidin	$-OCH_3$	-OH	purple
malvidin	$-OCH_3$	$-OCH_3$	purple

ที่มา: Timberlake and Bridle (1980)

2.3.5 การสกัดแอนโทไซยานิน

การสกัดเป็นขั้นตอนแรกของการวิเคราะห์แอนโทไซยานิน การสกัดที่ดีจึงควรสกัดเอาปริมาณสารแอนโทไซยานินให้ได้สูงสุด มีการปนเปื้อนของสารอื่นน้อยที่สุด และมีการเปลี่ยนแปลงของแอนโทไซยานินน้อยที่สุด การสกัดแอนโทไซยานินสามารถใช้ตัวทำละลาย เช่น น้ำ เอทานอล เมทานอล และอะซีโตน พร้อมทั้งใช้กรดร่วมกับตัวทำละลาย เพื่อใช้ในสกัดสารแอนโทไซยานินได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากแอนโทไซยานินมีความคงตัวสูงที่ pH ต่ำ (อรุษา, 2554)

สารแอนโทไซยานินเป็นรงวัตถุจากธรรมชาติที่สามารถนำมาใช้เป็นสีผสมอาหารได้ การเลือกวัตถุดิบที่ใช้ในการสกัดมักพิจารณาเหตุผลทางด้านเศรษฐศาสตร์และเทคนิคการผลิต ดังนั้น

วัตถุดิบที่เลือกใช้ควรสามารถหาได้ง่ายในปริมาณมากและราคาไม่แพงนัก โดยสีที่สกัดได้ควรมีลักษณะและองค์ประกอบตรงตามข้อบังคับ ดังนั้นพวก by product จากอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งกากองุ่นจากอุตสาหกรรมไวน์จึงถูกพิจารณา แอนโทไซยานินที่ผลิตจากกากองุ่นเรียกว่า enocyanin หรือ enocianina ซึ่งได้ผลิตในเชิงการค้าในประเทศอิตาลีเมื่อในราวปี ค.ศ. 1879 เพื่อจุดประสงค์ในการแต่งสีของไวน์แดง (เกียรติศักดิ์, 2535) นอกจากนี้ยังมีวัตถุดิบอื่นๆ ที่มีศักยภาพสามารถนำมาสกัดแอนโทไซยานินได้ เช่น miracle elderberry แครนเบอรี่ กลีบดอกกระเจี๊ยบ และกลีบดอกอัญชัน วิธีการสกัดแอนโทไซยานินมีหลายวิธีซึ่งแตกต่างกันไปตามชนิดของตัวอย่างที่ใช้ โดยมากจะใช้ตัวทำละลายในการสกัดและทำการสกัดในสภาวะที่เป็นกรด โดยประสิทธิภาพในการสกัดของแอนโทไซยานินจะขึ้นกับปัจจัยต่างๆ เช่น ชนิดของตัวทำละลาย อัตราส่วนระหว่างวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย ชนิดของกรดที่ใช้ในการสกัด หรือค่าความเป็นกรด-ด่าง ดังต่อไปนี้

2.3.6 การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานิน

การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานิน สามารถทำการแบ่งเป็น 2 แบบ คือ แบบที่ 1 การวิเคราะห์ปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมด ตัวอย่างเช่น วิธี pH-Differential โดยจะทำการใช้เครื่องสเปคโตรมิเตอร์ และแบบที่ 2 การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของสารแอนโทไซยานิน โดยใช้เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (High Performance Liquid Chromatography)

2.3.6.1 การวิเคราะห์ปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมด สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นหนึ่งๆ และวิธี pH-Differential ในวิธีการวัดค่าการดูดกลืนแสง สารสกัดถูกนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ช่วงความยาวคลื่นสูงสุด เนื่องจากสารแอนโทไซยานินมีความยาวคลื่นสูงสุดที่สามารถดูดกลืนแสง จะอยู่ในช่วง ความยาวคลื่นที่ 490 - 550 นาโนเมตร (nm) ซึ่งต่างจากสารฟีนอลิกอื่นๆ ที่ความสามารถในการดูดกลืนแสงได้อยู่ในช่วง 260 - 320 นาโนเมตร (nm) ทำให้สามารถวัดวิเคราะห์สารแอนโทไซยานินที่สามารถแยกจากสารฟีนอลิก วิธีนี้มีข้อจำกัดในการสกัด คือ สารพวกเมลานอยดินและสารอื่นๆที่ได้จากการสลายตัวของแอนโทไซยานิน ซึ่งสามารถดูดกลืนแสงในช่วงเดียวกับแอนโทไซยานิน จึงทำให้ค่าที่วัดได้ไม่ถูกต้อง ดังนั้นวิธี pH-Differential จึงได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อแก้ข้อบกพร่องในจุดนี้ และปัจจุบันเป็นวิธีการวัดปริมาณสารแอนโทไซยานินที่ได้รับความนิยมมากที่สุด

วิธี pH-Differential เป็นวิธีที่พัฒนาจากโครงสร้างของสารแอนโทไซยานินที่เปลี่ยนแปลงไปได้ตามการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ทำให้การดูดกลืนแสงของสารแอนโทไซยานินเปลี่ยนไปโดยใช้สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) บัฟเฟอร์ 0.025 โมลาร์ จะปรับค่า pH ด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นจนได้ (pH 1.0) และสารละลายโซเดียมแอซีเตท (CH_3COONa) บัฟเฟอร์ 0.4 โมลาร์ ปรับค่า pH ด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นจนได้ (pH 4.5) การวัดด้วยวิธีนี้ต้องวัดค่าการดูดกลืนแสงของแอนโทไซยานินที่ความยาวคลื่นสูงสุดที่ pH 1 และ 4.5 นำมาหักลบกันเพื่อกำจัดการดูดกลืนแสงจากสารอื่นๆ ที่ไม่ใช่สารแอนโทไซยานิน โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 700 นาโนเมตร

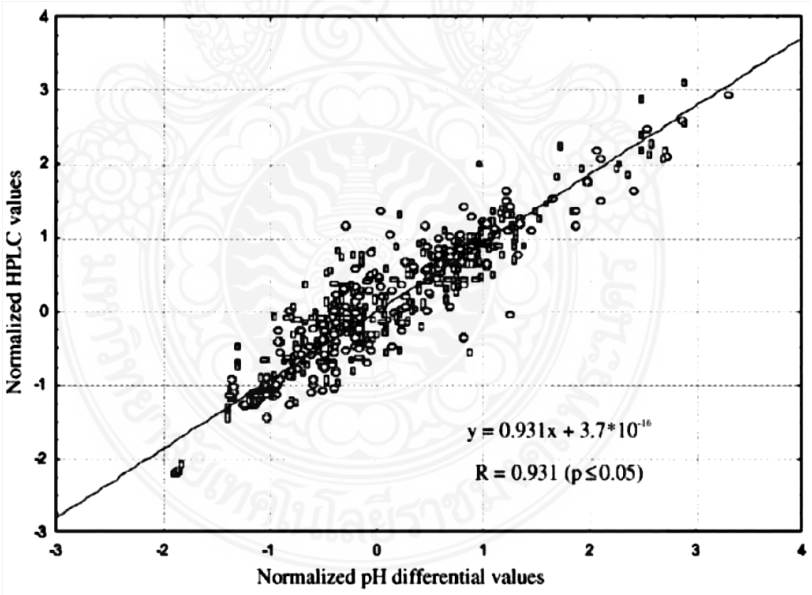
(nm) เพื่อหักลบค่าความขุ่นที่อาจเกิดขึ้น เพื่อให้ผลที่ได้มีความถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น เมื่อได้ค่าทั้งหมด นำไปหาปริมาณสารแอนโทไซยานิน ตามสมการที่ 1

<u>สมการที่ 1</u>

$$\text{Monomeric anthocyanin (mg/liter)} = (A \times MW \times DF \times 1000) / (\in \times 1)$$

โดยที่ $A = (A_{520} - A_{700})_{pH\ 1.0} - (A_{520} - A_{100})_{pH\ 4.5}$

การวิเคราะห์ควรใช้ตัวอย่างไม่เกิน 20%ของปริมาตรทั้งหมด ซึ่งการวัดค่าดูดกลืนแสงควรวัดหลังเจือจางด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ เป็นเวลา 15-60 นาที การทิ้งตัวอย่างไว้นานเกินไปทำให้ค่าการดูดกลืนแสงเพิ่มมากขึ้น ถ้าตัวอย่างเป็นสารแอนโทไซยานินที่มีหมู่เอซิล (Acyl) เป็นจำนวนมาก (Highly acylatedanthocyains) สามารถที่จะตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลง pH ทำการเปรียบเทียบการวัดปริมาณแอนโทไซยานินระหว่างวิธี pH-Differential และเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (High Performance Liquid Chromatography) ตัวอย่าง 7 ชนิด พบว่า การวิเคราะห์ปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมดที่วัดจากทั้ง 2 วิธี มีความสัมพันธ์กันแสดงดังภาพที่ 2.4 ดังนั้นวิธี pH-Differential จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถใช้ได้เมื่อไม่มีเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC)



ภาพที่ 2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอนโทไซยานินที่วิเคราะห์จากวิธี pH-Differential และเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง

ที่มา : อรุษา (2554)

2.3.6.2 การวิเคราะห์ชนิดของสารแอนโทไซยานิน นิยมใช้เทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (Highperformance liquid chromatography, HPLC) เชื่อมต่อกับเครื่องตรวจจับสัญญาณต่างๆ เช่น เครื่อง Diode array และเครื่อง MS โดยคอลัมน์ส่วนใหญ่ที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ คอลัมน์ C18 ตัวทำละลายที่ใช้พาตัวอย่างเข้าไปในคอลัมน์มีหลายชนิด เช่น สารผสมระหว่างน้ำกับเมทานอล และสารผสมระหว่างน้ำกับสารอะซิโตไนตรัลซึ่งอาจมีการเติมกรดบางชนิดลงไป เพื่อทำให้มีความเป็นกรดสูง และยังป้องกันการเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสารแอนโทไซยานิน วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างที่ไม่มีนอนอะซิเลตเทตแอนโทไซยานิน และตัวอย่างที่มีอะซิเลตเทตแอนโทไซยานิน สำหรับตัวอย่างที่ไม่ทราบชนิดของแอนโทไซยานิน จะต้องมีการใช้เทคนิคการย่อยด้วยกรด และการย่อยด้วยด่าง เพื่อช่วยในการวิเคราะห์ว่า แอนโทไซยานินชนิดนั้นประกอบด้วยแอนโทไซยานิน น้ำตาล และกรดจะใช้เทคนิคการย่อยด้วยกรดและด่างเพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ชนิดของแอนโทไซยานินในกลีบดอกของกล้วย พบว่า มีแอนโทไซยานิน จำนวน 6 ชนิด ได้แก่ เพลาโกนิดิน ไซยานิดิน เดลฟินิดิน พีโอนิดิน เพทุนิดิน มอลวิดิน และบางตัวเป็นอะซิเลตเทตแอนโทไซยานินที่มีกรดซักซินิกเป็นส่วนประกอบ ปัจจุบันนี้มีการใช้เครื่องแมสสเปคโตรมิเตอร์เชื่อมต่อกับเครื่อง HPLC เพื่อวิเคราะห์ชนิดของแอนโทไซยานิน โดยสามารถตรวจสอบจากมวลโมเลกุลโดยใช้เครื่อง HPLC นำมาเชื่อมต่อกับ Photo diode array กับ แมสสเปคโตรมิเตอร์สอง เครื่องในการวิเคราะห์ชนิดสารแอนโทไซยานินใน Acerola และ Acai พบว่า การใช้แมสสเปคโตรมิเตอร์สองเครื่องมีประโยชน์ในการวิเคราะห์ชนิดของสารแอนโทไซยานินเป็นอย่างยิ่ง (อรุษา, 2554)

2.3.7 ความเสถียรภาพของแอนโทไซยานิน

ความเสถียรของแอนโทไซยานินจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีหมู่ methoxyls ในวง B-ring เพิ่มขึ้น และจะลดลงเมื่อมีหมู่ hydroxyls เพิ่มขึ้น ตัวที่เสถียรที่สุดของแอนโทไซยานินดิน คือ malvidin จากนั้นจะเป็น peonidin, petunidin, cyaniding และdelfinidin (Longo and Vasapollo, 2006) และพบว่า แอนโทไซยานินจะเสถียรที่สุด ที่ pH เป็นกรด การเกิด glycosylation และacylation ของน้ำตาลจะไปเพิ่มความเสถียรของสารแอนโทไซยานิน โดย diglycosides มีความเสถียรของแอนโทไซนินมากกว่า monoglycosides (Harborne, 1998)

ในสารละลายแอนโทไซยานิน ซึ่งมักพบอยู่ในรูปพื้นฐาน 4 รูป คือ flavylium cation, quinonoidal anhydrobase, carinol psudobase และchalcone pseudobase ซึ่งสัดส่วนของการเกิดขึ้นอยู่กับค่า pH flavylium cation จะเกิดขึ้นเมื่อสารละลายอยู่ในสภาวะเป็นกรดแก่เมื่อ pH เพิ่มขึ้น flavylium cation ซึ่งมีสีแดงจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปแอนโทไซยานินแบบอื่นๆ ซึ่งอาจมีสีหรือไม่มีสีก็ได้ ขึ้นอยู่กับวง A - ring และ B - ring ว่าเกิดการคอนจูเกตหรือไม่ที่ pH < 2 แอนโทไซยานินจะอยู่ในรูปของ flavylium cation (AH+) ซึ่งมีสีแดง เมื่อมีค่าของ pH เพิ่มขึ้น flavylium cation จะหายไปอย่างรวดเร็ว เนื่องจากเกิดการดึงโปรตอนออกจากหมู่-OH ที่ตำแหน่ง 5, 7 และ 4’ ทำให้เกิด

เป็นโครงสร้างที่เรียกว่า quinonoidal base โครงสร้างนี้สามารถดูดกลืนแสงได้ดีที่สุด ที่ความยาวคลื่นสูงกว่าเมื่ออยู่ในรูปของแคตไอออน

2.3.8 ปัจจัยที่มีผลต่อเสถียรภาพของแอนโทไซยานิน

สีของสารแอนโทไซยานินจะเปลี่ยนไปตาม pH ของสารละลายที่แอนโทไซยานินละลายอยู่ (ฉวีวรรณ และบุศกรณ์, 2531) ในสภาวะที่เป็นกรดสารแอนโทไซยานินจะอยู่ในรูป flavylium salt เป็นส่วนมากทำให้สารมีสีม่วงแดง ส่วนในสภาวะที่เป็นด่างแอนโทไซยานินจะอยู่ในรูปอื่นที่ไม่ให้สีม่วงแดงความสัมพันธ์ของ pH กับสีของแอนโทไซยานิน แสดงดังตารางที่ 2.3

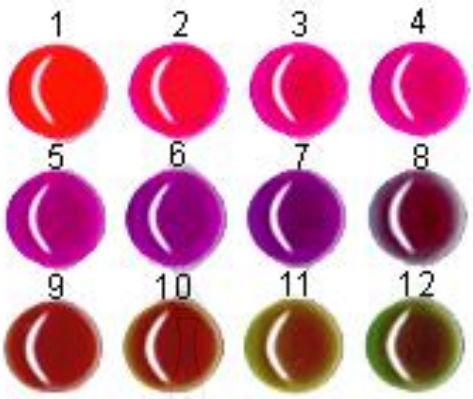
ตารางที่ 2.3 ความสัมพันธ์ของ pH กับสีของแอนโทไซยานิน

pH	color
1.0 - 4.0	red
4.0 – 6.0	bluish red
6.0 – 8.0	purple
8.0 – 12.0	dark blue
12.0 – 13.0	green
13.0 – 14.0	yellow

ที่มา: เรือนเงิน (2554)

2.3.8.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) พบว่า แอนโทไซยานิน มีเสถียรภาพดีเมื่ออยู่ในสารละลายที่มีค่า pH ต่ำ (นัยวิท, 2538) โดยสีของแอนโทไซยานินเปลี่ยนไปตามสภาวะความเป็นกรด-ด่าง เป็นสารที่ให้สีตั้งแต่สีน้ำเงินเข้มหรืออาจไม่มีสีเลยเมื่ออยู่สภาวะด่าง (pH>7) เปลี่ยนเป็นสีม่วงเมื่ออยู่ในสภาวะที่เป็นกลาง (pH=7) และเปลี่ยนเป็นสีแดงถึงแดงเข้มได้ในสภาวะเป็นกรด (pH<7) (นิศารัตน์, 2556) นอกจากการเปลี่ยนแปลงของระดับสีตามค่า pH แล้วค่าความเข้มของสี (color intensity) แปรผันตามค่า pH คือ มีความเข้มมากที่สุด ที่ pH 1.0 และลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อค่า pH เพิ่มสูงขึ้น โดยค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีผลทำให้โครงสร้างและสีของแอนโทไซยานินเปลี่ยนแปลงดังนี้

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



ภาพที่ 2.5 สีของสารแอนโทไซยานินกับการเปลี่ยนไปตามค่า pH
ที่มา: Fred (2015)

2.3.8.2 อุณหภูมิ (temperature) อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้แอนโทไซยานินสลายตัว โดยพบว่า แอนโทไซยานินที่ได้รับความร้อนจะเปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีน้ำตาลความเสถียรของสารแอนโทไซยานิน ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา โดยการเก็บรักษาสารแอนโทไซยานินที่อุณหภูมิต่ำ จะมีค่าครึ่งชีวิตมากกว่าการเก็บสารแอนโทไซยานินไว้ที่อุณหภูมิสูง ในอุตสาหกรรมจึงควรเก็บสารแอนโทไซยานินนี้ไว้ในอุณหภูมิต่ำกว่า 8 องศาเซลเซียส การศึกษาอุณหภูมิต่อการสลายตัวของแอนโทไซยานิน โดยสรุปว่าปฏิกิริยาสมดุลของโครงสร้างแอนโทไซยานินในรูปต่างๆขึ้นกับอุณหภูมิ

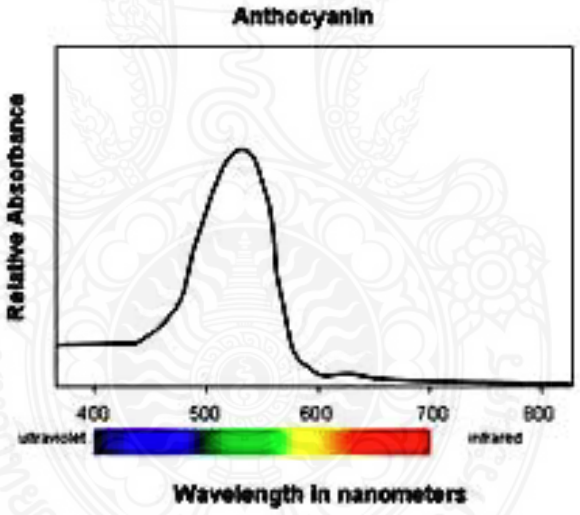
2.3.8.3 สมบัติการดูดกลืนแสงของแอนโธไซยานิน สารประกอบในกลุ่มฟลาโวนอยด์จะให้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ ความยาวคลื่น 2 ช่วง คือ 240-285 นาโนเมตร (nm) (band II) และช่วง 300-550 นาโนเมตร (nm) (band I) ดังตารางที่ 2.4 ซึ่งจะขึ้นอยู่กับธรรมชาติ และ oxygenation pattern ของโครงสร้างของสารประกอบฟลาโวนอยด์

ค่าการดูดกลืนแสงที่ 530 นาโนเมตร (nm) โดยจะมีความสัมพันธ์กับสีแดงที่เกิดจากเม็ดสีของแอนโทไซยานิน (Sim and Moris, 1984) และยังเป็นเครื่องที่เป็นตัวบ่งชี้ถึงปริมาณของสารแอนโทไซยานิน (Watada and Abbott, 1975) ดังภาพที่ 2.6

ตารางที่ 2.4 ช่วงการดูดกลืนแสงของสารแอนโทไซยานินและสารประกอบในกลุ่มฟลาโวนอยด์

band II (nm)	band I (nm)	type of flavonoid
250-280	310-350	Flavones
250-280	330-360	flavonol (3-OH substituted)
250-280	350-385	flavonols (3- OH free)
245-275	310-330	Isoflavones
	320 peak	isoflavones (5- deh ydroxy-6,7-dioxygenated)
275-295	300-330	flavanonea & dihydroflavanols
230-270	340-390	Chalcones
230-270	380-430	Aurones
270-280	465-560	anthocyanidin & anthocyanins

ที่มา: Markham (1982)



ภาพที่ 2.6 กราฟสเปกโตรแกรมแสดงการดูดกลืนแสงของสาร แอนโทไซยานิน

ที่มา: Watada and Abbott (1975)

2.3.8.4 ออกซิเจน เป็นสาเหตุที่ทำให้แอนโทไซยานินถูกทำลายได้เร็วขึ้น โดยจะเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation reaction) (นัยวิท, 2538; Jackman and Smith, 1996; Von Elbe and Schwartz, 1996)

Von Elbe and Schwartz (1996) ได้ศึกษาน้ำองุ่นบรรจุขณะร้อนในขวดแก้ว ซึ่งการบรรจุขณะร้อนในขวดแก้วเป็นการทำให้ช่องว่างเหนือน้ำองุ่นที่บรรจุในขวดแก้ว (Headspace)

เกิดสภาวะสุญญากาศ จากการศึกษาพบว่า สีของน้ำองุ่นเกิดการเปลี่ยนแปลงสีจากสีม่วงเป็นสีน้ำตาล มีการเปลี่ยนแปลงช้าลง ออกซิเจนจะทำให้สีแอนโทไซยานินเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำผลไม้จึงต้องผลิตภายใต้สภาวะสุญญากาศ

Wrolstad and Skrede (2002) รายงานว่า ผลิตภัณฑ์ที่มีสารแอนโทไซยานินเป็นองค์ประกอบควรเลือกบรรจุภัณฑ์ที่ป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจน เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้สารแอนโทไซยานินถูกทำลายเนื่องจากออกซิเจนในระหว่างการเก็บรักษา และระว่างการรอจำหน่าย

2.3.8.5 แสงสว่าง เป็นตัวเร่งให้แอนโทไซยานินถูกทำลายเร็วขึ้น (Jackman and Smith, 1996; Von Elbe and Schwartz, 1996)

Sankat และคณะ (2000) ได้ศึกษาผลของแสงสว่างที่มีผลต่อความคงตัวของสารแอนโทไซยานินที่ผิวของผลทับทิม โดยแบ่งผลทับทิมออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 เก็บรักษาผลทับทิมที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ในที่มืด ส่วนกลุ่มที่ 2 เก็บรักษาผลทับทิมที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ในที่มีแสงฟลูออเรสเซนต์ ที่ความสว่าง 153.7ลักซ์ โดยทั้งสองกลุ่มทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน เมื่อครบ 30 วันแล้ว จึงนำผลทับทิมมาแยกเอาเฉพาะผิวของผลทับทิมจำนวน 0.1 g มาสกัดด้วยสารละลายไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1.0% ในเมทานอล จำนวน 50 ml ผสมกับน้ำแล้วนำมาใส่ในเครื่องปั่น จะทำการปั่นเป็นเวลา 30 วินาที หลังจากนั้นนำมากรองเอาเฉพาะส่วนใสของสารสกัดผิวผลทับทิมมา 10 ml มาวัดค่าการดูดกลืนของแอนโทไซยานิน โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 535 นาโนเมตร (nm) และได้ทำการสกัดของผิวผลทับทิมสดหลังการเก็บเกี่ยวทันทีมาวัดค่าการดูดกลืนแสงได้เท่ากับ 0.642 ในสภาวะการเก็บรักษาผลทับทิมที่มีแสงฟลูออเรสเซนต์วัดค่าการดูดกลืนแสงของแอนโทไซยานินลดลงเหลือเท่ากับ 0.019 ส่วนสภาวะการเก็บรักษาผลทับทิมในที่มืดค่าการดูดกลืนแสงของแอนโทไซยานินลดลงเช่นกัน แต่มีอัตราการสลายตัวต่ำกว่าสภาวะที่มีแสง วัดการดูดกลืนแสงของแอนโทไซยานินได้เท่ากับ 0.166 ดังนั้นการเก็บรักษาผลทับทิมที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ในที่มืด เมื่อวัดการดูดกลืนแสง จะมีค่าการดูดกลืนแสงของแอนโทไซยานินมากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ในที่มีแสงฟลูออเรสเซนต์

2.3.9 ประโยชน์ของแอนโทไซยานิน

2.3.9.1 ใช้ทำสีผสมอาหารในอุตสาหกรรมต่างๆ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มาจากธรรมชาติ

2.3.9.2 ช่วยลดอาการอักเสบในทางเดินปัสสาวะ โดยไปขัดขวางไม่ให้แบคทีเรียที่ทำให้เกิดอาการอักเสบในทางเดินปัสสาวะ เกาะผนังกระเพาะปัสสาวะได้

2.3.9.3 เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่เป็นสาเหตุของการก่อมะเร็ง ซึ่งเซลล์ร่างกายจะถูกคุกคามด้วยสารอนุมูลอิสระที่สามารถเปลี่ยน DNA ในร่างกายให้เป็นเซลล์มะเร็งได้ตลอดเวลา โดยแอนโทไซยานิน จะช่วยยับยั้งการสร้างเส้นเลือดฝอยไม่ให้ไปเลี้ยงเซลล์มะเร็งได้

2.3.9.4 สามารถที่จะช่วยเปลี่ยน LDL-cholesterol ที่เป็นโทษต่อร่างกายและเพิ่มปริมาณ HDL-cholesterol ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อร่างกาย โดยเป็นตัวกำจัดการเกิดออกซิเดชันของ LDL ซึ่งเป็นตัวสำคัญในขบวนการเกิดแผ่นไขมัน

2.3.9.5 ช่วยลดการรวมตัวเป็นก้อนของเกล็ดเลือด (platelet aggregation) ซึ่งทำให้เลือดมีความข้นน้อยลงป้องกันโรคหัวใจวาย และอัมพฤกษ์ได้

2.3.9.6 เป็นสารต้านโรคภูมิแพ้ชนิดต่างๆ

2.3.9.7 ร่างกายสามารถใช้วิตามินซีได้มากขึ้นถ้ามีแอนโทไซยานินอยู่ด้วย

2.3.9.8 ช่วยให้เส้นเลือดฝอยแข็งแรงขึ้นและรักษาเส้นโลหิตฝอยที่ถูกทำลาย

2.3.9.9 เพิ่มประสิทธิภาพในการมองเห็นป้องกันโรคต้อหิน และต้อกระจก

2.3.9.10 ช่วยป้องกันการสูญเสียความทรงจำระยะสั้นในวัยชรา

2.3.9.11 ช่วยลดอาการอักเสบอันเนื่องจากเส้นเลือดขอด (เรือนเงิน, 2554)

คุณสมบัติเด่นที่สุดของแอนโทไซยานิน คือ ประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ โดยสารแอนโทไซยานินมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าวิตามินซีและอีถึง 2 เท่า ปริมาณของสารแอนโทไซยานินที่มนุษย์บริโภคได้จะเฉลี่ยสูงสุด คือ 200 mgต่อวัน (กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2553)

2.4 หญ้าหวาน

2.4.1 นิยาม

หญ้าหวาน (Stevia) จัดเป็นพืชเศรษฐกิจตัวใหม่ชนิดหนึ่ง เนื่องจากใบหญ้าหวานประกอบด้วยสารให้ความหวานที่สามารถทดแทนน้ำตาลได้เป็นอย่างดี เพราะมีความหวานมากกว่าน้ำตาล 250 – 300 เท่า แต่เป็นสารที่ให้พลังงานต่ำมากเมื่อเทียบกับน้ำตาล จึงเหมาะสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน หรือ ผู้ต้องการลดความอ้วน ดังนั้นปัจจุบันจึงมีการใช้สารสกัดจากใบหญ้าหวานมากขึ้น โดยเฉพาะในระดับอุตสาหกรรมอาหาร และเครื่องดื่มที่ต้องปรับตัวให้เข้ากับความต้องการของผู้บริโภค

ชื่อสามัญ Stevia, Yaawaan
ชื่อวิทยาศาสตร์ *Stevia rebaudiana Bertoni M.*
ชื่อวงศ์ *Compositae* หรือ *Asteraceae*
ชื่อท้องถิ่นไทย หญ้าหวาน

ภาพที่ 2.7 หญ้าหวาน
ที่มา : ไมตรี (2540)

2.4.2 ถิ่นกำเนิด และการแพร่กระจาย

หญ้าหวานเป็นพืชพื้นเมืองแถบประเทศอเมริกาใต้ โดยเฉพาะในประเทศปารากวัย และบราซิล ชื่อเดิมที่ชาวพื้นเมืองปารากวัยเรียก คือ kar-he-e หรือภาษาสเปน เรียกว่า yerba ducle แปลว่า สมุนไพรหวาน เป็นสมุนไพรชาวพื้นเมืองปารากวัย และบราซิล ใช้ผสมในอาหาร หรือเครื่องดื่ม เพื่อเพิ่มความหวาน หรือชงเป็นชาดื่ม ที่เรียกว่า (มะเตะ) มานานมากกว่า 400 ปี หญ้าหวาน ถูกนำเข้ามาปลูกในประเทศไทยครั้งแรกในภาคเหนือของประเทศประมาณปี พ.ศ.2518 ทั้งนี้ ในช่วงแรก ไทยยังไม่มีโรงงานสกัดสารให้ความหวานจากหญ้าหวาน ทำให้ต้องสั่งจากต่างประเทศ โดยเฉพาะอุตสาหกรรมที่ต้องใช้สารให้ความหวานเป็นส่วนผสม ซึ่งมีราคาค่อนข้างสูง ประมาณ 4,350-5,000 บาท : กิโลกรัม ปัจจุบันเริ่มมีการตั้งโรงงานสกัดหญ้าหวานในไทยแล้ว อาทิ บริษัท ซูกาเวีย จำกัด จังหวัดนครราชสีมา บริษัทมีแปลงปลูกหญ้าหวานเอง รวมถึงรับซื้อจากเกษตรกรผู้ปลูกในพื้นที่ใกล้เคียง และบริษัท หญ้าหวานคัมปนี จำกัด ตั้งอยู่ในจังหวัดระยอง ในอนาคตคาดว่าจะมีโรงงานรับซื้อหญ้าหวานเพิ่มขึ้นในทุกภาค

2.4.3 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

2.4.3.1 ลำต้น

หญ้าหวาน เป็นพืชล้มลุกอายุหลายปี ลำต้นแตกกิ่งสาขาตั้งแต่ระดับโคนต้น ทำให้แลดูเป็นทรงพุ่มเตี้ย สูงประมาณ 30-90 เซนติเมตร ลำต้นตั้งตรง มีลักษณะทรงกลม เปลือกลำต้นสีเขียวอ่อน หุ้มติดกับแกนลำต้น แกนเนื้อไม้เป็นไม้เนื้ออ่อน เปราะหักง่าย

2.4.3.2 ใบ

หญ้าหวานเป็นพืชใบเลี้ยงคู่ แตกใบออกเดี่ยวๆ เรียงตรงข้ามกันเป็นคู่ตามลำต้น และกิ่ง และเหนือซอกใบจะแตกยอดสั้นๆทั้งสองข้าง แต่ละใบมีรูปหอยกลับ ซึ่งมีความกว้าง

ประมาณ 1-1.5 เซนติเมตร ยาวประมาณ 3-4 เซนติเมตร แผ่นใบเรียบ สีเขียวสด ขอบใบหยักเป็นฟันเลื่อย และงุ้มเข้ากลางแผ่นใบ เมื่อเคี้ยวหรือต้มน้ำดื่มจะมีรสหวานจัด

2.4.3.3 ดอก

หญ้าหวานออกดอกเป็นช่อที่ปลายยอด มีก้านดอกสั้น กลีบดอกมีจำนวน 5 กลีบ รูปหอกหรือรูปไข่ แผ่นกลีบดอกมีสีขาว ด้านในมีเกสรตัวผู้สีเหลืองอมน้ำตาล และเกสรตัวเมีย 1 อัน ที่มีก้านเกสรสีขาวยาวยื่นออกมาจากกลางดอกคล้ายหนวดปลาดุก ทั้งนี้ หญ้าหวานจะออกดอกตลอดปี ในฤดูฝนจะออกดอกสีม่วง ส่วนฤดูอื่นๆ ออกดอกสีขาว

2.4.3.4 ผล

ผลเป็นผลแห้งขนาดเล็ก ไม่ปริแตก ภายในมีเมล็ดเดี่ยวจำนวนมาก เมล็ดสีดำ และมีขนปุยปกคลุม

2.4.4 ประโยชน์หญ้าหวาน

สาร stevioside เป็นสารให้รสหวานจัด แต่ให้ความชุ่มคอได้ดีกว่าน้ำตาลทราย และให้ความหวานมากกว่าเป็น 250 – 300 เท่าโดยน้ำหนัก

สารสกัดจากหญ้าหวาน หรือสาร stevioside จะถูกร่างกายเผาผลาญเป็นพลังงานน้อยมาก เพราะเป็นสารให้พลังงานต่ำมาก จึงไม่ทำให้อ้วน เหมาะสำหรับคนไข้ ผู้ป่วยโรคเบาหวาน

คนที่เป็นโรคไขมันสูงในเลือด และผู้ที่ต้องการลดความอ้วน นอกจากนี้ พวกจุลินทรีย์ต่างๆ ก็ไม่ใช้สารนี้เป็นอาหาร จึงไม่เป็นสาเหตุทำให้อาหารบูดเน่าได้

อีกทั้งมีคุณสมบัติช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในปากหลายชนิด จึงไม่ทำให้อาหารหรือเครื่องดื่มที่เก็บไว้นานเกิดการบูดเน่า ไม่ทำให้ฟันผุหรือเหงือกบวมอักเสบได้ง่าย จึงมีการใช้ผสมในอาหาร และเครื่องดื่ม รวมถึงผสมในยาสีฟันหรือยาบ้วนปาก เพื่อแต่งรส และช่วยป้องกันโรคฟันผุ

นอกจากนี้ การปรุงอาหารที่ใช้สารสกัดจากใบหญ้าหวาน เมื่อสารสกัดถูกความร้อน สารเหล่านี้ จะไม่ทำให้อาหารเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาลคล้ำ และไม่ทำให้สารชูรสอื่นๆ เช่น ผงชูรส เกลือ น้ำตาลทราย น้ำส้ม และเมนทอล เปลี่ยนแปลงรสไปจากเดิม แต่กลับกลมกลืนกันได้ดี (ไมตรี, 2540)

การใช้สารสกัดจากหญ้าหวานพบมากในภาคอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอุตสาหกรรมผลิตอาหาร และเครื่องดื่ม ซึ่งใช้ในรูปของผงสกัดของสาร stevioside นอกจากนั้น ยังพบใช้สารสกัดจากใบหญ้าหวานมากในระดับครัวเรือนหรืออุตสาหกรรมขนาดเล็ก สำหรับใส่ในผลิตภัณฑ์อาหาร ขนมหวาน และเครื่องดื่ม ซึ่งมักสกัดเองด้วยการต้มด้วยน้ำ

2.4.5 สรรพคุณหญ้าหวาน

2.4.5.1 สารสกัดน้ำจากใบใช้เป็นยาคุมกำเนิด

2.4.5.2 ใบหรือน้ำต้มจากใบช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด ช่วยป้องกัน และรักษาโรคเบาหวาน

2.4.5.3 ใบนำมาเคี้ยวหรือต้มน้ำดื่ม ใช้เป็นยาต้านเชื้อที่เป็นสาเหตุของโรคฟันผุ

2.4.5.4 หญ้าหวานให้พลังงาน และมีไขมันน้อย ทำให้ช่วยลดไขมันในเส้นเลือด และสามารถช่วยลดความอ้วนได้

2.4.5.5 ช่วยลดความเสี่ยงการเกิดโรคในระบบหัวใจ และหลอดเลือด

2.4.5.6 หญ้าหวานช่วยสมานแผล ช่วยลดน้ำหนองไหลจากแผล ทำให้แผลแห้ง และหายเร็ว

2.4.6 การสกัดผงให้ความหวานจากหญ้าหวาน

การคัดเลือกใบหญ้าหญ้าหวานแห้ง จะคัดเลือกจากสภาพความชื้นของหญ้าหวาน ถ้ามีความชื้นมากกว่า 10% จะไม่นำมาสกัด เพราะการสกัดหญ้าหวานที่ได้ผลดีจะต้องใช้หญ้าหวานที่มีความชื้นต่ำ การสกัดสารให้ความหวานให้เป็นผง หากใช้หญ้าหวานแห้ง 1,000 กิโลกรัม จะสกัดผงสารให้ความหวานประมาณ 100 กิโลกรัม หากใบหญ้าหวานมีความชื้นสูงจะได้ผงสารให้ความหวานน้อยลง

2.4.7 ขั้นตอนสกัดผงหญ้าหวาน

การสกัดสารให้ความหวานจากใบหญ้าหวาน สามารถสกัดด้วยน้ำ หรือใช้ตัวทำละลาย ได้แก่ เมทานอล หรือเอทานอล ซึ่งอาจใช้น้ำอย่างเดียวหรือใช้ร่วมกันก็ได้ วิธีเหล่านี้ มีความสะดวกง่าย และไม่มีสารตกค้างในผลิตภัณฑ์ มีขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 คือ นำใบหญ้าหวานที่แห้งความชื้นไม่เกิน 10% มาหั่นให้ละเอียด (ไม่ต้องบดเป็นผง) พร้อมกับผสมน้ำลงไปด้วยอัตราส่วน 1:10 คือ หญ้าหวานแห้ง 1 กิโลกรัม ต้องใช้น้ำประมาณ 10 กิโลกรัม จากนั้น นำไปต้มโดยใช้ไฟปานกลางที่อุณหภูมิประมาณ 65 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการต้มนาน 10 ชั่วโมง หลังจากนั้นหยุดต้มให้ปล่อยทิ้งไว้อีก 10 ชั่วโมง ซึ่งหลังทิ้งไว้น้ำต้มจะเปลี่ยนเป็นสีดำ ทั้งนี้ การต้มใบหญ้าหวานแห้งในน้ำร้อน (Heating) จะทำให้สารให้ความหวานหรือสติวิโอไซด์ละลายออกมาเป็นสารละลาย

ขั้นตอนที่ 2 คือ นำน้ำต้มใบหญ้าหวานไปกำจัดสีดำออกด้วยระบบ Electrolysis (แยกสารอินทรีย์) จนได้น้ำต้มที่มีลักษณะใส จากนั้นเติมสารเบต้าไซโคเดกติน (β-Cyclodextrin) เพื่อช่วยในตกตะกอนของกากใบหญ้าหวาน ทำให้ได้น้ำต้มหญ้าหวานที่ใสมากขึ้น

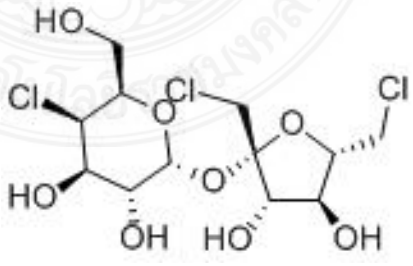
ขั้นตอนที่ 3 คือ นำน้ำต้มเข้าสู่กระบวนการทำให้เข้มข้น (Concentrate) และทำบริสุทธิ์ (Pre-Purify) โดยนำน้ำต้มไปให้ความร้อนเพื่อระเหยน้ำหรือตัวทำละลายออกที่อุณหภูมิประมาณ 45 องศาเซลเซียส ความดัน 70 มิลลิบาร์ จนได้สารให้ความหวานที่อยู่ในรูปไซรัป (สารให้ความหวานที่เข้มข้น และหนืด) จากนั้นนำไปวิเคราะห์ค่าความหวานด้วย เครื่อง Colorimeter อ่านค่าเป็น $^{\circ}$Brix (องศาบริกซ์) ของรสหวานจากไซรัป ซึ่งควรมีค่าประมาณ 30 $^{\circ}$Brix

ขั้นตอนที่ 4 คือ นำไซรัปไปทำให้แห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยทำผง (Powder) ซึ่งจะได้ผงสีขาวละเอียดออกมา โดยจะมีความบริสุทธิ์ของสารให้ความหวานประมาณ 93% และมีความชื้นเล็กน้อย 2–5% จากนั้นนำผงสารให้ความหวานไปทดสอบคุณภาพ ก่อนบรรจุในถุง ถุงละ 10 กิโลกรัม เพื่อเตรียมส่งลูกค้าต่อไป

ภาพที่ 2.8 ผงหญ้าหวาน
ที่มา : พิกุล (2556)

2.5 ซูคราโลส

ซูคราโลสเป็นสารให้ความหวานสังเคราะห์ (artificial sweetener) ที่เตรียมจากน้ำตาลซูโครส โดยนำน้ำตาลซูโครสมาปรับปรุงโครงสร้างให้ร่างกายไม่สามารถย่อยได้ โดยแทนที่กลุ่มไฮดรอกซิล 3 ตำแหน่งด้วยอะตอมคลอไรด์ ทำให้มีโครงสร้างคล้ายน้ำตาลแต่ร่างกายไม่สามารถย่อยได้จึงไม่ให้พลังงาน และไม่ทำให้ฟันผุ มีรสชาติหวานคล้ายน้ำตาลซูโครสมาก แต่ยังมีรสหวานตกค้าง (lingering sweetness) อยู่นานกว่าซูโครสเล็กน้อย เมื่อใช้ในปริมาณที่เท่ากัน ซูคราโลสให้รสหวานมากกว่าน้ำตาลซูโครส 600 เท่า (Grotz และคณะ, 2012) โดยไม่มี bitter aftertaste สามารถละลายน้ำได้ดี ไม่มีผลต่อระดับน้ำตาลในเลือดหรือระดับอินซูลินจึงนิยมใช้ในอาหารสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก สามารถใช้ปรุงอาหารและขนมทุกชนิด และทนความร้อนสูงมาก เป็นสารให้ความหวานที่ปลอดภัย ได้รับการรับรองโดย สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของประเทศไทย และสหรัฐอเมริกา (USFDA) (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2557) ปริมาณที่บริโภคต่อวันสำหรับซูคราโลสที่สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของประเทศสหรัฐอเมริกากำหนดคือ ควรบริโภคไม่เกิน 5 มก./กก. น้ำหนักร่างกาย (ADA Evidence Analysis Library, 2011) สูตรโครงสร้างซูคราโลสดังภาพที่ 2.7

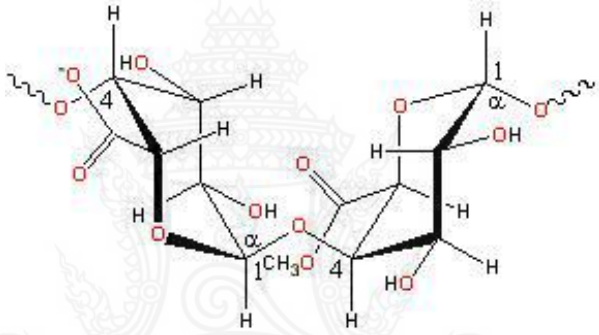


ภาพที่ 2.9 สูตรโครงสร้างซูคราโลส
ที่มา : นิรนาม (ม.ป.ป.)

2.6 เพคติน

เพคตินเป็นสารประกอบคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนสารประกอบเพคตินประกอบด้วยกลุ่มของกรดกาแล็กทูโรนิก (Galacturonic acid) เชื่อมต่อด้วยพันธะ 1, 4 อย่างน้อย 100 หน่วยขึ้นไป ดังภาพที่ 2.10 นอกจากนี้เพคตินยังประกอบด้วยน้ำตาล เช่น แอล-อะราบิโนส (L-arabinose) ดี-กาแล็กโตส (D-galactose) แอล-แรมโนส (L-rhamnose) พบอยู่ในส่วนของมิลเดิลลาเมลลา (Middle lamella) และผนังเซลล์ (Cell wall) เนื้อเยื่อที่พบสารพวกนี้ คือ ส่วนของเปลือก แกนเยื่อขาวของเปลือกส้ม ส่วนในเนื้อจะพบในปริมาณน้อย นอกจากนี้ยังพบว่าแหล่งของเพคตินที่สำคัญ คือ แอปเปิ้ล และเปลือกส้ม

เพคตินที่พบในผลไม้ดิบอยู่ในรูปแคลเซียมเพคเตต (Calcium pectate) และโปรโตเพคติน (Protopectin) และเมื่อผลสุกจะอยู่ในรูปที่สามารถละลายน้ำได้ (รัชนาภรณ์ และคณะ, 2544)



ภาพที่ 2.10 โครงสร้างโมเลกุลของเพคติน
ที่มา : ไพบูลย์ (2532)

การเกิดเจลของเพคตินจะเกิดได้เมื่อมีเพคตินมาต่อเชื่อมเข้าด้วยกันเป็นโครงร่างแห 3 มิติขึ้น โดยมีน้ำตาลเป็นตัวดึงน้ำออกจากโมเลกุลเพคติน ส่วนกรดจะทำให้โมเลกุลของเพคตินเปลี่ยนสภาพเป็นของแข็งที่ยืดหยุ่นได้ ลักษณะความแข็งแรงของเจลขึ้นกับความแข็งแรง และความต่อเนื่องของร่างแห โดยจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น ปริมาณเพคติน ปริมาณน้ำตาล ค่า pH

2.6.1 กลไกการเกิดเจลจากเพคติน แบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

2.6.1.1 เพคตินเจล เป็นเพคตินที่เกิดจากเพคตินที่มีกลุ่มเมททอกซิลสูงเนื่องจากเพคตินมีคุณสมบัติชอบน้ำ (Hydrophilic) เมื่อละลายในน้ำจะเกิดพันธะระหว่างเพคตินกับน้ำได้สารละลายที่ข้นหนืด เพคตินที่มีกลุ่มคาร์บอกซิลส่วนใหญ่เกิดเป็นเอสเทอร์ และส่วนน้อยเป็นคาร์บอกซิลอิสระจะมีคุณสมบัติเป็นกรดอ่อน และจะแตกตัวมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่า pH ที่ pH สูงจะแตกตัวได้มากขึ้น ของเหลวจะหนืดแต่ไม่เกิดเจล เจลจะเกิดขึ้นเมื่อเพคตินมาต่อเชื่อมเข้าด้วยกันเกิดโครงสร้างร่างแห 3 มิติ ซึ่งกรณีนี้จะเกิดขึ้นได้เมื่อมีการเติมน้ำตาลลงไปเพื่อดึงน้ำออกจากเพคตินและลดค่า pH ให้อยู่ในช่วง 2.9-3.4 ด้วยการเติมกรด ทำให้กลุ่มคาร์บอกซิลลดการแตกตัว โมเลกุลของเพคตินจะเปลี่ยนแปลงสภาพเป็นของแข็งมีความยืดหยุ่น (ตกตะกอน) กลุ่มโพลาร์ (Polar group)

ของเพคตินที่อยู่ใกล้กันจะเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไฮโดรเจน (H-bond) เกิดเป็นร่างแห 3 มิติ ที่กักของเหลวไว้ภายใน (ไพบูลย์, 2532)

2.7 การกลั่นสุญญากาศ

2.7.1 หลักการ

การกลั่นสุญญากาศ เป็นการใช้การระเหยสารตัวอย่างที่เป็นของเหลว โดยการกลั่นเพื่อแยกตัวทำละลายที่ผสมอยู่ออกจากจากสารที่สนใจ ทำให้สารที่สนใจเข้มข้นขึ้นโดยตัวทำละลายที่ละลายสารที่สนใจจะถูกทำให้กลายเป็นไอ ด้วยระบบสุญญากาศจาก Pump และให้ความร้อนแก่ตัวอย่าง เพื่อทำให้การกลายเป็นไอง่ายขึ้น จากนั้นไอสารละลายจะผ่าน condenser ที่มีระบบหล่อเย็น ทำให้ไอสารความควบแน่นกลายเป็นของเหลว ไหลลงสู่ receiving ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ

2.7.1.1 ส่วนการให้ความร้อนและกลั่นแยกสาร

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการระเหยสารตัวอย่าง โดยกลั่นเพื่อแยกตัวทาละลายที่ผสมอยู่สามารถควบคุมความเร็วในการหมุนได้ และมีอ่างให้ความร้อนที่สามารถใช้กับของเหลวที่เป็นน้ำหรือน้ำมัน ในกรณีอุณหภูมิช่วงที่เหมาะสม อยู่ที่ตั้งแต่ 20-85 องศาเซลเซียส และกรณีน้ำมันใช้อุณหภูมิได้ถึง 250 องศาเซลเซียส

2.7.1.2 ส่วนที่ทำสุญญากาศภายในระบบ

เป็นส่วนทำสุญญากาศภายในระบบส่วนใหญ่เป็นแบบ Pump สุญญากาศสามารถควบคุมความดันได้แต่ตั้งแต่ ความดันบรรยากาศถึง 0 มิลลิบาร์

2.7.1.3 ส่วนที่การควบคุมอุณหภูมิภายในระบบ

เป็นอ่างน้ำหมุนเวียนที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ต่ำกว่าอุณหภูมิห้อง ช่วงการปรับอุณหภูมิที่เหมาะจากประสบการณ์ที่มีควรอยู่ในช่วงที่น้ำไม่เป็นน้ำแข็ง (มากกว่า 0 องศาเซลเซียส หากใช้อุณหภูมิใกล้จุดเยือกแข็งของน้ำมากเกินสารควบแน่นออกมาดีขึ้น) ถึงไม่เกิน 10 องศาเซลเซียส (ห้างหุ้นส่วนจำกัดเอส พี ซายด์, ม.ป.ป.)

2.8 การสกัดสาร (extraction)

การสกัดสาร (extraction) เป็นกระบวนการแยกสารออกจากของผสม โดยใช้ตัวทำละลายสกัด (extraction solvent) ซึ่งมีอยู่ 2 ชนิด คือ

ชนิดที่ 1 สารอินทรีย์ สามารถใช้สำหรับการสกัดสารไม่มีขั้ว (nonpolar) หรือสารที่มีขั้วปานกลาง (moderately polar) ออกจากสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย (aqueous solution)

ชนิดที่ 2 น้ำ หรือสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย (aqueous solution) ใช้สำหรับสกัดสารที่มีขั้วออกจากสารละลายอินทรีย์

ตัวทำละลายที่มักนิยมใช้สกัดสารโพลีฟีนอล ได้แก่ acetone, acetonitrile, methanol และ ethanol ในสภาวะกรดเล็กน้อย และethyl acetate ธรรมชาติของตัวทำละลายที่ใช้สกัดต้องดูความ

เหมาะสมกับตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ ตัวทำละลายที่ไม่เหมาะสม คือ ethyl acetate และ acetone เช่นในการสกัดสารที่มีซัลเฟตเป็นองค์ประกอบ (จงกลนี และนุจารี, 2537)

2.8.1 รูปแบบการสกัด แบ่งออกเป็น 2 วิธี

2.8.1.1 solid – liquid extraction เป็นการสกัดโดยการใช้ตัวทำละลายสกัดสารออกจากของผสมที่เป็นของแข็ง โดยกระบวนการนี้จะใช้มากในการสกัดสารอินทรีย์จากพืช ซึ่งการสกัดแบบนี้แบ่งออกเป็น 5 วิธี ดังนี้

วิธีที่ 1 การสกัดแบบซอกเลต (soxhlet extraction) วิธีนี้เป็นวิธีสกัดของแข็งด้วยของเหลวแบบต่อเนื่อง โดยอาศัยการหมุนเวียนของตัวทำละลายที่ระเหยและควบแน่น ซึ่งอุณหภูมิในการสกัดต้องสูงพอที่จะระเหยตัวทำละลายได้

วิธีที่ 2 การสกัดแบบแช่ (soaking extraction) วิธีนี้เป็นการสกัดโยการแช่สารตัวอย่างรวมกับตัวทำละลายในภาชนะปิด ทิ้งไว้เป็นระยะเวลาหนึ่ง เพื่อให้สารสกัดต่างๆ ที่ต้องการถูกสกัดออกมา เขย่าเป็นครั้งคราว เมื่อครบกำหนดกรองแยกกากออกจากสารละลายที่สกัด

วิธีที่ 3 การสกัดแบบ percolation (percolation extraction) เป็นการสกัดโดยการแช่สารตัวอย่างในตัวทำละลายที่ใช้สกัดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ภายในภาชนะที่สกัด หลังจากนั้นให้ตัวทำละลายเคลื่อนผ่านสารตัวอย่างตามแรงโน้มถ่วงของโลกด้วยอัตราการไหลที่สม่ำเสมอ จนสารละลายที่สกัดได้มีสีซีดจางจึงหยุดการสกัด

วิธีที่ 4 การสกัดแบบกวนรวมกับตัวทำละลาย (solvent extraction) ซึ่งการสกัดโดยวิธีนี้ทำได้โดยการนำสารตัวอย่างที่แห้งและบดละเอียดใส่รวมกับตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด จากนั้นกวนด้วยความเร็ว 1,000 รอบต่อนาที แล้วแยกเอาส่วนที่เป็นของเหลวออก ส่วนของกากนำไปสกัดให้ครบ 3 ครั้ง

วิธีที่ 5 การสกัดโดยการเขย่า (shake extraction) จะเป็นการนำสารตัวอย่างใส่รวมกับตัวทำละลายในภาชนะปิด จากนั้นเขย่าด้วยความเร็ว 150 รอบต่อนาที มาเป็นระยะเวลาหนึ่งเมื่อครบกำหนด จึงกรองแยกกากออกจากสารละลายที่สกัดได้ (Gailliot, 1998)

2.8.1.2 liquid-liquid extraction เป็นการสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย สกัดสารออกจากของผสมที่เป็นของเหลว โดยกระบวนการแยกของสาร เกิดจากตัวถูกละลายหรือสารที่ต้องการสกัดมีความสามารถในการกระจายตัวใน 2 เฟสได้ต่างกัน เช่น สารตัวอย่างที่ประกอบด้วย สาร X และสาร Y ละลายอยู่ในสารละลาย a เมื่อนำสารละลาย a ผสมกับสารละลาย b พบว่า สาร X และสาร Y จะเกิดการกระจายตัวอย่างรวดเร็วในสารละลาย a และสารละลาย b จนเกิดสมดุลขึ้น จะได้ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของโมเลกุลสารตัวอย่างที่อยู่ในแต่ละเฟสคือ a และ b เป็นไปตามกฎการแจกแจง ดังนี้

$$K_x = \frac{C_a}{C_b}$$

เมื่อ K_x คือ ค่าสัมประสิทธิ์การแจกแจง (distribution coefficient)

C_a คือ ความเข้มข้นของสาร X ที่อยู่ในเฟส a

C_b คือ ความเข้มข้นของสาร X ที่อยู่ในเฟส b

กระบวนการแยกสารจะเกิดขึ้นเมื่อสารที่ต้องการแยกมีค่า K ต่างจากสาร อื่นๆ ที่ไม่ต้องการ เช่น ถ้า $K_X > K_Y$ แสดงว่า อัตราส่วนของสาร X จะอยู่ที่เฟส a มากกว่าสาร Y ทำให้สามารถแยกสาร X ออกจากสาร Y ได้ แต่ถ้าค่า K_X และ K_Y มีค่าใกล้เคียงกัน การแยกสารจะไม่ได้ผล เนื่องจากมีสาร Y เจือปนอยู่มาก

2.8.2 การสกัดด้วยตัวทำละลาย (solvent extraction)

การสกัดวิธีนี้ เป็นวิธีการแยกสารโดยอาศัยสมบัติการละลายของสารในตัวทำละลาย หรือวิธีการใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสารที่ต้องการออกจากของผสมนั้น (ศิริพร, 2545) หลักการเลือกตัวทำละลายให้เหมาะสมกับสารที่ต้องการแยก

2.8.2.1 ตัวทำละลายสามารถละลายสารที่ต้องการสกัดได้

2.8.2.2 ตัวทำละลายจะต้องไม่ละลายสารอื่นๆ ที่เราไม่ต้องการสกัด

2.8.2.3 ตัวทำละลายจะต้องไม่ทำปฏิกิริยากับสารที่เราต้องการสกัด

2.8.2.4 ตัวทำละลายสามารถแยกออกจากสารที่เราต้องการสกัดได้ง่าย

2.8.2.5 ตัวทำละลายไม่เป็นพิษ และมีราคาถูก

2.9 การพาสเจอร์ไรส์

2.9.1 นิยาม

พาสเจอร์ไรส์เป็นการตั้งชื่อเพื่อให้เกียรติแก่นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศสที่มีชื่อว่า หลุยส์ ปาสเตอร์ (Louis Pasteur) ซึ่งเป็นคนแรกที่คิดค้นการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ในไวน์ ระหว่างปี พ.ศ. 2407-2408 โดยการใช้ความร้อนประมาณ 50-60 องศาเซลเซียส ซึ่งการค้นพบนี้ก่อให้เกิดประโยชน์อย่างมากในการถนอมอาหาร (food preservation) และในปี พ.ศ.2434 นักวิทยาศาสตร์ชื่อ ซอกเลต (Soxhlet) จึงได้นำวิธีการนี้มาใช้เพื่อการพาสเจอร์ไรส์น้ำนม

การพาสเจอร์ไรส์อาหารที่ใช้โดยทั่วไปจะใช้ความร้อนจึงจัดเป็นการแปรรูปด้วยความร้อน (thermal processing) วิธีหนึ่ง ซึ่งปกติจะใช้ความร้อนอยู่ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส แต่อาจจะใช้กระบวนการอื่นเพื่อการพาสเจอร์ไรส์ได้ เช่น การฉายรังสี (irradiation) การใช้ความดันสูง (high pressure) การให้ความร้อนวิธีโอมห์มิก (Ohmic heating)

2.9.2 วัตถุประสงค์ของการพาสเจอร์ไรซ์

การทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค (pathogen) ทุกชนิดและเอนไซม์ (enzyme) ที่เป็นสาเหตุให้อาหารเสื่อมเสีย เป็นวิธีการถนอมอาหาร (food preservation) เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร ทำให้อาหารปลอดภัยต่อการบริโภค

เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการพาสเจอร์ไรส์ต้องเพียงพอที่จะทำลายจุลินทรีย์ก่อโรคที่ทนต่อความร้อนให้ปลอดภัยต่อการบริโภค ในระยะเวลาการเก็บรักษาที่กำหนด ตัวอย่างเช่น อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้เพื่อการพาสเจอร์ไรส์น้ำนมระบบ (low temperature long time, LTLT) คือ 62.8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที สามารถทำลายจุลินทรีย์ก่อโรค ได้แก่ Mycobacterium tuberculosis ซึ่งทำให้เกิดวัณโรค และ Coxiella burnetti ซึ่งทำให้เกิดโรค Q fever นอกจากนี้ความร้อนยังเพียงพอที่จะทำลาย ยีสต์ (yeast) รา (mold) แบคทีเรียแกรมลบ และแบคทีเรียแกรมบวกหลายชนิด แต่มีจุลินทรีย์ 2 กลุ่มที่อาจจะมีชีวิตรอดจากการทำลายด้วยการพาสเจอร์ไรส์ คือ จุลินทรีย์ที่ทนต่อความร้อน (thermoduric microorganism) และจุลินทรีย์ที่ชอบเจริญ ที่อุณหภูมิสูง (thermophilic microorganism) จึงต้องเก็บรักษาอาหารที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์แล้วไว้ที่อุณหภูมิต่ำ (cold storage) หรือหากต้องการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ต้องใช้วิธีการถนอมอาหารอื่นร่วมด้วย เช่น การลดวอเตอร์แอคทิวิตี (water activity, aw) การใช้น้ำตาล เกลือ ความเข้มข้นสูง การปรับให้เป็นกรด (acidification) การใช้สารกันเสีย (preservative) เป็นต้น

2.9.3 กรรมวิธีการพาสเจอร์ไรส์

การพาสเจอร์ไรส์อาหารที่โดยทั่วไป จะใช้ความร้อนในการพาสเจอร์ไรส์จึงจัดเป็นการแปรรูปด้วยความร้อน (thermal processing) ซึ่งปกติจะใช้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส แต่อาจจะใช้กระบวนการอื่นเพื่อสารพาสเจอร์ไรซ์ได้ เช่น การฉายสี (irradiation) การใช้ความดันสูง (high pressure) การให้ความร้อนวิธีโอมห์มิก (Ohmic heating) เป็นต้น โดยวิธีของการพาสเจอร์ไรซ์มี 2 วิธี

2.9.3.1 วิธีใช้ความร้อนต่ำ - เวลานาน (LTLT : Low Temperature - Long Time) วิธีนี้ใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 62.8 - 65.6 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เมื่อผ่านความร้อนโดยใช้เวลาตามที่กำหนดแล้ว ต้องเก็บอาหารไว้ในที่เย็นซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า 72 องศาเซลเซียส กรรมวิธีการนี้นอกจากจะทำลายแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคแล้วยังยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ย่อยไขมันชนิดไลเปส (Lipase) ซึ่งเป็นตัวการทำให้เกิดกลิ่นหืนในน้ำนมด้วย

2.9.3.2 วิธีใช้ความร้อนสูง - เวลาสั้น (HTST : High Temperature - Short Time) วิธีนี้ใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่าวิธีแรก แต่ใช้เวลาน้อยกว่าคืออุณหภูมิ 71.1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วินาที อาหารที่ผ่านความร้อนแล้วจะได้รับการบรรจุลง กล่องหรือขวดโดยวิธีปราศจากเชื้อแล้วนำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส

2.9.4 ประเภทของการพาสเจอร์ไรส์

2.9.4.1 การพาสเจอร์ไรส์ที่ผ่านการบรรจุแล้ว

การพาสเจอร์ไรส์อาหารเหลวบางชนิด เช่น เบียร์และน้ำผลไม้ จะทำหลังจากการบรรจุลงภาชนะแล้ว สำหรับอาหารที่บรรจุขวดแก้วต้องบรรจุน้ำด้วยเพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกะทันหัน (thermal shock) ซึ่งจะทำให้เกิดรอยร้าวของบรรจุภัณฑ์ ความแตกต่างสูงสุด

ระหว่างอุณหภูมิของบรรจุภัณฑ์และน้ำที่ภาชนะแก้วจะทนได้ คือ 20 องศาเซลเซียส สำหรับการให้ความร้อน และ 10 องศาเซลเซียส สำหรับการทำให้เย็น การพาสเจอร์ไรส์อาหารในบรรจุภัณฑ์ประเภทโลหะหรือพลาสติกจะใช้ส่วนผสมของไอน้ำ และอากาศหรือน้ำร้อนเพราะมีความเสี่ยงต่อการแตกร้าวต่ำในทุกกรณีอาหารจะถูกทำให้เย็นลง เพื่อระเหยน้ำบนผิวบรรจุภัณฑ์ และป้องกันการเกิดสนิมภายนอกหรือที่ฝา และเพื่อเร่งให้ฉลากติดได้เร็วขึ้น กระบวนการนี้มีทั้งแบบกะและแบบต่อเนื่อง เครื่องมือที่ง่ายที่สุกจะประกอบด้วยอ่างน้ำร้อนซึ่งจะให้ความร้อนแก่อาหารที่บรรจุแล้วและวางในภาชนะที่อุณหภูมิและเวลาที่กำหนด หลังจากนั้นจะมีการปล่อยน้ำเย็นเข้าไปเพื่อทำให้อาหารเย็นลง สำหรับในระบบแบบต่อเนื่องจะมีสายพานเพื่อลำเลียงอาหารที่บรรจุแล้วเข้าไปในหน่วยให้ความร้อน และหน่วยทำให้เย็น

ระบบพาสเจอร์ไรส์อื่นอาจจะประกอบด้วยอุโมงค์ที่แบ่งหน่วยให้ความร้อนเป็นหลายๆ หน่วยมีการพ่นละอองน้ำซึ่งละเอียดมากเพื่อให้ความร้อนแก่อาหารในบรรจุภัณฑ์ บนสายพานที่ผ่านเข้ามาในแต่ละหน่วย อุณหภูมิของอาหารจะเพิ่มสูงขึ้นจนถึงอุณหภูมิที่ทำให้เกิดการพาสเจอร์ไรส์อย่างสมบูรณ์ในส่วนการทำให้เย็นจะมีละอองน้ำฉีดลงมาเช่นกัน การหมุนเวียนน้ำทำได้โดยน้ำในส่วนของการให้ความร้อนเบื้องต้นซึ่งจะเย็นลงโดยการแลกเปลี่ยนความร้อนกับอาหารที่ผ่านเข้ามาและในส่วนการทำให้เย็นซึ่งจะร้อนขึ้นโดยการแลกเปลี่ยนความร้อนกับอาหารที่มีอุณหภูมิสูงหลังจากได้รับความร้อน ข้อดีของการใช้อุโมงค์ไอน้ำในการพาสเจอร์ไรส์ คือ การให้ความร้อนที่เร็วกว่า และใช้เวลาในการให้ความร้อนอาหารสั้นกว่าเครื่องที่มีขนาดเล็กอุณหภูมิในหน่วยให้ความร้อนจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นโดยการลดปริมาณของอากาศในส่วนผสมของไอน้ำและอากาศ การทำให้เย็นทำได้โดยการฉีดละอองน้ำหรือโดยการแช่ผลิตภัณฑ์ลงในอ่างน้ำเย็น

2.9.4.2 การพาสเจอร์ไรส์อาหารเหลวก่อนการบรรจุ

การพาสเจอร์ไรส์อาหารเหลวบางชนิดในปริมาณไม่มากนัก อาจใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบมีใบมีดปาดผิวหรือใช้หม้อเปิดในการต้มก็ได้ อย่างไรก็ตามในการพาสเจอร์ไรส์ของเหลวที่มีความหนืดต่ำก่อนการบรรจุในปริมาณมาก เช่น นม ผลิตภัณฑ์นม น้ำผลไม้ ไข่เหลว เบียร์ และไวน์ นิยมใช้เครื่องที่ทำงานได้อย่างต่อเนื่อง เช่น การใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น สำหรับน้ำผลไม้ ไวน์ ผลิตภัณฑ์บางอย่างจำเป็นต้องมีขั้นตอนการกำจัดอากาศออกเพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ในระหว่างการเก็บรักษาอาหารเหลวเหล่านี้จะถูกฉีดพ่นเข้าไปในภาชนะสุญญากาศและอากาศจะถูกกำจัดออกไปด้วยปั๊มสุญญากาศก่อนการพาสเจอร์ไรส์

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นประกอบด้วยแผ่นเหล็กสเตนเลสบางๆ หลายแผ่นวางประกบและยึดกันโดยกรอบโลหะ การประกอบเรียงกันเช่นนี้จะทำให้เกิดช่องขนานกันระหว่างแผ่นอาหารเหลวและตัวกลางถ่ายเทความร้อน เช่น น้ำร้อนหรือไอน้ำจะถูกปั๊มผ่านช่องเหล่านี้สลับกัน โดยส่วนใหญ่จะไหลในลักษณะสวนทางกัน (counter-current flow) แผ่นโลหะทั้งหมดจะถูกปิดแน่นด้วยยางสังเคราะห์เพื่อป้องกันการผสมกันระหว่างผลิตภัณฑ์และตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนและการทำให้เย็น แผ่นโลหะมีลักษณะเป็นลูกฟูกเพื่อชักนำให้ของเหลวไหลแบบเทอร์บุเลนซ์ร่วมกับการปั๊มด้วยความเร็วสูง ทำให้สามารถช่วยลดความหนาของฉนวนฟิล์ม และทำให้สัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อน (3,000 - 11,500 วัตต์ : เมตร : เคลวิน) มีค่าสูงขึ้น

ในกระบวนการพาสเจอร์ไรส์อาหารจะถูกปั๊มจากบาลานซ์แท็งค์ไปยังหน่วยรีเจนเนอเรชั่น ซึ่งจะร้อนขึ้นด้วยการถ่ายเทความร้อนจากอาหารที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ อาหารจะมีอุณหภูมิสูงถึงอุณหภูมิที่กำหนดไว้ในหน่วยให้ความร้อน และอยู่ในท่อพาสเจอร์ไรส์ตามระยะเวลาที่กำหนด เพื่อให้เกิดการที่จะทำพาสเจอร์ไรส์ที่สมบูรณ์ ถ้าอุณหภูมิของอาหารยังเพิ่มขึ้นไม่ถึงอุณหภูมิของการพาสเจอร์ไรส์ วาล์วไหลกลับจะเปิดให้อาหารไหลกลับไปยังบาลานซ์แท็งค์ เพื่อกลับเข้ามาผ่านการพาสเจอร์ไรส์ใหม่ ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์แล้วจะถูกทำให้เย็นในส่วนของรีเจอเนอเรชั่นซึ่งในขณะเดียวกันก็จะเป็นส่วนของการให้ความร้อนเบื้องต้นแก่อาหารที่ส่งเข้ามาด้วย และถูกทำให้เย็นต่อไปด้วยน้ำเย็นหรืออาจใช้น้ำเย็นจัดต่อไป ในส่วนของการทำให้เย็นการ ใช้ระบบนำความร้อนกลับมาใช้ใหม่เช่นนี้ทำให้สามารถประหยัดพลังงานได้มาก โดยความร้อนกว่า 95% จะถูกนำมาใช้ใหม่ (พิมพ์เพ็ญ และคณะ, ม.ป.ป.)

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ณัฐกาญจน์ และคณะ (2561) โครงงานพิเศษนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณเปลือกมะนาวที่เหมาะสมในการผลิตขนมเปียกปูนจากเปลือกมะนาว ศึกษาปริมาณสารสกัดไคโตซานที่เหมาะสมในการยืดอายุการเก็บรักษาขนมเปียกปูนจากเปลือกมะนาว ศึกษาการลดปริมาณแป้งข้าวจ้าวที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมเปียกปูนจากเปลือกมะนาวที่ใช้สารสักไคโตซานในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์และศึกษาเปรียบเทียบอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ขนมเปียกปูนสูตรพื้นฐาน ผลิตภัณฑ์ขนมเปียกปูนจากเปลือกมะนาวที่มีสารสกัดไคโตซานไม่ได้ลดแป้ง และผลิตภัณฑ์ขนมเปียกปูนจากเปลือกมะนาวที่มีสารสกัดไคโตซานลดแป้ง จากการศึกษาปริมาณเปลือกมะนาวที่เหมาะสมในการผลิตขนมเปียกปูนจากเปลือกมะนาว พบว่าปริมาณเปลือกมะนาวที่เหมาะสมในการผลิตขนมเปียกปูนจากเปลือกมะนาวอยู่ที่ 12% ของส่วนผสมทั้งหมด มีค่าสี L^*=47.74±1.14 a^*=-1.82±0.07 และb^*=25.59±0.40 ซึ่งผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบปานกลาง ศึกษาปริมาณสารสกัดไคโตซานที่เหมาะสมโดยที่สารสกัดไคโตซานอยู่ที่ 0.07% ของปริมาณส่วนผสมทั้งหมด สามารถเก็บรักษาได้เป็นเวลานาน 72 ชั่วโมง โดยมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และจำนวนยีสต์ ราไม่เกินตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนและกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์กำหนด ศึกษาการลดปริมาณแป้งข้าวจ้าวที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ พบว่า การลดแป้งข้าวจ้าวที่ 40% มีลักษณะใกล้เคียงกับขนมเปียกปูนชนิดอ่อนมากที่สุด จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสที่ 7.00±1.34 คือระดับความชอบปานกลาง และศึกษาเปรียบเทียบอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ขนมเปียกปูนสูตรพื้นฐาน ผลิตภัณฑ์ขนมเปียกปูนจากเปลือกมะนาวที่มีสารสกัดไคโตซานไม่ได้ลดแป้ง และผลิตภัณฑ์ขนมเปียกปูนจากเปลือกมะนาวที่มีสารสกัดไคโตซานลดแป้ง พบว่าอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ขนมเปียกปูนที่ไม่ใส่สารสกัดไคโตซานมีอายุการเก็บรักษาได้เพียง 24 ชั่วโมง ซึ่งแตกต่างกับขนมเปียกปูนจากเปลือกมะนาวที่มีสารสกัดไคโตซานแต่ไม่ได้ลดแป้ง และผลิตภัณฑ์ขนมเปียกปูนจากเปลือกมะนาวที่มีสารสกัดไคโตซานลดแป้ง ที่มีอายุการเก็บรักษาเท่ากันคือ 72 ชั่วโมง

ธงชัย และคณะ (2554) ศึกษาอายุการเก็บและผลของความเข้มข้นของไคโตซานที่มีต่อเต้าหู้นมสด พบว่า เต้าหู้นมสดที่วางจำหน่ายในท้องตลาด มีอายุการเก็บ 10 วัน ที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เพื่อยืดอายุการเก็บเต้าหู้นมสดให้นานขึ้นด้วยสารละลายไคโตซาน โดยการเติม

สารละลายไคโตซานเข้มข้น 2% ลงในส่วนผสม เต้าหู้นมสดปรับให้ความเข้มข้นของไคโตซานในส่วนผสมเป็น 0.03, 0.05 และ 0.07% พบว่า เมื่อเติมไคโตซานสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา โคลิฟอร์ม *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* ได้ แต่ไม่มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้าน สี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวมของเต้าหู้นมสด ความเข้มข้นที่เหมาะสมของไคโตซานในการยืดอายุเต้าหู้นมสด คือ 0.05% สามารถเก็บได้อย่างน้อย 14 วัน

นภัสสร และเบญจวรรณ (2559) กระเจี๊ยบแดงเป็นหนึ่งในยาสมุนไพรที่มีการใช้ประโยชน์ อย่างมากมายคนไทยส่วนใหญ่มักนำดอกกระเจี๊ยบแดงมาทำเครื่องดื่มช่วยดับกระหายคลายร้อนและรสชาติที่เปรี้ยวๆ ของกระเจี๊ยบแดงก็ช่วยทำให้ชุ่มคอ ผลสดจะมีรสเปรี้ยวชาวบ้านจะเอาไป ปรุงรสแกงส้ม หรือเอาไปต้มเคี่ยวกวนกับน้ำตาลทำเป็นน้ำเชื่อมการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณน้ำกระเจี๊ยบแดงเข้มข้นต่อน้ำเชื่อมที่เหมาะสม เนื่องจากกระเจี๊ยบแดงเป็นยาสมุนไพรที่มีประโยชน์มาก จึงได้นำมาพัฒนาเป็นน้ำเชื่อมกระเจี๊ยบแดงเพื่อเพิ่มคุณประโยชน์ให้กับน้ำเชื่อมเป็นการตอบสนองแก่ผู้บริโภคที่รักสุขภาพโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block, RCBD) และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความข้นหนืด) และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการชิม 9 Point Hedonic Scale ผู้ชิมจำนวน 70 คน และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ จากการศึกษาพบว่าปริมาณน้ำกระเจี๊ยบแดงเข้มข้นต่อน้ำเชื่อมที่เหมาะสม คือ 10% ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับมากที่สุด โดยมีคะแนนค่าเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความข้นหนืด) และความชอบโดยรวม 7.46, 7.67, 7.31, 7.66, 7.60 และ7.80 ตามลำดับ ซึ่งผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำเชื่อมกระเจี๊ยบแดง 92.86%

เพลงพิณ และคณะ (2558) งานวิจัยมีวัตถุประสงค เพื่อประเมินประสิทธิภาพของฟลมจากไคโตซานในการยืดอายุการเก็บรักษา ผลน อยหนา การทดลองนำน อยหนาพันธุเพชรปากชองที่มีขนาด สี รูปราง น้ำหนัก ที่ใกลเคียงกัน ไมมีตำหนิ ไมพบการเขาทำลายของเชื้อโรคมาหอหุมดวยฟลมที่ผลิตจากไคโตซานที่มีความเขมขน 3 ระดับ คือ 1.0, 1.5 และ 2.0% และนำผลนอยหนาเก็บรักษาไวที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบวา ชุดที่หอหุมดวยไคโตซานทุกความเขมขนสามารถยืดอายุการเก็บรักษา ลดการสูญเสีย น้ำหนัก ชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกนอยหนา ชะลอการเกิดสีน้ำตาล ชะลอการเปลี่ยนแปลง ความแนนเนื้อ เพิ่มปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได และปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตรเตรทได นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบระหวางความเขมขนที่ตางกัน พบวาชุดที่หอหุมดวยไคโตซานความเขมขน 2% สามารถรักษาคุณภาพระหวางการเก็บรักษาของน อยหนาพันธุเพชรปากชองไดดีที่สุด ดังนั้นการประยุกตใชฟลมผลิตจากไคโตซานในการหอหุมผิวนอยหนาพันธุเพชรปากชองแทนการใชกระดาษจึงเปนอีกทางหนึ่งในการรักษาคุณภาพของผลนอยหนา อีกทั้งชวยยืดอายุผลนอยหนาในระหวางการเก็บรักษา และการขนสงอีกดวย

วชิรวิทย์ และคณะ (2559) การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำหวานเข้มข้นกลิ่นองุ่นโดยใช้ผลสีจากซังข้าวโพดสีม่วงลูกผสมแอนโทไซยานินสูงพันธุ์ KPSC 901 มีแอนโทไซยานินซึ่งเป็นสารให้สีและมีประโยชน์ต่อสุขภาพเป็นส่วนประกอบเครื่องดื่มนี้เป็นทางเลือกทดแทนสำหรับผู้บริโภคที่ดื่มน้ำหวานที่ใช้สีสังเคราะห์ในการแต่งสีซึ่งอาจมีอันตรายและไม่มีประโยชน์

จากสารสกัดธรรมชาติ ผลิตภัณฑ์ชนิดเข้มข้นที่พัฒนาได้มีค่าสี ความสว่าง (L*) 26.53 ความอิ่มตัวของสี (C*) 66.61 และค่าของสี (h°) 34.87 องศาเซลเซียส มีค่าของความเป็นกรด-เบส 2.31 ค่า a_w 0.81 ปริมาณแอนโทไซยานิน และฟีนอลิกรวม 15.55 และ 100.00 มิลลิกรัม : 100 มิลลิลิตร ตามลำดับ สูตรที่เหมาะสมเมื่อเจือจาง 1:4 แล้วมีปริมาณน้ำตาล 12.00 กรัม : 100 มิลลิลิตร และกรดซิตริก 0.35 กรัม : 100 มิลลิลิตร ผู้บริโภคยอมรับ 87% ตัดสินใจซื้อ 71% และ เมื่อเสนอข้อมูลคุณประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ทำให้ผู้บริโภคยอมรับและตัดสินใจซื้อเป็น 100 และ 90% ตามลำดับ

สุกัญญา ยาเสร็จ (2554) ไคโตซานเป็นพอลิเมอร์ชีวภาพชนิดหนึ่งซึ่งเป็นอนุพันธ์ของไคติน เตรียมได้จากการลดหมู่อะซีติลของไคติน (Deacetylation) ที่ได้จากเปลือกกุ้ง เปลือกปู แกนปลาหมึกและผนังเซลล์ของเชื้อราบางชนิด ทำการตัดทอนโมเลกุลของไคโตซานด้วยการฉายรังสีแกมมาในช่วง 10 ถึง 100 กิโลเกรย์ ในรูปแบบของแข็งซึ่งเป็นวิธีที่ง่าย สะดวกและรวดเร็ว โดยที่โครงสร้างของไคโตซานไม่เปลี่ยนแปลง จากนั้นทำการละลายไคโตซานที่ได้จากการฉายรังสีแกมมาในกรดอะซิติก 2% (v/v) ให้ได้ความเข้มข้นสุดท้ายของสาระลายไคโตซานเป็น 1% (w/v) ปรับค่า pH ให้มีค่า 5.6 ด้วย 6 N โซเดียมไฮดรอกไซด์ แล้วทำการเคลือบไข่ไก่โดยการจุ่มแช่ในสารละลายไคโตซานเป็นเวลา 5 วินาที และศึกษาการเคลือบ 1, 2 และ 3 ชั้น พร้อมทำการประเมินคุณภาพของไข่ไก่ในส่วนของ pH ของไข่ขาว การสูญเสียน้ำหนัก ความสดของไข่ไก่ การแยกกันของไข่ขาว และไข่แดง และน้ำหนักของไข่ขาวและไข่แดง ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเฉลี่ย 30 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 0 ถึง 8 สัปดาห์ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ไข่ไก่ที่เคลือบด้วยไคโตซานที่ฉายรังสี 10 กิโลเกรย์ น้ำหนักโมเลกุล 492 กิโลดาลตัน เป็นช่วงที่เหมาะสมที่สุดในการเคลือบไข่ไก่ ซึ่งสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานถึง 6 สัปดาห์ เมื่อเทียบกับไข่ไก่ที่ไม่ได้เคลือบด้วยไคโตซาน ซึ่งเก็บได้เพียง 2 สัปดาห์เท่านั้นที่ยังคงคุณภาพดีที่สุด งานวิจัยนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับไข่ชนิดอื่นๆ รวมทั้งในกระบวนการอุตสาหกรรมผลิตไข่เพื่อใช้ในเชิงพาณิชย์ได้

อรุษา และคณะ (2552) ทำการศึกษาผลกระทบของ pH และอุณหภูมิ ต่อสีและความคงตัวของสารสกัดจากกระเจี๊ยบและอัญชัน พบว่า การเปลี่ยนแปลงของสีที่ปรากฏและความคงตัวของสารสกัดกระเจี๊ยบและสารสกัดอัญชันถูกประเมินขึ้นในช่วง pH ระหว่าง 1-12 โดยสารสกัดกระเจี๊ยบให้สีแดงที่ pH 1-3 และ 10-12 ในขณะที่สารสกัดอัญชันให้สีแดงที่ pH 1-2 สีม่วงที่ pH 3-6 และ 10-11 และสีเขียวที่ pH 7-9 และ 12 หลังจากนั้นเมื่อนำสารสกัดกระเจี๊ยบที่ pH 2 และ 10 สารสกัดอัญชันที่pH 2, 4, 6, 8 และ 10 มาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 และ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง พบว่า อุณหภูมิมีผลต่อความคงตัวของสารสกัดกระเจี๊ยบที่ pH 2 กับ 10 และสารสกัดอัญชันที่ pH 8 อย่างมีนัยสำคัญ โดยสีของสารสกัดอัญชันที่ pH 2-6 และ 10 มีความคงตัวสูง ฉะนั้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้ค่าครึ่งชีวิตของแอนโทไซยานินในสารสกัดมีค่าลดลง และ%ของสีของพอลิเมอร์มีค่าเพิ่มมากขึ้น

อัญชลี และคณะ (2558) ศึกษาการใช้ประโยชน์ของไคโตซานในการยืดอายุของอาหาร และเครื่องดื่ม พบว่า ไคโตซานได้รับความสนใจนำมาใช้ในกระบวนการผลิตน้ำผลไม้เนื่องจากมีคุณสมบัติในการจับกับกรดและมีประสิทธิภาพในการช่วยแยกอนุภาคแขวนลอย จึงทำให้น้ำผลไม้มีความใส ไคโตซานชนิดที่ละลายน้ำได้ช่วยลดความขุ่นของน้ำผลไม้หลายชนิด เช่น แอปเปิ้ล องุ่น มะนาว

และส้ม ได้ดีกว่าสารเบนโทไนท์ (Bentonite) และเจลาติน (Gelatin) ทำให้น้ำผลไม้น่ารับประทาน นอกจากนี้มีรายงานด้วยว่าไคโตซานที่ผลิตได้จากเห็ดรา (Fungal chitosan) มีประสิทธิภาพมากกว่าไคโตซานที่ผลิตได้จากเปลือกกุ้งในการลดความขุ่นข้นของน้ำแอปเปิ้ล ไคโตซานยังช่วยควบคุมความเป็นกรดของน้ำผลไม้ รวมทั้งป้องกันการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของน้ำผลไม้บางชนิด เช่น แอปเปิ้ลและแพร์ ตลอดจนยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์และยีสต์ที่เป็นสาเหตุของการบูดเสียของน้ำผลไม้ (No,HK., et al., 2007)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการ

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 กระเจี๊ยบแดงแห้ง พันธุ์ซูดาน จากร้านขายยาเอี้ยนนี่เถาะ ตลาดสำเพ็ง
3.1.2 ไคโตซานจากเปลือกกุ้ง จากบริษัท โบนาฟิเดส มาร์เก็ตติ้ง จำกัด
3.1.3 หญ้าหวานชนิดผง ตรากรีนสวีท สวีทเอฟ
3.1.4 ซูคราโลส จากบริษัท เคมีภัณฑ์ จำกัด
3.1.5 น้ำตาลทรายขาว ตราวังขนาย

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.2.1 เครื่องกลั่นสุญญากาศ ยี่ห้อ rotavapor รุ่น R-210
3.2.2 เครื่องปั่นเอนกประสงค์ ยี่ห้อ VITAMIX รุ่น DRINK MACHINE 2 SPEED
3.2.3 เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer) สเกล 0-100 องศาเซลเซียส
3.2.4 เครื่องชั่ง ความละเอียด 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ OHAUS รุ่น PA214 ประเทศอเมริกา
3.2.5 หม้อแสตนเลส
3.2.6 เตาแก๊ส
3.2.7 ผ้าขาวบาง
3.2.8 ถ้วยตวง
3.2.9 ถ้วย
3.2.10 ช้อน
3.2.11 ทัพพี
3.2.12 เหยือกแสตนเลส
3.2.13 ขวดแก้วสีชาพร้อมฝาปิด ขนาด 40 มิลลิลิตร (สำหรับเก็บสารสกัด)
3.2.14 ขวดแก้วใสพร้อมฝาปิด ขนาด 250 มิลลิลิตร (สำหรับบรรจุภัณฑ์)

3.3 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพ

3.3.1 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

3.3.1.1 เครื่องวัดค่าสี Spectrophotometer ยี่ห้อ KONIAMINOLTA รุ่น CM-3500d

3.3.1.2 เครื่องวัดค่าความหนืด Brookfield ยี่ห้อ Viscometer รุ่น DV-II+Pro

3.3.2 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

3.3.2.1 เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) ยี่ห้อ Sartorius รุ่น PB-10

3.3.2.2 เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง UV-Vis Spectrometer ยี่ห้อ CECIL รุ่น CE 2021 2000 series ประเทศอังกฤษ

3.3.2.3 เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ Hand Refractometer ($^{\circ}$Brix) ยี่ห้อ Ni รุ่น MNl 1125 ประเทศญี่ปุ่น สเกล 60-90 $^{\circ}$Brix

3.3.3 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

3.3.3.1 จานเพาะเชื้อที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว

3.3.3.2 ตะเกียงแอลกอฮอล์

3.3.3.3 ปิเปตฆ่าเชื้อ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร และ 1 มิลลิลิตร

3.3.3.4 ลูปเขี่ยเชื้อ

3.3.3.5 หลอดทดลอง

3.3.3.6 หลอดดักแก๊ส

3.3.3.7 แท่งแก้วรูปตัวแอล

3.3.3.8 บีกเกอร์ 250 มิลลิลิตร และ 600 มิลลิลิตร

3.3.3.9 ขวดปรับปริมาตรขนาด 1,000 มิลลิลิตร

3.3.3.10 แท่งแก้วคนสาร

3.3.3.11 Hot plate

3.3.3.12 พาราฟิล์ม

3.3.3.13 เครื่องเขย่าหลอดทดลอง (ยี่ห้อ HERMONY รุ่น VTX-3000L)

3.3.3.14 ตู้บ่มเชื้อ (incubator ยี่ห้อ BINDER รุ่น BD 115)

3.3.3.15 ตู้ปลอดเชื้อ (ยี่ห้อ Heal Force รุ่น A2)

3.3.3.16 หม้อนึ่งฆ่าเชื้อภายใต้ความดัน (ยี่ห้อ sanyo รุ่น lado Autoclave)

3.3.3.17 อาหารเลี้ยงเชื้อ PCA (Plate Count Agar)

3.3.3.18 อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA (Potato Dextrose Agar)

3.3.4 อุปกรณ์สำหรับการประมวลผลข้อมูล

3.3.4.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ และโปรแกรมทางสถิติ

3.4 วิธีการดำเนินการทดลอง

3.4.1 ศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดงที่ใช้สารให้ความหวานจากหญ้าหวาน

3.4.1.1 ศึกษาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นทางการค้า

ทำการเก็บข้อมูลส่วนผสมต่างๆ ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นตามท้องตลาด จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการผลิตผลิตภัณฑ์ต้นแบบ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่สามารถแข่งขันเชิงพาณิชย์ได้ โดยทำการสำรวจผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นในท้องตลาด และทำการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดงที่ใช้สารให้ความหวานจากหญ้าหวาน ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเป้าหมาย เพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ทำการพัฒนามีคุณลักษณะที่ใกล้เคียงผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นทางการค้า ซึ่งมีผลิตภัณฑ์ที่คัดเลือกมา จำนวน 4 ผลิตภัณฑ์ คือ

ผลิตภัณฑ์ A : น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสละ

ผลิตภัณฑ์ B : น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสตอเบอร์รี ชนิดที่ 1

ผลิตภัณฑ์ C : น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกุหลาบ

ผลิตภัณฑ์ D : น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสตอเบอร์รี ชนิดที่ 2

นำผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ได้ทั้ง 4 ผลิตภัณฑ์ มาทำการศึกษาคุณภาพทางกายภาพและทางเคมี โดยนำข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลต้นแบบในการผลิตและพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป

1) การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

1.1) ตรวจวัดค่าสี โดยวัดค่าการส่องผ่านของแสง (Transmittance) จากการทดลองวัดตัวอย่าง ทำการวัดตัวอย่างละ 5 ครั้ง ค่าที่วัดได้แก่ ค่าสี L* (ค่าความสว่างมีค่า 0 ถึง 100 โดย 0 หมายถึง วัตถุที่มีความมืดสีดำ 100 หมายถึง วัตถุที่มีความสว่างสีขาว) a* (+ หมายถึง วัตถุมีสีแดง, - หมายถึง วัตถุมีสีเขียว) และb* (+ หมายถึง วัตถุมีสีเหลือง, – หมายถึง วัตถุมีสีน้ำเงิน)

1.2) ตรวจวัดความหนืดจากเครื่องวัดความหนืด Brookfield Viscometer รุ่น DV-ll+Pro ทำการทดลองวัดตัวอย่างละ 5 ครั้ง และนำมาหาค่าเฉลี่ย โดยใช้หัววัดเบอร์ 01

2) การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

2.1) ตรวจวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ โดยทำการใช้เครื่อง Hand refractometer บันทึกค่าที่ได้เป็นหน่วย °Brix โดยปรับค่ามาตรฐานด้วยน้ำกลั่นก่อนทำการวัดทุกครั้ง ทำการวัดตัวอย่างละ 5 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

2.2) ตรวจวัดค่า pH โดยการนำตัวอย่างที่ได้มาทำการตรวจวัดค่า pH โดยปรับค่ามาตรฐานในการวัดแต่ละครั้งด้วยสารละลายมาตรฐานที่มีค่า pH เท่ากับ 4.00 7.00 และ 10.0 ตามลำดับ ทำการวัดตัวอย่างละ 5 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

3.4.1.2 สูตรพื้นฐานในการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากสารสกัดกระเจี๊ยบแดง

สูตรพื้นฐานในการผลิตน้ำหวานเข้มข้นจากสารสกัดกระเจี๊ยบแดงโดยใช้สารสกัดไคโตซานจากเปลือกกุ้งในการยืดอายุการเก็บรักษา จะทำการดัดแปลงมาจากสูตรของพรอุมา และชนกานต์ (2561) เรื่อง การพัฒนาน้ำหวานเข้มข้นจากสารสกัดกระเจี๊ยบแดง ส่วนผสมของสูตรพื้นฐานในการผลิตน้ำหวานเข้มข้นจากสารสกัดกระเจี๊ยบแดงโดยใช้สารสกัดไคโตซานในการยืดอายุการเก็บรักษา แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สูตรพื้นฐานในการผลิตน้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดงโดยใช้สารให้ความหวานจากหญ้าหวาน

ส่วนผสม	**กรัม**
สารสกัดกระเจี๊ยบแดง	8.85
ผงหญ้าหวานสำเร็จรูป	21.63
น้ำตาลทราย	40.80
เพคติน	2.02
น้ำ	64.00

ที่มา : ดัดแปลงจาก (พรอุมา และชนกานต์, 2561)

3.4.1.3 ศึกษาอัตราส่วนซูคราโลสทดแทนน้ำตาลทรายในการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากสารสกัดกระเจี๊ยบแดง

การศึกษาครั้งนี้ได้นำสูตรพื้นฐานจากข้อ 3.4.1.2 มาศึกษาปริมาณอัตราส่วนซูคราโลส : น้ำตาลทรายในการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากสารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่แตกต่างกันจำนวน 3 ระดับ คือ 60:40, 80:20 และ 100:0 ตามลำดับ ของอัตราส่วนของซูคราโลส : น้ำตาลทราย แสดงส่วนผสมดังตารางที่ 3.2 และนำมาผลิตน้ำหวานเข้มข้นแสดงดังแผนภาพที่ 3.2 โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomized Design, CRD) จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้มาทำการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ในด้านต่างๆ ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.2 ส่วนผสมปริมาณอัตราส่วนซูคราโลสทดแทนน้ำตาลทรายในผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดง จำนวน 3 ระดับ

ส่วนผสม	**ปริมาณอัตราส่วนซูคราโลสทดแทนน้ำตาลทราย (กรัม)**		
	60:40	**80:20**	**100:0**
สารสกัดกระเจี๊ยบแดง	8.8500	8.8500	8.8500
ซูคราโลส	**0.0408**	**0.0544**	**0.0680**
น้ำตาลทราย	**16.3200**	**8.1600**	**-**
ผงหญ้าหวานสำเร็จรูป	21.6300	21.6300	21.6300
น้ำ	64.0000	64.0000	64.0000
เพคติน	2.0200	2.0200	2.0200

วิธีการผลิตน้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดง

แผนภาพที่ 3.1 วิธีการผลิตน้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดง

ที่มา : ดัดแปลงจาก (พรอุมา และชนกานต์, 2561)

1) วิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ

1.1) ตรวจลักษณะของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ได้ โดยศึกษาอธิบายลักษณะของสี กลิ่น และความเหลวเข้มข้นของผลิตภัณฑ์

1.2) ตรวจวัดสีจากเครื่องวัดสี Spectrophotometer ยี่ห้อKONIAINOLTA รุ่น CM-3500 d โดยวัดค่าการส่องผ่านของแสง (Transmittance) ทำการทดลองวัดตัวอย่างละ 5 ครั้ง ค่าที่วัดได้แก่ ค่าสี L* (ค่าความสว่างมีค่า 0 ถึง 100 โดย 0 หมายถึง วัตถุที่มีความสว่างสีดำ 100 หมายถึง วัตถุที่มีความสว่างสีขาว) a* (+ หมายถึง วัตถุมีสีแดง, - หมายถึง วัตถุมีสีเขียว) b* (+ หมายถึง วัตถุมีสีเหลือง, - หมายถึง วัตถุมีสีน้ำเงิน) ใช้ทาเกตของแข็งในการวัด และนำมาหาค่าเฉลี่ย

1.3) ตรวจวัดความหนืดจากเครื่องวัดความหนืด Brookfield Viscometer รุ่น DV-ll+Pro ทำการทดลองวัดตัวอย่างละ 5 ครั้ง และนำมาหาค่าเฉลี่ย โดยใช้หัววัดเบอร์ 01

2) วิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี

2.1) ตรวจวัดค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH meter) นำตัวอย่างที่ได้มาทำการตรวจวัดค่าความเป็นกรด – ด่าง ด้วยเครื่อง pH meter โดยปรับค่ามาตรฐานในการวัดค่าแต่ละ

ครั้งด้วยสารละลายมาตรฐานที่มีความเป็นกรด – ด่าง เท่ากับ 4.00, 7.00 และ 10.0 ตามลำดับ ทำการทดลองวัดตัวอย่างละ 5 ครั้ง และนำมาหาค่าเฉลี่ย

2.2) ตรวจวัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นมาทำการวัดหาค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำโดยใช้เครื่อง Refractometer เลือกใช้สเกล 60-90 °Brix โดยการหยดสารละลายที่ต้องการทราบค่าบนแผ่นปริซึม ปิดด้วยแผ่นปิด แล้วส่องผ่าน ช่องที่มีแสงจะมองเห็นเป็นแถบสีที่ตัดกัน อ่านค่าตัวเลขได้ตามสเกลที่เครื่องกำหนดไว้

2.3) ตรวจวัดปริมาณสารแอนโทไซยานิน นำตัวอย่างที่ได้มาทำการตรวจวัดปริมาณสารแอนโทไซยานิน ด้วยตามวิธี pH Differential Method ของ AOAC, 2005 ทำการทดลองวัดตัวอย่างละ 5 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

3) วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

นำตัวอย่างที่ผลิตได้มาทำการเก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิที่ ±4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการเจือจางที่อัตราส่วนของน้ำหวานเข้มข้นจากสารสกัดกระเจี๊ยบแดง : น้ำเปล่า คือ 1:5 เสิร์ฟในปริมาณ 20-25 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ ±4 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไปวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 50 คน ซึ่งเป็นอาจารย์และนักศึกษาปริญญาตรี คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น กลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 – Point Hedonic Scale) นำไปเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of Variance – ANOVA) และวิเคราะห์หาค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

3.4.1.4 ศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดงที่ใช้สารให้ความหวานจากหญ้าหวานกับซูคราโลส

3.4.1.4.1 ศึกษาปริมาณสารสกัดไคโตซานที่เหมาะสมในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากสารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่ใช้สารให้ความหวานจากหญ้าหวานกับซูคราโลส

นำสูตรที่ดีที่สุด จากข้อ 3.4.1 มาทำการศึกษาหาปริมาณสารสกัดไคโตซานที่เหมาะสมในการยืดอายุการเก็บรักษาน้ำหวานเข้มจากสารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่ใช้สารให้ความหวานจากหญ้าหวานกับซูคราโลสจำนวน 4 ระดับ คือ 0, 0.05, 0.07 และ 0.09% ของปริมาณส่วนผสมทั้งหมด จากนั้นนำผลที่ได้มาทำเปรียบเทียบกับน้ำหวานเข้มข้นจากสารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่ไม่ได้ใส่สารสกัดไคโตซาน เนื่องจากสารสกัดไคโตซานจะละลายได้ดีที่ pH ≤ 4 (สุธิดา, 2552) นำมาศึกษาอายุการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ขวดแก้วใสขนาด 250 มิลลิลิตร (ขวดแก้วและฝาผ่านการต้มในน้ำเดือดนาน 5 นาที ก่อนนำมาใช้ในบรรจุ) จากนั้นทำการปิดฝาแล้วพาสเจอร์ไรส์เป็นเวลา 20 นาที (ดัดแปลงมาจากสลักจิตร, 2550) จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้มาทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิที่ ±4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง และทำการสุ่มตรวจทุกๆ สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ คือ 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ (ศุภมาศ, 2558) นำมาตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ดังต่อไปนี้

1) วิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ

1.1) ตรวจลักษณะของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ได้ โดยศึกษาอธิบายลักษณะของ สี กลิ่น และความเหลวเข้มข้นของผลิตภัณฑ์

1.2) ตรวจวัดสีจากเครื่องวัดสี Spectrophotometer ยี่ห้อ KONIAINOLTA รุ่น CM-3500 d โดยวัดค่าการส่องผ่านของแสง (Transmittance) ทำการทดลองวัดตัวอย่างละ 5 ครั้ง ค่าที่วัดได้แก่ ค่าสี L* (ค่าความสว่างมีค่า 0 ถึง 100 โดย 0 หมายถึง วัตถุที่มีความสว่างสีดำ 100 หมายถึง วัตถุที่มีความสว่างสีขาว) a* (+ หมายถึง วัตถุมีสีแดง, - หมายถึง วัตถุมีสีเขียว) b* (+ หมายถึง วัตถุมีสีเหลือง, - หมายถึง วัตถุมีสีน้ำเงิน) ใช้ทาเกตของแข็งในการวัด และนำมาหาค่าเฉลี่ย

1.3) ตรวจวัดความหนืด จากเครื่องวัดความหนืด Brookfield Viscometer รุ่น DV-ll+Pro ทำการทดลองวัดตัวอย่างละ 5 ครั้ง และนำหาค่าเฉลี่ย ใช้หัววัดเบอร์ 01

2) วิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี

2.1) ตรวจวัดค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH meter) นำตัวอย่างที่ได้มาทำการตรวจวัดค่าความเป็นกรด – ด่าง ด้วยเครื่อง pH meter โดยปรับค่ามาตรฐานในการวัดค่าแต่ละครั้งด้วยสารละลายมาตรฐานที่มีความเป็นกรด – ด่าง เท่ากับ 4.00, 7.00 และ 10.0 ตามลำดับ ทำการทดลองวัดตัวอย่างละ 5 ครั้ง และนำมาหาค่าเฉลี่ย

2.2) ตรวจวัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นมาทำการวัดหาค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำโดยใช้เครื่อง Refractometer เลือกใช้สเกล 60-90 $^{\circ}$Brix โดยการหยดสารละลายที่ต้องการทราบค่าบนแผ่นปริซึมปิดด้วยแผ่นปิด แล้วส่องผ่าน ช่องที่มีแสงจะมองเห็นเป็นแถบสีที่ตัดกัน อ่านค่าตัวเลขได้ตามสเกลที่เครื่องกำหนดไว้

2.3) ตรวจวัดปริมาณสารแอนโทไซยานิน นำตัวอย่างที่ได้มาทำการตรวจวัดปริมาณสารแอนโทไซยานิน ด้วยตามวิธี pH Differential Method ของ AOAC, 2005 ทำการทดลองวัดตัวอย่างละ 5 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

3) วิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ โดยใช้มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ฉบับที่ 485/2558 เป็นเกณฑ์ในการวิเคราะห์ คุณภาพทางจุลินทรีย์ ดังนี้

3.1) จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด

- ต้องไม่เกิน 1×10^4 CFU : มิลลิลิตร

3.2) ยีสต์และรา

- ต้องไม่เกิน 10 CFU : ตัวอย่าง 1 g

3.4.2 ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค (Consumer test) ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์การแปรรูปผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดงที่ใช้สารให้ความหวานจากหญ้าหวานกับซูคราโลส

นำผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้ไปทดลองตลาด (Consumer test) ทดสอบการยอมรับกับผู้บริโภค โดยใช้แบบสอบถาม ศึกษาแนวโน้มการตลาดเพื่อการจำหน่าย กลุ่มเป้าหมายเป็นบุคคลทั่วไป จำนวนละ 100 คน การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ โดยการนำผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้ (อัตราส่วนในการเจือจางน้ำหวานเข้มข้นจากสารสกัดกระเจี๊ยบแดง : น้ำเปล่า คือ 1:5 เสิร์ฟในปริมาณ 20-25 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ ±4 องศาเซลเซียส) ไปทดลองตลาด (Consumer test) ทดสอบการยอมรับกับผู้บริโภค ทำการใช้แบบสอบถามกับผู้บริโภคทั่วไป จำนวนผลิตภัณฑ์ละ 100 คน แบบ Central Location test (CLT) เป็นการทดสอบในชุมชน, ห้างสรรพสินค้า, มหาวิทยาลัย โดยให้ผู้บริโภค ทดสอบผลิตภัณฑ์แล้วตอบคำถามในแบบสอบถาม เพื่อศึกษาแนวโน้มการตลาด การกำหนดราคาเพื่อทราบถึงแนวโน้มในการยอมรับผลิตภัณฑ์ และทำการเก็บข้อมูลจากนั้นนำผลมาวิเคราะห์หา %

3.5 สถานที่ดำเนินการ

3.5.1 สถานที่ทำการทดลอง

3.5.1.1 เชิงปฏิบัติการ ณ ห้องปฏิบัติการสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร ห้องปฏิบัติการ 521, 621 และ 1401

3.5.1.2 เชิงทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ณ เป็นการทดสอบในชุมชนสำโรง และคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

3.6 ระยะเวลาดำเนินงาน

การทดลองครั้งนี้เริ่มตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2562 ถึง เดือนกันยายน พ.ศ. 2563

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 ผลการศึกษาคุณภาพทางด้านกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นตามท้องตลาด

ทำการสำรวจผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นตามท้องตลาด และทำการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากสารสกัดกระเจี๊ยบแดง ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นเป้าหมาย เพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ทำการพัฒนามีคุณลักษณะที่ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นตามท้องตลาด โดยมีผลิตภัณฑ์ที่คัดเลือกมา จำนวน 4 ผลิตภัณฑ์ คือ

ผลิตภัณฑ์ A : น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสละ

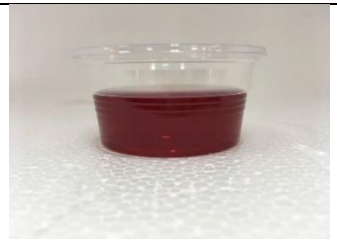
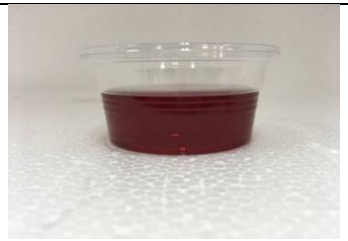
ผลิตภัณฑ์ B : น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสตอเบอร์รี ชนิดที่ 1

ผลิตภัณฑ์ C : น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกุหลาบ

ผลิตภัณฑ์ D : น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสตอเบอร์รี ชนิดที่ 2

ซึ่งนำผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นตามท้องตลาดทั้ง 4 ผลิตภัณฑ์ มาทำการทดสอบคุณภาพทางกายภาพและทางเคมี แสดงผลการศึกษาดังตารางที่ 4.1 และ 4.2

ตารางที่ 4.1 ลักษณะของน้ำหวานเข้มข้นตามท้องตลาด จำนวน 4 ผลิตภัณฑ์

คุณภาพทางกายภาพ	**ชนิดของน้ำหวานเข้มข้นตามท้องตลาด**			
	A	B	C	D
- ลักษณะของผลิตภัณฑ์				
	มีสีแดงเข้ม กลิ่นสละ มีความหนืดปานกลาง	มีสีแดงใส กลิ่นสตอเบอร์รี มีความหนืดปานกลาง	มีสีแดงใส กลิ่นกุหลาบ มีความหนืดปานกลาง	มีสีแดงใส กลิ่นสตอเบอร์รี มีความหนืดปานกลาง

หมายเหตุ : ผลิตภัณฑ์ A : น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสละ

ผลิตภัณฑ์ B : น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสตอเบอร์รี ชนิดที่ 1

ผลิตภัณฑ์ C : น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกุหลาบ

ผลิตภัณฑ์ D : น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสตอเบอร์รี ชนิดที่ 2

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นตามท้องตลาด จำนวน 4 ผลิตภัณฑ์

คุณภาพ	ชนิดน้ำหวานเข้มข้นตามท้องตลาด			
	A	B	C	D
ทางกายภาพ				
- ค่าสี				
L*	3.04±0.01[a]	2.13±0.01[d]	2.23±0.03[c]	2.58±0.01[b]
a*	18.36±0.03[a]	12.82±0.02[d]	13.85±0.14[c]	15.29±0.06[b]
b*	5.23±0.02[a]	3.67±0.01[d]	3.96±0.05[c]	4.45±0.01[b]
- ค่าความหนืด (cp)	82.73±0.64[d]	94.26±1.47[c]	100.28±0.58[b]	134.47±2.9[a]
ทางเคมี				
- ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH)	3.56±1.33[d]	3.78±1.21[c]	4.21±0.09[b]	4.35±0.24[a]
- ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์)[ns]	64.57±0.58	65.00±1.00	65.00±1.00	64.67±1.16

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

ns หมายถึง ค่าที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ผลิตภัณฑ์ A : น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสละ

ผลิตภัณฑ์ B : น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสตอเบอร์รี ชนิดที่ 1

ผลิตภัณฑ์ C : น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกุหลาบ

ผลิตภัณฑ์ D : น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสตอเบอร์รี ชนิดที่ 2

จากตารางที่ 4.1 ลักษณะของน้ำหวานเข้มข้นตามท้องตลาด จำนวน 4 ผลิตภัณฑ์ พบว่าด้านสีของชนิด A ที่มีกลิ่นสละ มีสีแดงเข้ม แต่ชนิด B ที่มีกลิ่นสตอเบอร์รี มีสีแดงใสและมีสีอ่อนกว่าชนิด A ส่วนชนิด C ที่มีกลิ่นกุหลาบ มีสีแดงใสและมีสีเข้มกว่าชนิด D และชนิด D ที่มีกลิ่นสตอเบอร์รี มีสีแดงอ่อนและใส ซึ่งน้ำหวานเข้มข้นทั้ง 4 ผลิตภัณฑ์ คือ ชนิด A, B, C และ D มีสีแดงเข้มและใส เนื่องจากวัตถุดิบหลักของน้ำหวานเข้มข้นมีสีไม่ได้เข้มมาก ด้านลักษณะของกลิ่นแต่ละผลิตภัณฑ์มีกลิ่นตรงตามวัตถุหลัก คือ ผลิตภัณฑ์ A น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสละ ผลิตภัณฑ์ B น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสตอเบอร์รี ชนิดที่ 1 ผลิตภัณฑ์ C น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกุหลาบ ผลิตภัณฑ์ D น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสตอเบอร์รี ชนิดที่ 2 ด้านลักษณะของความข้นหนืดมีลักษณะใกล้เคียงกัน

จากตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นตามท้องตลาด จำนวน 4 ผลิตภัณฑ์ พบว่า มีค่าความสว่าง (L*) อยู่ในช่วง 2.13 – 3.04 ค่าสีแดง (a*) อยู่ในช่วง 12.82 –18.36 ค่าสีเหลือง (b*) อยู่ในช่วง 3.67 – 44.5 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) คุณภาพทางเคมี พบว่า ทั้ง 4 ชนิด ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ในช่วง 3.56-4.35 ด้านปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้อยู่ในช่วง 64.57-65.00 องศาบริกซ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.2 ผลการศึกษาอัตราส่วนซูคราโลสทดแทนน้ำตาลทรายในการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดง

จากการศึกษาอัตราส่วนซูคราโลสทดแทนน้ำตาลทรายในผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดง โดยทำการศึกษาอัตราส่วนซูคราโลสทดแทนน้ำตาลทรายที่เหมาะสม จำนวน 3 ระดับ คือ 60:40, 80:20 และ 100:0 ตามลำดับ จากนั้นนำผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นที่ได้มาอธิบายลักษณะของผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดง แสดงผลการศึกษาดังตารางที่ 4.3 ทำการทดสอบคุณภาพทางกายภาพและทางเคมี แสดงผลการศึกษาดังตารางที่ 4.4 และวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส แสดงผลดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.3 ลักษณะคุณภาพของอัตราส่วนของซูคราโลสทดแทนน้ำตาลทรายในการผลิตน้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดง จำนวน 3 ระดับ

คุณภาพทางกายภาพ	**อัตราส่วนซูคราโลสทดแทนน้ำตาล**		
	60:40	80:20	100:0
- ลักษณะของผลิตภัณฑ์			
	มีสีแดง มีกลิ่นของกระเจี๊ยบเล็กน้อย มีรสชาติหวานอมเปรี้ยว และมีรสชาติฝาดของผงหญ้าหวานสำเร็จรูป	มีสีแดงเข้ม มีกลิ่นของกระเจี๊ยบเล็กน้อย รสชาติหวานอมเปรี้ยว และมีรสชาติฝาดของผงหญ้าหวานสำเร็จรูป	มีสีแดงเข้ม มีกลิ่นของกระเจี๊ยบ รสชาติหวานอมเปรี้ยว และมีรสชาติฝาดของผงหญ้าหวานสำเร็จรูปเล็กน้อย

จากตารางที่ 4.3 ลักษณะของคุณภาพของอัตราส่วนซูคราโลสทดแทนน้ำตาลทรายในการผลิตน้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดง จำนวน 3 ระดับ พบว่า การเพิ่มอัตราส่วนซูคราโลสไม่มีผลต่อสีและกลิ่นของผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดงมากนัก แต่มีผลต่อรสชาติเมื่อเพิ่มปริมาณซูคราโลส โดยผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดงในสูตรพื้นฐานจะมีรสชาติขม และฝาดของสารให้ความหวานจากผงหญ้าหวานสำเร็จรูป จากการเพิ่มสารให้ความหวานซูคราโลสลงไปทดแทนน้ำตาลทรายที่ยังมีอยู่ในผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดง ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้มีรสชาติขมและฝาดจะน้อยลงเมื่อปริมาณซูคราโลสมากขึ้น ส่วนอัตราส่วนซูคราโลส:น้ำตาลทรายที่ 100:0 มีรสชาติของผลิตภัณฑ์มีความหวานเพียงอย่างเดียวไม่มีรสขมหรือฝาดเมื่อปริมาณซูคราโลสทดแทนน้ำตาลทรายที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ทั้งหมด

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของอัตราส่วนซูคราโลสทดแทนน้ำตาลทรายในการผลิตน้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดง จำนวน 3 ระดับ

คุณภาพ	อัตราส่วนซูคราโลสทดแทนน้ำตาลทราย		
	60:40	80:20	100:0
ทางกายภาพ			
- ค่าสี			
L^{*ns}	15.49±0.12	15.47±0.11	15.43±0.06
a^{*ns}	3.17±0.11	3.12±0.10	3.13±0.10
b^{*ns}	-3.26±0.14	-3.20±0.14	-3.19±0.11
- ค่าความหนืด (cp)	168.73±0.55^{a}	167.20±0.40^{b}	166.30±0.17^{c}
ทางเคมี			
- ค่า pH^{ns}	3.00±0.01	3.00±0.02	3.00±0.01
- ค่า$^{\circ}$Brix	35.00±0.00^{a}	31.33±0.29^{b}	24.00±0.00^{c}
- ปริมาณแอนโทไซยานิน (มิลลิกรัม : ลิตร)	0.38±0.02^{c}	0.51±0.01^{b}	0.60±0.02^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของอัตราส่วนซูคราโลสทดแทนน้ำตาลทรายในการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดง จำนวน 3 ระดับ พบว่าลักษณะทางกายภาพด้านสี ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยปริมาณซูคราโลสที่เพิ่มขึ้น ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสีผลิตภัณฑ์ เนื่องจากซูคราโลสมีความหวานสูงมาก จึงใช้ในปริมาณที่น้อย ทำให้ไม่มีผลต่อสีของสารสกัดกระเจี๊ยบแดง ด้านค่าความข้นหนืดของผลิตภัณฑ์ เมื่อเพิ่มอัตราส่วนซูคราโลสมากขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความข้นหนืดลดลง เนื่องจากการเพิ่มปริมาณซูคราโลสจะไปลดปริมาณน้ำตาลทราย ซึ่งน้ำตาลทรายเป็นตัวช่วยในความข้นหนืดของผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้น การลดปริมาณน้ำตาลทรายจึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นมีความข้นหนืดน้อยลงเรื่อยๆ คุณภาพทางเคมี เมื่ออัตราส่วนซูคราโลสทดแทนเพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำมีปริมาณลดลง ส่วนด้านค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เนื่องจากอัตราส่วนของซูคราโลสทดแทนน้ำตาลทรายในผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นไม่มีผลต่อการเพิ่มค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) จึงทำให้มีค่าความเป็นกรดใกล้เคียงกันทั้ง 3 ระดับ และค่าปริมาณสารแอนโทไซยานินของผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดงที่ได้ทั้ง 3 ระดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณสารแอนโทไซยานินที่เพิ่มขึ้น ในอัตราส่วนซูคราโลสทดแทนน้ำตาลทรายที่ 100:0 มีปริมาณแอนไทไซยานินสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.60±0.02 มิลลิกรัม : ลิตร เนื่องจากน้ำตาลมีผลต่อความเสถียรของแอนโทไซยานิน ในอัตราส่วน 60:40 และ 80:20 ซึ่งมีการเติมน้ำตาลลงไปจึงทำให้มีปริมาณแอนโทไซยานินที่น้อยกว่า

ตารางที่ 4.5 คะแนนความชอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของอัตราส่วนซูคราโลสทดแทนน้ำตาลทรายในผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดง จำนวน 3 ระดับ

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	อัตราส่วนซูคราโลสทดแทนน้ำตาล		
	60:40	80:20	100:0
ลักษณะปรากฏ[ns]	7.66±1.33	7.96±1.11	7.86±1.26
สี[ns]	7.52±1.16	7.66±1.17	7.68±1.27
กลิ่น[ns]	6.82±1.49	7.04±1.55	7.00±1.63
กลิ่นรส	7.08±1.31[b]	7.18±1.22[b]	7.66±0.96[a]
รสชาติ	7.18±1.02[b]	7.18±1.17[b]	8.16±0.71[a]
ความชอบโดยรวม	7.26±1.08[b]	7.36±1.16[b]	7.86±0.81[a]

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.5 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปริมาณอัตราส่วนซูคราโลสทดแทนน้ำตาลทรายในการผลิตน้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดง จำนวน 3 ระดับ คือ 60:40, 80:20 และ100:0 ตามลำดับ พบว่า คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี และกลิ่น มีความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เนื่องจากเมื่อนำมาทำการละลายน้ำเปล่าในอัตราส่วน 1:5 ผลิตภัณฑ์ที่เจือจางได้มีลักษณะปรากฏ สี และกลิ่น ใกล้เคียงกันมาก จึงทำให้ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบใกล้เคียงกัน ส่วนด้านกลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวมที่อัตราส่วนซูคราโลสทดแทนน้ำตาลทราย 100:0 มีค่าคะแนนความชอบที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งแตกต่างกับทุกระดับ เนื่องจากผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบมากที่สุด ที่ระดับ 100:0 พร้อมทั้งมีรสชาติหวานอมเปรี้ยวกำลังดี ไม่มีรสชาติขม ของผงหญ้าหวานสำเร็จรูป ดังนั้นผู้ทดลองจึงเลือกปริมาณอัตราส่วนซูคราโลสทดแทนน้ำตาลทรายที่ 100:0 มาเป็นอัตราส่วนในการผลิตน้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดง ฉะนั้นผู้ทดลองจึงนำไปพัฒนาต่อไป

4.3 ผลการศึกษาปริมาณสารสกัดไคโตซานที่เหมาะสมในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดง

จากการทดลองครั้งนี้ได้นำสูตรที่ดีที่สุดจากข้อ 4.2 มาทำการศึกษาหาปริมาณสารสกัดไคโตซานที่เหมาะสมที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 0.05, 0.07 และ 0.09% ของปริมาณส่วนผสมทั้งหมด จากนั้นนำมาทำการเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดงที่ไม่ได้ใส่ไคโตซาน โดยนำมาศึกษาอายุการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ขวดแก้วใสขนาด 250 มิลลิลิตร (ขวดแก้วและฝาผ่านการต้มในน้ำเดือดนาน 5 นาที ก่อนนำมาบรรจุ) จากนั้นทำการปิดฝาและนำมาพาสเจอร์ไรส์ เป็นเวลา 20 นาที (ดัดแปลงมาจากสลักจิต, 2550) จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้มาทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ ±4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง และทำการสุ่มตรวจทุกๆ สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ คือ 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ (ศุภมาศ, 2558) นำมาตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมี ดังตารางที่ 4.6 และคุณภาพทางจุลินทรีย์ ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของปริมาณสารสกัดไคโตซานที่เหมาะสมในการยืดอายุการเก็บรักษาน้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดง จำนวน 4 ระดับ

ปริมาณไคโตซาน	คุณภาพ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)				
		0	1	2	3	4
0%	**ทางกายภาพ**					
	- ค่าสี					
	L^*	15.43±0.06^{b}	15.43±0.07^{b}	15.42±0.05^{b}	15.40±0.07^{b}	16.90±0.02^{a}
	a^*	3.13±0.10^{a}	3.13±0.11^{a}	3.12±0.10^{a}	3.10±0.10^{a}	1.60±0.03^{b}
	b^*	-3.19±0.11^{a}	-3.21±0.14^{a}	-3.20±0.14^{a}	-3.14±0.02^{a}	-3.48±0.02^{b}
	- ค่าความหนืด (cp)	166.30±0.17^{a}	155.70±0.70^{b}	146.70±0.90^{c}	142.23±2.05^{d}	135.90±0.61^{e}
	- ปริมาณตะกอน	ไม่มีตะกอน	เริ่มมีตะกอน	มีตะกอน	มีตะกอน	มีตะกอนมาก
	- กลิ่น	มีกลิ่นที่ดี	มีกลิ่นที่ดี	มีกลิ่นเพคติน	มีกลิ่นเพคตินมาก	กลิ่นเพคตินมากขึ้น
	ทางเคมี					
	- ค่าpH)	3.00±0.01^{a}	2.99±0.01^{a}	2.97±0.01^{b}	2.89±0.02^{c}	2.86±0.09^{d}
	- ค่า $^{\circ}$ Brix^{ns}	24.00±0.00	24.00±0.00	23.00±0.00	23.00±0.00	20.00±0.00
	- ปริมาณแอนโทไซยานิน (มิลลิกรัม : ลิตร)	0.61±0.00^{a}	0.56±0.00^{b}	0.46±0.01^{c}	0.30±0.00^{d}	0.24±0.01^{e}
0.05%	**ทางกายภาพ**					
	- ค่าสี					
	L^*	15.38±0.08^{b}	15.37±0.07^{b}	15.36±0.08^{b}	15.34±0.10^{b}	16.59±0.03^{a}
	a^*	2.90±0.12^{a}	2.89±0.12^{a}	2.88±0.11^{a}	2.82±0.01^{a}	1.06±0.04^{b}
	b^*	-3.44±0.15^{a}	-3.33±0.12^{a}	-3.32±0.12^{a}	-3.32±0.11^{a}	-3.79±0.07^{b}
	- ค่าความหนืด (cp)	153.87±0.06^{a}	151.50±1.05^{b}	150.00±0.26^{b}	146.40±1.47^{c}	144.63±0.95^{d}
	- ปริมาณตะกอน	ไม่มีตะกอน	ไม่มีตะกอน	ไม่มีตะกอน	มีตะกอน	มีตะกอนมาก
	- กลิ่น	มีกลิ่นที่ดี	มีกลิ่นที่ดี	มีกลิ่นที่ดี	มีกลิ่นเพคติน	กลิ่นเพคตินแรง
	ทางเคมี					
	- ค่า pH	2.99±0.01^{a}	2.99±0.02^{ab}	2.98±0.01^{ab}	2.98±0.01^{ab}	2.96±0.01^{b}
	- ค่า $^{\circ}$Brix^{ns}	24.00±0.00	24.00±0.00	23.00±0.00	23.00±0.00	22.00±0.00
	- ปริมาณแอนโทไซยานิน (มิลลิกรัม : ลิตร)	0.60±0.00^{a}	0.57±0.00^{b}	0.47±0.00^{c}	0.45±0.00^{d}	0.30±0.00^{e}

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

ปริมาณไคโตซาน	คุณภาพ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)				
		0	1	2	3	4
0.07%	**ทางกายภาพ**					
	- ค่าสี					
	L^*	15.22±0.02^{b}	15.21±0.02^{b}	15.20±0.03^{b}	15.19±0.02^{b}	16.40±0.02^{a}
	a^*	2.58±0.04^{a}	2.58±0.05^{a}	2.57±0.04^{a}	2.56±0.03^{a}	0.82±0.01^{b}
	b^*	-3.43±0.04^{a}	-3.42±0.03^{a}	-3.41±0.03^{a}	-3.40±0.01^{a}	-3.77±0.03^{b}
	- ค่าความหนืด (cp)	154.93±0.55^{a}	151.77±0.55^{b}	150.10±0.70^{c}	144.87±0.59^{d}	141.53±0.76^{e}
	- ปริมาณตะกอน	ไม่มีตะกอน	ไม่มีตะกอน	ไม่ตะกอน	มีตะกอน	มีตะกอนมาก
	- กลิ่น	มีกลิ่นที่ดี	มีกลิ่นที่ดี	มีกลิ่นที่ดี	มีกลิ่นเพคติน	กลิ่นเพคตินสูง
	ทางเคมี					
	- ค่า pH^{ns}	3.00±0.02^{a}	3.00±0.01^{b}	2.99±0.01^{ab}	2.98±0.01^{ab}	2.97±0.01^{b}
	- ค่า $^{\circ}$Brix^{ns}	24.00±0.00	24.00±0.00	23.00±0.00	23.00±0.00	23.00±0.00
	- ปริมาณแอนโทไซยานิน (มิลลิกรัม : ลิตร)	0.61±0.01^{a}	0.58±0.01^{a}	0.49±0.01^{b}	0.46±0.00^{b}	0.35±0.04^{c}
0.09%	**ทางกายภาพ**					
	- ค่าสี					
	L^*	15.21±0.01^{b}	15.20±0.01^{b}	15.19±0.02^{b}	15.19±0.01^{b}	16.37±0.02^{a}
	a^*	2.15±0.04^{a}	2.13±0.02^{a}	2.12±0.02^{a}	2.10±0.03^{a}	1.05±0.02^{b}
	b^*	-3.52±0.01^{a}	-3.51±0.01^{a}	-3.50±0.03^{a}	-3.50±0.02^{a}	-3.68±0.02^{b}
	- ค่าความหนืด (cp)	155.77±0.64^{a}	153.23±0.60^{b}	150.53±0.65^{c}	146.53±0.67^{d}	144.20±0.69^{e}
	- ปริมาณตะกอน	ไม่มีตะกอน	ไม่มีตะกอน	ไม่มีตะกอน	เริ่มมีตะกอน	มีตะกอนมาก
	- กลิ่น	มีกลิ่นที่ดี	มีกลิ่นที่ดี	มีกลิ่นที่ดี	มีกลิ่นที่ดี	มีกลิ่นเพคติน
	ทางเคมี					
	- ค่า pH^{ns}	2.95±0.07	2.99±0.01	2.98±0.01	2.97±0.01	2.96±0.01
	- ค่า $^{\circ}$Brix^{ns}	24.00±0.00	24.00±0.00	23.00±0.00	23.00±0.00	23.00±0.00
	- ปริมาณแอนโทไซยานิน (มิลลิกรัม : ลิตร)	0.61±0.00^{a}	0.58±0.01^{b}	0.49±0.00^{c}	0.48±0.00^{c}	0.40±0.01^{d}

หมายเหตุ : ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกัน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.6 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของน้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดงโดยใช้สารสกัดไคโตซานจากเปลือกกุ้งในการยืดอายุการเก็บรักษา จำนวน 4 ระดับ คือ 0, 0.05, 0.07 และ 0.09% พบว่า ด้านค่าสี ค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในสัปดาห์ที่ 0, 1, 2 และ3 แต่จะมีค่าความสว่าง (L^*) เพิ่มขึ้น ค่า

สีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ลดลงในสัปดาห์ที่ 4 ด้านตะกอนในปริมาณไคโตซานที่ 0, 0.05 และ 0.07% เกิดการจับตัวกันเป็นก้อนเจลจำนวนมาก ระหว่างการเก็บรักษา และมีกลิ่นเพคตินที่เพิ่มขึ้น พบว่าเริ่มมีตะกอนเกิดขึ้นในสัปดาห์ที่ 3 ซึ่งตะกอนที่เกิดขึ้นนั้นเกิดจากธรรมชาติของเพคติน (ไพบูลย์, 2532) ส่วนในปริมาณไคโตซานที่ 0.09% จะเริ่มมีตะกอนและกลิ่นเพคติที่แรงขึ้นในสัปดาห์ที่ 4 และเมื่อโดนความร้อนจากการพาสเจอร์ไรส์ ส่งผลให้สีของน้ำหวานเข้มข้นเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย เนื่องจากการพาสเจอร์ไรส์ไม่มีผลต่อสีในพืชและผลิตภัณฑ์ (วาสิฏฐี และคณะ, ม.ป.ป.) และปริมาณสารสกัดไคโตซานที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น จาก 1 สัปดาห์ เป็น 3 สัปดาห์ ด้านความหนืดของผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทำให้เมื่อมีการเก็บรักษาที่นานขึ้น ทำให้ค่าความหนืดลดลง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เสื่อมเสียคุณภาพได้ ส่วนคุณภาพทางเคมี ค่า pH ของทุกระดับปริมาณไคโตซานมีค่าความเป็นกรดลดลง เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น เนื่องจากรสชาติของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีรสชาติเปรี้ยวมากขึ้นจึงส่งผลให้ค่าความเป็นกรดลดลง ซึ่งสอดคล้องกับค่า °Brix ของผลิตภัณฑ์ในทุกระดับของปริมาณไคโตซาน ที่มีค่าลดลง เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น ซึ่งผลที่ได้คล้องคลึงกับงานวิจัยของ ภาวิณี (2560) เรื่องการพัฒนาน้ำพุทราพาสเจอร์ไรส์พร้อมดื่ม ทำการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำพุทราพาสเจอร์ไรส์พร้อมดื่ม ผลที่ได้ คือปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ และค่า pH มีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น และปริมาณสารแอนโทไซยานินของผลิตภัณฑ์ในทุกระดับปริมาณไคโตซาน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่ทุกระดับปริมาณสารสกัดไคโตซานมีปริมาณสารแอนโทไซยานินลดลงตามลำดับ เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น และเมื่อนำปริมาณไคโตซานทุกระดับมาทำการเปรียบเทียบตามระยะเวลาในการเก็บรักษา พบว่า ปริมาณไคโตซานที่ 0% มีปริมาณตะกอนเกิดขึ้นเร็วที่สุดในสัปดาห์ที่ 2 ส่วนปริมาณไคโตซานที่ 0.05, 0.07 และ0.09% มีปริมาณตะกอนเกิดขึ้นสัปดาห์ที่ 3 โดยที่ 0.09% มีตะกอนน้อยมาก ส่วนปริมาณสารแอนโทไซยานินทุกระดับของปริมาณไคโตซาน มีค่าปริมาณสารแอนโทไซยานินเริ่มต้นเกือบเท่ากันทุกระดับ แต่เมื่อการเก็บรักษานานขึ้นที่ปริมาณไคโตซาน 0.09% สามารถคงคุณค่าของสารแอนโทไซยานินไว้ได้สูงที่สุด อยู่ที่ 0.40±0.01 มิลลิกรัม : ลิตร / 4 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณไคโตซานที่ 0, 0.05 และ0.07% ที่สัปดาห์ที่ 4 มีปริมาณแอนโทไซยานินเหลืออยู่ที่ 0.24±0.01, 0.30±0.00 และ0.35±0.04 มิลลิกรัม : ลิตร ตามลำดับ แสดงว่าปริมาณไคโตซานที่เพิ่มขึ้น มีผลต่อการคงสภาพของสารแอนโทไซยานินในผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดงโดยใช้สารสกัดไคโตซานจากเปลือกกุ้ง

ตารางที่ 4.7 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของปริมาณสารสกัดไคโตซานที่เหมาะสมในการยืดอายุการเก็บรักษาน้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดง จำนวน 4 ระดับ

ปริมาณไคโตซาน	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)	จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU : มิลลิลิตร)	ยีสต์ และรา (CFU : มิลลิลิตร)
0%	0	<10	<10
	1	<10	<10
	2	<10	<10
	3	<10	<10
	4	<10	<10
0.05%	0	<10	<10
	1	<10	<10
	2	<10	<10
	3	<10	<10
	4	<10	<10
0.07%	0	<10	<10
	1	<10	<10
	2	<10	<10
	3	<10	<10
	4	<10	<10
0.09%	0	<10	<10
	1	<10	<10
	2	<10	<10
	3	<10	<10
	4	<10	<10

หมายเหตุ : CFU : มิลลิลิตร หมายถึง colony-forming unit : ตัวอย่างอาหาร 10 มิลลิกรัม

จากตารางที่ 4.7 ผลการสุ่มตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และรา ของผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดง พบว่า เมื่อนำผลิตภัณฑ์ที่มีสารสกัดไคโตซานทั้ง 4 ระดับ มาทำการเก็บรักษาในที่อุณหภูมิ ±4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ได้ทำการตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 ระดับ ตลอดระยะเวลา 4 สัปดาห์ จุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 1×10^{4} CFU : มิลลิลิตร ยีสต์ และราต้องน้อยกว่า 100 CFU : ตัวอย่าง 1 กรัม ซึ่งเป็นจำนวนจุลินทรีย์ที่น้อยกว่ามาตรฐานกำหนด (489/2558) เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับ

ผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดงที่ใช้สารให้ความหวานจากหญ้าหวานกับซูคราโลสที่มีอายุการเก็บรักษาได้ 1 สัปดาห์ (พรอุมา และชนกานต์, 2561) การใส่สารสกัดไคโตซานจึงสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นานมากขึ้น ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพช้าลงเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นที่ใส่สารสกัดไคโตซานนานมากขึ้น มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพและทางเคมี ทำให้เกิดการตกตะกอนและมีความหนืดที่ลดลง นอกจากหญ้าหวานที่มีคุณสมบัติช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย (ไมตรี, 2540) อีกทั้งยังมีไคโตซานที่เป็นสารกันเสีย เพื่อป้องกันแบคทีเรีย และรา ใช้เป็นสารเคลือบเพื่อการยืดอายุการเก็บรักษา (พิมพ์เพ็ญและนิธิยา, ม.ป.ป.) และแสดงว่าการเติมไคโตซานทุกระดับความเข้มข้นสามารถยับยั้งปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์ รา (สุธิดา, 2552)

ดังนั้นผู้ทดลองจึงเลือกสารสกัดไคโตซานที่ 0.09% ซึ่งสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากสารสกัดกระเจี๊ยบแดงได้นานที่สุด อยู่ที่ 3 สัปดาห์ โดยเกิดตะกอนเจลช้าและน้อยที่สุด เริ่มในสัปดาห์ที่ 4 ซึ่งเป็นการเสื่อมเสียทางกายภาพ เนื่องจากในปริมาณสารสกัดไคโตซานที่ 0, 0.05 และ0.07% จะเริ่มมีการเสื่อมเสียคุณภาพทางกายภาพ โดยในสัปดาห์ที่ 2 และ3 เริ่มมีการตกตะกอนและมีกลิ่นเพคตินมากขึ้น แต่ว่าเมื่อใส่สารสกัดไคโตซานที่ 0.09% ลงไปทำให้ลักษณะของผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากสารสกัดกระเจี๊ยบแดงมีลักษณะที่ดีตลอด 3 สัปดาห์ ซึ่งเกิดเจลและตกตะกอนมากขึ้นในสัปดาห์ที่ 4 ฉะนั้นผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากสารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่ใส่สารสกัดไคโตซาน 0.09% จึงเหมาะสมในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มากที่สุด เก็บได้นาน 3 สัปดาห์

4.4 ผลศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อการใช้สารสกัดไคโตซานในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากสารสกัดกระเจี๊ยบแดง

จากการสำรวจการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อการใช้สารสกัดไคโตซานในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดง โดยใช้แบบสอบถามกับผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 100 คน แบบสอบถามประกอบด้วย ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนนี้จะบอกถึงเพศ อายุ สถานภาพ ระดับการศึกษาขั้นสูงสุด อาชีพ และรายได้ต่อเดือน ดังตารางที่ 4.8 ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรม ทัศนคติต่อการบริโภคน้ำหวานเข้มข้นจากสารสกัดกระเจี๊ยบแดง ดังตารางที่ 4.9 และส่วนที่ 3 ข้อมูลด้านการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดงโดยใช้สารสกัดไคโตซานจากเปลือกกุ้งในการยืดอายุการเก็บรักษา ดังตารางที่ 4.10

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนนี้จะบอกถึงเพศ อายุ สถานภาพ ศาสนา ระดับการศึกษา อาชีพ และรายได้ต่อเดือน

ตารางที่ 4.8 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ข้อมูล	%
1. เพศ	
- ชาย	36
- หญิง	64
2. อายุ	
- น้อยกว่า 15 ปี	-
- 15 – 24 ปี	93
- 25 – 34 ปี	4
- 35 – 44 ปี	3
- 45 – 54 ปี	-
- มากกว่า 55 ปี	-
3. สถานะภาพ	
- โสด	98
- สมรส	2
- หย่าร้าง, แยกกันอยู่	-
4. ระดับการศึกษาขั้นสูงสุด	
- ประถมศึกษา	-
- มัธยมศึกษา/เทียบเท่า	2
- ปริญญาตรี	96
- ปริญญาโท	1
- ปริญญาเอก	1
5. อาชีพ	
- นักเรียน/นักศึกษา	96
- พนักงานเอกชน	-
- ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ	1
- ประกอบธุรกิจส่วนตัว	-
- แม่บ้าน/พ่อบ้าน	1
- อื่นๆ	2

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

ข้อมูล	%
6. รายได้เฉลี่ยต่อเดือน	
- น้อยกว่า 5,000 บาท	16
- 5,001-10,000 บาท	45
- 10,001-20,000 บาท	36
- 20,001-30,000บาท	3
- 30,001-40,000 บาท	-
- มากว่า 40,001 บาท	-

หมายเหตุ : การแบ่งช่วงอายุของผู้บริโภคได้ใช้เกณฑ์การแบ่งช่วงอายุตาม Standard International Age Classification ของสำนักงานสถิติแห่งชาติและองค์การสหประชาติ ซึ่งข้อมูลในตารางมีการแบ่งช่วงอายุรายปีโดยใช้กลุ่ม 10 ปี ตามความเหมาะสม

จากตารางที่ 4.8 พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงจำนวน 64 คน มีอายุระหว่าง 15–24 ปี 93% มีสถานภาพโสด 98% มีระดับการศึกษาระดับปริญญาตรี 96% มีอาชีพนักเรียน/นักศึกษา 96% และมีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 5,000 – 10,000 บาท 44%

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรม และทัศนคติต่อการบริโภคน้ำหวานเข้มข้น

ตารางที่ 4.9 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรม และทัศนคติต่อการบริโภคน้ำหวานเข้มข้น

ข้อมูล	%
8. ท่านมีความถี่ในการรับประทานผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นปริมาณเท่าไร	
- 1-2 ครั้ง ต่อสัปดาห์	70
- 3-4 ครั้ง ต่อสัปดาห์	-
- มากกว่า 4 ครั้ง ต่อสัปดาห์	-
- อื่นๆ	30
9. ปกติท่านซื้อผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากที่ใด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)	
- ร้านค้าในห้างสรรพสินค้า	22.8
- ร้านค้าตามตึกแถว	19.8
- ซุปเปอร์มาเก็ต	19.8
- ร้านสะดวกซื้อ/ตลาดทั่วไป	37.6
- อื่นๆ	-
10. หากมีผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากสารสกัดกระเจี๊ยบแดงโดยใช้สารสกัดไคโตซานจากเปลือกกุ้งในการยืดอายุการเก็บรักษาท่านจะสนใจหรือไม่	
- สนใจ	99
- ไม่สนใจ	1

จากตารางที่ 4.9 พบว่า พฤติกรรมผู้บริโภคน้ำหวานเข้มข้น 1–2 ครั้ง ต่อสัปดาห์ 70% ผู้บริโภคนิยมเลือกซื้อน้ำหวานเข้มข้นจากร้านสะดวกซื้อ/ตลาดทั่วไป 36% และผู้บริโภคสนใจน้ำหวานเข้มข้นจากสารสกัดกระเจี๊ยบแดงโดยใช้สารสกัดไคโตซานจากเปลือกกุ้งในการยืดอายุการเก็บรักษา 99%

ส่วนที่ 3 ข้อมูลด้านการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดงโดยใช้สารสกัดไคโตซานจากเปลือกกุ้งในการยืดอายุการเก็บรักษา

ตารางที่ 4.10 ข้อมูลด้านการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดงโดยใช้สารสกัดไคโตซานจากเปลือกกุ้งในการยืดอายุการเก็บรักษา

ผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดงโดยใช้สารสกัดไคโตซานจากเปลือกกุ้งในการยืดอายุการเก็บรักษา	**%**
11. ความพึงพอใจในลักษณะต่างๆ	
11.1 ลักษณะที่ปรากฏ	
- มากที่สุด	45
- มาก	52
- ปานกลาง	3
- น้อย	-
- น้อยที่สุด	-
11.2 สี	
- มากที่สุด	53
- มาก	44
- ปานกลาง	2
- น้อย	-
- น้อยที่สุด	-
11.3 กลิ่น	
- มากที่สุด	13
- มาก	44
- ปานกลาง	40
- น้อย	3
- น้อยที่สุด	-
11.4 กลิ่นรส	
- มากที่สุด	29
- มาก	66
- ปานกลาง	4
- น้อย	1
- น้อยที่สุด	-

ตารางที่ 4.10 (ต่อ)

ผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากสารสกัดกระเจี๊ยบแดงโดยใช้สารสกัดไคโตซานจากเปลือกกุ้งในการยืดอายุการเก็บรักษา	%
11.4 กลิ่นรส	
- มากที่สุด	29
- มาก	66
- ปานกลาง	4
- น้อย	1
- น้อยที่สุด	-
11.5 รสชาติ	
- มากที่สุด	25
- มาก	66
- ปานกลาง	8
- น้อย	1
- น้อยที่สุด	-
11.6 ความชอบโดยรวม	
- มากที่สุด	29
- มาก	66
- ปานกลาง	5
- น้อย	-
- น้อยที่สุด	-
12. ท่านคิดว่าราคาที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดง บรรจุขวดแก้ว 250 มิลลิลิตร ควรมีราคาเท่าไร	
- 60	61
- 65	33
- 70	6
13. หากมีผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากสารสกัดกระเจี๊ยบแดงโดยใช้สารสกัดไคโตซานจากเปลือกกุ้งในการยืดอายุการเก็บรักษาวางจำหน่าย ท่านจะเลือกซื้อบริโภคหรือไม่	
- ซื้อ	59
- ไม่แน่ใจ	40
- ไม่ซื้อ	1

จากตารางที่ 4.10 พบว่า การยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดงโดยใช้สารสกัดไคโตซานจากเปลือกกุ้งในการยืดอายุการเก็บรักษา มีความพึงพอใจต่อลักษณะปรากฏด้านต่างๆ ได้แก่ ด้านลักษณะที่ปรากฏมีความชอบมาก 52% สี มีความชอบมากที่สุด 53% กลิ่น มีความชอบมาก 44% กลิ่นรส มีความชอบมาก 66% รสชาติ มีความชอบมาก 66% และความชอบโดยรวม มีความชอบมาก 66% ส่วนการยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดงโดยใช้สารสกัดไคโตซานจากเปลือกกุ้งในการยืดอายุการเก็บรักษา พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับ 99% และสนใจจะซื้อผลิตภัณฑ์ 99% ส่วนราคาที่เหมาะสมต่อการขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดง บรรจุขวดแก้วขนาด 250 กรัม ผู้บริโภคมีความพึงพอใจต่อราคา 60 บาท 61%

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

5.1.1 จากผลการศึกษาคุณภาพทางด้านกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นตามท้องตลาด

จากการศึกษาคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดงแห้ง จำนวน 4 สูตร ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดง พบว่า มีค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และคุณภาพทางเคมี ด้านค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ในช่วง 3.56-4.35 และด้านปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้อยู่ในช่วง 64.57- 65.00 องศาบริกซ์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

5.1.2 จากผลการศึกษาอัตราส่วนซูคราโลสทดแทนน้ำตาลทรายในการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดง

จากการศึกษาอัตราส่วนซูคราโลสทดแทนน้ำตาลทรายในการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดง จำนวน 3 ระดับ พบว่า อัตราส่วนซูคราโลสทดแทนน้ำตาลที่เหมาะสม คือ 100:0 ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบคะแนนเฉลี่ยสูงสุด ในด้านกลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยมีคะแนนความชอบอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 3.00±0.01 และปริมาณสารแอนไทไซยานิน เท่ากับ 0.60±0.02 มิลลิกรัม : ลิตร

5.1.3 จากผลการศึกษาปริมาณสารสกัดไคโตซานที่เหมาะสมในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดง

จากการศึกษาปริมาณสารสกัดไคโตซานที่เหมาะสมในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดงที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 0.05, 0.07 และ 0.09% ของปริมาณส่วนผสมทั้งหมด พบว่า สารสกัดไคโตซานที่ 0% ของปริมาณส่วนผสมทั้งหมด สามารถเก็บได้นาน 1 สัปดาห์ ส่วนสารสกัดไคโตซานที่ 0.09% ของปริมาณส่วนผสมทั้งหมด สามารถเก็บรักษาได้นาน 3 สัปดาห์ โดยมีจุลินทรีย์ทั้งหมดและจำนวนยีสต์ รา ไม่เกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน และมีลักษณะที่ดีของผลิตภัณฑ์

5.1.4 จากผลศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อการใช้สารสกัดไคโตซานในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดง

จากการสำรวจการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดงโดยใช้สารสกัดไคโตซานในการยืดอายุการเก็บรักษา โดยใช้แบบสอบถามกับผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 100 คน พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดงโดยใช้สารไคโตซานจากเปลืองกุ้งในการยืดอายุการเก็บรักษา 99% และสนใจซื้อผลิตภัณฑ์ 99% โดยเห็นควรมีราคา 60 บาท และได้รับคะแนนความชอบมากที่สุด 29% มีความชอบมาก 66% และมีความชอบปานกลาง 5%

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรทำการศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดงด้วยวิธีอื่นเพื่อเปรียบเทียบกัน

5.2.2 ควรทำการพัฒนาการสกัดสารแอนโทไซยานินจากวัตถุดิบอื่น เพื่อเพิ่มความหลากหลายให้แก่ผลิตภัณฑ์

เอกสารอ้างอิง

กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 2557. **การยืดอายุอาหารได้ด้วยไคโตซาน.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://lib3.dss.go.th/fulltext/dss_j/2557_62_195_P33-35.pdf.

กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 2535. **ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการ.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://teerachonlucky.word.com, 5 ม.ค. 2559.

เกียรติศักดิ์ ดวงมาลย์. 2535. **การสกัดแอนโธไซยานินส์จากดอกอัญชัน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

จักรพงศ์ ไพบูลย์. 2542. **แอนโทไซยานิน สารต้านอนุมูลอิสระ.** [ออนไลน์]**.** เข้าได้จาก **:** http://www.thaiclinic.com/antioxidant.html. สืบค้นเมื่อวันที่ 10 พฤศจิกายน 2561.

จงกลนี แก้วศรีประกาย และนุจารี ประสิทธิ์พันธ์. 2537. การแยกสารและการทำสารอินทรีย์ให้บริสุทธิ์. 9-12 น. ในไพลิน ลิ้นตระกูล, บรรณาธิการ. **ปฏิบัติการเคมีอินทรีย์.** โอ เอส พริ้นติ้งเฮ้าส์. กรุงเทพฯ.

ฉวีวรรณ จันทรขรินทร และบุศกรณ์ มหาโยธี. 2531. **การศึกษาเสถียรภาพของรงควัตถุแอนโทไซยานินในน้ำกระเจี๊ยบแดง.** โครงการวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ณัฐกาญจน์ ห่อเพชร และคณะ. 2561. **การใช้สารสกัดไคโตซานจากเปลือกกุ้งในการยืดอายุขนมเปียกปูนจากเปลือกมะนาว.** โครงงานพิเศษสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

ดวงรัตน์ แซ่ตั้ง. 2559. **การพัฒนาเครื่องดื่มสารสกัดจากอัญชันและกระเจี๊ยบแดง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

ธงชัย พุฒทองศิริ และคณะ. 2554. **การยืดอายุการเก็บรักษาเต้าหู้นมสดโดยใช้ไคโตซาน.** วารสารวิชาการ และวิจัยสาขาวิทยาศาตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

นภัส ใจรังสี และเบญจวรรณ โภคะทวี. 2559. **น้ำเชื่อมจากกระเจี๊ยบแดง**. โครงงานพิเศษสาขาวิชาอุตสาหกรรมและการบริการ. คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

นัยวิท เฉลิมนนท. 2538. **การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตและการใช้สีแดงธรรมชาติจากกลีบกระเจี๊ยบแดง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.** วิทยาเขตกำแพงแสน.

นิศารัตน์ ศิริวัฒนเมธานนท์. 2556. **อาหารหลากสี มีประโยชน์หลากหลาย (ตอนที่ 3): สารเคมีที่มีประโยชน์จากผักผลไม้ที่มีสีม่วงและสีน้ำเงิน.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.pharmacy.mahidol.ac.th. ภาควิชาเภสัชพฤกษศาสตร์ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

นิรนาม. 2558. **หญ้าหวานคืออะไร**. [ออนไลน์]. เข้าได้จาก : https://www.parpaikin.com. สืบค้นเมื่อวันที่ 8 สิงหาคม 2562.

_____. 2562. **หญ้าหวาน**. [ออนไลน์]. เข้าได้จาก : https://www.honestdocs.com. สืบค้นเมื่อวันที่ 8 สิงหาคม 2562.

_____. 2562. **ไคโตซาน/ไคติน วิธีผลิต และประโยชน์ไคโตซาน/ไคติน**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก **:** http://www.siamchemi.com/%E0%B9%84%.

_____. 2562. **รูปไคโตซาน.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก **:** http://libazz.com/kito/content.php?mid=108480.

ประสิทธิ์ บุญไทย. 2539. **ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตสารแอนโธไซยานินส์ในการเพาะเลี้ยงแคลลัสของกระเจี๊ยบแดง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

พเยาว์ เหมือนวงศ์ญาติ. 2537. **สมุนไพรก้าวใหม่.** เมดิคัล มีเดีย. กรุงเทพฯ.

พรอุมา นวลละออง และชนกานต์ ประจวบวัน. 2561. **น้ำหวานเข้มข้นจากสารสกัดกระเจี๊ยบแดง.** โครงงานพิเศษสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์ ม.ป.ป. **Pasteurization / การพาสเจอไรซ์.** [ออนไลน์]. เข้าได้จาก : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0428/pasteurization-การพาสเจอไรซ์. สืบค้นเมื่อวันที่ 8 สิงหาคม 2562.

เพลงพิณ เพียรภูมิพงศ์ และคณะ. 2558. **การใชฟลมไคโตซานสำหรับยืดอายุหลังการเก็บเกี่ยวผลนอยหนา.** คณะวิศวกรรมศาตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน.

ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก. 2532. **เพคติน.** [ออนไลน์]. เข้าได้จาก : http://oservice.skru.ac.th/ebookft/779/chapter_2.pdf. สืบค้นเมื่อวันที่ 8 สิงหาคม 2562.

มัทนียา วังประภา. 2548. รูปผงของหญ้าหวาน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://puechkaset.com.สืบค้นเมื่อวันที่ 8 สิงหาคม 2562.

ไมตรี สุทธจิตต์. 2540. **รูปหญ้าหวาน.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://puechkaset.com.

รัชนาภรณ์ เมืองอ่อน และสมพรศรี ขาวน้อย. 2544. **เพคติน.** [ออนไลน์]. เข้าได้จาก : http://os ervice.skru.ac.th/ebookft/779/chapter_2.pdf. สืบค้นเมื่อวันที่ 8 สิงหาคม 2562.

รัตนา รุจิรวนิช และ ระมน เสรีวรวิทย์กุล. 2532. **การสกัดแอนโธไซยานินส์จากดอกกระเจี๊ยบแดงแห้ง.** โครงการวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

เรือนเงิน สินธุ. 2554. **การสกัดและคุณภาพการวิเคราะห์ของแอนโทไซยานินในลูกหว้า.** ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

วิทิต วัณนาวิบูล. **น้ำตาล-พลังในร่างกาย.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://medthai.com/%E0%B8%99%E0%B9%89%E0%B8%B3%. สืบค้นเมื่อวันที่ 8 สิงหาคม 2562.

ศธิธร ปุรินทราภิบาล. 2548. **ผลของไคโตซานต่อคุณสมบัติของเจลซูริมิที่ผลิตจากปลาแป้น.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิริพร โสภณ. 2545. **การสกัดด้วยตัวทำละลาย.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.thaigoodview.com/library/studentshow/st2545/4-5/no10/kansakud.html

สังคม เตชะวงศเสถียร. 2536. **การเปลี่ยนแปลงภายหลังการเก็บเกี่ยว.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.agserver.kku.ac.th, 28 ม.ค. 2550.

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

สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2558. **มผช.489/2558 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำหวานเข้มข้น**. กรุงเทพฯ.

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร และกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2550. **เศรษฐกิจสมุนไพรไทย ปี 2549/50 กรณีศึกษา:กระเจี๊ยบแดง ดอกคำฝอย และกวาวเครือขาว.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.oae.go.th/download/resech/edu_50.pdf, ก.ย. 2550.

สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กรมวิทยาศาสตร์บริการ และกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2553. **แอนโทไซยานิน(Anthocyanin).** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.chaipanich.co.th, มิ.ย. 2553.

สุกัญญา ยาเสร็จ. 2554. **การยืดอายุการเก็บรักษาไข่ไก่โดยเคลือบด้วยไคโตซานที่เตรียมจากการฉายรังสีแกมมา.** จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. คณะวิศวกรรมศาสตร์.

สุธิดา คงทอง. 2552. **ไคติน-ไคโตซาน.** วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา ปีที 3 ฉบับที 1. สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา. คณะศึกษาศาสตร์. มหาวิทยาศรีนครินทรวิโรฒ**.**

ห้างหุ้นส่วนจำกัด เอส พี ซายด์ (สำนักงานใหญ่). ม.ป.ป. **การกลั่นแบบสุญญากาศ.** [ออนไลน์]. เข้าได้จาก : https://www.spscience.com/16823075/ เครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน-rotary-evaporator.สืบค้นเมื่อวันที่ 8 สิงหาคม 2562.

อรุษา เชาวนลิขิต, ศิโรรัตน์ อภิชยารักษ์, สรารัตน์ คงทอง และสุชนา ชูประทุม. 2552. **“ผลกระทบของ pH และอุณหภูมิ ต่อสีและความคงตัวของสารสกัดจากกระเจี๊ยบและอัญชัน.”** วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 40 (3 พิเศษ) : ก.ย.-ธ.ค. 2552.

อรุษา เชาวนลิขิต. 2554. **การสกัดและวิธีการวิเคราะห์แอนโทไซยานิน.** วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี) 3 (6) : ก.ค.-ธ.ค. 2554.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

อัญชลี เลิศสงคราม. 2558. **การใช้ประโยชน์ของไคโตแซนในการยืดอายุของอาหารและเครื่องดื่ม**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : www.gpo.or.th/Portals/6/Newsletter/RDINewsYr22No1-8.pdf. สืบค้นเมื่อวันที่ 8 สิงหาคม 2562.

อัปสร จันทรสวาง. 2542. **อาหารเพื่อสุขภาพ.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.siamfitness.com/food 20.html.

Anonymous. 2004. **What is liquid-liquid extraction?. liquid-liquid extraction.** [online].http://www.chem.ualberta.ca/~orglabs/separation/Theory/theory1.htm.

Fred Senese. 2015. **What household substances can be used as acid/base indicators?.** [online]. http://antoine.frostburg.edu/chem/senese/101/acidbase/faq/household-indicators.shtml

Gailliot. F. P. 1998. **GailliotInitial extraction and product capture Cannell R. J. P. (Ed.)**, Natural Product Isolation, Humana Press, New Jersey: 53-90.

Harborne, J. B. 1998. **Phytochemical Methods A guide to modern techniques of plant analysis.** 3 th ed. Chapman & Hall. Tomson Science, 2 - 6 Boundary Row, London SE1 8HN,UK: 295.

Ivey, K. L., Croft, K., Prince, R. L. and Hodgson, J. M. 2016. **Comparison of flavonoid intake assessment methods.** Food & function, 7 (9): 3748-3759.

Jackman, R. L. and Smith, J. L. 1996. **Anthocyanins and betalains.** *In* Natural Food Colorants: 244-309. Springer US.

Markham, K. R. 1982. **Ultraviolet-visible absorption spectroscopy.** In Techniques of flavonoid identification. Academic Press: 37-51.

Sankat, C. K., Basanta, A. and Maharaj, V., 2000. **Light mediated red colour degradation of the pomerac (Syzygium malaccense) in refrigerated storage.** Postharvest Biology and Technology, 18 (3): 253-257.

Sims, C. A. and Morris, J. R., 1984. **Effects of pH, sulfur dioxide, storage time, and temperature on the color and stability of red muscadine grape wine.** American Journal of Enology and Viticulture, 35 (1): 35-39.

Sikorski, ZE. 2007. **Chemical and junctional Properties of jood Components.** 2 nd ed. Boca Raton, Fla. : CRC Press, p. 260-265

Timberlake, C. F. and Bridle, P. 1980. **Anthocyanin.** In J. Walford (eds.). Developments in foodcolors. London : Applied Science Publish. 1: 115-149.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Von Elbe, J. H. and Schwartz, S. J. 1996. **Colorants.** *In* Food Chemistry. 3rd ed. (Fennema, O. R. ed.): 651-722. Marcel Dekker Inc. New York.

Watada, A. E. and Abbott, J. A., 1975. **Objective method of estimating anthocyanin content for determining color grade of grapes.** Journal of Food Science, 40 (6): 1278-1279.

Wrolstad, R. E. and Skrede, G., 2002. **Flavonoids from berries and grapes.** *In* Functional Foods: Biochemical and Processing Aspects, Volume 2. (Shi, J., Mazza, G. and Maguer, M. L., Ed.): 72-123. CRC Press.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
กระบวนการวิธีการผลิตการผสมและบรรจุ และฉลาก
ผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดงที่ใช้สารให้ความหวานจากหญ้าหวาน กับซูคราโคสและยืดอายุการเก็บรักษาด้วยสารสกัดไคโตซานจากเปลือกกุ้ง

วิธีการสกัดกระเจี๊ยบแดง

กระเจี๊ยบแดงแห้งปั่น 90 กรัม

↓

ผสมกับน้ำ 1,000 มิลลิลิตร

↓

ต้มควบคุมอุณหภูมิในการสกัดที่ 70±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

↓

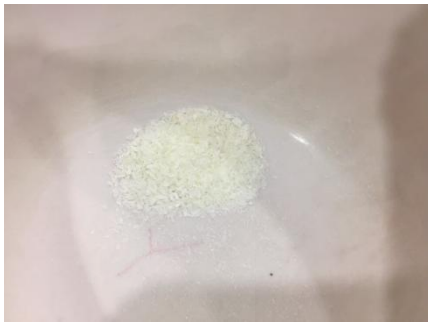
นำมากรองด้วยผ้าขาวบางละเอียดหนาสองชั้น

นำน้ำกระเจี๊ยบแดง ปริมาณ 400 มิลลิลิตร ทำเข้มข้นด้วยวิธีการระเหยในสภาวะสุญญากาศ ที่ 50 องศาเซลเซียส หมุนเบอร์ 7 ความดัน 72 มิลลิบาร์ เป็นเวลา 290 นาที (4 ชั่วโมง 50 นาที) จนสารสกัดมีปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำอยู่ที่ 68 $^{\circ}$Brix

สารสกัดกระเจี๊ยบแดง

แผนภาพที่ ก.1 วิธีกำรสกัดสำรสกัดกระเจี๊ยบแดง

วิธีการผสมและบรรจุ ผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากสารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่ใช้สารสกัดไคโตซานจากเปลือกกุ้งในการยืดอายุการเก็บรักษา



สารสกัดกระเจี๊ยบแดง ผงหญ้าหวานสำเร็จรูป เพคติน น้ำซูคราโลส และไคโตซาน

ผสมทุกอย่างรวมและคนให้เข้ากัน

นำมาตุ๋นในน้ำเดือดอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ทำการบรรจุร้อนในขวดแก้วสีใส พร้อมปิดฝาให้สนิท

นำขวดที่บรรจุแล้วมาต้มด้วยความร้อน อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ขึ้นไปเป็นเวลา 15 นาที

ทำให้เย็นอย่างรวดเร็ว จากนั้นทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ ±4 องศาเซลเซียส

ผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดงที่ใช้สารให้ความหวานจากหญ้าหวานกับซูคราโลส และยืดอายุการเก็บรักษาด้วยสารสกัดไคโตซานจากเปลือกกุ้ง

แผนภาพที่ ก.2 วิธีการผสมและบรรจุ ผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดงที่ใช้สารให้ความหวานจากหญ้าหวานกับซูคราโลสและยืดอายุการเก็บรักษาด้วยสารสกัดไคโตซานจากเปลือกกุ้ง

ภาพที่ ก.1 ฉลากผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดงที่ใช้สารให้ความหวานจากหญ้าหวานกับซูคราโลสและยืดอายุการเก็บรักษาด้วยสารสกัดไคโตซานจากเปลือกกุ้ง

ภาคผนวก ข
แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ใบรายงานการทดสอบ

เรื่อง การให้คะแนนความชอบ

ชื่อผลิตภัณฑ์ การใช้ปริมาณซูคราโลสทดแทนน้ำตาลทรายในผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากสารกระเจี๊ยบแดง

วันที่..... **ชุดที่.....**

คำแนะนำ กรุณาทดสอบตัวอย่างที่เสนอจากซ้ายไปขวาแล้วให้คะแนนความชอบตัวอย่างในแต่ละปัจจัยที่ใกล้เคียงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด โดยกำหนดให้

9 = ชอบมากที่สุด 6 = ชอบเล็กน้อย 3 = ไม่ชอบปานกลาง

8 = ชอบมาก 5 = เฉยๆ 2 = ไม่ชอบมาก

7 = ชอบปานกลาง 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 1 = ไม่ชอบมากที่สุด

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	**คะแนนความชอบ**		
	รหัส.....	**รหัส.....**	**รหัส.....**
ลักษณะที่ปรากฏ			
สี			
กลิ่น			
กลิ่นรส			
รสชาติ			
ความชอบโดยรวม			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

แบบสอบถาม

การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

เรียน ผู้ตอบแบบสอบถาม

เรื่อง การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดงที่ใช้สารให้ความหวานจากหญ้าหวานกับซูคราโลสและทำการยืดอายุการเก็บรักษาด้วยสารสกัดไคโตซาน**จากเปลือกกุ้ง**

คำชี้แจง

1. แบบสอบถามนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัย เรื่อง การยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดงที่ใช้สารให้ความหวานจากหญ้าหวาน ของงานวิจัย สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ดังนั้นจึงใคร่ขอความร่วมมือจากท่าน ช่วยทดสอบผลิตภัณฑ์และตอบแบบสอบถาม ขอรับรองว่าผลิตภัณฑ์ท่านได้ทดสอบได้ผ่านกรรมวิธีการผลิตที่มีสุขลักษณะที่ดี จึงมีความปลอดภัยในการบริโภค ข้อมูลทั้งหมดที่ท่านตอบมาจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับงานวิจัยครั้งนี้ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมืออย่างดี ณ โอกาสนี้ด้วย

2. แบบสอบถามฉบับนี้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปขอผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเชิงพฤติกรรม และทัศนคติของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 3 ข้อมูลด้านการยอมรับของผู้ตอบแบบสอบถามที่มีต่อผลิตภัณฑ์

คำอธิบาย การศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดง จึงได้นำมาทำการศึกษาต่อ โดยใช้สารสกัดไคโตซานจากเปลือกกุ้งมาทำการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ เพื่อเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยยกระดับคุณภาพผลิตภัณฑ์ให้มีความหลากหลายมากขึ้น นอกจากนี้ยังนำไปสู่การสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ ตรงตามความต้องการของตลาด

ขอขอบพระคุณในความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามมา ณ ที่นี้

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชุดที่.....

คำแนะนำ : กรุณาใส่เครื่องหมาย ✓ ใน ( ) ที่ท่านเห็นว่าเหมาะสมและตรงกับความคิดเห็นของท่าน

ส่วนที่ 1 : ข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ

( ) ชาย ( ) หญิง

2. อายุ

( ) น้อยกว่า 15 ปี ( ) 15 – 24 ปี

( ) 25 – 34 ปี ( ) 35 – 44 ปี

( ) 40 – 45 ปี ( ) มากกว่า 55 ปี

3. สถานภาพ

( ) โสด ( ) สมรส

( ) หย่าร้าง, หม้าย, แยกกันอยู่

4. ระดับการศึกษาขั้นสูงสุด

( ) ประถมศึกษา ( ) มัธยมศึกษา/เทียบเท่า

( ) ปริญญาตรี ( ) ปริญญาโท

( ) ปริญญาเอก

5. อาชีพ

( ) นักเรียน/นักศึกษา ( ) พนักงานเอกชน

( ) ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ ( ) ประกอบธุรกิจส่วนตัว

( ) แม่บ้าน/พ่อบ้าน ( ) อื่นๆโปรดระบุ.....

6. รายได้เฉลี่ยต่อเดือน

( ) น้อยกว่า 5,000 บาท ( ) 5,001 – 10,000 บาท

( ) 10,001 – 20,000 บาท ( ) 20,001 – 30,000 บาท

( ) 30,001 – 40,000 บาท ( ) มากกว่า 40,001 บาท

ส่วนที่ 2 : ข้อมูลเชิงพฤติกรรม และทัศนคติของผู้ตอบแบบสอบถาม

7. ท่านมีความถี่ในการรับประทานผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นปริมาณเท่าใด

( ) 1 – 2 ครั้ง ต่อสัปดาห์ ( ) 3-4 ครั้ง ต่อสัปดาห์

( ) มากกว่า 4 ครั้ง ต่อสัปดาห์ ( ) อื่นๆ โปรดระบุ.....

8. หากมีผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดงโดยใช้สารสกัดไคโตซานจากเปลือกกุ้งในการยืดอายุการเก็บรักษาท่านจะสนใจหรือไม่

( ) สนใจ ( ) ไม่สนใจ เพราะ.....

ส่วนที่ 3 ข้อมูลด้านการยอมรับของผู้ตอบแบบสอบถามที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดงโดยใช้สารสกัดไคโตซานจากเปลือกกุ้งในการยืดอายุการเก็บรักษา

9. กรุณาใส่เครื่องหมาย ✓ลงในช่องระดับความพึงพอใจของท่านในแต่ละด้าน ที่มีต่อตัวอย่าง

คุณลักษณะ	**ระดับความพึงพอใจ**				
	มากที่สุด	**มาก**	**ปานกลาง**	**น้อย**	**น้อยที่สุด**
1.ลักษณะที่ปรากฏ					
2.สี					
3.กลิ่น					
4.กลิ่นรส					
5.รสชาติ					
6.ความชอบโดยรวม					

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

10. ท่านคิดว่าว่าราคาที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดง บรรจุขวดแก้ว 250 มิลลิลิตร 1 ขวด ควรมีราคาเท่าไหร่

( ) 60 บาท

( ) 65 บาท

( ) 70 บาท

11. หากมีผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดงโดยใช้สารสกัดไคโตซานจากเปลือกกุ้งในการยืดอายุการเก็บรักษาวางจำหน่าย ท่านจะเลือกซื้อบริโภคหรือไม่

( ) ซื้อ ( ) ไม่แน่ใจ

( ) ไม่ซื้อ เพราะ.....

12. ท่านยอมรับในผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดงโดยใช้สารสกัดไคโตซานจากเปลือกกุ้งในการยืดอายุการเก็บรักษาหรือไม่

( ) ยอมรับ ( ) ไม่ยอมรับ

ภาคผนวก ค
การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

การวิเคราะห์ค่าสีโดยใช้เครื่อง Spectrometer CM-3500d

วิธีวิเคราะห์ค่าสี

1. เปิดสวิทซ์ เครื่องคอมพิวเตอร์ และเครื่องวัดค่าสี
2. เข้าโปรแกรม Spectra Magic ที่หน้าจอคอมพิวเตอร์
3. คลิกที่ปุ่ม Connect (ที่แถบข้างบน) เพื่อเป็นการเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ และเครื่องวัดสีจากนั้นลองสังเกตที่แถบข้างล่างขวามือ จะเปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีเขียว
4. ทำการคาริเบตเครื่อง (Calibration) โดยคลิกที่ปุ่ม Calibration (ที่แถบด้านบน) ใส่แผ่นกระจกใสไว้ที่ช่องข้างบนภายใน Target Mask กรณีวัดค่าการสะท้อนของวัตถุ (Reflectance Calibration) เหมาะสำหรับการวัดแสงสะท้อนของตัวอย่างทึบแสง Zero Calibration Box คือ กระบอกสีดำนำมาวางครอบไว้ด้านบนของเครื่อง คลิก OK White Calibration Plate คือ ตลับสีขาว จะใช้หลังที่ Zero Calibration เสร็จ แล้วกรณีวัดค่าการส่องผ่านวัตถุ (Transmittance Calibration) เหมาะสำหรับการวัดแสงส่องผ่านของตัวอย่างที่โปร่งแสง หรือโปร่งใส Zero Calibration Box คือ กระบอกสีดำนำมาวางครอบไว้ด้านบนของเครื่อง จากนั้นนำแผ่นสีดำมาเสียบไว้ในเครื่อง คลิก OK White Calibration Plate คือ ตลับสีขาวจะใช้หลังที่ Zero Calibration เสร็จแล้ว (ต้องนำแผ่นสีดำออกจากเครื่องด้วย)
5. เมื่อคาริเบตเสร็จแล้วให้คลิกที่ปุ่ม Measure Target ตั้งชื่อตัวอย่างใหม่ พร้อมกับใส่ตัวอย่างชนิดแห้ง หรือชนิดเหลว ลงใน Target (หรือภาชนะที่ใส่ตัวอย่าง) **ต้องระวังขณะล้างอย่างใช้สก๊อตไบท์หยาบ แล้วเช็ดให้แห้งด้วยทิชชู ระวังเศษทิชชูติดภาชนะ
6. จากนั้นปิดด้วยกระบอกสีดำข้างบน (กรณีที่วัดการสะท้อนของวัตถุ ด้านบน), ปิดด้วยตลับสีขาวด้านบน (กรณีวัดการส่องผ่านวัตถุ ด้านบน)
7. จากนั้นคลิกที่ปุ่ม Measure Sample ตั้งชื่อซ้ำของตัวอย่าง (กรณีเป็นซ้ำของตัวอย่าง) จากนั้นทำตามข้อ 6
8. บันทึกผลการทดลอง จากตารางในคอมพิวเตอร์ ค่า L^* a^* b^*

การวิเคราะห์ค่าความหนืดโดยการใช้เครื่อง Brookfield

ยี่ห้อ Viscometer รุ่น DB-II+Pro

วิธีการวิเคราะห์

1. ปรับลูกน้ำให้อยู่ที่กึ่งกลางของกรอบ เพื่อตั้งเครื่องให้สมดุล
2. ก่อนเปิดเครื่องให้ใส่ guard
3. เปิดสวิทซ์ ซึ่งอยู่ด้านหลังฐานของเครื่องวางขวามือ จอปรากฏ remove spindle pressany key
4. กดปุ่มอะไรก็ได้ 1 ครั้ง รอจนหน้าจอจะปรากฏ replace spindle pressany key (ใช้เวลาประมาณ 15 วินาที) กดปุ่มอะไรก็ได้ 1 ครั้ง หน้าจอจะปรากฏ
5. ใส่ตัวอย่างให้เรียบร้อย (การเตรียมตัวอย่างใช้บีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร ใส่ตัวอย่างปริมาตร 500 มิลลิลิตร จุ่มเข็มลงในตัวอย่างจนถึงระดับขีด Mark ที่กึ่งกลางเข็ม โดยใช้มือด้านหนึ่งจับแกน ของมอเตอร์ให้นิ่ง ต่อเข็มเข้ากับแกนของมอเตอร์ หมุนเข็มตามเข็มนาฬิกาจนแน่น)
6. กด Select Spindle เพื่อเลือกเบอร์ของเข็มให้ตรงกับเข็มที่นำมาใช้ เช่น 01, 02, 03 เป็นต้น แล้วกด Select Spindle อีกครั้งเพื่อให้เครื่องบันทึก จากนั้นกดปุ่ม Motor on/off เพื่อเปิดเครื่อง
7. กดปุ่ม Set speed เพื่อกำหนดความเร็วรอบในการหมุน โดยจะต้องกำหนดค่าเริ่มต้นที่ค่าน้อยๆก่อน เช่น 10 rpm แล้วกด Set speed อีกครั้งเพื่อให้เครื่องบันทึก การเลือกความเร็วรอบในการหมุนควรจะมีค่าใกล้ร้อยละ 100 TORQUE (ความเร็วรอบสูงสุดที่ใช้จะมีค่าไม่เกิน 200 rpm)
8. การเปลี่ยนความเร็วรอบ ให้กลับไปทำตามข้อ 7 ใหม่ การเปลี่ยนความเร็วรอบจะต้องเพิ่มค่าครั้งละน้อยๆ เช่น 10 rpm จนกว่าค่า TORQUE จะมีค่าเข้าใกล้หรือเท่ากับ 100%

- ถ้าค่า TORQUE ขึ้น error แสดงว่าใช้ความเร็วรอบมากเกินไปต้องลดความเร็วรอบลง
- ถ้าค่า TORQUE มีค่าต่ำ ทั้งที่ตั้งค่าความเร็วรอบ (rpm) สูงสุด แสดงว่าเข็มที่ใช้ไม่เหมาะสมให้เปลี่ยนหัวเข็มใหม่ โดยทำการลดค่าความเร็วรอบลงทีละน้อย จนมีค่าความเร็วรอบถึง 0 แล้วทำการกดปุ่ม motor on/off เพื่อให้เป็น motor off แล้วจึงทำการเปลี่ยนแปลงหัวเข็มหลังจากนั้นทำการกด motor on อีกครั้ง แล้วทำตามข้อ 7 ใหม่ต่อไป เมื่อวัดค่าเสร็จก็ลดความเร็วรอบลงครั้งละน้อยๆ ให้ค่าถึงศูนย์ แล้วกดปุ่ม motor off ให้ motor หยุดทำงาน และปิดสวิทซ์ ทำความสะอาดเครื่องมือและอุปกรณ์ให้เป็นระเบียบและถูกต้อง

ภาพผนวก ง
การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)
โดยการใช้เครื่อง pH meter

ยี่ห้อ Sartorius รุ่น PB-10

วิธีการวิเคราะห์

1. เสียบปลั๊กเครื่อง จากนั้นทำการปรับมาตรฐานของเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยสารละลายมาตรฐานที่มีค่าความเป็นกรด กลาง และค่าความเป็นด่าง คือ 4.00, 7.00 และ10.00 ตามลำดับ
2. เตรียมตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ 50 มิลลิลิตร
3. นำไปวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่มีการปรับมาตรฐานแล้วนำหัวอิเล็คโทรดจุ่มลงในตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ และรอจนกว่าค่าที่อ่านได้จากเครื่องจะปรากฏสัญลักษณ์รูปตัว S
4. บันทึกผล แล้วเมื่อใช้งานเสร็จล้างหัวอิเล็คโทรด และเช็ดทำความสะอาดให้เรียบร้อย

การวิเคราะห์ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดโดยการใช้เครื่อง HandRefractomotor (°Brix)

ยี่ห้อ Ni รุ่น MNl 1125 ประเทศญี่ปุ่น สเกล 0-32, 30-60, 60-90 °Brix

วิธีการวิเคราะห์

ทำได้โดยการหยดสารละลายตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ค่าบนแผ่นปริซึม ปิดด้วยแผ่นปิดแล้วส่องผ่านช่องที่มีแสง จะมองเห็นเป็นแถบสี ที่อ่านค่าตัวเลขได้ตามสเกลที่เครื่องหมายกำหนดไว้ เช่น เป็นร้อยละความเข้มข้น ความเข้มข้นของน้ำตาล น้ำเชื่อม น้ำผลไม้ ที่วัดค่าได้ มีหน่วยเป็นองศาบริกซ์ (°Brix) หรืออาจเป็นค่าความหนาแน่น หรือสองอย่าง

หมายเหตุ : ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด หมายถึง ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ กรณีที่ตัวอย่างมีส่วนประกอบของน้ำตาลเป็นหลัก เช่น ในผลไม้อบแห้ง หรือน้ำเชื่อม ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ในกรณีนี้อาจหมายถึง ความหวานหรือปริมาณน้ำตาลที่ละลายในน้ำ

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาล

อุปกรณ์และสารเคมี

1. ปิเปต
2. ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร)
3. ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask ขนาด 125 มิลลิลิตร)
4. บีกเกอร์ ขนาด 250 มิลลิลิตร
5. Magnetic stirrer
6. Volmertrie Flask 250 มิลลิลิตร
7. Fehling's solution

การเตรียมสารเคมีและสารละลาย

วิธีการเตรียมสารเคมี

1) Fehling's solution (I) ละลาย Copper (II) Sulphatte pentahydrate ($CuSO_4$. $5H_2O$) ร่วมกับ H_4SO_4 1 โมลาร์ ในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

2) Fehling's solution (II) ละลาย Potassium sodium tartrate telrahydrate (Rochelle Sait ; $KNaC_4H_4O_6.4H_2O$) ร่วมกับ NaOH ในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร และตั้งทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นกรองผ่าน glass wool และเก็บใส่ขวดปิดฝาให้สนิท

3) การผสม Fehling's solution จะทำการผสมตอนจะใช้เท่านั้น โดยใช้ Fehling's solution (I) และ Fehling's solution (II) ในปริมาณที่เท่ากัน เวลาผสมให้เติม solution (II) แล้วค่อยๆเติม solution (I) พร้อมคนให้เข้ากัน หลังจากผสมสารละลายแล้ว ให้เก็บสารละลายที่ผสมเสร็จแล้วในขวดสีชาและปิดฝาให้สนิท ควรนำไปเก็บไว้ในที่มืดก่อนนำมาใช้งาน

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 การเตรียมตัวอย่าง

1.1 การวิเคราะห์ปริมาณ reducing sugar

1.1.1 ชั่งตัวอย่างน้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดงแห้ง 5 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ 250 มิลลิลิตร

1.1.2 เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร แล้วคนให้เข้ากัน

1.1.3 กรองตัวอย่างผ่านกระดาษกรอง whatman ใส่ใน Volmertrie flask 250 มิลลิลิตร จากนั้นปรับปริมาณเป็น 250 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

1.2 การวิเคราะห์ปริมาณ total sugar

1.2.1 ปิเปตสารละลาย reduction sugar จากข้อ 1) มา 100 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร

1.2.2 เติม HCl เข้มข้น 10% (น้ำหนัก : ปริมาตร) 10 มิลลิลิตร แล้วนำไปต้มให้เดือด

1.2.3 ทำให้เย็น แล้วเติม phenolphthalein 2-3 หยด จากนั้นนำไปไตเตรทกับสารละลาย NaOH 10 มิลลิลิตร เพื่อทำให้เป็นกลาง (จุดยุติจะมีสีชมพูอ่อน)

1.2.4 นำสารละลายที่ผ่านการไตเตรทแล้ว ไปปรับปริมาตรให้เป็นมิลลิลิตร ใน Volmertrie flask ด้วยน้ำกลั่น

ตอนที่ 2 การไตเตรทสารละลายน้ำตาลกับ Fehling's solution

2.1 นำสารละลาย reduction sugar จากข้อ 1.1 ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร

2.2 ปิเปต Fehling's solution จำนวน 10 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร หยด methylene blue 1% ประมาณ 4 หยด และเติม glass bead 5-6 เม็ด

2.3 นำไปไตเตรทกับสารลายตัวอย่างจากข้อ 1) ในระหว่างการไตเตรทนั้นต้องต้มสารละลาย Fehling's solution ให้เดือดบน hot plate ด้วย การไตเตรทจะไตเตรทจนกระทั่งสีฟ้าของ methylene blue จางหายไปและเกิดเป็นตะกอนสีแดงอิฐของ Cu_2O และบันทึกปริมาตรของสารละลายน้ำตาลที่ใช้ไตเตรท (X_1)

2.4 ปิเปต Fehling's solution 10 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร หยด methylene blue 1% ประมาณ 4 หยด และเติม glass 5-6 เม็ด

2.5 เติมสารละลายน้ำตาลจากข้อ 2.1 ลงไปปริมาณเท่ากับ X_{1-3} มิลลิลิตร

2.6 จากนั้นนำไปต้มบน hot plate จนเดือดแล้วไตเตรทกับสารละลายน้ำตาลต่อจนกระทั่งสีฟ้า methylene blue จางหายไป (ระหว่างไตเตรทให้ต้มสารละลาย Fehling's solution ตลอดเวลา) แล้วบันทึกปริมาตรของสารละลาย

2.7 วิเคราะห์ปริมาณ Total sugar โดยทำซ้ำตั้งแต่ข้อ 2.1-2.6 ใหม่ แต่เปลี่ยนสารละลายน้ำตาลที่ใช้ในการไตเตรทเป็นสารละลายน้ำตาลที่เตรียมจากข้อ 1.2 แทน

2.8 คำนวณหา% Reducing sugar และ % Total sugar

สูตรคำนวณ

$$\% \text{ Reducing sugar} = \frac{F \times 100 \times 250 \times 250}{W \times 100 \times V}$$

$$\% \text{ Total sugar} = \frac{F \times 100 \times 250 \times 250 \times 250}{W \times 100 \times 20 \times V}$$

เมื่อ F คือ แฟรคเตอร์ของสารละลายเฟลิง

W คือ น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

V คือ ปริมาตรของสารละลายน้ำตาลที่ใช้ในการไตเตรท (มิลลิลิตร)

การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด ด้วยวิธี pH Differential Method ของ AOAC, 2005

การเตรียมสารเคมี

การละลายโพแทสเซียมคลอไรด์บัฟเฟอร์ (KCl) ความเข้มข้น 0.025 โมลาร์ (Ph 1.0) เตรียมได้โดยผสมโพแทสเซียมคลอไรด์ 1.86 กรัม และน้ำกลั่น 980 มิลลิลิตร ในบีกเกอร์ จากนั้นนำมาปรับ pH ด้วยกรดไฮโดรคลอริกให้ได้ pH เท่ากับ 1.0 แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 1 ลิตร ในขวดปรับปริมาตร (Volmertrie Flask) ด้วยน้ำกลั่น

สารละลายโซเดียมอะซีเตตบัฟเฟอร์ (CH_3COONa) ความเข้มข้น 0.4 โมลาร์ (pH 4.5) เตรียมได้โดยผสมโซเดียมอะซิเตต 54.43 กรัม และน้ำกลั่นประมาณ 960 มิลลิลิตร ในบีกเกอร์ จากนั้นนำมาปรับ pH ด้วยกรดไฮโดรคลอริกให้ได้ pH เท่ากับ 4.5 แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 1 ลิตร ในขวดปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

วิธีวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด

1. นำตัวอย่างปริมาตร 0.02 มิลลิลิตร มาทำการปรับปริมาตรตัวอย่างด้วยสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์บัฟเฟอร์ให้ได้ 3.2 มิลลิลิตร ใส่ลงใน cuvette และนำตัวอย่างปริมาตร 0.02 มิลลิลิตร มาทำการปรับปริมาณด้วยสารละลายโพแทสเซียมอะซิเตตบัฟเฟอร์ให้ได้ 3.2 มิลลิลิตร ใส่ลงใน cuvette ในอัตราส่วนที่เท่ากัน แล้วปล่อยทิ้งไว้ 15 นาที

2. นำตัวอย่างที่เจือจางสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์บัฟเฟอร์ (pH 4.5) และเจือจางสารละลายโซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์ (pH 4.5) มาทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 และ 720 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer ตามลำดับ

3. อ่านค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 และ 720 นาโนเมตร จากนำค่าที่ได้จากสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์บัฟเฟอร์ และสารละลายโซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์ มาคำนวณหาค่าปริมาณของสารแอนโทไซยานินทั้งหมด ตามสมการต่อไปนี้

$A = (A_{520} - A_{720})\ pH = 1.0 - (A_{520} - A_{720})\ pH = 4.5$

$$\text{Total anthocyanin conrent} = \left(\frac{A \times MW \times DF \times 1000}{\varepsilon \times L}\right)$$

เมื่อ MW คือ น้ำหนักโมเลกุล Cyanidi-3-glucoside เท่ากับ 499.2 กรัม

DF คือ dilution factor

ε คือ molor extinction coefficient เท่ากับ 26,900 ลิตร : โมลาร์ : cm^{-1}

L คือ ความกว้างของ cuvette (1 เซนติเมตร)

10^3 คือ factor conversion from กรัม to มิลลิลิตร

ภาคผนวก จ
การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

การวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ (Total Plate Count) ตามวิธีของ AOAC, 2000

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. ตัวอย่างและอาหารที่ต้องการศึกษา น้ำหนัก 10 มิลลิลิตร
2. จานเพาะเชื้อ (Petri dish)
3. หลอดทดลองขนาด 10 มิลลิลิตร พร้อมฝาปิด
4. ปิเปตขนาด 1 และ 10 มิลลิลิตร
5. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ
6. ตู้บ่มเชื้อ
7. หม้อนึ่งความดัน

หมายเหตุ : ทำการอบฆ่าเชื้อในตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

อาหารเลี้ยงเชื้อและสารละลายสำหรับเจือจาง

1. อาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar (PCA)
2. อาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA)

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar (PCA) ปริมาณ 23.5 กรัม ละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร นำไปต้มจนอาหารเลี้ยงเชื้อละลายจนหมด จากนั้นนำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

วิธีการตรวจวิเคราะห์

1. เจือจาง โดยใช้ตัวอย่างน้ำ 1 มิลลิลิตร เติมลงในน้ำเกลือที่ผ่านการฆ่าเชื้อ 9 มิลลิลิตร ก็จะได้ความเจือจางเริ่มต้น $1:10^{-1}$ เช่นเดียวกัน จากนั้นทำการเจือจางในน้ำเกลือที่ผ่านการฆ่าเชื้อต่อไปเรื่อยๆ

2. ใช้ปิเปตที่ผ่านการฆ่าเชื้อดูดสารละลายที่มีความเจือจางที่เหมาะสม เลือกความเจือจาง $1:10^{-1}$, $1:10^{-2}$, $1:10^{-3}$, $1:10^{-4}$ ความเจือจางละ 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในจานเพาะเชื้อ โดยในแต่ละระดับเจือจางจะทำ 2 ซ้ำ

3. เทอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA ที่ยังเหลวอยู่ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 50-60 องศาเซลเซียส ลงในจานเพาะเชื้อที่มีสารละลายตัวอย่าง ปริมาณจานละ 15-20 มิลลิลิตร ภายใน 1-5 นาที

4. หมุนจานเชื้อเบาๆ สลับไปมาตามเข็มนาฬิกาละลายตัวอย่างและอาหารเลี้ยงเชื้อให้เข้ากันดี วางทิ้งไว้ให้อาหารแข็งตัวจากนั้นคว่ำจานอาหารเลี้ยงเชื้อลง แล้วนำไปบ่มในตู้บ่มอุณหภูมิ 37±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง

การตรวจนับโคโลนีและรายงานผล

หลังจากบ่มจานเพาะเชื้อครบตามกำหนดเวลาแล้ว ตรวจนับจำนวนโคโลนีบนจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนโคโลนี อยู่ระหว่าง 30-300 โคโลนี ถ้าทำ 2 ซ้ำ รวมโคโลนีทั้ง 2 จานเพาะเชื้อจุลินทรีย์เข้า

ด้วยกันแล้วหารด้วย 2 จะเท่ากับจำนวนเฉลี่ยของโคโลนีที่นับได้ต่อ 1 ความเจือจางต่อจาน หาค่าจำนวนโคโลนีเฉลี่ยจากทั้งสองจานเพาะเชื้อ รายงานการตรวจนับในหน่วยจำนวนโคโลนีต่อตัว 1 ml. (CFU/มิลลิกรัม)

การวิเคราะห์ปริมาณยีสต์และรา (Yeast and Mold)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. อาหารตัวอย่าง
2. จานเพาะเชื้อ (Petri dish)
3. หลอดทดลองขนาด 10 มิลลิลิตร พร้อมฝาปิด
4. ปิเปตขนาด 1 และ 10 มิลลิลิตร
5. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ
6. ตู้บ่มเชื้อ
7. หม้อนึ่งความดัน

หมายเหตุ : ทำการอบฆ่าเชื้อในตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

อาหารเลี้ยงเชื้อและสารละลายเจือจาง

1. อาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar
2. แสกโตฟีนอล
3. สารละลายทาร์ทาริกความเข้มข้น 10%

วิธีการตรวจวิเคราะห์

1. เจือจางตัวอย่างอาหาร 1 มิลลิลิตร ในน้ำกลั่นหรือบัฟเฟอร์ 99 มิลลิลิตร ทำเป็นเนื้อเดียวกัน นำ 1 มิลลิลิตร ไปเจือจางในน้ำกลั่นหรือบัฟเฟอร์ 9 มิลลิลิตร ทำต่อไปจนได้ความเข้มข้น 10^{-5}

2. ใช้ปิเปตดูดสารละลายตัวอย่างอาหาร 1 มิลลิลิตร ใส่ในจานเพาะเชื้อ ทุกความเจือจาง ทำ 3 ซ้ำ

3. เติมสารละลายกรดทาร์ทาริก 1 มิลลิลิตร ในอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่ยังคงเหลวอยู่ ซึ่งมีอุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส

4. เทอาหารเลี้ยงเชื้อใส่ในจานเพาะเชื้อทุกจานทันที เอียงจานไปมาให้อาหารเลี้ยงเชื้อกับตัวอย่างอาหารเข้ากันดีเป็นเนื้อเดียวกัน ปริมาณจานละ 15-20 มิลลิลิตร ภายใน 1-5 นาที ปล่อยทิ้งไว้ให้อาหารแข็งตัว

5. บ่มที่อุณหภูมิห้องนาน 2-5 วัน

6. นับจำนวนโคโลนีของยีสต์และราที่เกิดขึ้นในจานเพาะเชื้อ แล้วคำนวณในอาหาร 1 มิลลิลิตร

7. เขี่ยเชื้อยีสต์และราใส่ในแล็กโตฟีนอลบนสไลด์ ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ ลักษณะรูปร่าง โดยการใช้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 40X

ประวัติผู้วิจัย

(ไม่มีเนื้อหาจากต้นฉบับ)